

Открытые соревнования по астрономии 2016

Tõnis Eenmäe, Rain Kipper, Tiit Sepp, Ivan Suhhonenko

10.04.2016

Об открытых соревнованиях по астрономии

С радостью приветствуем вас на открытых соревнованиях по астрономии. Напоминаем, что на решение задач отведено 3 часа. Во время решения можно пользоваться калькулятором и линейкой. Сложность заданий не зависит от их порядка, и их не обязательно решать подряд. Все задания оцениваются с **равным весом**, поэтому лучше сначала решить более простые на ваш взгляд задания, которые не требуют много времени, и лишь затем приступить к более сложным проблемам. При решении допускается делать обоснованные приближения и упрощения, а так же использовать общеизвестные предположения, которые необходимо при этом отметить. Первым делом советуем прочитать все задания. Все задания оцениваются по десятибалльной шкале, за особенно точное или остроумное решение можно заработать два дополнительных пункта (их присуждение совместно решает жюри).

NB! Каждое задание должно быть решено на отдельной странице!!!

1 Значение гравитационной константы

Ньютон – первооткрыватель закона гравитации – не знал фактического значения гравитационной константы (однако знал значение GM). Если бы он предположил, что Земля и Солнце имеют одинаковую плотность, какое значение для гравитационной константы он получил бы? Какие данные ему были бы нужны для этого (и какие у него могли быть)?

2 Убегание от Солнца

Фотону, возникающему в центре Солнца в результате термоядерных реакций, необходимо очень много времени, чтобы добраться до поверхности, т.к. фотон постоянно "сталкивается" с атомными ядрами внутри Солнца. Зная скорость света (300000 km s^{-1}), площадь поперечного сечения рассеивающих частиц и их массу ($\sigma = 2,4 \cdot 10^{-30} \text{ m}^2$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

и предполагая (ложно), что Солнце имеет однородную плотность, сколько времени необходимо, чтобы фотон достиг поверхности Солнца с вероятностью $p = 1\%$? Для получения максимальных баллов достаточно составить правильное уравнение, можно использовать предположение одномерности.

3 Наблюдение Луны

Когда Луна кажется визуально больше, когда она близка к горизонту (центр на высоте 5° относительно горизонта) или когда ее наблюдают точно зените (в случае если Луну наблюдают в туже самую ночь)? Необходимо принять во внимание все возможные эффекты, влияние которых важно. В случае, если влияние явления маргинально, можно отметить, что его не нужно учитывать. Показатель преломления воздуха $n = 1.0003$, толщину атмосферы можно принять равной 100 км.

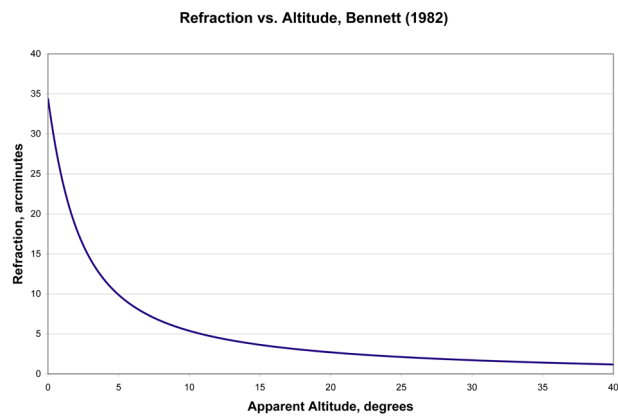


Рис. 1: Зависимость показателя преломления атмосферы от высоты над горизонтом. По оси абсцисс обозначена видимая высота относительно горизонта, по оси ординат смещение изображения в угловых минутах.

4 Масса Abell 3827

Известно, что объекты большой массы могут изменять направление распространения света. Эффектом гравитационной линзы называется явление при котором массивное тело искривляет своим гравитационным полем направление распространения света. В случае идеальных условий наблюдения и если объект, излучающий свет, находится точно в два раза дальше чем галактика или скопление галактик, выступающие в качестве гравитационной линзы, то в этом случае наблюдатель видит кольцеобразное изображение

дальнего объекта. Это изображение называется кольцом Эйнштейна. Если объект, выступающий в качестве линзы не является идеально сферическим, в этом случае кольцо будет неровным.

Радиус кольца Эйнштейна можно найти с помощью соотношения:

$$\theta_e = 0.5'' \sqrt{\frac{M}{10^{14}M_\odot}} \cdot \sqrt{\frac{d}{1000\text{Mpc}}},$$

где θ_e радиус кольца в угловых секундах, M масса объекта, образующего линзу, и d его расстояние.

