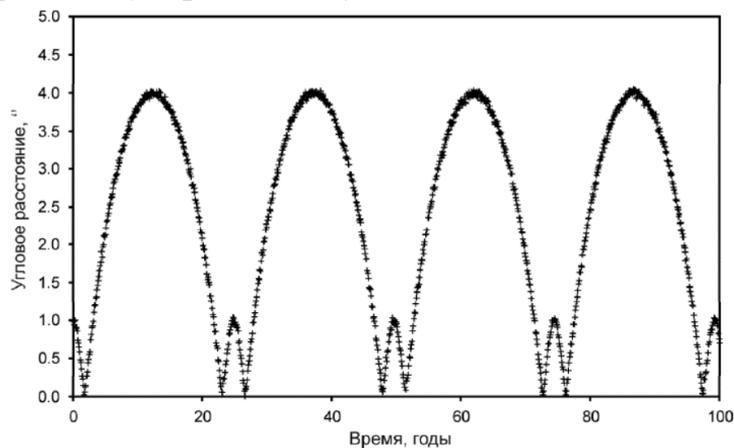


### Условия задач

1. Какое из астрономических тел, информация о которых представлена в справочной таблице, открытых за последние 300 лет, прошло наибольшее расстояние в своём орбитальном движении с момента открытия до сегодняшнего дня? Определите пройденный этим телом путь.
2. Жители планеты N наблюдают за другими планетами своей звёздной системы. Все планеты в этой звёздной системе вращаются вокруг звезды в одну сторону и их орбиты лежат в одной плоскости. Определите угол максимальной элонгации внутренней планеты X этой звёздной системы для наблюдателя находящегося на планете N и расстояние между планетами в верхнем соединении, если радиус орбиты планеты N равен  $2,6$  а.е., а радиус орбиты планеты X равен  $1,845$  а.е.
3. Определите, внутри или вне Солнца находится центр масс Солнечной системы, пренебрегая массами всех планет, кроме Юпитера. Массу Солнца, массу Юпитера и все необходимые геометрические параметры можно взять из таблицы справочных материалов.
4. Этот снимок Луны сделал французский астрофотограф Лоран Лаведер. Оцените примерное расстояние, с которого мог быть сделан этот портрет на фоне лунного диска. Сделайте чертёж, поясняющий проведение оценки.
5. Определите эксцентриситет орбиты в двойной системе одинаковых солнцеподобных звезды, если выраженное в угловых секундах видимое угловое расстояние между ними меняется так, как показано на графике.
6. Как известно, мы наблюдаем метеоры (и загадываем желания), когда Земля в своём движении по орбите проходит через метеорный поток. Оцените ширину такого потока, метеоры которого наблюдались с 16 июля по 24 августа. Предполагается, что движение Земли перпендикулярно потоку.



К задаче 4



К задаче 5

## Решения

1. Среди объектов, дата открытия которых указана в таблице и находится в диапазоне 1720-2020 гг. всего шесть тел: малые тела Церера, Хаумеа, Макемаке и планеты Уран, Нептун, Плутон.

Пройденный путь каждого тела будет определяться как длина окружности его орбиты умноженная на число совершенных с момента открытия оборотов:

$$S = L \cdot N = 2\pi R N \text{ (1 балл)},$$

где  $N = t / T$  ( $t$  – время, прошедшее с момента открытия,  $T$  – период обращения вокруг Солнца) (1 балл).

Расчеты пути каждого из шести тел дают следующие результаты:

	год открытия	t (лет)	T (лет)	N	R (а.е.)	S (а.е.)
Церера	1801	219	4,6	47,61	2,77	826,69
Уран	1781	239	84,015	2,84	19,19	342,85
Нептун	1846	174	164,778	1,06	30,07	199,41
Плутон	1930	90	248,09	0,36	39,48	89,95
Хаумеа	2004	16	281,83	0,06	42,99	15,33
Макемаке	2005	15	306,28	0,05	45,44	13,97

Выставляется по 0,5 балла за определение пути каждого объекта либо за обоснованное сравнение их между собой, приводящее к однозначному выбору наибольшего пути.

Таким образом, наибольший путь с момента своего открытия прошла Церера (826,69 а.е.) (3 балла).

