

2015 年高考全国课标卷 I 物理试题评析

孙鹏伟

(西安交大二附中 陕西 西安 710061)

(收稿日期:2015-11-03)

摘 要:2015 年高考全国课标卷 I 物理试题与 2014 年相比较,考查内容在立足主干内容上有较大变化,在回归教材、回归基础知识和突出能力方面呈现“3 个特点”,高质量的旧题翻新、高水平常规题改编“独具匠心”。

关键词:变化 特点 能力考查

“年年有高考,岁岁题不同”.2015 年高考全国课标卷 I 物理试题以立足主干知识的考查继续保持稳中有变,回归教材、回归基础知识的综合应用及突出考纲中的“5 大能力”继续作为命题专家的守望,高质量旧题翻新、高水平常规题的改编继续是试题体现创新的“新常态”。

1 试题出现的“3 大变化”

试题内容的顺序及重点考查主干知识出现的“3 大变化”。

1.1 物理学史试题顺序上的变化

考查物理学史或以物理学史为背景考查物理学思想和方法的试题没有在第 14 题出现,而出现在第 19 题且为多选题。

1.2 力学实验题考查背景的变化

一改多年以考查《考纲》中实验为背景的设计性探究实验的惯例,而是以考查圆周运动中运动和力的关系为背景的设计性探究实验。

1.3 考查主干知识的侧重点发生较大变化

首先,两道必做的计算题一改自新课标卷 I 出炉以来相对比较固定的考查内容,第 24 题由考查物体运动问题改为考查力电结合的力学平衡问题,第 25 题由考查带电粒子在电磁场中运动或力电结合问题改为以木板带动滑块模型为背景的运动和力的关系问题。其次,3 个选做题的第(1)题所考查的知识点均和往年全国新课标卷 I 不同,3-3 的第(1)问考查了晶体的性质,3-4 的第(1)问考查了双缝干涉实验,3-5 的第(1)问考查了光电效应(2012 年虽考过但考查的角度不同)。

2 考查呈现“3 个特点”

基础知识、基本能力及主干核心知识综合应用能力的考查呈现“3 个特点”。

2.1 直接源于教材中练习题的改编试题

这部分所占分值 24 分,其中包括选择题第 19 题源自选修 3-2 第 28 页第 1 题;计算题第 24 题源于人教版选修 3-1 第 94 页第 3 题;选做第 35 题中第(1)题源自人教版选修 3-5 第 35 页例题。

2.2 考查教材基础知识或基本分析能力试题

这部分所占分值 24 分,其中包括选择题第 14、15、16 题和选做题第 33、34、35 题中的第(1)题均以考查教材基础知识为主,从知识层面上均以记忆为主,考生只需要根据基本概念综合判断或根据基本公式、推导的结论等直接代入分析求解即可得到正确答案,例如第 16 题。

【例 1】(第 16 题)一理想变压器的原、副线圈的匝数比为 3:1,在原、副线圈的回路中分别接有阻值相同的电阻,原线圈一侧接在电压为 220 V 的正弦交流电源上,如图 1 所示。设副线圈回路中电阻两端的电压为 U ,原、副线圈回路中电阻消耗功率的比值为 k ,则

A. $U = 66 \text{ V}, k = \frac{1}{9}$

B. $U = 22 \text{ V}, k = \frac{1}{9}$

C. $U = 66 \text{ V}, k = \frac{1}{3}$

D. $U = 22 \text{ V}, k = \frac{1}{3}$

基础知识: (1) 根据理想变压器原理 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$

可得

$$U = U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = \frac{U_1}{3} \quad U_1 = 3U_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{3} \quad I_2 = 3I_1$$

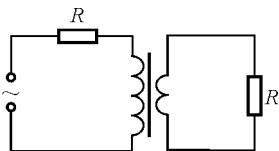


图 1

(2) 根据 $P = I^2 R$ 可得

$$k = \frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1^2 R}{I_2^2 R} = \frac{I_1^2}{I_2^2} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 = \frac{1}{9}$$