Рассмотрим галактическое скопление Abell 3827 с интересным частичным кольцом Эйнштейна. Это скопление находится от нас на расстоянии примерно 1.4 млрд. световых лет. Пожалуйста оцените массу Abell 3827. В качестве подсказки приводится фотография кольца Эйнштейна скопления Abell 3827.

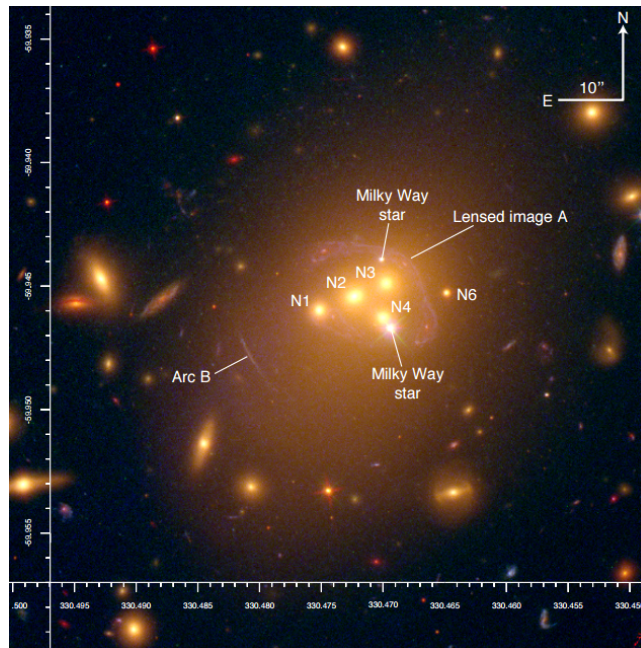


Рис. 2: Abell 3827, фото: Massey et al.

5 Какова яркость звезды?

В начале 19-го столетия началось соревнование в определении расстояния до звезд. Ф.Г.В.Струве первым опубликовал свои результаты в журнале, на

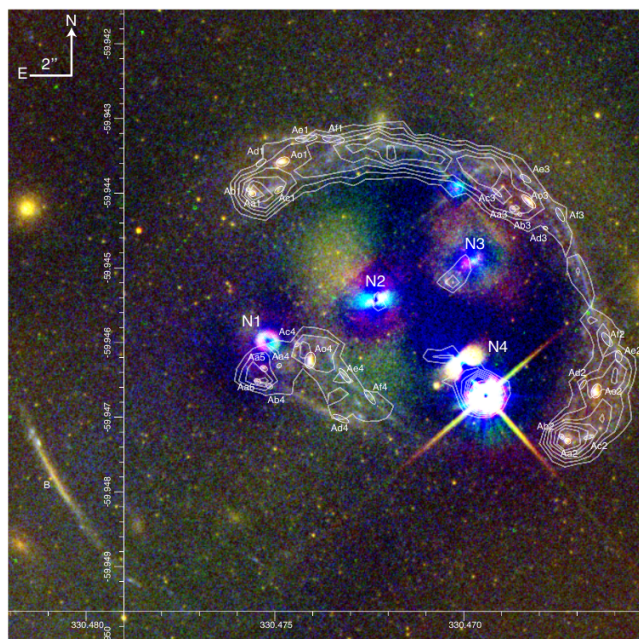


Рис. 3: Более точный вид на кольцо Эйнштейна. Massey et al.

основе сделанных в Тарту измерений расстояния до Веги. Совсем немного от него отстал Ф.В.Бессель. Бессель выбрал гораздо ближе расположенную двойную звезду 61 Cygni, у которой годовой параллакс был больше и поэтому неопределенность определения расстояния, вызванная ошибками измерения, была меньше. На сегодняшний день, расстояние до 61 Cygni измерено с помощью астрометрического спутника Hipparcos. Ниже приведены основные параметры наиболее яркой компоненты звездной системы 61 Cygni (61 Cyg A):

Найти расстояние до 61 Cyg A Cygni в парсеках во время наибольшего приближения? В какой момент времени происходит это наибольшее приближение? Насколько ярким кажется 61 Cyg A в этот момент наземному

Таблица 1: 61 Cygni A измеренные параметры

Параметр	Значение
Лучевая скорость v_r	-64,3 km/s
Параллакс π	285,88 милли-угловых секунд
Собственное движение μ_α	4156,93 милл-угловых секунд в год
Собственное движение μ_δ	3259,39 милли-угловых секунд в год
Видимая звездная величина	5, ^m 20

