

2017年高考北京物理实验题的解法研究及对教学的启示

李 宁

(北京市第九中学 北京 100041)

梁吉峰

(北京市育英学校 北京 100036)

丁庆红

(北京教育学院石景山分院 北京 100043)

(收稿日期:2017-11-04)

摘 要:2017年高考北京理科综合中的物理实验题考查的是力学中的“探究动能定理”,从器材选取、实验细节、数据处理等角度进行了命题,很好地考查了学生的实验能力和探究能力.对该实验题的解法进行了研究,探讨了高考实验命题对中学物理教学的一些启示.

关键词:探究动能定理 实验 启示

1 引言

2017年高考北京理科综合中的物理实验题是高考试题中的一大亮点,与近几年的北京高考物理实验题一样,注重考查常规实验,命题的角度非常贴近高中教学实际情况,能很好地反映学生的实验能力,同时注重考查学生在常规实验基础上的深入思

考能力,挖掘、深层次考查学生的探究能力,充分展现北京高考试题注重考查物理核心素养、具有创新性和选拔性考试的特点.本文对2017年高考北京理科综合中的物理实验题的解法进行了研究,反观实验教学现状,探讨了高考实验命题对教学的一些启示,对于高三复习备考以及物理实验教学具有一定的参考价值,希望起到抛砖引玉的作用.

2.2 结果分析

通过上述云图,学生可以清楚地观察到波的干涉产生条件和特点.当两个波振动频率相等时才能产生“美的、对称的”干涉现象.同时可知,振动频率越大,相同路程上的波数越多,说明波长越短.当两个波振动频率不同时,产生的波形云图是混乱的,无规律的.

很大提升.通过数值模拟,将原本难以实际操作的抽象实验直观地展示出来,增加了课堂的深度和广度,作为一种新的中学物理教学手段,具有很高的研究价值.

3 结论

本文通过 Ansys 软件,对中学物理中波的衍射和干涉问题进行了模拟.模拟过程符合实际情况,得到现象生动清晰.极大地激发了学生的学习热情,从小培养了其科学探究精神,对于学生的学科素养有

参 考 文 献

- 1 邵泽义,秦晓文. MATLAB 在中学物理教学中的基本应用. 教学仪器与实验,2002,18(2):11~12
- 2 孟宪松,陈景太. MATLAB 软件在中学物理中应用举例. 中学物理,2012(6):40~41
- 3 李黎明. Ansys 有限元分析实用教程. 北京:清华大学出版社,2005
- 4 沈壮志. Ansys 软件在驻波振动教学中的应用. 物理通报,2015(5):20~22

2 考题重现

【题目】(2017年高考北京理综卷实验题第21题)如图1所示,用质量为 m 的重物通过滑轮牵引小车,使它在长木板上运动,打点计时器在纸带上记录小车的运动情况.利用该装置可以完成“探究动能定理”的实验.

(1)打点计时器使用的电源是_____ (选填选项前的字母).

- A. 直流电源 B. 交流电源

(2)实验中,需要平衡摩擦力和其他阻力,正确的操作方法是_____ (选填选项前的字母).

A. 把长木板右端垫高 B. 改变小车的质量
在不挂重物且_____ (选填选项前的字母)的情况下,轻推一下小车.若小车拖着纸带做匀速运动,表明已经消除了摩擦力和其他阻力的影响.

- A. 计时器不打点 B. 计时器打点

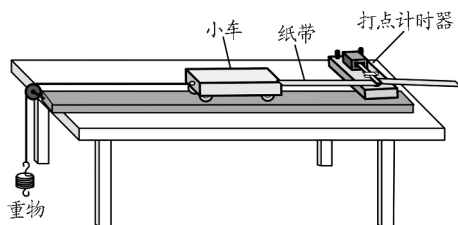


图1 试题情境图

(3)接通电源,释放小车,打点计时器在纸带上打下一系列点,将打下的第一个点标为 O .在纸带上依次取 A, B, C, \dots 若干个计数点,已知相邻计数点间的时间间隔为 T .测得 A, B, C, \dots 各点到 O 点的距离为 x_1, x_2, x_3, \dots ,如图2所示.

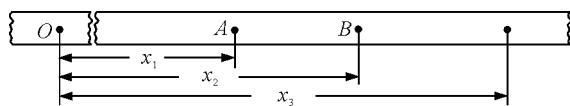


图2 测量纸带

实验中,重物质量远小于小车质量,可认为小车所受的拉力大小为 mg .从打 O 点到打 B 点的过程中,拉力对小车做的功 $W = \underline{\hspace{2cm}}$,打 B 点时小车的速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$.

