

高三物理演示实验复习策略

北京市和平街第一中学教师 梅晓璇

物理学是一门以实验为基础的学科,实验能力是高考考查的一个重要方面。随着高中物理知识体系的展开,演示实验在观察现象、猜想假设、制订方案,以及基于证据得出结论、评估和论证结论等方面起到不同的作用。演示实验以及与之相关的学生分组实验、生产实际和实践活动等内容分布于教材各章各节,考生可通过梳理、整合突出重点,形成结构化体系,使复习系统优化、省时高效。

一、挖掘演示实验的功能和目的,理解实验指向的认识对象

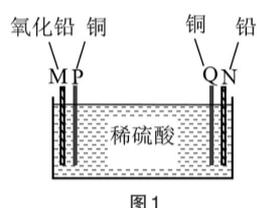


图1

【例1】图1是实验室铅蓄电池(电动势约为2.0V)装置示意图。利用铅与稀硫酸的化学反应,该装置可以将化学能转化为电能。图中M为电池正极(氧化铅棒上端),N为电池负极(铅棒上端),P、Q分别为与正、负极非常靠近的铜片(铜片是为测量内电压而加入电池的,它们不参与化学反应)。用电压传感器(可看做理想电压表)测量各端间的电势差。下列说法正确的是

A. 测量外电压时,电压传感器的正接线柱应接M极,负接线柱接N极

B. 测量内电压时,电压传感器的正接线柱应接P极,负接线柱接Q极

C. $U_{MP} + U_{PQ} + U_{QN}$ 总是约等于2.0V

D. $U_{MP} - U_{PQ} + U_{QN}$ 总是约等于2.0V

【解析】题中所述的铅蓄电池,电动势主要产生在MP和QN之间,M、N间电压为外电压,无论有无外电路,M为电池正极,传感器正接线柱应接M。选项A正确。没有外电路时,P、Q等势,无内压降;有外电路使电池内通过电流时,由于有内压降,使P电势低于Q,传感器正接线柱应接Q才能测得内电压,故B选项错误。而外电压 $U_{MN} = U_{MP} + U_{PQ} + U_{QN} = E + U_{PQ} = E - Ir$ (其中 E 、 r 分别为电池电动势和内阻),因此C和D两个选项都错误。

在这里,演示实验指向的对象,是用比值法定义概念。 $E = \frac{W_{非}}{q}$ 中的非静电力做功只发生在M、P和Q、N处,是电池本身的性质,而与其他因素无关。

作为实验认识对象的“概念”,还有静电场中电场强度(演示电场中的试探电荷电量减半、库仑力减半,库仑力与电量比值不变)、电容器电容(演示电容器电量减半、电压也减半,电量与电压的比值不变),以及力学中两种材料的接触面动摩擦因数(演示正压力减半、滑动摩擦力减半,滑动摩擦力与正压力的比值不变)等。以“概念”作为认识对象,能把散落在不同知识模块中的演示实验用相同的认识方式和观察视角整合在一起。

也可以把“规律”作为演示实验的认识对象,如探究向心力大小的表达式、用洛伦兹力演示仪观察带电粒子的运动径迹、法拉第电磁感应定律等实验就可以整合为专题。还可以把“条件”作为演示实验的认识对象,如演示共振现象、探究感应电流产生的条件、观察开关闭合或断开时的自感现象、观察全反射现象等实验也可以整合为专题。

二、挖掘演示实验的描述和呈现,理解实验指向的表征方式

【例2】图2甲为某同学研究物体加速度与力和质量关系的实验装置示意图,图2乙是该装置的俯视图。两个相同的小车,放在水平桌面上,前端各系一条细绳,绳的另一端跨过定滑轮各挂一个小盘,盘里可放砝码。两个小车通过细绳用夹子固定,打开夹子,小盘和砝码牵引小车同时

开始做匀加速直线运动,闭合夹子,两小车同时停止运动。实验中平衡摩擦力后,可以通过在小盘中增减砝码来改变小车所受的合力,也可以通过增减小车中的砝码来改变小车的总质量。该同学记录的实验数据如下表所示,则下列说法中正确的是

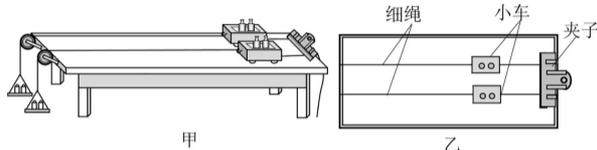


图2

实验次数	小车1总质量 m_1/g	小车2总质量 m_2/g	小车1受合力 F_1/N	小车2受合力 F_2/N	小车1位移 x_1/cm	小车2位移 x_2/cm
1	250	250	0.10	0.20	20.1	39.8
2	250	250	0.10	0.30	15.2	44.5
3	250	250	0.20	0.30	19.8	30.8
4	250	500	0.10	0.10	20.0	39.7
5	300	400	0.10	0.10	20.3	15.1
6	300	500	0.10	0.10	30.0	18.0

A. 研究小车的加速度与合外力的关系可以利用1、2、3三次实验数据

B. 研究小车的加速度与小车总质量的关系可以利用2、3、6三次实验数据

C. 对于“合外力相同的情况下,小车质量越大,小车的加速度越小”的结论,可以由第1次实验中小车1的位移数据和第6次实验中小车2的位移数据进行比较得出

D. 通过对表中数据的分析,可以判断出第4次实验数据的记录存在错误

【解析】本题以研究物体加速度与力和质量关系实验为背景。设计方案中使用了控制变量法和转换法,两车运动时间相同,通过 $x = \frac{1}{2}at^2$ 把加速度的测量转换为位移的测量。当两小车质量相同时,数据应有 $x \propto a \propto F$; 当两小车受合外力相同时,数据应有 $x \propto a \propto \frac{1}{m}$, 由此得出答案A、D正确。

