

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XIX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Т Е М А

за националния кръг на олимпиадата по астрономия

Теоретичен тур – 7 май 2016 г.

Възрастова група XI-XII клас

1 задача. Космопорт. През 2066 г. в орбита около Земята е построена специална станция, от която се изстрелват космически кораби в далечни полети. Орбитата на станцията е кръгова екваториална и на височина 400 км над земната повърхност. Вие се намирате на борда на изследователски кораб, който също се движи по кръгова екваториална орбита, в същата посока като станцията, но на височина 380 км над земната повърхност. В момент на максимално сближаване на вашия спътник със станцията, от нея се изстрелва кораб в редовен рейс към Луната. Вие виждате блясъка от ракетните струи на неговите двигатели като звезда от звездна величина -12^m .

- А) Колко време след това за вас станцията Космопорт ще се скрие под хоризонта? Рефракцията да не се отчита.

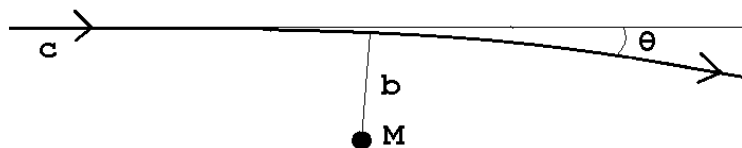
- Б) Коментирайте качествено как рефракцията би повлияла върху описаната по-горе ситуация.

- В) Опитайте се да получите приблизителна количествена оценка за приноса на рефракцията.

- Г) Миг преди станцията да се скрие под хоризонта, от нея се изстрелва още един кораб и блясъкът от ракетните му струи е също толкова мощен, както и при първия кораб. Определете приблизително звездната му величина в този момент за вас. Ще можете ли да го видите?

Земната атмосфера поглъща част от светлината на небесните обекти. Когато обектът е в зенита, за наблюдател на земната повърхност неговата видима звездна величина се увеличава с 0.29^m . Слънцето в зенита има звездна величина -26.7^m , а на хоризонта – около -16^m .

2 задача. Гравитационна леща. Като ефект от Общата теория на относителността, при преминаване на минимално разстояние b от обект с маса M , светлинните лъчи се изкривяват на ъгъл $\theta[\text{rad}] = 4GM/(bc^2)$, където c е скоростта на светлината.



За да демонстрира това пред вас, астрономът Александър Куртенков избира двойната звезда Р, която се намира на разстояние 10.6 рс от Слънцето и има тангенциална скорост 13.86 km/s, насочена изцяло по ректасцензия, на запад. Тоест, ректасцензията на Р намалява поради собственото движение, а деклинацията не се променя. Орбитите на компонентите са кръгови и зрителният лъч лежи в равнината им. Орбиталният период е 10.0 h. Наблюдаваната разлика между лъчевите скорости на двете компоненти достига до максимална стойност 400 km/s.

- А) Пресметнете общата маса на системата Р в слънчеви маси.

- Б) Пресметнете собственото движение (ъгловата скорост спрямо звездите) на системата Р в ъглови секунди на година.

- В) На 15.07.2016 г. Р има екваториални координати ($\alpha_R = 18^h01^m10^s.1261$, $\delta_R = -23^\circ26'38''.610$), а звездата Q – ($\alpha_Q = 18^h01^m10.0772^s$, $\delta_Q = -23^\circ26'38''.661$).

