

运动物体引力场传播的相对性原理

肖建勋

中国航空工业集团公司, 北京
Email: xjxin@sina.com

收稿日期: 2021年3月15日; 录用日期: 2021年4月21日; 发布日期: 2021年4月29日

摘要

不管引力场是以引力子传递, 还是以引起时空弯曲的引力波方式传播, 现代物理学还没有发现引力场传播所必需的介质。引力场在目前已知的空间环境中传播速度的大小和方向是稳定的, 而且是从产生或引起引力场的起始位置向周围传播, 引力场的这种特性导致了最接近静止的参照系的发现, 也导致了运动物体引力场的相对性原理。和静止时相比, 物体运动时其周围的引力场强将产生变化, 运动前方相应的引力场将变弱, 对应等场强面将变密, 而运动后方相应的引力场将变强, 对应的等场强面将变稀。位于运动物体前方的其它物体感觉到与该物体的距离比实际距离要长, 而位于该物体后方的其它物体感觉到与该物体的距离比实际距离要短。其它物体感觉到的运动物体的位置要滞后该物体的实际位置。只考虑太阳引力场而忽略其它因素时, 可推算出地球绕太阳的运行轨迹实际上是圆形的, 太阳不在轨迹圆心, 轨迹圆心滞后太阳实际位置一定的距离。另外根据目前所测量到的数据还可推算出太阳及银河系在太空中的运行速度可达5000千米/秒级。

关键词

引力场, 传播, 光速, 相对性原理

Relativity Principle of Gravitational Field Propagation of Moving Objects

Jianxun Xiao

Aviation Industry Corporation of China, Beijing
Email: xjxin@sina.com

Received: Mar. 15th, 2021; accepted: Apr. 21st, 2021; published: Apr. 29th, 2021

Abstract

Whether gravitational field is transmitted by gravitons or by gravitational waves that cause the curvature of space-time, modern physics has not found the necessary medium for the propagation of gravitational field. The magnitude and direction of the velocity of gravitational field' propagation are stable in space with gravitational field spreading around from the position where generated. All these characteristics lead to the discoveries of the reference system closest to absolute rest and the relativity principle of the gravitational field of moving objects. The gravitational field intensity around a moving object will change comparing with that around the object in static state. The corresponding gravitational field intensity in front of the moving object will become weaker and the surfaces of the equal field intensity will become denser, while behind, the opposite. The object in front of the moving object will feel farther away from the moving object than their actual distance, while feeling less away when behind. The position of a moving object perceived by other objects lags behind the actual position. When only considering the gravitational field of the sun with other factors ignored, it can be deduced that the earth's orbit around the sun is actually circular with the sun not in the center of the orbit which lags behind the sun by a certain distance. Based on the data measured by scientists so far, it can be calculated that the Milky Way with the solar system moves at a speed of up to 5000 km/s in space.

Keywords

Gravitational Field, Propagation, Speed of Light, Relativity Principle

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

研究在宇宙空间传播的引力场(包括引力波)和电磁波是目前人们了解宇宙及其天体运行规律与原理的主要方式,这在《天体物理学》[1]及《图解宇宙简史》[2]都有明确说明。物体在静止和运动时其引力场会发生什么的变化,特别是运动物体运行速度的大小对其引力场会产生怎样定量的影响,这对于分析太阳系各天体的运行特点,人造地球卫星、探月飞船、火星探测器以及外太空飞行器的设计和运行控制,以及分析银河系运行特点、探究银河系等星系巨大旋臂的形成原理,探究太空中双星及多星系统的运行特点等都具有极其重要的意义。由于宇宙空间中的任何物体都是运动的,而且都是做非直线运动,所以传统物理学中没有真正静止的参照系,这对准确研究宇宙自然天体与人造天体的运动带来了一定的影响。

《量子力学》[3]认为引力是通过一种没有质量、永远相吸的粒子——引力子来传递的,引力子的传播速度是光速。《相对论》[4]认为引力是有质量的物体导致时空弯曲的结果,质量的改变或物体位置的改变会以引力波的形式向外辐射,从而把时空弯曲的改变以光速传播开来。2012年12月,中国科学院地质与地球物理研究所汤克云研究员领衔、中国地震局和中国科学院大学有关科研人员组成的科学团组在实施对日食期间的固体潮观测后,成功获得“引力场以光速传播”的观测证据,从而较准确地间接证明了引力场以光速传播。汤克云教授在《零速近似的牛顿引力公式掩盖了引力以光速传播的本质》[5]里进行了很好的阐述。

