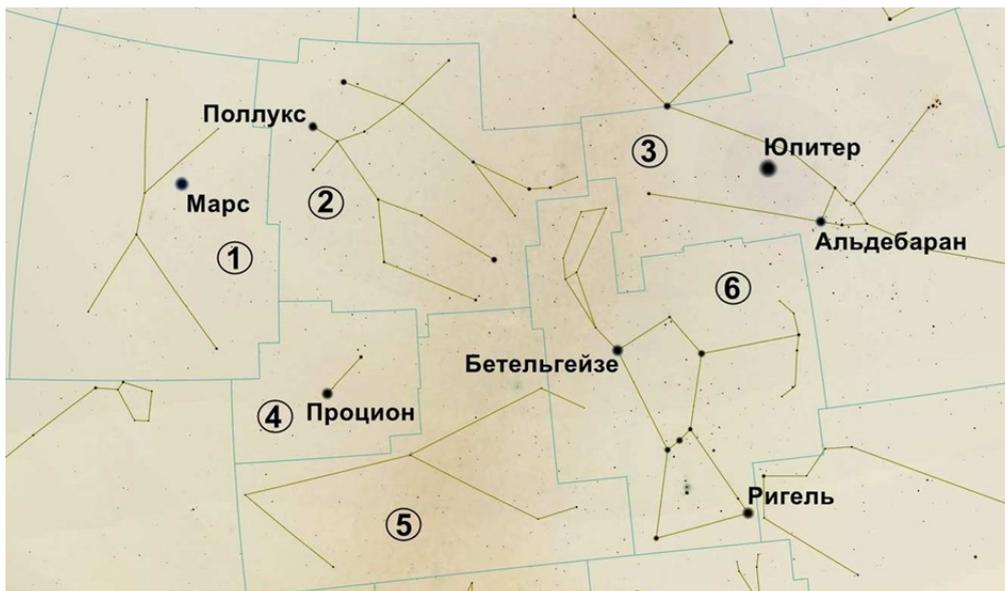


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 101

Задания 1-3.

Дан фрагмент звёздной карты с указанием положений некоторых созвездий, звёзд и планет.



1) Установите соответствие между звёздами и номерами созвездий, которым они принадлежат.

Ригель	1
Поллукс	2
	3
	4
	5
	6

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 2 балла

2) Выберите номер созвездия, в котором располагается планета, представленная на рисунке:



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

3) Метеорным потоком называется совокупность метеоров, порожденных вторжением в атмосферу Земли роя метеорных тел (метеороидов). **Метеороиды** — это малые тела, движущиеся в Солнечной системе по подобным траекториям и образовавшиеся главным образом в результате разрушения комет. Метеорные рои занимают чётко определённые орбиты в космическом пространстве, поэтому:

- метеорные потоки наблюдаются строго в определённое время года, когда Земля проходит точку пересечения орбит Земли и роя;
- радианты потоков при этом оказываются в строго определённых точках небосвода.

Радиант — это точка небесной сферы, кажущаяся источником метеоров, которые наблюдаются при встрече Земли с роем метеороидов, движущихся вокруг Солнца по общей орбите.

Свои названия метеорные потоки получают, как правило, по названию того созвездия (на латинском языке), в котором расположен его радиант или ближайшая к нему звезда этого созвездия. Ниже приведены названия некоторых созвездий на русском и латинском языках.

- Орион (*Orion*)
- Большая Медведица (*Ursa Major*)
- Единорог (*Monoceros*)
- Рак (*Cancer*)
- Скорпион (*Scorpius*)
- Телец (*Taurus*)
- Близнецы (*Gemini*)
- Малый Пёс (*Canis Minor*)

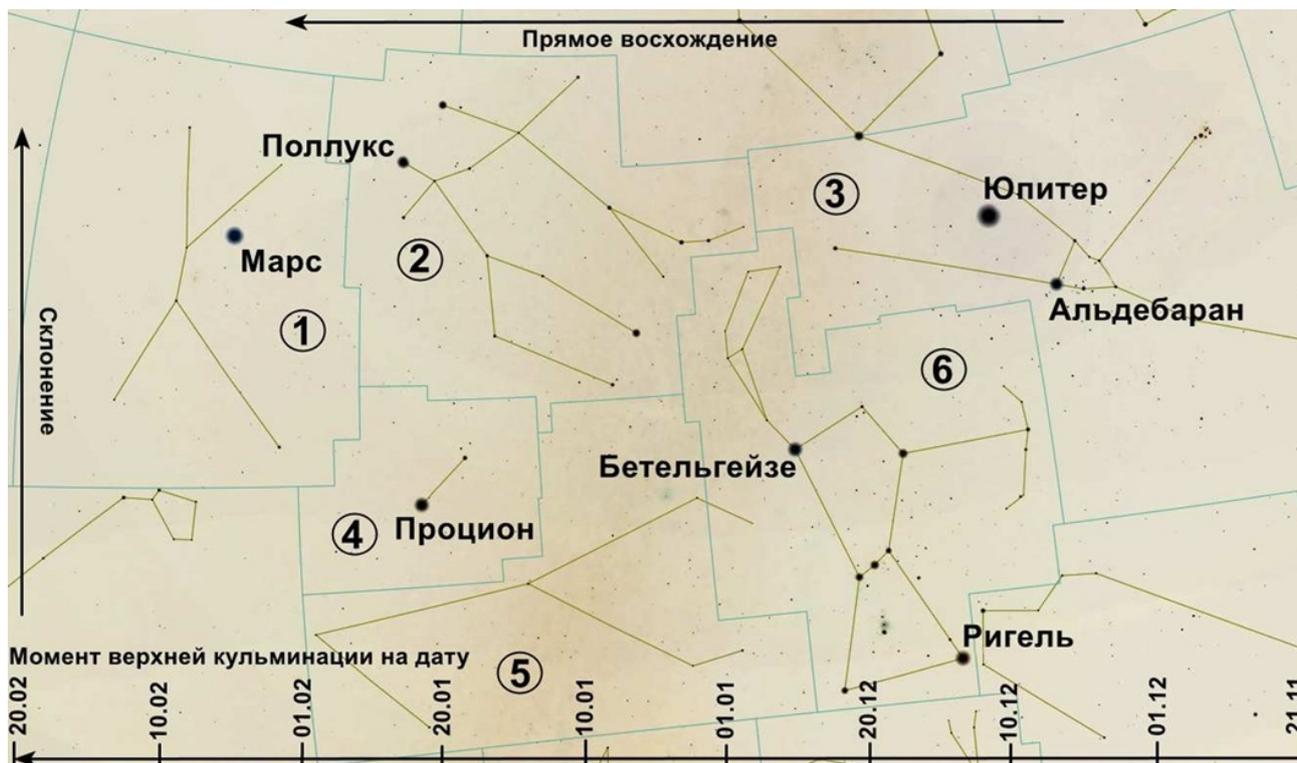
Выберите номер созвездия, в котором располагается радиант метеорного потока Геминиды.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Задания 4-6.

