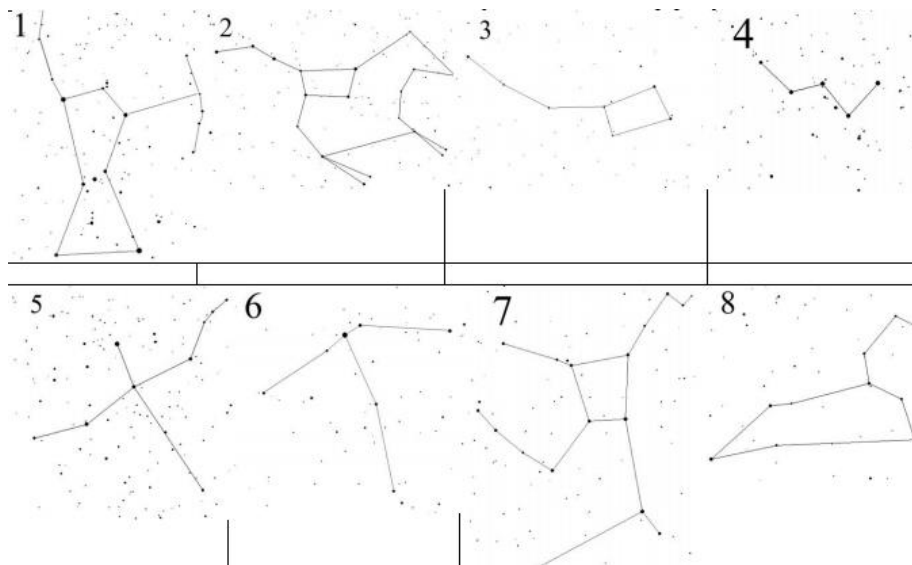


*Время выполнения –  
3 астрономических часа*

1. На пронумерованных рисунках приведены созвездия: Геркулес, Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Лебедь, Лев, Орел, Орион. В ответе выпишите названия созвездий и соответствующий им номер рисунка.



**Возможное решение**

Орион – 1, Большая Медведица – 2, Малая Медведица – 3, Кассиопея – 4, Лебедь – 5, Орел – 6, Геркулес – 7, Лев – 8.

**Оценивание:** за каждый верно подписанный рисунок 1 балл.

2. В зените, светила Полярная звезда, а под ковшем Малой Медведицы раскинулась Большая Медведица. Верно ли это наблюдение, если оно сделано в Архангельске? Почему?

**Возможное решение**

Это наблюдение не может быть сделано в Архангельске, так как географическая широта г. Архангельск  $\varphi \approx 64^\circ$ , следовательно, высота Полярной звезды (близкая к северному полюсу мира) над горизонтом в этом месте тоже  $\approx 64^\circ$ , а не  $90^\circ$ , как это указано в описании (полярная звезда – в зените, над головой).

За знание того, что Полярная звезда близка к Северному полюсу мира – **2 балла**. Теорема о высоте полюса мира над горизонтом – **4 балла**. Правильный ответ – **2 балла**

3. Телескопу доступны звезды 18 звездной величины. Видна ли в него двойная звезда, каждая компонента которой имеет 19 звездную величину? Ответ обоснуйте.

#### Возможное решение

По определению звездной величины звезда  $n$ -й величины ярче звезды  $(n+1)$ -й величины в  $\sqrt[5]{100} \approx 2.5$  раза. **(2 балла)**

Две звезды 19 величины ярче одной звезды 19 же величины только в 2 раза. **(2 балла)**

Следовательно, такая двойная слабее, чем звезда 18 величины, и телескопу недоступна. **(4 балла)**

Ответ без обоснования оценивается в 0 баллов.

4. Оцените с какого расстояния от Земли спутник DSCVOR сделал приведенную фотографию транзита Луны на фоне Земли?

Диаметры Луны и Земли равны 3470 км и 12700 км, среднее расстояние от Луны до Земли 384000 км.