(4)以 v^2 为纵坐标, W 为横坐标,利用实验数据做出如图3所示的 $v^2 - W$ 图像.由此图像可得 v^2 随 W 变化的表达式为_____.根据功与能的关系,动

能的表达式中可能包含 v^2 这个因子;分析实验结果的单位关系,与图线斜率有关的物理量应是_____.

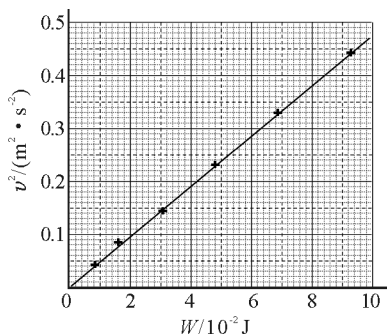


图3 $v^2 - W$ 图像

(5)假设已经完全消除了摩擦力和其他阻力的影响,若重物质量不满足远小于小车质量的条件,则从理论上分析,图4选项中正确反映 $v^2 - W$ 关系的是_____.

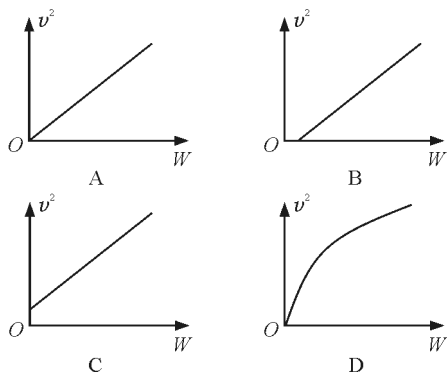


图4 选项图

3 考题分析

2017年高考北京理综卷实验题第21题考查的是常规学生实验“探究动能定理”,每道小题的考查细目如表1所示.

表1 实验每道小题的考查目标

题目编号	考查细目
(1)	器材选取:选择打点计时器使用的电源
(2)①	实验细节:平衡摩擦力和其他阻力的方法
(2)②	实验细节:如何算平衡好了摩擦力和其他阻力
(3)①	数据处理:计算拉力对小车做的功 W
(3)②	数据处理:分析纸带求速度
(4)①	数据处理:根据图像写表达式
(4)②	数据处理:分析图像斜率的物理意义
(5)	数据处理:改变实验条件深入分析

4 解法研究

(1) 考查打点计时器的配套电源选取, 根据打点计时器的工作原理或学生真正使用打点计时器做过实验, 不难确定正确选项为 B.

(2)1) 考查平衡摩擦力和其他阻力的具体实验细节, 如果理解平衡摩擦力和其他阻力的原理或真实做过这个实验, 可以确定正确选项为 A.

2) 考查如何才算平衡好了摩擦力和其他阻力的具体实验细节, 如果理解为何要平衡摩擦力和其他阻力或真实经历过实验过程, 可以确定正确选项为 B.

对平衡摩擦力和其他阻力的认识: 根据实验目的, 探究“动能定理”, 即探究合外力对小车做的功与小车动能增量的关系, 需要确定合外力做的功与小车的动能增量. 小车的动能增量可以通过纸带处理数据求解速度, 进一步根据动能表达式得出; 合外力做的功需要求出小车所受的合外力, 根据功的计算公式得出. 实验中便于确定的是小车所受的拉力, 如果把拉力当作合外力的话, 需要满足除拉力外, 其他外力的合力为零, 称之为平衡摩擦力. 具体平衡摩擦力的方法是将长木板的一端垫高, 相当于是让小车处于斜面上, 移动垫木的位置改变斜面倾角, 直到小车可以匀速运动, 此时小车所受的合力为零, 如果再对小车施加拉力, 则拉力即为小车所受的合外力, 拉力做功即为合外力做的功. 实验中的阻力来源有小车与木板之间的滑动摩擦力、实验中纸带与打点计时器之间的阻力、空气阻力等, 故在平衡摩擦力时, 需要在不挂重物且打点计时器打点的情况下, 轻推一下小车. 若小车拖着纸带做匀速运动, 表明已经消除了摩擦力和其他阻力的影响. 为了准确判断小车是否匀速, 还需要分析打出的纸带, 如果点是均匀分布, 可以认为小车在做匀速运动, 平衡了阻力, 为进一步实验做好了准备.

(3) 考查数据处理计算拉力对小车做的功 W 和分析纸带求速度. 如果学生掌握功的概念, 理解分析纸带求速度的方法, 真实处理过这种实验数据则不难作答.