Дан фрагмент звёздной карты с указанием положений некоторых созвездий, звёзд и планет. Стрелками указаны направления увеличения экваториальных координат (склонения и прямого восхождения). Внизу представлена шкала времени с указанием характерных дат пребывания светил (с определённым значением прямого восхождения) в верхней кульминации (в меридиане) в местную полночь.



Замечание: следует помнить, что границы между созвездиями всегда проходят по кругам склонений (линиям постоянного склонения) и суточных параллелей (линиям постоянного прямого восхождения) экваториальной системы небесных координат. При переносе части сферической поверхности небосвода на плоскую поверхность карты с целью корректного отображения области небосвода и его созвездий, неминуемы отклонения хода указанных выше линий от прямых. Именно поэтому границы созвездий не обязаны быть параллельными прямоугольным границам фрагмента карты.

4) Выберите номера созвездий, через которые проходит небесный меридиан в местную полночь 10 января.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла. Всего 4 балла

5) Выберите номер созвездия, граничные точки которого обладают максимальными значениями прямого восхождения.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

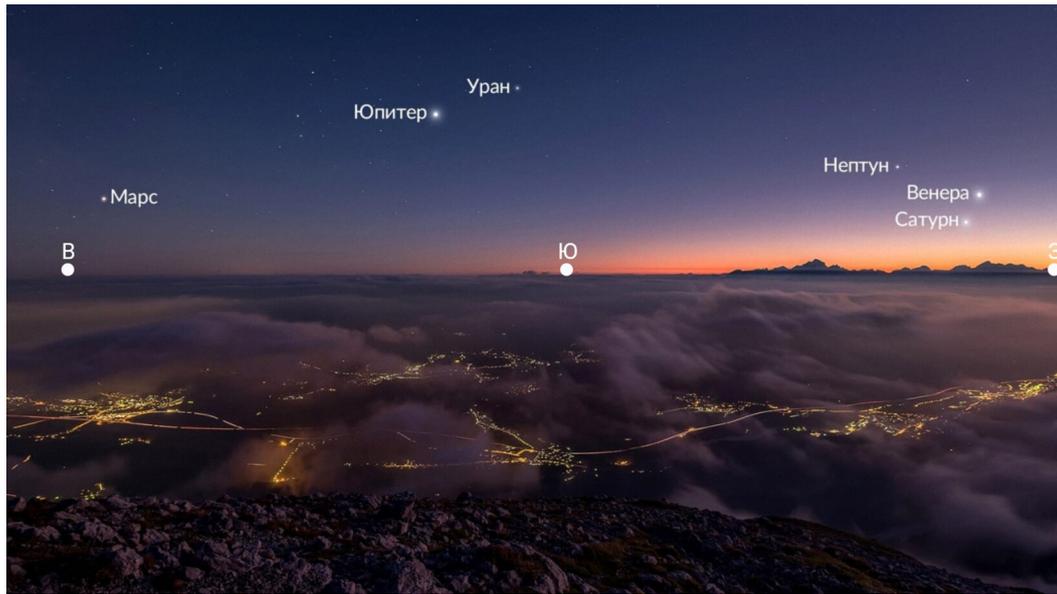
6) Выберите номер созвездия, граничные точки которого обладают минимальными значениями склонения.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Задания 7-10.

На рисунке представлен результат компьютерной симуляции Большого парада планет, произошедшего 21 января 2025 года, с усилением видимой яркости некоторых из представленных планет с позиции наблюдателя, расположенного в Северном географическом полушарии.



Точками и буквами обозначены стороны горизонта: В — восток, Ю — юг, З — запад.

7) В какое время суток можно было наблюдать данную конфигурацию планет?

- Ночь
- Вечер
- День
- Утро

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

8) Над какой четвертью горизонта располагался Сатурн?

- Северо-восток
- Юго-восток
- Юго-запад
- Северо-запад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

9) Вдоль дуги какого большого круга приблизительно выстроились 6 планет?

- Математический горизонт
- Небесный экватор
- Небесный меридиан
- Эклиптика
- Первый вертикал
- Колпур равноденствий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

10) Какая планета в сутки наступления Большого парада последней прошла над точкой юга?

- Венера
- Марс
- Юпитер
- Сатурн
- Уран
- Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Задания 11-13.

Дан коллаж фотографий Луны над Исаакиевским собором в г. Санкт-Петербурге. Изображения Луны были получены в порядке возрастания их номеров.



Луна над Исаакиевским собором г. Санкт-Петербурга¹

11) Какое явление изображено на данной фотографии?

- Восход Луны
- Закат Луны
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

12) В какой стороне горизонта, вероятнее всего, располагалась точка пересечения видимого горизонта и прямой, вдоль которой перемещалась Луна?

- Север
- Юг
- Запад
- Восток

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

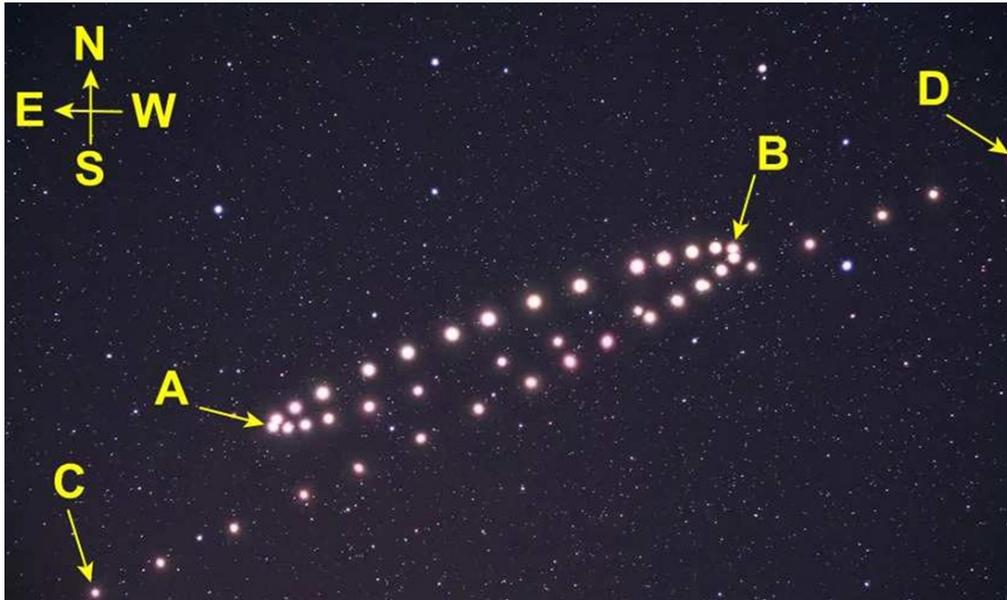
13) Во сколько раз видимое расстояние, которое прошёл центр диска Луны по небосводу за время съёмки (от изображения 1 до изображения 7 включительно), больше её максимального видимого диаметра? Ответ округлите до десятых.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

