文章编号:1005-4642(2021)09-0055-05

基于科学探究素养的学生分组实验教学过程探讨

张国平
(安吉县高级中学,浙江 安吉 313300)

摘　要:突破传统"菜单式"教学方式,以科学探究素养中问题、证据、解释和交流四大要素为目标的教学方式,结合教学实践对分组实验教学过程进行了探讨,并对实验教学过程的应用策略做了详细说明.

关键词:科学探究素养;学生分组实验;教学过程
中图分类号:G633.7　　**文献标识码**:B　　DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2021.09.010

《普通高中物理课程标准》[1]提出的科学探究素养包括问题、证据、解释和交流四大要素,该四大要素之间存在内在联系,即某一个要素的提升会促进其他要素的提升,同样某一个要素的欠缺也会制约其他要素的培养[2-4]. 比如对于问题要素,如果学生在实验过程中能带着问题进行实验,那么问题要素对于实验证据要素和解释要素的培养有着内在的推动作用;同样,学生在实验交流中可以对实验过程进行反思,并在交流过程中分享不同的实验心得. 该过程对其他要素的培养也能够起到促进作用. 所以完整的、有效的分组实验教学过程有利于学生实验素养的全面提升.

1　实验教学过程

由于实验笔试考试不易对问题要素和交流要素进行考察,且在传统分组实验教学过程中,教师通常直接向学生抛出要探究的问题,并通过讲解实验原理和操作步骤,要求学生明确实验目的,并按照教师讲的操作步骤和注意事项进行实验操作,记录实验数据,完成实验内容. 学生在传统的分组实验学习中,做题和听教师讲授占据了过多的时间,从而导致实验操作的时间过少.

随着新课标和新教材的推进,教师开始重视学生分组实验教学,但限于时间和传统的教学习惯,教师很容易回到以讲代做的老路上. 为此,本文在实践的基础上对学生分组实验教学过程进行了探究,如图 1 所示. 分组实验教学的每一步骤都相互关联,彼此制约. 因此,只有对每一过程都足够重视,才能全面提升学生的实验素养.

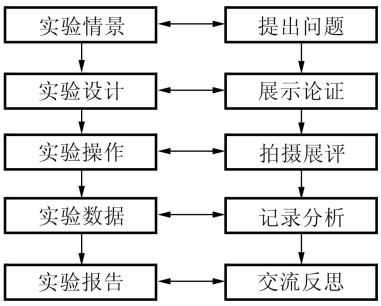


图 1　分组实验教学过程的流程图

2　实验教学过程阐述

实验教学过程可分为实验情境与问题、实验设计与论证、实验操作与展评、实验数据记录与分析以及实验报告与反思. 下面针对这几个过程分别进行阐述.

2.1　实验情境与问题

根据布鲁纳的发现学习理论[5],学生的学习过程是:依据情境信息自主发展和提出探究性问题,并通过积极交换与组织信息内化为自己认知的过程. 在具体的学生分组实验教学中,学生可

收稿日期:2021-06-06;修改日期:2021-07-26
作者简介:张国平(1978—),男,浙江湖州人,安吉县高级中学高级教师,学士,从事中学物理教学.
E-mail:ajzgp@163.com

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

提出的问题为:需要探究什么(包括实验目的表述的探究性问题和学生自我生成的拓展性问题),设置怎样的实验平台去探究,需要研究哪些物理量,用什么器材去探究,如何探究,等等. 学生素养的层次不同,提出的问题也有所不同,比如有的学生提不出问题,有的学生提出的问题较为浅显和生活化,有的学生提出的问题比较笼统,而有的学生则能结合物理知识提出探究性问题,并根据问题做出猜想和假设. 学生提问的水平与自身的物理知识储备、科学思维方法及探究能力等科学素养有关. 学生在提问的过程中也能促进其自身科学素养的提升,二者相辅相成.