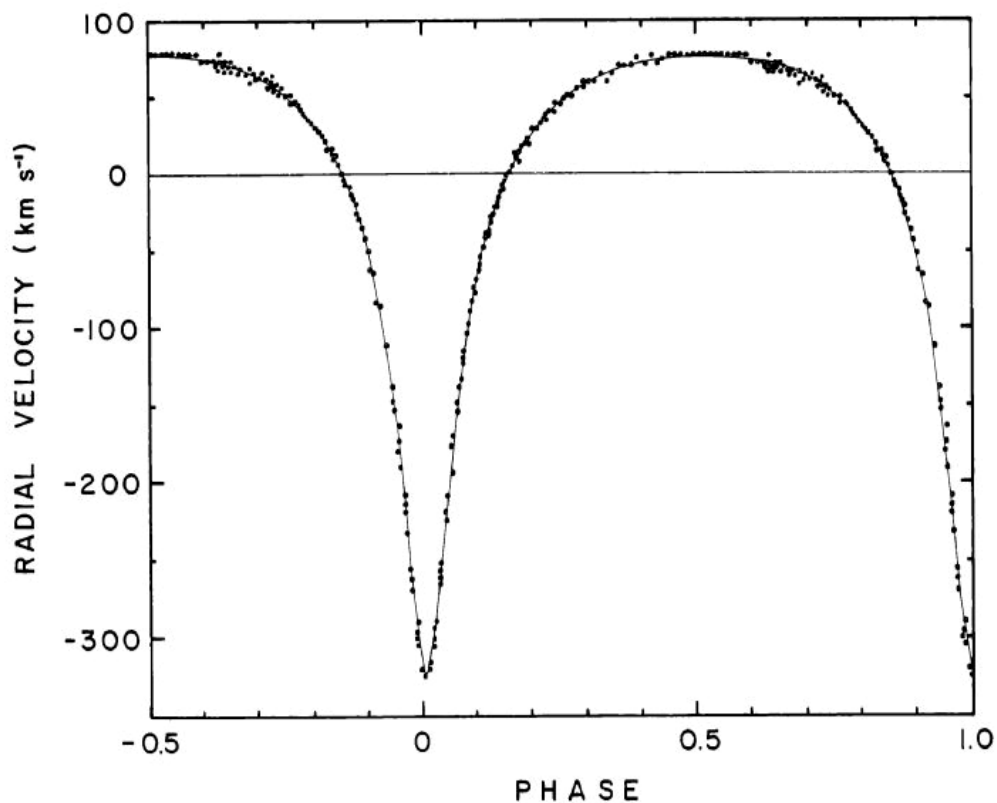
Международен екип от учени, ръководен от А. Куртенков, планира да провери гореописания ефект от Общата теория на относителността, извършвайки свръхточни наблюдения на Р и Q с оптичен интерферометър. Планирани са наблюдения на 06.09.2018 г. Пресметнете очакваните екваториални координати на Q на тази дата с възможно най-висока точност! Звездата Q е на много голямо разстояние (над 500 pc) и има пренебрежимо собствено движение.

Тангенциалната скорост е компонентата на скоростта, перпендикулярна на зрителния лъч. Екваториалните координати се пресмятат спрямо астрометрични стандарти и не се влияят от аберацията на светлината!

3 задача. Двойна неутронна звезда. Пулсарът PSR B1913+16 е открит през 1974 г. с радиотелескопа Аресибо. Той е компонента в тясна двойна система с период 7.75 часа. Предполага се, че другата компонента е също неутронна звезда и че масите на двете компоненти са приблизително равни.

- Оценете стойността на тези маси като използвате данните от кривата на лъчевата скорост на пулсара.

На графиката е дадена лъчевата скорост на пулсара относно центъра на масите на системата. Орбиталната равнина на двойната система е наклонена на 43° спрямо зрителния лъч от нас към нея.



