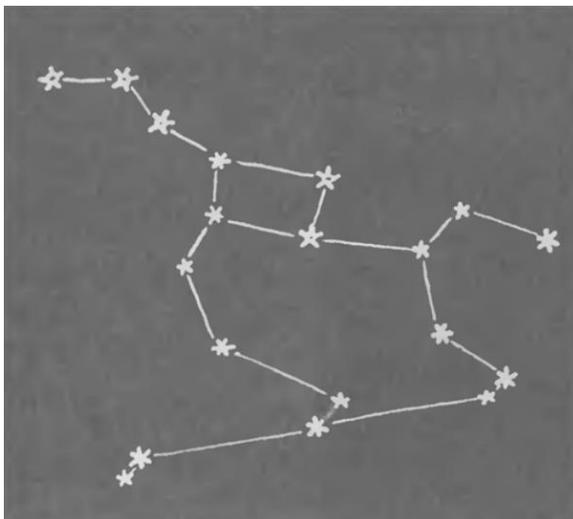


7 - 8 класс

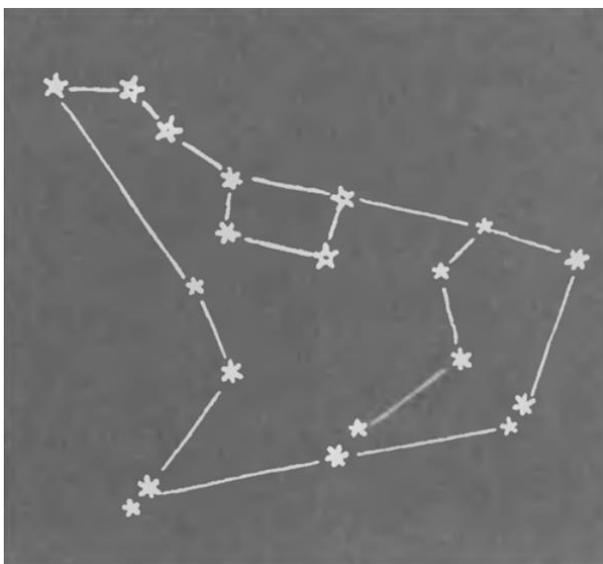
Задача 1

Писатель Ханс Рей в 1952 году написал и издал книгу «Звезды. Новые очертания старых созвездий», в которой предложил такие варианты соединения отрезками ярких звезд созвездий, чтобы из них складывалась картинка, соответствующая названию созвездия.

Например, некоторое созвездие в традиционных справочниках изображалось так:



В книге Рея предложен другой способ «соединить» звезды:



Напишите, что в астрономии называется созвездием. Напишите, часть какого созвездия изображена на приведенных иллюстрациях. В какое время года можно наблюдать его на небе на широте Сыктывкара? Какие вы знаете интересные астрономические объекты, расположенные в пределах этого созвездия?

Решение:

Созвездиями называются участки, на которые поделена небесная сфера для удобства ориентирования на ней. Типичной ошибкой является то, когда созвездием называют широко известный астеризм.

На иллюстрации, очевидно, изображена Большая Медведица (БМ), отлично виден силуэт медведя, смотрящего влево вверх.

На широте Сыктывкара БМ является незаходящим созвездием, то есть, в теории может наблюдаться круглогодично, однако в период (приблизительно) с середины мая по середину июля на практике это затруднительно из-за белых ночей.

В пределах созвездия БМ помимо известного астеризма «Ковш» расположено много интересных объектов глубокого космоса, см. критерии оценивания.

