

Решения задач  
Теоретическая часть

- 1. (5 баллов)** Момент перехода от темных астрономических ночей к светлым и непригодным для наблюдений будет соответствовать условию для нижней кульминации Солнца  $h_{\text{НК}} = -18^\circ$ . Определим соответствующее этому значению высоты склонение Солнца для севера Беларуси:

$$\begin{aligned}\varphi + \delta_{\odot} - 90^\circ &= -18^\circ, \\ \delta_{\odot} &= 72^\circ - 56^\circ 10' = 15^\circ 50'.\end{aligned}$$

Используя формулу из условия задачи, найдем номер даты с таким склонением Солнца. Этих дат будет две (уравнение имеет два корня):  $n_1 = 44$  и  $n_2 = 139$ . Т.е. на самом севере Беларуси непригодными для астрономических наблюдений будут 95 ночей.

Аналогично для юга Беларуси получаем  $\delta_{\odot} = 72^\circ - 51^\circ 15' = 20^\circ 45'$ ,  $n_1 = 64$  и  $n_2 = 119$  – продолжительность “мертвого сезона” составляет 55 дней. Как видим, даже в пределах Беларуси количество наблюдательных ночей в году может отличаться на целых 40 дней!

Примечание: ввиду того, что значения  $n$  получаются не целыми, допустимо расхождение ответов участников олимпиады в 1-2 дня.

- 2. (5 баллов)** Связь между местным временем (по которому живут обычные люди) и истинным солнечным дается следующей формулой:

$$T_M = T_{\odot} + \eta - \lambda + n.$$

В случае Минска  $n = 3^h$ , так как мы постоянно живем по летнему времени. Искомую дату можно получить, вычислив уравнение времени, соответствующее условиям задачи. Для Минска:

$$\eta = T_M - T_{\odot} + \lambda - n = 12^h 00^m - 12^h 00^m + 1^h 50^m - 3^h = -1^h 10^m.$$

Таких значений уравнения времени не бывает, следовательно, в Минске верхняя кульминация Солнца в 12.00 местного времени не бывает никогда.

Рассмотрим теперь случай с Прагой, которая расположена в 1-м часовом поясе:

$$\eta = T_M - T_{\odot} + \lambda - n = 12^h 00^m - 12^h 00^m + 0^h 58^m - 1^h = -2^m.$$

Судя по графику, этому значению уравнения времени соответствуют 4 даты: 20 апреля, 1 июня, 5 октября и 20 декабря. Однако стоит помнить, что Европа продолжает переходить на летнее и зимнее время, и первые две даты не подойдут – в этот день  $n = 2^h$ . Следовательно, окончательно получаем только 2 дня: 5 октября и 20 декабря. Полученные участником результаты в пределах  $\pm 5$  дней от этих дат засчитываются как правильный ответ.

- 3. (5 баллов)** 223 синодических месяца – это  $223 \cdot 29,531^d = 6585,4^d$ . Следовательно, через этот промежуток времени затмение повторится. 6585 суток – это 18 лет по 365 дней плюс 15 суток. Через 18 лет после 11.08.1999 мы получаем 11 августа 2017 года. От остатка в 15 дней отнимем еще 5 суток за счет попавших в этот интервал високосных дней (2000, 2004, 2008, 2012, 2016). Останется 10 дней, которые и следует прибавить к 11 августа. Итого получаем, что затмение повторилось 21 августа 2017 года. «Хвост» в 0,4 суток не изменит дату на 22, так как 11 августа 1999 года затмение наблюдалось утром по всемирному времени. Это было довольно значительное событие этого года, так как полоса полной фазы прошла через несколько американских штатов, куда благодаря хорошей инфраструктуре смогли добраться все желающие наблюдатели.