Справочни данни:

Гравитационна константа $6.672 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

Маса на Слънцето $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Маса на Земята $6 \times 10^{24} \text{ kg}$

Екваториален радиус на Земята 6378 km

Рефракция на хоризонта 35'

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XIX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Т Е М А

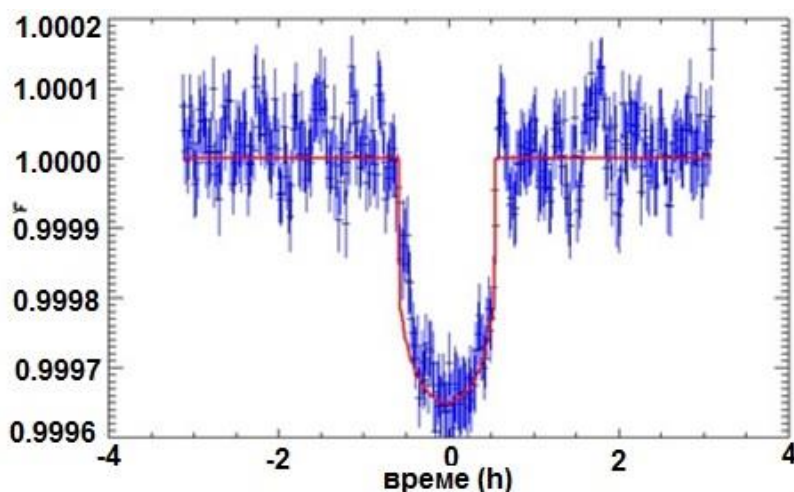
за националния кръг на олимпиадата по астрономия

Практически тур – 8 май 2016 г.

Възрастова група XI-XII клас

1 задача. **Екзопланетата COROT 7b.** COROT 7b е една от първите открити екзопланети, които имат размери, съпоставими с тези на Земята. Намира се в съзвездието Еднорог, на разстояние 500 ly от Земята. Планетата обикаля по кръгова орбита около звездата COROT-7, която принадлежи на Главната последователност и спектралният ѝ клас е G9V (температура 5 250K). Видимата звездна величина на звездата е 11.67^m.

Планетата COROT 7b е открита с космическия телескоп COROT, изстрелян съвместно от френската космическа агенция (CNES) и Европейската космическа агенция (ESA). На Фиг. 1. е дадена кривата на блясъка на звездата по време на пасаж (преминаване) на планетата пред диска на звездата. Можем да считаме, че зрителният лъч лежи точно в орбиталната равнина на планетата. По ординатната ос е нанесен относителен светлинният поток, а не звездна величина. Той се приема за равен на 1.0000 извън времето на пасажа на планетата.



Фиг. 1

С помощта на спектрографа HARPS, монтиран на 3.6-метровия телескоп в Южноевропейската обсерватория в Чили е получено изменението на лъчевата скорост на звездата COROT-7. В таблицата, подготвена от астронома Никола Каравасилев, са дадени съответните стойности за различни моменти от време, като е направена корекция за движението на Земята около Слънцето. Промяната на лъчевата скорост на звездата се дължи на гравитационното въздействие на планетата COROT-7b.

- А) Постройте крива на лъчевата скорост на звездата COROT-7. Определете скоростта, с която тя се движи около общия център на масите с планетата.
- Б) Определете отношението на радиусите на планетата и звездата, след което намерете радиуса на COROT-7b.
- В) Пресметнете масата на планетата, а след това и нейната плътност. Към кой клас планети бихме могли да считаме, че тя принадлежи?
- Г) Коментирайте точността на получените от Вас резултати и факторите, които влияят върху нея.

