

## Вариант 1

### Задания теоретического тура

#### 1. Короткие задачи

- 1.1.** В каком месте Земли эклиптика может совпасть с горизонтом и когда это бывает?
- 1.2.** Спустя какой промежуток времени после своей верхней кульминации Солнце будет находиться на высоте  $20^\circ$  в Минске ( $\varphi = 53^\circ 54'$ ), если склонение Солнца  $\delta = 23^\circ 05'$ ?
- 1.3.** В 2008 году при наблюдении WASP-14, звезды главной последовательности с массой  $M_{\text{WASP-14}} = 1,211 M_\odot$ , транзитным методом была обнаружена экзопланета WASP-14b. Транзиты происходят раз в  $T = 2,2438$  дня. Вычислите большую полуось орбиты WASP-14b. Масса Солнца  $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$  кг, астрономическую единицу принять равной  $1,496 \cdot 10^8$  км.
- 1.4.** У периодической кометы афелийное расстояние равно  $Q = 48,1$  а.е., а перигелийное составляет  $q = 5,3$  а.е. Найдите площадь плоскости, ограниченной орбитой этой кометы.
- 1.5.** Для кометы из предыдущей задачи рассчитайте, чему будет равна скорость кометы в перигелии и афелии, а также в момент времени, когда ее радиус-вектор составит 70% от большой оси орбиты.
- 1.6.** Определите лучевую скорость квазара, красное смещение которого  $z = 1,3$ .
- 1.7.** Рассеянное звездное скопление имеет видимый блеск  $m = 1^m$ . Из какого максимального числа видимых невооруженным глазом звезд может оно состоять.
- 1.8.** В среднем у человека  $S = 1,4 \text{ м}^2$  кожи. Если принять, что наша кожа ничего не отражает, то чему будет равна светимость среднего человека? Какова длина волны, на которую приходится максимум излучения человека? Сможем ли мы увидеть данное излучение? Нормальная температура человека составляет  $t = 36,6^\circ\text{C}$ . Постоянная Вина  $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ , постоянная Стефана-Больцмана  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ .
- 1.9.** Вычислите критическую плотность Вселенной. Постоянную Хаббла принять равной  $H = 70,1 \text{ км}/(\text{с}\cdot\text{Мпк})$ .
- 1.10.** Рассчитайте радиус Шварцшильда черной дыры, масса которой  $M = 2,5 M_\odot$ .

## 2. Странная парочка: Плутон-Харон

В 1978 году астроном Джеймс Кристи с помощью полугораметрового рефлектора зафиксировал наличие у Плутона спутника, который был назван Хароном<sup>1</sup>. Как Луна к Земле, так и Харон все время повернут к своему «хозяину» – Плутону одной стороной. Более того, Плутон тоже всегда обращен к спутнику одним и тем же полушарием. Это очень редкое «взаимопонимание» двух небесных тел связано с тем, что их периоды обращения вокруг своих осей и их орбитальные периоды совпадают. Еще одно необычное явление связано с размерами парочки: радиус Харона всего вдвое меньше, чем радиус Плутона.

Вычислите разницу видимых звездных величин  $\Delta m = m_\chi - m_\pi$  (где  $m_\chi$  – видимая звездная величина Харона для наблюдателя, находящегося на Плутоне;  $m_\pi$  – видимая звездная величина Плутона для наблюдателя, находящегося на Хароне), если известно, что альбедо Плутона и Харона равны 0,5 и 0,37, соответственно.

## 3. Systems Saturnum <sup>2</sup>

Как известно, первенство в наблюдении Сатурна принадлежит Галилео Галилею. Однако зрительная труба ученого была настолько несовершенна, что не давала достаточно четкого изображения. А расплывчатый вид наблюдавшихся им объектов не позволял ему утверждать об открытии наверняка. Чтобы закрепить за собой первенство и в то же время не попасть в неловкое положение ошибившегося, Галилей прибегнул к модному в то время жесту: об открытии, правильность и достоверность которого вызывали сомнения, сообщалось в краткой шифровке, сложной для толкования всем, кроме автора. Галилей в 1610-м году опубликовал такую анаграмму:

**Smaismrmielmeroetaleumibuvnenugttaviras**

Спустя несколько лет Галилей сам расшифровал свое послание миру. Но открытия так и не произошло.

