

高考物理实验试题的特点分析与备考策略

段石峰

(长沙市周南中学 湖南长沙 410201)

摘要:基于2023年高考物理全国卷和各省市卷的实验试题考查情况,统计实验的教材出处、学科分支、实验类型等数据分布,分析试题的突出特点,依据课程标准和高考评价体系总结物理实验的考查要求。结合高中物理教学实际,立足课标中规定的实验,注重教材中的实验素材,关注实验中信息技术的应用,对高考物理实验复习备考提出教学建议。

关键词:高考实验试题;高考复习;备考建议

文章编号:1002-218X(2024)01-0048-05

中图分类号:G632.479

文献标识码:B

党的二十大报告指出:教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。办好人民满意的教育是贯彻落实科教兴国、人才强国、创新驱动发展战略的基础,高考作为连接基础教育和高等教育的枢纽,发挥着教育评价指挥棒的作用,高考试题改革是教育评价改革的关键环节,承担着“立德树人、服务选才、引导教学”的重任^[1]。

物理实验试题对考查学生的“关键能力”具有得天独厚的优势,2017年版高中物理课程标准中“科学思维”和“科学探究”包含的要素是构建物理考试关键能力的重要基础,高考评价体系中将物理所要求的实验能力和科学探究整合为“实验探究能力”,既

是对课程标准中关键能力的具体化,也是对以前物理考试大纲中提出的“实验能力”的继承与发展^[2]。

本文对2023年高考物理实验试题的特点进行分析,以期为复习备考提供建议。

一、2023年高考物理实验试题考查情况

2023年高考物理试题共18套(港澳台除外),其中3套全国卷为理科综合试卷,由教育部教育考试院命制,分别提供给未进入新高考的17个省市使用;其余15套为物理单科试卷,由进入新高考的各省市自主命制;浙江省一年两次高考,所以,浙江卷分为“浙江卷1月”和“浙江卷6月”两套。如表1所示是18套物理试题的实验考查基本情况。

表1

试题来源	实验名称	教材出处	学科分支	实验类型
全国甲卷	用伏安法测绘小灯泡的伏安特性曲线	必修3	电学	测定型
	探究物块做直线运动时平均速度与时间的关系	必修1	力学	探究型
全国乙卷	验证力的平行四边形定则	必修1	力学	验证型
	测量金属丝的电阻率	必修3	电学	测定型
全国新课标卷	观察电容器的充、放电现象	必修3	电学	探究型
	用单摆测量重力加速度的大小	选择性必修1	力学	测定型
上海卷	用DIS研究加速度与力的关系	必修1	力学	探究型
浙江卷1月	探究小车速度随时间变化的规律	必修1	力学	探究型
	探究向心力大小的表达式	必修2	力学	探究型
	测量金属丝的电阻率	必修3	电学	测定型
浙江卷6月	探究平抛运动的特点	必修2	力学	探究型
	测量干电池的电动势和内阻	必修3	电学	测定型
北京卷	用油膜法估测油酸分子直径	选择性必修3	热学	测定型
	测量金属丝的电阻率	必修3	电学	测定型
	探究平抛运动的特点	必修2	力学	探究型

续表

试题来源	实验名称	教材出处	学科分支	实验类型
天津卷	验证机械能守恒	必修2	力学	验证型
	测电阻阻值的大小	必修3	电学	测定型
山东卷	探究等温条件下气体压强与体积的关系	选择性必修3	热学	探究型
	探究不同电压下电容器的充电、放电过程	必修3	电学	探究型
海南卷	用激光测玻璃砖的折射率	选择性必修1	光学	测定型
	测量微安表头的内阻	必修3	电学	测定型
河北卷	用单摆测量重力加速度	选择性必修1	力学	测定型
	用电阻定律测量导体电阻率	必修3	电学	测定型
辽宁卷	验证对心碰撞过程中的动量守恒定律	选择性必修1	力学	验证型
	测量导电漆的电阻率	必修3	电学	测定型
江苏卷	探究电压表内阻对测量结果的影响	必修3	电学	探究型
福建卷	探究斜面倾角是否对动摩擦因数产生影响	必修1	力学	探究型
	观察矩形波频率对电容器充电、放电的影响	必修3	电学	探究型
湖北卷	测量木块和木板间的动摩擦因数	必修1	力学	测定型
	测量干电池的电动势和内阻	必修3	电学	测定型
湖南卷	探究弹簧振子振动周期与质量的关系	选择性必修1	力学	探究型
	探究半导体薄膜压力传感器测量微小压力	选择性必修2	电学	探究型
广东卷	用激光笔和透明长方体玻璃砖测量玻璃的折射率	选择性必修1	光学	测定型
	测量盐水的导电率	必修3	电学	测定型
重庆卷	用单摆测量重力加速度	选择性必修1	力学	测定型
	研究变压器的输入和输出电压之比、交流电频率对输出电压的影响	选择性必修2	电学	探究型

