

6. 对《地球所受的一种易被忽视的惯性力》一文的质疑

李学生 (Li Xuesheng)

山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员, 北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员 (作者为中国科学院高能物理所研究员)

xiandaiwulixue@21cn.com, 1922538071@qq.com

摘要 (Abstract): 物理学是科学的基本学科。本文章分析探讨了现代物理学的重要问题, **地球所受的一种易被忽视的惯性力**, 供参考。

[李学生 (Li Xuesheng). 6. 对《地球所受的一种易被忽视的惯性力》一文的质疑. *Academ Arena* 2017;9(15s): 20-22]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 6. doi:[10.7537/marsaaj0915s1706](https://doi.org/10.7537/marsaaj0915s1706).

关键词 (Keywords): 质点; 电荷; 引力; 电力; 空间; 方程; 量子力学; **地球; 惯性力**

1991年11月《大学物理》发表清华大学现代应用物理系高炳坤教授和北京联合大学电子工程学院谢铁曾教授合写的文章《地球所受的一种易被忽视的惯性力》(下面简称高文), 时间已经过去了25年, 今天读来感觉这篇文章仍存在一些需要商榷的问题, 特提出来以供各位专家思考, 望不吝赐教。

1. 重力势能公式 $E_p=mgh$ 的局限性

高文一开始分析了一个自由落体的物体以地面系为参照系机械能守恒, 以相对于地面匀速上升的电梯系为参照系机械能不守恒, 这样机械能守恒定律就不满足力学相对性原理了, 显然是错误的, 错误的根源在于以地面系为参照系计算机能时作者是按照外势能计算的, 势能公式为 $E_p=mgh$, 这个公式是根据势能定义推导出来的, 显然是正确的; 在电梯系作者依然利用这个公式计算势能, 没有任何人根据势能定义推导, 此时这个公式不成立, 所以作者得出在电梯系机械能不守恒的错误, 此时如果作者也利用势能定义推导, 可以得出机械能也守恒^{[1][2][3][4]}, 此时势能公式为 $E_p=mgh+mv \cdot u$, 其中 v 为质点相对于地面的速度, u 为电梯相

对于地面的速度, 当然也可以表示为电梯系坐标的函数 $E(y)=mgy - mu \sqrt{-2gy}$, 其中 y 为质点的电梯系坐标。当且仅当 $u=0$ 时, 二者始终相等, 这也符合玻尔的对原理, 经典的重力势能公式 $E_p=mgh$ 只是一个特例 (适用于质点所受到的合力等于重力, 观察者在竖直方向上分速度为0), 它不是定义式, 是在特定条件下推导出来的, 并非对于所有的观察者都成立, 需要根据重力势能的定义重新进行计算, 不能把特殊情况当做一般情形处理。

2. 地面系应该按照惯性系处理

作者利用惯性力分析自由落体运动显然是错误的, 因为对于这样的普通力学实验, 地面系显然可以按照惯性系计算, 牛顿当年就是在地面上按照惯性系建立的经典力学, 机械能守恒定律是牛顿定律的推论, 也应该把地面系当做惯性系处理, 如果按照非惯性系处理, 那不就说明经典力学不严密了吗? 或者说精确度不够了吗? 需要重新书写牛顿定律。当然地球在实验中是近似惯性系, 但是理论计算必须按照严格惯性系计算, 此时的系统误差极小, 作者也承认这一点。

既然地面系是惯性系, 惯性系里根本没有惯性力。惯性力是指: 当物体有加速度时时, 物体具有的惯性会使物体有保持原有运动状态的倾向, 而此时若以该物体为参考系, 并在该参考系上建立坐标系, 看起来就仿佛有一股方向相反的力作用在该物体上令该物体在坐标系内发生位移, 因此称之为惯性力。因为在经典力学里惯性力实际上并不存在, 实际存在的只有原本将该物体加速的力, 因此惯性力又称为假想力。这个概念的提出是因为在非惯性系中, 牛顿运动定律并不适用。

