Олимпиадные задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии

Схема оценивания решений по традиционной 8-балльной системе на основе методических указаний:

* 0 баллов — решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;
* 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 баллов — задание решено полностью.

7 класс

На выполнение заданий отводится 2 часа (120 минут)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер задания | Условие задачи | Решение |
| **1** | Определите зенитное расстояние, высоту, азимут и часовой угол звезды Капеллы (Возничего) в верхней кульминации на географической широте Ижевска  (56⁰ 51') . Склонение Капеллы +45⁰58'  **8 баллов** | следовательнозенитное расстояние  z = 56⁰ 51' - 45⁰58' = 10⁰ 53'  2) Высота h = 90⁰ - z = 90⁰ -10⁰ 53'= 79⁰ 07'  3) Азимут А = 180 ⁰ (верхняя кульминация)  4) Часовой угол t = 0⁰ (по той же причине) |
| **2** | В какой фазе находится Луна во время полного солнечного затмения?  **8 баллов** | Во время полного солнечного затмения Луна находится в фазе новолуния. Полное солнечное затмение происходит, когда Солнце, Луна и Земля оказываются на одной линии, причем Луна находится между Солнцем и Землей. Одна половина Луны всегда освещена Солнцем. В описанном случае светлая часть обращена к Солнцу, а темная – к Земле, т.е. Луна находится в фазе новолуния. |
| **3** | Ноябрьским вечером на юго-востоке при хорошей погоде можно  наблюдать в Ижевске яркую планету. Что это за планета, в каком созвездии  она наблюдается и какие созвездия расположены рядом?  **8 баллов** | Это Марс, он наблюдается в созвездии Рыб. Рядом находятся созвездия Овен, Пегас, Водолей, Кит. |
| **4** | 13 декабря наступило новолуние в 8 час. 42 мин. Когда наступит  полнолуние?  **8 баллов** | Период смены лунных фаз, синодический месяц, составляет 29,5 суток.  Полнолуние наступит 28 декабря в 10 час. 21 мин. |
| **5** | На небе наблюдается пара звёзд одинаковой видимой яркости. Масса звезды А в 2 раза больше массы звезды Б. Какова разница звёздных величин двух звёзд?  **8 баллов** | Звёздная величина - характеристика яркости звезды (а вовсе не размера). Так что звёзды одинакового блеска имеют одинаковую звёздную величину и их разность равна нулю. |

8 класс

На выполнение заданий отводится 2 часа (120 минут)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер задания | Условие задачи | Решение |
| **1** | Определите зенитное расстояние, высоту, азимут и часовой угол звезды Капеллы (Возничего) в верхней кульминации на географической широте Ижевска  (56⁰ 51') . Склонение Капеллы +45⁰58'  **8 баллов** | следовательнозенитное расстояние  z = 56⁰ 51' - 45⁰58' = 10⁰ 53'  2) высота h = 90⁰ - z = 90⁰ -10⁰ 53'= 79⁰ 07'  3) Азимут А = 180 ⁰ (верхняя кульминация)  4) Часовой угол t = 0⁰ (по той же причине) |
| **2** | 13 декабря наступило новолуние в 8 час. 42 мин. Когда наступит полнолуние?  **8 баллов** | Период смены лунных фаз, синодический месяц, составляет 29,5 суток.  Полнолуние наступит 28 декабря в 10 час. 21 мин. |
| **3** | Вблизи элонгаций наступают наилучшие условия для наблюдений планет, в том числе и Венеры.  В этом году наибольшая восточная элонгация Венеры была 24 марта, а  наибольшая западная элонгация 13 августа.  В какое время суток можно было наблюдать планету в эти даты?  **8 баллов** | Во время восточной элонгации планета отдаляется на максимальное угловое расстояние от Солнца (46⁰) и находится восточнее Солнца, заходит за горизонт после дневного светила и видна вечером. Напротив, во время западной элонгации в августе планета взошла раньше Солнца и была видна утром |
| **4** | Вкаком из этих городов Южной Америки 21 декабря Солнце в полдень поднимется  выше всего над горизонтом? Ниже всего?  Сан-Паулу (23˚33' ю.ш., 46˚38' з.д.)  Буэнос-Айрес (34˚36' ю.ш., 58˚ 23' з.д. )  Богота (4˚36' с.ш., 74˚05' з.д.)  **8 баллов** | В день зимнего солнцестояния Солнце наблюдается в зените над южным тропиком (23˚ ю.ш.). Это означает, что в Сан-Паулу Солнце практически  пройдёт через зенит, т.е. выше всего.  Чем дальше город находится от южного тропика, тем  ниже поднимается Солнце над горизонтом, так что среди трёх перечисленных городов наименьшая  высота дневного светила будет достигнута в Боготе. |
| **5** | Предположим, что сегодня Юпитер и Сатурн одновременно вступили в противостояние  с Солнцем. У какой из этих планет следующее противостояние наступит раньше?  **8 баллов** | Юпитер и Сатурн - внешние планеты, т.к. находятся дальше от Солнца, чем Земля. Синодический период внешней планеты S, равный интервалу между двумя ее последовательными противостояниями, связан с периодом обращения планеты T и Земли TE вокруг Солнца следующим  соотношением:    Из формулы видно, что чем больше период обращения планеты вокруг Солнца, тем меньше ее синодический период (Земля в своем вращении вокруг Солнца быстрее нагонит эту планету).  Поэтому более далекий от нас Сатурн вступит в следующее противостояние раньше Юпитера. |