表1统计了18套试卷共36道实验试题,数据样本比较大。从实验在教材中的出处来看,试题全面覆盖了新教材的六个模块,其中必修3占比最高,如表2所示。

表2

教材出处	必修1	必修2	必修3	选择性必修1	选择性必修2	选择性必修3
数量	6	4	15	7	2	2
占比	16.7%	11.1%	41.7%	19.4%	5.55%	5.55%

从实验内容所属的物理学科分支来看,除了原子物理以外都涉及,其中力学和电学依然占据主体,几乎各占一半,如表3所示。

表3

所属学科分支	力学	电学	热学	光学
数量	15	17	2	2
占比	41.7%	47.2%	5.55%	5.55%

从实验的基本类型来看,探究型和测定型远多于验证型,如表4所示。

表4

实验基本类型	探究型	测定型	验证型
数量	15	18	3
占比	41.7%	50.0%	8.3%

二、2023年高考物理实验试题特点

实验是物理学科的基础,体现了自然科学的本质和特色,它既是开展物理教学的重要内容,也是培养学生物理学科核心素养的重要途径和方式。2023年高考物理实验试题,不管是全国卷还是各省市卷,都非常注重创新设问角度,考查学生对基本实验原理的理解、基本实验仪器的使用、基本测量方法的掌握、实验数据的处理和实验误差的分析等,充分发挥对高中实验教学的积极导向作用,引导物理教学重视实验探究,引导学生真正动手做实验^[3]。

1. 加强课标引领,突出新增实验

为了尽可能让学生自己动手多做实验,提升学生的物理学科核心素养,2017年版课标加强了对物理实验内容的重视,提高了对实验教学的要求。在课程内容中不仅规定了21个“学生必做实验”,而且要求必须“实验或观察”教学的知识点数量明显增多,其中必修课程有22条,占42条内容要求的52%,选择性必修课程有32条,占45条内容要求的71%^[4]。

2023年高考物理实验试题基本上来源于课程

标准中规定的实验,一方面用试题加强课标引领,通过“依标施考”引导中学“依标施教”,引导中学教学遵循教育规律,回归物理本质;另一方面突出对课程标准中新增实验的考查,注重课程标准与高考的衔接和落地,如“探究向心力大小的表达式”“观察电容器的充电、放电现象”“研究变压器的输入和输出电压之比”“探究等温条件下气体压强与体积的关系”等,都属于原考试大纲中没有要求而课程标准中新增的实验。

另外,从2023年起,在全国新课标卷和各省市新高考卷中不再设置选考题,而是全面考查课程标准规定的内容,于是考查了以前只可能出现在选考题中的热学和光学实验,打破了实验试题“一力一电”的格局,如“用油膜法估测油酸分子直径”“用激光测玻璃砖的折射率”等。

值得指出的是,除了实验题型考查实验内容之外,2023年高考物理试题在选择题和计算题中均出现了以实验为背景的试题,例如,全国甲卷和乙卷各有一道选择题考查“落磁实验”^[5],全国新课标卷有一道计算题考查“密立根油滴实验”等,这使得问题的分析与求解更具有可操作的实验探究性,进一步凸显了物理实验在发展学生学科素养方面的重要地位和作用。

2. 基于教材情境,拓展素材来源

高考评价体系将试题情境划分为生活实践和学习探索等两大类六小类^[6],课程标准和教材中的典型问题情境属于“学习探索情境”中的一小类,取自学生实际探索过程中所涉及的问题,是高考试题素材来源的重要渠道,目的是引导教学遵循课程标准、回归课堂教材。

