

地球远离太阳的速率

付昱华

(中海油研究总院, E-mail: fuyh1945@sina.com)

摘要: 太阳由于辐射能量而导致质量减少, 由此引起行星远离太阳。理论推导得出, 行星远离太阳的速率等于太阳质量减少的速率。目前地球远离太阳的速率为每世纪 1.02m, 水星远离太阳的速率为每世纪 0.40m, 冥王星远离太阳的速率为每世纪 40.32m。

关键词: 太阳, 行星, 地球, 远离, 速率

The Rate That the Earth Is Getting Further Away From the Sun

Fu Yuhua

(CNOOC Research Institute, E-mail: fuyh1945@sina.com)

Abstract: The mass of the Sun is reduced due to the radiation of the Sun, which causes that the planets are getting further away from the Sun. According to theoretical derivation, the rate that the planet is getting further away from the Sun equals the rate of solar mass reduction. Currently the rate that the Earth is getting further away from the Sun equals 1.02m per century, for Mercury it equals to 0.40m per century, and for Pluto it equals 40.32m per century.

Key words: Sun, planet, Earth, rate, get further away from

前言

行星距离太阳的平均距离是否不变? 答案是否定的。因为太阳的质量不断减少, 因此行星与太阳之间的引力也不断减少, 由此导致行星远离太阳。本文通过理论推导的方式, 讨论行星远离太阳的速率。

1 行星远离太阳的速率

下面推导行星远离太阳的速率与太阳质量减少的速率之间的关系。

万有引力定律如下

$$F = -\frac{GMm}{r^2} \quad (1)$$

式中: G 为引力常数, M 为太阳质量, m 为行星质量, r 为太阳与行星之间的距离。

行星远离太阳的过程中, 引力所做的功如下

$$F_{av}(-\Delta r) = \frac{1}{2} \left(\frac{GM_1m_1}{r_1^2} + \frac{GM_2m_2}{r_2^2} \right) \Delta r \quad (2)$$

式中: F_{av} 为引力的平均值, $\Delta r = r_2 - r_1$ 。

假设行星的质量没有变化, 亦即

$$m_1 = m_2 = m \quad (3)$$

略去二阶项, (2) 式简化为

$$F_{av}(-\Delta r) \approx \frac{GM_1m}{r_1^2} \Delta r \quad (4)$$

行星远离太阳的过程中，其总能量的变化为

$$E_2 - E_1 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{GM_2m}{r_2} - \frac{mv_1^2}{2} + \frac{GM_1m}{r_1} \quad (5)$$

参考文献[1]中，应用了如下公式

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (6)$$

由此得出

$$v^2 r = GM \quad (7)$$

将(7)式代入(5)式可得

$$E_2 - E_1 = \frac{GM_2m}{2r_2} - \frac{GM_2m}{r_2} - \frac{GM_1m}{2r_1} + \frac{GM_1m}{r_1} \quad (8)$$

由此可得

$$E_2 - E_1 = -\frac{GM_2m}{2r_2} + \frac{GM_1m}{2r_1} \quad (9)$$

将 $M_2 = M_1 + \Delta M$, $r_2 = r_1 + \Delta r$ 代入(9)式可得

$$E_2 - E_1 = -\frac{G(M_1 + \Delta M)m}{2(r_1 + \Delta r)} + \frac{GM_1m}{2r_1} \quad (10)$$

由于

$$\frac{1}{r_1 + \Delta r} \approx \frac{1}{r_1} - \frac{\Delta r}{r_1^2}$$

由此(10)式成为

$$E_2 - E_1 \approx -\frac{G(M_1 + \Delta M)m}{2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{\Delta r}{r_1^2} \right) + \frac{GM_1m}{2r_1} \quad (11)$$

略去二阶项，(11)式简化为

$$E_2 - E_1 \approx -\frac{G\Delta Mm}{2r_1} + \frac{GM_1m\Delta r}{2r_1^2} \quad (12)$$

根据能量守恒定律应有

$$F_{av}(-\Delta r) = E_2 - E_1 \quad (13)$$

将(4)式和(12)式代入(13)式可得

$$\frac{GM_1m}{r_1^2} \Delta r \approx -\frac{G\Delta Mm}{2r_1} + \frac{GM_1m\Delta r}{2r_1^2} \quad (14)$$

由此可得

$$\frac{\Delta r}{r_1} \approx -\frac{\Delta M}{M_1} \quad (15)$$

亦即，行星远离太阳的速率等于太阳质量减少的速率。

2 计算实例

爱因斯坦的质能公式如下

$$E = mc^2 \quad (16)$$

已知目前太阳总辐射功率： $3.86 \times 10^{26} \text{ J/s}$ ，太阳质量 $M = 1.98892 \times 10^{30} \text{ kg}$ ，由此得到太阳每秒减少的质量为

$$\Delta M = -4.29 \times 10^9 \text{ kg} \quad (17)$$

根据 (15) 式，行星远离太阳的距离为

$$\Delta r \approx -\frac{\Delta M}{M_1} r_1 \quad (18)$$

由此得到，目前地球每秒远离太阳的距离为

$$\Delta r \approx 3.23 \times 10^{-10} \text{ m}$$

亦即，目前地球每世纪远离太阳的距离为 1.02m。

太阳系九大行星目前每世纪远离太阳的距离（单位：m）见表 1。

表 1 太阳系九大行星目前每世纪远离太阳的距离（单位：m）

天体	距日平均距离（地球为 1）	目前每世纪远离太阳的距离
水星	0.39	0.40
金星	0.72	0.73
地球	1	1.02
火星	1.52	1.55
小行星带	2.9	2.96
木星	5.20	5.30
土星	9.54	9.73
天王星	19.18	19.56
海王星	30.06	30.66
冥王星	39.53	40.32

3 结论

由于太阳质量减少，由此引起行星远离太阳。理论推导得出，从水星到冥王星，太阳系九大行星每世纪远离太阳的距离依次为（单位：m）：0.40, 0.73, 1.02, 1.55, 2.96, 5.30, 9.73, 19.56, 30.66, 40.32。

参考文献

- 1 付昱华，新行星运动三大规律，中国预印本服务系统。