DOI:10.19789/j.1004-9398.2016.03.008

高中物理教科书中实验探究水平的研究

姚丽鹏 刘 烁
(首都师范大学物理系,北京 100048)

摘 要

本文整理了人民教育出版社高中物理教科书中的实验,在综合分析国内外探究水平分类的基础上,采用海伦量表对整理出的实验进行探究性分析,得出了有关高中物理教科书中实验探究水平的结论,并据此作出思考.

关键词: 高中物理教材,物理实验,探究水平.
中图分类号: G632.0

1 问题的提出与研究设计

施瓦布(J. J. Schwab,1962)为了考察教学的探究性而提出了等级评定的描述[1],此后海伦(Herron,1971)在《科学探究的本质》(The Nature of Scientific Enquiry)一书中,大量叙述了杜威和施瓦布的工作,并继承和发展了施瓦布的评定机制,后人称之为海伦量表[2].综合来看,针对探究水平的分类,后来的学者多是在海伦的探究水平分类基础上进行各自的研究.海伦的四水平探究体系,涉及了探究过程中最主要的探究步骤,即提出问题、设计方案和得出结论,并且全面考虑到教师(或教科书)和学生在各探究步骤中所处的地位,进而分为四个探究水平.这四个水平间差异显著,易于区分.因此,本文采用海伦量表(如表1所示)对整理出的实验进行探究性分析.

表1 海伦的探究水平

主体		步骤		
		提出问题	设计方案	得出结论
水平	水平0	教师/教科书	教师/教科书	教师/教科书
	水平1	教师/教科书	教师/教科书	学生
	水平2	教师教科书	学生	学生
	水平3	学生	学生	学生

2 研究过程与分析

现行人民教育出版社普通高中物理教科书(共同必修1、2,选修3~1、3~2、3~3、3~4、3~5)编排了许多实验,根据它们在物理学和物理教学中的地位、难易程度、用时长短、学校的器材条件,将其分成了学生实验、实验、演示、做一做、问题与练习、课题研究等类别.[3]采用海伦量表对教科书中的这些实验进行探究性分析,分析过程如表2~7所示.

表2 学生实验的探究水平

章节内容		探究水平
第一章 运动的描述	4 实验:用打点计时器测速度	1
第二章 匀变速直线运动的研究	1 实验:探究小车速度随时间变化的规律	1
第四章 牛顿运动定律	2 实验:探究加速度与力、质量的关系	2
第五章 曲线运动	3 实验:研究平抛运动	2
第七章 机械能守恒定律	6 实验:探究功与速度变化的关系	2
	9 实验:验证机械能守恒定律	1
第二章 恒定电流	9 实验:练习使用多用电表	0
	10 实验:测定电池的电动势和内阻	1
第六章 传感器	3 实验:传感器的应用	1
第十三章 光	3 实验:用双缝干涉测量光的波长	1
第十六章 动量守恒定律	1 实验:探究碰撞中的不变量	1

为清晰地呈现物理教科书中实验的分类和探究水平,我们做进一步归类统计,具体如表8所示.

统计发现,高中物理教科书中共涉及177个实验,其中包括11个学生实验室实验,26个学生课堂实验,50个演示实验和90个课下实验.其中,水平0的探究实验有23个,水平1的探究实验有133个,水平2的探究实验有18个,水平3的探究实验有3个.通过饼状图可以反映各探究水平的数量和所