¹автор фото — Руслан Кондратенко, источник: https://vk.com/astrophotography?w=wall-59516873_247623

Задания 14-17.

Дано прямое изображение серии видимых положений Марса относительно звёзд фона, вместе образующих петлю его попятного движения, с указанием направлений на стороны света.



14) Какие участки траектории видимого движения Марса соответствуют его прямому движению, а какие попятному?

Ответ:

Прямое	$D \rightarrow A$
Попытное	$A \rightarrow D$
	$A \rightarrow B$
	$B \rightarrow A$
	$B \rightarrow C$
	$C \rightarrow B$

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла. Всего 6 баллов

15) В какой конфигурации верхняя планета описывает петлю попятного движения?

- Верхнее соединение
- Нижнее соединение
- Наибольшая восточная элонгация
- Наибольшая западная элонгация
- Соединение
- Восточная квадратура
- Западная квадратура
- Противостояние

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

16) Определите время движения Марса на участке DA , если промежуток времени между моментами получения двух соседних изображений планеты составляет 5 суток. Ответ выразите в сутках, округлите до целых.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

17) Определите среднюю угловую скорость видимого движения Марса на участке AB , если угловой размер последнего равен 15° . Ответ выразите в $^\circ/\text{сут}$, округлите до сотых.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Задания 18-20.

Закон Тициуса-Боде представляет собой эмпирическую формулу, приблизительно описывающую расстояния между планетами Солнечной системы и Солнцем (средние радиусы орбит). Формула была впервые получена Иоганном Тициусом в 1766 году и получила известность благодаря работам Иоганна Боде в 1772 году. Данная формула может быть представлена в виде:

$$r_n = 0.1 \cdot (4 + 3 \cdot 2^n),$$

где r_n — выраженный в астрономических единицах радиус круговой орбиты планеты, которая соответствует значению планетного индекса n . Для известных в 1772 году тел Солнечной системы он принимал значения, представленные в таблице.

Индекс	Планета
$n = -\infty$	Меркурий
$n = 0$	Венера
$n = 1$	Земля
$n = 2$	Марс
$n = 4$	Юпитер
$n = 5$	Сатурн

18) Очевидно, в данной последовательности значений параметра существовало «вакантное место». Немецкий астроном Генрих Ольберс предположил, что этому «вакантному месту» должна соответствовать ещё одна неизвестная на тот момент большая планета — Фаэтон. Используя формулу, определите радиус круговой орбиты планеты — Фаэтон. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

19) Последующие телескопические исследования подтвердили отсутствие планеты на данной орбите. Однако в самом начале XIX века на этой орбите было обнаружено другое небесное тело. Какое?

- Фобос
- Ганимед
- Титан
- Харон
- Титания
- Церера

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

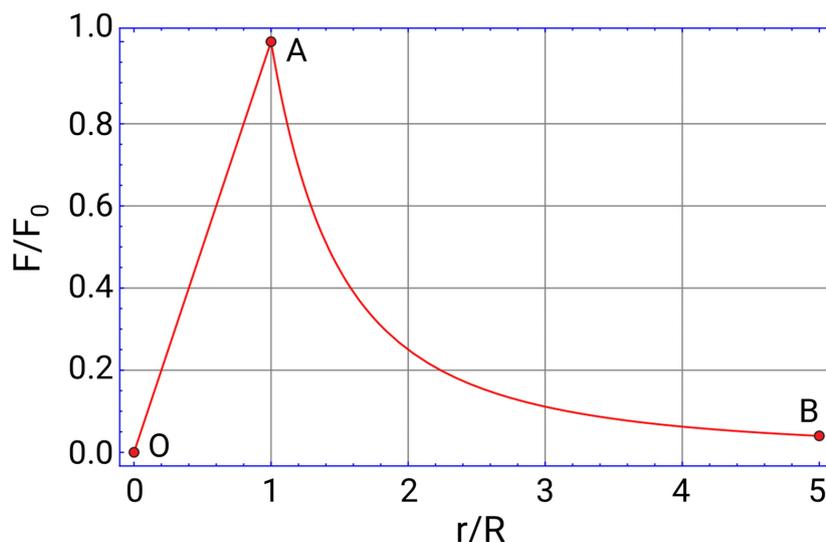
20) К какому классу объектов сегодня относится обнаруженное небесное тело?

- Спутник классической планеты
- Метеороид
- Карликовая планета
- Астероид
- Комета
- Коричневый карлик

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Задания 21-23.

Дана кривая зависимости силы притяжения F (в единицах F_0), действующей со стороны шарообразного спутника классической планеты на пробное тело массы $m_0=1.0$ кг, от расстояния до центра спутника, выраженного в долях его радиуса R .



21) Какой физический смысл имеет параметр F_0 ?

- Сила притяжения, действующая на пробное тело массы m_0 , определённая в центре спутника
- Сила притяжения, действующая на пробное тело массы m_0 , определённая на поверхности спутника
- Ускорение свободного падения спутника, определённое в центре спутника
- Ускорение свободного падения спутника, определённое на поверхности спутника
- Сила притяжения, действующая на пробное тело массы m_0 , определённая на расстоянии $r = 2R$ от центра спутника.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

22) Каким видом кривой описывается зависимость $F(r)$ на участке OA ?

