

成果公报

课题名称：开发与应用低成本物理实验的策略研究

课题批准号：ABB10028

课题类别：重点课题

学科分类：基础教育

课题负责人：秦晓文、中学高级教师

北京教科院基础教育教学研究中心

主要成员：陶昌宏、梁学军、孔德英、张学义、何艳阳、胡展翅、朱辰、鲍建中、贾贺博、王丽环、周端焱、赵维、于雅静、胡成平、张羽燕、郝臣、梁婷、詹光奕、朱翠华、张全贵、徐国萍、马朝华、庄国先、黎红、田海霞、王志刚、马山、刘艳辉、郭芳、刘娜、辛艳、姜海洋、李丽娟、牛颖、王国庆、王继云、叶英博、康静、刘春云、谢媛、张桐、赵洪英、周立松、周霄雪、朱彩艳、金然、房辉

一、内容与方法

(一) 本课题研究的主要内容

1. 开发系列低成本演示实验，改进与丰富现行中学物理教材中的演示实验，总结开发低成本演示实验的原则和策略。
2. 总结利用低成本演示实验的教学原则和教学策略，提高物理演示实验的效果和教学针

对性。

3. 利用低成本物理实验为学生的科学探究提供多样化支持，并总结相应的经验和策略。

4. 概括总结学生进行科学探究的常见问题及支持学生探究学习的策略。

5. 总结交流应用各类低成本物理实验资源开展探究活动的经验，提高教师应用日常生活中的资源为科学教育服务的能力。

6. 在课外活动时间，组织学生利用日常生活资源开展三个层次的探究活动，即一般探索性活动、基本创造技能培训和现实问题的探究。通过行动研究总结三类探究活动的目标、内容、组织形式，并研制相应的活动课程。

(二) 课题研究方法

1. 概念界定

低成本物理实验,是指利用学生熟悉的生活易得物品、材料、器具、人体或人体局部以及儿童玩具等开发的一类体现自创性、体验性、趣味性、简易性、生活化的物理实验教学活
动。基本特点是因地制宜,成本低廉,实验装置简单、实验现象清楚、体现科学原理和方法明显。

低成本物理实验可以发挥如下三个教育功能:(1)可以为学生自己动手、自主探究、亲身体验和感受提供机会和条件,促进学生主动建构知识和发展科学探究技能。(2)可以创设源于生活的真实的探究情境,加强科学、技术和社会的联系,培养学生解决实际问题的能力。

(3)可以满足学生创造需要,激发学生兴趣和探究欲望,培养学生的科学态度、科学情感和创造能力。

2. 基本观点

(1)“创造能力”不是某种固定的与生俱来的资质,而是在实践体验中确立起来的知识、技能、态度、特质、心理定势等的混合体,在具体的探究、制作等实践过程中创新能力才最终得到显示。产品对特定受众的影响是创造的基本动力,学生对产品的期待可以为创造活动注入动力、激情和执着不渝。

(2)将学习内容和过程设置在一个现实问题中,会使学习更有意义,更富乐趣。教学应致力于学生个体的内部环境和学习的外部环境的良性互动,一方面最大限度满足学生的个性化需要,充分调动学生的学习兴趣和,另一方面,为学生的兴趣、才能、特长的发展提供实践机会和专业支持。

3. 研究方法

(1)文献研究、调查研究与行动研究结合,滚动式推进。文献研究和调查研究先行,在此基础上有目的有计划的开展行动研究。

(2) 案例研究。从每个实验学校选择典型的开发低成本物理实验的案例、利用低成本物理实验辅助教师演示实验的案例、利用低成本物理实验开展探究学习的案例等进行跟踪研究，形成典型教学案例。

(3) 选取人大附中、北大资源中学、东直门中学、顺义八中、九十四中学五所实验校作为低成本实验开发的基地校，选择北京八中、北师大附属实验中学、三帆中学、二中分校、五中分校、一六六中学、五十中学、一零九中学、八十中学、首都师大朝阳实验学校、北京四中顺义分校、昌平三中、清华附中、一零一中学，开展应用低成本实验的教学实验。

