



По одной из моделей в первые «дни» нашей солнечной системы, Солнце массы M и диаметра D было окружено большим покоящимся газо-шаровым облаком. Для простоты будем считать, что газ был одноатомный, идеальный (молекулярная масса газа μ), а суммарная масса всего газа много меньше M .

В этой задаче вам предлагается определить распределение газа в зависимости от расстояния r от Солнца. Будем считать, что $r \gg D$.

A1 На этом этапе считайте температуру в облаке везде постоянной и равной T_0 , а распределении плотности газа в облаке $\rho = \rho_0 e^{\alpha/r}$. Определите значение параметра α .

A2 Есть существенный недостаток в указанном распределении плотности газа в облаке. Укажите его.

A3 В улучшенной модели, предположим, что Солнце испускает J_0 тепловой энергии в секунду. Также допустим, что потери теплоты отсутствуют, т.е. вся энергия солнечного излучения передаётся газу а распределение температуры стационарно. Определите плотность потока тепловой энергии на расстоянии r от Солнца.

A4 Плотность потока тепловой энергии $I(r)$ в пункте A3 пропорциональна градиенту температуры, т.е.

$$I(r) = -\sigma \frac{dT}{dr},$$

где σ – положительная постоянная величина, называемая теплопроводностью. Знак минус возникает из-за того, что теплота передается от области с большей температурой области с меньшей температурой. Определите температуру T на расстоянии r от Солнца.

A5 Теперь будем считать, что давление в облаке изменяется по закону:

$$p = p_0 \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-\beta}.$$

Определите параметр β и распределение плотности газа.

A6 Из пункта A4 следует, что на некотором расстоянии r_1 от Солнца температура облака станет меньше температуры плавления льда на Земле в нормальных условиях. Оцените r_1 . Средний радиус орбиты какой планеты из Солнечной системы ближе всего к r_1 ? Светимость Солнца $J_0 = 8.846 \cdot 10^{26}$ Вт, $\sigma = 5 \cdot 10^{11}$ Вт/(м · К). Среднее расстояние от Солнца до планет приведено в таблице.

Планета	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
$r, 10^6$ км	58	108	150	228	778	1430	2870	4500

Вам могут пригодиться следующие формулы:

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C, \quad \text{где } n \neq -1$$

$$\int x^{-1} dx = \ln |x| + C$$

Т

Термодинамика

Гравитация

Теплопроводность

2013

Сборы ХУ

У