不管引力或引力场是以引力子传递,还是以时空弯曲的引力波方式传播,本文都广义地称为引力场

的传播。现代物理学还没有发现引力场传播所必需的介质，可以认为引力场在空间传播速度的大小和方向是稳定的，而且以产生引力场时的物体位置为起始点向周围传播。通过对引力场这些传播特点的深入研究，本文找到了宇宙中目前最接近绝对静止的参照系，也发现了运动物体引力场传播的相对性原理。

2. 引力场在空间的传播特点及静止参照系的建立

图 1 所示为位于某三维坐标系原点 O 处的物体 M 所产生的引力场 E 的分布及传播方向。如果把该物体看成质点，那么其产生的引力场将均匀地向其周围以固定速度传播，引力场及其传播方向可用带箭头的引力线表示，引力线的密度代表引力场的强度。

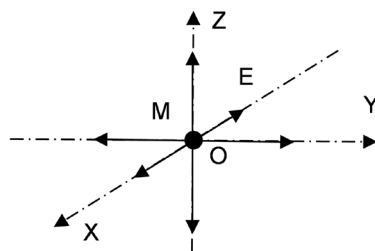


Figure 1. The gravitational field propagates uniformly in space around M at a fixed speed

图 1. 物体 M 的引力场在空间向周围以固定速度传播

在图 2 所示的某三维坐标系中，物体 M 沿 Y 轴从左向右以速度 V 移动，在时刻 t_0 经过原点 O ，设 M 在原点 O 产生的引力场为 E_0 ， E_0 将以 O 点为起始点向周围以稳定速度和稳定方向传播。

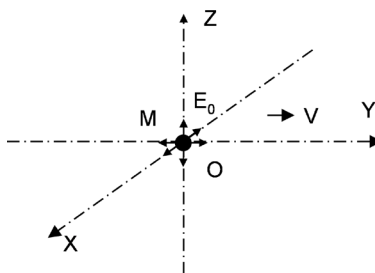


Figure 2. Gravitational field E_0 generated by M at point O at t_0

图 2. 在 t_0 时刻 M 在 O 点产生引力场 E_0

如图 3 所示，物体在时刻 t_1 运动到 O_1 点，设物体在 O_1 点产生的引力场为 E_1 ，而此时的 E_0 已经传播到离 O 点为 r 的位置，如图中半径为 r 的球状面所示。设引力场在空间的传播速度大小为 s ，则 $r = s(t_1 - t_0)$ 。

从图 3 可以看出，在 t_1 时刻，虽然物体 M 离开了原点 O ，但 O 点的位置可通过 M 在 O 点产生的引力场 E_0 来确定，因为 M 在 O 点产生的引力场 E_0 虽然在以速度 s 向四周传播，但在任何时刻，将引力场 E_0 沿各个传播方向的引力线反推，都将回到 O 点。另外，处在 E_0 中的其它物体所感受到的 M 的引力也将指向 O 点，这就意味着 O 点可以看成是在空间存在的、固定不变的恒点。

由于引力场的三维空间特点，通过 O 点及 E_0 ，我们就可以在宇宙空间找到这样一个不会移动的、固定的参照系，也就是图 2 和图 3 中的 X - Y - Z 坐标系所在的参照系。同理，通过 O_1 点及 E_1 ，我们也能找到

这样的参照系，即图 3 中的 X_1 - Y_1 - Z_1 坐标系所在的参照系(Y_1 轴与 Y 轴重叠)。其实这两个参照系是同一个参照系，只是坐标系的设置不一样而已。

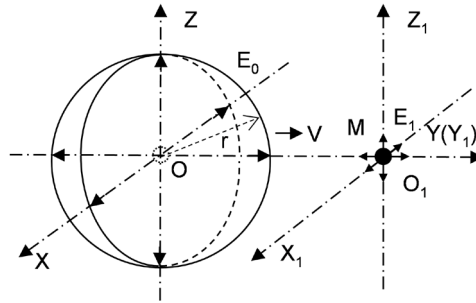


Figure 3. The positions of gravitational field E_0 and E_1 generated by M at point O and O_1 at t_1
图 3. 在 t_1 时刻 M 在 O 及 O_1 点产生的引力场 E_0 和 E_1 的位置

由于目前还没有发现任何介质会影响引力场传播的速度和方向，可以认为通过上述方法确定的参照系在宇宙空间里是唯一的、固定的，这也就是我们要找的宇宙中目前最接近绝对静止的参照系。