- Окружность
- Парабола
- Прямая
- Гипербола
- Эллипс
- Циклоида

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

23) На каких расстояниях r от центра спутника располагаются точки, в которых сила притяжения в $5/4$ раза меньше, чем у его поверхности? Ответ выразите в долях R , округлите до сотых. Каждое значение записывайте в отдельное поле, добавляя их при необходимости.

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 4 балла. Всего 8 баллов

Задания 24-25.

Дана фотография полной Луны, полученная над Исаакиевским собором в г. Санкт-Петербурге.



Луна над Исаакиевским собором г. Санкт-Петербург ²

24) Определите угол D'_k , под которым был виден диаметр основания купола (указан на рисунке буквой D) собора с позиции автора фотографии в момент съёмки. Максимальный угловой диаметр Луны в момент съёмки составлял $D'_\zeta = 29.5'$. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до десятых.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

25) Оцените расстояние r от места съёмки до центра купола собора, диаметр основания которого равен $D = 26$ м, в момент получения фотографии. Ответ выразите в километрах, округлите до сотых.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

²автор фото — Руслан Кондратенко, источник: https://vk.com/astrophotography?w=wall-59516873_247623

Задания 26-28.

26) Сила тяжести, действующая со стороны шарообразного невращающегося спутника классической планеты на пробное тело массы m_0 у его поверхности равна F_s . Используя значения $F_s = 1.62$ Н, $m_0 = 1.0$ кг, определите ускорение свободного падения у поверхности данного тела. Величину универсальной гравитационной постоянной примите равной $G = 6.674 \cdot 10^{-11}$ м³/(с² · кг). Ответ выразите в м/с², округлите до сотых.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

27-28) Зная радиус $R = 1738$ км спутника, определите его массу M . Ответ выразите в килограммах. Показатель степени n округлите до целых, коэффициент перед степенью k до сотых.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

Задания 29-30.

В ряде православных церквей в настоящее время применяется новоюлианский календарь (НЮК) модификация юлианского календаря, в которой используется 900-летний цикл и определён иной порядок чередования високосных лет, нежели в юлианском и григорианском. Здесь год считается високосным, если:

- его номер без остатка делится на 4 и не делится на 100;
- его номер делится на 900 с остатком 200 или 600.

29) Сколько високосных лет должно быть в НЮК в период с 2001 по 2900 годы?

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

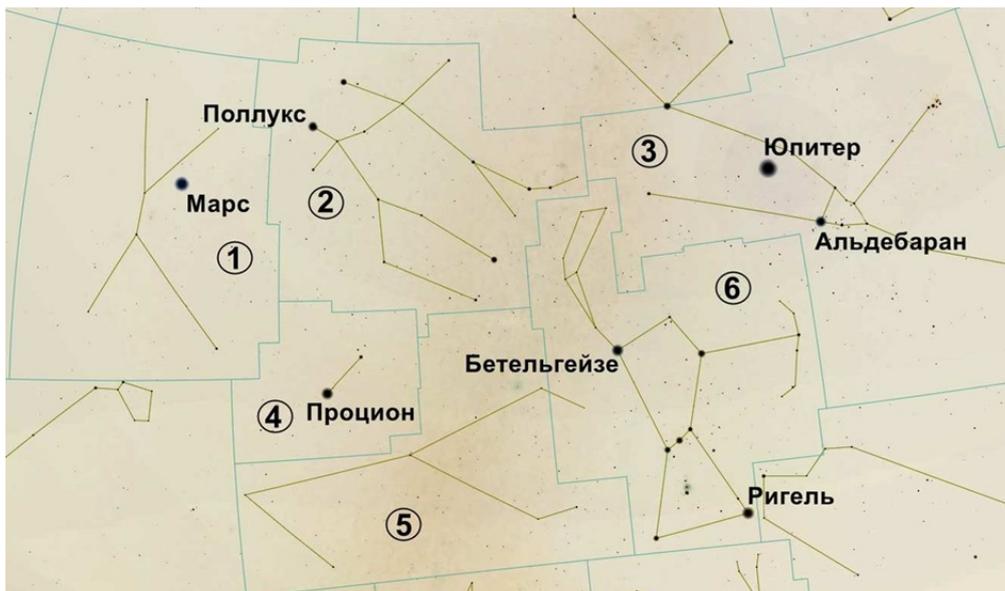
30) В каком ближайшем году (в будущем) произойдёт очередной сдвиг на 1 сутки между юлианским и новоюлианским календарями?

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 101

Задания 1-3.

Дан фрагмент звёздной карты с указанием положений некоторых созвездий, звёзд и планет.



1) Установите соответствие между звёздами и номерами созвездий, которым они принадлежат.

Ответ:

Поллукс	2
Ригель	6

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 2 балла

2) Выберите номер созвездия, в котором располагается планета, представленная на рисунке:



Ответ:

- 1
- 2
- ✓ 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

3) Метеорным потоком называется совокупность метеоров, порожденных вторжением в атмосферу Земли роя метеорных тел (метеороидов). **Метеороиды** — это малые тела, движущиеся в Солнечной системе по подобным траекториям и образовавшиеся главным образом в результате разрушения комет. Метеорные рои занимают чётко определённые орбиты в космическом пространстве, поэтому:

- метеорные потоки наблюдаются строго в определённое время года, когда Земля проходит точку пересечения орбит Земли и роя;
- радианты потоков при этом оказываются в строго определённых точках небосвода.

Радиант — это точка небесной сферы, кажущаяся источником метеоров, которые наблюдаются при встрече Земли с роем метеороидов, движущихся вокруг Солнца по общей орбите.

Свои названия метеорные потоки получают, как правило, по названию того созвездия (на латинском языке), в котором расположен его радиант или ближайшая к нему звезда этого созвездия. Ниже приведены названия некоторых созвездий на русском и латинском языках.

- Орион (*Orion*)
- Большая Медведица (*Ursa Major*)
- Единорог (*Monoceros*)
- Рак (*Cancer*)
- Скорпион (*Scorpius*)
- Телец (*Taurus*)
- Близнецы (*Gemini*)
- Малый Пёс (*Canis Minor*)

Выберите номер созвездия, в котором располагается радиант метеорного потока Геминиды.

