



教材与书评

人教版高中物理新教材实验题特征分析

陈晓莎 袁海泉

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215006)

(收稿日期:2021-04-15)

摘要:分析高中物理新教材实验题的整体、题目和核心素养指向特征,总结了重点突出、数量增加、提升科学思维层次、培养科学探究素养、全面检查科学探究、重视实验技能训练导向、学业质量水平指向明确、注重形成物理观念、强调科学态度要素等特点.

关键词:高中物理 新教材 实验题 特征分析

教材内物理实验相关的练习题,具有建立概念规律、构筑知识框架、检测学习情况、巩固知识内容、培育实验能力、养成科学态度的功能,对实验教学有导向作用.依据《普通高中物理课程标准(2017年版)》(以下简称新课标),人民教育出版社物理编写组编写了必修以及选择性必修共6本新教材.对其中的实验题进行分析,有利于教师和学生更好地理解和使用教材,发挥实验习题的核心素养教育功能.

1 整体特征

1.1 重点突出

在高中物理共27章125节教材中,实验部分有独立小节实验11个、“实验”“演示”和“做一做”栏目下的实验分别是23个、36个、25个,涉及实验的“拓展学习”9个,以实验为背景的节首问题情境28个.其中,与实验有关的栏目定位分别是:“实验”是学生自己动脑、动手操作完成的实践活动;“演示”是教师操作,学生观察、讨论的实践活动;“做一做”是小型的动手操作类活动,目的是引发思考、体验和感悟;“拓展学习”体现弹性,属于选学、选做的内容,供有条件的学校选用^[1,2].

新教材实验题一共70道,其中65道是课标规定21个必做实验的巩固和自我检测,分布在独立小节或有“实验”栏目小节的“练习与应用”和章末的“复习与提高”中,学习导向明确,重点突出^[3].

1.2 数量增加

笔者对2019年版新教材和2004年版旧教材实验题的数量和占比进行统计,结果如图1和图2所示.新教材的实验题总数是70道,比旧教材实验题总数31道多出2倍有余.

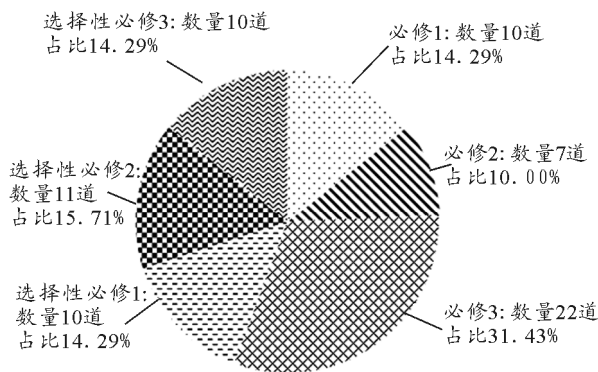


图1 新教材实验题数量和占比统计

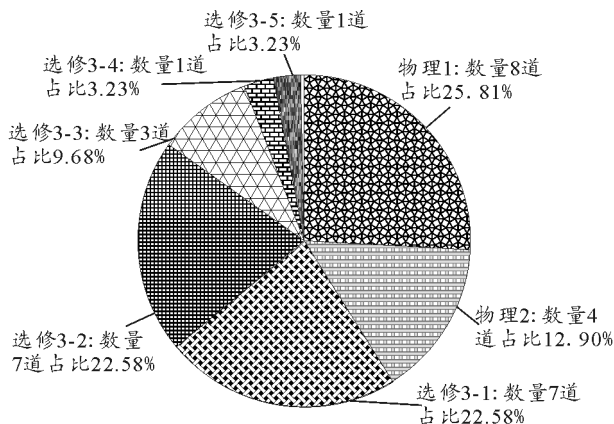


图2 旧教材实验题数量和占比统计

由图1和图2的对比可见,数量上力学部分略有增加,其他部分显著增加.新教材占比最高的是必修3,电学实验;而旧教材占比最高的是物理1,力学实验.