在具体教学实践中,实验前,教师可以利用短视频、纸质材料等让学生独立预习,并让学生以纸质稿的形式提交预习过程中提出的相关问题. 对于学生提出的问题,教师需给予肯定,并对一些典型问题进行点评,从而进一步引导学生思考问题. 对于在教学中难以实现或没有足够时间实现的问题,教师可以引导学生在课后进行探究. 而对于不同类型的实验,教师对学生的引导方式以及需要创设的实验情境也有所不同,比如:

1) 对于未明确给出具体问题的探究型实验,教师可以通过创设贴近于生活的实验情境,引导学生在实验过程中主动提出探究性问题. 如在"探究加速度与力和质量的关系"实验中,教师可以在实验前创设改装车(改变车的外形,减轻车的质量,改用更大功率的发动机)赛车比赛情境,引导学生通过具体的实验现象探究加速度与哪些物理量有关.

2) 对于已明确给出具体问题的验证型实验,教师可通过展示不同的实验器材,引导学生思考和设计实验方案,进而完成实验内容. 如在"验证机械能守恒定律"实验中,教师给出打点计时器、小车、重锤、小铁球、钩码、铁架台、轨道、纸带、天平等器材,引导学生提出以下问题:在怎样的具体实验情境中机械能会守恒,可测量哪些物理量来验证机械能守恒,选取哪个物理过程来验证机械能守恒,如何测量动能和重力势能的改变,等等.

爱因斯坦曾说提出问题比解决问题更重要,因此教师要为学生创造提问的机会,培养学生的提问意识和提问能力.

2.2 实验设计与论证

实验设计与论证是学生进行实验的"内燃机",这个环节能够使学生对实验内容充分理解,并激发学生的创造力. 在传统的实验教学中,这一环节往往被教师的讲解所替代,导致学生处于被动的识记式学习状态,从而错失了培养学生质疑、创新等多种科学素养的机会.

在实验教学实践中,由于课堂时间有限,教师可将实验设计环节放到课前,要求学生以纸质稿形式独立完成. 为了帮助学生增强实验设计的能力,教师可制作实验设计表格引导学生进行实验设计. 以"验证机械能守恒定律"为例,实验设计方案如表1所示,表1可引导学生写出实验器材,画出实验装置简图,确定待测物理量及测量方法,设计数据记录表格,探讨数据分析方法等.

表1 实验设计方案

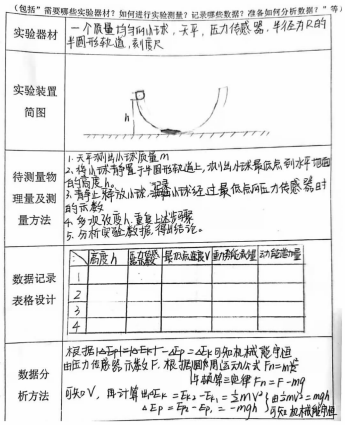
验证机械能守恒定律实验方案设计
实验器材
实验装置简图
待测物理量及测量方法
数据记录表格设计
数据分析方法

在教学实践中,大部分学生在表格的提示和教师的要求下都能认真地完成实验设计方案,如图2和图3所示. 虽然学生设计的实验方案大多比较粗糙,设计的实验环节也不完整,但总体来看,该环节让学生对实验有了较深入的思考,对实验仪器的使用、实验原理、实验方法、实验步骤以及实验数据记录与分析等都有了自己的认识和理解,呈现的设计表格也给学生带来了成就感和完成实验的期待感. 在实验设计的过程中,学生会产生很多问题和想法,带着这些问题和想法进行实验能够更好地促进学生科学探究素养的培养.

