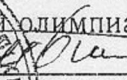


УТВЕРЖДЕНО

Заместитель председателя  
оргкомитета заключительного этапа  
республиканской олимпиады

 В. А. Будкевич



## Задания для III этапа республиканской олимпиады по астрономии

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

*15 января 2013 года*



1. Во сколько раз радиус сферы Шварцшильда Солнца больше, чем Земли? Подсказка: радиус Солнца в 109 раз больше радиуса Земли, а масса — в 333 тысячи раз.  $R_{шв} = 3 \text{ км} \frac{M}{M_{\odot}}$

2. В каких пределах изменяется скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца?

3. На каком расстоянии от Земли находится звезда, собственное движение которой  $\mu = 1.0''/\text{год}$ , а тангенциальная скорость  $v_t = 20 \text{ км/с}$ ?

4. Чему равна температура фотосферы звезды, максимум излучения в спектре которой приходится на длину волны  $555 \text{ нм}$ ?

5. Звезды «хвоста Дельфина» ( $\beta \text{ Del}$  и  $\epsilon \text{ Del}$ ) имеют практически одинаковые прямые восхождения  $\alpha_{\star} = 20.6^h$ , а само созвездие видно в южном полушарии на широтах от экватора до  $73^{\circ}\text{S}$ .

(а) На каких широтах можно увидеть созвездие в северном полушарии?

(б) На каких широтах в верхней кульминации «хвост Дельфина» будет перевернут на небе относительно того, как его видим мы?

(с) Определите азимут «хвоста Дельфина» в момент его верхней кульминации, наблюдаемой в Окленде (Новая Зеландия). Примечание: азимут — северный, т. е. отсчитывается от точки севера.

(д) В какое время в Окленде ( $174.7^{\circ}\text{E}$ , UTC+13h) произойдет верхняя кульминация «хвоста Дельфина» в День Святого Валентина?

6. Известно, что за 346.620076 суток Солнце для наблюдателя на Земле проходит один и тот же узел (восходящий или нисходящий) лунной орбиты. С какой периодичностью повторяются прохождения Луны через узлы ее орбиты? Примечание: Поворот узлов происходит в противоположном орбитальному движению Луны направлении.

7. Астероид приближается к планете радиуса  $R$ , массы  $M$ . На расстоянии  $d = 10R$  от центра планеты его планетоцентрическая скорость составляет  $v = 2v_0$ , где  $v_0 = \sqrt{GM/d}$ .

(а) Найдите скорость астероида в перигеуме орбиты, выразив ее через  $v_0$  и  $x \equiv d/r_p$ , где  $r_p$  — расстояние в перигеуме.

(б) В каком диапазоне должен лежать угол ( $\alpha$ ) между радиус-вектором астероида и вектором его скорости, чтобы столкновение с планетой не произошло?

(с) Вычислите эксцентриситет орбиты при  $\alpha = 90^{\circ}$ .

8. На самом краю далекой-далекой сферической галактики (удаленной от нас на  $D = 104 \text{ Мпк}$ ) на расстоянии  $15''$  от ее центра вспыхнула сверхновая, имеющая в максимуме блеска видимую звездную величину  $m_V = 12.8$ .

(а) Рассчитайте радиус галактики в кпк.

(б) Вычислите светимость звезды в единицах светимости Солнца в лучах  $V$ .

9. Детекторы спутников на околоземной орбите зарегистрировали поток гамма-излучения  $1 \times 10^{-13} \text{ Вт/м}^2$  от гамма-всплеска, находящегося на расстоянии  $25 \text{ Мпк}$ . Будем считать, что все его излучение лежит в двух узких противоположно направленных конусах с углом раствора  $1^{\circ}$ .

(а) Рассчитайте площадь небесной сферы в квадратных градусах.

(б) Определите мощность гамма-излучения всплеска.

## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

### Физические постоянные

Скорость света в вакууме	$c = 2.9979 \times 10^8$ м/с
Гравитационная постоянная	$G = 6.674 \times 10^{-11}$ м <sup>3</sup> · кг <sup>-1</sup> · с <sup>-2</sup>
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5.6704 \times 10^{-8}$ Вт · м <sup>-2</sup> · К <sup>-4</sup>
Постоянная Больцмана	$k = 1.3807 \times 10^{-23}$ Дж/К
Постоянная Вина	$b = 2.898 \times 10^6$ нм · К
Постоянная Планка	$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Дж · с

### Астрономические данные

Угол наклона эклиптики к небесному экватору	$\varepsilon = 23^\circ 26'$
Астрономическая единица	1 а. е. = $1.496 \times 10^{11}$ м
Тропический год	$T_0 = 365.2422$ солнечных суток
Сидерический год	$T_S = 365.256$ солнечных суток
Эксцентриситет земной орбиты	$e_E = 0.0167$
Сидерический период обращения Луны	$T_M = 27.3217$ суток
Синодический период обращения Луны	$P_M = 29.5306$ суток
Масса Солнца	$M_\odot = 1.989 \times 10^{30}$ кг
Светимость Солнца	$L_\odot = 3.846 \times 10^{26}$ Вт
Абсолютная звездная величина Солнца	$M_{V\odot} = 4.80$

$$S_{\text{ср}} = 4\pi R^2$$

# ★ Белорусские астрономические олимпиады ★

iii Этап республиканской олимпиады по астрономии

## Решения и схема оценивания заданий теоретического тура

15 января 2013 года

1. Радиус Шварцшильда Солнца больше, чем Земли во столько же раз, во сколько масса Солнца больше массы Земли, то есть в 333000.  $R_{Ш\odot} = 3 \text{ см} \frac{M}{M_{\odot}}$

2.

$$V_p = \sqrt{\frac{1+e}{1-e} \cdot \frac{GM_{\odot}}{a_E}} = 30.3 \text{ км/с} \quad \text{— скорость в перигелии}$$

$$V_a = \sqrt{\frac{1-e}{1+e} \cdot \frac{GM_{\odot}}{a_E}} = 29.3 \text{ км/с} \quad \text{— скорость в афелии}$$

3. 4.2 пк.  $\approx 4,3 \text{ пк}$

4.

$$T = \frac{b}{\lambda_m} = 5.22 \times 10^3 \text{ К}$$

5.

(a) Из условия задачи следует, что склонение положительно, поэтому можно увидеть на всех широтах северного полушария.  $h_B = 90^\circ - \varphi - \delta \rightarrow \delta = 90^\circ - \varphi = 17^\circ (h_B = 0^\circ)$

(b) От  $(27^\circ - \Delta) \text{ N}$  до  $73^\circ \text{ S}$ , где  $\Delta$  — размер созвездия по склонению.

(c)  $A = 0^\circ$ . (ВК в Южн. полушарии — маг.  $(\delta) \text{ N}$ )

(d) 12:00 — 12:30.  $22.42 \Delta_{\odot} = 18^\circ$ ;  $9 + 31 + 14 = 53 \text{ сут}$ ;  $21.03 \Delta_{\odot} = 24^\circ$ ;  $53 + 14 + 21 = 88 \text{ сут}$

$3 \text{ ч.}, 14.02 \Delta_{\odot} = 18^\circ + \frac{53}{88} (24^\circ - 18^\circ) = 18^\circ + 3.6 = 21.6$   
 $\Delta \delta = 1^\circ$ ; на  $1^\circ$  до полушария  $\rightarrow \sim 11^\circ$  месяцев  $= 11 \times 1^\circ = 12^\circ$  (летнее?)

6\* Луна проходит один и тот же узел орбиты с периодом (драконический лунный месяц):

$1747 = 124$   
 $и \text{ Tc} = 134 = 7 + 1^\circ \text{ месяцев в год}$

$$T_D = \frac{346.620076 \times 29.5306}{29.5306 + 346.620076} \text{ суток} = 27.2122 \text{ суток}$$

Тогда любой узел орбиты проходится каждые  $27.21223/2$  суток  $\approx 13.606$  суток.

$T_{\odot} = 346,62 \text{ сут}$  — драконический год. Удобно перейти в координатную систему и считать  $\odot$  и  $\Delta$  планеты.

7.

(a) Из закона сохранения энергии получим:  $v_p = v_0 \sqrt{2 + 2x}$ .