为了分析方便，下文中凡是提到静止参照系特指本参照系，静止坐标系即为本参照系里的坐标系，静止物体即指与本参照系相对速度为零的物体。

3. 运动物体引力场传播的相对性原理

3.1. 静止物体的引力场

图 4 所示为三维静止坐标系的 X - Y 平面，质量为 M 的物体处在坐标系的原点 O ，质量为 m 的物体位于 M 引力场中的 P 点，与 M 距离为 r ，设 m 受到的 M 的万有引力为 F_j ，那么根据万有引力定律，其大小为：

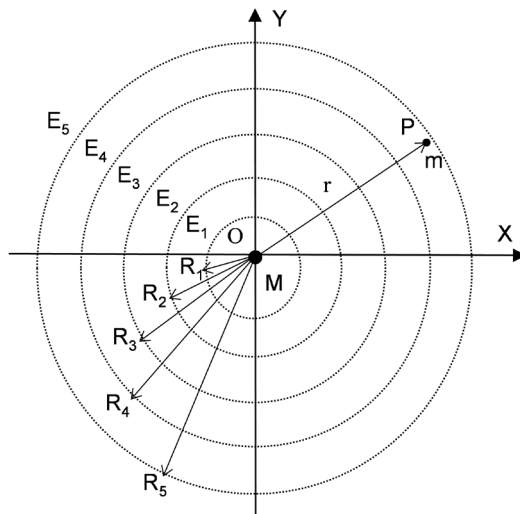


Figure 4. Curves of equal gravitational field intensity of static M in X - Y plane
图 4. 静止物体 M 在 X - Y 平面的引力场等场强线

$$f_j = G \frac{Mm}{r^2}, \quad G \text{ 为万有引力常数} \quad (1)$$

P 点处物体 M 的引力场强为:

$$E_j = \frac{f_j}{m} = G \frac{M}{r^2} \quad (2)$$

它的大小只和产生引力场的物体 M 的质量及 P 和 M 的距离 r 有关。

设 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 为不同大小的半径, 与 M 的距离分别为 $R_1 \sim R_5$ 处的引力场强分别为 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 、 E_5 , 则在 X - Y 平面上等场强线表现为以原点 O 为圆心的同心圆。如图 4 所示。

显然, 在三维坐标系 X - Y - Z 中, 等场强线 $E_1 \sim E_5$ 将表现为以原点为球心的同心球面。

3.2. 运动物体的引力场

设图 5 中物体 M 和处在 P 点的物体 m 都位于运动坐标系 X - Y - Z 的 X - Y 平面并一起相对静止参照系从向左向右以速度 V 匀速水平移动, $v \ll s$, 运动中坐标系 X - Y - Z 、 M 、 m 相对位置保持不变。 M 位于原点 O , M 和 m 的连线为 r , r 与 X 轴夹角为 φ 。

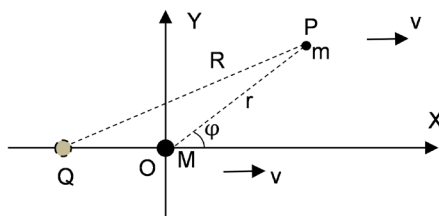


Figure 5. Calculation of gravitational field of moving M

图 5. 运动物体 M 的引力场计算

由于 M 、 m 都随坐标系 X - Y - Z 向右运动, 而 $v \ll s$, 处在 P 点的 m 所能感受到的物体 M 的引力场必定是 M 位于其实际位置左侧某个位置时产生并传播到 P 点的, 设这个位置为点 Q , 则有:

$$\frac{QO}{v} = \frac{QP}{s}, \quad s \text{ 为引力场传播速度} \quad (3)$$

由于 M 、 m 都随坐标系 X - Y - Z 向右做匀速直线运动, 而 P 点与物体 M 的相对位置保持不变, 通过式 (3) 可知, 位于 P 点的 m 在任何时刻都能感受到物体 M 位于其实际位置左侧距离为 QO 处时产生的引力场。

设 $QP = R$, 由式 (3) 可得:

$$QO = \frac{QP}{s} v = \frac{v}{s} R \quad (4)$$

在 $\triangle PQO$ 中, 根据余弦定理:

$$QP^2 = QO^2 + OP^2 - 2QO \cdot OP \cdot \cos(\pi - \varphi) \quad (5)$$

将 (4) 代入 (5), 可得:

$$R^2 = \left(\frac{v}{s} R \right)^2 + r^2 + 2 \frac{v}{s} R \cdot r \cdot \cos \varphi \quad (6)$$

