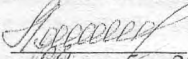


УТВЕРЖДАЮ
Начальник главного управления
по образованию
Могилевского облисполкома


А.Б.Заблоцкий
«18» ноября 2021 г.

ЗАДАНИЯ

для проведения второго этапа республиканской олимпиады
по учебному предмету «Астрономия»

Дата проведения: 4 декабря 2021 г.

Время выполнения заданий: 10.00 – 14.00.

XI класс

МАЯ КРАІНА — БЕЛАРУСЬ!

Звёздное небо над Беларусью

Накануне олимпиады, в 22 ч.00 мин. по местному среднему солнечному времени, в восточной части неба, у самого горизонта, вы могли наблюдать самую яркую звезду ночного неба.

- Как называется эта звезда? В каком созвездии она находится?
- Каковы горизонтальные и экваториальные координаты этой звезды?

Ответ оформите в виде таблицы.

h	z	A	δ	p	t	α

в) Эта звезда входит в состав двух астеризмов, хорошо различимых в осеннем небе над Беларусью. Что это за астеризмы?

г) Перечислите ещё десять самых ярких звёзд, которые вы могли бы наблюдать в небе над Беларусью в безоблачную истинную полночь накануне олимпиады. Ответ оформите в виде таблицы.

№	собственное имя звезды	обозначение звезды по Байеру	примерная звёздная величина
1...10			

Дорога к звёздам

18 декабря 1973 в 11:54:00 UTC с космодрома Байконур (45°55'12" с. ш. 63°20'31" в. д., UTC+5:00) стартовал космический корабль «Союз-13». На этом корабле свой первый полёт совершил первый лётчик-космонавт, уроженец Беларуси — Пётр Ильич Климук.

а) Когда по часам жителей нашей страны произошло это историческое событие?

б) Каково в этот момент было местное среднее солнечное время и истинное солнечное время на малой родине космонавта, в деревне Комаровка Брестского района ($51^{\circ}34'25''$ с. ш. $23^{\circ}36'21''$ в. д., UTC+3:00)?

в) Каково было звёздное время Байконура в момент старта к звёздам первого белорусского космонавта?

Уравнение времени 18 декабря принять равным $\eta = -3^m$.

Вигольд Карлович Цераский

Уроженец Слуцка Вигольд Карлович Цераский известен не только как первооткрыватель серебристых облаков, но и как один из пионеров астрофотографии.

В 1903 году он оригинальным способом определил видимую звёздную величину Солнца. По его данным, эта величина составляет $-26,72^m$. По современным данным видимая звёздная величина Солнца $-26,74^m$.

а) Во сколько раз светимость Солнца по современным представлениям выше его светимости, рассчитанной согласно измерениям В.К. Цераского?

б) Какова абсолютная звёздная величина Солнца?

в) Какова светимость Солнца?

г) Какова эффективная температура фотосферы Солнца?

Средний угловой диаметр Солнца принять равным $31'59''$.

Молодость моя — Белоруссия...

50 лет назад, 16 сентября 1971 года астрономы Крымской астрофизической обсерватории открыли Белоруссию. Точнее сказать, они обнаружили астероид 1971 SZ, впоследствии в честь нашей страны названный (2170) Белоруссия.

Синодический период астероида оказался равным 499,0 суток. Наклонение орбиты составляет $2,08079^{\circ}$, долгота восходящего узла — $255,83046^{\circ}$, аргумент перигелия — $116,48499^{\circ}$.

25 апреля 2020 года Белоруссия прошла перигелий своей орбиты. Перигелийное расстояние Белоруссии равно 1.9691876 а.е.

а) К какой области Солнечной системы принадлежит это небесное тело?

б) Каков сидерический период обращения астероида?

в) Рассчитайте эксцентриситет орбиты астероида, её большую и малую полуоси.

г) Рассчитайте афелийное расстояние и параметр орбиты.

д) Какова средняя орбитальная скорость астероида (2170) Белоруссия?

е) Рассчитайте скорость астероида в перигелии и афелии.