9 класс

На выполнение заданий отводится 3 часа (180 минут)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер задания | Условие задачи | Решение |
| **1** | Вкаком из этих городов Южной Америки 21 декабря Солнце в полдень поднимется  выше всего над горизонтом? Ниже всего?  Сан-Паулу (23˚33' ю.ш., 46˚38' з.д.)  Буэнос-Айрес (34˚36' ю.ш., 58˚ 23' з.д. )  Богота (4˚36' с.ш., 74˚05' з.д.)  **8 баллов** | В день зимнего солнцестояния Солнце наблюдается в зените над южным тропиком (23˚ ю.ш.). Это означает, что в Сан-Паулу Солнце практически  пройдёт через зенит, т.е. выше всего.  Чем дальше город находится от южного тропика, тем  ниже поднимается Солнце над горизонтом, так что среди трёх перечисленных городов наименьшая  высота дневного светила будет достигнута в Боготе. |
| **2** | Предположим, что сегодня Юпитер и Сатурн одновременно вступили в противостояние  с Солнцем. У какой из этих планет следующее противостояние наступит раньше?  **8 баллов** | Юпитер и Сатурн - внешние планеты, т.к. находятся дальше от Солнца, чем Земля. Синодический период внешней планеты S, равный интервалу между двумя ее последовательными противостояниями, связан с периодом обращения планеты T и Земли TE вокруг Солнца следующим  соотношением:    Из формулы видно, что чем больше период обращения планеты вокруг Солнца, тем меньше ее синодический период (Земля в своем вращении вокруг Солнца быстрее нагонит эту планету).  Поэтому более далекий от нас Сатурн вступит в следующее противостояние раньше Юпитера. |
| **3** | “Летящая звезда Барнарда” имеет рекордно большое собственное движение (10'' в год). Параллакс звезды равен 0.5''. Оцените тангенциальную (перпендикулярную к лучу зрения) скорость звезды по отношению к Солнцу в км/с.  **8 баллов** | Параллакс звезды Барнарда равен 0.5'', и это означает, что расстояние до нее равно 2 пк, а отрезок длиной 1 а.е. на этом расстоянии виден под углом 0.5''. За счет тангенциального движения звезда Барнарда пролетает за год в 20 раз большее расстояние, то есть ее тангенциальная  скорость относительно Солнца равна 20 а.е./год. Выражая астрономическую единицу в километрах, а год в секундах, получаем значение скорости 95 км/c. |
| **4** | Найти перигельное и афелийное расстояния,  сидерический и синодический периоды обращения, а также круговую скорость малой планеты Поэзии, если большая  полуось 3,12 а. е. и эксцентриситет ее орбиты равны 0,144.  **8 баллов** | 1. Перигельное расстояние q = *a* (1 - *e*) = 3,12 (1- 0,144) = 2,67 а.е. 2. Афелийное расстояние Q = *a* (1 + *e*) = 3,12 (1 + 0,144) = 3,57 а.е. 3. Сидерический период T =*a* = 5,51 года. 4. Так как a>1 планета верхняя, ее период обращения вычисляется по формуле   .  Здесь T0 = 1 – сидерический период обращения Земли. S = 1,22 года.   1. Средняя орбитальная, или круговая, скорость планеты   =16,9 км/с.  Ответ может незначительно отличаться от данного, если учащийся для решения укажет 1 а.е. = 149,6\*106 км ≈ 150 \*106 км |
| **5** | Во время лунного затмения Луна входит в тень Земли, и мы перестаём её видеть. А можно ли наблюдать подобные затмения Марса Землёй? А затмение Землёй Венеры? Ответ поясните рисунками.  **8 баллов** | Затмение Марса и Венеры Землей наблюдать нельзя. Марс не может попасть в земную тень, т.к. длина ее слишком мала (около 1 млн. км) и она не достает до орбиты Марса. Венера не может попасть с тень Земли, т.к. является внутренней планетой и в принципе не может оказаться дальше от Солнца, чем Земля. |