对于学生的实验设计方案,教师要认真审阅并给出书面点评(简短的鼓励或建议). 由于课堂教学时间有限,教师可只挑选部分典型的设计方案进行交流论证. 在交流论证的环节中,教师可事先让学生以录制短视频的方式对自己的设计方案进行介绍,也可以让学生在课堂上现场介绍,由其他同学进行点评,图4是学生录制的"测定玻璃的折射率"实验设计方案的展示. 教师根据学生的展示和交流点评进行实时引导,舍弃不能实现的方案,鼓励学生对受实验室条件限制的方案进

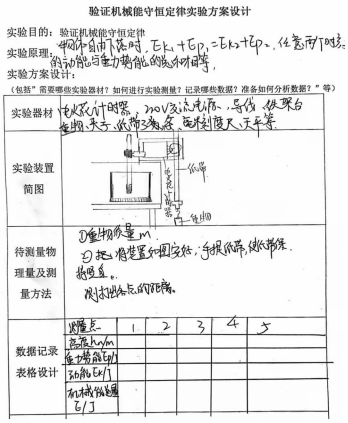
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

行课外拓展，修正不合理的方案，最终对实验室或课堂上能够实现的方案进行重点论证和完善．此外，教师还要在论证的基础上进行总结，并帮助学生明确实验目的、原理、步骤和注意事项等．经过这些过程，学生能更好地掌握实验原理和方法，拓展实验思路，也能解答自己设计实验方案时的疑惑，同时还会留下一些适合学生课外探究的问题．


（包括"需要哪些实验器材？如何进行实验测量？记录哪些数据？准备如何分析数据？"等）

实验器材	一个质量均匀的小球，天平，压力传感器，半径足够的半圆形轨道，刻度尺
实验装置简图	h
待测量物理量及测量方法	1. 天平测出小球质量m 2. 将小球放到半圆形轨道上，测小球最低点到水平桌面的距离h。 3. 将手上滑放小球，记录小球经过最低点压力传感器时的示数。 4. 多次改变h，重复上述步骤。 5. 分析实验数据，得出结论。
数据记录表格设计	高度h　压力传感器　最大示数　最小示数V　重力势能mgh　动能减少量 1 2 3 4
数据分析方法	根据 $\Delta E_k=\Delta E_p$ 时机械能守恒 由压力传感器示数 F，根据圆周运动公式 $F_n=m\frac{v^2}{r}$ 牛顿第二定律 $F_n=F-mg$ 可求 V，再计算出 $\Delta E_k=E_{k2}-E_{k1}=\frac{1}{2}mV^2$ $\Delta E_p=E_{p2}-E_{p1}=-mgh$ 当 $\Delta E_k=\Delta E_p$ 时机械能守恒

图 2　实验方案 1


验证机械能守恒定律实验方案设计

实验目的：验证机械能守恒定律

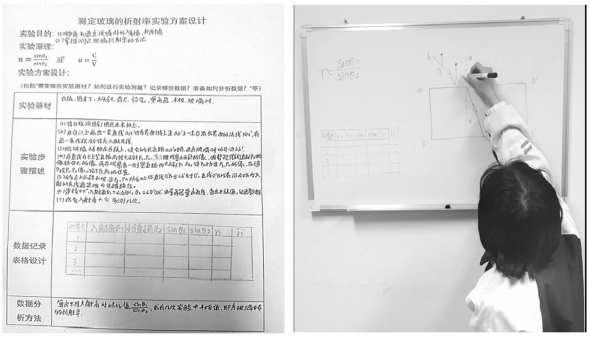
实验原理：物体自由下落时，$E_{k1}+E_{p1}=E_{k2}+E_{p2}$，任意两个时刻的动能与重力势能的数值对相等，

实验方案设计：

（包括"需要哪些实验器材？如何进行实验测量？记录哪些数据？准备如何分析数据？"等）

实验器材	电火花计时器，220V交流电源，导线，铁架台，重锤，夹子，纸带3条，毫米刻度尺，天平等
实验装置简图	铁架台 纸带 夹子 重锤
待测量物理量及测量方法	1）重锤质量m 2）把纸带固定好，手提纸带，纸带竖直，接通电源，释放纸带，纸带落地。 测出纸带长的距离。
数据记录表格设计	测量点　1　2　3　4　5 位置/mm 重力势能Ep/J 动能Ek/J 机械能E/J

