

基于物理核心素养导向的“力学实验经典问题”探讨

朱顺明

江苏省天一中学

[摘要]现阶段新课程改革主要方向是立足核心素养的培养。高中物理教学除了要完成基本概念和规律的学习外，还应注重培养学生自主构建知识，形成正确的科学态度与责任等素养。在平时教学中，笔者发现对于实验学习学生只喜欢套用方法记住结论从而导致问题百出，甚至出现与结论背道而驰的现象。

[关键词]核心素养；实验教学；物理思维

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.833

目前教师的教学设计主要着眼于学生的知识与技能、过程与方法等方面的掌握，对于培养学生科学探究的意识落实不足，在教学过程中对思维方法和科学态度的培养也重视不够。在力学实验中经常会出现装置与传统无异，但原理已大不相同的情景。这使得学生对形同而质不同问题时不会认真分析只会套用基本结论。本文以“探究加速度与力、质量的关系”经典实验为例探究实验中的几个经典错误，从而充分体现科学思维能力培养的必要性，助力育人方式变革。

实验教学一般思维程序：

明确实验目的→确定实验原理→选择实验器材→拟定实验方法（步骤）→完成实验过程→记录（处理）实验数据→得出实验结论→分析实验误差。

探讨一：小车的质量M要不要远大于钩码质量m

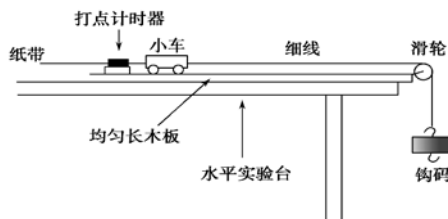


图1

情景1：利用如图1所示的装置，验证小车与钩码组成的系统机械能守恒

问题：若不计长木板与小车间的摩擦和打点计时器与纸带间摩擦，实验中小车质量M_____（填“需要”、“不需要”）远大于钩码质量m；若考虑其摩擦，为减小实验误差，则实验中小车质量M与钩码质量m所满足的关系是_____；

错解 第1空很多同学都填“需要”，第二空填“ $M \gg m$ ”，同学理由是验证牛顿第二定律实验中就这么要求的。

思考 尽管实验装置与验证牛顿第二定律很相似，但实验原理却截然不同。学生在处理这类问题时常常把老师总结的方法和规律直接生搬硬套。如何正确处理这类问题？笔者认为按照程序化思维进行思考，先根据实验目的再确定实验原理： $mgh = \frac{1}{2}(M+m)v^2 - 0$ ，由此可见实验中M和m之间的大小关系

毫无关联。该实验的系统误差是小车受木板的摩擦力和打点计时器与纸带之间的摩擦力，为了减少木板与小车的摩擦力做功我们要求小车质量 $M < m$ 。

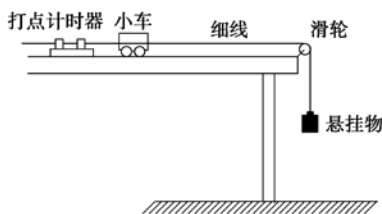


图2

探讨二：摩擦力f要不要平衡

情景2：（1）如图2所示为“探究小车速度随时间变化的规律”的实验，本实验必须（ ）

- A. 要平衡摩擦力
- B. 要求悬挂物的质量远小于小车的质量
- C. 上述两项要求都不需要

（2）图3中有六个计数点，相邻计数点的时间间隔是0.1s，某同学量得 $x_1=1.75$ cm， $x_2=2.14$ cm， $x_3=2.53$ cm， $x_4=2.92$ cm， $x_5=3.31$ cm。则小车的加速度 $a=$ _____ m/s^2 。

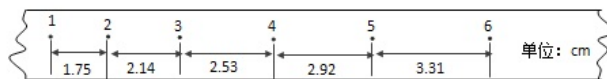


图3

错解 第1问很多同学会选择AB选项，想当然认为要平衡摩擦力，悬挂物质量有要求，与验证牛顿第二定律知识混淆起来

思考 我们按照程序化问题进行解决，该实验原理是 $mg - f = (M+m)a$ ，只要保证合力恒定即可，无需平衡摩擦力和限定悬挂物的质量大小。利用打点计时器就可测出任意时刻的速度。