Критерии оценивания:

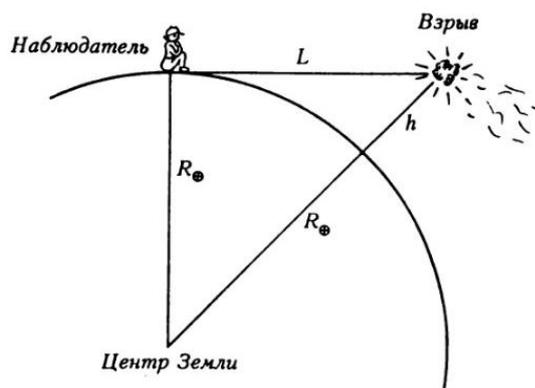
- корректно (возможно, в свободной формулировке) дано определение созвездия (2 балла);
- определено созвездие Большой Медведицы на иллюстрации (2 балла);
- дан верный ответ о возможности круглогодичного наблюдения (с поправкой на белые ночи) (2 балла);
- как минимум, указан астеризм «Ковш», может быть указана двойная звезда (на самом деле — кратная система) Мицар-Алькор, ряд ярких галактик (M51, M81-M82 и др.) (2 балла).

Максимум – 8 баллов.

Задача 2

Взрыв Тунгусского метеорита наблюдался на горизонте в городе Киренске на р. Лена в 350 км от места взрыва. Определите, на какой высоте произошел взрыв.

Решение:



Из рисунка видно, что треугольник со сторонами L , $R_{\text{з}}$ и $R_{\text{з}}+h$ прямоугольный. Отсюда по теореме Пифагора находим, что $L^2 + R_{\text{з}}^2 = (R_{\text{з}} + h)^2$, откуда следует квадратное уравнение для искомой высоты: $h^2 + 2R_{\text{з}} h - L^2 = 0$. Ответ: $h = 9.5$ км.

Критерии оценивания:

- сделан верный чертеж (2 балла);
- обоснованно применена теорема Пифагора (2 балла);
- записано квадратное уравнение для искомой высоты (2 балла);

Самолет должен лететь на запад, а его скорость должна компенсировать скорость вращения точек экватора Земли:

$$V = (2 \pi R_{\text{з}}) / 24 \text{ ч} = 0.5 \text{ км/с.}$$

Критерии оценивания:

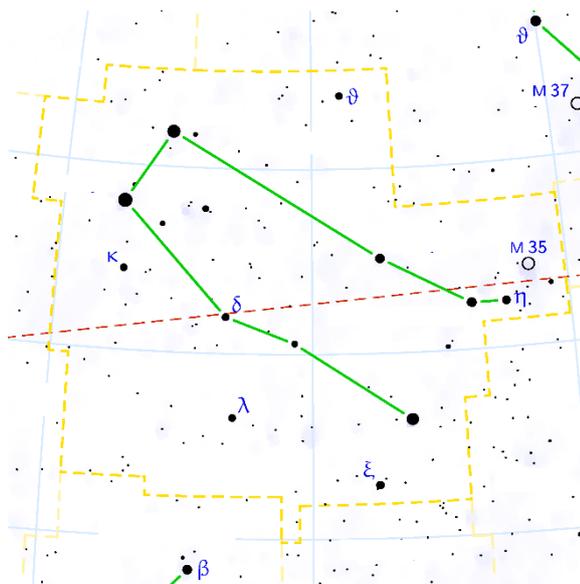
- указано направление движения самолета с обоснованием (**4 балла**);
- верно рассчитана скорость вращения точек Земли в районе экватора (**4 балла**).

