

基于学科核心素养的高考物理图像类试题探析

王刚

(邯郸市教育科学研究所 河北 邯郸 056002)

(收稿日期:2019-12-20)

摘要:促进学生物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任4个方面的物理核心素养的形成和发展,是高中物理教育教学的重点。“能够运用函数图像解决物理问题”是学生关键能力的重要表现之一。从物理学科核心素养的视角分析了2019年高考试题和考纲说明题型示例中涉及图像问题的典型试题,以为图像教学中提升学生的核心素养提供参考。

关键词:核心素养 $v-t$ 图像 $a-x$ 图像 高考试题 考纲说明 物理教学

《普通高中物理课程标准(2017年版)》以核心素养为统领,提倡培养学生的学习能力,促进学生系统掌握各学科基础知识、基本技能、基本方法,培养适应终身发展和社会发展所需要的正确价值观念、必备品格和关键能力。2019年11月教育部考试中心制定的《中国高考评价体系》正式出版,提出要立足全面发展育人目标,明确构建包括“核心价值、学科素养、关键能力、必备知识”在内的高考考查内容体系^[1]。物理学科核心素养是物理学育人价值的集中体现,主要包括“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度和责任”4个方面的要素^[2]。为适应新时代对人才的要求,高考命题必将参考高考评价体系的框架,依据高中课程标准,聚焦学科核心素养形成与发展,充分发挥物理学在育人中的独特作用和价值,促进学生形成正确的物理观念,掌握科学的思维方法,具备探究和解决问题的能力,增强创新意识,引导学生正确认识科学、技术、社会、环境的关系,激发学生学习科学的兴趣,培养实事求是的科学态度,形成正确的价值观,为学生的终身发展奠定坚实的基础,从而落实立德树人根本任务^[3]。

物理规律的描述往往采用3种基本形式,即语言文字叙述、数学函数公式和物理图像。物理图像是一种特殊且形象的语言和工具,在中学物理中应用

广泛。物理图像是数形结合的产物,能够形象地表述物理规律,简洁地揭示出相关物理量之间的关系及变化趋势,同时把抽象的物理规律转化成直观的图形。就物理图像考查的要求,考试说明中明确提出:要能够对物理规律、状态和过程在理解的基础上用合适的图像表示出来,会用图像处理物理问题^[4]。图像类问题在历年高考真题和考纲说明的题型示例中出现的频率都很高,比如2019年高考全国I卷理综第20,21,25,34(1)题,II卷第14,18,19,21,23,25,33(1),34(1)题,III卷第17,19,20题,2019年考纲说明题型示例中的例题4,6,10,14,16,19,21,23等都是考查图像的题目。基于物理学科核心素养的视角,对2019年高考试题和考纲说明题型示例中涉及图像的典型题目进行分析与思考是十分必要的,可以为图像教学中提升学生核心素养提供参考。

1 以实际抛体运动的 $v-t$ 图像考查物理观念

【例1】(2019年高考全国新课标II卷理综第19题)如图1(a)所示,在跳台滑雪比赛中,运动员在空中滑翔时身体的姿态会影响下落的速度和滑翔的距离。某运动员先后两次从同一跳台起跳,每次都从离开跳台开始计时,用 v 表示他在竖直方向的速度,其 $v-t$ 图像如图1(b)所示, t_1 和 t_2 是他落在倾斜雪道

上的时刻,则()

A. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的位移比第一次的小

B. 第二次滑翔过程中在水平方向上的位移比第一次的大

C. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的平均加速度比第一次的大

D. 竖直方向速度大小为 v_1 时,第二次滑翔在竖直方向上所受阻力比第一次的大

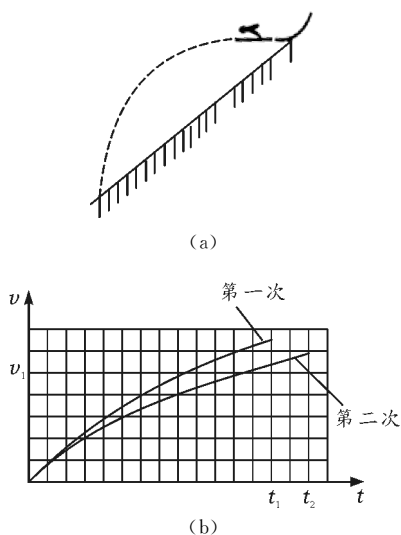


图1 例1题图

评析:本题以冬奥会跳台滑雪项目为背景,考查学生运用物理概念和规律解决实际运动中的相关问题,引导考生关注体育运动,增强体育锻炼的意识.题目给出运动员先后两次空中滑翔时在竖直方向上的速度-时间图像,考查考生对运动相关物理观念与图像中数学元素对应关系的理解.运用物理知识实际问题能力的高低,往往取决于学生将情境与知识相联系的水平.能不能把问题中的实际情境转换成解决问题的物理情境,建立相应的物理模型,这是应用物理观念思考问题、应用物理知识分析并解决问题的关键.考生需要从速度-时间图像中读取所需的关键数据,并理解速度-时间图像中图线与时间轴所围图形的面积表示位移、图像上某点切线的斜率表示该时刻加速度的大小等重要含义,结合牛顿第二定律分析求解.

在图像教学中,要让学生正确识别图像中横纵坐标分别代表的物理量是什么,以便清晰它们之间

变化的关系,彻底搞清楚图像中的点、线、斜率、截距、面积具有的物理意义,从而将图像描述的运动转化为生动的运动情境,再运用相关物理规律对具体问题进行分析求解.

2 以碰撞物体的 $v-t$ 图像考查科学思维

【例2】(2019年高考全国新课标I卷理综第25题)竖直面内一倾斜轨道与一足够长的水平轨道通过一小段光滑圆弧平滑连接,小物块B静止于水平轨道的最左端,如图2(a)所示. $t=0$ 时刻,小物块A在倾斜轨道上从静止开始下滑,一段时间后与B发生弹性碰撞(碰撞时间极短);当A返回到倾斜轨道上的P点(图中未标出)时,速度减为零,此时对其施加一外力,使其能在倾斜轨道上保持静止.物块A运动的 $v-t$ 图像如图2(b)所示,图中的 v_1 和 t_1 均为未知量.已知A的质量为 m ,初始时A与B的高度差为 H ,重力加速度大小为 g ,不计空气阻力.

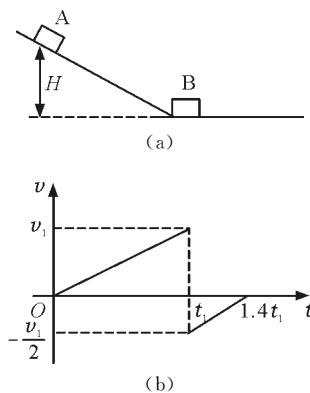


图2 例2题图

- (1) 求物块B的质量;
- (2) 在图2(b)所描述的整个运动过程中,求物块A克服摩擦力所做的功;
- (3) 已知两物块与轨道间的动摩擦因数均相等.在物块B停止运动后,改变物块与轨道间的动摩擦因数,然后将A从P点释放,一段时间后A刚好能与B再次碰上.求改变前后动摩擦因数的比值.

评析:本题以两个物块的碰撞为背景,将斜面上的匀变速运动、碰撞等不同形式的运动有机地融合在一起,要求考生能够分析复杂的物理过程,突出了对模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等科学思维的考查.题目通过呈现物块A碰撞前后的速度-