10 класс

На выполнение заданий отводится 3 часа (180 минут)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер задания | Условие задачи | Решение |
| **1** | Найти перигельное и афелийное расстояния,  сидерический и синодический периоды обращения, а также круговую скорость малой планеты Поэзии, если большая  полуось 3,12 а. е. и эксцентриситет ее орбиты равны 0,144.  **8 баллов** | 1. Перигельное расстояние q = *a* (1 - *e*) = 3,12 (1- 0,144) = 2,67 а.е. 2. Афелийное расстояние Q = *a* (1 + *e*) = 3,12 (1 + 0,144) = 3,57 а.е. 3. Сидерический период T =*a* = 5,51 года. 4. Так как a>1 планета верхняя, ее период обращения вычисляется по формуле   .  Здесь T0 = 1 – сидерический период обращения Земли. S = 1,22 года.   1. Средняя орбитальная, или круговая, скорость планеты   =16,9 км/с.  Ответ может незначительно отличаться от данного, если учащийся для решения укажет 1 а.е. = 149,6\*106 км ≈ 150 \*106 км |
| **2** | Что означает термин «день равноденствия»? В каких точках горизонта восходит и заходит Солнце в этот день в северном полушарии Земли? Каковы примерно координаты (высота и азимут) точки весеннего равноденствия в момент появления Солнца из-за горизонта 21 марта в северном полушарии Земли?  **8 баллов** | В день равноденствия для всех (кроме приполярных) районов Земли день равен (вернее почти равен, т.к. есть несколько факторов, вызывающих отклонения в продолжительности дня). В этот день Солнце проходит через особую точку на небесной сфере – точку пересечения небесного экватора и эклиптики. Т.к. небесный экватор пересекает горизонт в точках востока и запада, то и Солнце в этот день восходит и заходит в этих точках (вернее почти в них). Соответственно, координаты точки восхода: высота h=0 градусов, азимут A=90 градусов (или 270 градусов, если имеется в виду астрономических азимут). |
| **3** | Земля движется по орбите вокруг Солнца со скоростью 30 км/сек. Сколько суток потребуется космическому аппарату, запущенному с поверхности Земли со скоростью 15 км/сек в направлении ее движения, чтобы преодолеть расстояние в 0.2 астрономической единицы относительно Солнца?  **8 баллов** | Т.к. аппарат запущен в направлении движения Земли, его скорость относительно Солнца будет равна V=30+15=45 км/сек.  Таким образом, требуемое расстояние он преодолеет за t=s/V=(0.2\*150млн.км)/(45км/сек)=667000 сек=7.7 суток |
| **4** | В наших широтах полная Луна летом находится низко над горизонтом, а зимой высоко. А Солнце наоборот. Почему?  **8 баллов** | Солнце движется по небесной сфере по эклиптике. Зимой Солнце в наших широтах находится низко над горизонтом – так зимой днем проходит эклиптика. Летом Солнце оказывается в противоположной части эклиптики, которая летом днем проходит высоко над горизонтом. Полная Луна на небе расположена противоположно Солнцу. Т.е. летом она находится в той части эклиптики, где Солнце было зимой (поэтому она будет проходить низко над горизонтом), а зимой Луна находится там, где Солнце было летом и поэтому – высоко над горизонтом. |
| **5** | Во сколько раз видимый блеск Солнца меньше при наблюдении из окрестностей Юпитера, чем с Земли? А при наблюдении с Альдебарана? Большая полуось орбиты Юпитера 5.2 а.е., параллакс Альдебарана p=0."05.  **8 баллов** | При удалении от источника света его блеск меняется обратно пропорционально квадрату расстояния. Т.е. при наблюдении с Юпитера блеск Солнца будет меньше в (5.2) 2=27 раз. (3 балла)  Расстояние до Альдебарана можно вычислить, зная его параллакс: D=1/p=20 парсек=20\*206 265 а.е.=4.13 млн. а.е. (3 балла)  Значит, блеск Солнца уменьшится в 17\*1012 раз (2 балла). |