例1(2023,湖南卷) 某探究小组利用半导体薄膜压力传感器等元件设计了一个测量微小压力的装置,其电路如图1所示, R_1 、 R_2 、 R_3 为电阻箱, R_F 为半导体薄膜压力传感器,C、D间连接电压传感器(内阻无穷大)。

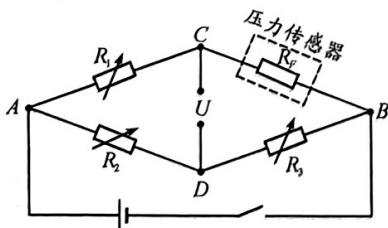


图1

(1)先用欧姆表“ $\times 100$ ”挡粗测 R_F 的阻值,示

数如图2所示,对应的读数是 _____ Ω ;

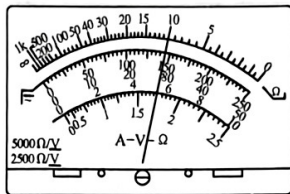


图2

(2)适当调节 R_1 、 R_2 、 R_3 ,使电压传感器示数为0,此时, R_F 的阻值为 _____ (用 R_1 、 R_2 、 R_3 表示);

(3)依次将0.5 g的标准砝码加载到压力传感器上(压力传感器上所受压力大小等于砝码重力大小),读出电压传感器示数 U ,所测数据如表5所示;

表5

次数	1	2	3	4	5	6
砝码质量 m/g	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
电压 U/mV	0	57	115	168	220	280

根据表中数据在图3所示坐标系中描点,绘制 $U-m$ 关系图线;

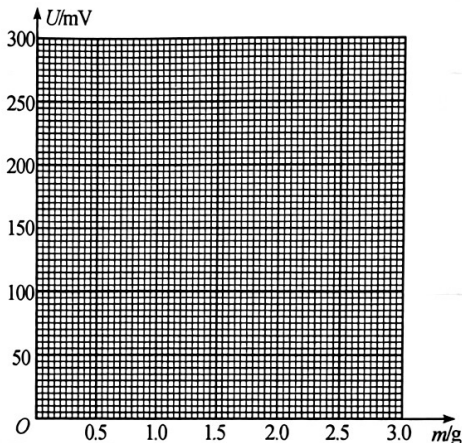


图3

(4)完成前面三步的实验工作后,该测量微小压力的装置即可投入使用。在半导体薄膜压力传感器上施加微小压力 F_0 ,电压传感器示数为200 mV,则 F_0 大小是 _____ N(重力加速度取 9.8 m/s^2 ,保留2位有效数字);

(5)若在步骤(4)中换用非理想毫伏表测量 C、D 间电压,在半导体薄膜压力传感器上施加微小压力 F_1 ,此时非理想毫伏表读数为200 mV,则 F_1 _____ F_0 (选填“ $>$ ”“ $=$ ”或“ $<$ ”)。

答案 (1) 1 000; (2) $R_F = \frac{R_1 R_3}{R_2}$; (3) 略;

(4) 1.7×10^{-2} ; (5) $>$ 。

分析 本题情境素材来源于人教社 2019 年版新教材选择性必修第二册中的课题研究样例“半导体薄膜压力传感器特性的实验研究”，基于教材情境，拓宽了实验的选材范围。教材中的课题研究将学生的探究活动拓展到课外，引导学生将探究的思想应用于日常生活，既能锻炼学生研究综合问题的能力，也能培养学生关注科学技术与社会相互联系的意识。学生应用所学知识循序渐进地完成一系列创造性活动，有利于其创新意识的增强和创造能力的提高。

3. 注重传感器和智能手机类实验

用信息技术改造已有实验、增加原来不能做的实验，这是大势所趋。课程标准中指出“重视将信息技术应用到物理实验……诸如通过计算机实时测量、处理实验数据，分析实验结果等”^[4]。智能手机上安装的应用程序中有各种传感器，为探究活动提供了极大的方便。

例 2(2023, 山东卷) 电容储能已经在电动汽车、风、光发电、脉冲电源等方向得到了广泛应用。某同学设计图 4 所示电路，探究不同电压下电容器的充电、放电过程。