二、结论与对策

(一) 以教材中的实验和实验室资源为基础开发低成本物理实验的策略

1. 改进教材中现有的演示实验和学生实验的策略

在原有实验的基础上进行改进，使其在科学性、新颖性、实用型、经济性等几个方面得到改善。基本程序是：首先根据教学经验筛选效果不好的实验，然后应用缺点列举法逐条列出该实验的缺点，逐条分析缺点产生的原因，针对缺点提出克服缺点的方案或措施，对改进的方案进行试验和评估，根据试验和评估结果进一步改进方案。针对教材中实验的缺陷，根据教学需要，我们开发了 30 多个低成本实验，并在教学实践中进行了检验。

2. 开发和利用实验室资源的策略

为开展足够的学生实验和演示实验、为学生的科学探究活动创造可靠的物质条件。在开发和利用实验室资源的过程中，我们总结了如下三种开发途径，并形成了系列教学案例。

(1) 功能挖掘。即挖掘原器材单一的使用功能，使之“一物多用”。利用现有的装置，进行尽可能多的实验；根据现有的仪器和材料的性能，设计新的实验方案，充分提高装置和实验器材的利用效率。

(2) 旧物新用。即将现教材已经删去的实验配套器材或者已经废弃的器材重新加以开发利用，使它发挥新的功效。

(3) 学科资源整合。即把化学、生物等实验器材用于物理教学中。例如试管是化学实验室常用器材，可用来观察大气压产生原因及离心现象等。

(二) 根据教学需要开发新低成本物理实验的策略

为适应不同学校和学生实际情况，以支持多样化教学，我们组织部分骨干教师根据不同的教学需要开发了系列低成本物理实验，并总结了相应的策略。

1. 开发新低成本物理实验的常用方法

我们总结了根据教学需要开发新低成本物理实验的常用方法：放大法、转换测量法，并形成了 50 多个案例，以帮助广大教师设计低成本实验时自觉运用这些方法。

(1) 放大法。因视觉的局限性，很多物理现象用肉眼观察不到，需要应用科学方法间接观察到。在现象、变化、待测量很微小的情况下，可以采用放大的方法，根据放大对象的不同，放大的方法也各不相同。可以从机械放大、光放大、声放大、电放大、投影仪放大等角度来考虑。例如，振动的机械放大、固体微小形变的放大、游标卡尺、螺旋测微器、杠杠对力和位移的放大等都是机械放大的实例。探究物理量的放大方法，有助于我们对科学方法的应用，掌握了科学方法，在设计低成本实验时，我们要把科学方法自觉地渗透到设计中，提供高可见度的实验，获得更好的实验效果。

(2) 转换测量法。在实验中，有很多物理量，难于用仪器直接测量，或因条件所限，无法提高测量的准确度，就可以根据物理量之间的定量关系、各种效应，把不易测量的物理量转化成易于测量的物理量进行测量。由于物理量之间存在多种关系和效应，会有多种不同的转换法，这恰恰反映了物理实验中最具启发性和开创性的一面。在开发低成本实验时，常用的方法还有热电换测，压电换测，磁电换测等。

2. 低成本物理实验的表达交流策略

为了解决低成本物理实验难以交流传播这一问题，我们在开发低成本实验的同时，也把开发的过程方法表达出来。为了能够让其他教师更好的掌握方法、开拓思路，我们制定了一个表达的基本框架，由以下五部分组成：