11 класс

На выполнение заданий отводится 3 часа (180 минут)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер задания | Условие задачи | Решение |
| **1** | Земля движется по орбите вокруг Солнца со скоростью 30 км/сек. Сколько суток потребуется космическому аппарату, запущенному с поверхности Земли со скоростью 15 км/сек в направлении ее движения, чтобы преодолеть расстояние в 0.2 астрономической единицы относительно Солнца?  **8 баллов** | Т.к. аппарат запущен в направлении движения Земли, его скорость относительно Солнца будет равна V=30+15=45 км/сек.  Таким образом, требуемое расстояние он преодолеет за t=s/V=(0.2\*150млн.км)/(45км/сек)=667000 сек=7.7 суток |
| **2** | Во сколько раз видимый блеск Солнца меньше при наблюдении из окрестностей Юпитера, чем с Земли? А при наблюдении с Альдебарана? Большая полуось орбиты Юпитера 5.2 а.е., параллакс Альдебарана p=0."05.  **8 баллов** | При удалении от источника света его блеск меняется обратно пропорционально квадрату расстояния. Т.е. при наблюдении с Юпитера блеск Солнца будет меньше в (5.2) 2=27 раз. (3 балла)  Расстояние до Альдебарана можно вычислить, зная его параллакс: D=1/p=20 парсек=20\*206 265 а.е.=4.13 млн. а.е. (3 балла)  Значит, блеск Солнца уменьшится в 17\*1012 раз (2 балла). |
| **3** | В наших широтах полная Луна летом находится низко над горизонтом, а зимой высоко. А Солнце наоборот. Почему?  **8 баллов** | Солнце движется по небесной сфере по эклиптике. Зимой Солнце в наших широтах находится низко над горизонтом – так зимой днем проходит эклиптика. Летом Солнце оказывается в противоположной части эклиптики, которая летом днем проходит высоко над горизонтом. Полная Луна на небе расположена противоположно Солнцу. Т.е. летом она находится в той части эклиптики, где Солнце было зимой (поэтому она будет проходить низко над горизонтом), а зимой Луна находится там, где Солнце было летом и поэтому – высоко над горизонтом. |
| **4** | В телескоп диаметром 100 мм планируют глазом наблюдать следующие объекты:  Луна (радиус 1740 км, расстояние 384000 км),  астероид Церера (радиус 470 км, расстояние 1.8 а.е.),  Плутон (радиус 1200 км, расстояние 40 а.е.),  Юпитер (радиус 71000 км, расстояние 4.3 а.е.),  Ганимед (радиус 2630 км),  Бетельгейзе (радиус 560 млн. км, расстояние 200 пк).  Вид каких из указанных небесных тел в данный инструмент будет отличаться от вида точечного объекта?  **8 баллов** | Для того, чтобы вид объекта в телескоп отличался от точки, необходимо, чтобы был виден (разрешался) диск этого объекта. Это возможно в том случае, когда угловой размер небесного тела превышает разрешающую способность телескопа b.  Вычислим b  телескопа: b=140/D=1.″4 (при этом мы использовали критерий разрешения Рэлея. Учащийся может использовать и другие критерии, а соответственно и формулы – 120/D, 114/D или общий вид k\*lamda/D – получившиеся значения должны быть близки к нашему числу – от 1 до 1.5 угловых секунд).  Теперь определим угловые размеры всех объектов  (d=206265\*2\*R/L, где R – радиус объекта, L – расстояние до него, а коэффициент 206265 служит для перевода радиан в угловые секунды), не забывая переводить все расстояния в км:  Луна: 206265\*2\*1740/384000=1870″  Церера: 206265\*2\*470/(1.8\*1.5\*108)=0.72″  Плутон: 206265\*2\*1200/(40\*1.5\*108)=0.083″  Юпитер: 206265\*2\*71000/(4.3\*1.5\*108)=45″  Ганимед: 206265\*2\*2630/(4.3\*1.5\*108)=1.68″  Бетельгейзе: 206265\*2\*560\*106/(200\*3\*1013)=0.039″  Таким образом, в указанный телескоп можно увидеть диски Луны, Юпитера и Ганимеда.  Плутон же этому телескопу будет в принципе недоступен из-за своей низкой яркости. |
| **5** | Опишите и расставьте в правильной последовательности основные стадии эволюции звезды типа Солнца. Какая стадия имеет наибольшую продолжительность?  **8 баллов** | Звезды солнечной массы проходят следующие основные стадии эволюции:  1) протозвезда (или стадия начального сжатия),  2) стадия главной последовательности (в недрах звезды горит водород и образуется гелий),  3) стадия красного гиганта (водород в центре заканчивается, звезда увеличивает свои размеры в сотни раз, температура поверхности снижается),  4) стадия планетарной туманности (может быть опущена при ответе учащимся; на этой стадии наблюдается окончательный сброс оболочки, которая становится видна как планетарная туманность),  5) белый карлик.  Наибольшую продолжительность имеет стадия главной последовательности (и, конечно, последняя стадия – белый карлик, которая обычно в таких случаях не указывается |