

成果公报

课题名称：高中物理低成本实验教具对教学辅助作用的研究

课题批准号：DBB11064

课题类别：北京市规划办课题一般

研究领域：基础教育研究

课题负责人：冉英、中学高级教师、顺义区杨镇第一中学

主要成员：张杰、李丽、芮成娟、韩康、刘劲丹、徐明、蔡跃颖、侯延春

一、 内容与方法

1、 研究内容

1) 前期调研：查阅、收集国内与高中物理各部分知识相关的低成本实验教具实例，教师进行理论学习。

2) 按力、电、热、光的知识板块对低成本实验教具进行分类汇总，并对教具的设计、选材、制作等内容进行理论研究。

3) 按力、电、热、光的知识板块对低成本实验教具辅助教学进行实践研究。

其中包括：

①教师对低成本实验教具的制作与应用；

②物理兴趣小组的学生对低成本实验教具的制作；

③师生经验的交流与教师的总结、反思。

4) 对低成本实验教具辅助教学的研究进行积累和传播。

2、 研究方法

课题研究总体上运用行动研究法，依据具体内容分别采取不同的方法。

了解国内外课题研究状况用文献法；

进行前期调研，用调查法、案例研究法；

对低成本实验教具的设计、选材、制作等内容的研究用案例研究法，调查法；

低成本实验教具在教学中的实践研究用实验法，观察法，经验总结法；

低成本实验教具对教学辅助作用的研究，用实验法，调查法，经验总结法等。

技术路线与实施步骤：

第一步：组织全体成员了解本课题的研究方向，明确研究内容，对教师进行培训，并确定实验年级及实验班；

第二步：对学校教师及学生进行中学物理低成本自制实验教具辅助教学情况的问卷调查，了解我校目前制作低成本教具的现状及存在哪些问题发现问题，物理低成本实验教具制作与使用的教学现状；

第三步：学习有关实验教具方面的书籍、光盘、期刊杂志等，了与本课题相关的文献资料；

第四步：将收集的涉及高中物理教学中低成本实验教具方面的优秀案例，按

力、热、电等板块进行分类汇总；

第五步：课题组成员学习《高中物理教学中低成本实验教具分类汇编》内容，交流关于低成本实验设计、选材、制作的体会及经验，为后面的实践研究做好准备。

第六步：分别在高一、高二年级开展低成本实验教具在教学中辅助作用的实践研究。

第七步：整理出版成果，撰写结题报告，实验总结。

二、 结论与对策

一) 结论

1、研究并实践低成本实验教具的过程首先使教师得到提高。低成本实验教具设计与制作的创造性，不但能对学生产生潜移默化的影响，更对教师的创造能力及教师对各种工具的使用方法和手工技能提出了较高的要求，而教师正是在这个研究过程中完成了对自己的提高。

2、改变了教师和学生的观念。改变了老师习惯于画实验、讲实验，学生习惯于听实验、背实验的现状，正在努力通过教师的行为去影响学生的行为，正在全面提高教师、学生的科学素养。

3、补充、完善了我校实验仪器的短缺、老化的问题，促进了实验教学的开展；

4、低成本实验教具真正的魅力是它制作的过程可以做到成本低而智慧不低、技术不低、价值不低，实现了学生在亲近生活的、低成本的条件可以人人动手进行实验探索，使学生的动手能力得到锻炼，实现了学生“在实验中学习，在实验中理解”“在实验中探究，在探究中学习”。培养了学生的科学探索兴趣和创新思维，培养了学生的实践能力，增强了学生的节约和环保意识。

