

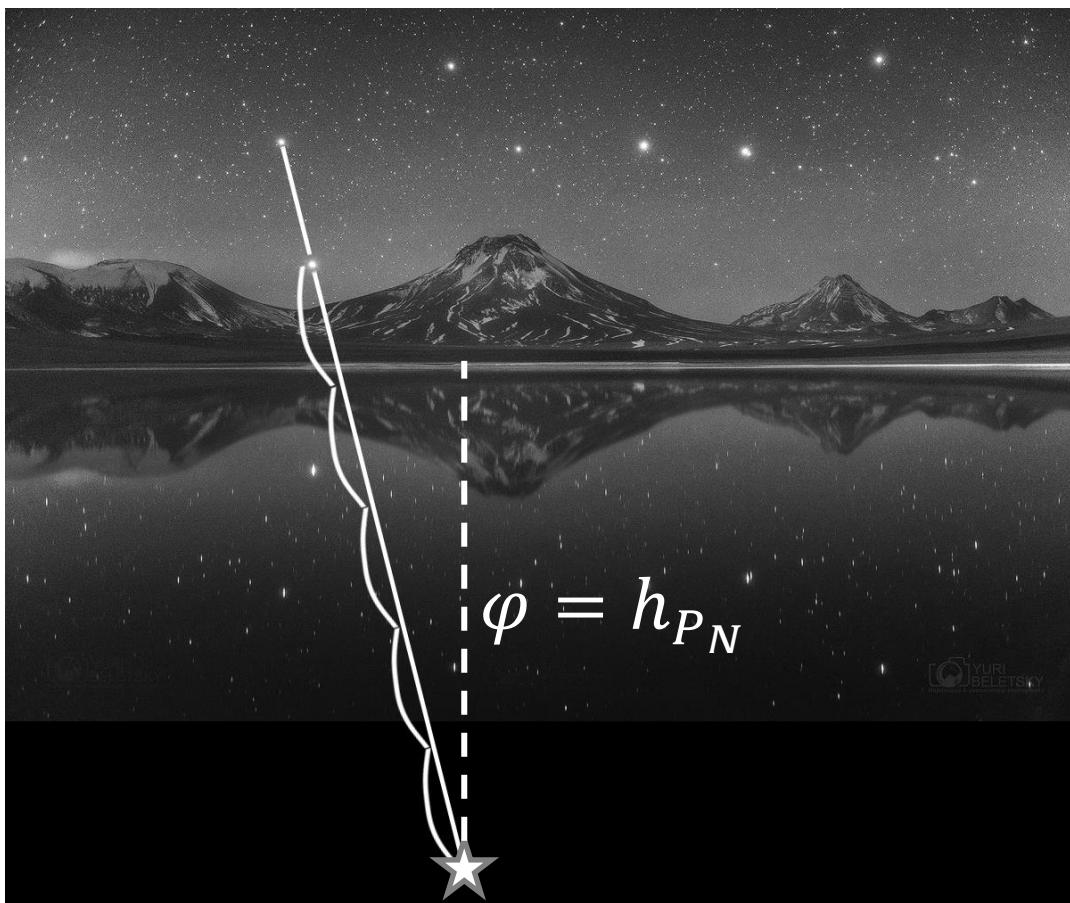
## Практический тур

### Решения задач

**6. (5 баллов, по 0.5 за каждый объект)**

- (1) Плутон
- (2) Марс
- (3) Юпитер
- (4) Ио
- (5) Фобос
- (6) Галактика Водоворот, M51
- (7) Туманность Андромеды, M31
- (8) Туманность Ориона, M42 (и M43)
- (9) Туманность Гантель, M27
- (10) Туманность Кольцо, M57

**7. (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 вращаются 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.

**8. (10 баллов за задачу)**

**а) (3 балла)** Доля, на которую ослабился блеск – это и есть отношение площадей дисков планеты и звезды  $R_{\text{пл}}^2/R_*^2$ . Измерим из графиков ослабления блеска для всех планет и определим их радиусы:

| Планета      | Ослабление блеска (%) | Радиус (км) | Планета      | Ослабление блеска (%) | Радиус |
|--------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------------------|--------|
| TRAPPIST-1 b | 0,81                  | 7100        | TRAPPIST-1 f | 0,69                  | 6600   |
| TRAPPIST-1 c | 0,75                  | 6900        | TRAPPIST-1 g | 0,73                  | 6800   |
| TRAPPIST-1 d | 0,41                  | 5100        | TRAPPIST-1 h | 0,38                  | 4900   |
| TRAPPIST-1 e | 0,59                  | 6100        |              |                       |        |

**б) (1 балл)** Очевидно, что все размеры планет очень близки к земным. Существование планет-гигантов такой массы еще ни разу не было подтверждено, и, судя по всему, является невозможным. Поэтому все 7 планет можно отнести к земной группе.

**в) (3 балла)** Главное условие для зоны обитания – освещенность от звезды должна находиться в определенных пределах, от которых и зависит температура на планете. Сама освещенность будет прямо пропорциональна светимости звезды и обратно пропорциональна квадрату расстояния до нее. Приравняем освещенность от Солнца и от TRAPPIST-1 для внутренней и внешней границ зоны обитания:

$$\frac{L_\odot}{r_{\odot \min}^2} = \frac{L_*}{r_{* \min}^2}, \quad r_{* \min} = r_\odot \min \sqrt{L_*/L_\odot} = 0,017 \text{ а.е.}$$

$$\frac{L_\odot}{r_{\odot \max}^2} = \frac{L_*}{r_{* \max}^2}, \quad r_{* \max} = r_\odot \max \sqrt{L_*/L_\odot} = 0,031 \text{ а.е.}$$

**г) (2 балла)** Радиусы орбит планет можно определить из 3-го закона Кеплера, обобщенного Ньютона:

$$a = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

Поставляя периоды и массу звезды, получаем радиусы орбит:

| Планета      | Радиус орбиты (а.е.) | Планета      | Радиус орбиты (а.е.) |
|--------------|----------------------|--------------|----------------------|
| TRAPPIST-1 b | 0,011                | TRAPPIST-1 f | 0,037                |
| TRAPPIST-1 c | 0,015                | TRAPPIST-1 g | 0,045                |
| TRAPPIST-1 d | 0,021                | TRAPPIST-1 h | 0,060                |
| TRAPPIST-1 e | 0,028                |              |                      |

**д) (1 балл)** Сопоставляя полученные расстояния с пределами зоны обитания, получаем, что в нее попадают только 2 планеты – d и e. Впрочем, возможность существования на них жизни тоже оспаривается многими учеными, так как на самой звезде часто происходят довольно мощные вспышки, способные уничтожить биосферу Земли на таком расстоянии.

**Всего - 20 баллов за практический тур**