9 класс

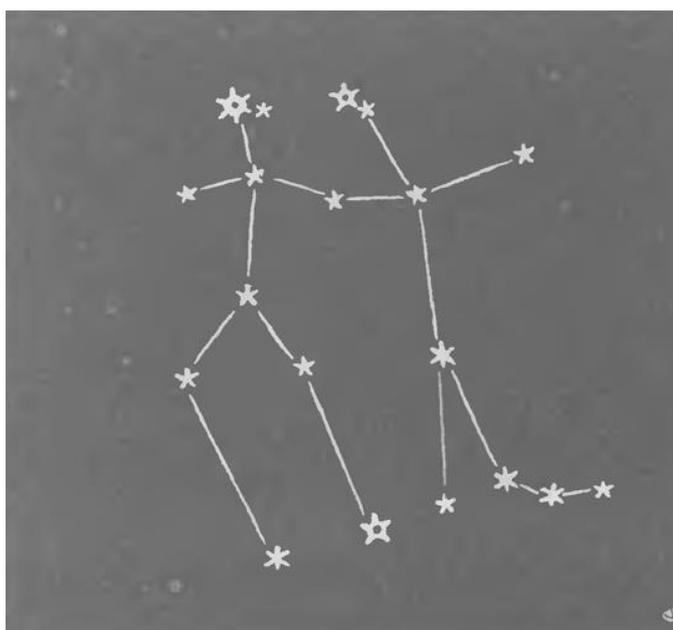
Задача 1

Писатель Ханс Рей в 1952 году написал и издал книгу «Звезды. Новые очертания старых созвездий», в которой предложил такие варианты соединения отрезками ярких звезд созвездий, чтобы из них складывалась картинка, соответствующая названию созвездия.

Например, некоторое созвездие в традиционных справочниках изображается так (фрагмент карты с Википедии):



В книге Рея предложен другой способ «соединить» звезды (для наглядности карта была повернута):



Что в астрономии называется созвездием? Напишите, о каком созвездии идет речь. В какую известную группу созвездий оно входит? В каком (хотя бы приблизительно) месяце его нельзя наблюдать на небе ни на одной широте и почему?

Решение:

Созвездиями называются участки, на которые поделена небесная сфера для удобства ориентирования на ней. Типичной ошибкой является то, когда созвездием называют широко известный астеризм.

На иллюстрации, очевидно, изображены Близнецы, отлично видны два человеческих «скелета».

Близнецы входят в группу зодиакальных созвездий, через которые проходит линия эклиптики.

Поскольку Близнецы лежат на эклиптике, в определенный период года (в наше время — с 20 июня по 20 июля) через это созвездие проходит Солнце, соответственно, в этот период наблюдать на небе его невозможно. Однако участник может с аналогичным обоснованием привести другой ответ: с 21 мая по 21 июня (приблизительно), ссылаясь на даты, привязанные к соответствующему знаку Зодиака в астрологии. Считаю, что ответ при правильном обосновании можно принять, но при этом следует неким образом сигнализировать участнику о необходимости уточнения некоторых фактов, являющихся частью обыденных знаний (или заблуждений).

Критерии оценивания:

- корректно (возможно, в свободной формулировке) дано определение созвездия (2 балла);
- определено созвездие Близнецов на иллюстрации (2 балла);
- дан верный ответ принадлежности Близнецов к группе зодиакальных созвездий (2 балла);
- обоснован ответ о невозможности наблюдения Близнецов, когда Солнце проходит через это созвездие. (2 балла).

Максимум – 8 баллов.

Задача 2

Какова минимальная и максимальная высота Солнца в Сыктывкаре (широта Сыктывкара 61° 40')?

Решение:

Солнце в Сыктывкаре всегда кульминирует к югу от зенита, значит можно воспользоваться обычной формулой для высоты светила в верхней кульминации:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta,$$

где δ – склонение звезды (в наше случае — Солнца), φ – широта места наблюдения.

Учитывая, что склонение Солнца при положении на минимальной и максимальной высоте равно $\pm 23^\circ 26'$, то, вычисляя, получаем:

$$h_{\min} = 4^\circ 54'$$

$$h_{\max} = 51^{\circ} 26'.$$

Критерии оценивания:

- указано, что обе кульминации Солнца происходят к югу от зенита (1 балл);
- приведена формула для вычисления высоты светила в верхней кульминации (2 балла);
- верно указаны значения склонения Солнца для кульминаций на минимальной и максимальной высотах (2 балла);
- верно выполнены вычисления (3 балла).

Максимум – 8 баллов.

Задача 3

Французский астроном и «охотник за кометами» Шарль Мессье в 1774 году издал каталог туманных объектов, описывающий самые яркие объекты неба, которые при наблюдениях можно спутать с кометами. В него входят галактики, туманности, звездные скопления (например, объект каталога М42 — туманность Ориона). А как определить, является ли объект кометой или туманностью?

Решение

Отличить кометы можно, фиксируя их движение на фоне звезд в течение нескольких наблюдательных ночей. Туманности (тем более — галактики) являются далекими объектами, так что за разумное время наблюдений их движение на небесной сфере зафиксировать невозможно.