收稿日期:2015-09-30

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3 实验栏目的探究水平

章节	实验内容	探究水平
2.5 自由落体运动	用打点计时器研究自由落体运动	1
3.4 力的合成	探究求合力的方法	1
4.5 牛顿第三定律	探究作用力与反作用力的关系	1
5.6 向心力	用圆锥摆粗略验证向心力的表达式	1
1.1 电荷及其守恒定律	静电感应	1
2.3 欧姆定律	描绘小灯泡的伏安特性曲线	1
2.6 导体的电阻	探究导体电阻与其影响因素的定量关系	1
2.6 导体的电阻	探究导体电阻与材料的关系	1
4.3 楞次定律	观察实验情况	1
5.4 变压器	探究变压器线圈两端的电压与匝数的关系	2
6.1 传感器及其工作原理	观察光敏电阻的特性	1
6.2 传感器的应用	日光灯启动器中的双金属片	1
6.2 传感器的应用	测量光照的强度	1
附录 一些元器件的原理和使用要点	检测发光二极管	1
7.1 物体是由大量分子组成的	用油膜法估测分子的大小	1
7.2 分子的热运动	观察布朗运动	0
8.1 气体的等温变化	探究气体等温变化的规律	1
8.4 气体热现象的微观意义	投硬币	1
9.1 固体	观察蜂蜡融化的形状	1
9.2 液体	观察薄膜和棉线的变化	1
9.2 液体	观察管中水面的高度	1
11.2 简谐运动描述	通过实验,理解位相	0
11.4 单摆	探究单摆周期与摆长的关系	1
11.5 外力作用下的振动	观察振幅的差别	1
13.1 光的反射和折射	测定玻璃的折射率	1
13.7 光的颜色 色散	用肥皂膜做薄膜干涉实验	1

占比例,具体如图 1 所示.

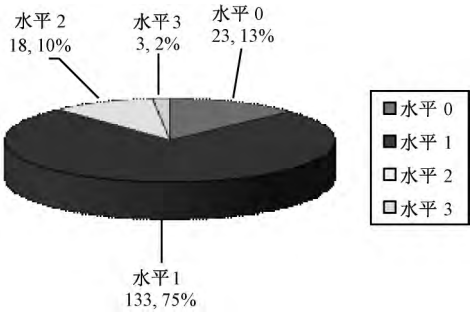


图 1 实验探究四水平分布图

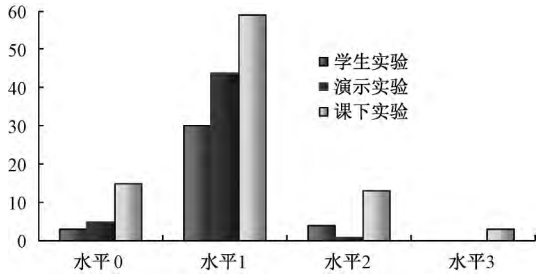


图 2 各类实验的探究水平分布图

由图 1 可见,水平 1 的探究实验总量最多,在 177 个实验中达到 75% 的比例,远远超过其它探究水平的实验; 其次是水平 0 的探究实验,占总数的 13%; 水平 2 的探究实验占 10%; 而水平 3 的探究实验却是寥寥无几,仅有总数的 2%.

为清晰显示各种实验的探究水平分类,特绘制图 2.

由图 2 可以看到,课下实验不仅数量多,而且包含各探究水平的实验; 演示实验多为探究 1 和探究 0 水平; 学生实验数量最少,且没有探究水平 3 的实验.

3 研究结论与讨论

3.1 研究结论

3.1.1 高中物理教科书中实验探究水平偏低

统计可知,高中物理教科书中的 177 个实验,有 133 个属于探究水平 1,所占比例为 75%. 这也就说明,75% 的实验教科书已经明确给出要探究的问题以及相应的实验方案,学生仅仅需要按照实验步骤去操作即可. 其次,水平 0 的探究实验有 23 个,所占比例为 13%. 表明有 13% 的实验,教科书已经明确给出要探究的问题和实验方案,甚至结论都已经呈现出来,学生仅仅需要按照所有的内容操作实验,获得亲身的体验即可,不需要他们在这个过程中做出

