

强化学科基础 立足经典模型 考查物理能力*

——2023 年高考全国甲卷第 24 题评析

李俊永

(仁怀市周林高中 贵州仁怀 564500)

文章编号:1002-218X(2023)09-0045-04

中图分类号:G632.479

文献标识码:B

摘要:对 2023 年高考甲卷物理 24 题进行深入分析,从试题赏析、试题溯源、变式研究等角度解读本题特点,并以此为依据对高考物理备考提出建议,无论是物理教学还是备考复习,都应当让课堂教学回归正位,在此基础上给出了行之有效的教学策略。

关键词:试题评析;高考物理;物理能力

一、引言

2023 年全国高考是新老教材交替背景下的最后一届高考,其试题导向与考查特点备受关注,可以说试题起着承前启后的作用。与 2022 年全国甲卷物理试题相比,2023 年高考的物理试题难度处于中等水平,全卷以必备知识为考查基础,突出对学生物理能力的考查,体现出平稳过渡的特点。分析发现,全国甲卷 24 题具有三个显著特点,即强化学科基础,立足经典模型,考查物理能力,兼具基础性、综合性和经典性,较好地考查了学生的分析与理解能力、模型建构与组合能力,反向推理与论证能力,有利于学生物理核心素养的培养,也体现了高考的导向作用与新时代的育人理念。

二、试题与解析

试题 如图 1 所示,光滑水平桌面上有一轻质弹簧,其一端固定在墙上。用质量为 m 的小球压缩弹簧的另一端,使弹簧的弹性势能为 E_p 。释放后,小球在弹簧作用下从静止开始在桌面上运动,与弹簧分离后从桌面水平飞出。小球与水平地面碰撞后瞬间,其平行于地面的速度分量与碰撞前瞬间相等;垂直于地面的

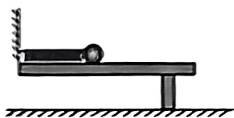


图 1

速度分量大小变为碰撞前瞬间的 $\frac{4}{5}$ 。小球与地面碰撞后,弹起的最大高度为 h ,重力加速度大小为 g ,忽略空气阻力。求:

(1)小球离开桌面时的速度大小;

(2)小球第一次落地点距桌面上其飞出点的水平距离。

解法 1 (1)根据题意,小球向左压缩后弹簧也被压缩,释放小球后,弹簧的弹性势能转化为小球的动能,待弹簧再一次恢复形变时,则有 $E_p =$

$$\frac{1}{2}mv^2, \text{即 } v = \sqrt{\frac{2E_p}{m}}.$$

(2)小球离开桌面后做平抛运动,与地面碰撞后的竖直方向有 $h = \frac{v_y'^2}{2g}$

第一次碰撞前速度的竖直分量为 v_y ,由题意可知

$$v_y' = \frac{4}{5}v_y$$

离开桌面后,根据运动的分解得

$$x = vt, v_y = gt$$

联立可得,小球第一次落地点距桌面上其飞出

* 基金项目 贵州省 2021 基础教育科学规划课题“核心素养视域下中学物理专题教学的实践探索”高考实验专题阶段性成果,课题编号:2021B045。

试题研究

点的水平距离为 $x = \frac{5\sqrt{mghE_p}}{2mg}$ 。

解法 2 第(1)问同上。

(2)选取小球落地点为零势能平面。从释放小球至小球第一次与地面碰撞前的瞬间,对小球和弹簧根据机械能守恒得 $E_p + mgy = \frac{1}{2}mv_1^2$

由速度的矢量三角形关系得 $v_1^2 = v^2 + v_y^2$

其中 x 为平抛运动物体某一时刻的水平位移, y 为竖直方向位移, s 为物体距离抛出点的位移。

根据题意 $v_y' = \frac{4}{5}v_y, h = \frac{v_y'^2}{2g}$

因 $y = \frac{v_y^2}{2g}$, 且 $y = \frac{1}{2}gt^2$

由位移几何关系得 $x^2 + y^2 = s^2$

根据平抛运动的特殊推论 $s = v_{t/2}t$ (详见参考文献 1)