Критерии оценивания:

- дан верный ответ с неверным или неполным обоснованием (2 балла);
- дан верный ответ с полным обоснованием (6 баллов);

Максимум – 8 баллов.

Задача 4

Вычислите, на каком расстоянии от Земли находится точка, в которой притяжение Земли и Луны одинаковы. Примите расстояние между ними равным 60 радиусам Земли, а отношение масс 1:81. Может ли космический корабль зависнуть в этой точке без движения?

Решение:

Пусть расстояние этой точки от Земли r , а от Луны $(60 - r)$. Тогда согласно закону всемирного тяготения (в единицах массы Земли и расстояния между Землей и Луной) имеем:

$$1 / (60 - r)^2 = 81 / r^2,$$

Откуда, решив квадратное уравнение, находим: $r_1 = 54$, $r_2 = 67.5$, то есть, первая точка находится между Землей и Луной, вторая — расположена дальше Луны. Во второй точке силы притяжения со стороны Луны и Земли равны, но направлены в одну сторону.

В первой точке космический корабль может кратковременно ощутить состояние с нулевым ускорением, однако из-за движения Луны в следующий момент времени он покинет эту точку.

Критерии оценивания:

- записано уравнение закона всемирного тяготения для притяжения со стороны Земли и Луны (2 балла);
- верно решено уравнение, получены две точки (2 балла);
- вторая точка отброшена как неудовлетворяющая условию равновесия (2 балла);
- верный вывод о невозможности кораблю зависнуть в точке (2 балла).

Максимум – 8 баллов.

Задача 5

22 июня вы ехали по ровной дороге на север. Вдруг вас ослепил солнечный блик от ветрового стекла идущего навстречу автомобиля. Это было ровное стекло, наклоненное под углом 30° к вертикали. В какое время суток это случилось? Какова была высота Солнца? На какой приблизительно широте это произошло?

Решение:

Будем считать, что отраженный луч шел горизонтально, а угол падения луча равен углу отражения. Тогда получаем высоту Солнца: $30^\circ + 30^\circ = 60^\circ$.

Мы едем на север, значит, Солнце в стороне юга, т.е. вблизи верхней кульминации, время около полудня. В этот день высота Солнца над небесным экватором 23.5° , значит, высота экватора над горизонтом $60^\circ - 23.5^\circ = 36.5^\circ$. Отсюда широта места наблюдения $90^\circ - 36.5^\circ = 53.5^\circ$

Критерии оценивания:

- сделан поясняющий рисунок, указано, что угол падения равен углу отражения (2 балла);
- определено время суток (2 балла);
- определена высота Солнца (2 балла);
- оценена широта места наблюдения (2 балла).

Максимум – 8 баллов.

Задача 6

При взрыве сверхновой звезда сбросила оболочку, масса которой составляла 70% ее массы до взрыва. Сохранится ли планетная система, обращающаяся вокруг остатка этой звезды?

Решение:

Сравним между собой первую космическую скорость на расстоянии R от звезды до ее взрыва, когда она имела массу M , и после взрыва, когда ее масса стала равна $0.3M$.

$$(V_1)^2 = GM / R$$

$$(V_2)^2 = 0.6 GM / R.$$

Видно, что $V_1 > V_2$.

Известно, что сброс оболочки сверхновой происходит со скоростью, многократно превышающей возможную скорость движения планет по орбите, поэтому планеты «почувствуют» как бы мгновенное уменьшение массы звезды. Те объекты планетной системы, чья скорость была близка к V_1 , изначально двигавшиеся по круговым орбитам, перейдут на орбиты гиперболические и покинут звезду.

Критерии оценивания:

- записана формула для первой космической скорости звезды в изначальном состоянии (**2 балла**);
- записана формула для первой космической скорости звезды в изначальном состоянии (**2 балла**);
- сделан правильный вывод о переходе звезд с круговых орбит на гиперболические при быстром изменении масс звезды (**4 балла**).

Максимум – 8 баллов.

10-11 класс

Задача 1

Что нужно знать, чтобы по солнечным часам проверить городские часы?

