

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЧЛЕНОВ ЖЮРИ
ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ – 120 МИН.
МАКСИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО БАЛЛОВ – 100

Оценивание заданий проводится по обобщенной шкале:

0 баллов – решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл – правильно угадан бинарный ответ («да» - «нет») без обоснования;

1-2 балла – попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2-3 балла – правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3-6 баллов – задание частично решено;

5-7 баллов – задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8- задание решено полностью;

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Максимальная оценка – 48 баллов, итоговая оценка переводится в шкалу 100 баллов.

Алгоритм перевода

Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путём сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий с последующим приведением к 100-балльной системе.

Максимальная оценка по итогам выполнения заданий 100 баллов, оценка за этап не более 48 баллов, тогда:

суммарный балл за выполнение заданий/максимальное количество баллов*100,

Например, участник суммарно набрал 32 балла: $32/48*100=66,6$

В случае дробного итогового результата он округляется до десятых

Задание № 10-1 (8 баллов).

Группа астрономов изучала особенности движения одной из галактик. Они выяснили, что галактика X находится от Солнца примерно на расстоянии 150 Мпк. В каком направлении в среднем будет двигаться галактика X? Какова ее пространственная скорость? И каков ее размер, если она видна как пятнышко диаметром 20"? Постоянную Хаббла считать равной 100 (км/с)/Мпк.

Возможное решение.

По закону Хаббла $v = H r$

v-скорость, с которой галактика X удаляется от наблюдателя

$H = 100$ (км/с)/Мпк

r- расстояние до галактики X

Отсюда: $v = H r = 100$ (км/с)/Мпк * 150 Мпк = **15000 км/с**

Теперь выясним размер галактики

d –угловой диаметр

D –линейный диаметр

$$D = r * d'' / 206265'' = 150 \text{ Мпк} * 20'' / 206265'' = 14544 \text{ пк} \approx 14,5 \text{ кпк}$$

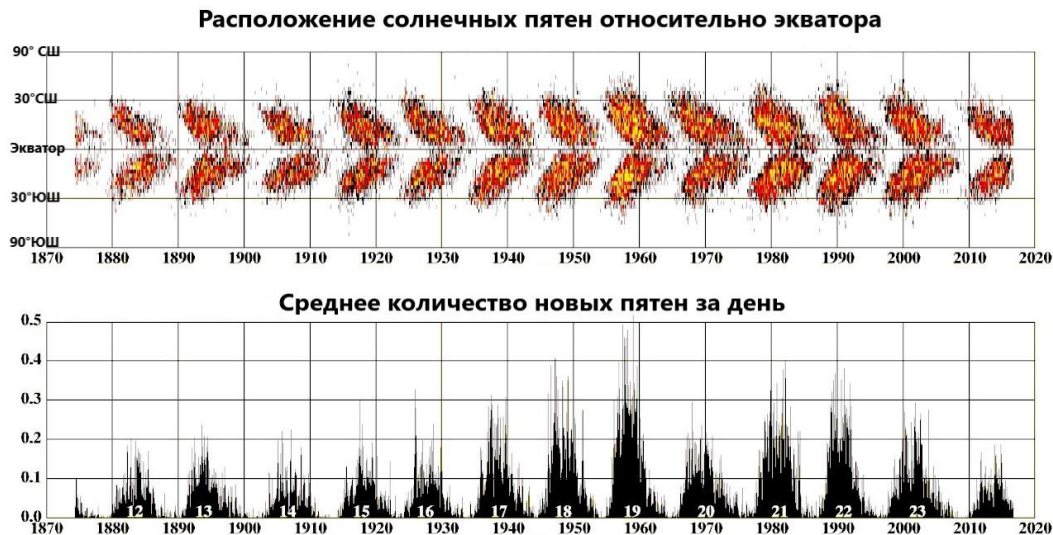
Класс 10+

Уровень сложности: 2.

Темы. § 2.2. Звезды и расстояния до них., § 2.3. Объекты далекого космоса., § 4.1. Угловые измерения на небе. § 4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний. § 8.7. Движение звезд.

Задание № 10-2 (8 баллов).

График с “бабочками Маундера” демонстрирует закон Шпёрера — зависимость между фазой цикла солнечной активности и характерными гелиографическими широтами пятнообразования на Солнце.



Выберите верные утверждения:

- а) пятна на Солнце образуются преимущественно между 5-ой и 40-ой гелиографическими широтами;
- б) в максимуме солнечного цикла пятна образуются на полюсах Солнца;
- в) к концу цикла пятна образуются ближе к экватору;
- г) 19-ый цикл солнечной активности был отмечен выраженной асимметрией пятнообразования между северным и южным полушариями;
- д) солнечные пятна по виду представляют собой бабочек, отсюда и название “бабочки Маундера”;
- е) сейчас идёт 25-ый цикл солнечной активности;
- ё) все циклы солнечной активности имеют строго определённую длительность — 11 лет;
- ж) подсчёт пятен начат в 1610 году, когда Галилей обнаружил пятна на Солнце;
- з) подсчёт пятен начат в 1755 году, когда Гершель обнаружил пятна на Солнце;
- и) пятна на Солнце представляют собой наиболее горячие области поверхности;
- й) пятна на Солнце представляют собой наиболее холодные области поверхности.