二) 对策

1、对教师进行培训，提高实验理论水平，我们通过以下做法：

1) 通过有关实验教具的书籍、光盘、期刊杂志、网络等途径对本课题的相关研究进行了文献综述，让课题组成员了解本课题的研究现状及我们的研究方向及研究范围。

2) 课题组成员一起阅读并交流了有关实验教具方面的书籍如：《高中物理实验创新与自制教具》、《中学物理教师专业技能训练》。

3) 通过光盘学习了《高中物理实验教学资源的开发整合和应用》等视频资料。

4) 去城关一中、北师大二附中等学校的物理实验室对他们学校的自制教具进行 [参观](#) 学习。

5) 请专家对教具的设计，制作进行专题培训，课题成员主动请教专家对自己进行一对一的指导。

2、对教师观念的转变，我们通过主动提供做好的教具，让教师在教学中实

际尝试的方法，让教师在尝到“使用教具的甜头”后，主动要求要使用，并愿意参与制作教具的做法逐步转变教师是对自制教具，乃至实验教学的观念。教师主动动手制作的过程，动手能力及教师之间的合作交流便随之加强了。

3、帮助教师的教学水平及研究水平提高的工作

(1) 教师之间互相切磋，交流有关教具设计、制作的各种看法。

(2) 备课组活动时所有物理教师一起讨论交流教具在实际教学中的优缺点及改进措施。

(3) 鼓励并帮助教师利用我们自制的教具参加各级各类教具的比赛或各级各类公开课、研究课、评优课的展示活动。

一方面，参赛、展示的过程，要求参赛教师对其自制的教具花更多的心思去反复琢磨、研究，这种研究内容涉及很多方面，包括本设计包含的科学原理、各种制作工具的使用技能、制作技巧，是否能很好的跟教学内容相符等等；教师也借助这个平台在备课、上课的过程中精心设计课堂内容，锤炼他们的课堂语言，使他们的组织课堂教学、指导学生实践等方面的能力等等得到全面提高。

另一方面，这种大型的比赛会有很多专家、评委，名师关注我们的活动，并给我们提出很多宝贵的建议，是参赛教师开阔眼界，增长见识的大好机会。

4、在激发学生的学习兴趣及持久的学习动机方面，我们的工作有：

1) 尽量将演示实验变成可以利用低成本实验教具的学生分组实验，让更多的学生参与到动手的活动中。

2) 将教材规定的验证性实验改为学生探究实验，利用学生身边的废旧物品进行探究实验，让学生更多的关注身边现象蕴含的物理道理。

3) 合理利用学生的业余时间，进行课内难以完成的与所学内容紧密相关的科技制作活动，保持学生高涨的学习热情及学习动机。

三、成果与影响

1、在顺义区的课题阶段汇报展示中，与会的其他课题组成员及专家对我们课题的成果很感兴趣，觉得有我们这样的研究，学生学习物理一定会乐趣无穷！

2、在2014年我校承办的北京市“实验改变课堂”主题现场会上，北京市教研中心的各位领导，北京市各区县的物理教研员、教师对我校利用我们的低成本实验教具进行课堂展示的教师予以了高度的评价——小小教具，展示了物理的无穷魅力与教师的智慧！

3、为学生的终身发展奠定了基础。学生在参与制作低成本教具中培养起来的动手能力、研究能力、学习能力、合作能力为今后的学习、生活和工作奠定了很好的基础。学生对物理学习的兴趣和热情明显高涨而且持久。

四、改进与完善

1、进一步阅读相关书籍，进一步参观和学习别的学校及大赛中的优秀教具。

2、在教学实践的基础上，进一步完善对校本教材的整理工作。

3、在高一、高二继续开展低成本实验教具辅助教学的实践研究。

4、整理已经经过实践的低成本实验教具对教学辅助作用的反思，整理这些

教具的进一步改进措施。

5、创造机会带领课题组的成员去参观学习其它学校的优秀教具；课题组成员能参加市级甚至更高级别的教具及实验大赛。

五、 成果细目

一) 显性成果

1、 教师显性成果

1) 教师显性成果

①教师制作并以投入使用的教具有：

力学方面的教具：

演示力的平行四边形定则的透明胶片、演示力的分解的泡沫板、力的分解演示仪、理想斜面、牛顿第一定律演示仪、失重演示仪、演示曲线运动方向的小型砂轮与陀螺、演示运动合成分解的“蜡块”实验仪、演示平抛分运动性质的斜槽、演示离心运动的脱水桶、火车拐弯模型、改进的碰撞弹片等等。