分析能力: (1) 由电路图可得

$$U_1 \neq 220 \text{ V} \quad 220 \text{ V} = I_1 R + U_1$$

(2) 联立推导上式

$$220 \text{ V} - I_1 R = 3U_2 = 3I_2 R = 9I_1 R$$

$$I_1 R = 22 \text{ V}$$

$$U = U_2 = I_2 R = 3I_1 R = 66 \text{ V}$$

2.3 “一题多解”凸显主干核心知识综合应用能力

计算题第 25 题一改自新课标卷出炉以来一直以带电粒子在电磁场中运动或力电结合模型的旧面孔,以最经典、最常见的木板带动滑块模型为背景,综合考查牛顿运动定律、匀变速直线运动规律、速度时间图像等力学核心内容,突出考查推理能力、分析综合能力以及应用数学处理物理问题能力,凸显物理重在对物理状态、物理过程和物理情境分析的特征.尤其在动量定理内容作为选修部分后,新课标卷的第 25 题一直在有意避开能够应用动量定理解决问题之嫌的背景下,试题过程的设置为考生提供了应用动量定理解决问题的思考空间,这一设置不仅为学生提供了较多的思考空间和解决问题的方法,更为学生灵活应用物理核心内容解决实际问题提供了一个广阔的思维空间.可以说既凸显了物理的基础主干内容,又突出了物理教学所要求的核心能力.

【例 2】(第 25 题) 一长木板置于粗糙水平地面上,木板左端放置一小物块;在木板右方有一墙壁,木板右端与墙壁的距离为 4.5 m,如图 2(a) 所示. $t = 0$ 时刻开始,小物块与木板一起以共同速度向右运动,直至 $t = 1 \text{ s}$ 时木板与墙壁碰撞(碰撞时间极短).碰撞

前后木板速度大小不变,方向相反;运动过程中小物块始终未离开木板.已知碰撞后 1 s 时间内小物块的 $v-t$ 图线如图 2(b) 所示.木板的质量是小物块质量的 15 倍,重力加速度大小 g 取 10 m/s^2 . 求:

- (1) 木板与地面间的动摩擦因数 μ_1 及小物块与木板间的动摩擦因数 μ_2 ;
- (2) 木板的最小长度;
- (3) 木板右端离墙壁的最终距离.

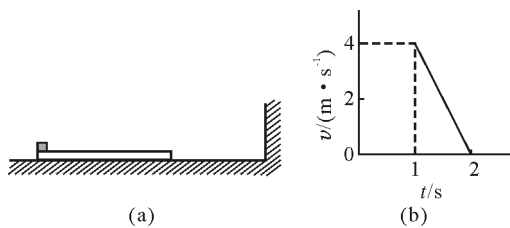


图 2

方法 1: 运动学和牛顿运动定律相结合

(1) 小物块和木板一起向右做匀减速运动过程

$$v_1 = v_0 + a_1 t_1$$

$$s_0 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

$$-\mu_1 (m + M) g = (m + M) a_1$$

将 $v_1 = 4 \text{ m/s}$, $t_1 = 1 \text{ s}$, $s_0 = 4.5 \text{ m}$ 代入计算得

$$a_1 = -1 \text{ m/s}^2 \quad v_0 = 5 \text{ m/s}$$

$$\mu_1 = 0.1$$

在木板与墙壁碰撞后小物块运动过程

$$a_2 = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = -4 \text{ m/s}^2$$

$$-\mu_2 m g = m a_2$$

可得

$$\mu_2 = 0.4$$

(2) 设碰撞后木板的加速度为 a_3 , 再经过时间 Δt , 木板和小物块刚好具有共同速度 v_3 . 以向左为正方向, 则 $v_1 = -4 \text{ m/s}$, $a_2 = 4 \text{ m/s}^2$, 如图 3 所示.

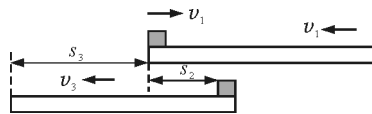


图 3

由牛顿第二定律及运动学公式得

$$-\mu_2 m g - \mu_1 (m + M) g = M a_3$$

$$v_3 = -v_1 + a_3 \Delta t = v_1 + a_2 \Delta t$$

代入数据计算可得

$$v_3 = 2 \text{ m/s} \quad a_3 = -\frac{4}{3} \text{ m/s}^2$$

$$\Delta t = 1.5 \text{ s}$$

碰撞后至木板和小物块刚好达到共同速度的过程中,小物块运动位移为

$$s_2 = \frac{1}{2}(-v_1 + v_3)\Delta t = -1.5 \text{ m}$$

木板运动的位移为

$$s_3 = \frac{1}{2}(v_1 + v_3)\Delta t = 4.5 \text{ m}$$

木板的最小长度为

$$\Delta s = s_3 - s_2 = 6.0 \text{ m}$$

(3) 在小物块和木板具有共同速度 $v_3 = 2 \text{ m/s}$ 后,两者向左做匀变速运动直至停止,设加速度为 a_4 ,运动的位移 s_4 .由牛顿第二定律及运动学公式有

