



Potential energy belongs to the limitation of the system

Li Xuesheng

(School of Physics, Shandong University, Jinan, Shandong 250100)

Abstract: Two methods for calculating potential energy, i.e. internal field and external field, are analyzed. Their application scope, difference and connection are pointed out. The phrase “potential energy belongs to system” is not applicable to external potential energy. It is suggested that the phrase “potential energy belongs to system” be deleted from the textbook of mechanics.

[Li Xuesheng. **Potential energy belongs to the limitation of the system.** *Academ Arena* 2020;12(2):153-155].
ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 5.
doi:[10.7537/marsaaj120220.05](https://doi.org/10.7537/marsaaj120220.05).

Key words: Internal potential energy; External potential energy; Potential energy belongs to system; Galileo transformation; Applicable scope

势能属于系统的局限性

李学生

山东大学物理学院 山东济南 250100

摘要: 分析了计算势能的两种方法——内场和外场，指出了它们的适用范围、区别和联系，“势能属于系统”这句话不适用于外势能，建议从力学教材中删除。

关键词: 内势能；外势能；势能属于系统；伽利略变换；适用范围

中图分类号: O 313.1

文献标识码: A

现在大中学力学教材都明确写着势能属于系统，势能是存储于一个物体系统内的能量，不是物体单独具有的，而是相互作用的物体所共有的。例如重力势能是物体与地球所组成的“系统”共有的，没有地球，就谈不上重力，也谈不上重力势能，文献[1]进一步分析了这个问题，这种计算势能的方法一般称为内势能，此时势能是相对位置的函数，一对保守力的功等于重力势能的变化量。

由于一对作用力和反作用力的功与坐标系的选择无关[2~13]，因此重力势能的变化量与坐标系的选择无关。很多文献否定外势能的存在^[14~20]，可是这种计算重力势能的方法有先天的局限性，把地球和物体看做相互作用的系统，由于质点对于地球的作用力改变了地球的运动状态，因此地球不再是惯性系[21~26]，与现在大部分力学教材中认为经典力学中的实验地面系是惯性系矛盾，研究质点的重力势能需要引入惯性力，然而中学教材又没有引入惯性力的概念。

如果以地球和质点的质心为惯性系研究，质点的机械能不再守恒，只是近似守恒^[25]，这种近似在实验中是可以的，但是在理论上不严谨。由于地球的质量我们不知道，而且有陨石、宇宙射线等因素的存在，地球的质量是一个变量，系统的质心我们根本不知道在哪里，不具有可操作性。在地球上狂风、暴雨、地震、海啸等因素对于自由下落的质点对于地球运动的影响大得多。目前我们的实验根本测量不到质点对于地球运动的影响，不要说一个自由下落的质点，就是一艘航空母舰的运动对于地球运动的影响也无法测量得到，除非质点的质量和月球的质量同一个数量级。对于自由落体这样简单的力学实验，我们一般把地面系当做惯性系，此时默认地球质量视为充分大，忽略实验对于地球运动的影响，这种计算质点势能的方法称为外势能(质点的势能)，其实任何力学教材最初引入势能的方法都是按照外势能引入的，文献[27~36]都提出了外势能的问题。

外势能和内势能的关系如下：

	保守力的功和势能的关系	势能所有者	势能函数关系	坐标系变换与势能的关系	适用范围	惯性的选取	二者之间的关系
内势能 (内场处理)	一对保守力的功等于势能的减少, 需要两个位形坐标表示.	势能属于系统即两个质点.	势能是相对位置的函数.	势能是伽利略变换的不变量. 势能的数值与势能零点的选择无关	适用于所有情形.	以系统的质心为参照系.	内势能可以看作两个质点的外势能, 也可以折合质量代替一个质点的质量转化为外势能. 在静止系, 外势能是内势能的极限情况.
外势能 (外场处理)	一个保守力的功等于势能的减少, 只需一个位形坐标表示 (忽略另一个保守力的功).	势能属于一个质点.	势能是坐标的函数 ^[36] , 计算外势能不用考虑力源.	势能不是伽利略变换的不变量, $E'_p = E_p - \mathbf{mv} \cdot \mathbf{u}$ ^[27~34] . 势能的数值与势能零点的选择有关.	适用于质量相差悬殊的质点, 例如重力势能. 把质量较大的物体质量按照无穷大计算.	以大量物体为参照系.	