解以上方程可得:

$$R = \frac{svr \cos \varphi \pm sr\sqrt{s^2 - v^2 \sin^2 \varphi}}{s^2 - v^2} = \frac{sv \cos \varphi \pm s\sqrt{s^2 - v^2 \sin^2 \varphi}}{s^2 - v^2} r \quad (7)$$

由于 $R > 0$, 式(7)的 \pm 号取+号。设 $k = \frac{sv \cos \varphi + s\sqrt{s^2 - v^2 \sin^2 \varphi}}{s^2 - v^2}$, 则

$$R = kr = \frac{sv \cos \varphi + s\sqrt{s^2 - v^2 \sin^2 \varphi}}{s^2 - v^2} r \quad (8)$$

假设在 P 点处 m 所受 M 的引力为 F_d , 根据万有引力定律, 其大小为:

$$f_d = G \frac{Mm}{R^2} = G \frac{Mm}{(kr)^2} = \frac{1}{k^2} f_j$$

P 点的引力场强为

$$E_d = \frac{f_d}{m} = G \frac{M}{R^2} = G \frac{M}{(kr)^2} = \frac{1}{k^2} E_j \quad (9)$$

式(8)和式(9)意味着处于运动状态时, m 感受到的与 M 的距离 R 与实际距离 r 相比有所变化, 变化系数为 k ; m 感受到的 M 的引力场强与二者处于静止状态时也有所变化, 变化系数为 k^{-2} 。

从式(4)可看出, 虽然 M 位于原点 O , m 所感受到的引力却来自位于 X 负半轴的 Q 点, 其坐标为 $(-\frac{v}{s}R, 0)$ 。我们称点 O 为 M 的确在点, 点 Q 为 M 对 m 的感应点。

下面分析 P 点处的引力场强度 E_d 的具体变化规律。由于图 5 中 M 产生的引力场关于 X 轴对称, 这里只需分析 $0 \leq \varphi \leq \pi$ 就可以了。

因为 $k = \frac{sv \cos \varphi + s\sqrt{s^2 - v^2 \sin^2 \varphi}}{s^2 - v^2}$, 如果 s 和 v 保持不变, k 将随着 φ 的变化而变化。

当 $\cos \varphi = -\frac{v}{2s}$ 时, $k = 1$, $k^{-2} = 1$, $R = r$ 。假设 $\varphi_1 = \arccos\left(-\frac{v}{2s}\right)$, 由于 $v \ll s$, φ_1 略大于 $\frac{\pi}{2}$, 如图 6 所示。

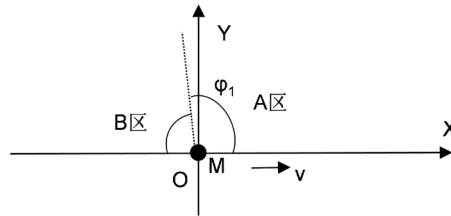


Figure 6. The variation boundary of the gravitational field of moving M

图 6. 运动物体 M 引力场变化分界线

当 $0 \leq \varphi < \varphi_1$ 时, $k > 1$, $k^{-2} > 1$, $R > r$, 这意味着 m 位于图 6 中 A 区时感受到的 M 的引力场强比二者处于静止状态时小, m 感觉到的与 M 的距离 R 比实际距离 r 长。

当 $\varphi_1 < \varphi \leq \pi$ 时, $k < 1$, $k^{-2} < 1$, $R < r$, 这意味着 m 位于图 6 中 B 区时感受到的 M 的引力场强比二者处于静止状态时要大, m 感觉到的与 M 的距离 R 比实际距离 r 短。

由于 $k = \frac{sv \cos \varphi + s\sqrt{s^2 - v^2 \sin^2 \varphi}}{s^2 - v^2}$, k 将随着 v 的变化而变化, 也就是物体 M 运动速度越快, M 周围引力场强变化越大。

从式(9)可知, 当 R 保持不变时, 场强 E_d 将保持不变, 由此我们可以得到运动物体 M 在其所在的运动坐标系的 X - Y 平面的等场强线方程:

$$R = \frac{sv \cos \varphi + s\sqrt{s^2 - v^2 \sin^2 \varphi}}{s^2 - v^2} r$$

这是一个在 X - Y 平面以极坐标 φ 和 r 为变量的曲线方程, 体现在 X - Y 平面, 这条曲线实际上是以点 $Q\left(-\frac{v}{s}R, 0\right)$ 为圆心、 R 为半径的圆。