新教材的必修3对应的是旧教材的选修3-1,必修3比选修3-1多出15道题,在原来习题的基础上增加数量,扩大范围.选择性必修1和选择性必修3对应旧教材的选修3-3,3-4,3-5这3本教材,实验题数量前者总数为20道,后者只有3道,可见新教材对选择性必修中实验的重视,未来的高考实验题很有可能不再是“一电一力”平分天下的局势.

2 题目特征

2.1 提升科学思维层次 培养科学探究素养

分析每一道实验习题中的每一小问的检测形式,如表1所示.

表1 实验题检测形式分布

简答 / 问	作图 / 问	填表 / 问	计算 / 问	设计 / 问	判断 / 问	选择 / 问	总数 / 问
36	14	11	24	14	4	1	104

由表1可知,简答题形式次数最多,占比约34.62%,设计题数量上排列第三,占比约13.46%,简答题和设计题的总和占比约48.08%.可见实验题重视探究过程,提升科学思维层次、培养科学探究素养.例如,必修1第四章“复习与提高”A组第7题,3个问题引导学生经历提出假设、设计实验方案、分析数据、得到结论等科学探究过程,体现习题核心素养教育功能.

填表型实验题数量明显增多,因其结构简单、信息明确、知识覆盖面广、兼顾基础和能力的综合考查等特点,成了实验题的新宠.主要对象有3种.

第一种是给出完整的实验表格如表2所示,要求学生根据实验数据作图.

表2 必修1第三章第1节

“练习与应用”第5题实验数据

砝码质量 m/g	0	30	60	90	120	150
弹簧总长度 l/cm	6.0	7.2	8.3	9.5	10.6	11.8

第二种是要求学生完善表格,例如表3所示,以表格的形式,整洁美观、容量大、知识点之间联系和对比外显化.

表3 必修3第十一章第5节

“练习与应用”第1题实验数据

序号	所测物理量	量程或倍率	指针	读数
1	直流电压	50 V	a	
2	直流电流		b	8.3 mA
3	电阻		a	$5.5 \times 10^7 \Omega$
4	电阻	$\times 1$	b	

最后一种结合了前面两种情况,先完善表格,再作图,体现了实验题的综合性和全面性.如表4所示,依据纸带上的数据算出速度,再作出 $v-t$ 图像.

表4 必修1第二章

“复习与提高”A组第4题实验数据

位置	A	B	C	D	E
$v/(m \cdot s^{-1})$					

选择题具有客观、快捷、知识覆盖广等特点,是一种很好的试题题型,但不适合作为习题题型,因为易导致学生重结果,轻过程.所以,实验题除了其中一小问是对实验器材的选择之外,再无选择的检测形式.

2.2 搭建梯度 学业质量水平指向明确

新课标将高中物理学业质量分为5级水平,其中“学业质量水平2是高中毕业生应达到的合格要求,是学业水平合格性考试命题依据;学业质量水平4是高等院校招生录取的学业水平等级考试的命题依据.”

这样设置满足学生对物理课程知识层次的不同程度学习能力的要求,形成知识层次的梯度.

我们细化课程标准的学业质量标准,从情境的复杂性、内容的抽象性和应用的综合性3个维度对新教材实验题的学业水平层次进行分类,如图3所示.

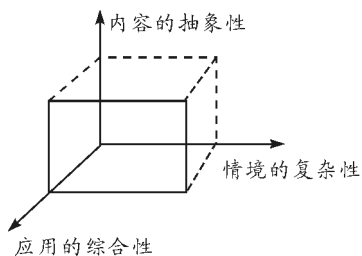


图3 影响问题复杂程度的维度

这3个维度的数值越大,由这3个维度交点所对应的长方体体积就越大,说明学业水平层次越高,分类结果具体参照表5.