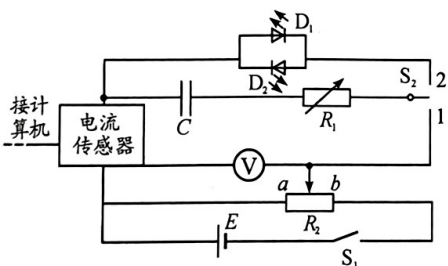


图 4

器材如下：

电容器 C (额定电压为 10 V, 电容标识不清)；

电源 E (电动势为 12 V, 内阻不计)；

电阻箱 R_1 (阻值为 $0 \sim 99\,999.9 \Omega$)；

滑动变阻器 R_2 (最大阻值为 20Ω , 额定电流为 2 A)；

电压表 V (量程为 $0 \sim 15 \text{ V}$, 内阻很大)；

发光二极管 D_1 、 D_2 , 开关 S_1 、 S_2 , 电流传感器, 计算机, 导线若干。

回答以下问题：

(1) 按照图 4 连接电路，闭合开关 S_1 ，若要升高电容器充电电压，滑动变阻器滑片应向 _____ (选填“a”或“b”)端滑动。

(2) 调节滑动变阻器滑片位置，电压表表盘如

图 5 所示，示数为 _____ V (保留 1 位小数)。

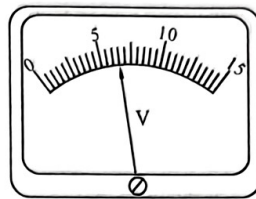


图 5

(3) 继续调节滑动变阻器滑片位置，电压表示数为 8.0 V 时，开关 S_2 掷向 1，得到电容器充电过程的 $I-t$ 图像，如图 6 所示。借鉴“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中估算油膜面积的方法，根据图像可估算出充电结束后，电容器存储的电荷量为 _____ C (结果保留 2 位有效数字)。

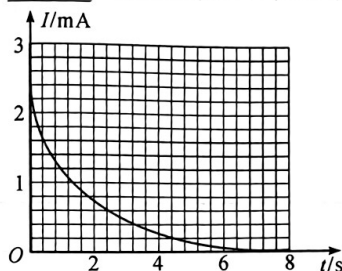


图 6

(4) 本电路中所使用电容器的电容约为 _____ F (结果保留 2 位有效数字)。

(5) 电容器充电后，将开关 S_2 掷向 2，发光二极管 _____ (选填“ D_1 ”或“ D_2 ”) 闪光。

答案 (1) b; (2) 6.5; (3) 3.6×10^{-3} ($3.6 \times 10^{-3} \sim 3.8 \times 10^{-3}$ 均可); (4) 4.5×10^{-4} ($4.5 \times 10^{-4} \sim 4.8 \times 10^{-4}$ 均可); (5) D_1 。

分析 本题情境素材来源于人教社 2019 年版教材必修第三册中的“拓展学习”栏目“用传感器观察电容器的放电过程”，借用多媒体技术和数字图像实现了定量研究的目的，在讨论 $I-t$ 图像下“面积”的物理意义时再现微元法的使用，有利于训练学生利用图像处理问题，提高其数理结合与科学论证的能力。

例 3(2023, 湖南卷) 某同学探究弹簧振子振动周期与质量的关系，实验装置如图 7 所示，轻质弹簧上端悬挂在铁架台上，下端挂有钩码，钩码下表面吸附一个小磁铁，其正下方放置智能手机，手机中的磁传感器可以采集磁感应强度实时变化的数据并输出图像，实验步骤如下：

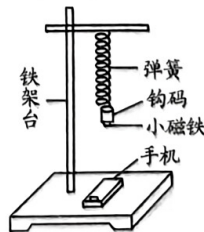


图 7

(1) 测出钩码和小磁铁的总质量 m ；
(2) 在弹簧下端挂上该钩码和小磁铁，使弹簧振子在竖直方向做简谐运动，打开手机的磁传感器

软件,此时磁传感器记录的磁感应强度变化周期等于弹簧振子振动周期;

(3)某次采集到的磁感应强度 B 的大小随时间 t 变化的图像如图 8 所示,从图中可以算出弹簧振子振动周期 $T=$ _____ (用“ t_0 ”表示);

