



XIII Международная астрономическая олимпиада  
XIII International Astronomy Olympiad  
XIII Olimpiade Internazionale di Astronomia

ЯЗЫК  
language English

Италия, Триест

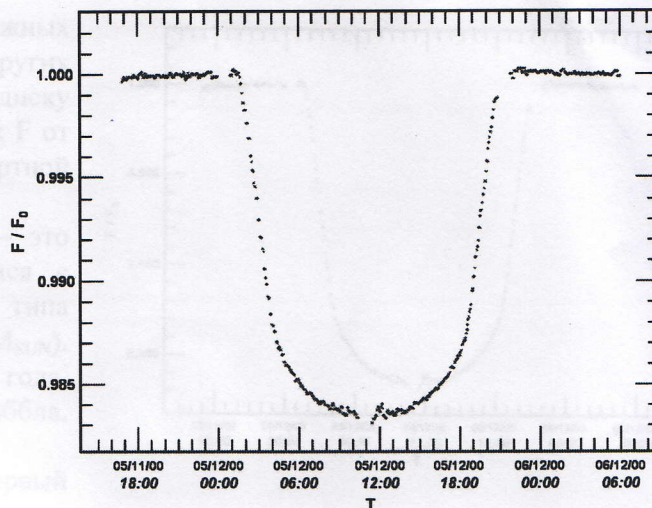
13 – 21. X. 2008

Trieste, Italia

**Practical round. Problems to solve**

6. **An extra-solar planet transit.** One of the most reliable methods to detect and study planets around stars other than the Sun, is the observation of their transits across the stellar disk. When a transit occurs, the flux  $F$  from the star fades temporarily from the standard value  $F_0$  because of the planet that is passing in front of it.

The first planet ever detected in this way is HD209458b, a jovian-like planet orbiting the solar-like star HD209458 (mass of  $1.09 M_{\text{SUN}}$ ) with a period of 3.5248 days. A transit lightcurve, recorded by the Hubble Space Telescope on May 2000, is shown in Figure.



Along the lightcurve on the answer sheet 1, mark the first contact with the letter **A**, the second contact with **B**, the central transit with **C**, the third contact with **D** and the fourth contact with **E**, and draw the planet at the correct positions in the corresponding pictures at the answer sheet 2. Moreover, complete the table with the times at which each contact occurs.

Assume that the transit occurs across the diameter of the star and that the orbit for the planet is circular.

7. **The Roemer's experiment.** The first historical attempt to derive the speed of light from astronomical observations was performed by the Danish astronomer Ole Roemer in 1675. He observed many eclipses of the jovian moon Io by the Jupiter's shadow, and noted that they did not occur at regular times. This phenomenon was interpreted as a consequence of the finite speed of light, which takes therefore different times to reach the Earth placed at different positions along its orbit during the year. The speed of light was also estimated by Roemer based on the deviation of the measured eclipse times from the expected ones.

Io's observations can be performed at any time. The table reports some measured start times  $T_m$  of Io's eclipses in 2004, with the corresponding number of orbits elapsed since the first measurement. Since Io completes a revolution around Jupiter every 1.76979 days, complete the table (on answer sheet 3) with the expected start times  $T_e$  and the resulting deviation from the measured ones,  $\Delta T = T_m - T_e$ . Report on a diagram these deviations as a function of the measured times and mark on the graph the points where Jupiter is at opposition with the letter **O**, at conjunction with **C** and at quadrature with **Q**. Finally, give an estimate of the light speed based on these data, as made by Roemer.

Io Eclipses start times				
Date	$T_m$	$T_e$	Rev. Nr.	$\Delta T$ (min)
30/01/2004	00:55	00:55	0	
14/02/2004	23:10		9	
29/02/2004	02:57		17	
17/03/2004	19:42		27	
30/03/2004	05:03		34	
16/04/2004	21:49		44	
16/05/2004	23:56		61	
17/06/2004	20:33		79	
16/07/2004	04:12		95	
17/08/2004	00:48		113	
16/09/2004	02:55		130	
30/09/2004	06:44		138	
16/10/2004	05:00		147	
30/10/2004	08:48		155	
17/11/2004	01:32		165	



XIII Международная астрономическая олимпиада  
XIII International Astronomy Olympiad  
XIII Olimpiade Internazionale di Astronomia