探究三：细线的拉力F是不是等于所挂物体的重力mg

情景3：利用图4所示的装置（长木板水平固定）测定平板的动摩擦因数

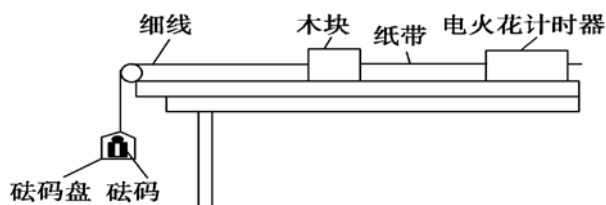


图4

问题：若已知当地的重力加速度为g，木块的质量为M，砝码盘和里面砝码的总质量为m，木块的加速度为a，则动摩擦因数 $\mu=$ _____。

错解 该题有不少同学填写“ $\mu = \frac{mg - Ma}{Mg}$ ”，原因是细线

下方挂着砝码盘和砝码，所以细线的拉力 $F = mg$ ，根据 $F - \mu Mg = Ma$ ，得出结果。

正解 当M远大于m时，细线的拉力 $F = mg$ 才成立。而此实验要求测定接触面间的动摩擦因数，并没有对细线的拉力大小提出要求。在下落过程中砝码盘和砝码整体处于失重状态，细线中的拉力 $F < mg$ 。

该实验原理是：对木块M分析 $F - \mu Mg = Ma$
对砝码盘和砝码m整体分析 $mg - F = ma$ 得 $\mu = \frac{mg - (M+m)a}{Mg}$

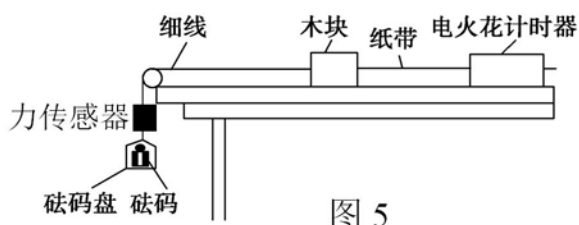


图5

情景4: 如图5所示, 若砝码和砝码盘的质量为 m , 木块的质量为 M , 试问此实验中_____ (选填“需要”或“不需要”) 满足 $M > m$ 的条件。

错解: 需要满足 $M > m$ 的条件

思考 学生看到此装置图, 首先反应 $M > m$ 。殊不知该实验在细线上又安装了一个力传感器, 它可以直接测出细线中的拉力。追本溯源之前为什么要满足 $M > m$ 的这个条件呢?

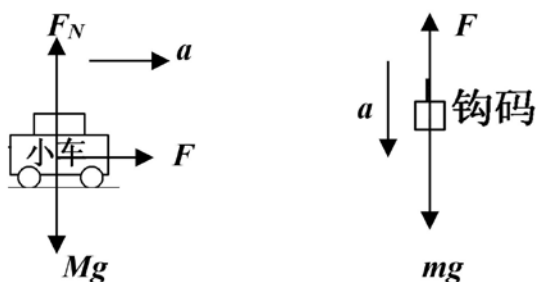


图6

如图6 所示

对小车: $F = Ma$

对钩码: $mg - F = ma$

解得: $F = \frac{Mmg}{M+m} = \frac{mg}{1+\frac{m}{M}}$

可见只有当 $m \ll M$ 时, $F \approx mg$

探究四: 逐差公式 $\Delta x = aT^2$ 怎么使用

错解 情景2第(2)问同学的计算过程
 $(x_3 + x_4 + x_5) - (x_1 + x_2 + x_3) = a(3T)^2$

得到 $a = 0.26m/s^2$

思考 如果按学生的做法, 整理得到
 $(x_4 + x_5) - (x_1 + x_2) = a(3T)^2$ ①; 而根据逐差公式

$x_4 - x_1 = 3aT^2$ ② $x_5 - x_2 = 3aT^2$ ③ 明显得不出①式。

而对于奇数项位移的一般做法是舍去第一项, 取
 x_2, x_3, x_4, x_5 这四项数据。

根据 $x_4 - x_2 = 2a_1T^2$

$x_5 - x_3 = 2a_2T^2$

解得 $(x_4 + x_5) - (x_3 + x_2) = 4aT^2$ $\bar{a} = 0.39m/s^2$

物理学是在实验基础上发展起来的一门学科, 脱离实验现象和规律进行教学, 就好比无源之水无本之木。但笔者发现在平时的知识考查中实验部分往往是得分率最低的, 学生也常常反应实验题最难做。这反映出我们中学物理实验教学仍处于薄弱环节, 存在的问题有:

