

对 2016 年高考北京卷物理实验题的一点思考

—— 关于选项设置与解答

崔 琰

(北京市海淀区教师进修学校 北京 100195; 北航实验学校中学部 北京 100191)

李志刚

(中国人民大学附属中学 北京 100080)

(收稿日期: 2016-06-09)

2016 年高考北京物理的实验题考查了“验证机械能守恒定律”这个力学实验, 继 2015 年考查“单摆”实验后, 延续了考查力学实验的“传统”. 该题以

“验证机械能守恒定律”为实验目的, 将仪器选取、数据处理、误差分析和函数图像关系融合为一道考题, 突出考查学生对物理实验中实验操作的理解和

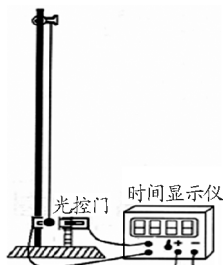


图 3 单摆实验装置

(1) 用刻度尺测出摆线长 L , 再用游标卡尺测量摆球的直径如图 4 所示。

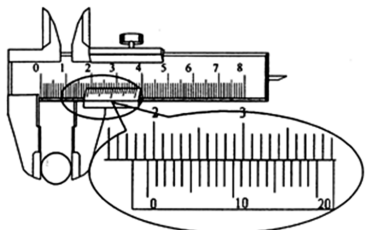


图 4 用游标卡尺测量摆球的内径

(2) 将摆球拉离平衡位置使得摆球的高度升高 $\frac{1}{4}$ 摆长, 闭合时间显示仪开关, 由静止释放摆球, 从时间显示仪读出摆球挡光时间 t_1 。

(3) 断开时间显示仪开关, 撤去光控门, 将摆球拉离平衡位置一个很小的角度 ($\theta < 10^\circ$), 由静止释放摆球, 用秒表测出摆球作 N 次全振动的时间是 t_2 。

回答: 摆球的直径是 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ cm

用秒表测出摆球作 N 次全振动的时间时应在摆球经过 $\underline{\hspace{2cm}}$ 时开始计时, 当地的重力加速度是 $\underline{\hspace{2cm}}$ (用字母表示各物理量)

在误差允许的范围得到 $dt_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ (用字母表

示各物理量), 就验证了摆球运动过程中机械能守恒。

为减小实验误差, 在体积相同的条件下, 摆球应选用 $\underline{\hspace{2cm}}$ (实心、空心) 金属球。

根据实验设计的 3 个基本原则: 简便性、可行性、精确性, 笔者觉得江苏卷中用来验证机械能守恒的实验装置存在 4 个方面的不足之处, 一是采用的细线不好找, 要求细线的质量很轻、很细并且在较大作用力范围内细线长度的变化量要极小并且细线的弹性势能要几乎保持不变, 在目前的中学实验条件下不容易找到这种材料; 二是遮光条对小球做功不好计算, 由于遮光条的质量占到钢球质量的一半, 所以不能忽视遮光条对钢球做的功, 由于遮光条和钢球组成系统的重心不易判断, 所以遮光条对小球做的功不好计算, 这就造成了不可忽略的系统误差; 三是要判断钢球在竖直平面摆动, 凭肉眼是做不到的; 四是操作起来不方便, 如果小球和遮光条的总质量为 44.8 g, 那么第(3)问中摆的高度范围为 11.5 ~ 69.1 cm 之间, 在高度 69.1 cm 处, 如果摆长为 100 cm, 那么最大的摆动角度大约在 72° , 让小球从这样一个大角度摆动通过光电门, 并且还要是在竖直平面内摆动操作起来是很困难的. 如果能够完善以上 4 个不足, 那么该题的命制就是成功的. 笔者觉得作为高考试题具有广泛的社会影响, 实验题在创新的同时兼顾试题的科学性、严谨性、可行性. 这样为广大中学教师和学生树立一个很好的榜样, 起到很好的引导作用。

实验后的评估分析. 此考题出题灵活、富有新意、综合性强, 考查考生是否真正独立地做过相关实验, 是否真正思考了有关实验原理、实验器材的选择、实验操作、实验数据的处理、实验误差的分析以及创新实验设计等内容, 能力考查全面, 具有一定的区分度. 本文对该题第(4)问的误差原因进行分析, 试着探讨除了试题给出的选项之外, 产生误差的其他可能性, 并对第(5)问的解答进行了一些思考, 希望能够起到抛砖引玉的作用.