电学方面的教具：

卡文迪许扭秤模型；改进的典型电场分布模拟；尖端放电；带电小球在电场中的加速偏转、磁感应强度演示仪、安培力演示仪的改进等。

其它方面的教具：

改进后的弹簧振子演示仪、简谐运动图像演示仪；探究单摆周期与摆长关系演示仪；受迫振动演示竹条；光的全反射演示球等。

②课题获奖

2013.12、2016、4 承担的课题《高中物理低成本实验教具辅助教学的研究》分别荣获顺义区“十二五”阶段性研究成果评选三等奖。

③电子版《高中物理教学中低成本实验教具分类汇编——收集》，包括力学部分；电磁学部分；热、振动、波、光部分。示例如下：

目录

力学实验

- 一、直线运动综合演示板的制作思路
- 二、反应时间尺
- 三、简易加速度计
- 四、微小形变演示设计
- 五、胡克定律实验改进
- 六、静摩擦力演示仪
- 七、力的平行四边形定则、三角形定则演示仪
- 八、体验力的分解效果

- 九、运动合成与分解演示仪
- 十、反冲演示器
- 十一、演示动量定理
- 十二、演示滚动摩擦比滑动摩擦小
- 十三、演示圆周运动
- 十四、卡文迪许扭秤实验
- 十五、“超重现象”
- 十六、纸杯系列
- 十七、自制洗衣机脱水原理演示器
- 十八、圆珠笔火箭
- 十九、探索平抛运动规律的几种设计方案

力学实验

一、直线运动综合演示板的制作思路

人教版高中物理新课标物理1（必修）第一章《运动的描述》涉及的物理概念比较多，如质点、参考系、坐标系、时间间隔和时刻、路程和位移、坐标与坐标变化量、速度、加速度等等；第二章《匀变速直线运动的研究》则是对第一章速度、时间、位移、加速度几个物理量之间的定量关系进行了研究，同时也是对第一章有关物理概念和方法的具体运用。这二章在整个力学及物理学中具有基础性和重要性的地位。

教学中为了更好地把这部分知识表述清楚，我就想能不能制作一个教具，把书本上抽象的知识形象化、具体化？用教具来激发学生求知欲望，并深刻理解这些物理概念及速度、时间、位移、加速度几个物理量之间的关系。

于是我就梳理了一下这两章的知识点，以速度-时间（ $v-t$ ）图象为突破，制作了《直线运动综合演示板》（图1）。制作材料易找，只用了四个木方，几段铁丝和一块胶合板等，制作方法也比较简单。该教具形象、生动地把第一章中众多的物理概念有机地联系在了一起，同时又把第二章中速度、时间、位移、加速度之间的定量关系表述得清晰明了，在教学中取得了显著的效果，并受到了其他物理教师的高度评价。