联立以上各式解得 $x = \frac{5\sqrt{mghE_p}}{2mg}$

三、试题赏析

1. 强化学科基础

所谓学科基础,是指对学科发展起到奠基作用的必备知识,是学生赖以理解学科结构、形成物理核心素养不可或缺的组成部分。物理学科的基础内容是学生物理学科素养形成和发展的基础,是学生提升分析问题、解决问题能力的关键^[2]。基础性主要包括学科内容的基本性与通用性、问题情境的典型性^[3]。

本题中学生需要储备的必备知识有:在弹性限度内弹簧被压缩后可以恢复原状,动能和势能可以相互转化,能量在转化过程中守恒,机械能守恒定律,平抛运动可以分解为竖直方向的自由落体运动和水平方向的匀速直线运动,匀变速直线运动规律,运动的分解遵循平行四边形定则,勾股定理,非弹性碰撞会消耗机械能。那么,本题是如何体现强化学科基础意图的呢?

从纵向看,本题在命题风格上延续了 2022 年甲卷 24 题的特点,即传承以平抛运动为背景设计试题的命题方式,考查平抛规律在计算题中的运用,解决方法上继续用运动合成与分解的科学思维,考查学生对力与运动物理观念的理解,突出了

平抛运动的主干知识地位。不同的是,本题在平抛规律考查的基础上加入了小球与弹簧模型,改良了频闪照相似的平抛问题建模方式,实现了以传统实验考查向以计算方式考查的转变;小球与弹簧模型的融入扩展了知识的考查范围,体现出“宽而不难,简而不繁”的命题风格与学科基础考查方式。

从横向看,2023 年全国乙卷 24 题主要考查电荷与电性、点电荷的场强、电场的叠加,唯一能够区分难度的是对电性的判断和电场的叠加,相比甲卷 24 题,乙卷就显得单薄多了。甲卷本题包含弹簧压缩与恢复、平抛运动和碰撞运动等物理情境,体现出“借境串知,依法考基”的命题特点与学科基础考查强化方式。

2. 立足经典模型

所谓经典模型,是指在物理教学中长期积淀下来的、被普遍认可和经常采用的能够提升学生物理思维能力的物理模型。建构模型是《普通高中物理课程标准(2017 年版)》中物理学科核心素养的重要方面^[4]。本题涉及的过程有 5 个,分别对应四个过程模型:

模型 1 小球—弹簧模型(压缩小球的外力释放后小球与弹簧组成的系统机械能守恒,先是弹性势能逐渐减小转化为小球动能,弹簧恢复原长时两者分开,之前弹簧的弹性势能全部转化为小球动能)。

模型 2 匀速直线运动模型(小球与弹簧分离后,小球在光滑桌面向右运动)。

模型 3 平抛模型(小球飞出桌面后在空中做平抛运动,直至第一次和地面碰撞)。

模型 4 碰撞模型(小球第一次落地与地面发生非弹性碰撞,此为状态模型)。

模型 5 斜上抛模型(小球与地面碰撞后做水平方向上的匀速直线运动和竖直上抛运动)。

中学阶段总共有 5 大类运动模型,分别是匀速直线运动、匀变速直线运动、平抛运动模型、匀速圆周运动和简谐运动。本题涉及其中 3 个模型,依托核心模型考查主干知识,体现了高考命题的经典性。在模型组合上结合碰撞模型和小球—弹簧模型,体现了高考命题的创新性和综合性,考查学生的建模能力、分析理解能力和阅读能力,有利于对学生科学思维能力的考查。