依据表5中学生水平层次建构的分类,对每一道实验题进行定性的界定,统计结果如表6所示(表中第2至第8栏数值是习题的个数).

表5 实验题学业水平层次分类参照

学业水平层次	情境的复杂性	内容的抽象性	应用的综合性		
			知识内容因子个数	知识的综合性	知识之间的交叉和融合
1	简单、熟悉	具体	1	简单、熟悉	无
2	简单或一般复杂	一般抽象	1或2	简单或一般复杂	简单
3	较复杂	较抽象	2或2以上	一般复杂或较复杂	较复杂
4	较复杂或复杂	较抽象或抽象	2以上	复杂	复杂
5	复杂、新颖	抽象,陌生	3以上	复杂、新颖	非常复杂

表6 人教版新教材中各学业水平习题数量统计

学业水平层次	必修1 习题数	必修2 习题数	必修3 习题数	选择性必修1 习题数	选择性必修2 习题数	选择性必修3 习题数	合计 习题数	占比/%
1	2	0	4	1	0	1	8	11.27
2	6	5	14	6	4	6	41	57.75
3	1	1	3	2	4	2	13	18.31
4	1	1	2	1	3	1	9	12.68
5	0	0	0	0	0	0	0	0.00

由表6可知,每一本教材中都是水平2的实验题占比最高,总体上也是水平2数量最多,占比57.75%.其次是水平3,占比18.31%,水平1和水平4在数量和占比上都接近,未出现达到水平5要求的实验题.必修部分水平1和水平2总数的占比多于选择性必修部分,体现必修部分的基础性.教材中实验题的学业质量水平指向明确.

必修2和选择性必修2都未出现水平1的实验题,必修2的几个实验是必修1中力学实验的延伸,必修3是选择性必修2的电磁学基础.比如测量做直线运动物体的瞬时速度和验证机械能守恒定律有多个共同的装置,都需要使用打点计时器、处理纸带

这些基本功,必修1到必修2,搭建梯度,同一知识点由浅入深,由易到难,层次分明.

选择性必修1中的实验对能力和思维要求较高,特别是利用传感器制作简单的自动控制装置,要求解释新颖的实验装置,或者要求根据装置特点设计实验,大多属于水平3和水平4的习题.

3 核心素养指向特征

不同于试题的设计是为了考查学生对基本知识的掌握,习题的设计思路是怎样让学生学会做实验的基本技能.笔者对21个学生必做实验的实验题的每个问题进行学习导向分析,具体如表7所示.

表7 新教材学生必做实验的实验题学习导向统计

教材	实验名称	基本技能导向	分析综合能力导向	问题数
必修1	测量做直线运动物体的瞬时速度	判断纸带头尾,说明怎么计算瞬时速度,计算加速度,剪纸带作 $v-t$ 图,m/s和km/h的单位换算.根据表格作 $v-t$ 图.求瞬时速度,根据表格作 $v-t$ 图,判断是否为匀加速直线运动,求加速度	判断剪纸带作 $v-t$ 图是否可行并说明理由	9
	探究弹簧弹力与形变量的关系	根据数据作 $F-x$ 图像,求劲度系数	0	2
	探究两个互成角度的力的合成规律	0	0	0
	探究加速度与物体受力、物体质量的关系	数据拆分填表,计算缺失数值,根据数据作 $a-\frac{1}{m}$ 图像并总结实验结论.分析数据得出结论	判断实验方案是否可行并说明理由.改变探究量,怎么调整实验条件	6
必修2	验证机械能守恒定律	选择实验器材,计算重力势能和动能,计算机械能	分析误差原因,需要测量哪些物理量,测得的物理量可能满足什么关系	6
	探究平抛运动的特点		指出需要的器材,说明实验步骤.如何收集并处理实验数据.分析实验图像并判断猜想,设计实验	4
	探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系	0	0	0
必修3	观察电容器的充、放电现象	充放电的电路情况填表		1
	长度的测量及其测量工具的选用	读数		2
	测量金属丝的电阻率	判断电导率偏大偏小,连实物连接图,计算电阻率,修改错误实物连接电路图,补全电路图,滑动变阻器应在哪端,根据 $I-U$ 图像计算灯泡电阻		7
	用多用电表测量电学中的物理量	补充量程或倍率与读数,排序实验步骤,判断红黑笔哪个电势高,判断实验操作规范,使用多用电表测量步骤填空,读数.根据欧姆表画出黑箱电阻连接方式,红黑表笔的用法	如何用多用电表找出灯泡不发光原因,用直流10V挡找出电路故障,换2.5V挡产生的后果.说明怎样用多用表检查出故障	15
	测量电源的电动势和内阻	作出 $U-I$ 图并得出电动势和内阻的值出现3次,补充实物电路,算出各组的电流数	在电流表出现故障的情况下重新设计电路图,说明怎样得到电流 I 的数据	9