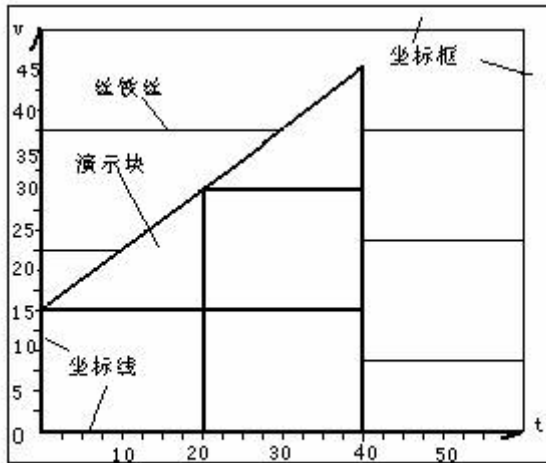


图1 直线运动综合演示板

④ 电子版《教材演示实验分析》，包括必修一、必修二、3-1、3-2、3-3、3-4。《教材演示实验分析》的样式如表一示例：

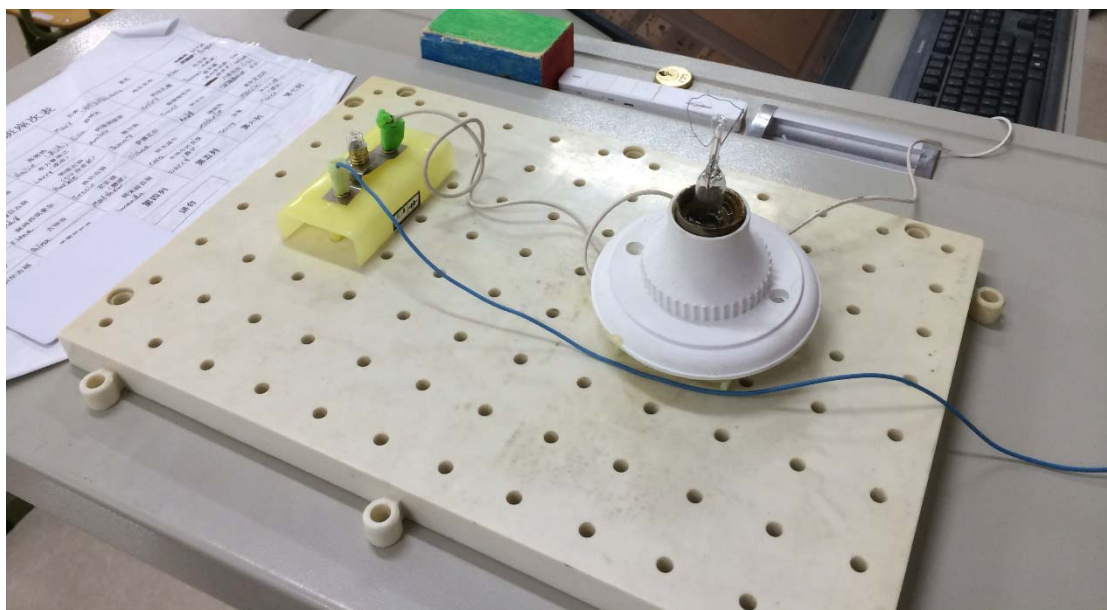
表一 高中物理 3-4 教材实验分析表

页码	实验名称	原实验优缺点分析	改进措施
教科版 2	水平弹簧振子	由于实际实验过程中存在着较大的阻力作用，因此往复两次后即停止	将气垫导轨的滑块改造成振动振子，在气垫导轨上进行该实验
教科版 3	音叉振动	用图钉可视性不强	将振动的音叉贴到学生的脸上或将振动的音叉插入水中从而激起水花
教科版 9	简谐运动的图像	无	学生体验性实验：一人用铅笔往复性的画，另一人拉动纸带；或一人用粉笔往复性的画，另一人拉动黑板；
教科版 9	简谐运动的图像	用沙摆	可以改进成学生分组进行水摆实验，然后在利用自制（韩康）的教具进行精确绘图
教科版 13	鼓皮的阻尼振动	声音在逐渐减弱，但是振幅逐渐变小却不容易观察	在鼓皮上防止一些小的泡沫球，观察泡沫球的跳动，从而反映出鼓皮振幅变化
教科版 14	受迫振动	通过手摇，驱动竖直弹簧振子，缺点是当驱动力频率较大时，竖直弹簧振子的振动频率等于驱动力频率——不易观	用自制教具：手捏住不同长度的竹条，做摇扇子的动作，发现不同长度的竹条都以相同的频率振动，但是振幅不同；改变摇动的频率，所有竹条

