

МОГИЛЁВСКИЙ ЗВЕЗДОЧЁТ

В Могилёве, на площади Звёзд у кинотеатра «Родина» установлена бронзовая скульптурная композиция звездочета, смотрящего в телескоп-рефрактор. «Телескоп» звездочёта является гномоном горизонтальных солнечных часов. Этому, популярному среди горожан и гостей города Могилёва астрономическому прибору и посвящена данная олимпиада.

Задача 1 (всего 39 баллов)

Скульптурную композицию «Могилёвского звездочёта» окружают 12 бронзовых кресел, украшенных символами зодиакальных созвездий.

а) Перечислите эти созвездия. Изобразите соответствующие им Знаки Зодиака.

б) Приведите собственные имена известных вам звёзд принадлежащих этим созвездиям (до 15 звёзд). Ответ оформите в виде таблицы.

№ п.п	Созвездие (12 баллов)	Символ (12 баллов)	Собственные имена звёзд (15 баллов)	
1	Овен	♈	Хамаль (α Ari) — 1,98 ^m	Шератан (β Ari) — 2,64 ^m
2	Телец	♉	Альдебаран (α Tau) — 0,85 ^m Эль-Нат (β Tau) — 1,65 ^m	Альциона (η Tau) — 2,85 ^m
3	Близнецы	♊	Поллукс (β Gem) — 1,14 ^m Кастор (α Gem) — 1,57 ^m	Альхена (γ Gem) — 1,93 ^m
4	Рак	♋	Альтарф (β Cnc) — 3,53 ^m	
5	Лев	♌	Регул (α Leo) — 1,35 ^m Альгиеба (γ Leo) — 1,98 ^m Денебола (β Leo) — 2,14 ^m	Зосма (δ Leo) — 2,56 ^m Альгенуби (ε Leo) — 2,97 ^m
6	Дева	♍	Спика (α Vir) — 0,98 ^m Порримма (γ Vir) — 2,73 ^m	Виндемиатрикс (ε Vir) — 2,85 ^m
7	Весы	♎	Зубен эль Шемали (β Lib) — 2,61 ^m	Зубен эль Генуби (α Lib) — 2,75 ^m
8	Скорпион	♏	Антарес (α Sco) — 0,96 ^m Шаула (λ Sco) — 1,63 ^m	Саргас (θ Sco) — 1,86 ^m
9	Стрелец	♐	Каус Аустралис (ε Sgr) — 1,79 ^m Нунки (σ Sgr) — 2,05 ^m Аскелла (ζ Sgr) — 2,60 ^m	Каус Меридианалис (δ Sgr) — 2,72 ^m Каус Борелис (λ Sgr) — 2,82 ^m Альбальдах (π Sgr) — 2,88 ^m
10	Козерог	♑	Денеб Альгиеди (δ Cap) — 2,87 ^m	
11	Водолей	♒	Сададьсууд (β Aqr) — 2,9 ^m	Сададьмелик (α Aqr) — 2,96 ^m
12	Рыбы	♓	Альфарг (η Psc) — 3,62 ^m	Аль Риша (α Psc) — 3,62 ^m

Задача 2 (всего 11 баллов)

Как известно солнечные часы показывают истинное солнечное время.

а) Каковы показания солнечных часов «Могилёвский звездочёт», в момент начала олимпиады, т.е. в 10 часов 00 минут? Уравнение времени принять равным $\eta = -15^m00^s$.

б) Каково в этот момент местное среднее солнечное время?

$$T_{гр.ср.} = 10^h00^m00^s - 3^h00^m00^s = 7^h00^m00^s. \quad (3 \text{ балла})$$

$$T_{мг.ср.} = T_{гр.} + \lambda. \quad T_{мг.ср.} = 7^h00^m00^s + 2^h01^m16^s = 9^h01^m16^s. \quad (4 \text{ балла})$$

$$T_{мг.ист.} = T_{мг.ср.} - \eta. \quad T_{мг.ист.} = 9^h01^m16^s + 00^h15^m00^s = 9^h16^m16^s. \quad (4 \text{ балла})$$

Задача 3 (всего 24 балла)

Поскольку «Телескоп» звездочёта является гномоном солнечных часов, он направлен на северный полюс мира. Указательный палец поднятой к небу руки бронзового звездочёта направлен к зениту. Роза ветров у подножия «звездочёта» указывает направления сторон света. Используя подвижную карту звёздного неба, ответьте на следующие вопросы.