(b) Решаем систему уравнений: закон сохранения энергии и второй закон Кеплера. Получим следующее условие:  $\sin \alpha > 0.180278$ . Помним, что угол лежит во второй четверти, и меньше  $90^\circ$  он быть не может, поскольку астероид приближается. Тогда  $90^\circ \leq \alpha \leq 169^\circ$ .

8.

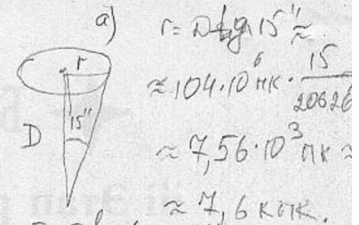
(a) 7.6 кпк.

(b)  $M_V = 12.5 + 5 - 5 \log(104 \times 10^6) = -22.29$ ,  
 $L_V/L_{V\odot} = 10^{0.4(22.29+4.80)} = 6.82 \times 10^{10}$

9.

(a) 41253 квадратных градусов.

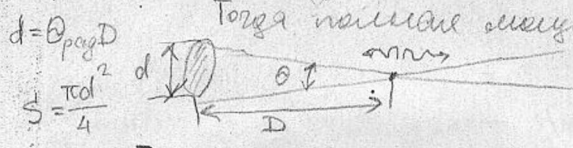
(b)  $W = 2F \times \pi(\theta D)^2/4 = 3 \times 10^{31}$  Вт.



a)  $r = 2.49 \cdot 10^{15} \approx 104.10^6 \text{ км} \cdot \frac{15}{206265} \approx 7.56 \cdot 10^3 \text{ км} \approx 7.6 \text{ кпк}$ .  
 $\delta) M_V = 12.8 + 5 - 5 \log(104 \cdot 10^6) \approx 12.8 - 5 \cdot 8.02 = -22.29$   
 $L_V = 10^{0.4(22.29+4.80)} = 6.82 \cdot 10^{10} (L_{\odot})$

a)  $S_{\text{ср}} = 4\pi R_w^2$ ,  $S_1 = \pi R^2 \sin^2 \theta$   
 $\text{Тогда } S'_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{ср}}}{S_1} = \frac{4\pi R_w^2}{\pi R^2 \sin^2 \theta} = 4\pi \left(\frac{206265}{3600}\right)^2 \approx 41253$

$\delta)$  Угол, образован осью и конусом, направл. в сторону Земли  
 Тогда наимен. мощность излучения  $W = 2 \cdot W_1$ , где  $W_1 = 1 \cdot 10^{13} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \times S_1 = F \times \frac{\pi(\theta D)^2}{4}$



$W \approx 2 \cdot 1 \cdot 10^{13} \cdot \pi \cdot \left(\frac{3600}{206265}\right)^2 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^{16} / 4$   
 $W \approx \frac{1}{2} \cdot 10^{13} \cdot \pi \cdot 1.7110^{14} \approx 2.69 \cdot 10^{31} \text{ Вт}$

Всего за теоретический тур: 75 баллов

- Задачи 1 – 4, 6: 5 баллов за каждую
- Задача 5: 15 баллов (3+4+3+5)
- Задача 7: 15 баллов
- Задачи 8, 9: 10 баллов за каждую

7 a

По закону сохранения энергии:  $\frac{v^2}{2} - G \frac{M}{d} = \frac{v_p^2}{2} - G \frac{M}{r_p}$

$$v_p^2 = 4 v_0^2 + 2 G M \left( \frac{1}{r_p} - \frac{1}{d} \right)$$

$$v_p^2 = 2 v_0^2 \left( 2 + \left( \frac{d}{r} - 1 \right) \right)$$

$$v_p = v_0 \sqrt{2 (x + 1)}$$

Следует отметить, что ответ справедлив не только для перигея, но и для любой точки на расстоянии  $r$  от центра планеты.