我们在默认地面系是惯性系的同时, 已经认可了地球的质量充分大, 忽略其能量的变化, 因此研究机械能守恒定律与力学相对性原理关系时两个惯性系都不应该考虑地球能量的变化。我们不能研究伽利略变换时, 地面系和电梯系都是惯性系, 考虑能量变化时都是非惯性系, 前后必须做到自治。现在世界上所有的仪器还达不到由于地球的质量不是充分大导致的系统误差, 仅仅由于太阳照射的阳光对于地球动能的影响也比实验中的质点对于地球的能量影响大得多, 难道为了一个如此简单的力学实验让太阳不发光? 质点的运动对于地球动能的影响远远小于地震、海啸、火山喷发、狂风暴雨、山川、河流、地铁以及汽车的运行等地面因素, 也远远小于太阳的电磁辐射、太阳宇宙线、太阳风、行星际磁场、银河宇宙线、微流星体等外因素

的影响。如果考虑这些因素，所有的力学教材都需要修改，问题就复杂了。由于我们不知道地球的具体质量，其实地球的质量是一个变量，宇宙中的星体尤其是太阳不断向地球辐射粒子，地球也向外辐射粒子，还有陨石的出现等因素，尽管地球质量的变化相对于地球质量来说比较小，可是质点的运动对于地球的动能的影响更小，这样将导致不可知论。

3. 利用两体问题分析自由落体问题的重新认识

在自由落体问题中若按照两体问题计算，地面系也不守恒，因为质点除了受到重力外，还受到一个惯性力 $-m^2g/M$ ，尽管比较小，此时地面系也不守恒，只能是近似守恒（由于是理论推导，在这里不能取近似值；如果取近似值在电梯系也取近似值，惯性力对地球所作功率是 mgV_0 ，此时惯性力的功尽管比上面要大很多，但是相对于此时地球的动能而言依然是非常小的，显然也可以忽略（近似计算是按照忽略量在总值中的比例，不是按照忽略量的绝对值），不能袒护一方，此时机械能也守恒，守恒值为地球的动能。即取精确值地面系和电梯系机械能都不守恒，取近似值都守恒。如果按照外势能计算，实际是质点的机械能，与地球无关，能量不守恒的根源在哪里呢？

4. 分清主要因素和次要因素的问题

在实验过程中，影响实验结果的因素有很多，我们必须抓住主要矛盾，以自由落体运动为例说明。在实验过程中存在空气阻力，不仅在竖直方向存在，而且在水平方向空气的流动对于实验的结果都有影响，而且影响结果并非极小。由于自转的影响，落体还有微弱的偏东现象，电梯的顶端和底端重力加速度还有微弱的变化，实验室周围汽车的行驶等都对于实验的结果存在变化，但是我们在这里仅仅是理论分析，忽略这些因素，有些因素影响极小我们根本测量不出来。上面谈及的这些因素显然远远大于实验过程中质点的运动对于地球动能的变化的影响，所以在分析过程中也应该忽略这些影响，这是理想化模型，无论是地面系还是电梯系看做严格的惯性系，不能看做两体问题，按照非惯性系处理。根据唯物辩证法的观点我们应该抓主要矛盾，不能甲做自由落体实验地面系是非惯性系，乙做弹簧振子实验地面系是惯性系。当初牛顿也是在忽略这些次要因素的前提下建立经典力学体系的，今天我们仍然可以忽略这些次要因素。