---

<sup>1</sup> Такое имя в греческой мифологии носил перевозчик душ умерших через подземную реку Стикс в царство мертвых – Аид.

<sup>2</sup> «Система Сатурна» - один из трудов Гюйгенса, в котором изложена идея решения загадки о кольцах Сатурна, ставившей ученых XVII в. в тупик.

Решить сложнейшую загадку того времени и определить, что же наблюдал Галилей, смог Христиан Гюйгенс. И тогда он во весь голос сообщил:

**Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato**

что означало: "кольцом окружен тонким, плоским, нигде не прикасающимся, к эклиптике наклоненным". Это произошло в 1658-м году. В год опубликования анаграммы Христиан Гюйгенс открывает также и самый большой спутник Сатурна - Титан - крупнейший спутник Сатурна, второй по величине спутник в Солнечной системе и единственный спутник планеты, обладающий плотной атмосферой.

26 марта 2014 года учеными Национальной обсерватории Рио-де-Жанейро был открыт новый «властелин колец». Им является астероид под названием Хариклó<sup>3</sup>, орбита которого лежит между Сатурном и Ураном. Харикло окружена двумя достаточно узкими и плотными кольцами, в основном состоящих из льда и пыли, точно также, как и кольца Сатурна или Урана. Команда назвала кольца Ояпок (внутреннее кольцо) и Чуй (внешнее кольцо), в честь двух рек, которые формируют северную и южную прибрежные границы Бразилии.

В этой задаче Вам необходимо:

- Вычислить синодический и сидерический период обращения Сатурна. Считать, что орбита круговая. Большая полуось орбиты Сатурна равна 9,6 а.е.
- Вычислить момент импульса Сатурна относительно Солнца, если линейная скорость вращения точки на поверхности Сатурна относительно его центра равна 9,87 км/с. Считать, что Сатурн вращается равномерно, а орбита лежит в плоскости эклиптики. Также принять, что его экваториальный радиус равен полярному и составляет 60 268 км, масса гиганта составляет  $5,68 \cdot 10^{26}$  кг. В данном пункте примите, что барицентр системы Солнце-Сатурн находится в центре Солнца.  
Напоминаем, что момент инерции однородного шара находится по формуле:

$$\frac{2}{5}mr^2$$

---

<sup>3</sup> Название дали в честь Харикло — жены кентавра Хирона

- c) Определить среднюю плотность Титана, если ускорение свободного падения на нем  $1,352 \text{ м/с}^2$ , а его площадь поверхности составляет 0,18% от площади поверхности Сатурна.
- d) Оценить, что ближе находится к барицентру системы масс: Сатурн в системе Солнце-Сатурн или Харикло в системе масс Солнце-Харикло? В данном пункте необходимо учесть, что барицентры систем находятся не в центре Солнца. Влиянием других тел на положение центра масс пренебречь. Большая полуось орбиты Харикло составляет 15,74 а.е.

#### 4. «Похожий на звезду радиоисточник»

Квазары - сверкающие объекты, которые излучают самое значительное количество энергии, обнаруженнное во Вселенной. Находясь на колоссальном расстоянии от Земли, они демонстрируют большую яркость, чем космические тела, расположенные в 1000 раз ближе. Согласно современному определению, квазар – это активное ядро галактики, где протекают процессы, освобождающие огромную массу энергии. Сам термин означает «похожий на звезду радиоисточник». Именно по причине электромагнитного излучения и значительного красного смещения, открытые объекты были определены как новые, находящиеся на границах вселенной.

- a) Определите скорость удаления Нашей Галактики, если красное смещение квазара  $z = 6,5$ .
- b) Вычислите расстояние до квазара.
- c) Оцените какую проникающую способность должен иметь телескоп, чтобы с расстояния квазара увидеть Нашу Галактику.
- d) Чему равна его разрешающая способность на длине волны максимума чувствительности глаза?
- e) Можно ли увидеть в этот телескоп шаровое скопление из  $N = 1000$  звёзд, звёздная величина которых  $m_o = 15$ ?

Абсолютная звёздная величина Нашей Галактики  $M = -21$ , постоянная Хаббла  $70,1 \frac{\text{км}}{\text{с}\cdot\text{Мпк}}$ .