1)  $\frac{M v^2}{2} - G \frac{M m}{d} = \frac{M v_p^2}{2} - G \frac{M m}{r_p}$   
 $\frac{v^2}{2} - G \frac{M}{d} = \frac{v_p^2}{2} - G \frac{M}{r_p} \quad \times 2 \rightarrow v_p^2 - 2G \frac{M}{r_p} = v^2 - 2G \frac{M}{d}$   
 $v_p^2 = v^2 + 2GM \left( \frac{1}{r_p} - \frac{1}{d} \right) = 4v_0^2 + 2v_0^2 d \left( \frac{1}{r_p} - \frac{1}{d} \right)$   
 $v_p^2 = 2v_0^2 \left( 2 + \frac{d}{r_p} - 1 \right) = 2v_0^2 \left( 1 + \frac{d}{r_p} \right) = 2v_0^2 (1+x)$   
 $v = v_0 \sqrt{2(1+x)}$   
 2)  $L \in (90^\circ; 180^\circ]$  (астер. прилет.)

Удар произойдет, если перигея астероида будет каков. на радиус, не выходя за R планеты.

7 b

Скорость соударения  $v_c$  найдем из предыдущего пункта :

$$v_c = v_0 \sqrt{2 (x + 1)}$$

При пролете астероида по касательной  $x = \frac{d}{R} = 10$

$$v_c^2 = 2 v_0^2 (10 + 1)$$

По 2 - му з - ну Кеплера (сохранение момента импульса) :

$$2 v_0 d \sin[\alpha] = v_c R$$

$$\sin[\alpha] = \frac{\sqrt{22}}{20}$$

Вычисления :

```
In[10]= Print["Sin[alpha] == ",  $\frac{\sqrt{22}}{20}$  // N]
```

```
Print["Искомый угол: 180 - alpha == ", 180 - ArcSin[ $\frac{\sqrt{22}}{20}$ ] // Degree // N]
```

Sin[alpha] == 0.234521

Искомый угол: 180 - alpha == 166.437

II з-н К. - это значит все з-на сохр. момента импульса

$$2 v_0 \sin \alpha \cdot d = \frac{v_c R}{\cos L_p}$$

Нар.  $L_p$   $\cos L_p$

$$\sin \alpha = \frac{v_c R}{2 v_0 d} = \frac{v_0 \sqrt{22} R}{2 v_0 \cdot 10 R} = \frac{\sqrt{22}}{20}$$

$$\sin \alpha \approx \frac{4.69}{20} \approx 0.23$$

$$\alpha \approx 13.6^\circ \approx 14^\circ$$

$$\pi - \alpha \approx 14^\circ \rightarrow \alpha \approx 180^\circ - 14^\circ = 166^\circ \approx 165^\circ$$

окруж. с кр. (дископланет)

3) Для  $L \in (90^\circ; 180^\circ]$  заданная точка является перигеем орбиты  $v = 2v_0 \equiv v_p$

$$v_p > \sqrt{2} v_0 \rightarrow e > 1 \text{ (гипер)}$$

$$\frac{v_p = 2v_0}{v_p = v_0 \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}} \rightarrow 2v_0 = v_0 \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

$$4 = \frac{1+e}{1-e} \rightarrow 1+e = 4-4e$$

$$5e = 3$$

$$e = \frac{3}{5} < 1!!!$$

минимальная скорость

\*\*

7c

Скорость, перпендикулярная радиус - вектору

$$v = \sqrt{(1+e) \frac{GM}{d}}$$

$$v^2 = (1+e) v_0^2$$

$$e = 4 - 1$$

Если для параболы исп-ть ф-лу  
 $v_p = v_0 \sqrt{1+e}$ , то:  $2v_0 = v_0 \sqrt{1+e}$   
 $4 = 1+e \rightarrow e = 4-1 = 3$



УТВЕРЖДЕНО

Заместитель председателя  
оргкомитета заключительного этапа  
республиканской олимпиады

В. А. Будкевич

21 декабря 2012 г.

## Задания для III этапа республиканской олимпиады по астрономии

# ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР

*16 января 2013 года*





# НАБЛЮДЕНИЯ

## Звездное небо в Монако

Вы отправились в Монако и как-то ночью увидели знакомое звездное небо. Вам дана карта, на которой изображен соответствующий участок неба.

1. Через какие созвездия проходит пунктирная линия?
2. Приведите обозначения (собственные названия или по каталогу Байера) звезд, отмеченных цифрами 1 — 8.
3. В каких созвездиях находятся звезды в квадратах, обозначенные буквами  $a - l$ ?
4. Если через данный участок неба проходит небесный экватор, то назовите любое **одно** созвездие из изображенных на карте, которое он пересекает.
5. Если через данный участок неба проходит эклиптика, то назовите любые **два** созвездия из изображенных на карте, которые она пересекает.