表格和图象是常见的数据表达和处理方式,用以表征实验事实、情景、过程、猜想(或欲验证、待否定的结论)、解释和评估等,使实验目的与结论蕴含在用表格表达的数值关系、用图象表达的函数关系里。

表格和图象的表征方式,也包含定量或定性的总结和归纳的描述性结论。可以把表格、图象与定性描述整合为专题,如静摩擦力的大小随拉力的变化实验,拉力-时间(F-t)图象可说明静摩擦力有最大值;晶体二极管的伏安特性曲线的测量实验,电流-电压图象可说明非线性关系;观察电容器的充放电过程(RC电路)实验,电流-时间曲线可反映两极间电势差和电量的关系,结合自感现象的电流-时间曲线,又可对比电容器、电感器两种电路基本元件的相同与不同等。

也可以整合和对比真实器材操作的实验与理想化实验,如研究自由落体运动规律的实验与伽利略斜面实验;整合“做比喻、打比方”的模拟实验、估测实验,如模拟气体压强产生的机理、模拟电场线、用导电纸描绘静电场中的等势线实验等。

三、挖掘演示实验的内涵和结构,理解实验指向的认识角度

【例3】某同学绕制了两个线圈套在可拆变压器的铁芯上。原线圈接学生电源的交流输出端,副线圈接小灯泡。下列说法正确的是

A. 与变压器未通电时相比较,此时若将可拆变压器上端的横条铁芯取下将更费力

B. 若仅增加原线圈绕制的圈数,小灯泡的亮度将保持不变

C. 若仅增加副线圈绕制的圈数,学生电源的过载指示灯可能会亮起

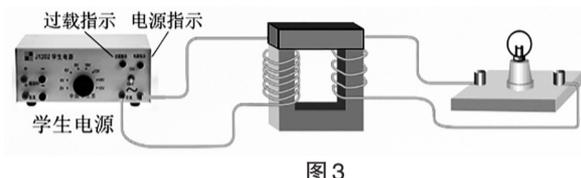


图3

【解析】答案为A、C。

作答本题的关键,是从能量转化与传输的角度把握变压器的结构和原理。

这种以实验体现能量观的认识角度整合的专题,还包含观察光电效应实验、探究楞次定律实验、探究弹性势能表达式实验以及“跳环”实验等。守恒观念、相互作用观念、少量放大都是认识角度,都可以进行系列整合,使复习具有层级、递进、交叉、渗透和逐步提升的特点。

四、挖掘演示实验的思想和方法,理解实验指向的认识思路

【例4】某实验小组的同学研究物体的外力冲量 I 与动量变化量 Δp 的关系,设计了图4所示的实验。图甲中,带遮光片的小车由发射装置弹射,经过光电门后与力传感器碰撞,然后弹回再经过光电门。与传感器相连的电脑可以记录小车碰撞前后的速度大小,并同时记录碰撞过程中,碰撞作用力随时间变化的图象,由电脑计算出冲量 I 的数值。

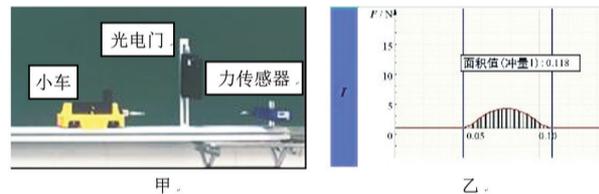


图4

该小组先后在小车上安装三个不同的弹簧圈,依次让小车的弹簧圈与传感器碰撞,整理、记录数据如下表。

次数	小车质量 m/kg	碰前速度 $v/m \cdot s^{-1}$	碰后速度 $v'/m \cdot s^{-1}$	外力冲量 $I/N \cdot s$
1	0.166	0.367	0.343	0.118
2	0.173	0.422	0.225	0.112
3	0.173	0.347	0.214	0.097

根据实验记录,用数据说明:在碰撞过程中,小车的外力冲量产生了怎样的作用效果?与小车的动量变化量 Δp 的关系如何?

【解析】本题用传感器演示动量定理,观察合外力的瞬时冲量引起物体的动量改变。以外力冲量 I 的方向为正方向(图4中方向向左),则动量变化量为 $\Delta p = mv' - m(-v)$ 。根据第1次实验数据,有 $\Delta p = 0.166 \times 0.343 - 0.166 \times (-0.367) = 0.118 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,与这个过程中小车的外力冲量 $I = 0.118 \text{ N} \cdot \text{s}$ 相等。验证第2次、第3次实验数据,结论不变,说明小车的外力冲量与小车在此过程中的动量变化量相等,即 $I = \Delta p$ 。实验也表明,动量和动量变化量均为矢量。

一个物理量对时间或空间的累积等于另外一个物理量的变化量,这种认识瞬时与积累、作用过程与状态变化的关系的实验思路,还有合外力做功与动能变化的关系等实验。除此之外,用宏观现象理解和认识微观过程(如气体实验定律的演示)、用物理过程的演化轨迹理解和认识变化过程中不变的某些属性(如两个守恒定律的演示)等实验思路,考生通过整合复习,可起到反思与提升的再认识、再升华的作用。