3. 考查物理能力

物理能力是指学生在学习过程中逐步形成的关于物理学科的能力。物理学科考试大纲规定了高考物理考查5种能力,即理解能力、推理能力、分析综合能力、实验能力和应用数学处理物理问题的能力^[6]。本题要求学生具备信息加工与整合能力,模型建构与组合能力,并能够顺利地串接起各模型之间的时空关系;要求学生在读懂文字的基础上把物理规律用物理符号正确地表达出来,并整齐地呈现于卷面,要求学生具备物理情境理解能力,要求学生能够根据运动对象所处时空关系在情境中理解其力学特征与运动特征;数学运算能力,要求学生能够根据所列方程正确解出数学结果解释物理设问;逻辑推理能力,要求学生思考为什么小球第一次下落高度和与地面碰撞后上升高度不同,由于平常学生面对的都是弹性碰撞问题,下降高度和上升高度一样,因此这一考查点对于大量机械刷题有很好的指导意义。

四、试题溯源与变式考查

1. 试题溯源

笔者翻阅了各种版本高中物理教材,没有找到与本题类似的实验情境,但是在互联网上找到了与之相关的课件典例^[6],以及另一份网络课件摘录的关于平抛运动实验的研究习题^[7],这些试题都具有典型性。笔者简要呈现试题主干,读者可以按照文末参考文献自行索引。

溯源题目 某同学利用下述装置对轻质弹簧的弹性势能进行探究:一轻质弹簧放置在光滑水平桌面上,弹簧左端固定,右端与一小球接触而不固连;弹簧处于原长时,小球恰好在桌面边缘,如图2所示。向左推小球,使弹簧压缩一段距离后由静止释放;小球离开桌面后落到水平地面。通过测量和计算,可求得弹簧被压缩后的弹性势能。

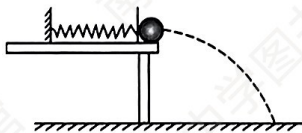


图2

回答下列问题:

(1)本实验中可认为弹簧被压缩后的弹性势能

E_p 与小球抛出时的动能 E_k 相等。已知重力加速度大小为 g 。为求得 E_k ,至少需要测量下列物理量中的_____ (填正确答案标号)。

- A. 小球的质量 m
- B. 小球抛出点到落地点的水平距离 s
- C. 桌面到地面的高度 h
- D. 弹簧的压缩量 Δx
- E. 弹簧原长 l_0

(2)用所选取的测量值和已知量表示 E_k ,得 $E_k =$ _____。

(3)图3中的直线是实验测量得到的 $s-\Delta x$ 图线。从理论上可推出,如果 h 不变, m 增加, $s-\Delta x$ 图线的斜率会_____ (选填“增大”“减小”或“不变”);如果 m 不变, h 增加, $s-\Delta x$ 图线的

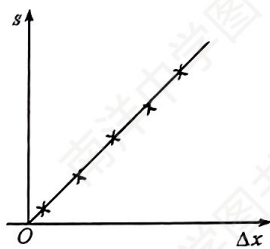


图3

斜率会_____ (选填“增大”“减小”或“不变”)。由图3中给出的直线关系和 E_k 的表达式可知, E_k 与 Δx 的_____次方成正比。

2. 变式考查

变式1 如所呈现的母题所示,研究水平位移 s 与弹簧形变量 Δx 之间的关系;研究 E_k 或者 E_p 与水平位移 s 之间的关系。其原理如下:

弹簧恢复原长时,弹性势能全部转化为小球的动能

$$E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2, E_p = \frac{1}{2} m v_0^2, E_k = \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$\text{根据平抛运动规律 } s = v_0 t, h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{整理可得 } s = \sqrt{\frac{2hk}{mg}} \Delta x, E_k = \frac{mg}{4h} s^2$$

变式2 用势能与动能的转化测量弹簧的劲度系数。

方法1 由于 $s = \sqrt{\frac{2hk}{mg}} \Delta x$, 变形可得 $k = \frac{mgs^2}{2h\Delta x^2}$ 。为测得弹簧劲度系数,实验中只需要测定水平位移 s 、弹簧的形变量 Δx 、小球质量 m 和小球

