

2017年 高考全国卷 III 物理压轴题的多种解法

王 城

(资中县球溪高级中学 四川 内江 641208)

(收稿日期:2017-07-18)

摘要:对同一题目从不同角度多次思维,可以将知识进行运用和迁移,有助于培训学生从不同角度用不同方法对同一问题求解,从而培养学生的发散思维.通过对2017年高考全国卷III物理压轴题第25题的多种解法的讨论,可以加深学生对基本概念、基本规律的理解和应用,同时,也熟悉了物理计算题的解题方法,起到事半功倍之效.

关键词:全国 高考 压轴题 解法

1 第25题原题再现及参考答案

【原题】如图1所示,两个滑块A和B的质量分别为 $m_A=1\text{ kg}$ 和 $m_B=5\text{ kg}$,放在静止于水平地面上的木板的两端,两者与木板间的动摩擦因数均为 $\mu_1=0.5$;木板的质量 $m=4\text{ kg}$,与地面间的动摩擦因数 $\mu_2=0.1$.某时刻A和B两滑块开始相向滑动,初速度大小均为 $v_0=3\text{ m/s}$.A、B相遇时,A与木板恰好相对静止.设最大静摩擦力等于滑动摩擦力,取重力加速度大小 $g=10\text{ m/s}^2$.求:



图1 原题题图

- (1)B与木板相对静止时,木板的速度;
(2)A、B开始运动时,两者之间的距离.

参考答案:

(1)滑块A和B在木板上滑动时,木板也在地面上滑动.设A、B和木板所受的摩擦力大小分别为 f_1 、 f_2 和 f_3 ,A和B相对于地面的加速度大小分别为 a_A 和 a_B ,木板相对于地面的加速度大小为 a_1 .在滑块B与木板达到共同速度前有

$$f_1 = \mu_1 m_A g \quad (1)$$

$$f_2 = \mu_1 m_B g \quad (2)$$

$$f_3 = \mu_2 (m + m_A + m_B) g \quad (3)$$

由牛顿第二定律得

$$f_1 = m_A a_A \quad (4)$$

3.3 重视心理引导 从容面对“陌生题”

高考题经常会出现“生面孔”,其实不一定“难”,只不过是学生首次接触,处理这类问题的基本概念、基本规律,学生都已经熟练掌握,关键看学生能否冲破思维定式,克服心理障碍,沉着冷静,仔细审题,挖掘其考查的知识点,灵活应用已有的方法处理问题.当然,“处变不惊”也是需要平时扎实的积累与训练的,在高三复习过程中,教师可以适度让学生处理“陌生题”,学生平时通过独立解决物理问题而获得的满足与喜悦,是对考场心理的积极暗示.

同时,教师的教学过程更应重视心理引导,如果教师在教学中灌输给学生的是“物理难教、难学、难解”,那么学生即使有兴趣,也会打退堂鼓.教师应提

供愉快的教学环境,“轻松”地掌握每一个新规律、新方法,从容面对陌生的问题,这样,在考场中的“陌生题”也就不那么可怕了.

实际上在近几年的江苏高考试题中,通过这种多物体组合模型来考查学生的各种能力的试题也不在少数,如2016年高考江苏物理卷第9题“猫抓桌布”、2015年高考江苏物理卷第14题,或通过创设新的物理情境,或通过设置较新颖的问题等,而其所用解题方法和思路既基本也有一定高度.

因此,教师在教学中既要重视基本内容的教学,也要循序渐进,提升知识迁移能力,挖掘思维深度,同时也要重视心理因素对处理问题的影响,实现冷静备考.

$$f_2 = m_B a_B \quad (5)$$

$$f_2 - f_1 - f_3 = m a_1 \quad (6)$$

设在 t_1 时刻, B 与木板达到共同速度, 其大小为 v_1 . 由运动学公式有

$$v_1 = v_0 - a_B t_1 \quad (7)$$

$$v_1 = a_1 t_1 \quad (8)$$

联立式(1)~(8), 代入已知数据得

$$v_1 = 1 \text{ m/s} \quad (9)$$

(2) 在 t_1 时间间隔内, B 相对于地面移动的距离为

$$s_B = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_B t_1^2 \quad (10)$$