续表 7

教材	实验名称	基本技能导向	分析综合能力导向	问题数
选择性必修 1	验证动量守恒定律	选择计算前后速度的纸段,计算碰撞前后总动量	说明某一实验操作错误引起的后果	4
	用单摆测量重力加速度的大小	判断叙述是否正确,作 a, b 关系图,写出单位	推导表达式	3
	测量玻璃的折射率	0	证明入射和出射光线是平行的,证明入射角越大,侧移越大	2
	用双缝干涉实验测量光的波长	改变 L , 或者改变 d , 相邻两条亮条纹中心的距离如何变化, 判断那种光的波长更长, 计算光的波长		4
选择性必修 2	探究影响感应电流方向的因素		解释实验现象 2 次	2
	探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系	测变压器匝数需要什么器材	说明实验原理和过程	2
	利用传感器制作简单的自动控制装置		定性说明电感式微小位移传感器的原理, 分析加速度计的指针往哪边偏转, 设计电热水器自动加热的控制方案, 简述光控继电器的原理, 设计一个控制路灯的电路, 根据表格描绘阻值随照度变化的图像, 按要求设计电路, 推导自制电子秤中 U 与 m 的关系式	8
选择性必修 3	用油膜法估测油酸分子的大小	计算薄膜的厚度, 计算纯油酸体积, 根据方格纸中的轮廓得出油膜面积, 估算油酸分子大小	定量具体说明操作的步骤, 设计测量细铁丝横截面积, 3 位同学操作错误分别会带来什么后果	9
	探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系		$P - \frac{1}{v}$ 图像不过原点的思考	1
问题总数 / 问		61	35	96

由表 7 可得出以下几点核心素养指向特征:

3.1 全面考查科学探究能力

新教材实验题对科学探究中问题、证据、解释、交流 4 个要素都有相应的检测. 习题涉及知识点覆盖面广, 21 个必做实验中 19 个实验都有相关的实验题. 教师在实验教学过程中要注意培养学生的全局意识, 重视各个实验, 重视知识结构的完整性.

实验学习导向层次丰富. 立足基础, 有读数, 实

验仪器的选择, 实验步骤的排序, 单位换算, 补全实验图, 计算相关物理量等基础技能导向, 有利于培养学生良好的实验习惯. 重视能力, 对实验的分析综合能力导向涉及了 35 个问题. 可见注重学生设计实验, 分析探究过程, 解决问题的能力.

平常教学中我们不仅要重视学生对实验原理方法的了解, 实验技能操作, 数据分析等基础能力, 还要注重学生设计性思维和创造性思维的培养, 注重

学生科学探究能力的全面性、严谨性和灵活性。

3.2 重视实验技能训练导向

实验题多次考查根据题目表格中的数据作图. 其中只有一次要求作 $U-I$ 图像给出的是既有坐标又有量程的方格纸, 其余都是只有坐标没有具体量程的空白方格纸, 或者全部留白, 学生自己建立坐标、定比例等. 数据处理是科学探究解释素养的重要能力, 重视学生通过实验所内化的经验和处理数据的能力.