5. 力学相对性原理是对于惯性系而言的，与非惯性系无关

力学相对性原理仅仅针对惯性系而言，满足力学相对性原理即动力学规律满足伽利略变换，在非惯性系中研究机械能守恒问题与力学相对性原理无关，自由落体运动(其他类似)按照两体问题处理由于此时地面系和电梯系不是惯性系，与问题讨论无关。伽里略变换只研究惯性系,不研究近似惯性系，实验中是近似惯性系(可能有多方面的干扰)，理论计算中是严格惯性系。如果利用两体问题分析，此时才是“一对保守力的功等于势能的减少”，必须以地球和质点这一系统的质心为参照系（由于不知道地球的具体质量，这样显然不具有可操作性），此时为内势能，势能是伽利略变换的不变量，满足伽利略变换没有争议，或者假设地球质量充分大，这样地面系和电梯系都是惯性系，此时也满足伽利略变换，只是势能不再是伽利略变换的不变量。

6. 对于自由落体问题的重新分析

根据动能定理，设质点仅仅受到保守力的作用，保守力的合力做的功为 W ， $W=E_{k1}-E_{k0}$ ， E_{k1} 是 t_1 时刻的动能， E_{k0} 是 t_0 时刻的动能。根据势能的定义， $W=E_{p0}-E_{p1}$ ， E_{p1} 是 t_1 时刻的势能， E_{p0} 是 t_0 时刻的势能。所以 $E_{k1}-E_{k0}=E_{p0}-E_{p1}$ ，所以 $E_{k1}+E_{p1}=E_{k0}+E_{p0}$ 。机械能守恒定律成立，满足伽利略变换，也具有单独的协变性。

据伽利略变换有： $y_1 = y - ut$, $y_1 = y_1 - ut$, $v_1 = v_1 - u$, $a_1 = a_1 - 0$, $f_1 = f_1 - ma_1$, $f_1 = ma_1 - f_1$.

$$E_k(t) = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m[v_1 - u]^2 = \frac{1}{2}m[v_1^2 - 2v_1u - u^2] = \frac{1}{2}mv_1^2 - mv_1u - \frac{1}{2}mu^2 = E_{1k}(t) - muv_1 - C.$$

$$\frac{dE_k(t)}{dt} = \frac{dE_{1k}(t)}{dt} - um \frac{dv_1}{dt} = \frac{dC}{dt} - \frac{dE_{1k}(t)}{dt} - um \frac{dv_1}{dt} = 0 - \frac{dE_{1k}(t)}{dt} - uf_1 dt.$$

$$\frac{dE_p(t)}{dt} = f_1 dy = f_1 dy_1 + f_1 dy_1 = f_1 dy_1 + uf_1 dt = \frac{dE_{1p}(t)}{dt} + uf_1 dt.$$

$$\frac{dE_k(t)}{dt} + \frac{dE_p(t)}{dt} = \frac{dE_{1k}(t)}{dt} + \frac{dE_{1p}(t)}{dt} + uf_1 dt + uf_1 dt = \frac{dE_{1k}(t)}{dt} + \frac{dE_{1p}(t)}{dt},$$

$$d[E_k(t) + E_p(t)] = d[E_{1k}(t) + E_{1p}(t)], \quad dE(t) = dE_1(t) = 0. \quad \text{所以在电梯系观察时，质点的机械能守恒。}$$

参考文献:

1. 赵文桐、刘文芳、刘明成, 重力机械能守恒定律在各惯性系都成立, 物理通报, 2015 年 (3): 96~98。
2. 吴慎山、苏本庆、张玉中、吴东芳, 对参照系与惯性力中一些问题的分析, 河南师范大学学报 (自然科学版), 2002 (2): 1~4。
3. 冯伟, 机械能守恒定律与参照系一对力学中一个问题的讨论。承德民族师专学报, 1986(4)。
4. 胡世巧、张务华、张凤云, 牛顿力学的数学系统和力学相对性原理。河南师范大学学报 (自然科学版), 36~39
5. 高炳坤, 力学中一个令人费解的问题, 大学物理, 1995 年 (5): 20~21, 24。
6. 高炳坤, 力学中一个诡秘的错误[J]。物理与工程, 2002, (12)2: 14 15, 30。
7. 谢铁曾, 涉及地球的力学问题易出现的佯谬, 1991 年第 2 期, 26~29。

5/4/2017