从以上分析可知, 当 M 和坐标系 X - Y - Z 一起做匀速直线运动时, 图 4 中所示的 M 静止时其在 X - Y 平面的引力场等场强线同心圆 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 、 E_5 将变为如图 7 所示的圆心分别位于 $O_1\left(-\frac{v}{s}R_1, 0\right)$ 、 $O_2\left(-\frac{v}{s}R_2, 0\right)$ 、 $O_3\left(-\frac{v}{s}R_3, 0\right)$ 、 $O_4\left(-\frac{v}{s}R_4, 0\right)$ 、 $O_5\left(-\frac{v}{s}R_5, 0\right)$, 半径分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 的非同心圆。

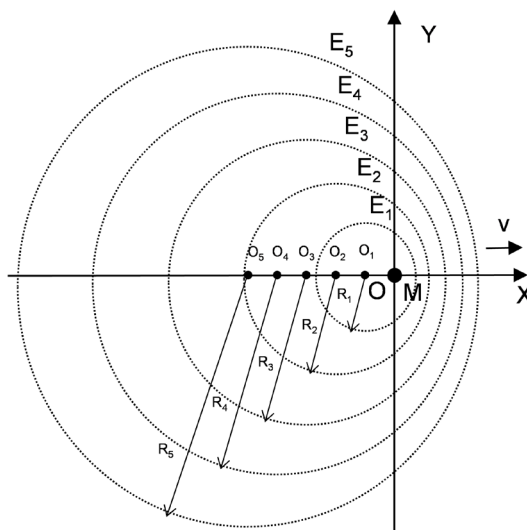


Figure 7. Curves of equal gravitational field intensity of moving M in the X - Y plane

图 7. 运动物体 M 在其所在运动坐标系的 X - Y 平面的引力场等场强线分布图

在 M 所在运动三维坐标系 X - Y - Z 中, 等场强线 $E_1 \sim E_5$ 将表现为以 $O_1 \sim O_5$ 为球心、半径分别为 $R_1 \sim R_5$ 的非同心球面。

由此可得到**相对静止参照系运动的物体的引力场变化规律**:

- 物体 M 相对静止参照系运动时, 和 M 静止时相比其引力场强将产生变化。如果忽略图 6 所示 φ_1 与 $\pi/2$ 差值的影响, 则 M 运动前方相应位置的引力场将变弱, 对应等场强面变密; M 运动后方的相应位置引力场将变强, 对应等场强面变疏。所有引力场的产生位置都滞后 M 实际的位置;
- 物体 M 相对静止参照系运动速度越大, 物体周围相应位置的引力场强变化越大, 变化系数为 k^{-2} ;

- 物体 M 相对静止参照系运动时，如果忽略图 6 所示 φ_1 与 $\pi/2$ 差值的与影响，位于 M 运动前方且和 M 相对位置保持不变的物体 m 感觉到的与 M 的距离比实际距离要长，而位于 M 运动后方且和 M 相对位置保持不变的物体 m 感觉到的与 M 的距离比实际距离要短，变化系数均为 k 。物体 m 感觉到的 M 的位置滞后 M 的实际位置。

4. 物体在运动物体引力场中的受力及运动特点

根据 3.1 节的分析，在图 4 所示静止物体 M 的引力场中，物体 m 将受到大小由式(1)决定的、方向指向 M 的向心引力 F_j 的作用。 m 有可能沿半径为 r 的圆形轨道绕 M 作匀速圆周运动，在三维空间里该轨道处在半径为 r 、球心为原点 O 的球面上。

现在假设 m 处在图 7 所示的相对静止参照系以速度 V 运动的物体 M 的引力场中，如果 m 沿 M 的等场强线运动，比如沿图 7 中的圆 O_3 运动，则 m 所受引力 F_d 大小将保持不变，并稳定指向圆心 O_3 ，所以 m 将有可能沿半径为 R_3 的圆形轨道绕 O_3 作匀速圆周运动。

如图 8 所示，在三维运动坐标系 X - Y - Z 里， m 的圆形轨道将位于球坐标为 $\left(-\frac{v}{s}R_3, \pi, \pi/2\right)$ 的球心 O_3 、半径为 R_3 的球面上。