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　演示实验的探究水平

章节	实验内容	探究水平
2. 5 自由落体运动	牛顿管实验	1
3. 2 弹力	观察桌面微小形变	1
3. 3 摩擦力	分别用弹簧测力计和传感器拉木块,得到拉力变化图	1
5. 1 曲线运动	利用弯曲轨道观察曲线运动的方向	1
5. 1 曲线运动	观察红蜡块的运动	1
5. 1 曲线运动	观察钢球在磁铁吸引力作用下的运动	1
7. 8 机械能守恒定律	观察小球能摆多高,解释现象	1
1. 2 库仑定律	探究影响电荷间相互作用力的因素	1
1. 3 电场强度	模拟电场线	0
1. 7 静电现象的应用	研究空腔导体内表面的电荷	1
1. 7 静电现象的应用	静电屏蔽	1
1. 8 电容器的电容	研究影响平行板电容器电容大小的因素	1
2. 3 欧姆定律	测量导体电流和电压	1
2. 7 闭合电路的欧姆定律	研究路端电压	1
2. 11 简单的逻辑电路	“与”门电路的作用	0
2. 11 简单的逻辑电路	“或”门电路的作用	0
3. 2 磁感应强度	探究影响通电导线受力的因素	1
3. 4 通电导线在磁场中受到的力	观察通电导线与磁体通过磁场发生相互作用	1
3. 4 通电导线在磁场中受到的力	平行通电直导线之间的相互作用	2
3. 5 运动电荷在磁场中受到的力	观察阴极射线在磁场中的偏转	1
3. 6 带电粒子在匀强磁场中的运动	用洛伦兹力演示仪观察运动电子在磁场中的偏转	1
4. 6 互感和自感	观察灯泡的发光情况	1
4. 7 涡流、电磁阻尼和电磁驱动	解释铝框的运动	1
5. 1 交变电流	用电压传感器观察交变电压随时间变化的图象	1
5. 3 电感和电容对交变电流的影响	对比两种情况下灯泡的亮度	1
5. 3 电感和电容对交变电流的影响	交流能够通过电容器	1
6. 1 传感器及其工作原理	判断盒子里的装置	1
6. 2 传感器的应用	利用电饭锅感温铁氧体做实验	1
7. 3 分子间的作用力	观察液体体积的变化	1
8. 4 气体热现象的微观意义	模拟气体压强产生机理的实验	1
9. 2 液体	观察现象	1
10. 1 功和内能	压下活塞,观察筒底物品的变化	1
11. 4 单摆	画出振动图象	1
11. 4 单摆	探究单摆振动的周期与什么因素有关	1
11. 5 外力作用下的振动	研究受迫振动的频率	1
12. 1 波的形成和传播	沿绳传播的波	1
12. 4 波的衍射和干涉	波长一定的水波通过宽度不同的狭缝	1
12. 4 波的衍射和干涉	波的叠加	1
12. 4 波的衍射和干涉	水槽中水波的干涉	0
12. 5 多普勒效应	蜂鸣器音调的变化	1
13. 2 全反射	观察全反射现象	1
13. 2 全反射	弯曲的丙烯树脂棒能导光	1
13. 3 光的干涉	光的双缝干涉实验	1
13. 6 光的偏振	观察透射光的强度变化	1
13. 7 光的颜色 色散	用白光做双缝干涉实验	1
13. 8 激光	观察全息照片	0
14. 2 电磁振荡	产生电磁振荡的电路	1
16. 1 实验: 探究碰撞中的不变量	观察两球的变化	1
17. 2 科学的转折: 光的粒子性	观察光电效应	1
18. 1 电子的发现	玻璃管壁上的荧光及阴影	1