时间图像,将常见的碰撞问题推陈出新,设置的3个问题梯度明显,侧重考查信息提取和加工能力.学生不仅要从中获取物块A运动的信息,还需要分析物块A与B的运动情况.从物块A碰撞前后的速度—时间图像中提取出物块A碰撞前后的速度这一重要信息,运用能量守恒和动量守恒定律对物块A与B的相互作用进行科学论证和分析,从而得出物块B的质量,以及碰后物块B的运动特征.运用功能关系和动能定理可以分析出物块A克服摩擦力所做功的情况.第三问通过改变摩擦因数,进一步分析A与B的运动情况.从整个过程来看,题中A的运动过程为沿斜面匀加速运动、A与B的弹性碰撞、沿斜面向上的匀减速运动(摩擦因数为 μ_1)、静止一段时间、沿斜面向下的匀加速运动和水平面上的匀减速运动(摩擦因数为 μ_2);B的运动过程为弹性碰撞和水平面上的匀减速运动(摩擦因数为 μ_2).

在图像教学中,要注重学生的模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等能力的培养.从物理图像中提取有效信息,明晰题中所涉及的物理状态、物理过程和物理情境,在此基础上对物理问题进行具体的分析和研究,抓住问题的主要因素和相关条件,建立合适的物理模型,从而将一个复杂的问题分解为若干较为简单的问题,并找出它们之间的联系,运用合适的物理知识综合解决问题,从而提升学生科学思维的水平.

3 以不同星球上物体的 $a-x$ 图像考查科学探究

【例3】(2019年高考全国新课标I卷理综第21题)在星球M上将一轻弹簧竖直固定在水平桌面上,把物体P轻放在弹簧上端,P由静止向下运动,物体的加速度 a 与弹簧的压缩量 x 间的关系如图3中实线所示.在另一星球N上用完全相同的弹簧,改用物体Q完成同样的过程,其 $a-x$ 关系如图3中虚线所示.假设两星球均为质量均匀分布的球体,已知星球M的半径是星球N的3倍,则()

- A. M与N的密度相等
- B. Q的质量是P的3倍
- C. Q下落过程中的最大动能是P的4倍

D. Q下落过程中弹簧的最大压缩量是P的4倍

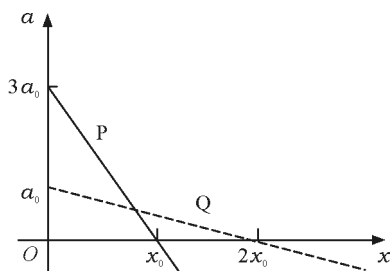


图3 例3题图

评析:题目以典型的弹簧模型为背景,要求考生能把生活中常见的情境顺利迁移到某一星球,同时以 $a-x$ 图像呈现信息,考查学生信息提取、加工及应用的能力.物理情境和设问都比较新颖,题中所蕴含的物理规律也比较隐蔽,从而避免了学生在解题过程中直接套用公式,较好地考查了学生建立物理模型、灵活运用物理知识分析问题和解决问题的高阶认知能力.需要将图像还原为问题情境,并结合物体加速度和弹簧压缩量之间关系的图像,综合运用万有引力定律、牛顿运动定律、功能关系等主干知识来解决问题.题中的弹簧振子,其运动情况是先加速再减速,具有运动的对称性,中间位置加速度为零,速度最大.根据此特点可知,P下落过程中弹簧最大压缩量为 $2x_0$,Q下落过程中弹簧最大压缩量为 $4x_0$,因此Q下落过程中弹簧的最大压缩量是P的2倍.从题目所给 $a-x$ 图像中抽取隐含信息可以得到两个星球上的重力加速度大小,利用中间加速度为零可以分析出Q的质量是P的3倍.关于P和Q下落过程中的最大动能,需要考生根据已有的变力做功知识来求解,恰好题目中 $F-x$ 是线性变化的,求解也很方便.也可以运用图像面积来思考问题, $F-x$ 的面积表示功,图像与 x 轴围成的面积若乘以质量 m 即为合外力 F 对物体所做的功.本题运动模型经典,考查面很广,命题立意高,解题的过程需要考生经历一个科学探究过程,体现出对学生科学探究能力的考查.