- 4. (5 баллов)** Как известно, положение центра масс определяется по следующей формуле:

$$\vec{r}_c = \frac{\sum \vec{r}_i m_i}{\sum m_i}.$$

Если выбрать Солнце за начало системы отсчета, то формула трансформируется в следующее выражение:

$$r_c = a_3 \frac{M_3}{M_{\odot} + M_3} = 450 \text{ км.}$$

Скорость движения Солнца вокруг центра масс можно найти, зная, что Солнце обращается вокруг центра масс по окружности радиусом  $r_c$  с периодом 1 год:

$$v_c = \frac{2\pi r_c}{T_3} = \frac{2 \times 3.14 \times 4.5 \cdot 10^5 \text{ м}}{3.16 \cdot 10^7 \text{ с}} \approx 0.09 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Скорость в 9 см/сек пока не может быть измерена никакими земными приборами. Это и объясняет, почему землеподобные планеты практически не открываются методом лучевых скоростей.

5. (5 баллов) Очевидно, что блеск Солнца для инопланетного наблюдателя будет пропорционален видимой площади солнечного диска. И если вне затмения наблюдатель будет видеть весь диск звезды, то во время прохождения Земли видимая площадь диска уменьшится на площадь земного диска. Запишем:

$$\Delta m = 2.5 \lg \frac{E_1}{E_2} = 2.5 \lg \frac{\pi R_{\odot}^2 - \pi R_3^2}{\pi R_{\odot}^2} = -9 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Таким образом, блеск Солнца изменится на  $9 \cdot 10^{-5}$  звездной величины. Такое изменение блеска находится на пределе современного оборудования земных астрономов, однако все же может быть зафиксировано.

## Наблюдательная часть

6. (8 баллов за всю задачу)

- a. (3 балла, по 0.5 за каждое созвездие)

- (1) Лира
- (2) Лебедь
- (3) Орион
- (4) Телец
- (5) Кассиопея
- (6) Малая Медведица

- b. (3 балла, по 0.5 за каждую звезду)

- (1) Вега
- (2) Денеб
- (3) Бетельгейзе
- (4) Альдебаран
- (5) Шедир
- (6) Полярная (Киносура)

- c. (2 балла, по 0.5 за каждый объект) a - туманность Вуаль, Петля Рыбачья сеть, NGC 6960, NGC 6979, NGC 6992, NGC 6995, NGC 6974, NGC 6979, b - туманность Розетка, Розочка, NGC 2237, c - Большая Туманность Ориона, M42, d - Плеяды, M45. Для каждой буквы здесь указано по несколько названий; для полного ответа достаточно написать хотя бы по одному из них.