试题研究

下落高度 h 即可。

方法 2 根据 $s = \sqrt{\frac{2hk}{mg}} \Delta x$ 建立 $s-\Delta x$ 图像, 该图像的斜率为 $k_0 = \sqrt{\frac{2hk}{mg}}$, 利用图像法计算出 k_0 后, 在已知小球下落高度 h 的前提下, 便可得到弹簧的劲度系数 $k = \frac{mgk_0^2}{2h}$ 。

五、教学启示

《中国高考评价体系》明确指出要考查学生的关键能力和必备品格, 因此作为高考命题就需要巧妙的设置物理问题情境去考查学科核心素养, 要注重“四层”“四翼”的考查方式。本题强化基础性、立足经典性, 在小综合中考查物理能力的特点是高考物理小计算考查方式之一。

1. 注重基础是教学回归正位的不变要求

从整体来看, 2023 年甲卷难度明显下降, 可是对基础知识的考查力度并没有因整卷难度降低而减弱。本题在知识上考查具有一定的综合性, 已经区别于 2022 甲卷 24 题, 但这种变化比较平稳, 有利于学生较好适应高考变革。无论是高三复习备考还是高一、高二的常规物理教学, 都应该注意到这种变化, 甚至在各类专题教学中都应把握好知识选取和方法运用的基础性, 要减少偏题、难题、怪题对教学 and 学生的影响。教师应大胆按照高考评价体系的要求调整教学思路, 尽快改变传统高考模式下的教学方式和备考思路, 努力让自己适应新高考的新变化, 让物理教学回归正位。

2. 把握经典是教学走向高位的必然途径

传承经典才能让经典历久弥新, 把握经典才能让经典更好地在新高考中大放异彩, 体现经典物理模型、经典方法和思想、经典例题、经典物理实验等在促进学生科学思维发展与学科特殊育人方式上的价值。引导教学是高考试题命制的一项基本要求, 中学物理教学中存在大量的经典内容, 教师不能因为自己对经典内容很熟悉就把这样的想法投射到学生身上去, 或者认为经典内容过于简单挖掘价值不大。高考对经典内容的考查正反映了一线物理教师对此重视程度还不够, 物理教

学要走向高位, 就必须重视、传承、挖掘经典教学内容。

3. 落实能力是教学脱离庸位的时代体现

物理学科核心素养的培养目标是物理教学的基本目标, 素养的培育需要以物理能力养成为支撑。我们需要反思为什么有很多学生在物理学习过程中会出现“懂而不会, 会而不全”的现象。这并不是个例, 而是存在于低学业质量水平学生群体中的普遍现象, 原因之一就是学生的物理能力不足, 当他们面临实际物理问题情境时便无所适从。教师往往会将学生的低学业水平归因于学生基础差、不细心、没天赋等。但更值得反思的是, 我们的物理课究竟有没有教给学生真正的知识与能力, 有没有培养他们的学科精神与素养。高考是选拔性考试, 对学生的各方面素养要求都比较高, 我们应当以高考为契机, 寻找课堂教学与考试的契合点, 寻找学生能力发展的正确方向, 这才是物理教师应该深入思考的问题。

参考文献

- [1] 朵应合. 巧用“推论”解决平抛运动问题[J]. 物理教师, 2007, 28(3): 56-57.
- [2] 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[J]. 中国考试, 2019, 320(7): 15-19.
- [3] 李勇, 赵静宇, 史辰羲. 高考评价体系的基本内涵与主要特征[J]. 中国考试, 2019, 332(12): 7-12.
- [4] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2018: 4-5.
- [5] 教育部考试中心. 2018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, 2017: 119-120.
- [6] <https://wenku.baidu.com/view/284f8c5acf7931b765ce0508763231126edb77d0?aggId=284f8c5acf7931b765ce0508763231126edb77d0&fr=catalogMain>.
- [7] https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA4ODM4MDI3MQ==&mid=2650679727&idx=6&sn=7e510c5eaa8dec2bede359d576b2fd0&chksm=88218fafbf5606b9f05c2a0f91268b67bae7cb7bd4723cb0040820e12bbbe030348eaceef1d5&scene=27.

(本文编辑: 杨博闻)