4 以“歼15”着舰的运动图像考查科学态度和责任

【例4】(2019年高考考纲说明题型示例例题14)2012年11月,“歼15”舰载机在“辽宁号”航空母

舰上着舰成功.图4(a)为利用阻拦系统让舰载机在飞行甲板上快速停止的原理示意图.飞机着舰并成功钩住阻拦索后,飞机的动力系统立即关闭,阻拦系统通过阻拦索对飞机施加一作用力,使飞机在甲板上短距离滑行后停止.某次降落,以飞机着舰为计时零点,飞机在 $t=0.4\text{ s}$ 时恰好钩住阻拦索中间位置,其着舰到停止的速度—时间图线如图4(b)所示.假如无阻拦索,飞机从着舰到停止需要的滑行距离约为 $1\ 000\text{ m}$.已知航母始终静止,重力加速度的大小为 g .则()

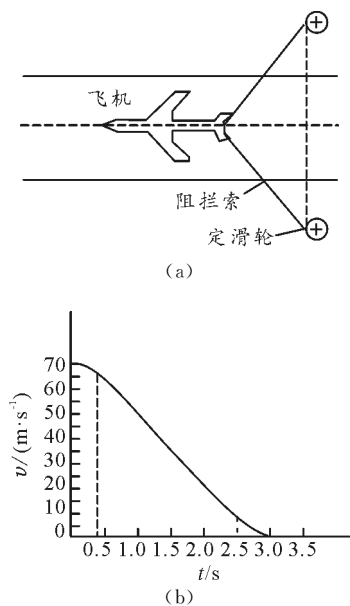


图4 例4题图

- A. 从着舰到停止,飞机在甲板上滑行的距离约为无阻拦索时的 $\frac{1}{10}$
- B. 在 $0.4\sim 2.5\text{ s}$ 时间内,阻拦索的张力几乎不随时间变化
- C. 在滑行过程中,飞行员所承受的加速度大小会超过 2.5 g
- D. 在 $0.4\sim 2.5\text{ s}$ 时间内,阻拦系统对飞机做功的功率几乎不变

评析:题目紧密联系我国自主研制的“歼15”舰载机在“辽宁号”航空母舰上着舰成功的事实,要求考生抓住情境的核心要素构建物理模型,依据 $v-t$ 图像求解位移、估算加速度,按照力的合成、功率、力和速度的关系进行定性判断.能正确识图,并从图像中提取所需的信息,是解决此类问题的关键.试题突

出了应用性,发挥了引导教学的作用,引导学生将物理概念、物理规律与国家经济社会发展、科学技术进步、生产生活实际紧密联系起来,关注我国航海事业的大发展,体会物理学在实际生活中的应用价值,增强学生的民族自信心和自豪感,以实现立德树人的根本任务.

5 结束语

图像教学过程中,教师创设恰当的物理情境,引导学生关注社会进步和科学发展,让学生运用已有的物理知识和方法解决实际问题,培养学生学以致用、知行合一的意识和躬身实践的能力,激发学生学习物理的兴趣,并逐渐形成探索自然的内在动力,培育严谨认真、实事求是和持之以恒的科学态度,明确自己的科学态度和社会责任^[3].2019年考纲中明确提出:试题注意物理知识在日常学习生活、生产劳动实践等方面的广泛应用,大力引导学生从“解题”向“解决问题”转变^[5].高考强调学以致用,试题的应用性主要体现在对学生运用所学知识解决实际问题的考查,这一点需要广大师生给予足够的关注.