Ответ: верны пункты а) в) г) е) ж) й)

Класс. 10+

Уровень сложности: 1.

Темы. § 8.6. Солнце.

Задание № 10-3 (8 баллов).

В ночь с 28 на 29 октября 2023 года в Омске наблюдали частное теневое лунное затмение. Ниже приведен негатив снимка, сделанного в максимуме затмения в Омской обсерватории. Определите величину линейной фазы. Построение можно произвести на листе с заданием и приложить к решению.



Возможное решение.

Линейная фаза затмения равна отношению затенённой части лунного диаметра к полному диаметру. Возможный вариант расчётов выглядит так: ширина d затенённой части диаметра, измеренная с помощью линейки, равна ≈ 2 см, диаметр D всего диска 15 см. Тогда линейная фаза: $\approx 2/15 \approx 0,133... \approx 13\%$.

Ответ: фаза $\approx 13\%$.

Класс. 10+

Уровень сложности: 1.

Темы. § 1.3. Луна, ее свойства и движение., § 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит).

Задание № 10-4 (8 баллов).

Петр Первый - фигура для российской истории знаковая, он создал Российскую империю и за свои заслуги перед Россией получил прозвище Петр Великий. Петр Великий умер 28 января 1725 года (8 февраля по новому стилю) Пользуясь знаниями о календаре, определите, в какой день недели умер последний царь всея Руси и первый император? Все свои рассуждения подтвердите расчетами.

Возможное решение.

Чтобы определить день недели, если известна точная дата какого-нибудь события по старому стилю, Целлер предложил следующее правило: предположим, что p -й день q -ого месяца N -ого года по Р. Хр. будет r -ый день недели, считая от предыдущей субботы (т. е. при определении дня надо начинать счет с воскресенья). Тогда r есть остаток от деления на 7 числа.

$$p + 2q + \left\{ \frac{3(q+1)}{5} \right\} + N + \left\{ \frac{N}{4} \right\}.$$

При этом надо помнить, что величины, заключенные в $\{ \}$, обозначают только целые части частного, а остаток от деления числителя на знаменатель отбрасывается. Кроме того, январь и февраль считаются, как 13-й и 14-й месяцы предыдущего года.

Пользуясь этим правилом, определим в какой день недели умер Петр Великий, если известно, что он умер 28 января 1725 года?

В этом случае

$$p = 28, q = 13, N = 1724;$$

тогда формула Целлера дает число

$$28 + 26 + 8 + 1724 + 431 = 2217$$

Полученное число, после деления на 7, даст остаток $r = 5$, т. е. **умер Петр Великий в четверг.**

Можно получить решение без знания формулы Целлера. Сравним 2022 и текущий 2023 годы: 31.12.2022 - Суббота, 01.01.2023 - Воскресенье, 31.12.2023 - Воскресенье. Вообще, обычный год 365 дней = 52 и 1/7 недели, високосный год - 366 = 52 и 2/7 недели. Т.е. каждый обычный год сдвигает календарь на 1 день недели, каждый високосный год - на 2 дня недели.

Для решения задачи надо сосчитать количество обычных и високосных лет от 01.01.1725 до 01.01.2023 (Воскресенье). Вычисления проводим в более привычном для нас "новом стиле".

1. Всего прошло $2023 - 1725 = 298$ лет.
2. Из них високосных 72 года: XXI век - 5, XX век - 25, XIX век - 24 и XVIII век (с 1725 по 1800) - 18 високосных лет.
3. Значит обычных лет будет $298 - 72 = 226$.
4. Сдвиг дней недели составит: $72 \cdot 2 + 226 = 370$ дней.
5. В долях недели $370 / 7 = 52 \frac{6}{7}$. Убирая целое число недель (из-за периодичности) получим отрицательный сдвиг в 6 дней недели относительно 01.01.2023.
6. Таким образом, 01.01.1725 будет: 01.01.2023 (Воскресенье) - 6 дней недели = Понедельник.
7. От 01.01.1725 до начала 08.02.1725 пройдет полных $31 + 7 = 38$ дней = 5 недель и 3 дня.
8. Окончательно: 08.02.1725 будет Понедельник (01.01.1725) + 3 дня = **Четверг.**

Допустимы оба решения или их вариации.

Класс 7+ (9+)

Уровень сложности: 2.

Темы: § 4.6. Основы летоисчисления и измерения времени.

Задание № 10-5 (8 баллов).

