

Условия задач
Открытой межрегиональной олимпиады
по астрономии имени Ф.А. Бредихина
10-11 класс

№ 1. «Максимальное время выдержки на Луне»

Чему равно максимальное время выдержки при съемке звезды с помощью фотоаппарата, с точки лунного экватора, находящейся в зените, если при съемке звезды той же яркости (определенной за пределами земной атмосферы) в зените, на земном экваторе, тем же фотоаппаратом оно составляет 5 с? Во сколько раз отличается поверхностная яркость образов звезды, полученных на Луне и Земле? Коэффициент пропускания земной атмосферы в видимом свете – $\tau = 0.80$.

№ 2. «Поверхность Луны и размеры ее кратера»

Оцените диаметр кратера, указанного стрелкой в центральной части фотографии Луны (см. рис. 1). Представьте подробный алгоритм определения данной величины.

№ 3. «Орбитальные элементы примечательной кометы»

Определите эксцентриситет, большую полуось, период обращения кометы, расстояния до перигелия и афелия и значения гелиоцентрической скорости кометы в этих точках, испытавшей при подлете к Солнцу тесное сближение с семейством астероидов "Троянцы", а на обратном пути – тесное сближение с семейством астероидов "Греки", принадлежащих Юпитеру. Если известно, что площадь части эллипса, заметаемой гелиоцентрическим радиусом-вектором кометы, расположенной внутри орбиты Юпитера, составляет долю $\eta = 1.50 \cdot 10^{-5}$ от площади всего эллипса ее орбиты. Орбиту Юпитера считать круговой. Время пролета кометы внутри орбиты Юпитера меньше половины его сидерического периода.

№ 4. «Супертелескоп СРЦОД и его некоторые свойства»

В Самарском региональном центре для одаренных детей есть 14 одинаковых телескопов-рефлекторов, с диаметром зеркала $D_T = 76$ мм и фокусным расстоянием $f_T = 700$ мм. Была высказана идея объединить эти телескопы в один супертелескоп для поиска тусклых объектов на перифирии Солнечной системы. Полагая, что оптическая схема такого телескопа является идеальной с тем же фокусным расстоянием, а монтаж способна обеспечивать слежение за данным участком неба в течении 3 минут, определите эквивалентный диаметр такого телескопа, относительное отверстие, проникающую силу телескопа в визуальных наблюдениях. Определите визуальную звездную величину самых слабых объектов, которые можно зафиксировать в данный