## АНАЛИЗ ДАННЫХ

### Солнце над Ипанемой

В декабре, когда в Беларуси холодно и снег, в Рио-де-Жанейро солнечно, жарко, и можно увидеть Солнце в зените. В данной задаче Вам предстоит выяснить, в какие дни это происходило в декабре 2012 года. Будем считать, что диск Солнца должен закрывать точку зенита на небесной сфере. Вам дана таблица, в которой приведены точные данные склонения Солнца и его углового радиуса в градусах, а также уравнения времени в минутах. Все значения приведены для середины пляжа Ипанема в 13:00 местного времени (UTC-2h). Уравнение времени определено следующим образом:

$$EOT = АНА - МНА,$$

где АНА (apparent hour angle) — часовой угол истинного Солнца, МНА (mean hour angle) — среднего.

Географические координаты середины пляжа Ипанема:

$$22.9871^{\circ}S, 43.20415^{\circ}W$$

Размерами пляжа можно пренебречь, мы это проверили детальными расчетами.

1. В какой день на пляже наступил момент зимнего солнцестояния?
2. Оцените момент зимнего солнцестояния внутри суток.
3. Вы пришли на пляж в день зимнего солнцестояния в истинный полдень. Увидите ли Солнце в зените?
4. Вычислите даты в декабре, когда Солнце было в зените на Ипанеме.
5. Для дат, определенных в предыдущем вопросе, определите моменты времени, когда это случилось, с точностью до 0.1 минуты.

*Примечание:* Вы также можете учитывать атмосферную рефракцию, ее значение в окрестности зенита может быть выражено формулой:

$$\rho \simeq \tan(z) \text{ arcmin},$$

где  $z$  — видимое зенитное расстояние объекта. Однако, как нам удалось установить, учет рефракции никак не изменяет результаты данной задачи, поэтому дополнительные баллы за это Вы *не получите*.

Declination, angular radius of the Sun and equation of time for December 2012. All data are given for Ipanema Beach at 13:00 local time (UTC-2h).

Date	Dec. [deg]	Angular Radius [deg]	EOT [min]
1/12/2012	-21.92306	0.270176	10.6057
2/12/2012	-22.06939	0.270218	10.2203
3/12/2012	-22.20864	0.270258	9.8255
4/12/2012	-22.34073	0.270297	9.42169
5/12/2012	-22.46559	0.270334	9.00927
6/12/2012	-22.58317	0.27037	8.58864
7/12/2012	-22.69338	0.270405	8.16023
8/12/2012	-22.79618	0.270438	7.72447
9/12/2012	-22.89150	0.270471	7.28183
10/12/2012	-22.97930	0.270503	6.83274
11/12/2012	-23.05953	0.270533	6.37768
12/12/2012	-23.13213	0.270563	5.91713
13/12/2012	-23.19707	0.270592	5.45157
14/12/2012	-23.25432	0.27062	4.9815
15/12/2012	-23.30383	0.270647	4.5074
16/12/2012	-23.34559	0.270673	4.02979
17/12/2012	-23.37957	0.270698	3.54918
18/12/2012	-23.40575	0.270722	3.06607
19/12/2012	-23.42411	0.270745	2.58099
20/12/2012	-23.43464	0.270766	2.09446
21/12/2012	-23.43733	0.270786	1.60699
22/12/2012	-23.43219	0.270805	1.11911
23/12/2012	-23.41920	0.270822	0.631347
24/12/2012	-23.39838	0.270838	0.144213
25/12/2012	-23.36972	0.270851	-0.341768
26/12/2012	-23.33325	0.270863	-0.82608
27/12/2012	-23.28898	0.270874	-1.30821
28/12/2012	-23.23691	0.270883	-1.78764
29/12/2012	-23.17709	0.270889	-2.26388
30/12/2012	-23.10953	0.270895	-2.73642
31/12/2012	-23.03427	0.270898	-3.20478

## Вега

Фотометрия звезд в фильтрах является мощным методом изучения спектров звезд. В данной задаче Вам предстоит в этом убедиться. В таблицах приведены видимые звездные величины Веги, а также характеристики фильтров.