新教材中的实验题关注实践意识和实践能力的导向, 其中用多用电表测量电学中的物理量考查的问题数最多, 而且只考查如何使用和读数, 没有涉及原理. 引导学生规范、安全、合理地操作实验器材及灵活地解决实验中各类问题. 有利于将做过实验和没做过实验的学生有效区分, 引导实验教学的真正开展.

注重培养学生的动手能力和辩证思维, 例如要求学生剪纸带作 $v-t$ 图, 接着判断剪纸带作 $v-t$ 图是否可行并说明理由. 创设现场的实验操作片段, 将笔头习题和实验过程紧密结合, 实现对学生实验能力的有效导向, 培养了学生的科学方法和思维能力, 引导学生在实验中动手动脑.

3.3 注重形成物理观念

实验题注重学生对物理概念的形成, 主要体现在两个方面.

一方面是有针对性地引导学生巩固具有代表性的物理核心概念、规律、思想和方法, 有利于物理概念和规律等在头脑中的提炼和升华, 体现物理观念导向. 例如, 判断物体的运动是否为匀加速直线运动体现了运动与相互作用观念; 若要符合机械能守恒定律的结论, 测得的物理量应该满足什么关系体现了能量观念; 估算油酸分子大小体现了物质观. 这些核心、基础的物理规律和方法, 不断促进学生具体与抽象的协同思维, 最终目的是形成物理观念, 解决实际问题.

另一方面是在高通路迁移中形成物理观念. 核心素养有两个基本素养群: 专家思维和复杂交往. 而

创新是专家思维的核心特征, 学习科学往往用迁移来描述创新的机制. 迁移也有不同的类别和层次, 图4展示了斯特恩对迁移分类与维度的4个象限, 其中高通路迁移, 需要高端的反思性学习, 才能实现有意识的、深思熟虑的迁移.

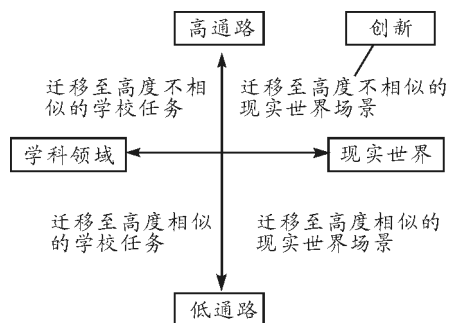


图4 斯特恩的迁移四象限

新教材实验题注重高通路迁移, 在原有的实验原理的基础上, 拓展和迁移不同的实验方法. 例如测电阻率迁移到测电导率, 在掌握多用电表操作的基础上应用于排查电路故障, 从原来的伏安法测电源电动势和内阻迁移到不用电流表的伏阻法. 引导学生形成具体与抽象交错的复杂认知结构. 因此对于实验教学, 我们不能简单地只按课本上的要求进行重复性的操作, 更应注重实验原理和方法的理解和应用, 关注学生高通路迁移能力的培养. 同时还要注意物理理论课与实验课相结合, 二者相辅相成, 相互促进.

3.4 突出科学态度要素

实验题常常以质疑的态度审视实验: “你认为可行吗? 这样做有道理吗? 猜想是否成立?”. 多次让学生对实验数据进行辨析和处理, 并依据数据处理结果才能得出结论. 注重批判性接受精神, 突出敢于质疑、讲究证据、实事求是、不迷信权威的科学态度. 这也是新教材实验题的指向特征之一.

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)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018
- 2 梁旭, 彭前程. 高中物理新教材实验编写的原则与方法[J]. 物理实验, 2020(10): 51 ~ 58
- 3 许月仙, 袁海泉. 人教版高中物理新教材(必修部分)习题设置特征分析[J]. 物理通报, 2020(7): 124 ~ 129