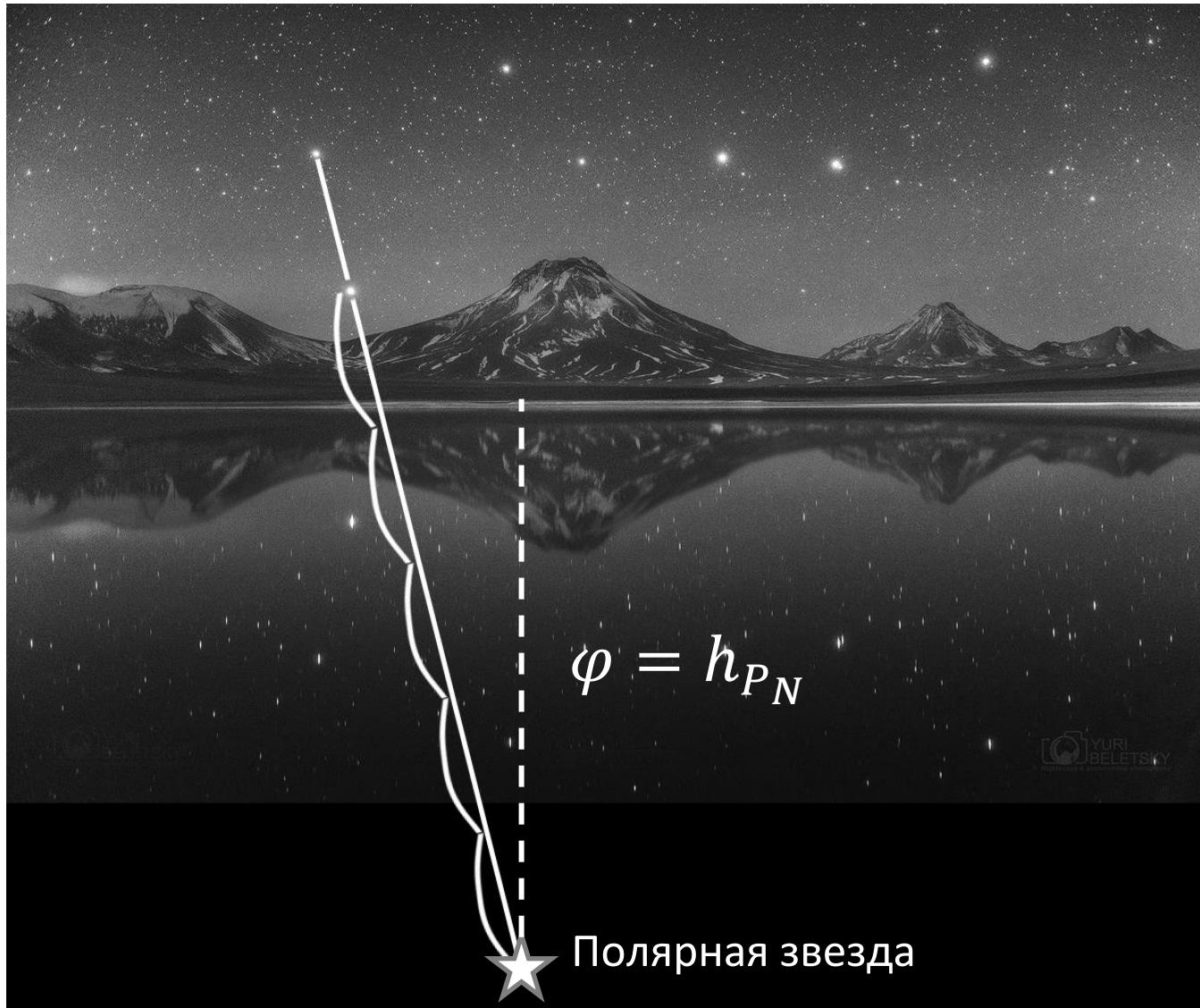
## Анализ данных

7. (3 балла) Судя по изменению фаз, это одна из нижних планет – Меркурий либо Венера. Определим, во сколько раз могут отличаться угловые размеры планеты от верхнего до нижнего соединения. Для Меркурия:

$$\frac{\rho_{max}}{\rho_{min}} = \frac{a_{\oplus} + a}{a_{\oplus} - a} = 2,2.$$

Аналогично, для Венеры  $\frac{\rho_{max}}{\rho_{min}} = 6,2$ . На приведенном фото только от элонгации до нижнего соединения угловой размер планеты изменился более чем в 2 раза. Значит, это Венера.

8. (5 баллов) Широту местности можно определить по положению Полярной звезды. Отыщем ее по  $\alpha$  и  $\beta$  Большой Медведицы, отложив расстояние между этими звездами 5 раз:



Зная угловое расстояние между этими двумя звездами, можно определить масштаб снимка. Тогда высота Полярной звезды составит около  $-21^{\circ}$ . Это и есть широта места съемки.

Чтобы определить месяц съемки, заметим, что угол между сплошной и пунктирной линией на фотографии составляет около  $15^{\circ}$  ( $1^h$ ). Звезды вокруг северного полюса мира врачаются против часовой стрелки, следовательно, в верхней кульминации сейчас звезды с прямым восхождением около  $12^h$ . А Солнце по условию задачи было в нижней кульминации, т.е. имело  $\alpha_{\odot} \approx 0^h$ , что соответствует весеннему равноденствию. Следовательно, снимок был сделан в марте.

**Итого - 41 балл за все задания. Приведенные оценки имеют рекомендательный характер, жюри вправе изменить систему оценки заданий по своему усмотрению.**