ж) Рассчитайте среднюю, эксцентрическую и истинную аномалии астероида в день олимпиады.

з) Каково гелиоцентрическое расстояние астероида в день олимпиады?

и) Какова гелиоцентрическая скорость астероида в день олимпиады?

к) Как изменяется светимость Солнца для обитателей (2170) Белоруссии при перемещении этого астероида от перигелия к афелию?

Телескоп-рефлектор

(216897) Golubev — это первый астероид, открытый в обсерватории, расположенной на территории Беларуси. Он назван в честь Владимира Александровича Голубева, одного из авторов вашего учебника астрономии. Астероид был открыт астрономом-любителем Виталием Невским в 2009 году в обсерватории «Vitebsk, B42» с помощью параболического рефлектора системы Ньютона ($D = 305$ мм, $F = 1500$ мм).

- а) Укажите диаметр объектива и фокусное расстояние телескопа.
- б) Каково относительное отверстие телескопа?
- в) Какова его разрешающая способность?
- г) Какова проникающая способность телескопа?
- д) Каково его наибольшее полезное увеличение? Каково его наименьшее или равнозрачковое увеличение?
- е) Изобразите оптическую схему рефлектора системы Ньютона и ход световых лучей в ней. Охарактеризуйте вид изображения объектов, получаемое с помощью этого телескопа.

Справочные данные

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

Средний радиус земной орбиты: $a_0 = 149,6 \cdot 10^6$ км.

Сидерический период обращения Земли (звёздный год): $T_0 = 365,26$ сут.

Солнечная постоянная: $b_c = 1367$ Вт/м².

Средний радиус Земли: $R = 6371$ км.

Звёздные сутки на Земле: $T_3 = 23$ ч. 56 мин 4 с. = 86164 с.

Постоянная Стефана-Больцмана: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴).

Постоянная закона Вина: $b = 0,002897$ м·К.

Рекомендации к решению заданий второго этапа республиканской олимпиады по учебному предмету «Астрономия»

Дата проведения: 04.12.2021

Время выполнения заданий: 10.00 – 14.00.

МАЯ КРАИНА — БЕЛАРУСЬ!

Звёздное небо над Беларусью (51 балл)

Накануне олимпиады, в 22 ч. 00 мин. по местному среднему солнечному времени в восточной части неба, у самого горизонта, вы могли наблюдать самую яркую звезду ночного неба.

а) Как называется эта звезда? В каком созвездии она находится?

Сириус, Большой Пёс (5 балла)

б) Каковы горизонтальные и экваториальные координаты этой звезды.

Ответ оформите в виде таблицы. (15 баллов)

<i>h</i>	<i>z</i>	<i>A</i>	<i>δ</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>α</i>
2°	88°	307°	-16°	106°	20 ^h 20 ^m	6 ^h 40 ^m

в) Эта звезда входит в состав двух астеризмов, хорошо различимых в осеннем небе над Беларусью. Что это за астеризмы?

Зимний треугольник, Зимний круг (6 балла)

г) Перечислите ещё десять самых ярких звёзд, которые вы могли бы наблюдать в небе над Беларусью в безоблачную истинную полночь накануне олимпиады. Ответ оформите в виде таблицы.

<i>№</i>	собственное имя звезды (10 баллов)	обозначение звезды по Байеру (10 баллов)	примерная звёздная величина (5 баллов)	табличная звёздная величина
1	<i>Вега</i>	<i>α Лиры</i>	0 ^m	+0,03 ^m
2	<i>Капелла</i>	<i>α Возничего</i>	0 ^m	+0,08 ^m
3	<i>Ригель</i>	<i>β Ориона</i>	0 ^m	0,12 ^m
4	<i>Процион</i>	<i>α Малого Пса</i>	0 ^m	+0,4 ^m
5	<i>Бетельгейзе</i>	<i>α Ориона</i>	0 ^m	от +0,2 ^m до +1,2 ^m
6	<i>Альдебаран</i>	<i>α Тельца</i>	1 ^m	+0,87 ^m
7	<i>Полукс</i>	<i>β Близнецов</i>	1 ^m	+1,15 ^m
8	<i>Денеб</i>	<i>α Лебеда</i>	1 ^m	+1,25 ^m
9	<i>Кастор</i>	<i>α Близнецов</i>	2 ^m	+1,59 ^m
10	<i>Беллатрикс</i>	<i>γ Ориона</i>	2 ^m	+1,64 ^m