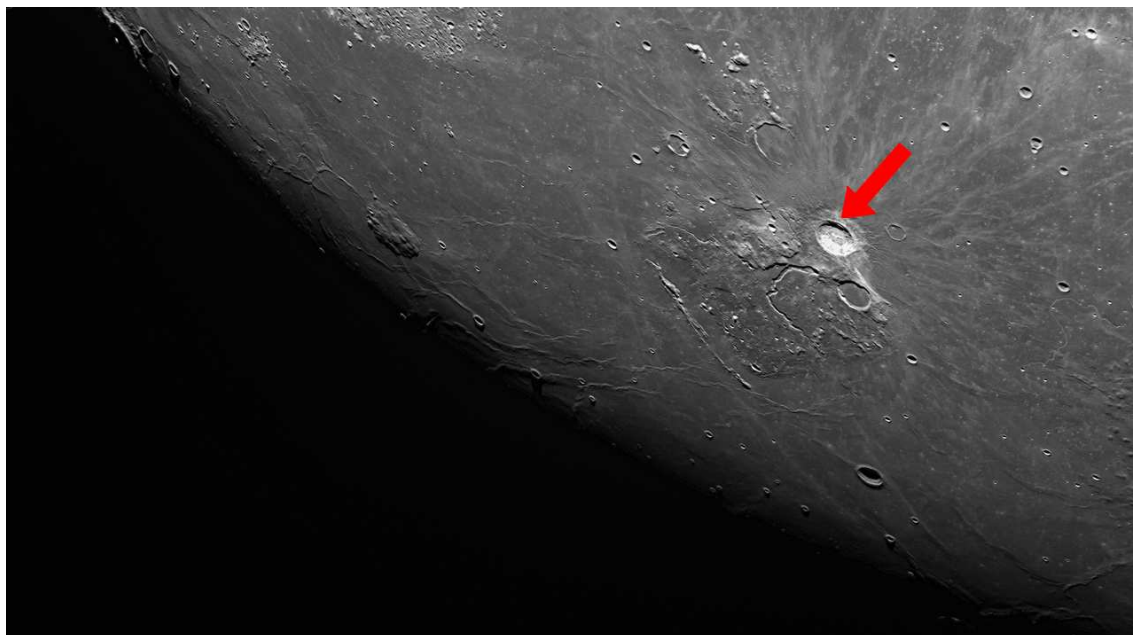


Рис. 1: поверхность Луны и ее кратеры (Автор-Joostie, источник: <https://vk.com/club176359443>).



Рис. 2: Бушующие вулканы Ио (указан один из них красной стрелкой) и безмолвие Европы с пролетного КА "Новые горизонты".

телескоп в видимом диапазоне, с помощью астрокамеры, в режиме слежения? Следует полагать, что минимальная порция энергии, необходимая для получения сигнала камерой от объекта в видимом свете, равна минимальной энергии, получаемой человеческим глазом с диаметром зрачка $d_y = 6$ мм от звезд с $m_y = +6^m$ за время $\tau_y = 50$ мс.

№ 5. «Ио и Европа в кадре КА "Новые горизонты"»

Пролетая мимо Юпитера, КА "Новые горизонты" запечатлел на одном фото два спутника этой планеты, причем Ио в момент съемки находился вблизи своей восточной элонгации, с позиции КА. На его поверхности отчетливо видно извержение вулкана. Определите по фотографии: 1) максимальную высоту выброса вещества с поверхности Ио из жерла вулкана, указанного стрелкой (см. рис. 2); 2) скорость выхода продуктов извержения с поверхности спутника; 3) массу вещества, выбрасываемого из жерла вулкана за одну секунду, если его диаметр оценивается в 5 м, а плотность магмы составляет 3000 кг/м^3 . Оцените 4) массу вещества, выброшенного за время его малого извержения, составляющего 3 суток, и 5) максимальную площадь покрытия поверхности спутника продуктами выброса. Какое 6) расстояние было между спутниками Юпитера на момент съемки? На каких 7) расстояниях от КА находились Ио и Европа в момент съемки? Орбиты галилеевых спутников считать круговыми.

№ 6. «Отражательная туманность и ее поверхностная яркость»

Граница отражающей туманности, за которой она перестает быть заметной для наземного

телескопа, соответствует поверхностной яркости 23.0^m с квадратной секунды. Получите формулу, которая связывает видимую звездную величину освещающей туманность звезды с угловым размером туманности в секундах дуги, если альбедо пылевых частиц равно $A_p = 0.05$. Следует полагать пылевые частицы изотропными источниками излучения и межзвездным поглощением света пренебречь.

На решение задач данного этапа Олимпиады участникам отводится 4 часа.

Основные справочные данные

§1. Основные физические и астрономические постоянные

- Гравитационная постоянная – $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
- Скорость света в вакууме – $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
- Универсальная газовая постоянная – $R = 8.31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
- Постоянная Стефана-Больцмана – $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
- Масса протона – $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
- Масса электрона – $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
- Астрономическая единица – $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
- Парсек – $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
- Световой год – $1 \text{ св. г.} = 9.461 \cdot 10^{15} \text{ м}$
- Постоянная Хаббла – $H = 72 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

§2. Данные о Солнце

- Радиус – $6.955 \cdot 10^5 \text{ км}$
- Масса – $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
- Светимость – $3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
- Спектральный класс – G2
- Видимая визуальная звездная величина – -26.74^m
- Видимая болометрическая звездная величина – -26.80^m
- Абсолютная болометрическая звездная величина – $+4.83^m$
- Показатель цвета (B-V) – $+0.67^m$
- Эффективная температура – 5778 К
- Средний горизонтальный параллакс – $8.794''$
- Интегральный поток энергии на расстоянии Земли – 1360 Вт/м^2
- Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли – 600 Вт/м^2