$\lambda_{eff}$  — эффективная длина волны середины полосы фильтра,  $\Delta\lambda$  — ширина полосы на половине максимума пропускания. Все длины волн приведены в нанометрах.

Будем считать, что спектральная плотность потока  $k$ -го фильтра ( $F_{\lambda k}$ ) связана с потоком ( $F_k$ ) во всей полосе ( $\Delta\lambda_k$ ):

$$F_k \simeq F_{\lambda k} \Delta\lambda_k.$$

1. В каком фильтре Вега светит ярче всего?
2. На какой из перечисленных длин волн спектральная плотность потока звезды наибольшая?
3. Постройте спектр звезды (зависимость спектральной плотности потока излучения от длины волны).
4. Оцените температуру Веги. Постоянная Вина  $b = 2.9 \times 10^6$  нм·К.

### Photometry of Vega:

$$U - B = -0.01$$

$$B = 0.03$$

$$V = 0.03$$

$$R = 0.1$$

$$I = 0.2$$

$$J = -0.18$$

$$H = 0.03$$

$$K = 0.13$$

Description of photometric system:

$\lambda_{eff}$  — effective wavelength midpoint,

$\Delta\lambda$  — full width at half maximum

Filter	$\lambda_{eff}$	$\Delta\lambda$
U	365 nm	66 nm
B	445 nm	94 nm
V	551 nm	88 nm
R	658 nm	138 nm
I	806 nm	149 nm
Y	1020 nm	120 nm
J	1220 nm	213 nm
H	1630 nm	307 nm
K	2190 nm	390 nm
L	3450 nm	472 nm

## Экзопланеты, похожие на Землю

В таблице к данной задаче собраны новейшие результаты об экзопланетах, по физическим характеристикам схожим с Землей. При решении данной задачи используйте массы и радиусы только в единицах Земли, так как это приведено в таблице.

1. Постройте график зависимости массы планет от их радиуса.
2. На графике обозначьте область, для которой  $g \leq 1.5g_E$ , где  $g_E$  — ускорение свободного падения на поверхности Земли.
3. Обведите на графике планету, плотность которой: наибольшая — квадратиком, наименьшая — треугольником, наиболее близкая к земной — кружком.
4. Рассчитайте значения плотности для предыдущего вопроса, выразив их в единицах плотности Земли.

Earth-like exoplanets, radii are expressed in Earth radius, masses — in Earth mass

Name	Radius [ $R_E$ ]	Mass [ $M_E$ ]
55 Cnc e	2.17	8.36
CoRoT-7 b	1.68	4.80
GJ 1214 b	2.85	6.26
HD 97658 b	2.94	6.36
KOI-55 b	0.762	4.45
KOI-55 c	0.874	0.667
Kepler-10 b	1.42	4.54
Kepler-10 c	2.23	20.0
Kepler-11 b	1.98	4.30
Kepler-11 f	2.62	2.30
Kepler-18 b	2.01	6.90
Kepler-19 b	2.22	20.3
Kepler-20 b	1.91	8.58
Kepler-20 d	2.80	19.1
Kepler-20 e	0.874	3.08
Kepler-20 f	1.01	14.3
Kepler-21 b	1.64	10.5
Kepler-36b	1.49	4.45
Kepler-42 b	0.785	2.86
Kepler-42 c	0.729	1.91
Kepler-42 d	0.572	0.953
Kepler-50b	2.24	7.628
Kepler-50c	2.80	6.99
Kepler-57c	1.57	5.40
Kepler-58b	2.80	27.3
Kepler-9 d	1.65	6.99





НАБЛЮДЕНИЯ

НАЗІРАННІ

OBSERVATIONS

к

СЕНЕ НЕБО В МОНАКО

ЗОРНА НЕБА В МОНАКО

STELLAR SKY IN MONACO

5

l

h

f

6

i

8

d

g

j

e

c 7

1

4

b

2

3

a

Тільки для журри

Jury only

ШІР ШЫР СУД

СУММА СУМ TOTAL



# НАБЛЮДЕНИЯ

# НАЗІРАННІ

# OBSERVATIONS

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО В МОНАКО

ЗОРНАЕ НЕБА Ў МОНАКА

STELLAR SKY IN MONACO

1.