Решение:

Для такой проверки нужно знать:

- уравнение времени на данный день;
- долготу пункта наблюдения;
- номер часового пояса, в котором находится пункт;
- наличие или отсутствие декрета (закона, изменяющего для данного пункта поясное время).

Критерии оценивания:

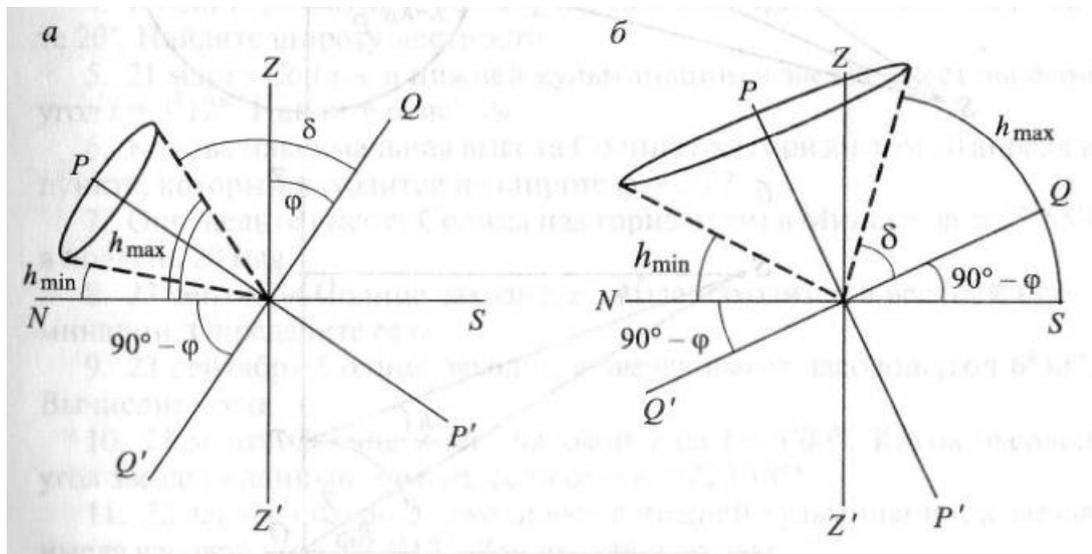
Каждый из приведенных факторов можно оценить в **2 балла**.

Задача 2

Незаходящая звезда находится на высоте 20° в нижней кульминации и 50° в верхней. Определите склонение этой звезды и широту места наблюдения.

Решение:

Задача имеет 2 решения в зависимости от того, как выбрано положение верхней кульминации — к северу или к югу от зенита:



- 1) Пусть верхняя кульминация наблюдалась к северу от зенита (рис. а). Тогда имеем:

$$\begin{cases} \delta = 90^\circ - \varphi + h_{\min} \\ 180^\circ = 90^\circ - \varphi + h_{\max} + \delta \end{cases} \text{ или } \begin{cases} \delta = 110^\circ - \varphi \\ \varphi = \delta - 40^\circ \end{cases} \text{ Следовательно, } \begin{cases} \delta = 75^\circ \\ \varphi = 35^\circ \end{cases}$$

- 2) Пусть верхняя кульминация наблюдалась к югу от зенита. Тогда:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta = 90^\circ - \varphi + h_{\min} \\ \delta = h_{\max} - (90^\circ - \varphi) \end{array} \right. \text{ или } \left\{ \begin{array}{l} \delta = 110^\circ - \varphi \\ \delta = \varphi - 40^\circ \end{array} \right. \text{ Следовательно, } \left\{ \begin{array}{l} \delta = 35^\circ \\ \varphi = 75^\circ \end{array} \right.$$

Критерии оценивания:

- сделан чертеж для случая 1 (2 балла)
- проведены верные расчеты для случая 1 (2 балла)
- сделан чертеж для случая 2 (2 балла)
- проведены верные расчеты для случая 2 (2 балла).