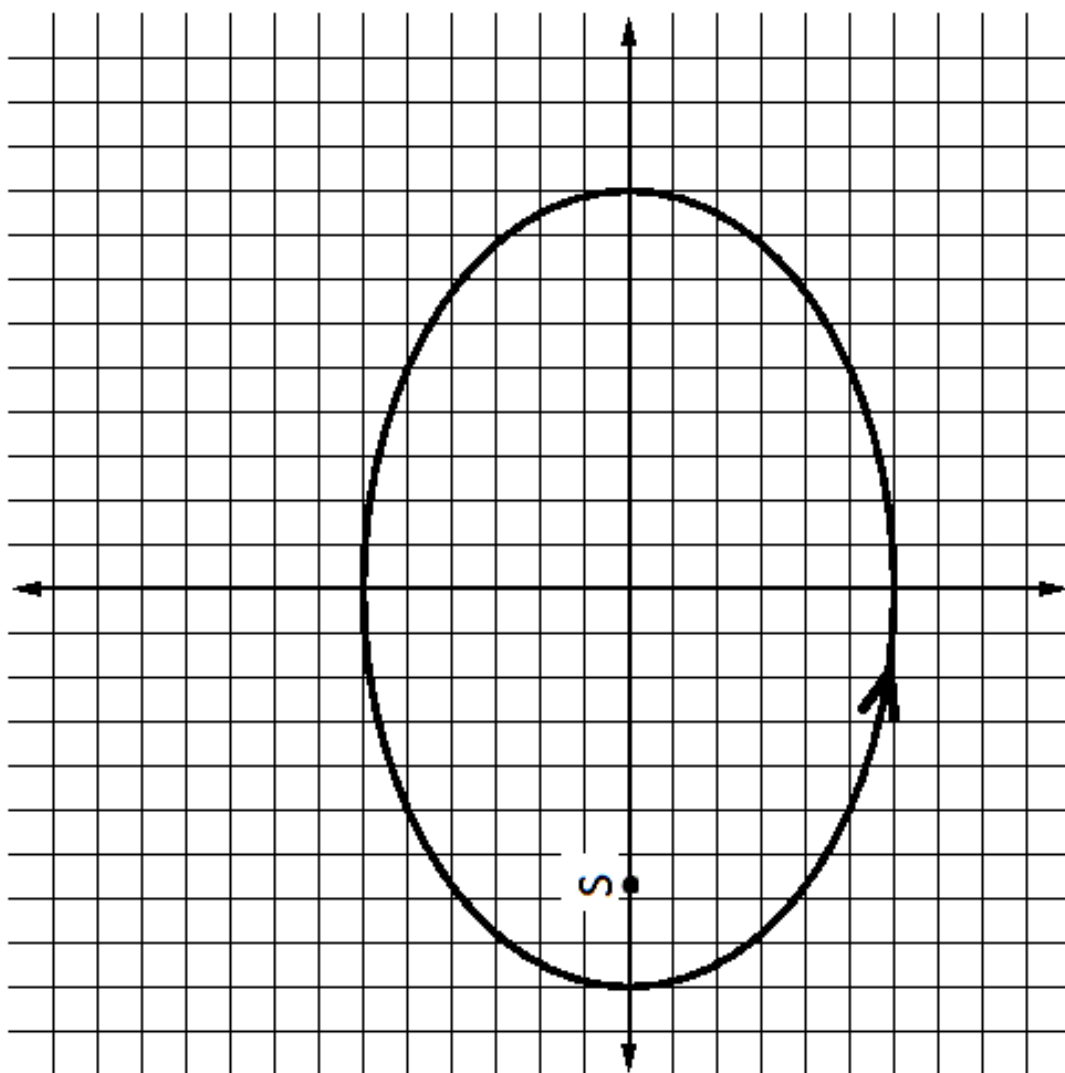
N	t [дни]	Vr [km/s]
1	0,05	31,1731
2	0,10	31,1758
3	0,15	31,177
4	0,20	31,1753
5	0,25	31,1771
6	0,30	31,1763
7	0,35	31,1748
8	0,40	31,1724
9	0,45	31,1696
10	0,50	31,1696
11	0,55	31,1662
12	0,60	31,1665
13	0,65	31,1655
14	0,70	31,1675
15	0,75	31,1664
16	0,80	31,1685
17	0,85	31,1723
18	0,90	31,1727
19	0,95	31,1749

2 задача. Сезони. Ветровитата планета се движи около своето слънце по орбита със значителен ексцентрицитет. Орбиталният ѝ период е 400 дни. Оста на въртене на планетата е наклонена на 30° спрямо вертикалата към равнината на нейната орбита. Лятното слънцестояние за северното полукълбо се случва при преминаването на планетата през перихелия на орбитата. Даден ви е чертеж на елиптичната орбита на Ветровитата планета.