Италия, Триест

13 – 21. X. 2008

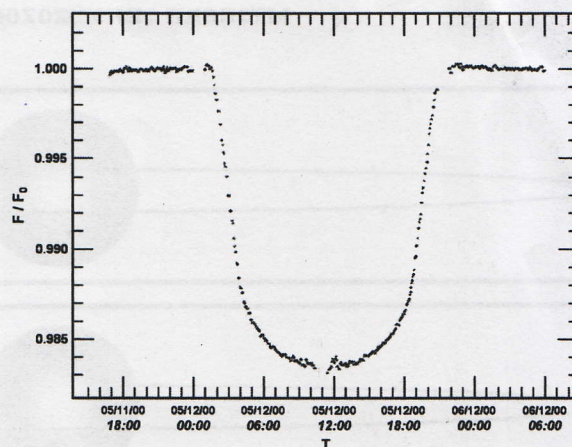
Trieste, Italia

язык  
language Русский

Задачи практического тура

6. **Прохождение планеты.** Одним из самых надёжных методов обнаружения и изучения планет в системах других звёзд является наблюдение их прохождений по диску звезды. Во время таких прохождений световой поток  $F$  от звезды становится меньше по сравнению со стандартной величиной  $F_0$ .

Первая планета, обнаруженная таким образом, – это планета HD209458b (типа Юпитера) обращающаяся с периодом 3,5248 суток вокруг звезды HD209458 типа Солнца (с массой 1,09 массы Солнца,  $M = 1,09 M_{\text{SUN}}$ ). Кривая блеска такого прохождения в мае 2000 года, полученная Космическим телескопом Хаббла, представлена на Графике справа.



На листе ответов **1** пометьте на кривой блеска первый контакт буквой **A**, второй контакт – буквой **B**, середину прохождения – буквой **C**, третий контакт – буквой **D** и четвёртый – буквой **E**, а также на листе ответов **2** нарисуйте соответствующие положения планеты на картинках. Кроме того, впишите в таблицу на листе ответов **2** моменты времени, соответствующие каждому контакту.

Данные планетной системы HD209458	
Спектральный класс	G2 V
Радиус звезды R	3602.590
Масса звезды M	1,09 $M_{\text{SUN}}$
Орбитальный период P	3,5248 сут.
Расстояние звезда-планета a	7.1064
Радиус планеты r	462.7614
Масса планеты m	1,87.10 <sup>27</sup> кг

Можно считать, что орбита планеты круговая, а прохождение происходит по большому диаметру звезды.

В заключение Вашей работы перерисуйте в тетрадь таблицу, расположенную справа, и заполните пустые ячейки.

7. **Эксперимент Рёмера.** Первая попытка найти скорость света из астрономических наблюдений была предпринята датским астрономом Олафом Рёмером в 1675 году. Он наблюдал затмения спутника Ио тенью Юпитера и заметил, что они происходят не через строго определённые промежутки времени, а с отклонениями. Задержки или опережения в наступлении затмений интерпретировались как следствие конечной скорости света, что приводит к тому, что свет до Земли идёт разное время в зависимости от её положения на орбите. Проанализировав отклонения в наступлении затмений, Рёмер оценил скорость света.

Наблюдения Ио можно проводить и сейчас. В таблице справа представлены моменты времени начала затмений  $T_m$  согласно наблюдениям 2004 г. Зная, что период обращения Ио вокруг Юпитера составляет 1,76979 суток, заполните таблицу (на листе ответов **3**) соответствующими номерами ( $N_0$ ) оборотов Ио, ожидаемыми моментами времени начала затмений  $T_e$  и разницей  $\Delta T = T_m - T_e$ . Постройте график зависимости  $\Delta T$  от  $T_m$  и пометьте на этом графике точки, где Юпитер находился в противостоянии (буквой **O**), в соединении (буквой **C**) и в квадратуре (буквой **Q**). В заключение, на основании этих данных сделайте оценку скорости света, как это в своё время сделал Рёмер.

Начало затмений Ио				
Дата	$T_m$	$T_e$	$N_0$	$\Delta T$ (мин)
30/01/2004	00:55	00:55	0	
14/02/2004	23:10			
29/02/2004	02:57			
17/03/2004	19:42			
30/03/2004	05:03			
16/04/2004	21:49			
16/05/2004	23:56			
17/06/2004	20:33			
16/07/2004	04:12			
17/08/2004	00:48			
16/09/2004	02:55			
30/09/2004	06:44			
16/10/2004	05:00			
30/10/2004	08:48			
17/11/2004	01:32			

$$T_2 = \frac{1}{c} + T_1$$



XIII Международная астрономическая олимпиада  
XIII International Astronomy Olympiad  
XIII Olimpiade Internazionale di Astronomia