Задача 3

Наблюдения покрытия Луной Крабовидной туманности в рентгеновском диапазоне показали, что покрытие половины туманности длится около 1 мин. Оцените диаметр области туманности, излучающей в рентгеновском диапазоне, считая расстояние до нее 1.7 кпк.

Решение:

Угловая скорость движения Луны среди звезд составляет $\omega = 360^\circ / 28 \text{ дн.} = 0.54' / \text{мин.}$

Тогда угловой диаметр покрываемой области равен $d = 2 \text{ мин} \times \omega = 1'$.

Линейный диаметр составит $D = d \times R = 1' \times \pi / (60 \times 180) \times 1.7 \text{ кпк} = 0.5 \text{ пк.}$

Критерии оценивания:

- оценена скорость движения Луны среди звезд (2 балла)
- определен угловой размер туманности (2 балла)
- осуществлены корректные переводы единиц (минут в радианы) (2 балла)
- проведены верные итоговые расчеты (2 балла).

Задача 4

Во сколько раз увеличится число звезд на фотопластинке при увеличении экспозиции в 2.5 раза?

Решение:

Будем считать для простоты, что при увеличении экспозиции в 2.512 раза на фотопластинке будут зарегистрированы звезды на 1m более слабые (хотя, строго говоря, связь между освещенностью и экспозицией более сложная).

Из фотометрического закона обратных квадратов имеем, что для звезд фиксированной светимости уменьшение блеска в 2.512 раз означает удаление от наблюдателя в $2.512^{1/2}$ раза. При этом объем пространства и число наблюдаемых звезд (в предположении, что они распределены в нем равномерно) возрастают в $2.512^{3/2} = 4$ раза.

Критерии оценивания:

- оценен блеск звезд, появляющихся на фотопластинке при увеличении экспозиции (2 балла)

- оценен объем пространства, свет звезд в котором регистрируется фотопластинкой после увеличения экспозиции (4 балла)
- проведены верные итоговые расчеты (2 балла).

Задача 5

Расстояние до Сириуса (2.7 пк) уменьшается на 8 км каждую секунду. Через сколько лет блеск Сириуса возрастет в 2 раза?

Решение:

Выведем общую формулу. Пусть R — расстояние до звезды, v — скорость в направлении наблюдателя, n — число раз, во сколько увеличивается блеск звезды. Учитывая закон обратных квадратов, имеем:

$$n = [R / (R - vt)]^2,$$

где t — время, за которое освещенность изменится в n раз. Отсюда можно получить:
 $t = R / v [1 - (1/n)^{0.5}]$.

Подставляя числовые данные, получим, что блеск Сириуса увеличится вдвое через 97 тыс. лет.

Критерии оценивания:

- получена формула для коэффициента изменения освещенности (2 балла)
- получена формула для времени изменения освещенности (2 балла)
- осуществлены корректные переводы единиц (2 балла)
- проведены верные итоговые расчеты (2 балла).

Задача 6

При взрыве сверхновой звезда сбросила оболочку, масса которой составляла 70% ее массы до взрыва. Сохранится ли планетная система, обращающаяся вокруг остатка этой звезды?

Решение:

Сравним между собой первую космическую скорость на расстоянии R от звезды до ее взрыва, когда она имела массу M , и после взрыва, когда ее масса стала равна $0.3M$.

$$(V_1)^2 = GM / R$$

$$(V_2)^2 = 0.6 GM / R.$$

Видно, что $V_1 > V_2$.

Известно, что сброс оболочки сверхновой происходит со скоростью, многократно превышающей возможную скорость движения планет по орбите, поэтому планеты «почувствуют» как бы мгновенное уменьшение массы звезды. Те объекты планетной системы, чья скорость была близка к V_1 , изначально двигавшиеся по круговым орбитам, перейдут на орбиты гиперболические и покинут звезду.

Критерии оценивания:

- записана формула для первой космической скорости звезды в изначальном состоянии (2 балла);

- записана формула для первой космической скорости звезды в изначальном состоянии (**2 балла**);
- сделан правильный вывод о переходе звезд с круговых орбит на гиперболические при быстром изменении масс звезды (**4 балла**).

Максимум – 8 баллов.