

17. 弹性势能的机械能守恒定律满足伽利略变换的不变性

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: 文章分析了弹性势能的机械能守恒定律满足力学相对性原理, 弹性势能不具有伽利略不变性, 解决了关于这个问题的争论。

[李学生 (Li Xuesheng). 17. 弹性势能的机械能守恒定律满足伽利略变换的不变性. *Academ Arena* 2017;9(15s): 77-78]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 17. doi: [10.7537/marsaj0915s1717](https://doi.org/10.7537/marsaj0915s1717).

关键词: 轻质弹簧; 性质定理; 伽利略不变性; 力学相对性原理; 机械能守恒
中图分类号: O 313.1 文献标识码: A

参考文献^{[1]-[19]}都有这样一个题目:

一质量为 m 的小球与一劲度系数为 k 的轻质弹簧相连组成一体系, 置于光滑水平桌面上, 弹簧的另一端与固定墙面相连, 小球做一维自由振动. 试问在一沿此弹簧长度方向以速度 u 相对于作匀速运动的参考系里观察, 此体系的机械能是否守恒, 并说明理由.

中国科学院力学研究所吴中祥研究员认为: 这是在一个速度为 u 的惯性系观察, 一个由弹性力引起的简谐振动, 动能和位能 (当然忽略会转化的热能) 总和是否守恒的问题. 不能认为: 在一个惯性系, 观察到另一个运动系与自己有位移, 另一个运动系中的某个没有位移的力就作功了.

解: 在地面系观察时, 以小球的平衡位置为坐标原点 o , 以弹簧长度方向且向右的直线 ox 为 x 轴, 建立直线坐标系即一维坐标系如图 1 所示.

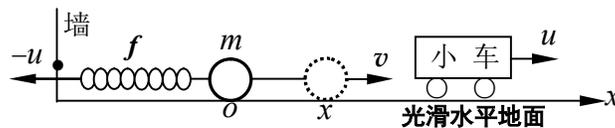


图 1 弹簧振动振子机械能守恒问题新解

在地面系观察时, 在弹簧振子体系中, 因为振子或小球仅受到保守力弹力 f 的作用, 不受任何外力和非保守内力的作用, 所以据机械能守恒定律知: 小球即弹簧振子体系的机械能守恒.

在地面系, 设小球的位移、速度、加速度、所受到的力、动能、势能、机械能分别为 $x, v, a, f, E_k(t), E_p(t), E(t)$; 在小车系, 小球的位移、速度、加速度、所受到的力、动能、势能、机械能分别为 $x_1, v_1, a_1, f_1, E_{1k}(t), E_{1p}(t), E_1(t)$. 则据伽利略变换有:

$$\begin{aligned} x_1 &= x - ut, \quad v_1 = v - u, \quad a_1 = a = 0, \quad f_1 = f, \quad ma_1 = ma = f. \\ E_{1k}(t) &= \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m (v - u)^2 = \frac{1}{2} m v^2 - mvu + \frac{1}{2} m u^2 = E_k(t) - mu \cdot v + C. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dE_{1k}(t) &= dE_k(t) - umdv = dE_k(t) - um \frac{dv}{dt} dt = dE_k(t) - uf dt. \\ dE_{1p}(t) &= f_1 dx_1 = f d(x - ut) = f dx - uf dt = dE_p(t) - uf dt. \\ dE_{1k}(t) &= dE_{1p}(t) = dE_k(t) - uf dt = dE_p(t) - uf dt = dE_k(t) - dE_p(t), \\ d[E_{1k}(t) - E_{1p}(t)] &= d[E_k(t) - E_p(t)] = 0. \end{aligned}$$

所以, 在小车系观察时, 小球即弹簧振子体系的机械能守恒.

参考文献:

- 1 高炳坤.力学中一个令人费解的问题[J].大学物理.1995(5): 20~24.
- 2 李光惠,高炳坤.对“力学中一个令人费解的问题”的补充.1996(10): 44~45.
- 3 赵凯华,罗蔚茵.新概念物理教程 力学[M].北京:高等教育出版社,2000: 124.
- 4 高炳坤.能量追踪[J].大学物理,2001(3): 15~16.
- 5 高炳坤.一个保守力做的功等于势能的减少吗[J].大学物理,2001(5): 19~20.
- 6 高炳坤.从4个参照系看弹射过程.大学物理,2010(7).
- 7 蔡伯濂.关于讲授功和能的几个问题,工科物理教学,1981(1), 7-13.
- 8 王立、张成华.机械能守恒定律具有伽利略变换不变性.吉林师范大学学报(自然科学版),2004.3.
- 9 李兴毅,陈健,赵佩章,赵文桐.伽利略变换的物理意义.河南师范大学学报(自然科学版),2002.2.
- 10 裴永伟,籍延坤,吴振声.物理规律的协变性与可变性.沈阳大学学报,2005,(17)4,100~104.
- 11 李兴毅,陈建,赵佩章,赵文桐.伽利略变换的物理意义.河南师范大学学报(自然科学版),2002,(30)1:39~4.
- 12 郑永令,力学(2004年1月第2次印刷): 194页.
- 13 冯伟.机械能守恒定律与参照系——对力学中一个问题的讨论.承德民族师专学报,1986(4).
- 14 朱如曾.弹簧振子相对于运动惯性系的机械能不守恒——关于‘对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷’的商榷.物理通报,2015(4): 100~103.
- 15 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(2): 94.
- 16 李学生,师教民.对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷.物理通报,2014(9): 119~120.
- 17 刘一贯.关于机械能守恒定律的协变性.华南师范大学学报(自然科学版),1985(1): 155~157.
- 18 史玉昌.势能和机械能守恒定律.大学物理,1988(7): 16-17.
- 19 刘敏,孙皆宜.再论机械能守恒.牡丹江教育学院学报,2005(5): 26,34.

5/4/2017