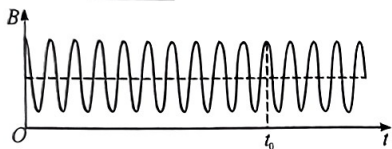


图 8

(4)改变钩码质量,重复上述步骤;

(5)实验测得数据如表 6 所示,分析数据可知,弹簧振子振动周期的平方与质量的关系是 _____ (选填“线性的”或“非线性的”);

表 6

m/kg	$10T/\text{s}$	T/s	T^2/s
0.015	2.43	0.243	0.059
0.025	3.14	0.314	0.099
0.035	3.72	0.372	0.138
0.045	4.22	0.422	0.178
0.055	4.66	0.466	0.217

(6)设弹簧的劲度系数为 k ,根据实验结果并结合物理量的单位关系,弹簧振子振动周期的表达式可能是 _____ (填正确答案标号);

- A. $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ B. $2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$
C. $2\pi\sqrt{mk}$ D. $2\pi k\sqrt{m}$

(7)除偶然误差外,写出一条本实验中可能产生误差的原因: _____。

答案 (3) $\frac{t_0}{10}$; (5)线性的; (6)A; (7)空气阻力(或弹簧自身的重力)的影响。

分析 基于“教-学-评”一致性,近些年涌现出许多以手机为背景的高考物理试题。本题利用智能手机中的磁传感器采集数据并输出图像,突破了很多实验受常规仪器的限制无法进行的束缚,既高效便捷又贴近生活,具有强烈的时代气息,能激发学生的解题兴趣。课程标准中提出了“调查手机中的各种传感器,了解它们的应用”的活动建议^[4],教材中也有意识地设计用智能手机中的传感器做实验,例如,人教社 2019 年版新教材必修第一册中的“做一做”栏目“用手机测自由落体加速度”。

三、高考物理实验试题备考策略

物理实验在发展学生学科素养方面具有重要的地位和作用,是任何其他方式都不能代替的学习方式。高考物理实验试题引导教学立足课标、回归教材,引导实验教学遵循实验规律,鼓励学生开展各种科学探究活动,真正动手操作实验,切实提高实验能力,而不只是听老师讲实验和做实验题,也不只是看实验视频。

1. 立足课标中规定的实验

高考备考教学中,要重视课程标准中规定的 21 个“学生必做实验”,引导学生认真做好每一个实验,尤其关注新增实验,熟练掌握实验原理和方法、实验仪器的操作使用及读数规则等实验技能,加强对实验数据的分析与处理,包括数据处理、实验误差分析等,真正提高实验能力和素养。

2. 注重教材中的实验素材

教师在教学中要加强对物理实验的研究,特别是对教材中的实验素材,包括演示实验、课题研究、课外拓展实验、教材“做一做”栏目和练习题中的小实验,要引导学生在“动脑”和“动手”两个方面提高科学探究能力,在实验探索中培养兴趣、引发思考、体验感悟,提升物理学科核心素养。

3. 关注实验中的信息技术

信息技术在当今社会的各个领域无孔不入,智能设备的功能越来越强大,将传感器和智能手机等设备应用到物理实验中是与时俱进的表现,复习备考中应有意识地加以关注,加强对信息技术与物理实验的融合开发应用,引导学生关心科学技术与社会生活的密切联系。

参考文献

- [1] 张殷. 科学素养怎么考、怎么教:2023 年高考物理全国卷试题分析与启示[J]. 人民教育,2023(Z3):44-51.
- [2] 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):38-44.
- [3] 教育部教育考试院. 高考试题分析:理科综合(2024 年版)[M]. 北京:语文出版社,2023:88-90.
- [4] 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)[M]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [5] 段石峰. 2023 年高考全国卷两道“落磁实验”试题的溯源与释疑[J]. 中学物理教学参考(上旬·高初中),2023,52(8):45-48.
- [6] 李勇. 高考物理情境化试题的命制理念、内涵和特点:以 2023 年高考全国卷物理试题为例[J]. 基础教育课程,2023(Z1):54-63.

(本文编辑:郭晓丹 刘仲夏)