(1) 创意，该部分要说明针对什么教学问题，形成哪些解决问题的想法。

(2) 所需材料，该部分要说明制作产品所需要材料的名称、规格及来源。

(3) 制作方法，该部分要说明制作产品的步骤和技术要点，用照片表现成品的结构。

(4) 产品的操作方法，该部分要说明产品的操作方法和安全注意事项。

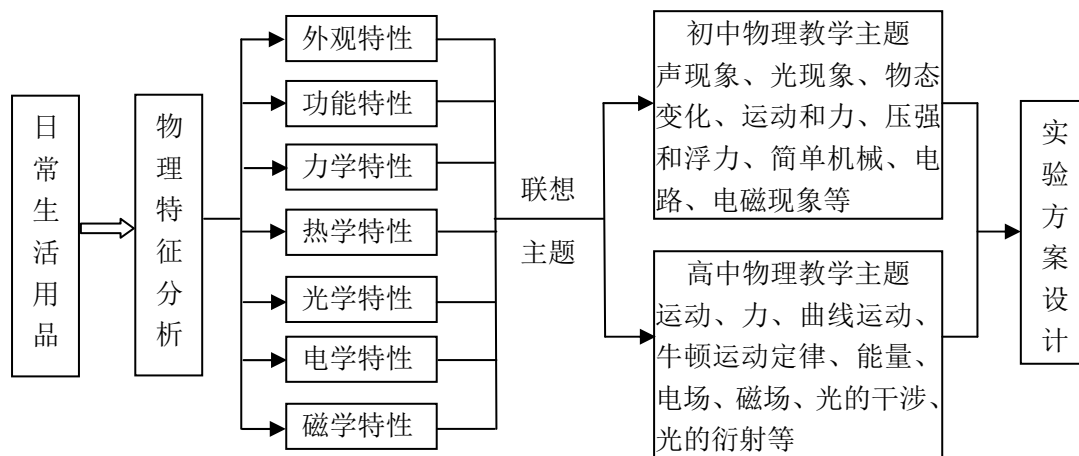
(5) 教学方法及教学效果，该部分要说明产品能解决什么教学问题，在教学过程中如何使用，教学效果如何。

根据这一框架，我们用文字、照片和录像将 150 多个低成本实验的创意、制作过程和应用过程全部表达出来，其中已有二十多篇在物理教学杂志上发表。这种方式大大提高了成果传播和应用的效果。。

(三) 从生活用品中开发低成本实验的策略

在四年实践中，我们不仅从生活用品中开发了系列低成本实验，而且总结了开发的一般程序。根据这一程序，可以使低成本实验的开发更有针对性。

从日常生活用品中开发低成本实验的一般程序如下：



（四）应用低成本实验支持学生探究活动的策略

为了实现物理课程标准加强实验探究的要求，我们探索了应用低成本实验支持学生探究活动的策略，主要有如下几个方面：

1. 将教材中的演示实验改造为学生实验

学校实验室中为演示实验配备的器材数量一般只有几套，无法让学生亲自体验。利用教师或学生开发的低成本实验就可以将其转变为学生探究实验。根据教学进度，课前指导学生利用废旧物品自制学具，如指导学生利用废旧的纸盒、易拉罐、塑料瓶、广口瓶、旧弹簧、橡皮筋等制作小孔成像箱、量筒、测力计等。上课时，学生就可用自制的小孔成像箱观察蜡烛火焰在屏上成倒立像，理解光在空气中的直线传播原理；用自制量筒测液体和不规则形状的固体的体积；用自制测力计测身边小物体的重力。所用废旧物品随处可见，学生稍加制作便可利用。通过动手制作，不仅培养了学生的动手能力，而且增强了学生学习物理的兴趣，提高了教学效果。

2. 指导学生利用日常生活资源开展探究活动

利用低成本实验取材方便，操作简单易行的特点，探索了利用课内或课外时间组织学生利用日常生活资源开展三个层次的探究活动。

第一类活动就是利用日常生活资源开展简单有趣的小实验。其特点是简单、有趣；目的是让全体学生经历和体验在“做”中学物理，以激发学生的兴趣，引起深入探究的动机，同时为更复杂的小制作、小实验活动奠定技能基础。例如，验证大气压强存在的“覆杯实验”就可以作为第一类活动。这个小实验所用器材很容易找到，实验步骤也很简单，但实验现象很新奇，超出学生的预想，很容易激发学生兴趣。《小实验 大道理》就是开展第一类活动的成果。

第二类活动就是围绕学习内容组织学生开发简单的学具。其特点是完成真实的任务；目

的是通过制作基本符合要求的产品，帮助学生参考工具的使用方法（诸如阅读指南或说明书、计算机软件、互联网等），锻炼自主学习技能、批判思维和创新思维。例如，组织学生自制量筒、自制简易照相机等可以作为第二类活动。开展第二类活动的成果体现在《兴趣点亮课堂》和《北京市初中开放性科学实践活动手册》中。