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 5 “做一做”实验的探究水平

章节	实验内容	探究水平
1.4 实验:用打点计时器测速度	借助传感器用计算机测速度	1
2.1 实验:探究小车速度随时间变化的规律	用计算机绘制 v-t 图象	0
2.5 自由落体运动	看看你反应的快慢	1
2.6 伽利略对自由落体运动的研究	频闪摄影	1
3.1 重力 基本相互作用	确定薄板的重心	0
3.3 摩擦力	安装自行车的滚动轴承	2
4.5 牛顿第三定律	用传感器探究作用力与反作用力的关系	0
5.1 曲线运动	制作显示曲线运动速度方向的飞镖	0
5.2 平抛运动	观察两球落地的先后	1
5.3 实验:研究平抛运动	用传感器和计算机研究平抛运动	0
5.6 向心力	感受向心力	1
6.1 行星的运动	用图钉和细绳画椭圆	0
7.3 功率	调查周围各种机械的功率或者收集各种说明书,了解其功率	1
7.6 实验:探究功与速度变化的关系	利用数表软件进行数据处理	1
1.1 电荷及其守恒定律	制作验电器和静电计	2
1.8 电容器的电容	用传感器观察电容器的放电过程	2
2.2 电动势	调查常用可充电电池	1
3.3 几种常见的磁场	验证环形电流的磁场方向	1
3.3 几种常见的磁场	用磁传感器研究磁场	1
3.4 通电导线在磁场中受到的力	旋转的液体	1
4.2 探究感应电流的产生条件	摇绳能发电吗?	1
4.4 法拉第电磁感应定律	观察电动机启动过程中电流的变化	1
4.6 互感和自感	用传感器演示自感对电路中电流的影响	1
4.7 涡流、电磁阻尼和电磁驱动	观察微安表针摆动情况	1
5.1 交变电流	观察发光二极管的发光情况	1
6.1 传感器及其工作原理	霍尔元件	1
7.2 分子的热运动	观察液体分子的扩散	1
8.1 气体的等温变化	用传感器和计算机探究气体等温变化的规律	1
9.2 液体	观察沥青的变化	1
9.3 饱和汽与饱和气压	观察低气压下的热水	1
9.4 物态变化中的能量交换	了解热管	1
10.1 功和内能	观察瓶塞跳出时瓶内的变化	1
10.5 热力学第二定律的微观解释	搜索网站,查找资料,了解熵	1
11.1 简谐运动	用数码相机和计算机绘制小球运动的 x-t 图象	1
11.1 简谐运动	观察小球的振动图象	1
11.1 简谐运动	用传感器和计算机描绘简谐运动的图象	0
11.2 简谐运动的描述	测量小球振动的周期	1
11.2 简谐运动的描述	用计算机观察声音的波形	0
12.1 波的形成和传播	学生表演波的传播	0
12.1 波的形成和传播	观察水波的产生及传播	1
12.4 波的衍射和干涉	操场上声音的干涉	1
13.2 全反射	水流导光	1
13.3 光的干涉	自制器材观察双缝干涉现象	0
13.4 实验:用双缝干涉测量光的波长	用光传感器做双缝干涉实验	1
13.5 光的衍射	用激光笔和传感器做单缝衍射实验	0
13.5 光的衍射	用羽毛做光栅衍射实验	1
13.6 光的偏振	偏振光的实验研究	1
13.7 光的颜色 色散	观察干涉条纹的移动并解释	1
13.8 激光	了解全息技术	1
14.1 电磁波的发现	捕捉电磁波	1
14.2 电磁振荡	用传感器和计算机观察振荡电流	0
14.3 电磁波的发射和接收	制作简易无线话筒	1
16.5 反冲运动 火箭	放手后观察气球的运动	1
16.5 反冲运动 火箭	反冲现象的演示	0
19.3 探测射线的方法	用传感器测量放射性	0