#### Возможное решение

Угловые диаметры Луны и Земли при фотографировании спутником при транзите (т.к. Луна лежит на луче зрения, исходящем из спутника и направленном на Землю) равны, соответственно,  $\varphi_{\text{л}} = \frac{d_{\text{л}}}{L-D}$ ,  $\varphi_{\text{з}} = \frac{d_{\text{з}}}{L}$ , где  $d_{\text{л}}$  и  $d_{\text{з}}$  – диаметры Луны и Земли,  $L$  – расстояние от спутника до Земли,  $D$  – расстояние от Луны до Земли. **(4 балла)**

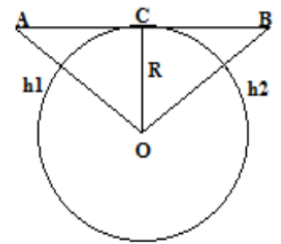
Искомое расстояние выражается как 
$$L = \frac{D}{1 - \frac{\varphi_{\text{з}} d_{\text{л}}}{\varphi_{\text{л}} d_{\text{з}}}}. \quad \text{(2 балла)}$$

Из фото видно, что отношение угловых диаметров  $\approx 81 \text{ мм}/30 \text{ мм} = 2,7$ . После подстановки получим  $L \approx 1,46 \text{ млн. км.}$  **(2 балла)**

5. Человек находится на берегу моря и наблюдает за удалением парусного судна прямо от линии побережья. Его глаза находятся на высоте 1 метра 70 сантиметров над уровнем воды, а высота мачты судна, измеряемая от уровня воды, составляет 5 метров. Найдите расстояние между человеком и судном в тот момент, когда верхушка мачты исчезнет за краем горизонта. Нарисуйте схему ситуации. Радиус Земли 6400 км.

### Возможное решение

Обозначим через  $h_1$  высоту глаз наблюдателя.  $h_2$  высоту мачты яхты,  $l_1$  - расстояние от глаз наблюдателя А до точки горизонта С,  $l_2$  - расстояние от точки горизонта до мачты судна В. Тогда по теореме Пифагора:  $l_1^2 = OA^2 - OC^2 = (R + h_1)^2 - R^2 \approx 2Rh_1$ , где  $OC = R$ .



$$\text{Аналогично: } l_2^2 = OB^2 - OC^2 = (R + h_2)^2 - R^2 \approx 2Rh_2$$

Тогда расстояние от глаз наблюдателя до мачты судна равно (AB):  
 $l = l_1 + l_2 = \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2}$ .

Подставляем числовые значения и получаем:  $l \approx 12,7$  км.

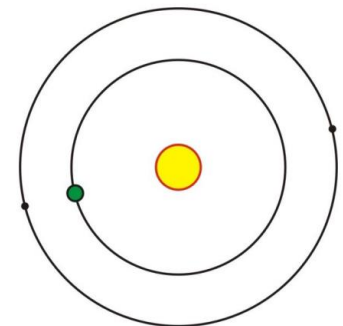
### Оценивание:

Правильно выполнен рисунок – **2 балла**. Определено расстояние от глаз наблюдателя до горизонта – **2 балла**. Определено расстояние от горизонта до вершины мачты – **2 балла**. Определено расстояние от глаз наблюдателя до яхты – **2 балла**.

**6.** Пусть на некотором астероиде находится межпланетная станция. Сделайте рисунок, на котором покажите взаимное положение Земли, Солнца и станции для случая, когда сигнал от нее доходит до Земли за минимально и максимально возможное время. Радиус орбиты астероида 3 а.е. Рассчитайте время для каждого случая.

### Возможное решение

Минимальное время передачи сигнала: это достигается, когда Земля находится ближе всего к астероиду. Угол между направлениями на Землю и астероид (относительно Солнца) близок к нулю градусов. Тогда расстояние от Земли до астероида:  $D_{\min} = |R - E| = |3 - 1| \text{ а.е.} = 2 \text{ а.е.}$



Максимальное время передачи сигнала: наибольшее время пути сигнала наблюдается, когда Земля и астероид находятся далеко друг от друга. Т.е. Земля должна располагаться на противоположной стороне от Солнца относительно астероида. Следовательно, наибольшее расстояние:  $D_{\max} = E + R = 1 + 3 = 4 \text{ а.е.}$

Используя формулу:  $T = D/c$ , где  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ , а  $1 \text{ а.е.} = 150 \text{ млн. км}$  получаем:  $T_{\max} = 2000 \text{ с} \approx 33 \text{ мин } 20 \text{ с}$ ,  $T_{\min} = 1000 \text{ с} \approx 16 \text{ мин } 40 \text{ с}$ .

**Оценивание:** Правильный рисунок - **4 балла**, расчет времени для каждого случая **по 2 балла**.