第三类活动主要是组织部分有兴趣、操作技能水平高的学生，在教师指导下，学生根据现实问题开展探究或制作，针对现实的目标制作、创造符合实际需要的产品，或者在原有产品的基础上进行改进，使其在科学性、新颖性、实用型、经济性等几个方面得以改善，从而把兴趣、知识、创造思想和执着精神运用到自己选择的问题或研究领域中，让学生学会利用已有的知识和方法，去开发有意义的实际成果。例如，和教师一起制作教具，开展小发明等活动都属于第三类活动。选修课《自行车与物理中的发明创造》体现了第三类活动的成果。

3. 利用低成本物理实验开设专题选修课

在物理新课程中科学探究的理论与实践成果基础上，两所实验校充分利用开发与应用低成本物理实验的实践经验，开发与实施了选修课《兴趣点亮课堂》、《自行车与物理中的创造发明》，已有一千多名学生选修，深受欢迎。《北京市初中开放性科学实践活动手册》，已有 300 多所学校 3 万多名学生使用，深受学生喜爱。《兴趣点亮课堂》探索了激发学生学习兴趣、促进学生概念转变、培养学生批判思维和创造技能的策略。《自行车与物理中的创造发明》探索了培养学生的操作技能和创新思维的策略，北京青年报于 2011 年 5 月 13 日对“自行车与物理中的创造发明”进行了专题报导，于 2012 年 5 月 17 日又以“在孩子心里种下创新的种子”为主题介绍了选修课的教学特色。

三、成果与影响

当研究取得了阶段性成果后，我们便开始边研究边传播、边应用，滚动发展。在研究过程中，我们注重实践探索和反思，保证了我们的研究成果源于教学实践，针对性强。研究成果与案例相结合，易学、好用。成果的应用形式多样，富有成效。主要有如下几个方面：

（一）开发了 150 多个低成本物理实验，并用文字、照片和录像将 150 多个低成本实验的创意、制作过程和应用过程全部表达出来。其中公开发表 27 篇，在全市低成本实验专题研讨会和研究课等活动中交流 30 篇。这种方式大大提高了成果传播和应用的效果，便于北京市广大物理教师在教学中借鉴应用。这些成果在 2010 年-2014 年北京市中学物理教研活动和教师培训中被多次引用，已经在全市物理教学中产生了广泛的影响。2012 年初北京市政府启动了名师同步课程建设，我们将开发的 150 多个低成本实验全部提供给承担初中物理课程的老师，并对他们进行了专题培训，使他们能在最短的时间内应用这些成果，丰富了名

师同步课程的教学方式。已录制完成的 70 节初中物理课已经体现了这些成果的价值，全市几十万初中学生将从中受益。

(二) 编写的校本教材《兴趣点亮课堂》、《小实验 大道理》、《自行车与物理中的创造发明》分别在东直门中学、北达资源中学、人民大学附中开设了选修课，已有 1000 多名学生使用，深受教师和学生欢迎。2011 年 5 月 13 日北京青年报对“自行车与物理中的创造发明”进行了专题报导。

(三)《北京市初中开放性科学实践活动手册（初中一年级用）》中的 25 个主题应用了本课题的研究成果，占该手册的 50%；在《北京市初中开放性科学实践活动手册（初中二年级用）》中的 20 个主题应用了本课题的研究成果，占该手册的 40%。这 45 个主题的开放性物理实践活动中的每个实验都配有实验过程录像，只要用手机扫一扫书上的二维码，就可以观看实验过程的视频，可以支持多媒体学习。2015 年 3 月-7 月，约有 300 多所学校，3 万多名学生选学了部分主题，深受教师和学生欢迎。