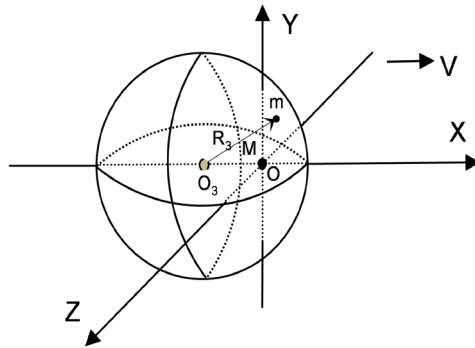


Figure 8. In 3-D space m moves on the surface of ball O_3 in the gravitational field of moving M
图 8. 在三维空间物体 m 在运动物体 M 引力场中绕点 O_3 做圆周运动的轨迹位于球 O_3 表面

物体 m 运动的轨迹可以是球 O_3 上任意一个所在平面经过球心 O_3 的大圆。不过这时的 M 不在 O_3 点，而在 O 点。 O 点为 M 的“确在点”， O_3 点为 M 对 m 的“感应点”。从 M 运动的方向来看，感应点要滞后确在点 $\left(\frac{v}{s}R_3\right)$ 的距离，它和 m 的运行轨迹半径 R_3 及 M 的运行速率 v 有关。

如果 $v=0$ ，则 O_3 点和 O 点重合， v 越大， O_3 点和 O 点距离越远，由于 $v < s$ ，所以 $\frac{v}{s}R_3 < R_3$ 。也就是说只要 $v < s$ ， M 将位于球 O_3 里面。

这样我们就得到了物体在静止及运动物体引力场中的受力及运动特点：

- 物体 M 相对静止坐标系静止时，其引力场中的物体 m 将有可能围绕物体 M 做圆周运动， M 对 m 的感应点就是 M 的确在点；
- 物体 M 相对静止坐标系运动时，其引力场中的物体 m 将有可能围绕物体 M 对 m 的感应点做圆周运动。 M 对 m 的感应点滞后 M 的确在点， m 运行轨迹半径不变时， M 速度越大，滞后距离越大。

5. 地球在相对静止参照系运动的太阳的引力场中的受力及运动分析

太阳系是宇宙空间的一个运动系统，但太阳系的运动并非相对静止参照系做匀速直线运动，而是绕银河系中心运转。考虑到太阳系绕银河系运转半径高达 2 万多光年，太阳系的运动在局部范围内可近似为匀速直线运动，所以太阳的引力场应当遵循本文所讨论的相对静止参照系运动的物体的引力场的变化规律。围绕太阳运行的行星也应当具有本文所讨论的物体在相对静止参照系运动的物体的引力场中的受力及运动特点。

由于太阳系的行星的运动要受到很多因素影响，比如太阳风、进入轨道时行星初速度、各行星之间引力、太阳系外来引力等等。所以我们的分析只能是在一定假设的基础上进行的近似分析。

假设地球环绕太阳运动时不受除太阳引力场以外的其它因素影响，太阳严格位于地球的公转轨道平面。为便于分析我们把这个平面设为三维运动坐标系 $X-Y-Z$ 的 $X-Y$ 平面，如图 9 所示，太阳位于该坐标系的原点 O ，和坐标系一起以速度 V 向右作匀速直线运动，原点 O 也就是太阳的确在点，地球位于点 E ，围绕太阳对地球的感应点 $G\left(-\frac{v}{s}R, 0\right)$ 做圆周运动，半径为 R ，设地球轨道与 X 轴交于 A 、 B 两点。

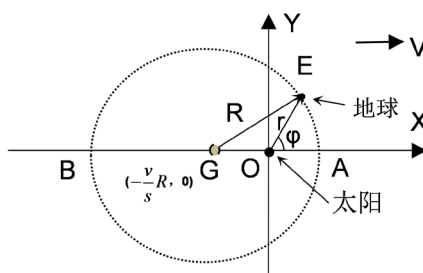


Figure 9. The earth moves in a circle around the induction point G in the gravitational field of the sun

图 9. 地球在太阳引力场中绕感应点 G 点做圆周运动

设地球与太阳的连线 r 与 X 轴的夹角为 φ 。 $\varphi=0$ 时， $r=OA$ ，这时 r 最小，为近日点； $\varphi=\pi$ 时， $r=OB$ ，这时 r 最大，为远日点。

根据《行星》[6]的数据，目前测得的地球与太阳平均距离约为 1.496 亿千米，可设 $R=1.496$ 亿千米，地球近日点为 1.471 亿千米，即 $\varphi=0$ 时， $r=OA \approx 1.471$ 亿千米。根据《零速近似的牛顿引力公式掩盖了引力以光速传播的本质》[5]，可设引力场的传播速度的大小 s 为光速，即 $s=30$ 万千米/秒。