1) 实验中, 若重物质量远小于小车质量, 可认为小车所受的拉力大小为 mg . 从打 O 点到打 B 点的过程中, 位移大小为 x_2 , 拉力对小车做的功

$$W = mgx_2$$

2) 匀变速直线运动中, 中间时刻的瞬时速度等于这一段时间的平均速度, 打 B 点时小车的速度

$$v = \frac{x_3 - x_1}{2T}$$

(4)1) 要求“由此图像可得 v^2 随 W 变化的表达式”, 根据图像近似为正比例函数, 应用数学知识不难写出表达式

$$v^2 = kW \quad k = 4.5 \sim 5.0$$

2) 要求“分析实验结果的单位关系, 与图线斜率有关的物理量应是”, 分析斜率 k 的单位

$$[k] = \frac{[v^2]}{[W]} = \frac{(1 \text{ m/s})^2}{(1 \text{ N} \cdot \text{m})} = \frac{(1 \text{ m/s})^2}{(1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \times 1 \text{ m})} = \frac{1}{1 \text{ kg}} = \frac{1}{[M]}$$

所以与图像斜率有关的物理量应是质量.

(5) 要求“假设已经完全消除了摩擦力和其他阻力的影响, 若重物质量不满足远小于小车质量的条件, 则从理论上分析, 图 4 中正确反映 $v^2 - W$ 关系的是”, 这个问题如何处理呢?

通过分析近几年的北京高考实验题不难发现, 每年都有一问这种类型的题目, 或论述, 或选择, 这类问题有没有处理的一般方法呢? 我们不妨通过对这道实验题最后一问的分析来研究一下. 具体步骤如下.

第一步, 当成一道综合问题来分析: 创设重物牵引小车运动的物理情境.

第二步, 构建运动模型: 重物竖直向下匀加速直线运动, 小车沿斜面做匀加速直线运动, 重物和小车是加速度大小相等的连接体, 如图 5 所示.

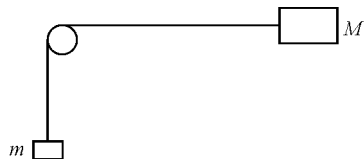


图 5 构建运动模型

第三步, 选研究对象, 受力分析, 如图 6 所示.

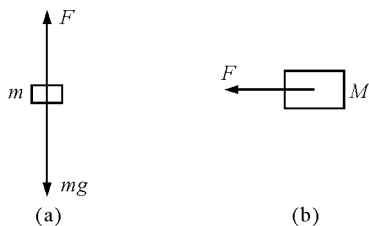


图6 对研究对象受力分析

第四步,选规律,写方程.

对小车:

$$F = Ma \quad (1)$$

对重物:

$$mg - F = ma \quad (2)$$

由此可得

$$a = \frac{mg}{M+m} \quad F = \frac{M}{M+m}mg$$

若重物质量满足远小于小车质量的条件,即 $m \ll M$,从理论上分析,则可认为小车所受的拉力

$$F = mg \quad (3)$$

若满足动能定理,则有

$$Fx = \frac{1}{2}Mv^2 \quad (4)$$

即

$$W = \frac{1}{2}Mv^2 \quad (5)$$

整理可得

$$v^2 = \frac{2}{M}W \quad (6)$$

其中斜率 $k = \frac{2}{M}$ 为一常数,故 $v^2 - W$ 关系图像为过原点的一条直线.

若重物质量不满足远小于小车质量的条件,从理论上分析,则小车所受的拉力为

$$F = \frac{M}{M+m}mg \quad (7)$$

若满足动能定理,则有

$$Fx = \frac{1}{2}Mv^2 \quad (8)$$

即

$$W = \frac{1}{2}Mv^2 \quad (9)$$

整理可得

$$v^2 = \frac{2}{M}W \quad (10)$$

其中斜率 $k = \frac{2}{M}$ 为一常数,故 $v^2 - W$ 关系图像仍为过原点的一条直线.

故正确答案为 A.

要正确解答这道题目还需要注意如下几点:

a. 题目给定的 W 是指拉力对小车做的功,而非重物重力做的功.

b. 要求从理论上分析,而非实验上分析.

c. 重物质量满足或不满足远小于小车质量的条件,对小车所受拉力有影响,拉力不同,但是拉力均为恒力,在“设已经完全消除了摩擦力和其他阻力的影响”的前提下,拉力始终为小车所受的合外力,拉力的功为小车所受的合外力的功.

