

# 浅析学科素养在物理高考试题中的考查方向<sup>\*</sup>

——以2022年高考全国甲、乙卷理综为例

王长才

(静宁县第一中学 甘肃 平凉 743400)

(收稿日期:2022-07-30)

**摘要:**近年来高考试题均由大学教授命制或把关,试题不仅严格吻合高校选拔人才的需要,还对物理学科核心素养的考查更加深入,考查方向由单一向多样化发展.以2022年高考全国甲、乙卷理综(下文中分别简称为甲卷、乙卷)为例,开展学科素养在高考试题中的考查方向研究,以期对我们今后的物理教学工作产生积极的影响.

**关键词:**物理;核心素养;多样化;考查方向

普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)中就高考试题命制时需重点遵循的评价标准阐述为:注重考查对必修和选择性必修课程中重要的物理概念与规律的理解与运用情况,试题的任务情境要与生产生活、科技发展等紧密联系,要关注物理学前沿与成果应用;要探索设计与现实相关的问题情境,加强对学生应用物理学知识综合解决实际问题能力的考查;要强调创新精神和实践能力的考查,能较好地地区分学生物理学科核心素养的水平<sup>[1]</sup>.甲卷、乙卷均是按照这样的评价标准进行考查的,但较往年考查得更加深入,具体表现在以下几个方面.

## 1 打破固有套路 换新角度考查

平抛运动的固有题型有3种,一是已知高度求解其他未知量;二是已知合速度或合位移与水平方向的夹角求解其他未知量;三是在平抛运动实验中,已知频闪照片水平方向的相等间距,和竖直方向的位移间距求解其他未知量.

甲卷第24题“图1中的第一个小球为抛出瞬间的影像,每相邻两个球之间被删去了3个影像,所标出的两个线段的长度 $S_1$ 和 $S_2$ 之比为3:7.重力加速度大小取 $g=10\text{ m/s}^2$ ,忽略空气阻力.求在抛出瞬

间小球速度的大小.”考查的是平抛运动的频闪照片问题,也暗示了水平方向有相等的间距,但没有给出竖直方向位移是多少,却给出了两间距合位移的比值,这样新颖的考查角度,对学生知识迁移和学科能力提出了更高要求.

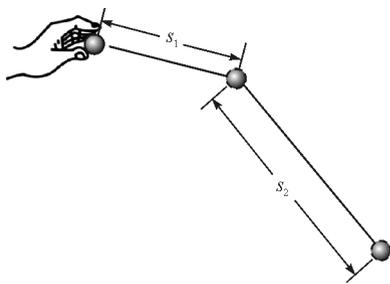


图1 2022年高考全国甲卷理综第24题图

## 2 创设新情境 考查旧模型

人造卫星的变轨模型是我们非常熟悉的,如图2所示,我们都知道,各速度大小关系为: $v_{IIA} > v_I > v_{III} > v_{IIB}$ ,其中 $v_I > v_{III}$ 可由万有引力提供向心力及 $R_I < R_{III}$ 得到; $v_{IIA} > v_{IIB}$ 可由卫星从A到B做离心运动得到; $v_{IIA} > v_I$ 可由卫星在A点加速从轨道I→II得到; $v_{III} > v_{IIB}$ 可由卫星在B点加速从轨道II→III得到.

<sup>\*</sup> 甘肃省教育科学“十四五”规划2021年度重点课题“农村地区普通高中物理实验教学多样化特色化发展模式研究——以静宁县为例”,课题编号:GS[2021]GHBZ088.

作者简介:王长才(1984-),男,本科,高级教师,主要研究方向为物理实验教学及高考试题评析.