Name	RA	Dec	Major	Minor	Angle
Ao.1	330.47479	-59.943580	0'33	0'22	25°
Ao.2	330.46649	-59.946650	0'35	0'23	75°
Ao.3	330.46828	-59.944112	0'43	0'16	140°
Ao.4	330.47407	-59.946239	0'39	0'25	85°
Aa.1	330.47559	-59.944009	0'16	0'14	151°
Aa.2	330.46725	-59.947321	0'16	0'14	140°
Aa.3	330.46871	-59.944215	0'16	0'14	131°
Aa.4	330.47489	-59.946312	0'12	0'10	54°
Aa.5	330.47529	-59.946349	0'18	0'13	150°
Aa.6	330.47546	-59.946523	0'18	0'12	150°
Ab.1	330.47571	-59.943954	0'11	0'09	131°
Ab.2	330.46741	-59.947260	0'14	0'11	131°
Ab.3	330.46852	-59.944283	0'11	0'09	131°
Ab.4	330.47515	-59.946584	0'18	0'12	150°
Ac.1	330.47489	-59.943958	0'25	0'13	41°
Ac.2	330.46669	-59.947267	0'25	0'08	20°
Ac.3	330.46912	-59.943994	0'30	0'08	140°
Ac.4	330.47441	-59.946030	0'12	0'08	220°
Ad.1	330.47537	-59.943594	0'28	0'13	40°
Ad.2	330.46685	-59.946564	0'26	0'10	60°
Ad.3	330.46784	-59.944468	0'12	0'08	157°
Ad.4	330.47326	-59.947020	0'42	0'13	160°
Ae.1	330.47345	-59.943276	0'53	0'17	178°
Ae.2	330.46590	-59.946186	0'28	0'16	100°
Ae.3	330.46837	-59.943805	0'30	0'13	150°
Ae.4	330.47315	-59.946447	0'42	0'13	130°
Af.1	330.47417	-59.943267	0'52	0'15	10°
Af.2	330.46621	-59.945961	0'39	0'16	130°
Af.3	330.46745	-59.944289	0'37	0'13	123°
Af.4	330.47249	-59.946730	0'42	0'13	130°

Рис. 4: Abell 3827 Данные: Названия столбцов (Название, прямое восхождение, склонение, для эллипса проходящего через данную точку и центр скопления: большая полуось, малая полуось, угол измеренный с западного направления и двигаясь против часовой стрелки)

наблюдателю?

6 Очень большой телескоп

Европейская северная обсерватория находится на Канарских островах на острове Ла Пальма (в противоположность находящейся в Чили Европейской Южной обсерватории). Там на вершине на половину остывшего вулкана Roque de los Muchachos основали обсерваторию, где к настоящему моменту работает множество телескопов. Самый большой из них является на сегодня крупнейшим в мире – Gran Telescopio Canarias (GTC) или Канарский большой телескоп – диаметр главного зеркала которого равен 10.4 м и фокусное расстояние 169.9 м. Насколько слабые звезды можно наблюдать через GTC с помощью человеческого глаза?

Небесное тело	d_{\odot}	e	Масса	d_p	p_p	p_t	ρ	A
Солнце	0	-	33000	109,2	25,4	-	0,26	
Меркурий	0,39	0,206	0,06	0,38	59	0,241	0,98	0,142
Венера	0,72	0,0068	0,81	0,95	243	0,62	0,95	0,75
Земля	1	0,0167	1	1	1	1	1	0,30
Луна	0.00257	0,055	0,0123	0,025	27,3	0,075	0,61	0,12
Марс	1,52	0,093	0,107	0,53	1,03	1,88	0,71	0,16
Юпитер	5,2	0,049	318	11,2	0,42	11,9	0,24	0,34
Сатурн	9,6	0,056	95	9,4	0,44	29,5	0,125	0,34
Уран	19,2	0,044	14,5	4	0,72	84,3	0,23	0,30
Нептун	30,1	0,011	17,1	3,9	0,67	165	0,297	0,29

Таблица 2: Таблица с общими данными о планетах солнечной системы и Луне. Столбцы таблицы: d_{\odot} - Расстояние до Солнца; e - Эксцентриситет орбиты; Масса; d_p - Диаметр на экваторе; p_p - Период вращения; p_t - Период обращения; ρ - Плотность; A - Алbedo

Таблица Планет

Расстояние до Луны, представленное в таблице, измерено от Земли; Все данные представлены в единицах Земли (Значение для Земли определено равным единице). В единицах SI параметры Земли были бы следующими:

1. Расстояние до Солнца $1,496 \cdot 10^{11} \text{m}$
2. Масса $6 \cdot 10^{24} \text{kg}$
3. Диаметр на экваторе $1,2756 \cdot 10^7 \text{m}$
4. Период вращения 23t 56m 4s
5. Период обращения 365p 6t 9min
6. Плотность 5515 kg/m^3

Некоторые константы

Видимая звездная величина Солнца - $m_{\odot} = -26,^m 74$

Масса Солнца - $M_{\odot} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Парсек - $1 \text{ pc} = 3.08572 \cdot 10^{16} \text{ m}$