а) В каких созвездиях находятся упомянутые выше точки 15 ноября в полночь? Ответ оформите в виде таблицы.

	Точки небесной сферы (6 баллов)					
	Северный полюс мира	Зенит	Север	Юг	Восток	Запад
Созвездие	Малая Медведица	Жириф (вблизи границы Персея)	Северная Корона	Печь	Гидра (на границе с Секстантом)	Водолей (на границе с Пегасом)

- б) В каком созвездии в полночь 15 ноября находится Солнце? В каком созвездии в это время можно увидеть находящуюся в первой четверти Луну? *Солнце в Весах, Луна в Козероге.* (4 балла)
- в) В каком созвездии можно было наблюдать Венеру 17 августа того года (вечерняя элонгация 46°), и 27 октября (нижнее соединение с Солнцем)? *Дева; Весы (на границе с Девой)* (4 балла)
- д) В каком созвездии можно было наблюдать Марс 27 июля этого года (великое противостояние)? Какое еще астрономическое событие интересно было наблюдать в этот же день и в этом же созвездии? *Марс в Козероге; полное затмение Луны в Козероге.* (4 балла)
- е) На какую максимальную высоту над горизонтом поднимется в небе над «звездочетом» центр солнечного диска 15 ноября. Указание: склонение Солнца в указанную дату определите, используя подвижную карту звездного неба. (4 балла)

Согласно ПКЗН $\delta_{\odot} = -18^{\circ}45'$ $h_{\max} = 90^{\circ} - \varphi + \delta$ $h_{\max} = 17^{\circ}21'$
 ж) Который час в этот момент будет показывать «звездочёт»? $12^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}$. (2 балла)

Задача 4

Телескоп «звездочёта» задает направление оси мира, и, следовательно, он расположен параллельно земной оси.

- а) Рассчитайте, с какой скоростью движутся «звездочёт» и вся площадь Звезд, участвуя в суточном движении Земли. (4 балла)

$r = R \sin \varphi$; $r = 6371 \cdot \cos 53^{\circ}54' = 3754$ (км); $\omega = 2\pi/T$, где T — звездные сутки; (5 баллов)
 $\omega = 7,38 \cdot 10^{-5}$ рад/с. $v = \omega \cdot r$; $v = 273$ м/с = 984 км/ч.

- б) Каково центростремительное ускорение испытывают в связи с этим посетители площади Звезд? (3 балла)

$a_{\text{цс}} = v^2/r = \omega^2 r$; $a_{\text{цс}} = 1,99$ см/с². (всего 14 баллов)

Задача 5

При наблюдении с площади Звезд 9 ноября 2018 года за полётом Международной космической станции (МКС) в небе над Могилёвом обнаружено, что в 3 ч. 56 мин. 43 с станция была в верхней кульминации на высоте 50°. Следующая верхняя кульминация МКС наблюдалась в 5 ч. 35 мин. 36 с. Высота станции в этот момент была равна 51°.

- а) Каковы синодический и сидерический периоды обращения станции? (6 баллов)

$S = 5 \text{ ч. } 35 \text{ мин. } 36 \text{ с.}$ - 3 ч. 56 мин. 43 с = 1 ч. 38 мин. 53 с = 5975 с.
 $1/T_{\text{с}} = 1/S + 1/T_{\text{З}}$; $T_{\text{с}} = 5551$ с = 92 мин. 31 с. (4 балла)

- б) Какова большая полуось ее орбиты?

$F_{\text{тяг}} = F_{\text{гс}}$, следовательно, $r^3 = GM^2/(4\pi^2)$. Т.к. $GM = gR^2$, то
 $r = (gR^2 T_{\text{с}}^2 / (4\pi^2))^{1/3}$; $r = 6776$ км. (2 балла)

- в) Какова средняя высота орбиты МКС? $h = 405$ км. (2 балла)

- г) Какова ее средняя орбитальная скорость? $v = 7,67$ км/с

Справочные данные

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².
 Средний радиус Земли: $R = 6371$ км.
 Звездные сутки на Земле: $T_{\text{З}} = 23$ ч. 56 мин 4 с. = 86164 с.
 Сидерический период обращения Земли (звездный год): $T_0 = 365,26$ сут.
 Координаты Могилева: $\varphi = 53^{\circ}54'$, $\lambda = 30^{\circ}19'$.