图 3　实验方案 2


测定玻璃的折射率实验方案设计

实验目的：

实验原理：

$n=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$　或　$n=\frac{c}{v}$

实验方案设计：

（包括"需要哪些实验器材？如何进行实验测量？记录哪些数据？准备如何分析数据？"等）

实验器材	白纸，图钉，木板，铅笔，铅笔，量角器，木棒，玻璃砖。
实验步骤描述	1）将白纸用图钉固定在木板上。 2）在白纸上画出一条直线 aa'，过直线 aa' 上的一点 O 画出法线 NN'，在法线一侧画线 AO 作为入射光线。 3）把玻璃砖平放在白纸上，让它的长边与 aa' 对齐，画出玻璃砖的两个长边 bb' 和 cc'。 4）在直线 AO 的一侧插上两枚大头针，让它们的连线与 AO 成适当的角度，透过玻璃砖观察大头针的像，调整视线直到第一枚大头针的像被第二枚大头针挡住，这时在视线所在的一侧再插上第三枚大头针，让第三枚大头针挡住前两枚大头针的像，再在这一侧插上第四枚大头针，让第四枚大头针挡住前三枚大头针的像。这样，入射光线的位置和方向以及经玻璃砖折射后的光线的位置和方向就确定了。 5）移去大头针和玻璃砖，连接 AO 并延长交 bb' 于点 B，连接 OB 就是入射光线在玻璃砖内的折射光线。 6）过点 B 作 bb' 的垂线 BN，连接 ON 就是折射角。 7）改变入射角重复上述步骤，在白纸上画出几条不同的入射光线，记录下相应的折射角。
数据记录表格设计	次数　入射角θ1　折射角θ2　sinθ1　sinθ2　n　n̄ 1 2 3 4
数据分析方法	作出 sinθ1-sinθ2 的图像，由图像的斜率求出玻璃砖的折射率。

(a)学生实验方案　　(b)学生交流展示

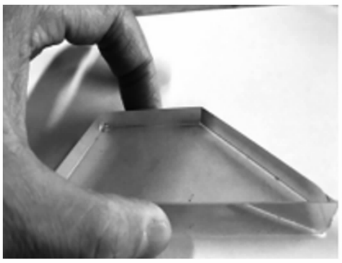
图 4　测定玻璃的折射率实验设计方案的展示

2.3　实验操作与展评

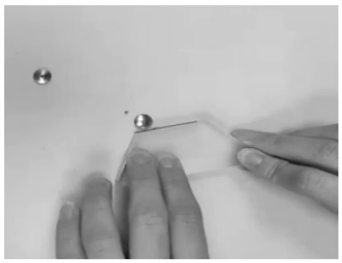
实验操作是培养学生使用基本实验器材，正确读取实验数据，规范实验操作，细心、客观地观察实验现象等证据素养的主要途径．在实验操作过程中，教师利用生成资源进行反馈教学，有利于培养学生的证据素养．

学生在实验设计和论证之后，对实验目的、原理、器材、方案等都有了深入的思考和理解，并能够顺利完成实验内容，但在操作的细节、规范性以及如何减小实验误差等方面还有很多不足．在实践教学中，教师可先让学生根据实验设计方案进行体验性操作，采用手机视频或拍照的方式记录学生的不规范操作，并及时用多媒体展示，提示学生实验操作的规范性问题和注意事项．

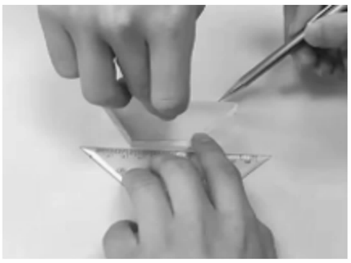
另外，对于需要进一步思考或者改进的实验内容可以延伸到课外进行．例如在"测玻璃砖折射率"的实验中，学生出现如图 5 中操作不规范的问题时，教师可以在实验过程中及时纠正；当学生出现如图 6 中影响实验误差的操作时，教师要及时指出，并与学生进行交流讨论，引导学生思考改进的方法．