设在 B 与木板达到共同速度 v_1 后, 木板的加速度大小为 a_2 . 对于 B 与木板组成的体系, 由牛顿第二定律有

$$f_1 + f_3 = (m_B + m) a_2 \quad (11)$$

由式(1)、(2)、(4)、(5)知, $a_A = a_B$; 再由式(7)、(8)知, B 与木板达到共同速度时, A 的速度大小也为 v_1 , 但运动方向与木板相反. 由题意知, A 和 B 相遇时, A 与木板的速度相同, 设其大小为 v_2 . 设 A 的速度大小从 v_1 变到 v_2 所用的时间为 t_2 , 则由运动学公式, 对木板有

$$v_2 = v_1 - a_2 t_2 \quad (12)$$

对 A 有

$$v_2 = -v_1 + a_A t_2 \quad (13)$$

在 t_2 时间间隔内, B (以及木板) 相对地面移动的距离为

$$s_1 = v_1 t_2 - \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \quad (14)$$

在 $(t_1 + t_2)$ 时间间隔内, A 相对地面移动的距离为

$$s_A = v_0 (t_1 + t_2) - \frac{1}{2} a_A (t_1 + t_2)^2 \quad (15)$$

A 和 B 相遇时, A 与木板的速度也恰好相同. 因此 A 和 B 开始运动时, 两者之间的距离为

$$s_0 = s_A + s_1 + s_B \quad (16)$$

联立以上各式, 并代入数据得

$$s_0 = 1.9 \text{ m} \quad (17)$$

2 其他解法

2.1 动力学观点法

解析:(1) 同参考答案解法, 此时 $t_1 = 0.4 \text{ s}$.

(2) 当设在 B 与木板达到共同速度 v_1 后, 木板的加速度大小为 a_2 . 对于 B 与木板组成的体系, 由牛顿第二定律有

$$f_1 + f_3 = (m_B + m) a_2$$

解得 $a_2 = \frac{5}{3} \text{ m/s}^2$, 方向水平向左.

设经过 t_2 时间, 木板与 A 共速, 则

$$v'_1 = v_1 - a_1 t_2 = -v_1 + a_A t_2$$

解得

$$t_2 = 0.3 \text{ s} \quad v'_1 = 0.5 \text{ m/s}$$

在 t_1 时间内, B 相对于地面向右移动的距离为

$$s_B = \frac{v_0 + v_1}{2} t_1$$

此时木板相对于地面向右移动的距离为

$$s_{\text{木}} = \frac{v_1}{2} t_1$$

在 t_1 时间内, B 相对于木板移动的距离为

$$\Delta s_1 = s_B - s_{\text{木}}$$

在 t_1 时间内, A 相对于地面向左移动的距离为

$$s_A = \frac{v_0 + v_1}{2} t_1$$

在 t_1 时间内, A 相对于木板向左移动的距离为

$$\Delta s_2 = s_A + s_{\text{木}}$$

同理, 在 t_2 时间内, A 相对于地面向左移动的距离为

$$s'_A = \frac{v_1 - v'}{2} t_2$$

在 t_2 时间内, 木板相对于地面向右移动的距离为

$$s'_{\text{木}} = \frac{v_1 + v'}{2} t_2$$

A 相对于木板向左移动的距离为

$$\Delta s'_2 = s'_A + s'_{\text{木}}$$

A 和 B 开始运动时, 两者之间的距离为

$$s_0 = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s'_2$$

联立以上各式, 代入数据解得

$$s_0 = 1.9 \text{ m}$$

点评: 此方法本质上和参考答案一样, 不同之处

在于分阶段求滑块A和B在不同阶段相对于木板移动的位移大小,然后把它们加起来就是要求的答案.在求解的过程中也一定要注意各矢量的方向,否则容易出错.