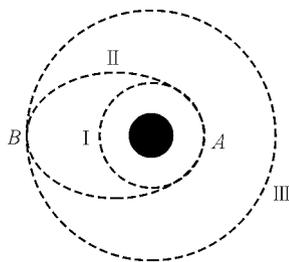


图2 2022年高考全国甲卷理综第24题图

乙卷第21题“一种可用于卫星上的带电粒子探测装置,由两个同轴的半圆柱形带电导体极板(半径分别为 $R$ 和 $R+d$ )和探测器组成,其横截面如图3所示,点 $O$ 为圆心.在截面内,极板间各点的电场强度大小与其到 $O$ 点的距离成反比,方向指向 $O$ 点.4个带正电的同种粒子从极板间通过,到达探测器.不计重力.粒子1、2做圆周运动,圆的圆心为 $O$ 、半径分别为 $r_1$ 、 $r_2$ ,( $R < r_1 < r_2 < R+d$ );粒子3从距 $O$ 点 $r_2$ 的位置入射并从距 $O$ 点 $r_1$ 的位置出射;粒子4从距 $O$ 点 $r_1$ 的位置入射并从距 $O$ 点 $r_2$ 的位置出射,轨迹如图3中虚线所示.”刚读题目开头,感觉考查的是天体运动;读到题目末尾,发现考查的是带电粒子在孤立点电荷产生的电场中的运动;但仔细思考,可发现它考查的还是类似于天体运动中卫星变轨的问题.如选项A问的是粒子3入射时的动能比它出射时的大,可认为考查的是“卫星”做近心运动时速度增大;选项B问的是粒子4入射时的动能比它出射时的大,可认为考查的是“卫星”做离心运动时速

度减小;选项C问的是粒子1入射时的动能小于粒子2入射时的动能,可认为考查的是“卫星”在图2的I、III轨道上做圆周运动时 $v_1 > v_2$ ;选项D问的是粒子1入射时的动能大于粒子3入射时的动能,可认为考查的是“卫星”在图2的I轨道上做圆周运动时的速度 $v_1$ 和在III轨道上B点时的速度 $v_3$ 大小关系,即 $v_1 > v_3$ .本题可利用孤立点电荷和中心天体产生的场力相似的特点,将带电粒子的“变轨”运动等效为人工地球卫星的变轨模型,实现新情境和旧模型之间的转换,大大减少分析时间,对探究思维要求较高.

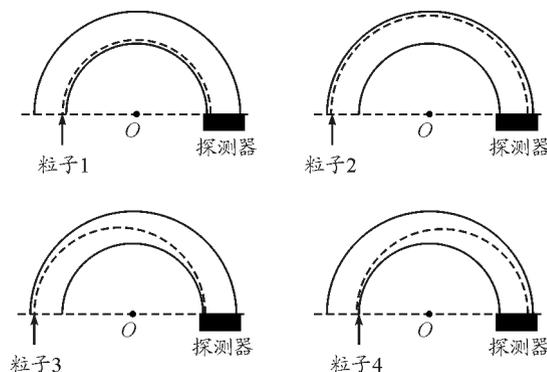


图3 2022年高考全国乙卷理综第21题图

### 3 对数学工具的考查有向多样化发展的趋势

仔细研究两套题对数学工具的考查,排除对基本代数运算考查的题目,统计后可得表1.

表1 2022年高考全国甲、乙两卷对特殊数学工具的考查统计

题号	15	16	17	18	19	20	21
甲卷	列车过隧道模型	不同规则图形的面积与周长	二元一次方程	二维坐标系及两种运动合成		极值运算及分析	抛物线模型对称性应用
乙卷	矢量运算	辅助线与三角函数	球体表面积计算	三维坐标系及矢量运算	对称场的矢量合成	一次图像转换及绘制	
题号	22	23	24	25	33 (2)	34 (1)	34 (2)
甲卷		有效数字位数	矢量运算	几何关系与较小角度时的三角函数数值	体积变化分析	三角函数表达式	几何关系与三角函数运算
乙卷	坐标与间距转换	读数规则及有效数字位数		微积分或比值法	体积变化分析		几何关系与三角函数运算