--

2.

1		2		3		4	
5		6		7		8	

3.

a		b		c	
d		e		f	
g		h		i	
j		k		l	

4. Небесный экватор проходит через карту  ДА/ТАК/YES  НЕТ/НЕ/NO   
Небесны экватар праходзіць праз карту  
Celestial equator passes through the map

Если да, то он пересекает  
Калі так, то ён перасякае  
If yes, it crosses

--

5. Эклиптика проходит через карту  ДА/ТАК/YES  НЕТ/НЕ/NO   
Экліптыка праходзіць праз карту  
Ecliptic line passes through the map

Если да, то она пересекает  
Калі так, то яна перасякае  
If yes, it crosses

--	--

Только для жюри

Толькі для журы

Jury only

ШИФР ШЫФР CODE	СУММА СУМА TOTAL

★ Белорусские астрономические олимпиады ★

iii Этап республиканской олимпиады по астрономии

**Решения и схема оценивания заданий  
практического тура**

*16 января 2013 года*

**Звездное небо в Монако**

28 баллов: 1 балл на каждый элемент

**Солнце над Ипанемой**

20 баллов:

- (1) 3 балла
- (2) 3 балла
- (3) 2 балла
- (4) 6 баллов
- (5) 6 баллов

**Экзопланеты, похожие на Землю**

15 баллов:

- (1) 3 балла
- (2) 4 балла
- (3) 3 балла
- (3) 5 баллов

**Вега**

12 баллов:

- (1) 2 балла
- (2) 3 балла
- (3) 4 балла
- (3) 3 балла

Всего за практический тур: 75 баллов





# НАБЛЮДЕНИЯ

# НАЗІРАННІ

# OBSERVATIONS

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО В МОНАКО

ЗОРНАЕ НЕБА ў МАНАКА

STELLAR SKY IN MONACO

1.

Большая Медведица, Гончие Псы, Волопас

2.

1	$\alpha$ Волопаса, Арктур	2	$\zeta$ ( $\zeta+80$ ) Большой Медведицы, Мицар (Мицар+Алькор)	3	$\eta$ Большой Медведицы, Алкаид	4	$\epsilon$ Большой Медведицы, Алиот
5	$\alpha$ Льва, Регул	6	$\beta$ Льва, Денебола	7	$\alpha$ Гончих Псов, Сердце Карла	8	$\alpha$ Девы, Спика

3.

a	Большая Медведица	b	Волопас	c	Гончие Псы
d	Большая Медведица / Малый Лев	e	Волосы Вероники	f	Лев
g	Дева	h	Лев	i	Дева
j	Дева	k	Ворон	l	Секстант

4. Небесный экватор проходит через карту  ДА/ТАК/YES  НЕТ/НЕ/NO   
Небесны экватор праходзіць праз карту  
Celestial equator passes through the map

Если да, то он пересекает  
Калі так, то ён перасякае  
If yes, it crosses

Секстант / Лев / Дева

5. Эклиптика проходит через карту  ДА/ТАК/YES  НЕТ/НЕ/NO   
Экліптыка праходзіць праз карту  
Ecliptic line passes through the map

Если да, то она пересекает  
Калі так, то яна перасякае  
If yes, it crosses

Дева, Лев

# Солнце над Ипанемой

1. 21 декабря 2012 года
2. Склонение Солнца не одинаково в 13:00 20 и 22 декабря, поэтому момент солнцестояния (Т) наступил не в 13:00. Поскольку склонение Солнца больше 20 декабря, то  $T < 13h$  местного времени. Более точные вычисления могут быть оценены дополнительно.