Дорога к звёздам (26 баллов)

18 декабря 1973 в 11:54:00 UTC с космодрома Байконур (45°55'12" с. ш. 63°20'31" в. д., UTC+5:00) стартовал космический корабль «Союз-13». На этом корабле свой первый полёт совершил первый лётчик-космонавт, уроженец Беларуси — Пётр Ильич Климук.

а) Когда по часам жителей нашей страны произошло это, историческое событие?

$$T_{\text{полс.б.}} = T_{\text{гр.}} + n;$$

$$T_{\text{полс.б.}} = 14^{\text{h}}54^{\text{m}}00^{\text{s}}. \quad (3 балла)$$

б) Каково в этот момент было местное среднее солнечное время и истинное солнечное время на малой родине космонавта, в деревне Комаровка Брестского района ($51^{\circ}34'25''$ с. ш. $23^{\circ}36'21''$ в. д., UTC+3:00)?

$$\lambda = 23^{\circ}36'21'' = 1^{\text{h}}34^{\text{m}}03^{\text{s}}. \quad (3 \text{ балла})$$

$$T_{\text{К.ср.солн.}} = T_{\text{Гр.}} + \lambda; \quad T_{\text{К.ср.солн.}} = 13^{\text{h}}28^{\text{m}}00^{\text{s}}. \quad (4 \text{ балла})$$

$$\eta = T_{\text{К.ср.солн.}} - T_{\text{К.ист.солн.}}; \quad T_{\text{К.ист.солн.}} = 13^{\text{h}}31^{\text{m}}00^{\text{s}}. \quad (4 \text{ балла})$$

в) Каково было звёздное время Байконура в момент старта к звёздам первого белорусского космонавта.

$$\Delta S_{21.12} = 6^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}, \quad (12 \text{ баллов})$$

$$\Delta t = 3 \text{ сут.}$$

$$\Delta S_{18.12} = 6^{\text{h}}00^{\text{m}} - 3 \cdot 4^{\text{m}} = 5^{\text{h}}48^{\text{m}},$$

$$S_{18.12} = T_{\text{Гр.}} + \lambda_{\text{Байк.}} + \Delta S_{18.12}, \quad S_{18.12} = 21^{\text{h}}55^{\text{m}}.$$

Уравнение времени 18 декабря принять равным $\eta = -3^{\text{m}}$.

Витольд Карлович Цераский (23 баллов)

Уроженец Слуцка Витольд Карлович Цераский известен не только как первооткрыватель серебристых облаков, но и как один из пионеров астрофотографии.

В 1903 году он оригинальным способом определил видимую звёздную величину Солнца. По его данным, эта величина составляет $-26,72^{\text{m}}$. По современным данным видимая звёздная величина Солнца $-26,74^{\text{m}}$.

а) Во сколько раз светимость Солнца по современным представлениям выше его светимости, рассчитанной согласно измерениям В.К. Цераского.

$$E_{\text{совр.}}/E_{\text{Цер.}} = 2,512^{\Delta \text{m}}; \quad E_{\text{A}}/E_{\text{M}} = 1,0186 \quad (4 \text{ балла})$$

б) Какова абсолютная звёздная величина Солнца?

$$M = m + 5 - 5 \cdot \lg r, \quad r = (1/206265) \text{ пк.} \quad M = 4,83^{\text{m}}. \quad (6 \text{ балла})$$

в) Какова светимость Солнца?

$$L = 4 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot b_{\text{C}}, \quad L = 3,84 \cdot 10^{26} \text{ Вт.} \quad (5 \text{ балла})$$

г) Какова эффективная температура фотосферы Солнца?

$$R = \rho_{\text{рад}} \cdot a, \quad R = \rho'' \cdot a / 206265, \quad R = 6,96 \cdot 10^5 \text{ км} \quad (8 \text{ балла})$$

$$T^4 = L / (4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot R^2), \quad T = 5780 \text{ К.}$$

Средний угловой диаметр Солнца принять равным $31'59''$.