5 对中学物理教学的启示

(1) 高度重视常规学生实验,精编实验讲义,在实验室动手解决问题,充分经历实验探究过程

在高三复习备考中,有人认为常规学生实验在高一和高二做过,高三没必要在这方面再浪费时间,再说即使是实验做得很熟练,考试也不一定能得到相应分数,不如高三讲实验来得实惠,这种做法尽管有一定道理,但是不符合新课改要注重培养物理核心素养、提高学生实验探究能力的要求.如何在高三教学中做好提高分数与提升能力的平衡,确实需要一线物理教师发挥教学智慧.为提高实验教学效率,建议根据学生情况编制实验学案,把考查常规实验的实验题改编成学生实验,让学生先预习,教师批阅,再让学生带着问题进实验室,经历真实实验过程,对于实验原理、器材选取、实验步骤、数据处理和误差分析等知识,根据学生掌握情况,再进行讲解,会得到更好的教学效果.

(2) 做好演示实验,规范学生实验操作

教师要精挑一些实验做好演示,规范学生的实验操作,例如使用多用电表测电阻,如何机械调零,根据待测电阻情况合理选挡,红黑表笔短接调零,测量并读数,如果还需要测量其他电阻,若不需要换挡

直接测量,如果需要换挡测量其他电阻需要重新短接调零.最后规范整理器材时多用电表的选择开关置于“OFF”挡或交流电压最高挡位,红黑表笔取出,长时间不用多用电表,需要将电池取出.教师规范演示完毕,不见得学生真的会了,再让学生注意规范操作的基础上真动手,在真动手的时候,才可能做到真动脑,干巴巴的知识才可能变得生动起来,爱动脑的孩子自然要思考内部的构造是怎样的?什么原理?学习过程不断引向深入,复习效率自然提高.

(3) 精选探究实验,将实验进行变式,鼓励学生探究

通过分析近几年的高考实验题最后一问,不难发现一些规律,即在常规实验的基础上,改变某些实验条件,对实验结果进行深入讨论,较高层次考查学生的实验探究能力.例如2017年考查的探究动能定理实验最后一问中提出“假设已经完全消除了摩擦力和其他阻力的影响,若重物质量不满足远小于小车质量的条件,则从理论上分析,正确反映 v^2-W 关系的是”,常规实验考查为“若重物质量满足远小于小车质量的条件,则从理论上分析,正确反映 v^2-W 关系的是”,如果在教学中加以引导,启发学生思考为什么需要满足重物质量满足远小于小车质量的条件,不满足的话,对哪个物理量有直接影响?如何进行修正?对实验结果有何影响?等等,可能很多问题都迎刃而解.

(4) 以典型实验为例渗透图像法处理数据思想
在高中物理实验中有很多应用图像法处理数据的例子,对于图像我们需要重点关注图像的变化趋势、斜率、截距、面积等信息所包含的物理意义.

例如:2016年高考北京实验题考查验证机械能守恒定律的实验,最后一问中提出,“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.”该实验数据处理将计算验证转化为图像验证,作出 v^2-h 关系图像,若图像是一条过原点的直线,是不是就能说明能证实机械能守恒呢?需要

借助于基本关系论证一下.

具体论证过程可以把这样的问题看成一个综合题,物体竖直向下做匀加速直线运动,选择规律写方程.如果满足机械能守恒,则 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$,则 $v^2 = 2gh$,可知 v^2-h 图像是过原点的一条直线,且图像的斜率接近 $2g$.

如果物体下落过程有阻力且阻力恒定时,图像是什么样子的呢?借助能量守恒定律不难写出: $mgh = \frac{1}{2}mv^2 + fh$,则 $v^2 = \frac{2(mg-f)}{m}h$,可知 v^2-h 图像也是过原点的一条直线.看来要想通过作出 v^2-h 图像的方法验证机械能是否守恒,还必须看图像的斜率是否接近 $2g$.

又如:伏安法测电源电动势和内电阻的实验中,通过采集数据作出了电源的路端电压与流过电源的电流的关系图像,即 $U-I$ 关系图像,利用图像求出电源的电动势和内电阻.不妨写出 $U-I$ 的函数关系表达式,因为支配函数图像背后的是函数关系,借助所学知识写出纵坐标与横坐标的函数关系,即 $U = -Ir + E$,不难看出图像斜率的绝对值表示内电阻 r ,图像与纵轴的截距表示电源电动势 E .

再如:物理规律具有简洁美,在利用图像法来处理数据时,直接研究某两个物理量关系可能是反比例函数,不妨将其中一个变量取倒数,再作图像就可以转化为一次函数关系,图像就变成简洁的线性关系了.比较典型的是牛顿第二定律实验中,把描绘 $a-m$ 图像转化为描绘 $a-\frac{1}{m}$ 图像,等等.

参考文献

- 1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中课程标准实验教科书必修1.北京:人民教育出版社,2010.72
- 2 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中课程标准实验教科书必修2.北京:人民教育出版社,2010.69~71
- 3 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中课程标准实验教科书选修3-1.北京:人民教育出版社,2010.71