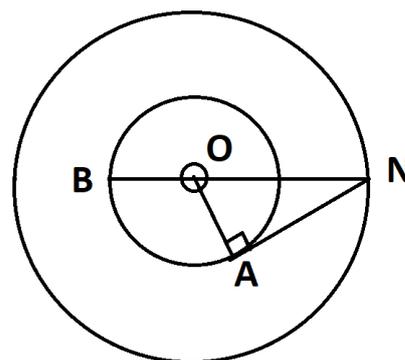
2. На чертеже показаны взаимные расположения планет в элонгации (точка А) и в верхнем соединении (точка В) (за построение верного чертежа 2 балла)

Из построения ясно, что расстояние в соединении определяется в соответствии с формулой:

$$R_1 + 2R_2 = 2,6 + 2 \cdot 1,845 = 6,29 \text{ а.е. (3 балла)}$$

Угол максимальной элонгации:

$$\text{ONA} = \arcsin(R_2/R_1) = \arcsin(0,71) \approx 45^\circ \text{ (3 балла)}$$



3. Если мы пренебрегаем всеми планетами, кроме Юпитера, то центр масс Солнечной системы – это центр масс системы Юпитер-Солнце (2 балла), который находится от центра Солнца на расстоянии

$L = m_1 / (M + m)$  (2 балла) =  $4,95 \cdot 10^{-3}$  а.е. = 740000 км (2 балла). Радиус Солнца составляет 696000 км (1 балл). Поэтому, в рамках сделанных в условии допущений, центр масс Солнечной системы находится вне Солнца (1 балл), хотя и близко к его поверхности.

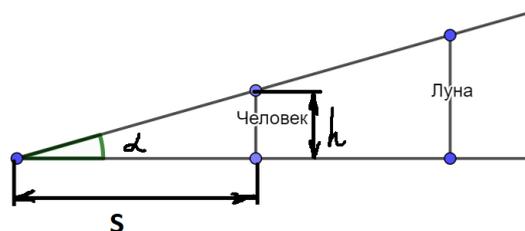
4. Видимый угловой размер Луны составляет примерно  $\alpha = 0,5^\circ$  (2 балла).

Верно выполненный чертёж (2 балла).

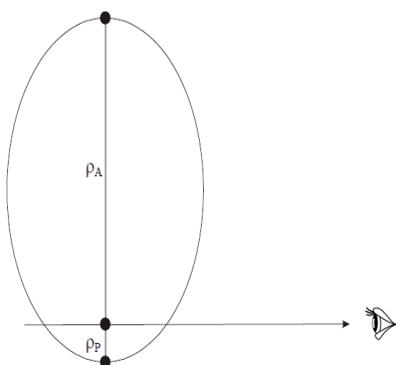
Проведение примерной оценки допускает принять рост человека с вытянутыми руками  $h \approx 2 - 2,5$  м.

Для малых углов можно считать, что  $\text{tg } \alpha \approx \alpha$  (рад). (2 балла)

Тогда  $S \approx h/\alpha \approx 229 - 287$  м.  
(попадание в диапазон оценки – 2 балла)



5. Если бы орбиты звезд в системе были круговыми, то эти моменты были бы отделены друг от друга равными промежутками времени, а максимумы между ними были бы одинаковыми. Мы наблюдаем иную картину, то есть орбиты в системе вытянуты (2 балла).



Будем считать одну из звезд неподвижной, рассматривая движение второй звезды относительно первой. Очевидно, это не меняет форму орбиты. Максимумы углового расстояния разные, но они оба симметричны. Это говорит о том, что они совпадают с прохождением звезды перигея и апогея своей орбиты, и линия апсид лежит в картинной плоскости.

Итак, мы можем сделать вывод, что малые максимумы с угловым расстоянием между звездами  $\rho_P = 1.0''$  соответствуют перигею орбиты (2 балла), а большие максимумы с угловым расстоянием  $\rho_A = 4.0''$  – апогею орбиты (2 балла). Теперь мы можем определить эксцентриситет:

$$e = \frac{\rho_A - \rho_P}{\rho_A + \rho_P} = 0.6 \text{ (2 балла)}$$

6. Метеоры этого потока наблюдают в течение  $t_1 = 40$  дней. Если знать скорость  $v$  движения Земли по орбите, то можно вычислить ширину потока:

$$d = v \cdot t_1 \text{ (2 балла)}$$

Скорость можно вычислить, зная, что Земля проходит один круг по орбите за  $t_2 = 365,25$  дней (1 балл)

$$\text{Тогда } v = \frac{2\pi R}{t_2}, \text{ где } R - \text{ радиус орбиты Земли (1 балл).}$$

$$\text{И } d = v \cdot t_1 = \frac{2\pi R}{t_2} t_1 \text{ (2 балла)}$$

$$\text{Ширина потока } d = 103000000 \text{ км (2 балла)}$$