能运用几何图形、函数图像对具体物理问题进行分析与表达,是学生关键能力的表现之一.2019年高考物理试题注重利用图像呈现丰富的物理信息,增加试题信息的广度,要求学生能够从图像中获取信息,建立文字、图像等不同信息呈现方式之间的联系,从而构建正确的物理图景,考查学生的信息加工、逻辑推理等关键能力^[6].图像教学中,必须要让学生深刻理解物理图像中坐标轴、点(坐标原点、图线上的任意点以及可能的图线交点)、线(反映出物理量之间的关系,即物理规律)、面(图像中图线与坐标轴所包围的面积,常常表示另外一个物理量的大小)、斜率(表示两物理量增量的比值,反映该点处一个量随另一个量变化的快慢)、截距(包括横截距和纵截距)的正确含义,明确图像所描述的物理状态、物理过程和物理情景等信息,进而运用已有的物理规律灵活解决相关问题.要注意对学生物理观念、科学思维、科学探究和科学态度与责任等科学素养的培育和养成,争取早日适应高考改革的趋势.

(下转第116页)

时,等效电源输出功率最大,滑动变阻器的功率有最大值,为

$$P_{\max} = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1}E\right)^2}{4\left[\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 r + 2R_1\right]}$$

(2)“等效电阻法”解析

如图6所示,把虚线框1看作一等效电阻 $R_{\text{等}1}$

$$R_{\text{等}1} = \left(\frac{n_3}{n_4}\right)^2 R$$

把虚线框2看作一等效电源 $E_{\text{等}1}, r_{\text{等}1}$

$$E_{\text{等}1} = \frac{n_2}{n_1}E$$

$$r_{\text{等}1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 r$$

当 $R_{\text{等}1} = r_{\text{等}1} + 2R_1$ 时,即

$$R = \left(\frac{n_4}{n_3}\right)^2 \left[\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 r + 2R_1\right]$$

时,滑动变阻器的功率有最大值,为

$$P_{\max} = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1}E\right)^2}{4\left[\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 r + 2R_1\right]}$$

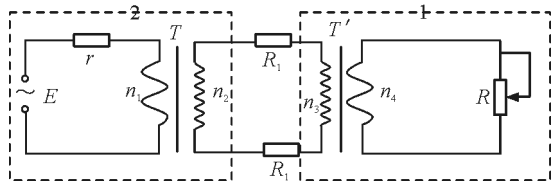


图6 等效电阻法解析图

如果例2用常规的计算方法求解,将耗费大量的运算时间,而且学生不一定能换算到最后一步,并需要用均值不等式来解极值. 而用等效法能将复杂电路图进行简化从而大大减少繁琐的数学运算,提高解题速度,具有事半功倍的效果. 另外,培养学生“等效法”的思想方法也具有重要的作用. 还能对运用此思想方法的模型进行系统复习,如等效重力场等.

参考文献

- 1 白红艳. 经验让一个简单题目成为教师的一道经典错题——理想变压器的动态分析[J]. 物理通报, 2018(7): 121 ~ 123

(上接第113页)

参考文献

- 1 教育部考试中心. 中国高考评价体系[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019
- 2 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018
- 3 程力, 李勇. 基于高考评价体系的物理科考试内容改革实施路径[J]. 中国考试, 2019(12): 38 ~ 42
- 4 教育部考试中心. 2019年普通高等学校招生全国统一考试大纲的说明(理科)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018
- 5 教育部考试中心. 2019年普通高等学校招生全国统一考试大纲(理科)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018
- 6 教育部考试中心. 注重理论联系实际 加强物理学科素养考查——2019年高考物理试题评析[J]. 中国考试, 2019(7): 18 ~ 22

Analysis of Physical Image Test Questions in College Entrance Examination Based on the Subject Core Accomplishment

Wang Gang

(Handan Academy of Educational Science, Handan, Hebei 056002)

Abstract: The focus of high school physics teaching is to promote formation and development of students' physical key competencies, which contain physics concepts, scientific thinking, scientific inquiry, and scientific attitude and responsibility. "Capability of solving physics problem by function graph" is one of the important performances of students' key ability. This article analyzed typical questions involving graph of test sample in 2019 College Entrance Examination and exam outline instruction from the perspective of physical essential competencies, so as to provide reference for improving students' key competencies in graph teaching.

Key words: key competencies; $v-t$ graph; $a-x$ graph; college entrance examination of physics; curriculum standards; physics teaching