由上表可知,物理高考试题对数学工具的考查涵盖了小学到高中的多种元素,呈现向多样化发展的趋势,这也保证了学科素养考查方向的多样性。

#### 4 对图表语言的考查力度仍然较大

按照图表语言的考查层次及分类<sup>[2]</sup>,甲、乙两卷对图表语言考查层次及类型分析如表2所示。

表2 2022年高考全国甲、乙两卷图表语言考查层次及类型分析

考查层次	甲卷及对应题号	乙卷及对应题号	图表类型
第 I 层次:浅层	14、15、23	24	物理情境类
	23	22、23	直观数据类
第 II 层次:中层	16	18、21	多图综合类
	24、34(2)	16、34(2)	辅助线+图形分析类
	22	23	完善电路类
	19、20	15、20	受力分析+过程分析类
	18、33(1)、34(1)	33(1)	图像分析类
第 III 层次:深层	21	17、34(1)	无图→有图类
	25、33(2)	19、25、33(2)	图表演绎类

两套题中均只有1道题没有图表或不需要图表就可分析出结果,这也体现了图表语言是物理学学科素养的一个重要组成部分,而图表考查层次和类型的众多,也促使学科素养的考查向多样化发展。

#### 5 对实验设计和创新能力提出了更高要求

乙卷的第17题“一点光源以113 W的功率向周围所有方向均匀地辐射波长约为 $6 \times 10^{-7}$  m的光,在离点光源距离为 $R$ 处每秒垂直通过每平方米的光子数为 $3 \times 10^{14}$ 个.普朗克常量为 $h=6.63 \times 10^{-34}$  J·s, $R$ 约为?”如仅考查“光子数 $\times$ 单个光子能量=总能量”,即 $nh\nu = Pt$ ,会很简单.但本题相当于要求学生考场上,在较短时间内设计出一个点光源,使其在半径为 $R$ 的球面的单位面积上辐射的光子数为 $3 \times 10^{14}$ 个,并计算出半径 $R$ ,这对学生的实验设计和模型构建能力要求是较高的。

甲卷的第23题中“理论研究表明,对本实验的碰撞过程,是否为弹性碰撞可由 $\frac{v_1}{v_2}$ 判断.若两滑块的碰撞为弹性碰撞,则 $\frac{v_1}{v_2}$ 的理论表达式为”有别于常规的验证动量守恒,创新为分析碰撞过程是否为

弹性碰撞,且分析方向有别于直接分析碰撞前后机械能是否在误差允许范围内相等,转而求解 $\frac{v_1}{v_2}$ .当然,按照题目中的设计思路与数据,可以较容易的得到 $\frac{v_1}{v_2}$ 的平均值为0.32,但对学生创新能力较高的考查出现在了理论研究部分,这要求学生要在较短时间内,将一物体初速度为零,另一物体碰撞后被反弹的弹性碰撞结论 $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v$ 和 $v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}v$ 引申到实验题型中,且还需去掉 $v_1$ 中的方向符号,得到 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2 - m_1}{2m_1}$ 的理论表达式,从而验证 $\frac{v_1}{v_2}$ 的实验值和理论值是否在误差范围内相等,进而验证了滑块A与滑块B在导轨上的碰撞是否为弹性碰撞。

#### 6 引导学生在中学阶段就接触新型数据采集设备

乙卷的第18题“安装适当的软件后,利用智能手机中的磁传感器可以测量磁感应强度 $B$ .如图4,在手机上建立直角坐标系,手机显示屏所在平面为 $xOy$ 面.某同学在某地对地磁场进行了4次测量,每次测量时 $y$ 轴指向不同方向而 $z$ 轴正向保持竖直向上.根据表中测量结果可推知?”要求利用智能手

机中的磁传感器测量某地的磁感应强度  $B$ . 如果使用此类新型设备采集过数据, 可以很轻易地结合三维坐标系, 将表格中的数据(表 3)和实际情境对应起来.