(a)手直接拿取玻璃砖



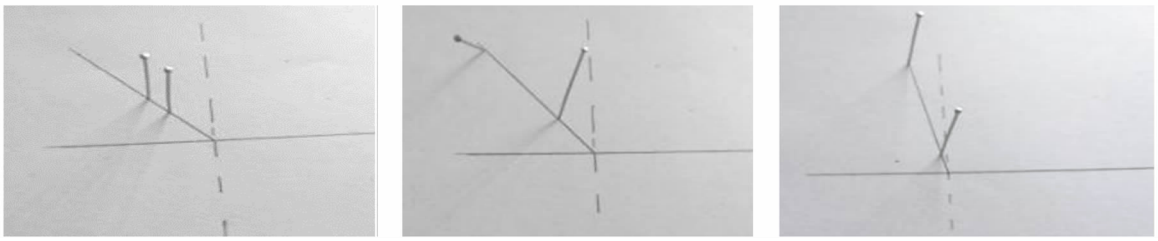
(b)圆钉代替大头针



(c)直接用笔靠着玻璃砖画线

图 5　部分操作的不规范问题

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



(a)大头针间距过近 (b)大头针歪斜 (c)入射角过小

图 6 影响实验误差的部分操作

2.4 实验数据记录与分析

实验数据记录与分析是证据和解释素养形成的重要过程,也是学生实验操作与理论结合的重要环节. 在具体实验教学中,学生存在以下问题:

1)实验数据缺失.

2)实验数据与实验过程对应混淆.

3)实验数据记录不规范.

4)数据处理不规范.

5)缺少严谨的科学探究精神和质疑精神.

在教学实践中,采用如图 7 所示过程进行教学尝试,取得了较好的效果. 在实验设计中,教师要求学生做好记录表格,根据表格记录实验数据,并通过小组互查的方式检查数据的合理性. 如发现实验数据不合理,检查小组可提出整改建议,实验小组根据建议可重新实验或保留自己的意见,最后对实验数据和检查反馈材料进行拍照留档,以促进实验数据的真实性. 该方式能够让学生在进行数据分析时更加认真.

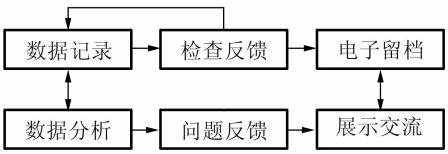


图 7 实验数据的记录与分析流程图

在数据分析环节中增加了问题反馈环节,该环节要求学生根据数据分析得出结论,并提出问题. 如根据实验数据能得到怎样的规律,实验数据与理论计算有何偏差,这种偏差是如何造成的,实验中的一些特殊数据是如何产生,等等. 这些问题的提出和思考能够培养学生的质疑精神,也能够使实验分析更加严谨.

交流展示可以以实验报告的形式呈现,也可以组织学生利用 PPT 讲解. 教师通过对比学生的实验数据和电子档案,保证学生实验数据的真实性,树立学生正确的科学观. 同时学生的数据分析材料也要进行电子存档,由学生亲自完成的实验数据记录和数据分析材料能给学生带来成就感,从而极大地提升了学生的科学探究素养.

2.5 实验报告与反思

学生的交流素养从水平 1(具有与他人交流成果、讨论问题的意识)到水平 5(能够书写完整规范的科学探究报告,交流、反思科学探究过程和结果)的提升不是一蹴而就的,需要学生养成细致耐心的实验书写习惯,并经常对实验过程进行反思和改进,从而养成严谨的科学态度. 实验报告的书写是对实验过程和结果的凝练和总结,是培养学生交流素养的重要环节. 学生在完成实验报告的过程中,通过整理实验数据,反思实验过程,不仅提升了交流素养,还加深了对实验目的、原理、方法、实验器材的使用、实验误差产生的原因等方面的理解,从而促进了问题、证据、解释三大要素的提升.