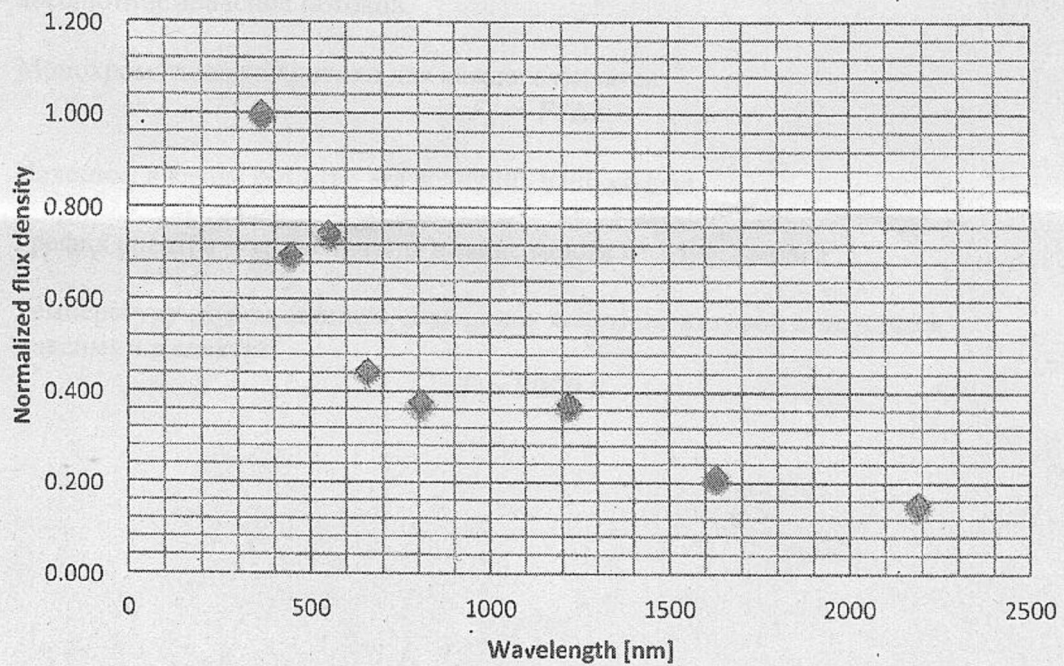
3. Нет

4. 5.

Saturday 8 December 2012	12:45.1
Sunday 9 December 2012	12:45.5
Monday 10 December 2012	12:46.0
Tuesday 11 December 2012	12:46.4
Wednesday 12 December 2012	12:46.9
Thursday 13 December 2012	12:47.4
Friday 14 December 2012	12:47.8
Friday 28 December 2012	12:54.6
Saturday 29 December 2012	12:55.1
Sunday 30 December 2012	12:55.6
Monday 31 December 2012	12:56.9

# Bera

Filter	Mag	Lambda, nm	Width, nm	Flux	Spectral Flux	Normalized Sp. Flux
U	0.02	365	66	0.982	1.487	1.000
B	0.03	445	94	0.973	1.035	0.696
V	0.03	551	88	0.973	1.105	0.743
R	0.1	658	138	0.912	0.661	0.444
I	0.2	806	149	0.832	0.558	0.375
J	-0.18	1220	213	1.180	0.554	0.373
H	0.03	1630	307	0.973	0.317	0.213
K	0.13	2190	390	0.887	0.227	0.153



1. J
2. 365 nm (полоса U)
3. График приведен выше, плотность потока – нормированная
4. 8000 K (одна значащая цифра)

## Вега

Ответ на вопрос, в каком фильтре Вега светит ярче: в том, в котором звездная величина меньше.

На какой длине волны плотность потока (монохроматический поток) наибольшая.

Находим поток излучения ( $F$ ) в каждом фильтре:

$$2.5 \log \frac{F}{F_0} = m_0 - m$$

Нулевым индексом обозначены поток и звездная величина звезды сравнения, которые неизвестны. Данную формулу можно преобразовать в виде:

$$F = C \cdot 10^{-0.4m}$$

Здесь  $C$  – неизвестная константа, но она одинакова для всех фильтров, поэтому мы можем взять произвольное ее значение, так как в задаче не сказано найти абсолютное значение потоков.

Монохроматические потоки для каждого фильтра:

$$F_\lambda = F / \Delta\lambda$$

Находим, в каком фильтре эта величина наибольшая.

График спектра – эти величины в зависимости от длины волны.

Температуру можем оценить, взяв длину волны, на которой приходится максимум в спектре:

$$T > 8000 \text{ K}$$