Телескоп с диаметром объектива 11 см наведен на звезду. Астроном-любитель смотрит на звезду в телескоп левым глазом, а правым глазом смотрит на небо без телескопа (невооруженным глазом). Правым глазом он видит звезду Денеб (α Лебеда, видимая звездная величина $\approx 1,25^m$) и замечает, что неизвестная звезда X, видимая в телескоп равна по яркости звезде Денеб, видимой невооруженным глазом. Оцените реальную видимую звездную величину звезды X, наблюдаемой в телескоп. Можно ли увидеть эту звезду без телескопа? Диаметр зрачка глаза у астронома-любителя принять равным 7 мм.

Возможное решение.

Рассмотрим ключевые моменты возможного варианта решения задачи.

1. Обе звезды - Денеб и звезда X являются точечными объектами как при наблюдении глазом, так и в телескоп. Поэтому видимая звездная величина будет зависеть исключительно от видимой яркости звезд, без учета их угловых размеров.
2. Объектив телескопа собирает больше световой энергии, чем глаз человека, поэтому видимая яркость звезды в телескоп существенно выше, чем при наблюдении невооруженным глазом. Разность видимых яркостей выражается как разность звездных величин (Δm) при помощи формулы Погсона:

$$\Delta m = 2,5 \cdot \lg \left(\frac{E_T}{E_G} \right).$$

Здесь E_T - энергия от звезды, собираемая телескопом, E_G - энергия от звезды, собираемая глазом.

3. Количество световой энергии, собираемой инструментом пропорционально S - площади входного отверстия (зрачка). При оценочных расчетах $S =$ площади объектива (площади круга), $S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot D^2 / 4$, r - радиус, D - диаметр объектива. То есть $E \sim S \sim D^2$.
4. Тогда, по формуле Погсона можно записать разность звездных величин точечного объекта при наблюдении в телескоп и невооруженным глазом:

$$\Delta m = 2,5 \cdot \lg \left(\frac{D_T^2}{D_G^2} \right) = 2,5 \cdot \lg \left(\left(\frac{D_T}{D_G} \right)^2 \right) = 5 \cdot \lg \left(\frac{D_T}{D_G} \right) = 5 \cdot \lg \left(\frac{110}{7} \right) \approx 5,98^m \approx 6^m.$$

5. Видимая яркость звезды X, наблюдаемой в телескоп сравнима с Денебом, т.е. $\approx 1,25^m$. В действительности (при наблюдении невооруженным глазом) эта звезда слабее на 6^m , т.е. **ее видимая звездная величина $\approx 1,25 + 6 = 7,25^m$.**
6. Совершенно очевидно, что такую слабую звезду **невооруженным глазом увидеть нельзя.**

Класс 10+

Уровень сложности: 2.

Темы: § 1.1. Звездное небо., § 7.1. Схемы и принципы работы телескопов., § 9.2. Светосила и проникающая способность телескопа., § 9.3. Основные приемники излучения., § 8.1. Энергия излучения., § 8.2. Шкала звездных величин.

Задание № 10-6 (8 баллов).

Большая полуось орбиты экваториального ИСЗ составляет $a_1 \approx 6800$ км, связь с Землей организована через спутник ретранслятор на геостационарной орбите ($a_2 \approx 42164$ км). Оцените минимальную и максимальную временную задержку передаваемого сигнала.

Возможное решение.

Рассмотрим ключевые моменты решения задачи.

1. Временная задержка передаваемого сигнала вызвана конечностью скорости распространения электромагнитного излучения (радиоволн) $c \approx 3 \cdot 10^5$ км/с = $3 \cdot 10^8$ м/с. Конкретное значение задержки Δt зависит от расстояния - r , которое надо преодолеть сигналу:

$$\Delta t = r / c.$$

2. Согласно условию задачи, оба спутника вращаются все время в одной плоскости - плоскости земного экватора, поэтому при вычислении расстояний можно рассматривать "плоскую" задачу. Распространение сигнала идет всегда по пути: ИСЗ \rightarrow геостационар \rightarrow Земля или в обратную сторону. Путь геостационар \rightarrow Земля (или обратный) всегда одинаковый = $a_2 \approx 42164$ км. Путь ИСЗ \rightarrow геостационар (или обратный) изменяется от максимального ($a_2 + a_1$) до минимального ($a_2 - a_1$). Отсюда максимальный полный путь сигнала: $2 \cdot a_2 + a_1$, минимальный $2 \cdot a_2 - a_1$.

3. Таким образом для минимальной и максимальной временной задержки сигнала получаем (расстояния в км, скорость в км/с):

$$\Delta t_{\min} = \frac{2 \cdot a_2 - a_1}{c} = \frac{2 \cdot 42164 - 6800}{3 \cdot 10^5} \approx 0,258 c,$$

$$\Delta t_{\max} = \frac{2 \cdot a_2 + a_1}{c} = \frac{2 \cdot 42164 + 6800}{3 \cdot 10^5} \approx 0,304 c$$

Класс 9+

Уровень сложности: 1.

Темы. § 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит), § 8.4. Электромагнитные волны.