$$-\mu_1(m+M)g = (m+M)a_4$$

解得

$$a_4 = -1 \text{ m/s}^2$$

$$s_4 = -\frac{v_3^2}{2a_4} = 2 \text{ m}$$

木板右端离墙壁的最终距离为

$$s = s_3 + s_4 = 6.5 \text{ m}$$

方法2:速度-时间图像与牛顿运动定律相结合

(1) 由题图2(b)中所给的速度-时间图像可知,小物块运动的加速度为

$$a_2 = -4 \text{ m/s}^2$$

由牛顿第二定律有

$$-\mu_2 mg = ma_2$$

$$\mu_2 = 0.4$$

建立小物块和木板一起向右做匀减速运动的速度-时间图像如图4所示.

由图像物理意义可知

$$a_1 = \frac{v_1 - v_0}{t} = \frac{4 - 5}{1} \text{ m/s}^2 = -1 \text{ m/s}^2$$

由牛顿第二定律有

$$-\mu_1(m+M)g = (m+M)a_1$$

$$\mu_1 = 0.1$$

(2) 由方法1结果可知

$$a_3 = -\frac{4}{3} \text{ m/s}^2 \quad a_4 = -1 \text{ m/s}^2$$

建立小物块的速度-时间图像及木板速度-时间图像,如图5所示.

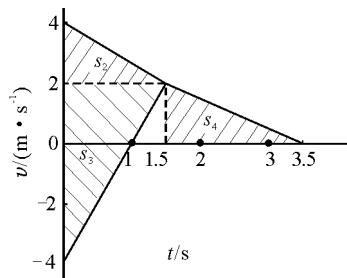


图5

由图像的物理意义可知:小物块运动的位移为

$$s_2 = \frac{1}{2} \times (-v_1 + v_3) \Delta t =$$

$$\frac{1}{2} \times (-4 + 2) \times 1.5 \text{ m} = -1.5 \text{ m}$$

木板运动的位移为

$$s_3 = \frac{1}{2} \times (v_1 + v_3) \Delta t =$$

$$\frac{1}{2} \times (4 + 2) \times 1.5 \text{ m} = 4.5 \text{ m}$$

小物块和木板有共同速度 v_3 ,直至停止运动的位移为

$$s_4 = \frac{1}{2} \times (v_3 + v_{\text{末}})(t_{\text{末}} - 1.5 \text{ s}) =$$

$$\frac{1}{2} \times (2 + 0) \times (3.5 - 1.5) \text{ m} = 2 \text{ m}$$

木板的最小长度为

$$\Delta s = s_3 - s_2 = 6.0 \text{ m}$$

木板右端离墙壁的最终距离为

$$s = s_3 + s_4 = 6.5 \text{ m}$$

方法3:牛顿运动定律与运动的相对性相结合

以木板为参照物,小物块相对木板的初速度 $v_0 = 8 \text{ m/s}$,末速度 $v_t = 0$,由方法1结果可知,运动时间 $t = 1.5 \text{ s}$,相对加速度为

$$a = a_2 + a_3 = -\left(4 + \frac{4}{3}\right) \text{ m/s}^2 = -\frac{16}{3} \text{ m/s}^2$$

则小物块相对木板运动的距离

$$\Delta s = \frac{(v_0 + v_t)t}{2} = \frac{(8 + 0) \times 1.5}{2} \text{ m} = 6 \text{ m}$$

或

$$\Delta s = -\frac{v_0^2}{2a} = 6 \text{ m}$$

方法4:动量定理与动能定理相结合

(1) 木板和小物块一起向右运动过程,由动量定理与动能定理有

$$-\mu_1(M+m)gt_0 = (M+m)v_1 - (M+m)v_0$$

$$-\mu_1(M+m)gs_0 = \frac{1}{2}(M+m)v_1^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_0^2$$

碰撞后小物块继续向右运动过程,由动量定理与动能定理有

$$-\mu_2 mgt_1 = 0 - mv_1 \quad -\mu_2 mgs_1 = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

代入数值并联立求解可得

$$v_0 = 5 \text{ m/s} \quad \mu_1 = 0.1 \quad \mu_2 = 0.4$$

(2) 从碰撞后开始到小物块与木板具有相同速度 v_3 的运动过程,如图 6 所示.