- А) Отбележете на чертежа положенията на планетата при пролетно и есенно равноденствие, лятно и зимно слънцестояние за жител на северното полукълбо. Опишете **на**кратко нейните сезони.

- Б) Определете приблизително продължителността на периодите между тези четири момента в дни. Пресметнете височината на звездата над хоризонта по пладне за наблюдател на екватора на планетата при равноденствията и слънцестоянията. Нарисувайте схематично графика на изменението на тази височина през годината.

- В) Пресметнете кога за наблюдател на екватора по пладне ще бъде по-топло – при равноденствията или при лятното слънцестояние.



Орбита на Ветровитата планета около звездата S

ОСНОВНИ АСТРОФИЗИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗВЕЗДИТЕ

Спектр. клас	Истински цвятове (B-V) ₀ (U-B) ₀				Абсолютни зв.вел. M _v				Ефективни темп. T _{eff} Светимости L/L _☉				Маса M/M _☉ Радиуси R/R _☉		
	Клас св.	V	III	Ia	V	III	Ib	Ia	V	III	I	V	III	I	
O5		-0.33	-0.32	-0.31	-5.7	-6.3		-6.8	44500	42500	40300	60		70	
		-1.19	-1.17	-1.17					790000	990000	1100000	12		30	
B0		-0.30	-0.29	-0.23	-4.0	-5.1	-6.1	-6.9	30000	29000	26000	17.5	20	25	
		-1.08	-1.08	-1.05					52000	110000	260000	7.4	15	30	
B5		-0.17	-0.17	-0.08	-1.2	-2.2	-5.4	-7.0	15400	15000	13600	5.9	7	20	
		-0.58	-0.58	-0.76					830	1800	52000	3.9	8	50	
A0		-0.02	-0.03	0.02	0.6	0.0	-5.2	-7.1	9520	10100	9700	2.9	4	16	
		-0.02	-0.07	-0.44					54	106	35000	2.4	5	60	
A5		0.15	0.15	0.09	2.0	0.7	-5.1	-7.4	8200	8100	8510	2.0		13	
		0.10	0.11	-0.10					14	43	35000	1.7		60	
F0		0.30	0.30	0.17	2.7	1.5	-5.1	-8.0	7200	7150	7700	1.6		12	
		0.03	0.08	0.15					6.5	20	32000	1.5		80	
F5		0.44	0.43	0.31	3.5	1.6	-5.1	-8.0	6440	6470	6900	1.4		10	
		-0.02	0.09	0.27					3.2	17	32000	1.3		100	
G0		0.58	0.60	0.75	4.4	1.0	-5.0	-8.0	6030	5850	5550	1.05	10	10	
		0.06	0.21	0.52					1.5	34	30000	1.1	6	120	
G5		0.68	0.86	1.03	5.1	0.9	-4.6	-7.9	5770	5150	4850	0.92	1.1	12	
		0.20	0.56	0.82					0.79	43	29000	0.92	10	150	
K0		0.81	1.00	1.25	5.9	0.7	-4.3	-7.7	5250	4750	4420	0.79	1.1	13	
		0.45	0.84	1.18					0.42	60	29000	0.85	15	200	
K5		1.15	1.50	1.60	7.4	-0.2	-4.4	-7.5	4350	4000	3850	0.67	1.5	13	
		1.08	1.81	1.80					0.15	220	38000	0.72	25	400	
M0		1.40	1.56	1.67	8.8	-0.4	-4.5	-7.0	3850	3800	3650	0.51	1.2	13	
		1.22	1.87	1.90					0.077	330	41000	0.60	40	500	
M5		1.64	1.63		12.3	-0.5	-4.8	-6.8	3240	3330	2800	0.21		24	
		1.24	1.58	1.60					0.011	930	300000	0.27			