



## 对一道中学常见力学习题的进一步探讨

李学生

(山东大学物理学院 山东济南 250100)

**Abstract:** 摘要: 利用浮力和支持力是保守力的观点, 处理了几道中学生常见的力学习题, 包括了 2018 年济南市中考物理的一道试题, 纠正了错误答案.

[李学生. 对一道中学常见力学习题的进一步探讨. *Academ Arena* 2020;12(5):55-56]. ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 4. doi:10.7537/marsaaj120520.04.

**Keywords:** 关键词: 浮力; 支持力; 保守力; 势能; 机械能守恒

中图分类号: O 313.1 文献标识码: A

下面这个习题是高中生甚至初中生常见的一道习题

关于正在匀速上升的气球, 下列说法正确的是 ( )

- A. 动能增加, 势能减少, 机械能的总量保持不变
- B. 动能不变, 势能减少, 机械能的总量保持不变
- C. 动能不变, 势能增加, 机械能的总量增加
- D. 动能、势能、机械能都不变

大部分资料给出的答案为: 取地面为势能零点. 正在空中匀速上升的气球, 质量不变, 速度不变, 动能不变. 高度不断增大, 重力势能增大. 由于机械能等于动能与势能之和, 故此时气球的机械能增加.

故选 C

下面重新分析一下这个习题, 首先忽略空气的阻力, 此时气球仅仅受到重力和空气的浮力, 两个力是平衡力, 众所周知重力是保守力. 其实空气的浮力也是一个保守力, 气球上升  $h$  和下降  $h$  浮力做功之和显然为 0, 浮力做功的环路积分之和为 0, 符合保守力的定义, 因此可以定义浮力势能. 所以在气球匀速上升的过程中, 气球的动能不变, 重力势能增加, 浮力势能减少, 浮力势能的减少量等于重力势能的增加量, 总势能不变, 机械能也不变. 由于气球仅仅受到保守力的作用, 气球上下做变速运动, 机械能也不变. 关于浮力是保守力的问题, 有很多文献探讨这个问题, 参见文献[1~11], 本文不再详细探讨. 类似地, 考虑下面这个习题——

在一个相对于地面匀速上升的电梯底部静止放置一个物体 (视为质点), 在地面的观察者看来, 电梯底部对于质点的支持力做功, 动能不变, 势能

不断增加 (取地面为势能零点), 机械能不守恒. 其实这种分析是错误的, 类似上面的分析电梯的支持力也是一个保守力, 重力势能增加量等于支持力势能减少量, 质点受到的合力为 0, 总势能不变, 动能也不变, 因而机械能守恒. 重力机械能不守恒, 不代表机械能 (力学能) 不守恒. 支持力是一种弹力, 文献[12]给出了弹性势能的概念, 指出支持力也是保守力. 本题中忽略空气的阻力和浮力等因素. 在本题中对于电梯而言电能转化为机械能, 机械能不守恒; 对于质点而言只有动能和势能的转化, 机械能守恒. 济南市 2018 年中考物理试题中和本题类似一

— 如图所示, 小强乘坐自动扶梯匀速上升的过程中, 他的 ( )

- A. 动能不变, 重力势能增加, 机械能增大;
- B. 动能减小, 重力势能增加, 机械能不变;
- C. 动能增大, 重力势能减小, 机械能不变;
- D. 动能不变, 重力势能减小, 机械能减小.



本题的答案显然错误, 正确的答案为: 动能不变, 重力势能增加, 支持力势能减小, 机械能不变。(在这个问题中如果以电梯为参照系, 机械能显然守恒, 在地面系机械能也守恒才满足力学相对性原理。)

类似地考察这样一个理想试验, 一个质点静止在水平地面上, 在地面上的观察者看来, 质点的动能和势能都不变, 机械能守恒; 在相对于地面匀速运动的电梯里的观察者看来, 质点的动能不变, 支持力和重力同时做功, 两个力做功之和为 0, 重力势能的减少量等于支持力势能的增加量, 因此势能也不会发生变化, 机械能也守恒, 满足力学相对性原理。如果按照上面的中考题的解法, 在电梯系外力支持力做功, 机械能增加, 能量来自哪里? 这样就不满足力学相对性原理了。

下面再考虑空气的阻力, 由于空气的阻力是耗散力, 浮力等于重力和空气的阻力的合力, 因此气球的动能不变, 重力势能增加, 浮力势能减少, 总势能减少, 机械能减少, 机械能的减少量(即总势能的减少量)等于空气阻力的功, 此时势能转变为内能。在本题中空气的阻力对于气球运动的影响不能忽略, 因为气球在上升的过程中, 由于大气压不断减少, 气球的体积不断增大, 浮力逐渐增大, 空气阻力也不断增加。所以本题的正确答案为——动能不变, 势能减少, 机械能的总量减少。

力学中的保守力除了重力、万有引力、弹簧弹力、浮力外, 根据保守力的定义还可以证明很多力是保守力, 例如斜面的支持力<sup>[12]</sup>、单摆摆线的拉力、匀速圆周运动的约束反力、静摩擦力、理想流体的压力<sup>[13]</sup>。例如假设静摩擦力是耗散力, 这个静摩擦力在一个惯性系里不做功, 在另一个惯性系里可以做功, 这样就可以产生热能, 显然是错误的。中学阶段除了耗散力都是保守力, 文献<sup>[14]</sup>也说明了约束力是一个保守力的问题。

## 参考文献

- 1 胡义嘎. 浮力势能. 内蒙古师大学报自然科学(汉文)版, 1999年12月, 第28卷第4期(增刊): 31~33.
- 2 胡义嘎. 浮力势能及其四种表示方法. 赤峰教育学院学报, 2003年第5期: 104, 106.
- 3 孙石, 宋兆丽. 水球浮力势能及弹射速度的计算. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2003(8): 108~109, 113.
- 4 杨子立. 关于浮力的几点分析. 绥化师专学报, 2001(6): 99~100.
- 5 胡毅, 阮士军. 关于浮力的几点讨论. 邵阳师范高等专科学校学报, 2011(5), Vol.29.No.5: 16~17.
- 6 张晓森, 肖玉林. 一类浮力问题的规律性分析. 中学物理, 2011(5), Vol.29.No.5: 16~17.
- 7 郑金. 弹性势能公式的妙用. 新课程(中), 2011(8): 143.
- 8 屈志红. 浮力是否是保守力. 锦州师范学院学报, 第21卷第4期, 2002(12): 67~68.
- 9 照那木拉. 关于浮力场概念的引入及其P的力能二重性. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2002(6): 558~560.
- 10 胡义嘎. 浮力是保守力. 赤峰学院学报(自然科学版), 第28卷第11期(上), 2012(11): 18.
- 11 罗腊春. 浮力与浮力做功. 物理教师, 第36卷第5期, 2015(5): 96~97.
- 12 张翠. 斜面上滑滑块机械能守恒问题新解. 物理通报, 2016(9): 115~117.
- 13 黄修林. 浅谈伯努利方程中的压强能. 大学物理, 1995, 14(3): 10~11.
- 14 马忠义. 物体在约束运动中的功和能. 沈阳化工学院学报, 1989(3)2: 117~122.