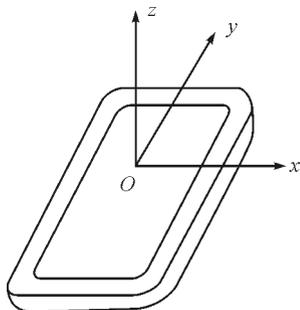


图 4 在手机上建立直角坐标系

表 3 用手机测得的数据

测量序号	$B_x/\mu\text{T}$	$B_y/\mu\text{T}$	$B_z/\mu\text{T}$
1	0	21	-45
2	0	-20	-46
3	21	0	-45
4	-21	0	-45

如笔者曾带领学生用 Tracker 软件采集过视频中小车运动的数据(图 5), 采集数据的第一步就是建立直角坐标系和确定标度, 在操作过程中可以发现, 可以测量  $v_x$  和  $v_y$  两个分速度, 且二者均会随时间有规律地变化, 还可发现, 当建立相反方向的坐标系时(如同乙卷第 18 题中改变手机的方向), 可实现  $v_x$  和  $v_y$  的方向变化. 有了这样的经历, 在考场上遇到此类问题时, 学生可直接略去在脑海中还原场景的环节, 直接抓住问题核心, 轻松解决此类问题.

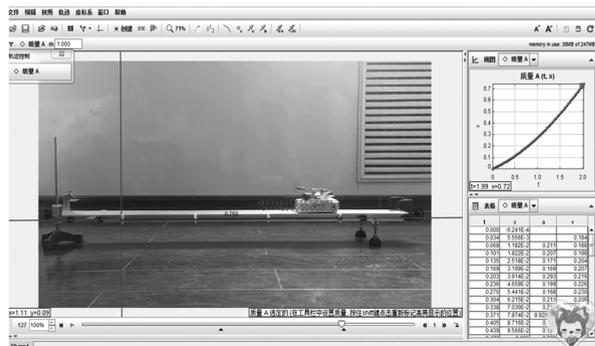
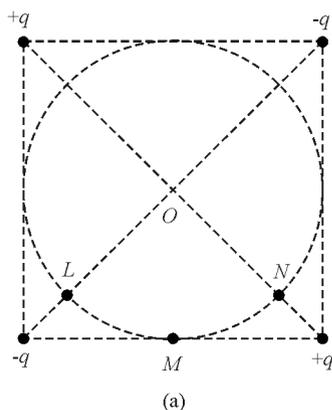


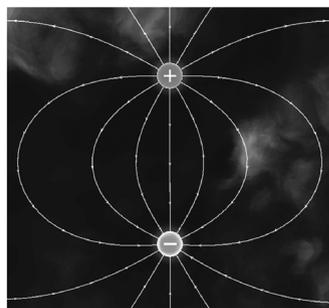
图 5 Tracker 软件采集的数据截图

### 7 启迪我们应将模拟仿真实验应用到教学中

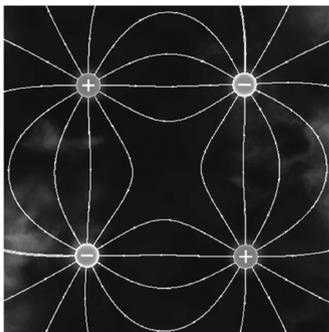
乙卷第 19 题“如图 6(a) 所示, 两对等量异号点电荷  $+q$ 、 $-q$  ( $q > 0$ ) 固定于正方形的 4 个顶点上.  $L$ 、 $N$  是该正方形两条对角线与其内切圆的交点,  $O$  为内切圆的圆心,  $M$  为切点.”这种将不同电场叠加到一起的题, 历来对空间构图能力较差的学生非常的不友好, 而事实上, 利用模拟仿真实验软件, 可以较轻易地得到这种情境下电场分布的平面图. 目前, 这种模拟实验较好用的是手机版“仿真实验室”, 利用此软件, 不仅可以模拟多个点电荷的叠加场, 还可以模拟试探电荷在复合场中的运动.



(a)



(b)



(c)

图 6 2022 年高考全国乙卷理综第 19 题图

如本题的情境,用手机版“仿真实验室”处理会比较容易,按照题目要求,先得到一对等量异种电荷产生的电场[图 6(b)],再得到 4 个点电荷产生的电场[图 6(c)],此题就迎刃而解了,遗憾之处在于,此软件中没有坐标方格,要定位正方形的 4 个顶点有一定的困难.学生只要经历过这样的模拟实验,并利用其解决过一些问题,会提升这种叠加场的空间构图能力及探究思维,再遇到此类问题时,会有更明确的分析思路.