Ответ:

- 1
- ✓ 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

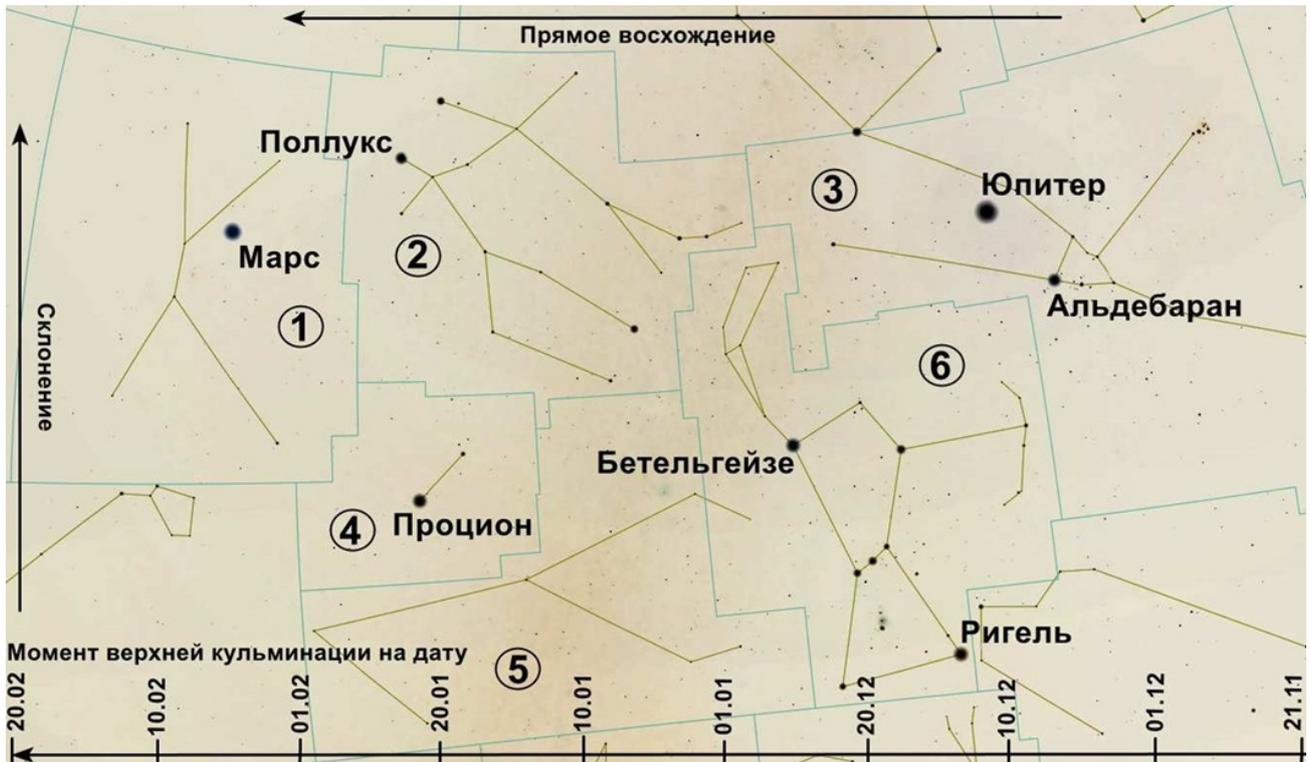
Максимальный балл за задание — 8

Решение.

- 1) Ригель расположен в созвездии, обозначенном цифрой 6, а Поллукс — в созвездии 2.
- 2) На рисунке представлен Юпитер, который находится в созвездии, обозначенном цифрой 3.
- 3) Название метеорного потока Геминиды происходит от латинского слова *Gemini* (Близнецы). Одноимённое созвездие (номер 2 на карте) легко определяется по астеризму, напоминающему двух людей, держащихся за руки.

Задания 4-6.

Дан фрагмент звёздной карты с указанием положений некоторых созвездий, звёзд и планет. Стрелками указаны направления увеличения экваториальных координат (склонения и прямого восхождения). Внизу представлена шкала времени с указанием характерных дат пребывания светил (с определённым значением прямого восхождения) в верхней кульминации (в меридиане) в местную полночь.



Замечание: следует помнить, что границы между созвездиями всегда проходят по кругам склонений (линиям постоянного склонения) и суточных параллелей (линиям постоянного прямого восхождения) экваториальной системы небесных координат. При переносе части сферической поверхности небосвода на плоскую поверхность карты с целью корректного отображения области небосвода и его созвездий, неминуемы отклонения хода указанных выше линий от прямых. Именно поэтому границы созвездий не обязаны быть параллельными прямоугольным границам фрагмента карты.

4) Выберите номера созвездий, через которые проходит небесный меридиан в местную полночь 10 января.

Ответ:

- 1
- ✓ 2
- 3
- 4
- ✓ 5
- 6

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла. Всего 4 балла

5) Выберите номер созвездия, граничные точки которого обладают максимальными значениями прямого восхождения.

Ответ:

- ✓ 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

6) Выберите номер созвездия, граничные точки которого обладают минимальными значениями склонения.

Ответ:

- 1
- 2
- 3
- 4
- ✓ 5
- 6

или

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- ✓ 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

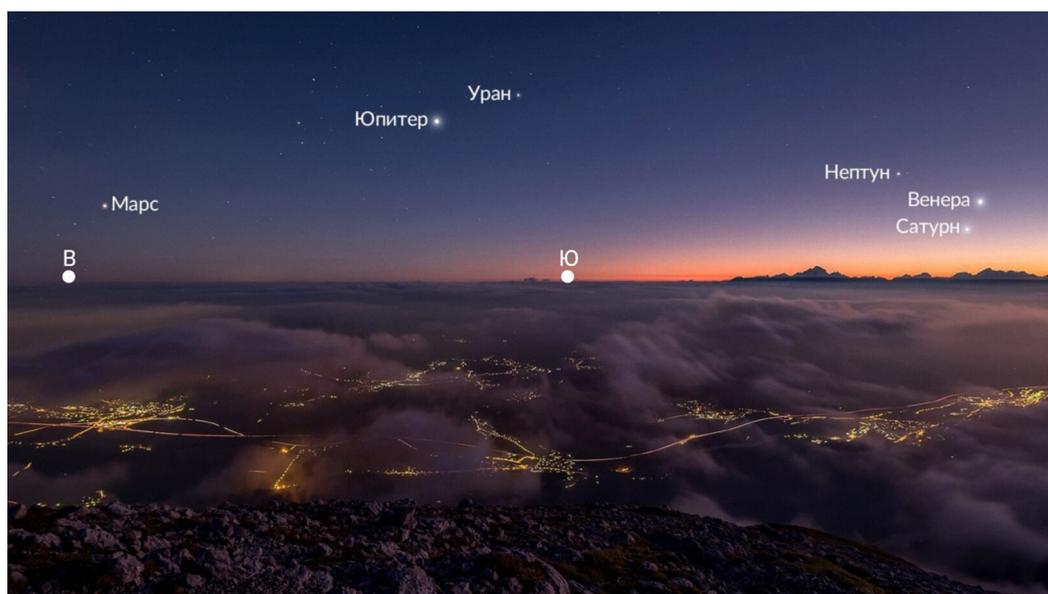
4) Если провести прямую параллельно вертикальным границам фрагмента карты через отметку 10 января, то последняя будет имитировать приближённое положение небесного меридиана. Данная прямая будет пересекать созвездия 2 и 5.