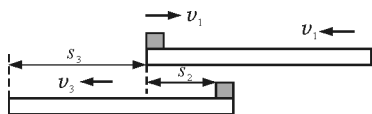


图 6

由动量定理与动能定理得

$$-\mu_2 mgt = -mv_3 - mv_1$$

$$-\mu_2 mgs_2 = \frac{1}{2}mv_3^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$-\mu_2 mgt - \mu_1(M+m)gt = Mv_3 - Mv_1$$

$$-\mu_2 mgs_3 - \mu_1(M+m)gs_3 = \frac{1}{2}Mv_3^2 - \frac{1}{2}Mv_1^2$$

联立求解可得

$$s_2 = 1.5 \text{ m} \quad s_3 = 4.5 \text{ m} \quad v_3 = 2 \text{ m/s} \quad t = 1.5 \text{ s}$$

木板的最小长度

$$\Delta s = s_2 + s_3 = 6 \text{ m}$$

(3) 木板与小物块一起以相同速度 $v_2 = 2 \text{ m/s}$ 运动到速度为零时,根据动能定理得

$$-\mu_1(M+m)gs_4 = -\frac{1}{2}(M+m)v_2^2$$

$$s_4 = 2 \text{ m}$$

木板右端离墙壁的最终距离

$$s = s_3 + s_4 = 6.5 \text{ m}$$

方法 5: 能量守恒定律与动量定理相结合

(1) 木板与墙壁碰撞前,由能量守恒定律与动量定理有

$$\frac{1}{2}(m+M)v_0^2 = \frac{1}{2}(m+M)v_1^2 + \mu_1(m+M)gs_0$$

$$-\mu_1(m+M)gt_0 = (m+M)v_1 - (m+M)v_0$$

将 $v_1 = 4 \text{ m/s}$, $t_0 = 1 \text{ s}$, $s_0 = 4.5 \text{ m}$ 代入解得

$$v_0 = 5 \text{ m/s} \quad \mu_1 = 0.1$$

小物块以 $v_1 = 4 \text{ m/s}$ 初速度运动至速度为零过程,由图可知运动时间 $t_1 = 1 \text{ s}$,路程 $s_1 = 2 \text{ m}$,由能量守恒定律或动量定理均可解得

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \mu_2 mgs_1$$

$$-\mu_2 mgt_1 = -mv_1 \quad \mu_2 = 0.4$$

(2) 从碰撞后到小物块与木板有相同向左速度 v_3 过程,设小物块相对地面位移为 s_2 ,木板相对地面的路程为 s_3 ,运动时间为 t ,由能量守恒定律与动量定理有

$$\frac{1}{2}(m+M)v_1^2 = \frac{1}{2}(m+M)v_3^2 +$$

$$\mu_2 mg(s_3 + s_2) + \mu_1(m+M)gs_3$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \mu_2 mgs_2$$

$$-\mu_2 mgt - \mu_1(m+M)gt = Mv_3 - Mv_1$$

$$-\mu_2 mgt = -mv_3 - mv_1$$

代入数据解得

$$v_2 = 2 \text{ m/s} \quad t = 1.5 \text{ s}$$

$$s_2 = 1.5 \text{ m} \quad s_3 = 4.5 \text{ m}$$

木板最短长度为

$$\Delta s = s_2 + s_3 = 6 \text{ m}$$

(3) 设木板向左运动的最大距离为 s ,由能量守恒定律

$$\frac{1}{2}(m+M)v_1^2 = \mu_2 mg\Delta s + \mu_1(m+M)gs$$

木板向左运动的最大距离 $s = 6.5 \text{ m}$.

3 试题情境不陌生 能力考查“独具匠心”

试题规避“偏、难、怪”是命题专家的基准,试题“指挥棒”的导向作用是命题专家的守望,“创新”是命题专家的“新常态”,考查“5 大能力”是命题专家的主旋律.高质量旧题翻新,使考生没有陌生感,既规避“偏、难、怪”又完成了守望.高水平常规试题通过专家“独具匠心”的改编,既体现了“创新”又考查了“5 大能力”.试题的第 17 至 21 题、第 25 题及选做第 34 及 35 题的第(2)题均为旧题翻新或常规试题改编,所占分值高达 60 分.