§3. Данные о Земле

- Эксцентриситет орбиты – 0.017
- Тропический год – 365.24219 сут
- Средняя орбитальная скорость – 29.8 км/с
- Период вращения – $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$
- Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000.0 – $23^\circ 26' 21.45''$
- Экваториальный радиус – 6378.14 км
- Полярный радиус – 6356.77 км
- Масса – $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
- Средняя плотность – $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
- Объемный состав атмосферы – N_2 (78%), O_2 (21%), Ar ($\sim 1\%$)

§4. Данные о Луне

- Среднее расстояние от Земли – 384400 км
- Минимальное расстояние от Земли – 363300 км
- Максимальное расстояние от Земли – 405500 км
- Эксцентриситет орбиты – 0.055
- Наклон плоскости орбиты к эклиптике – $5^\circ 09'$

- Сидерический (звездный) период обращения – 27.321662 сут
- Синодический период обращения – 29.530589 сут
- Радиус – 1738 км
- Масса – $7.348 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81.3 массы Земли
- Средняя плотность – $3.34 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$
- Визуальное геометрическое альbedo – 0.12
- Видимая звездная величина в полнолуние – -12.7^m

§5. Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометрич. альbedo	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695500	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	–	-26.8^m
Меркурий	$3.302 \cdot 10^{23}$	0.05271	2439.7	0.3825	5.42	58.646 сут	0.00	0.10	-0.1
Венера	$4.869 \cdot 10^{24}$	0.81476	6051.8	0.9488	5.20	243.019 сут [†]	177.36	0.65	-4.4^m
Земля	$5.974 \cdot 10^{24}$	1.00000	6378.1	1.0000	5.52	23.934 час	23.45	0.37	–
Марс	$6.419 \cdot 10^{23}$	0.10745	3397.2	0.5326	3.93	24.623 час	25.19	0.15	-2.0^m
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	-2.7^m
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4^m
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час [†]	97.86	0.51	5.7^m
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8^m

* для наибольшей элонгации Меркурия и Венеры и среднего противостояния внешних планет;

† – обратное вращение.

§6. Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн. км	а.е.				
Меркурий	57.9	0.3871	0.2056	7.004	87.97 сут	115.9
Венера	108.2	0.7233	0.0068	3.394	224.70 сут	583.9
Земля	149.6	1.0000	0.0167	0.000	365.26 сут	–
Марс	227.9	1.5237	0.0934	1.850	686.98 сут	780.0
Юпитер	778.3	5.2028	0.0483	1.308	11.862 лет	398.9
Сатурн	1429.4	9.5388	0.0560	2.488	29.458 лет	378.1
Уран	2871.0	19.1914	0.0461	0.774	84.01 лет	369.7
Нептун	4504.3	30.0611	0.0097	1.774	164.79 лет	367.5

§7. Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	км	г·см ⁻³	км	сут		
Земля							
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	-12.7
Марс							
Фобос	$1.08 \cdot 10^{16}$	~ 10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	$1.8 \cdot 10^{15}$	~ 6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
Юпитер							
Ио	$8.94 \cdot 10^{22}$	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	$4.8 \cdot 10^{22}$	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	$1.48 \cdot 10^{23}$	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	$1.08 \cdot 10^{23}$	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
Сатурн							
Тефия	$7.55 \cdot 10^{20}$	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	$1.05 \cdot 10^{21}$	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	$2.49 \cdot 10^{21}$	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	$1.35 \cdot 10^{23}$	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	$1.88 \cdot 10^{21}$	730	1.21	3560800	79.33018	0.20	~ 11.0
Уран							
Миранда	$6.33 \cdot 10^{19}$	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	$1.7 \cdot 10^{21}$	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	$1.27 \cdot 10^{21}$	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	$3.49 \cdot 10^{21}$	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	$3.03 \cdot 10^{21}$	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
Нептун							
Тритон	$2.14 \cdot 10^{22}$	1350	2.07	354800	5.87685 [†]	0.7	13.5

* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет;

† – обратное вращение.

§8. Формулы приближенного вычисления

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x;$$

$$\sin(x \pm \alpha) \approx \sin \alpha \pm x \cos \alpha;$$

$$\cos(x \pm \alpha) \approx \cos \alpha \mp x \sin \alpha;$$

$$\operatorname{tg}(x \pm \alpha) \approx \operatorname{tg} \alpha \pm \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1+x)^n \approx 1 + nx;$$

здесь $x \ll 1$, все углы выражаются в радианах.