5) На рисунке стрелкой показано направление увеличения прямого восхождения. Самыми большими значениями прямого восхождения обладают граничные точки пронумерованного созвездия, расположенного ближе других к левой границе фрагмента карты. Очевидно, что искомое созвездие обозначено номером 1.

6) Вертикальной стрелкой показано направление увеличения склонения. Самыми малыми значениями склонения обладают граничные точки пронумерованного созвездия, расположенного ближе других к нижней границе фрагмента карты. Искомым является созвездие 5 или 6, поскольку нижние границы обоих лежат на одном малом круге — суточной параллели.

Задания 7-10.

На рисунке представлен результат компьютерной симуляции Большого парада планет, произошедшего 21 января 2025 года, с усилением видимой яркости некоторых из представленных планет с позиции наблюдателя, расположенного в Северном географическом полушарии.



Точками и буквами обозначены стороны горизонта: В — восток, Ю — юг, З — запад.

7) В какое время суток можно было наблюдать данную конфигурацию планет?

Ответ:

- Ночь
- ✓ Вечер
- День
- Утро

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

8) Над какой четвертью горизонта располагался Сатурн?

- Северо-восток
- Юго-восток
- ✓ Юго-запад
- Северо-запад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

9) Вдоль дуги какого большого круга приблизительно выстроились 6 планет?

Ответ:

- Математический горизонт
- Небесный экватор
- Небесный меридиан
- ✓ Эклиптика
- Первый вертикал
- Колюр равноденствий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

10) Какая планета в сутки наступления Большого парада последней прошла над точкой юга?

Ответ:

- Венера
- ✓ Марс
- Юпитер
- Сатурн
- Уран
- Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

7) Поскольку на юго-западной стороне небосвода видна заря, очевидно, от заката Солнца, то данную конфигурацию планет можно было наблюдать вечером.

8) Из рисунка видно, что Сатурн располагается между западом и югом, т. е. над юго-западной четвертью горизонта.

9) Как известно, все классические планеты Солнечной системы приблизительно лежат приблизительно в одной плоскости — плоскости земной орбиты, в той же плоскости движется и Солнце с позиции земного наблюдателя, описывая на небосводе эклиптику. Значит, данные планеты расположились вблизи эклиптики.

10) В результате суточного вращения Земли, все планеты перемещаются по небосводу с востока на запад. Над точкой юга последней пройдёт последней та планета, которая расположена восточнее других. Согласно рисунку, этой планетой является Марс.

Задания 11-13.

Дан коллаж фотографий Луны над Исаакиевским собором в г. Санкт-Петербурге. Изображения Луны были получены в порядке возрастания их номеров.



Луна над Исаакиевским собором г. Санкт-Петербурга¹

11) Какое явление изображено на данной фотографии?

Ответ:

- Восход Луны
- ✓ Закат Луны
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

12) В какой стороне горизонта, вероятнее всего, располагалась точка пересечения видимого горизонта и прямой, вдоль которой перемещалась Луна?

Ответ:

- Север
- Юг
- ✓ Запад
- Восток

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

13) Во сколько раз видимое расстояние, которое прошёл центр диска Луны по небосводу за время съёмки (от изображения 1 до изображения 7 включительно), больше её максимального видимого диаметра? Ответ округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [6.2; 7.4]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

11) С течением времени (при переходе от кадра 1 к кадру 7) высота Луны убывает, значит, здесь запечатлён заход Луны.

12) Точка пересечения видимого горизонта и прямой, вдоль которой перемещалась Луна, расположена на западе, поскольку все естественные небесные тела на земном небосводе заходят на западной стороне горизонта.

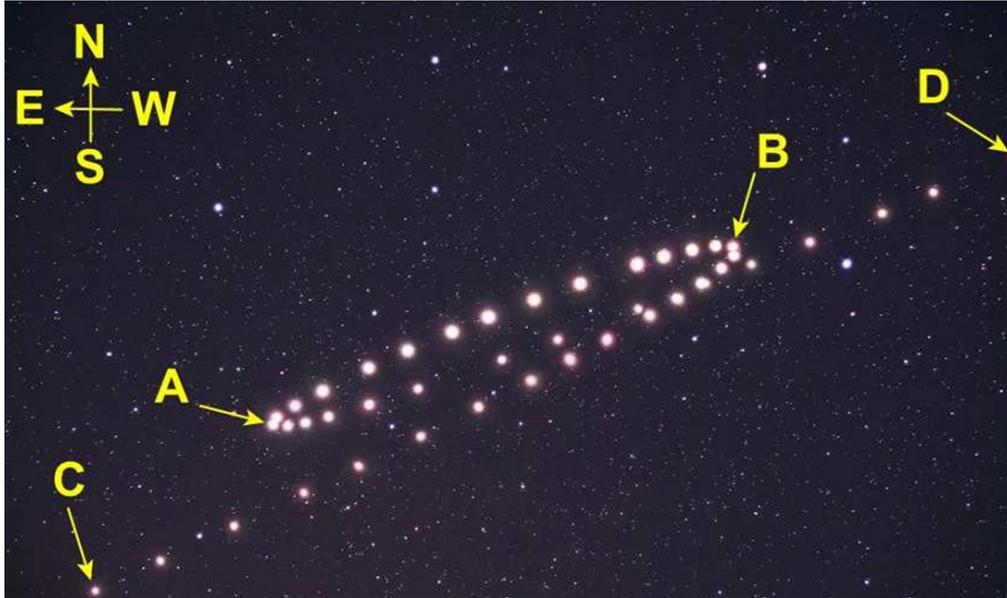
13) Измерим линейное расстояние ($L_{1-7} = 237$ мм, здесь и далее ваши значения могут отличаться от авторских) между центрами дисков Луны 1 и 7. Измерим также максимальный (горизонтальный) диаметр Луны $D = 35$ мм. Искомое отношение равно:

$$\eta = \frac{L_{1-7}}{D}$$

¹автор фото — Руслан Кондратенко, источник: https://vk.com/astrophotography?w=wall-59516873_247623

Задания 14-17.