Молодость моя — Белоруссия... (65 баллов)

50 лет назад, 16 сентября 1971 года астрономы Крымской астрофизической обсерватории открыли Белоруссию. Точнее сказать, они обнаружили астероид 1971 SZ в последствии в честь нашей страны названный (2170) Белоруссия.

Синодический период астероида оказался равным 499,0 суток. Наклонение орбиты составляет $2,08079^{\circ}$, долгота восходящего узла — $255,83046^{\circ}$, аргумент перигелия — $116,48499^{\circ}$.

25 апреля 2020 года Белоруссия прошла перигелий своей орбиты. Перигелийное расстояние Белоруссии равно $1,9691876$ а.е.

а) К какой области Солнечной системы принадлежит это небесное тело?

Главный пояс астероидов (2 балла)

б) Каков сидерический период обращения астероида? (4 балла)

$$1/T_B = 1/T_3 - 1/S; \quad T_C = 1362,6 \text{ сут} = 3,73 \text{ года.}$$

в) Рассчитайте эксцентриситет орбиты астероида, её большую и малую полуоси?

$$a = (T_B)^{2/3}, \quad a = 2,405 \text{ а.е.} \quad (3 \text{ балла})$$

$$e = 1 - q/a, \quad e = 0,1812 \quad (3 \text{ балла})$$

$$b = a(1 - e^2)^{1/2}, \quad b = 2,365 \text{ а.е.} \quad (4 \text{ балла})$$

г) Рассчитайте афелийное расстояние и параметр орбиты.

$$Q_{\text{табл.}} = 2,841 \text{ а.е.} \quad Q = a(1 + e), \quad Q = 2,841 \text{ а.е.} \quad (3 \text{ балла})$$

$$p = a(1 - e^2), \quad p = 2,326 \text{ а.е.} \quad (4 \text{ балла})$$

д) Какова средняя орбитальная скорость астероида (2170) Белоруссия?

$$v_{\text{ср}} = 2\pi a/T, \quad v_{\text{ср}} = 19,2 \text{ км/с.} \quad (3 \text{ балла})$$

е) Рассчитайте скорость астероида в перигелии и афелии.

$$v_q = v_{\text{ср}} \cdot ((1+e)/(1-e))^{1/2}, \quad v_q = 23,06 \text{ км/с.} \quad (6 \text{ балла})$$

$$v_Q = v_{\text{ср}} \cdot ((1-e)/(1+e))^{1/2}, \quad v_Q = 15,99 \text{ км/с.}$$

ж) Рассчитайте среднюю, эксцентрическую и истинную аномалии астероида в день олимпиады.

$$\Delta t = 588 \text{ сут.}$$

$$M = 360^\circ \cdot \Delta t/T, \quad M = 155,35^\circ. \quad (5 \text{ балла})$$

$$M = E - e \cdot \sin(E); \quad (10 \text{ балла})$$

Так как эксцентриситет Белоруссии близок к 0, эксцентрическую аномалию можно найти последовательными приближениями:

$$E_0 = M + e \cdot \sin(M),$$

$$E_1 = M + e \cdot \sin(E_0),$$

$$E_2 = M + e \cdot \sin(E_1) \text{ и т.д.}$$

$$E = 2,774956 \text{ рад} = 159,07^\circ.$$

$$\text{tg } v/2 = ((1+e)/(1-e))^{1/2} \cdot \text{tg } E/2 \quad v = 162,5^\circ \quad (5 \text{ балла})$$

з) Каково гелиоцентрическое расстояние астероида в день олимпиады.

$$r = a(1 - e \cdot \cos E) \quad r = 2,812 \text{ а.е.} \quad (5 \text{ балла})$$

и) Какова гелиоцентрическая скорость астероида в день олимпиады.

$$v^2 = v_{\oplus}^2 (2/r - 1/a) \quad v = 16,14 \text{ км/с.} \quad (4 \text{ балла})$$

к) Как изменяется светимость Солнца для обитателей (2170) Белоруссии при перемещении этого астероида от перигелия к афелию.