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 6　“问题与练习”实验的探究水平

章节	实验内容	探究水平
1.4 实验: 用打点计时器测速度	4. 自制打点计时器	1
3.1 重力 基本相互作用	3. 判断三角形薄板的重心是否与几何学上的重心位于同一点	1
3.2 弹力	1. 利用玻璃瓶体验微小形变	0
4.7 用牛顿运动定律解决问题(二)	3. 利用饮料瓶体会所学,并能解释现象	1
5.3 实验: 研究平抛运动	1. 探究平抛运动	2
5.3 实验: 研究平抛运动	2. 对于改进实验该如何处理数据	1
6.1 行星的运动	3. 查找相关数据计算月球公转的向心加速度	1
7.9 实验: 验证机械能守恒定律	3. 通过实验比较两种方法获得的速度大小	1
2.10 实验: 测定电池的电动势和内阻	1. 评价实验方案	1
3.1 磁现象和磁场	2. 对磁的应用写出自己的创意	2
3.1 磁现象和磁场	3. 把磁的应用分类,并举例	2
3.4 通电导线在磁场中受到的力	4. 预测实验结果并解释	1
4.6 互感和自感	3. 做实验,检验自己的预测	1
6.3 实验: 传感器的应用	1. 用实验模拟电路的工作	1
6.3 实验: 传感器的应用	2. 设计一个电热水器的控制方案	2
6.3 实验: 传感器的应用	3. 进行调查研究	1
7.3 分子间的作用力	4. 动手做实验并解释	1
9.1 固体	1. 对于实验结论的形成,说明存在的科学性问题	1
9.2 液体	4. 做实验,解释现象	1
11.1 简谐运动	1. 两人合作绘制振动图象	1
12.5 多普勒效应	3. 搜索多普勒效应的应用,全班同学交流	1
13.5 光的衍射	1. 做实验并解释现象	1
13.6 光的偏振	2. 查找资料,了解偏振片	1
13.8 激光	4. 收集资料,写短文: 我周围的激光	1
14.4 电磁波与信息化社会	1. 记录收音机的频率范围	1
14.4 电磁波与信息化社会	3. 查找资料了解数字电视的功能,写简单的报告,与同学交流	1
17.2 科学的转折: 光的粒子性	5. 说明实验步骤和应测物理量,写出关系式	2
17.4 概率波	1. 设计实验说明自己的观点	2

表 7　课题研究的探究水平

实验内容	探究水平
桥梁的研究	3
潮汐现象	2
霍尔效应	2
怎样把交流变成直流	3
如何提高燃气灶的烧水效率	2
社会生活中的电磁波	3
研究建筑石材的放射性	2

表 8　实验探究水平的统计

探究水平	学生实验		演示实验	课下实验			总计
	实验室实验	课堂实验	演示	做一做	问题与练习	课题研究	
水平 0	1	2	5	14	1	0	23
水平 1	7	23	44	38	21	0	133
水平 2	3	1	1	3	6	4	18
水平 3	0	0	0	0	0	3	3
总计	11	26	50	55	28	7	177

任何的思考. 而做这样的实验,学生仅仅在模仿,丝毫谈不上探究. 以上分析可以看到,水平 0 和水平 1 的探究实验在所有实验中的比例为 88%. 显然,学生在高中阶段进行的实验,基本上是在进行简单的模仿性操作.

另外,高中物理教科书中的水平 3 探究实验,只有 3 个,所占比例为 2%,而这 3 个实验又均属于课下实验中的课题研究. 教科书指出,学校在有余力的情况下可以开展. 而实际情况是,大多数学校课时安排非常紧张,并不会对课题研究内容做过多的介绍,以及组织学生自主探究,基本上是让学生课下了解. 这就说明,在高中阶段,学生很少进行水平 3 的探究实验,也就没有机会根据学习情况提出探究的问题及后续的设计方案、得出结论. 虽然在探究 2 水平的实验中,学生可以根据既定的问题设计方案,进而得出结论,但教科书提供的也只有 10% 的实验属于此类. 可见,高中物理教科书中的实验探究水平偏低,因此可供学生探究的机会就很少.