(四) 在开发应用低成本物理实验的过程中成就了一批优秀教师，其中的代表有实验校北达资源中学的何艳阳、北京九十四中学的孔德英、人民大学附中的胡展翅。何艳阳在开发与应用低成本物理实验的研究方面取得长足进步，开发低成本实验 50 多个，发表相关论文 7 篇，获第三届全国中学物理名师赛一等奖，在 2013 年被评为北京市学科带头人，为北京市海淀区、门头沟、延庆、怀柔等远郊区的物理教师进行了十几次实验专题培训，1000 多人次的物理教师受益。孔德英在校本教材开发和课题研究方面成绩突出，主持的《关于在初一年级开设科学探究课的研究》获第四届北京市基础教育教学成果奖二等奖，2014 年被评为北京市特级教师。胡展翅老师在参与研究的过程中形成了轻松有效的教学特色，2011 年 5 月 13 日北京青年报对“自行车与物理中的创造发明”进行了专题报导，2012 年 5 月 17 日北京青年报又以“在孩子心里种下创新的种子”为主题介绍了胡老师的教学特色。

(五) 作为实验校的东直门中学、北大资源中学，近几年在物理教学改革方面取得了显著成效，成为首都基础教育研究院、北京教育学院组织的物理教师培训班学习先进实践经验的基地，已有上千人次的物理教师参观分享了低成本物理实验的经验。

四、改进与完善

经过四年多的实践探索，取得了系列研究成果，并在教学实践中进行应用，完成了课题预定的目标。但仍然存在很多不足和遗憾，需要在后续工作中不断改进和完善。具体有如下三个方面：

1. 还需要进一步去开展实践创新，并在创新过程中进行理论提升。作为实践探索项目，还应有一种培训手册或校本教研的工具开发，这样或许有利于课题成果、经验的持续与推广。

2. 三本校本教材《兴趣点亮课堂》、《小实验 大道理》、《自行车与物理中的创造发明》还需要根据学生使用效果, 进一步修改完善, 力争公开出版发行, 扩大传播交流的范围。

3. 根据学生选学《北京市初中开放性科学实践活动手册(初中一年级用)》中的25个物理实验主题和《北京市初中开放性科学实践活动手册(初中二年级用)》中的20个物理实验主题的效果, 进一步探索低成本实验支持开放性科学实践活动的教学方式、过程评价策略。

五、成果细目

序号	作者	成果形式	成果名称	出版或发表时间	出版单位或发表刊物名称、期号
1	秦晓文等	编著	实验改变课堂(初中物理)	2017, 7	北师大出版社
2	秦晓文等	教材	开放性科学实践活动手册(初一用)(其中25个主题物理实验)	2015, 3	人民文学出版社
3	秦晓文等	教材	开放性科学实践活动手册(初二用)(其中20个主题物理实验)	2015, 10	人民文学出版社
4	张学义等	校本教材	兴趣点亮课堂	2015, 3	待出版
5	何艳阳等	论文	自制电子礼炮	2010, 4	教学仪器与实验
6	何艳阳等	论文	模拟近视眼和远视眼的成因及校正	2010, 4	教学仪器与实验
7	何艳阳等	论文	家庭电路示教板	2010, 5	教学仪器与实验
8	何艳阳等	论文	磁悬浮实验	2010, 5	教学仪器与实验
9	胡成平等	论文	通电导体在磁场中受力演示器	2010, 6	教学仪器与实验
10	胡成平等	论文	眼睛调焦系统学生模拟实验	2010, 6	教学仪器与实验
11	辛艳等	论文	模拟照相机	2010, 8	教学仪器与实验
12	张学义	论文	做功改变内能演示仪	2010, 10	教学仪器与实验
13	王丽环等	论文	滑动变阻器演示仪	2010, 11	教学仪器与实验
14	何艳阳等	论文	微小形变演示装置	2010, 11	教学仪器与实验
15	梁学军等	论文	发声齿轮的改进	2010, 12	教学仪器与实验

16	胡成平等	论文	直线传播演示装置	2010, 12	教学仪器与实验
17	何艳阳等	论文	在玩中复习在复习中玩	2011, 9	物理通报
18	何艳阳等	论文	去掉光屏在哪能看到像	2011, 12	物理通报

北京市教育科学规划课题成果公报