2.2 $v-t$ 图像法

根据题意并结合解法2.1作出如图2所示的 $v-t$ 图像,其中线段 RP 表示整个过程中滑块A运动的 $v-t$ 图线,线段 MNP 表示整个过程中滑块B运动的 $v-t$ 图线,线段 ONP 表示整个过程中木板运动的 $v-t$ 图线.(注意:为了方便表述在图线上标明了一些字母)

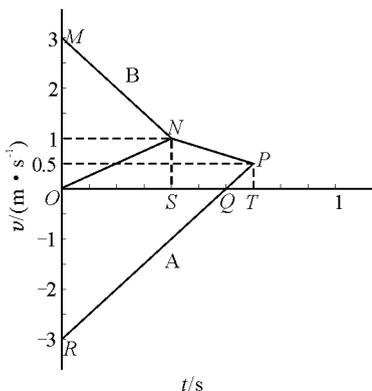


图2 $v-t$ 图

解析:(1) 由 $v-t$ 图像直接看出,经过 $t_1=0.4\text{ s}$ 后,B与木板相对静止时,木板的速度

$$v_1 = 1\text{ m/s}$$

(2) 由 $v-t$ 图像的物理意义可知,整个过程中,A相对于地面的位移大小为

$$s_A = S_{\triangle OQR} - S_{\triangle PQT} = \frac{0.6 \times 3}{2}\text{ m} - \frac{0.5 \times 0.1}{2}\text{ m} = 0.875\text{ m}$$

在 t_1 时间内,B相对于地面的位移大小为

$$s_B = S_{\text{梯形}MNSO} = \frac{(1+3) \times 0.4}{2}\text{ m} = 0.8\text{ m}$$

在 t_2 时间内,B相对于地面的位移大小为

$$s_1 = S_{\text{梯形}NPTS} = \frac{(0.5+1) \times 0.3}{2}\text{ m} = 0.225\text{ m}$$

A和B开始运动时,两者之间的距离为

$$s_0 = s_A + s_1 + s_B = 1.9\text{ m}$$

点评:图像法是数形结合考虑问题的一种重要思想方法,它能形象地表述物理规律,能直观地描述物理过程,能鲜明地表示物理量之间的相互关系及变化趋势,所以图像在中学物理解题中应用广泛,是

分析物理问题的有效手段之一.本题要准确地作出各物体运动的 $v-t$ 图线,要能够对物体的受力情况、运动情况进行精确分析,在解题的过程中也要重视对研究对象的确定,物体的受力、运动情况的分析.

2.3 动量和能量观点法

解析:(1) 此解法用到参考答案中的式(1)、(2)、(3).

对滑块B,由动量定理得

$$f_2 t_1 = m_B v_0 - m_B v_1 \quad (18)$$

对滑块B和木板组成的体系,由动量定理得

$$(f_1 + f_3) t_1 = m_B v_0 - (m_B + m) v_1 \quad (19)$$

联立式(1)、(2)、(3)、(18)、(19),代入已知数据得

$$v_1 = 1\text{ m/s} \quad (20)$$

(2) 在 t_1 时间间隔内,设滑块B相对于地面移动的距离为 s_B ,对滑块B由动能定理得

$$f_2 s_B = \frac{1}{2} m_B v_0^2 - \frac{1}{2} m_B v_1^2 \quad (21)$$

对滑块B和木板组成的体系,由动量定理得

$$(f_1 + f_3) t_2 = (m_B + m)(v_1 - v_2) \quad (22)$$

对滑块A,由动量定理得

$$f_1 t_2 = m_A (v_1 + v_2) \quad (23)$$

在 t_2 时间间隔内,设滑块B(以及木板)相对于地面移动的距离为 s_1 ,由动能定理得

$$(f_1 + f_3) s_1 = \frac{1}{2} (m_B + m) v_1^2 - \frac{1}{2} (m_B + m) v_2^2 \quad (24)$$

在 $(t_1 + t_2)$ 时间间隔内,设滑块A相对地面移动的距离为 s_A ,对滑块A由动能定理得

$$f_1 s_A = \frac{1}{2} m_A v_0^2 - \frac{1}{2} m_A v_2^2 \quad (25)$$

滑块A和滑块B相遇时,滑块A与木板的速度也恰好相同.因此滑块A和B开始运动时,两者之间的距离为

$$s_0 = s_A + s_1 + s_B \quad (26)$$

联立以上各式,并代入数据得

$$s_0 = 1.9\text{ m} \quad (27)$$

点评:2017年《考试大纲》中“考试范围与要求”把选修3-5模块的内容由“选考内容”调成“必考内容”,动量变成了必考,动量及动量守恒定律的综合

题目又会重新回到高考试题中。值得注意的是,运用动量观点中的动量守恒定律解题时一定要注意题设条件是否满足守恒条件,此题解答的过程中部分考生就误用动量守恒定律求解而导致错误。