传统实验教学中,学生的实验报告主要是填鸭式的,即将实验目的、方法、步骤等抄写一遍,然后附上实验数据和数据处理结果,学生对实验过程的反思及对数据处理分析后的改进思考很少.

为促进学生规范地书写实验报告,本文以图 8 的方式进行教学尝试,取得了一定的效果.

图 8 实验报告书写的流程图

1)教师事先提供规范的格式要求,引导学生完成实验报告.

2)教师批改、检查实验报告,并将结果反馈给学生(也可以小组成员相互检查).

3)学生根据反馈结果进行修改后展示. 展示

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

过程中，教师组织学生互相交流（你问我答），然后要求学生进一步完善实验报告.

4）学生将最终版的实验报告以电子版形式发给教师存档.

以上过程能够让学生对实验报告的书写更加认真，书写质量也会显著提高，最终结果也使得学生更有成就感. 实验报告书写的培养需要循序渐进，教师可先要求学生的实验报告中只包含简单的实验数据和数据处理结果；然后要求实验报告中呈现实验过程中的交流和反思；最后要求学生书写完整规范的实验报告.

3　实验教学的实施策略

为了能在分组实验教学中更好地提升学生的科学探究素养，在实践教学中，教师需要把握以下几个方面：

1）统揽全局，着眼系统提升. 科学探究素养的形成和提升是系统的培养过程，教师需要对所有实验进行梳理，对科学素养提升目标进行规划，促使学生的问题、证据、解释、交流等素养要素得到螺旋式提升.

2）抓主忽次，避免平均用力. 人教社新教材对学生分组实验做了精心挑选和排布，每个实验都有其自身最有价值的素养要素. 教师在有限的分组实验教学时间里，要抓住最核心、最有价值的素养要素进行重点突破，避免平均用力.

3）殊方同致，注重因材施教. 在与培养学生科学探究素养对应的教学过程中，教师要根据具体实验的重点素养目标合理选择教学过程，如根据实验要求，教师可选择一个过程进行重点突破，也可选择多个过程进行全面突破. 另外，教学过程的选择还要考虑学生的具体情况，学生层次不同，需要考虑的教学过程也有所不同.

4　结束语

学生分组实验的教学是提升学生科学探究素养的主阵地，也是物理实验教学中的难点. 突破传统“菜单式”实验教学，转向以核心素养为导向的实验教学，是新课改对学生分组实验教学提出的挑战，本文的教学过程是一种比较务实的尝试. 随着新课改的逐步推进，评价方式也在逐步向着考察学生核心素养的方向迈进，所以教师要积极探索更有效的教学过程，并付诸于教学实践，努力提升学生的科学素养水平.

参考文献：

[1]　中华人民共和国教育部. 高中新课程标准（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，2020，40(10)：51-58.

[3]　张晓，王玉春，张玉峰. 新教材（人教版）必修模块实验的设计特色和教学价值分析[J]. 物理实验，2021，41(2)：53-59.

[4]　朱亚平. 新教材（人教版）选修模块实验的设计特色和教学价值分析[J]. 物理实验，2021，41(4)：52-57.

[5]　杰罗姆·S·布鲁纳. 教育过程[M]. 邵瑞珍，译. 北京：文化教育出版社，1982.

Discussion on the teaching process of student experiment in groups based on scientific inquiry quality

ZHANG Guo-ping

(Anji Senior High School, Anji 313300, China)

Abstract: Combining teaching practice, the teaching process of the student experiment in groups was discussed in the four aspects of scientific inquiry literacy, question, evidence, explanation and communication, and the application strategy of the experiment teaching process was explained in detail.

Key words: scientific inquiry literacy; student group experiment; teaching process

[责任编辑：郭　伟]

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net