## 8 要求学生要有较强的实验素养

甲卷的第 24(前文已引原题)、25 题“光点式检流计是一种可以测量微小电流的仪器,其简化的工作原理示意图如图 7 所示.

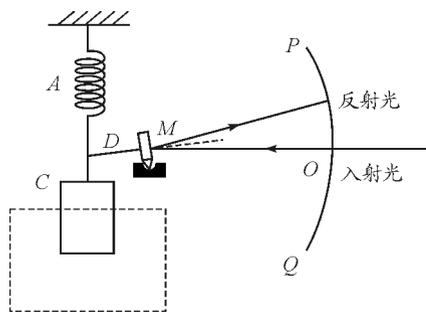


图 7 光点式检流计工作原理示意图

图中 A 为轻质绝缘弹簧, C 为位于纸面上的线圈,虚线框内有与纸面垂直的匀强磁场; M 为置于平台上的轻质小平面反射镜,轻质刚性细杆 D 的一端与 M 固连且与镜面垂直,另一端与弹簧下端相连, PQ 为圆形的、带有均匀刻度的透明读数条, PQ 的圆心位于 M 的中心,使用前需调零,使线圈内没有电流通过时, M 竖直且与纸面垂直;入射细光束沿水平方向经 PQ 上的 O 点射到 M 上后沿原路反射.线圈通入电流后弹簧长度改变,使 M 发生倾斜,入射光束在 M 上的入射点仍近似处于 PQ 的圆心,通过读取反射光射到 PQ 上的位置,可以测得电流的大小.已知弹簧的劲度系数为  $\kappa$ , 磁场磁感应强度大小为 B, 线圈 C 的匝数为 N. 沿水平方向的长度为 l, 细杆 D 的长度为 d, 圆弧 PQ 的半径为 r,  $r \gg d$ , d

远大于弹簧长度改变量的绝对值.”, 两题虽然均为计算题, 但均引入了实验情境, 尤其是第 25 题, 对学生的实验探究能力要求更高. 如图 7 所示, 本题考查的是一种可以测量微小电流的光点式检流计, 应用了物理实验中将微小形变放大的思想方法. 只有掌握了此方法, 才能轻易地得到光线偏转角是细杆 D 偏转角的 2 倍, 以及测量前未调零时, 改变电流方向, 前后两次反射光点与 O 点间弧长之和等于调零时单次测量弧长 2 倍的结论.

可以说, 利用镜面反射放大微小形变这一实验方法, 是本题中将弹簧微小形变与光电偏转角联系起来桥梁, 没有真正研究过这样的方法, 做过此类实验, 在考场上要一下子想通此实验场景中包含的信息, 是很困难的. 这对学生的实验素养要求是极高的, 尤其是这种实验还不是小组实验.

从上述分析不难发现, 甲、乙两卷对学科素养的考查方向是向多样化发展的, 这就使得高考题向更“难”更“活”的方向发展. 用一位大学教授所说的话可以印证这一点: “高考试题主要由大学教授命制或把关, 任何一科的命题专家, 都不会考虑其他学科难度, 都是从本学科选拔学科人才的角度出发, 不考虑你们高中老师教什么, 怎么教, 我们就想选拔出我们想要的人.” 2022 年的甲、乙卷就是对我们高中师生的“降维打击”, 好在, 虽然两卷对物理学科素养的考查方向是多样的, 但也是有规律可循的, 这个规律就是, 只要教师对物理学科在大学初期的发展有所了解, 对物理学科的学科素养理解得更加透彻, 能根据物理学科素养的要求教学, 就能让物理高考题只体现出学生喜欢的“活”的属性, 从而让我们立于不败之地.

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版 2020年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 61.
- [2] 王长才. 高考物理试题中图表语言考查方式的初步解析——以 2021 年全国乙卷高考试题为例[J]. 中学物理, 2021, 39(19): 57-59.