将 $R=1.496$ 亿千米、 $s=30$ 万千米/秒、 $\varphi=0$ 、 $r=1.471$ 亿千米等量代入式(8)：

$$R = kr = \frac{sv \cos \varphi + s\sqrt{s^2 - v^2} \sin^2 \varphi}{s^2 - v^2} r$$

可求得 $v \approx 5013$ 千米/秒。

以上计算表明，如果引力场传播速度为光速，不考虑除太阳引力场外其它因素对地球运动的影响，则太阳相对静止参照系的运行速度约为 5013 千米/秒。由于太阳随银河系一起运动，而太阳在银河系的相对速度约 240 千米/秒，由此可推断银河系在宇宙空间相对静止参照系运行速度可达 5000 千米/秒级。

如果只有太阳引力场对地球运动产生影响，地球绕太阳运行的轨迹是圆形轨迹。圆形轨迹的圆心不在太阳的实际位置确在点 O ，而在太阳对地球的感应点 G ，二者相差 $\left(\frac{v}{s}R\right)$ 的距离，约为 250 万千米。

由于地球轨迹的圆心和太阳实际所在位置不重合，这有可能是导致人们把地球轨道描述为椭圆、而太阳被看成这个椭圆的一个焦点的一个重要原因。

当然，由于受太阳风、进入轨道时地球初速度大小和方向、各行星之间引力以及太阳系外来引力等等诸多因素的影响，地球的实际轨迹不会是标准正圆形。

如图 10 所示，处在三维运动坐标系 X - Y - Z 中的太阳与地球和坐标系一起相对静止参照系以 5013 千米/秒的速度运行，太阳位于该坐标系的原点。

在理想状态下地球轨道将位于半径 R 为 1.496 亿千米、球心为太阳对地球的感应点 G 的球面上， G 的球坐标为 $(-250$ 万千米, $\pi, \pi/2)$ ，与太阳的相对位置保持不变。理论上地球可沿位于球 G 球面上的任意一个大圆轨道运动。

假设目前地球的轨道全部位于 X - Y 平面即图 10 中的轨道 1，这时地球轨道各点到太阳确在点的实际距离之差达最大。当地球轨道在球 G 面上由轨道 1 逐渐变为垂直 X 轴的轨道 2 时，轨道上各点到太阳确在点的距离之差将由最大逐渐变为全部相同，这时从太阳确在点观察，地球的轨道将变为名副其实的正圆形。

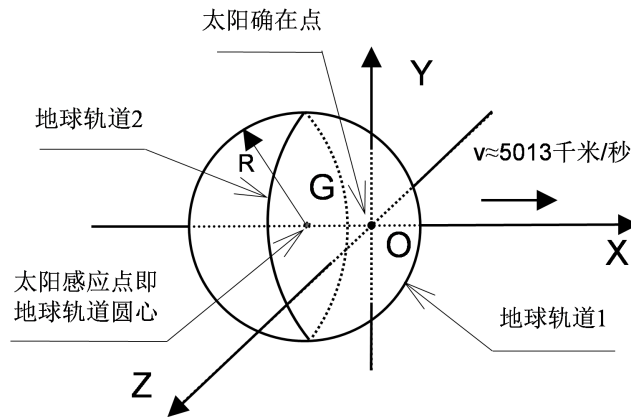


Figure 10. The change of the earth's orbit around the sun
图 10. 地球绕太阳运转的轨道变化示意图

6. 太阳系各行星近日点分析

根据《行星》[6]的数据，目前天文学家已经准确测量到太阳系各大行星与太阳的平均距离，见表 1。将各大行星与太阳的平均距离设为本文公式(8)中的 R 。

通过第 5 节对地球运动的研究，可求得太阳相对静止参照系运动的速度大小 $v = 5013$ 千米/秒。将 $v = 5013$ 千米/秒、 $s = 30$ 万千米/秒及各行星的 R 分别代入式(8)：

$$R = \frac{sv \cos \varphi + s \sqrt{s^2 - v^2 \sin^2 \varphi}}{s^2 - v^2} r$$

$\varphi = 0$ 时可求得太阳系各大行星近日点的计算值 r ，如表 1 所示。

另外，根据《行星》[6]的数据，天文学家也准确测量到了太阳系各大行星近日点的实际值，将这些数值一并列在表 1 中，与各大行星在 $\varphi = 0$ 时近日点的计算值进行对比，可求得其误差。

表中，误差 = (近日点计算值 - 近日点实际值)/近日点实际值 $\times 100\%$ 。

从表 1 可以看出：

Table 1. Comparison between calculated and actual values of planetary perihelion (km)**表 1.** 行星近日点计算值与实际值对比(千米)

