

## Решения практического тура

1. **(3 балла)** 6 – a, 2 – b, 3 – c, 5 – d, 9 – e, 8 – f, 4 – g, 7 – h, 1 – i.

2. **(всего 5 баллов)**

a) Для того, чтобы найти расстояние до людей, необходимо знать их угловые размеры. Очевидно, что масштаб изображения можно определить по Луне. Оценим ее угловой диаметр **(1 балл)**:

$$d = 2 \arcsin \frac{R_{\text{Л}}}{a_{\text{Л}}} = 0.52^{\circ}.$$

Луна на фото слегка сплюснута из-за рефракции, поэтому данному значению будет соответствовать горизонтальный, а не вертикальный диаметр лунного диска. Измерив высоту нескольких человеческих силуэтов на фото, получаем в среднем угловые размеры человека  $0.044^{\circ}$ . Тогда расстояние до людей составит **(1 балл)**

$$r = \frac{1.70 \text{ м}}{\sin 0.044^{\circ}} \approx 2.2 \text{ км.}$$

b) Нетрудно показать, что при наблюдении из центра объектива телескопа угловые размеры предмета и изображения будут одинаковыми. Отсюда можно получить выражение для линейных размеров изображения в фокальной плоскости:

$$l = 2F \operatorname{tg} \frac{\rho}{2},$$

где  $\rho$  – угловые размеры объекта. Определим, к примеру, угловое поле зрения снимка по горизонтали. Для этого снова воспользуемся масштабом, выведенным из размеров Луны, получив  $1.1^{\circ}$ . С другой стороны, мы знаем, что этому углу на матрице соответствует  $l = 36$  мм. Тогда из последней формулы следует  $F \approx 1.8$  м. **(2 балла)**

Следует заметить, что на самом деле Луна на фото не полная – после полнолуния прошли примерно сутки. Этот факт, а также погрешности при измерениях приводят к тому, что ответы участников могут несколько отличаться от авторских.

c) Судя по расположению известных кратеров и морей на Луне, Южный полюс Луны расположен почти в самом верху лунного диска. Такой “переворот” лунного диска возможен только при наблюдении из южного полушария. **(1 балл)**

3. **(всего 7 баллов)**

a) На фото изображена известная планетарная туманность Кольцо в созвездии Лиры. Номер по каталогу Мессье – M57. **(2 балла за полный ответ)**

b) Ясно, что подобные измерения будут иметь достаточно большую погрешность. Автором были получены угловые внутренний и внешний радиусы  $\rho_{in} = 20''$  и  $\rho_{out} = 36''$ , соответственно. По формуле  $R = r \sin \rho$  получаем значения линейных радиусов  $R_{in} = 0.068$  пк и  $R_{out} = 0.12$  пк. **(2 балла)**

c)  $t = R_{out}/v \approx 6000$  лет. **(1 балл)** В источниках, как правило, можно встретить оценки от 5500 до 7000 лет.

d) Для определения массы туманности, которая представляет собой фактически шаровой слой, умножим ее объем на плотность **(1 балл)**:

$$M = \frac{4}{3} \pi (R_{out}^3 - R_{in}^3) \rho = 3 \cdot 10^{28} \text{ кг} = 0.015 M_{\odot}.$$

e) Из условия следует, что за 6000 лет в Галактике образуются около 700 планетарных туманностей. Умножая их количество на массу одной туманности, получаем порядка 10 масс Солнца за 6000 лет или 0.0017 солнечных масс в год. Очевидно, что столь малое количество выбрасываемого в межзвездную среду вещества никак не может быть главным стимулятором процесса звездообразования. **(1 балл)**