Дано прямое изображение серии видимых положений Марса относительно звёзд фона, вместе образующих петлю его попятного движения, с указанием направлений на стороны света.



14) Какие участки траектории видимого движения Марса соответствуют его прямому движению, а какие попятному?

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

Прямое	$D \rightarrow A$ $B \rightarrow C$
Попытное	$A \rightarrow B$
	$A \rightarrow D$ $B \rightarrow A$ $C \rightarrow B$

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла. Всего 6 баллов

15) В какой конфигурации верхняя планета описывает петлю попятного движения?

Ответ:

- Вернее соединение
- Нижнее соединение
- Наибольшая восточная элонгация
- Наибольшая западная элонгация
- Соединение
- Восточная квадратура
- Западная квадратура
- ✓ Противостояние

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

16) Определите время движения Марса на участке DA , если промежуток времени между моментами получения двух соседних изображений планеты составляет 5 суток. Ответ выразите в сутках, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [68; 72]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

17) Определите среднюю угловую скорость видимого движения Марса на участке AB , если угловой размер последнего равен 15° . Ответ выразите в $^\circ/\text{сут}$, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.18; 0.24]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 15

Решение.

14) Прямым движением небесного тела называется его видимое движение по небосводу относительно далёких звёзд с запада на восток, а попятным — с востока на запад. Большую часть времени небесное тело осуществляет прямое движение по небосводу. На рисунке планета двигалась по пути $D \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$. С учётом указанных на рисунке направлений на стороны света, прямому движению Красной планеты отвечают участки $D \rightarrow A$ и $B \rightarrow C$, а попятному движению $A \rightarrow B$.

15) Петлю попятного движения планета описывает на земном небосводе в результате относительности орбитальных движений планеты и Земли относительно Солнца. При этом сама петля формируется при «обгоне» одного тела другим в их орбитальном движении, т. е. либо в противостоянии (в случае верхней планеты), либо в нижнем соединении (в случае нижней планеты).

16) Путём прямого подсчёта по фотографии легко убедиться в том, что на участке DA присутствует 15 положений Красной планеты, между которыми имеется соответственно 14 интервалов. Значит, искомое время движения Марса на участке DA есть $5 \text{ суток} \cdot 14 = 70 \text{ суток}$.

17) Пользуясь вычислениями из предыдущего подпункта, найдём среднюю угловую скорость видимого движения Марса на участке AB : $\omega_{\text{М}} = 15^\circ / 70 \text{ сут} = 0.21^\circ / \text{сут}$.

Задания 18-20.

Закон Тициуса-Боде представляет собой эмпирическую формулу, приблизительно описывающую расстояния между планетами Солнечной системы и Солнцем (средние радиусы орбит). Формула была впервые получена Иоганном Тициусом в 1766 году и получила известность благодаря работам Иоганна Боде в 1772 году. Данная формула может быть представлена в виде:

$$r_n = 0.1 \cdot (4 + 3 \cdot 2^n),$$

где r_n — выраженный в астрономических единицах радиус круговой орбиты планеты, которая соответствует значению планетного индекса n . Для известных в 1772 году тел Солнечной системы он принимал значения, представленные в таблице.

Индекс	Планета
$n = -\infty$	Меркурий
$n = 0$	Венера
$n = 1$	Земля
$n = 2$	Марс
$n = 4$	Юпитер
$n = 5$	Сатурн

18) Очевидно, в данной последовательности значений параметра существовало «вакантное место». Немецкий астроном Генрих Ольберс предположил, что этому «вакантному месту» должна соответствовать ещё одна неизвестная на тот момент большая планета — Фаэтон. Используя формулу, определите радиус круговой орбиты планеты — Фаэтон. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.7; 2.9]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

19) Последующие телескопические исследования подтвердили отсутствие планеты на данной орбите. Однако в самом начале XIX века на этой орбите было обнаружено другое небесное тело. Какое?

Ответ:

- Фобос
- Ганимед
- Титан
- Харон
- Титания
- ✓ Церера

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

20) К какому классу объектов сегодня относится обнаруженное небесное тело?

Ответ:

- Спутник классической планеты
- Метеороид
- ✓ Карликовая планета
- Астероид
- Комета
- Коричневый карлик

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

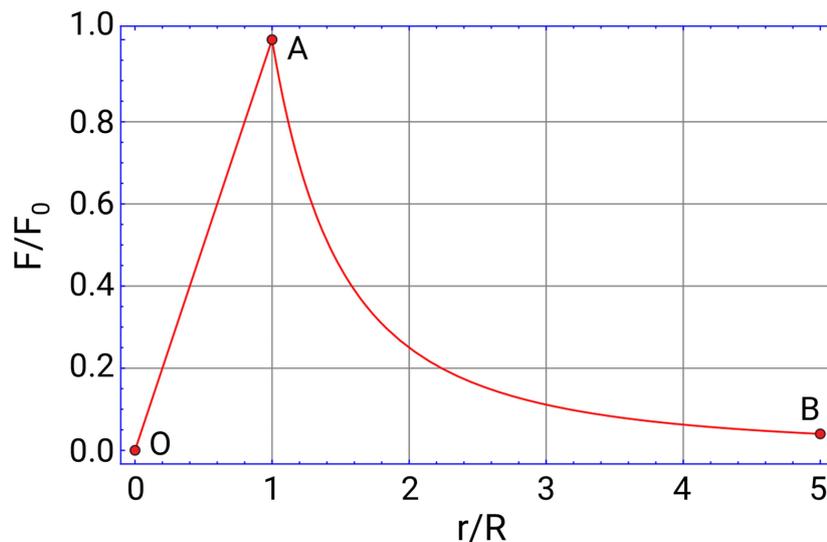
18) Согласно представленной таблице, значение параметра n , соответствующее «вакантному месту», равно 3. Используя формулу, при $n = 3$ получаем искомое расстояние 2.8 а. е.

19) Первого января 1801 года итальянский астроном Джузеппе Пьяцци в Палермской астрономической обсерватории открыл на полученном выше гелиоцентрическом расстоянии Цереру.

20) Сегодня Церера относится к классу карликовых планет.

Задания 21-23.