3.1 高质量的老题翻新

【例 3】(第 18 题) 一帶有乒乓球发射机的乒乓球台如图 7 所示. 水平台面的长和宽分别为 L_1 和 L_2 , 中间球网高度为 h . 发射机安装于台面左侧边缘的中点,能以不同速率向右侧不同方向水平发射乒乓球,发射点距台面高度为 $3h$. 不计空气的作用,重力加速度大小为 g . 若乒乓球的发射速率 v 在某范围内,通过选择合适的方向,就能使乒乓球落到球网右

侧台面上,则 v 的最大取值范围是

- A. $\frac{L_1}{2} \sqrt{\frac{g}{6h}} < v < L_1 \sqrt{\frac{g}{6h}}$
 B. $\frac{L_1}{4} \sqrt{\frac{g}{h}} < v < L_1 \sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$
 C. $\frac{L_1}{2} \sqrt{\frac{g}{6h}} < v < \frac{L_1}{2} \sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$
 D. $\frac{L_1}{2} \sqrt{\frac{g}{6h}} < v < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$

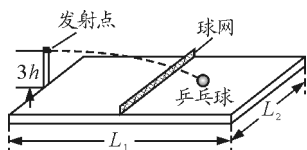


图 7

试题背景曾先后在高考试题中多次出现,但“独具匠心”的翻新表现在:

第一,以选择题形式出现,既降低了试题的难度又有效地考查了学生解答物理推导型选择题的一般思维方法,首先从量纲法可以直接得到选项 B,C 因为单位错误而被排除;

第二,当高度一定时,平抛最大水平距离决定水平初速度的最大值,水平最大距离由图 7 可得

$$s = \sqrt{L_1^2 + \frac{L_2^2}{4}}$$

显然正确选项只能为 D 选项。

3.2 高水平常规题改编

【例 4】(第 19 题)1824 年,法国科学家阿拉果完成了著名的“圆盘实验”。实验中将一铜圆盘水平放置,在其中心正上方用柔软细线悬挂一枚可以自由

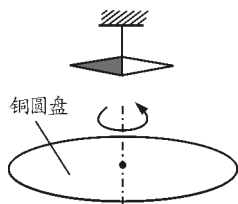


图 8

旋转的磁针,如图 8 所示。实验中发现,当圆盘在磁针的磁场中绕过圆盘中心的竖直轴旋转时,磁针也随着一起转动起来,但略有滞后。下列说法正确的是

- A. 圆盘上产生了感应电动势
 B. 圆盘内的涡电流产生的磁场导致磁针转动
 C. 在圆盘转动的过程中,磁针的磁场穿过整个圆盘的磁通量发生了变化
 D. 圆盘中的自由电子随圆盘一起运动形成电

流,此电流产生的磁场导致磁针转动

(1) 从电磁感应角度分析可知:磁体和导体之间的相对运动在导体内产生出了感应电流,且为沿圆盘径向的涡流;感应电流产生的磁力又会与磁体的磁力相互作用,从而使磁体一起转动起来,而磁针的磁场由于对称性穿过整个圆盘的磁通量为零。即正确为 A,B 选项。

(2) 从电磁感应现象发现的物理学史角度,1824 年,阿拉果完成了著名的“圆盘实验”后,许多物理学家都分别从不同角度解释阿拉果“圆盘实验”现象,但都没有圆满的解释。1825 年法拉第开始设计了许多模拟阿拉果“圆盘实验”的实验,试图从电磁感应角度解释并建立电磁感应定律,1831 年 10 月 28 日,法拉第设计的模拟阿拉果“圆盘实验”形成了电流,终于诞生了历史上第一台直流发电机。可以说阿拉果“圆盘实验”促进了法拉第对电磁感应现象的研究及电磁感应定律的建立,同时对于法拉第发现直流电动机的原理起到了重要作用。至此,阿拉果“圆盘实验”现象也得到了完满的解释。了解这段历史,也可直接判断只有 A,B 选项正确。

(3) 从试题角度可追溯于源自人教版选修 3-2 第 28 页第 1 题的改编,以多选题的形式出现,考生若不清楚涡流、电磁阻尼、电磁驱动和发电机的原理,将极容易出现多种错误的选项搭配或因多选一项而丢分。

4 试题不足

首先,力学实验题没有以教材中的实验为背景且为设计性探究实验是亮点,但对实验技能的考查中,像读取台秤读数的考查从高考为高校选拔人才角度效度不高;第二,第 18 题以物理知识在生活中的应用为背景,考查平抛运动规律的应用是亮点,但选项答案的设置只需要应用量纲法及数学勾股定理,就可猜出正确选项为 D,并不需要应用平抛运动规律推导和计算,失去了考查平抛运动规律的意义。

参考文献

- 王较过. 阿拉果对科学发展的贡献. 物理,1999,28(12)
- 王洛印. 法拉第对阿拉果铜盘实验现象的研究和解释. 哈尔滨工业大学学报,2010,12(4)
- 人民教育出版社,课程教材中心,物理课程教材研发中心. 普通高中课程标准教科书 物理必修 1-2,选修 3-1 至 3-5 全书. 北京:人民教育出版社,2007