1. 实验器材和条件不足

基本器材的必备是进行实验操作的前提和基础, 但目前大部分学校对实验室资金投入不够, 有些简陋的实验在演示过程中引起不了学生浓厚的兴趣。另外有些实验仪器要求的精度较高, 比如电场中静电实验, 它会受到人为、气候等不确定因素的影响, 实验起不到很好的演示效果, 甚至有时还会出现所得到的现象与理论相悖。所以老师不愿意现场直接演示实验。

但学生如果失去通过实验现象的观察进行分析综合、抽象概括得出问题这一环节, 这就很难激发起他们的好奇心和求知欲。

2. 学生对实验操作意识淡薄

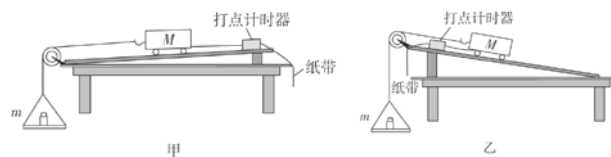
科学探究是高中物理新课程的核心素养之一, 它告诉我们在实验教学中要培养学生合作、探究、质疑精神, 培养学生能够用科学语言, 正确地描述实验现象和结果。但学生在实验课上往往纪律意识淡薄, 东看看西摸摸并且不认真听老师讲实验原理和实验要求, 紧接着在实验过程中因未听清实验目的导致操作不到位, 这样就无法培养学生的探究意识。实验操作过程对学生间的合作、交流、互动和表达要求较高, 如果同伴配合不默契, 这很可能导致实验操作的失败, 或者实验进行中途下课铃声响起。最终实验课有头无果。

3. 教师实验教学模式传统或方法单一

高考是一个指挥棒, 学会做题是学生努力目标, 但不是终极目标。为了知识的快速内化, 部分教师对实验教学基本停留在一支粉笔一张嘴, 喜欢用口头陈述的形式把实验过程给学生讲一遍。通过练习题强化实验步骤, 通过现成的误差结果, 让同学分析实验背后的可能原因。如此正如情景中所述, 学生在解决问题时直接想到老师曾经讲过什么, 殊不知当实验条件变化后, 实验原理已经不同。

目前高考试题灵活试题新颖, 以考查学生实际能力为主, 避免机械刷题拿高分现象。平时课堂只立足于常规实验的学习, 这已经不能满足学生对创新实验自主性探究的需求。“非常规”实验可以帮助学生主动完成模型建构, 升华学生关键能力。

案例1: 已知小车的质量为 M , 甲和乙图都是“探究加速度与力、质量的关系”实验, 甲图是常规方案; 乙图是创新方案, 其步骤如下:



(1) 将平板上带有滑轮一端抬高, 让小车拖着托盘和钩码下滑, 不断调节倾角大小, 直到小车拖着纸带匀速下滑;

(2) 撤去托盘和砝码, 直接让小车沿倾斜平板下滑, 测出加速度 a ;

(3) 用天平测出托盘和砝码的总质量 m ;

(4) 改变砝码质量, 重复(1)(2)的操作, 从而得到实验结论。

问题: 哪种实验方案需要满足 $M \gg m$ 条件? 哪种方案在作 aF 图象时, 把 mg 作为 F 值?

学生交流讨论。

设计意图: 常规的实验复习课, 教师往往通过例题开门见山进入主题。但这样的教学方式让学生听起来没有新鲜感, 注意力不集中, 教学效果差。在本案例中笔者将常规实验与创新实验放在一起让学生进行辩证分析探讨, 引发认知冲突, 从而重新建立规律和模型。

总之, 我们应强化科学思维, 重视物理概念和规律的学习与运用, 让学生的思维不能只停留在对相关概念和规律的记忆上, 而是希望他们能够综合运用相关知识技能、思维方法、态度和价值, 促进思维水平的发展。

参考文献:

[1] 彭前程. 积极探索基于核心素养理念下的物理教学[J]. 中学物理, 2015(8): 1-2

[2] 侯海军, 孙明西. 基于物理核心素养的高中物理教学探讨[J]. 2016(10): 39-40, 43