【题目】[2016年高考北京理综卷第21题(2)]

利用图2装置做“验证机械能守恒定律”实验.

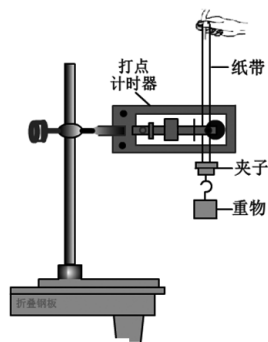


图2 实验装置

(1)~(3)略

(4) 大多数学生的实验结果显示, 重力势能的减少量大于动能的增加量, 原因是_____.

- A. 利用公式 $v = gt$ 计算重物速度
- B. 利用公式 $v = \sqrt{2gh}$ 计算重物速度
- C. 存在空气阻力和摩擦阻力的影响
- D. 没有采用多次实验取平均值的方法

(5) 某同学想用下述方法研究机械能是否守恒: 在纸带上选取多个计数点, 测量它们到起始点 O 的距离 h , 计算对应计数点的重物速度 v , 描绘 $v^2 - h$ 图像, 并做如下判断: 若图像是一条过原点的直线, 则重物下落过程中机械能守恒. 请你分析论证该同学的判断依据是否正确.

思考: 第(4)问 A 和 B 选项已经默认重物下落的加速度为 g , 则重力势能的减少量与动能的增加量相等, 故错误. D 选项的操作中会出现偶然误差, 但题干中强调了“大多数学生的实验结果”, 应体现为系统误差, 故错误.

正确答案为 C 选项, 由于阻力的存在, 造成减少

的重力势能并没有完全转化为增加的动能. 但细想一下这个实验的操作过程, 会发现: 在纸带下落过程中, 不可避免地会出现限位孔上方部分纸带与下方纸带不共线的情况. 在此情况下, 打点计时器(或其一部分)必然会与下落的纸带有接触, 并产生弹力, 这个弹力有竖直向上的分量, 造成对纸带下落运动的阻碍. 所以, 造成重力势能的减少量大于动能的增加的原因, 不仅仅是题目中所给出的“存在空气阻力和摩擦阻力的影响”, 还有一部分是弹力作为阻力的影响. 笔者认为笼统地将原因归为“存在阻力的影响”更加妥当一些. 另外, 对这个实验结果的影响中, 还可能有空气浮力的因素(空气阻力和空气浮力不同, 就像水中浮力与粘滞阻力不同, 空气浮力大约为重力的 0.02%).

第(5)问延续了近几年实验题中对数据处理和函数图像理解的考查内容. 但今年的问题与往年不同的是, 改成了对实验结果的评估判断. 很多考生对这一问的答案有一些疑惑: 到底答案应该是“正确但不完美”, 还是“不正确”呢?

通过对 $v^2 - h$ 图像的深入理解, 可知其根源在于机械能守恒的表达式 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$. 在满足机械能守恒定律成立的前提下, $v^2 - h$ 图像应是斜率为 $2g$ 的过原点的一条直线. 如果只说明是过原点的一条直线, 仅能得出重物下落过程中的合外力为恒定这个结论, 即使在机械能不守恒的情况下, 当阻力恒定时, 其 $v^2 - h$ 图像仍然是一条直线. 从“逻辑学”的角度, 可以这样理解, “图像是一条过原点的直线”只是机械能守恒成立的必要条件但不是充分条件. 考生如果能注意到, 题干中设问的是论证“判断依据”是否正确, 对答案到底是哪个的疑惑即可迎刃而解, 因为仅仅是“一条过原点的直线”这个“判断依据”是片面和错误的.

北京高考物理的实验题连续 4 年考查了对函数图像的理解, 已经成为了实验题考查的“传统”, 不仅是对高考命题指导思想的体现, 也是对物理学科本质的挖掘. 这种命题思路, 对高中物理实验教学必然会产生积极的影响.