Светимость Солнца не изменится. (4 балла)

Телескоп-рефлектор (35 баллов)

(216897) Golubev — это первый астероид, открытый в обсерватории, расположенной на территории Беларуси. Он назван в честь Владимира Александровича Голубева, одного из авторов вашего учебника астрономии. Астероид был открыт астрономом-любителем Виталием Невским в 2009 году в обсерватории «Vitebsk, B42» с помощью параболического рефлектора системы Ньютона ($D = 305 \text{ мм}$, $F = 1500 \text{ мм}$).

а) Укажите диаметр объектива и фокусное расстояние телескопа.

$$D = 305 \text{ мм}, F = 1500 \text{ мм.} \quad (2 \text{ балла})$$

б) Каково относительное отверстие телескопа?

$$A = D/F, \quad A = 1/5 \quad (4 \text{ балла})$$

в) Какова его разрешающая способность?

$$\Theta = 140''/D \text{ или } \Theta = 1,22\lambda/D. \quad (4 \text{ балла})$$

$$\Theta = 140''/305 = 0,46'' \text{ или } \Theta = 1,22 \cdot 0,555/305000 = 2,23 \cdot 10^{-6} \text{ рад} = 0,46''$$

г) Какова проникающая способность телескопа?

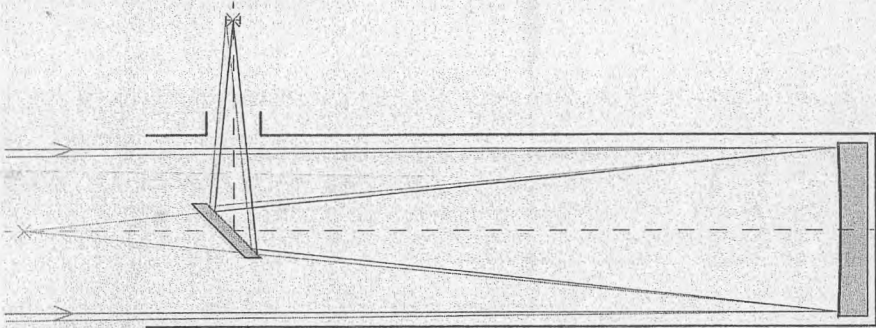
$$m_{\text{табл.}} = 14,9^m. \quad m = 2,1 + 5 \lg D, \quad m = 2,1 + 5 \lg 305 = 14,5^m \quad (5 \text{ баллов})$$

д) Каково его наибольшее полезное увеличение? Каково его наименьшее или равнозрачковое увеличение?

$$W_{\text{max.табл.}} = 610^x. \quad W_{\text{max.}} = 2 \cdot D, \quad W_{\text{max.}} = 610^x. \quad (8 \text{ баллов})$$

$$W_z = D/6, \quad W_z = D/6, \quad 5I^x.$$

г) Изобразите оптическую схему рефлектора системы Ньютона и ход световых лучей в ней. Охарактеризуйте вид изображения объектов, получаемое с помощью этого телескопа. (12 баллов)



Вид изображения объектов: перевернутое зеркальное.

Справочные данные

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

Средний радиус земной орбиты: $a_0 = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}$.

Сидерический период обращения Земли (звёздный год): $T_0 = 365,26 \text{ сут}$.

Солнечная постоянная: $b_C = 1367 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Средний радиус Земли: $R = 6371 \text{ км}$.

Звёздные сутки на Земле: $T_3 = 23 \text{ ч. } 56 \text{ мин } 4 \text{ с.} = 86164 \text{ с}$.

Постоянная Стефана-Больцмана: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$.

Постоянная закона Вина: $b = 0,002897 \text{ м} \cdot \text{К}$.