当相互作用的两个物体质量相差极大时, 要么按照内势能研究, 要么按照外势能研究, 前后必须自洽. 按照内势能研究时, 必须以系统的质心或者相对于质心匀速运动的物体为参照系, 例如在自由落体运动的研究中, 以地面系为参照系为外势能, 此时实际上把地球质量视为充分大; 以相对于地面匀速运动的电梯考察时也应该按照外势能计算, 不能认为此时地球受到惯性力, 在惯性系里测量不到惯性力, 否则会得出机械能守恒定律不满足伽利略变换的错误结论^[25]. 爱因斯坦曾经讲过: “科学知识中存在着“经验知识和理性知识之间永恒的对立”; 今天, 在原则上占统治地位的仍然是教条式的顽固. 在传统的基本概念的贯彻使用碰到难以解决的矛盾而引起了观念发展的那些情况, 这就变得特别明显. 为了科学, 就必须反复地批判这些基本概念, 以免我们会不自觉地受到它们的支配. 科学迫使我们创造新的观念和理论, 它们的任务是拆除那些常常阻碍科学向前发展的矛盾之墙, 所有重要的科学观念都是在实在跟我们的理解之间发生强烈冲突时诞生的. 马赫的真正伟大, 就在于他的坚不可摧的怀疑态度和独立性. 在人类成熟到获得一种能够概括全部实在的科学以前, 还需要有另一种基本的真理. 这种真理只是随着开普勒和伽利略的到来才成为哲学家的共同财富.”

“势能属于系统”理论上没有错误, 尤其是内势能问题, 但是当相互作用的两个物体质量相差极大——例如力学实验室中研究在自由落体问题, 经过计算可知质点的运动对于地球能量的变化微乎其微, 系统相对误差在 10^{-25} 至 10^{-26} 范围内, 不仅远远小于空气阻力的影响, 也小于重力加速度变化产生的误差, 甚至小于狭义相对论效应, 完全可以忽略, 我们在地面系计算重力势能时忽略了地球能量的变化, 在电梯系也必须忽略——量变引起了质变.“重力势能属于地球和物体”理论上没有错误, 但是没有实际意义. 现行力学教材中说: “重力势能属于物体是一种通俗的说法”表述错误, 应该是一种精确度极高的表述. 此时地面系和相对于地面匀速运动的坐标系

都按照惯性系对待, 地球质量视为充分大, 外势能只研究质点就可以, 例如研究自由落体运动, 在电梯系不用管地球. 实验中按照内势能计算还是按照外势能计算根据研究问题的需要, 例如日地系统、人造地球卫星围绕地球运动必须按照外势能计算, 地月系统、木星围绕太阳运动可以按照内势能计算. **由于“势能属于系统”仅仅适用于内势能, 对于外势能不成立, 内势能也可以看做两个质点的外势能, 笔者建议把“势能属于系统”在教材中删除, 或者说明仅仅适用于内势能.**伽利略说过: “真理不在蒙满灰尘的权威著作中, 而是在宇宙、自然界这部伟大的无字书中.”

由于文献[37]没有正确理解外势能, 利用外场计算势能用内势能定义, 外势能不用考虑力源. 关于内势能的机械能守恒定律满足力学相对性原理力学界是取得共识的^[19~20], 关于外势能的机械能守恒定律也满足力学相对性原理^[29], 能量守恒定律是一个普遍规律, 具有单独的协变性——对于同一个系统在一个惯性系里机械能守恒, 在另一个惯性系里机械能一定守恒, 文献[11]的观点是完全错误的.

参考文献

1. 孟昭辉. 要正确认识“势能属于系统”的物理本质. 物理实验 (中学部分), 第 24 卷第 12 期, 2004 (12): 8~9.
2. 高炳坤. 一个保守力的功等于势能的减少吗. 大学物理, 第 20 卷第 5 期, 2001 (5): 19~20, 30.
3. 王广泰. 浅谈从保守力做功到势能概念的引入. 物理与工程, 第 13 卷第 3 期, 2003: 22~24.
4. 张萍. 一对内力的功. 物理教师, 第 25 卷第 11 期, 2004 (11): 29, 31.
5. 侯玉琳. 功和能与参照系的关系. 鄂西大学学报, 1987 年第三期, 6~11.
6. 黄时中, 尹仕庭. 关于势能教学的讨论. 安徽师大学报 (自然科学版), 第 17 卷第 3 期, 1994 (9): 101~102.