3.1.2　高中物理教科书中课下实验数量多且探究性更强

教科书中课下实验超过半数,且包含所有探究水平 3 的实验. 而课下实验在教科书中被规定为可做可不做的实验,也就是说,高中物理教科书中的一半实验,对于物理教学作用不明显,学生参与度不高. 另外,也可以看到学生实验仅占 1/5 的比例,多

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

数为探究水平 0 和 1 的实验. 因此教科书没有提供学生足够的、高水平的探究实验,很难满足学生的实际需求,对于提高学生的实验探究能力也就显得力不从心.

3.1.3 高中物理教科书中的实验对学生的思维发展关注较少

海伦量表涉及到的探究步骤有"提出问题"、"设计方案"、"得出结论",而 88% 的实验属于探究水平 0 和 1. 这些实验只需要学生按照教科书提出的问题和给出的实验方案进行操作. 学生难以自己提出问题、设计方案,也就很难建构知识. 因此,这些实验谈不上以学生为主体而设计,对于学生的思维发展所起的作用微乎其微.

3.2 建议与反思

学生通过初中阶段对物理知识的学习和对探究实验的参与,已经初步具备了一定的探究能力. 因此,高中物理新课程的培养目标是在初中的基础上进一步提高学生的探究能力,更加注重探究的学习质量. 高中物理教科书也就应该提供给学生大量水平 2 的探究实验,而不是水平 1 的探究实验. 水平 1 的实验在高中物理的教学过程中,已经不能满足学生学习的需要,也无法完成提高学生探究能力的教学目标,更无法落实好高中物理新课程的培养目标. 如果运用水平 0 和水平 1 的"探究"实验进行探究式教学,只能是流于形式,而无法完成真正的教学目标.

我们认为,应该提高高中物理教科书中实验的探究水平. 在编写高中物理教科书时应当将"探究"实验的探究性水平设置为水平 2,提供学生更多的发挥空间,充分锻炼其物理思维. 也只有通过真正的、具有中级探究水平的实验教学,才能进一步提高学生的探究能力,并最终完成培养学生实验探究能力的课程目标. 另外,完全自由的探究,即水平 3 的探究实验,对于高一的学生也是很难完成的,结果只能是浪费时间. 而在高二和高三,学生的实验探究水平不断地增加,教科书中应该适当增加水平 3 的探究实验,以提高学生的自主探究水平,为后期进入大学进行更深入的学习奠定良好的基础.

教科书应该增加演示实验和学生实验的数量,尤其是学生实验,这样才可以提供给学生更多的探究机会. 也只有亲身经历和体验探究过程,学生才能获得物理知识、技能和方法,进而提高学习兴趣和科学素养.

物理实验探究性水平的分析是一项非常复杂的工作,我们的研究只是一个初步的探索. 如果本文能够引起更多的专家学者对教科书中物理实验探究水平的关注,促进"探究"这一课程目标的落实和物理教科书质量的提高,也就达到了本文的研究目的.

参 考 文 献

[1] (美)国家研究理事会科学、数学及技术教育中心. 罗星凯等翻译. 科学探究与国家科学教育标准教与学的指南[M]. 北京: 科学普及出版社,2004,15.

[2] Herron. MARSHALL D. HERRON(Herron,M. D.). The Nature of Scientific Enquiry [J]. School Review,1971, 79(2): 171 - 212.

[3] 人民教育出版社,课程高中物理教科书研究所. 普通高中课程标准实验高中物理教科书物理(必修加选修) [M]. 北京: 人民教育出版社,2006.

Research on the Level of the Experimental Inquiry in Physics Textbooks of Senior High School

Yao Lipeng Liu Shuo

(Dipartment of Physics,Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract

This paper compiled the experimental high school physics textbooks in the People's Education Press, and

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

explore in the comprehensive analysis on the basis of the level of evaluation, adopting Helen Scale to evaluate inquiry for sorted out experiments, getting the conclusion of the experiment to explore the level of high school physics textbooks, accordingly thinking.

Key words: High school physics textbook, Physics experiments, Exploratory level.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net