行星	与太阳的平均距离 R (千米)	近日点计算值 r (千米)	近日点实际值(千米)	误差(%)
水星	5790 万	5693 万	4599 万	23.79
金星	1.082 亿	1.064 亿	1.074 亿	-0.93
地球	1.496 亿	1.471 亿	1.471 亿	0.00
火星	2.279 亿	2.241 亿	2.066 亿	8.47
木星	7.783 亿	7.653 亿	7.402 亿	3.39
土星	14.30 亿	14.06 亿	13.53 亿	3.92
天王星	28.70 亿	28.22 亿	27.46 亿	2.77
海王星	45.00 亿	44.25 亿	44.49 亿	-0.54

- 由于 $v = 5013$ 千米/秒是第 5 节中以地球实际近日点值计算得到的,所以上表中地球近日点的计算值与实际值的误差为 0;
- 除水星、火星外,其它行星近日点的计算值与实际值的误差都小于 5%,基本验证了本文关于运动物体引力场传播的相对性原理的公式(8)的准确性;
- 太阳系各大行星除受太阳引力场作用外,它们的运动还要受到很多因素的影响,比如太阳风、进入轨道时行星初速度、各行星之间引力、太阳系外来引力等等,我们的分析与计算只能是在一定假设的基础上进行的,所以出现了行星近日点的计算值与实际值的误差;
- 水星近日点的计算值与实际值的误差最大,达到 23.8%,这说明除了太阳引力场外,水星运动受其他因素的影响在各大行星中是最大的。即便这样,水星的运动也还是主要受太阳引力场的影响和支配。

7. 结论

物体的引力场在空间传播速度的大小和方向不变,导致了宇宙空间静止参照系的存在,也决定了运动物体引力场具有以下相对性原理:物体相对静止参照系运动时,与处在静止状态时相比其周围的引力场强将会产生变化,位于物体运动前方相应的引力场将变弱,对应的等场强面将变密;位于物体运动后方相应的引力场将变强,对应的等场强面将变稀。所有引力场的产生位置都滞后物体实际位置;物体相对静止参照系运动速度越大,物体周围相应的引力场强变化越大;物体相对静止参照系运动时,位于该物体运动前方的其它物体感觉到的与该物体的距离比实际距离要长,而位于该物体运动后方的其它物体感觉到的与该物体的距离比实际距离要短。其它物体感觉到的该物体的位置要滞后该物体的实际位置。

只考虑太阳引力场而忽略其它因素时,可推算出包括地球在内的太阳系各大行星绕太阳的运行轨迹实际上是圆形的,太阳不在轨迹圆心,轨迹圆心滞后太阳一定的距离。另外,如果引力场传播速度为光速,根据目前所测量到的数据还可推算出太阳及其所在银河系在太空中的运行速度可达 5000 千米/秒级。

运用本文关于运动物体引力场传播的相对性原理的相关公式,计算出的太阳系各大行星的近日点值与实际值非常接近,误差基本在 5% 以内。

8. 运动物体引力场传播的相对性原理实际应用展望

运动物体引力场传播的相对性原理除了应用于分析太阳系各天体的运行特点,经过进一步研究和完善,还可应用于人造地球卫星、探月飞船、火星探测器以及外太空飞行器的设计和运行控制,也可用于分析银河系运行特点以及探究银河系等星系巨大旋臂的形成原理,还可用于探究太空中双星及多星系统

的运行特点等,当然对解决诸如《小天体平衡点之谜》[7]的课题也会有大的帮助。

参考文献

- [1] 李宗伟,肖兴华.天体物理学[M].第二版.北京:高等教育出版社,2016:57-55,360-386.
- [2] 王宇琨,董志道.图解宇宙简史[M].天津:天津人民出版社,2019:116,154-178.
- [3] 曾谨言.量子力学[M].第五版.北京:科学出版社,2018:96-105.
- [4] 阿尔伯特·爱因斯坦.相对论[M].易洪波,李志谋,译.南京:江苏人民出版社,2014:180-207.
- [5] 汤克云.零速近似的牛顿引力公式掩盖了引力以光速传播的本质[C]//中国天文学会.北京:中国天文学会学术年会文集.2013:39-40.
- [6] [英]贾尔斯·斯帕罗.行星[M].傅圣迪,译.南昌:江西人民出版社,2017:26-202.
- [7] 姜宇,李俊峰.小天体平衡点之谜[J].力学与实践,2017,5(39):81-87.