2.4 非惯性参考系法

解析: (1) 此法需用到参考答案中的式(1)、(2)、(3)、(6)。

以木板为参考系,设滑块 B 的加速度大小为 a_{B1} , 则

$$f_2 + m_B a_1 = m_B a_{B1} \quad (28)$$

经过 t_1 时间, 滑块 B 与木板相对静止, 设此时木板的速度为 v_1 , 则

$$v_0 - a_{B1} t_1 = 0 \quad (29)$$

$$v_1 = a_1 t_1 \quad (30)$$

联立式(1)、(2)、(3)、(6)、(28)、(29)、(30), 代入数据解得

$$v_1 = 1 \text{ m/s} \quad t_1 = 0.4 \text{ s}$$

(2) 在 t_1 时间内, 滑块 B 相对于木板移动的距离为

$$s_{B1} = \frac{v_0}{2} t_1$$

以木板为参考系, 设 t_1 时间内, 滑块 A 的加速度大小为 a_{A1} , t_1 时刻滑块 A 的速度为 v_A , 相对于木板的位移为 s_{A1} , 则

$$f_1 - m_A a_1 = m_A a_{A1}$$

$$v_A = v_0 - a_{A1} t_1$$

$$s_{A1} = \frac{v_0^2 - v_A^2}{2a_{A1}}$$

设在滑块 B 与木板达到共同速度 v_1 , 木板的加速度大小为 a_2 . 此后, 滑块 B 相对于木板处于静止状态. 对于滑块 B 与木板组成的体系, 由牛顿第二定律有

$$f_1 + f_3 = (m_B + m) a_2$$

滑块 B 与木板达到共速 v_1 后, 以木板为参考系, 设滑块 A 的加速度大小为 a_{A2} , 则

$$f_1 + m_A a_2 = m_A a_{A2}$$

以木板为参考系, 设滑块 A 的速度大小从 v_A 变为零的过程中, 移动的距离为 s_{A2} , 则

$$s_{A2} = \frac{v_A^2}{2a_{A2}}$$

故滑块 A 和滑块 B 开始运动时候, 两者之间的距离为 s_0 , 则

$$s_0 = s_{B1} + s_{A1} + s_{A2}$$

联立以上各式, 代入数据得

$$s_0 = 1.9 \text{ m}$$

点评: 在直线加速运动的非惯性参考系中, 质点所受惯性力 f^* 与非惯性参考系的加速度 a 方向相反, 且 $f^* = -ma$; 在直线加速的非惯性参考系中, 质点的动力学方程为 $\sum F_i + f^* = ma_{\text{相}}$ (其中 $a_{\text{相}}$ 为相对参考系的加速度). 非惯性参考系法解决物理力学问题虽然简洁明了, 但是对于惯性力的相关知识大部分中学生目前无法理解而且容易引起混淆, 建议对于学过竞赛的学生使用此法, 其余学生不建议使用。

3 思考和讨论

本题作为全国卷 III 的压轴题, 继续秉承了全国卷对高中物理必修模块的重视, 注重考查考生对于多物体、多过程、多运动形式题目的掌握, 不失为一道具有选拔性的好题. 笔者通过多种方法的对比解答, 同时给出了点评, 旨在提供一些其他的解题思路以期和全国同行进行交流. 同时, 在以后的教学中灌输对同一题目从不同角度多次思维的理念, 精选一些“一题多解”的习题, 启发学生从不同角度、不同方向分析问题, 从中寻求解题的最佳思路, 培养他们的发散思维能力. 另外, 虽然笔者列举的解题方法, 有些方法比原题参考答案的方法步骤更多甚至更难, 但它对不同层次的学生们的逻辑思维能力有更加宽广的引导, 有助于培训学生从不同角度用不同方法对同一问题求解, 从而培养学生的发散思维。

参考文献

- 1 四川省教育考试院编. 二〇一七年全国普通高考各科试题及参考答案理科综合(物理). 2017. 6
- 2 漆安慎, 杜婵英. 普通物理学教程 力学. 北京: 高等教育出版社, 2002. 2
- 3 尹雄杰, 王文涛. 高中物理解题方法与技巧. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2017. 3
- 4 崔伟健. 浅谈“一题多解”在高中物理教学中的应用. 中学物理, 2013, 31(11): 93 ~ 94