Италия, Триест

13 – 21. X. 2008

Trieste, Italia

язык	
language	
язык	
language	

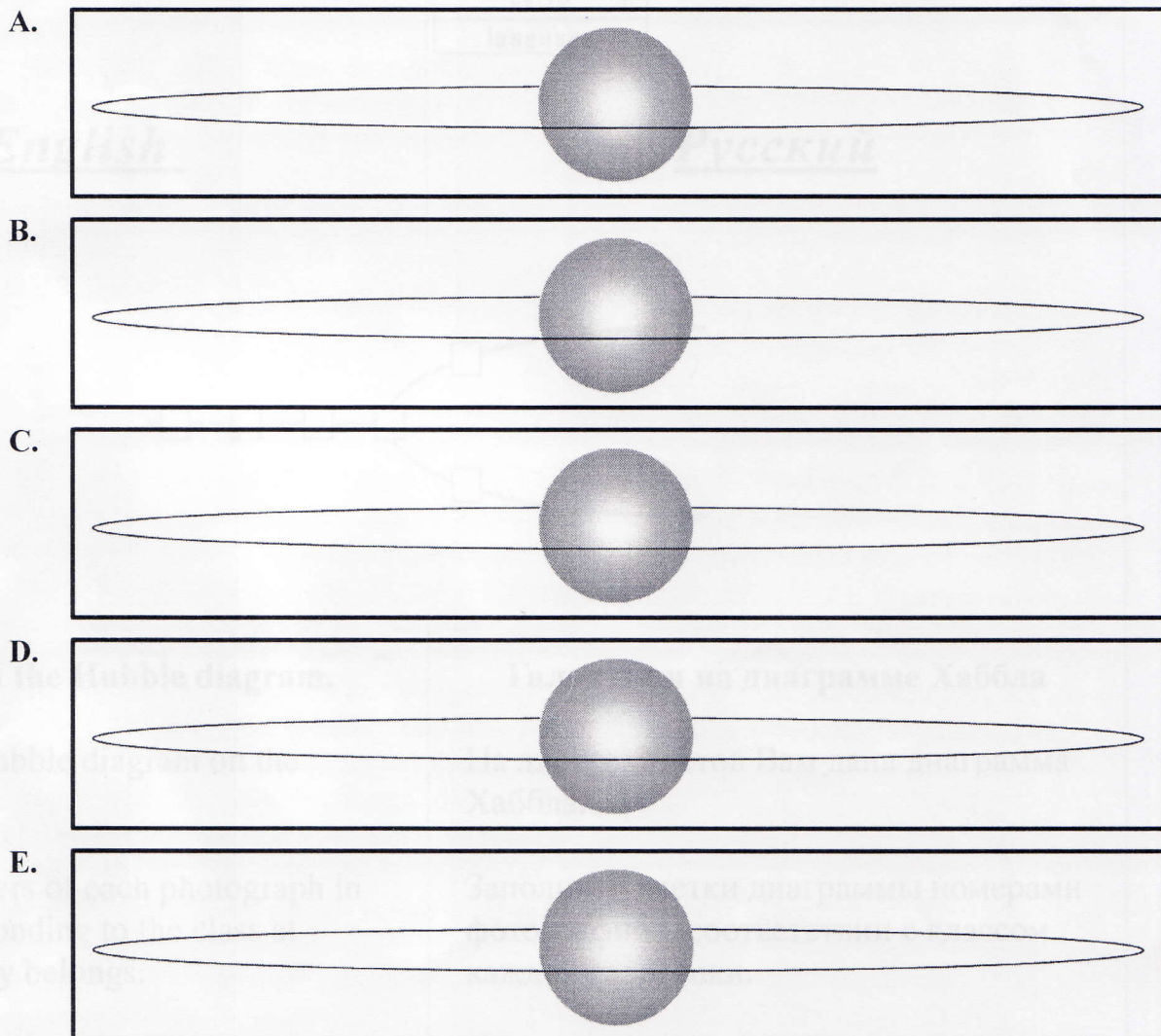
Practical round. Answer sheet 2

Практический тур. Листок ответов 2

6. An extra-solar planet transit

6. Прохождение планеты

Code of participant  
Код участника



HD209458b transit data – данные прохождения HD209458b –

Contact	Контакт		Time – Время
First contact A	Первый контакт А	01:31	05.12.00
Second contact B	Второй контакт В	03:18	
Central transit C	Середина прохождения С	18:56	
Third contact D	Третий контакт D	20:43	
Fourth contact E	Четвёртый контакт E		