Дана кривая зависимости силы притяжения F (в единицах F_0), действующей со стороны шарообразного спутника классической планеты на пробное тело массы $m_0=1.0$ кг, от расстояния до центра спутника, выраженного в долях его радиуса R .



21) Какой физический смысл имеет параметр F_0 ?

Ответ:

- Сила притяжения, действующая на пробное тело массы m_0 , определённая в центре спутника
- ✓ Сила притяжения, действующая на пробное тело массы m_0 , определённая на поверхности спутника
- Ускорение свободного падения спутника, определённое в центре спутника
- Ускорение свободного падения спутника, определённое на поверхности спутника
- Сила притяжения, действующая на пробное тело массы m_0 , определённая на расстоянии $r = 2R$ от центра спутника.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

22) Каким видом кривой описывается зависимость $F(r)$ на участке OA ?

Ответ:

- Окружность
- Парабола
- ✓ Прямая
- Гипербола
- Эллипс
- Циклоида

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

23) На каких расстояниях r от центра спутника располагаются точки, в которых сила притяжения в $5/4$ раза меньше, чем у его поверхности? Ответ выразите в долях R , округлите до сотых. Каждое значение записывайте в отдельное поле, добавляя их при необходимости.

Ответ: 1) засчитывается в диапазоне $[0.75; 0.85]$, 2) засчитывается в диапазоне $[1.02; 1.22]$

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 4 балла. Всего 8 баллов

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

21) Отношение F/F_0 достигает максимального значения, равного единице, при $r/R = 1$. Таким образом, при $r = R$ (на поверхности спутника) сила притяжения $F = F_0$. Значит, F_0 — это сила притяжения, действующая на пробное тело массы m_0 , определённая на поверхности спутника.

22) На участке OA зависимость силы притяжения ($F(r)$) от расстояния до центра спутника, очевидно, является линейной и представляется частью прямой.

23) Если сила притяжения в $n = 5/4$ раза меньше, чем у поверхности спутника, то значение $F/F_0 = 1/n = 4/5 = 0.8$. На графике кривая зависимости $F(r)$ пересекает горизонтальную линию, соответствующую значению $F/F_0 = 0.8$, в двух точках: при $x_1 = (r/R)_1 = 0.8$ и $x_2 = (r/R)_2 = 1.12$.

Задания 24-25.

Дана фотография полной Луны, полученная над Исаакиевским собором в г. Санкт-Петербурге.



Луна над Исаакиевским собором г. Санкт-Петербург ²

24) Определите угол D'_k , под которым был виден диаметр основания купола (указан на рисунке буквой D) собора с позиции автора фотографии в момент съёмки. Максимальный угловой диаметр Луны в момент съёмки составлял $D'_\zeta = 29.5'$. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [14.1; 16.1]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

25) Оцените расстояние r от места съёмки до центра купола собора, диаметр основания которого равен $D = 26$ м, в момент получения фотографии. Ответ выразите в километрах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [5.54; 6.33]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

24) Определим с помощью линейки диаметры Луны ($D_\zeta = 58$ мм, здесь и далее ваши значения могут отличаться от авторских) и основания купола ($D_k = 30$ мм) на фотографии. Поскольку угловой масштаб фотографии одинаков, по крайней мере, в центральной части её поля, то отношение линейных размеров объектов кадра должно быть равно отношению их угловых размеров:

$$\frac{D'_k}{D'_\zeta} = \frac{D_k}{D_\zeta}; \Rightarrow D'_k = D'_\zeta \frac{D_k}{D_\zeta} = 15.3'$$

25) Поскольку угловой диаметр купола является малым углом, то искомую величину можно вычислить по формуле:

$$r = \frac{D \cdot 3438'}{D'_k} = 5.84 \text{ км.}$$

Здесь множитель $3438'$ — коэффициент перевода радианной меры угла в минутную.

²автор фото — Руслан Кондратенко, источник: https://vk.com/astrophotography?w=wall-59516873_247623

Задания 26-28.

26) Сила тяжести, действующая со стороны шарообразного невращающегося спутника классической планеты на пробное тело массы m_0 у его поверхности равна F_s . Используя значения $F_s = 1.62$ Н, $m_0 = 1.0$ кг, определите ускорение свободного падения у поверхности данного тела. Величину универсальной гравитационной постоянной примите равной $G = 6.674 \cdot 10^{-11}$ м³/(с² · кг). Ответ выразите в м/с², округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1.61; 1.63]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

27-28) Зная радиус $R = 1738$ км спутника, определите его массу M . Ответ выразите в килограммах. Показатель степени n округлите до целых, коэффициент перед степенью k до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [6.60 · 10²²; 8.07 · 10²²]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

26) Сила тяжести F_s , действующая на тело массы m у поверхности спутника, равна $F_s = mg_0$, откуда

$$g_0 = \frac{F_s}{m_0} = \frac{1.62 \text{ Н}}{1.0 \text{ кг}} = 1.62 \text{ м/с}^2.$$

27-28) Ускорение свободного падения у поверхности спутника можно определить по формуле:

$$g_0 = \frac{GM}{R^2} \Rightarrow M = \frac{g_0 R^2}{G} = 7.33 \cdot 10^{22} \text{ кг}.$$

Таким образом, $k = 7.33$ и $n = 22$.

Задания 29-30.

В ряде православных церквей в настоящее время применяется новоюлианский календарь (НЮК) модификация юлианского календаря, в которой используется 900-летний цикл и определён иной порядок чередования високосных лет, нежели в юлианском и григорианском. Здесь год считается високосным, если:

- его номер без остатка делится на 4 и не делится на 100;
- его номер делится на 900 с остатком 200 или 600.

29) Сколько високосных лет должно быть в НЮК в период с 2001 по 2900 годы?

Ответ: 218

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

30) В каком ближайшем году (в будущем) произойдёт очередной сдвиг на 1 сутки между юлианским и новоюлианским календарями?

Ответ: 2100

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

29) Если бы выполнялось лишь первое условие для НЮК, то количество високосных лет было бы равно:

$$\frac{2900 - 2000}{4} - 9 = 216.$$

В последнем расчёте учтено, что 9 невисокосных лет набирается от 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900 года. Однако второе правило делает високосными 2400 и 2900 годы. Итого за 900-летний цикл имеем 218 високосных лет.

30) Очередной сдвиг на 1 сутки между юлианским и новоюлианским календарем произойдёт в ближайший вековой год — 2100, поскольку этот год не является високосным в новоюлианском календаре (см. предыдущий пункт), а в юлианском — является.