7. 许胜虎.保守力做功和势能减少的关系.南京广播电视大学学报,2002年第2期:76~77.
8. 吴延斌.作用力和反作用力做功与参考系的选取.沈阳师范大学学报(自然科学版),第18卷第2期,2000(4):37~40.
9. 孟昭辉.运用机械能守恒定律解题的参照系问题——对“一道中学生物理竞赛试题答案的商榷”一文的不同意见.物理教师,2015年(2):94.
10. 蔡伯濂.关于讲授功和能的几个问题[J].工科大学物理教学,1981(1),7~13.
11. 冉婷,余杰,兰小刚.惯性参照系的选择与机械能守恒.物理教学探讨,2017(9):38~39.
12. 郑永令.力学[M](第二版).高等教育出版社,2002年:194.
13. 党兴菊,张瑶,孙骏.势能概念的探讨.高师理科学刊,2015(12):44~48.
14. 罗志娟,段永法,谢艳丁,何艳.关于功能原理的讨论.物理通报,2014(11):106~107.
15. 袁书卿,万明理.关于质点系功能原理和机械能守恒定律相关问题的讨论.洛阳师范学院学报.2014(8):50~53.
16. 苏云.功能原理的价值.韩山师范学院学报,32(6),2011(12):46~48.
17. 谭昌炳.机械能定理和力学相对性原理.三峡大学学报(自然科学版),2005(2):93~96.
18. 白静江.两体问题中的功能原理及机械能守恒定律[J].大学物理,1997,(16)3:11~12.
19. 管靖.力学相对性原理与机械能.大学物理,1991(11):21~24.
20. 史玉昌.势能和机械能守恒定律[J].大学物理,1988(7):16~17.
21. 郑国安.不能忽略惯性力的功.物理教师,第26卷第8期,2005(8):40.
22. 高炳坤.力学中一个令人费解的问题.大学物理,第14卷第5期,1995(5):20~21,24.
23. 高炳坤.能量追踪.大学物理,第20卷第3期,2001(3):15~16,42.
24. 谢铁曾.涉及地球的力学问题易出现的佯谬.北京联合大学学报,1991年第2期:26~30.
25. 高炳坤,谢铁曾.地球所受的一种易被忽视的惯性力.大学物理,1991(11):46~47.
26. 高炳坤,李复.对“力学中一个令人费解的问题”的补充.大学物理,第15卷第10期,1996(10):44,48.
27. 张景春,韩淑梅.浅析物体系的势能[J].辽宁大学学报(自然科学版),1989(4):33~36.
28. 党兴菊,张瑶,孙骏.势能概念的探讨.高师理科学刊,2015(12):44~48.
29. 张小溪.也谈力学相对性原理与机械能[J].怀化师专学报,1994,(13)1:112~114.
30. 张相武.力学体系保守力的判据和势能的计算.甘肃教育学院学报(自然科学版),第14卷第1期,2000(1):24~27.
31. 李学生,师教民.对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷[J].物理通报,2014(9):119~120.
32. 刘明成,赵文桐,刘文芳.引力机械能守恒定律在各惯性系都成立[J].物理通报,2015(6):123~124.
33. 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[J].物理通报,2015(3):96~98.
34. 刘明成,刘文芳,赵文桐.弹力机械能守恒定律在各惯性系都成立[J].物理通报,2015(12):109~111.
35. 刘文芳,刘明成.关于功能原理之来源之探索.吉林师范大学学报(自然科学版),2007(2):119~120.
36. 朗道著 李俊峰,鞠国兴译 力学(第5版) 高等教育出版社,2010年7月第2次印刷:15.
37. 朱如曾.力场与时间有关系统的功能定理及其应用.大学物理,2016(10):11~16.

2/21/2020