		察	的频率仍然相同，但是振幅都会变化
教科 版 14	摆 的 共 振	自制摆的共振教具	用不同颜色、不同材料、不同摆长的摆构成该实验仪器，能够演示发生共振的条件（球上加标牌）
教科 版 22	波 的 传 播	无	将正在播放音乐的手机放入真空杯中，将听不到声音；一排学生手挽手在队头学生的带领下做蹲起的动作（横波）或左右晃动（纵波）
教科 版 35	观 察 衍 射	无	通过丝袜观察线状光源发光
教科 版 35	观 察 干 涉	无	黑板上挂两个频率相同的音响，让后用声音传感器在黑板上找振动加强、振动减弱的点，进而绘制出干涉图样
教科 版 62	光 的 折 射	图片：光的折射	魔术：头像放在盆底，通过实物投影看不到，逐渐向盆里注入水后，能够看到头像；杯中的筷子
教科 版 69	光 的 全 反射	激光照射半圆形玻璃砖，观察折射和全反射现象	还可以进行学生的分组实验。在方形容器中注入氢氧化铁胶体液体，让学生通过激光笔在教师的引导下进行探究，得到发生全反射的条件。大烧杯中套小烧杯；
教科 版 78	光 的 衍 射	杨氏双缝实验，学生非常不易观察	用实物投影将演示实验的现象在屏幕上投出。或学生分组实验，用激光笔照射双缝、用圆形金属圈蘸上肥皂液，观察现象
教科 版 87	机 械 波 的 偏 振	图片：栅栏	用化学实验室的乳胶管进行实际演示
教科 版 87	光 的 偏 振	观察光的偏振	用偏振片对准电脑屏幕或计算器进行演示，也可以应用实物投影进行演示

⑤ 校本教材，电子版《高中物理低成本实验教具使用手册》。使用手册中对

教具的整理样式如下：



魔术“灯泡变亮”了（教具名称）

材料：200W 灯丝一个，小灯泡灯座一套，学生电源一个，导线两根

工作原理：在电压 8V 的情况下，小灯泡没亮，但是向灯丝吹一口气，小灯泡变亮了。因为灯丝温度降低，电阻变小，电流变大，灯泡变亮。这个引入实验能很好说明温度影响电阻率这个事实，为后面的内容埋下伏笔。

⑥ 发表和被收录的自制教具和教学案例等。

作者	成果名称	成果形式	发表刊物或组织单位	书刊号或级别
冉英	《利用废旧材料制作卡文迪许扭秤模型》	论文	《物理通报》	国家核心期刊 ISSN0509-4038 CN 13-1084/04
	《世纪攻略·物理实验》	专著	延边人民出版社	ISBN978-7-5449-0308-0
冉英 韩康	《描绘简谐运动的振动图像演示实验的改进》	论文	《物理通报》	国家核心期刊 ISSN0509-4038 CN 13-1084/04

	《描绘简谐运动的振动图像 演示实验的改进》	创新实验 设计	北京教科院基教 研中心主任陶昌 宏专著《高中物 理实验》	北京市一等奖
韩淑清	《磁感应强度》	课例	2014年10月北 京市物理教学公 开课——实验改 变课堂主题现场 会	北京市一等奖
沈红	《电容器的电容》	课例		
李雁	《电容器和电容》	课例		
刘劲丹	《电阻定律 电阻率》	课例		
徐明	《碰撞》	课例		
李翠娟	《牛顿第一定律》	课例		
侯延春	《牛顿第一定律》	课例		
蔡跃颖	《力的分解》	课例		
李丽	《动量定理应用》	课例		
党向东	《探究加速度与力、质量的关 系》	课例		
冉英	《相互作用物体间的动量能 量》	课例		
冉英	《带电粒子在匀强磁场中的 运动》	参赛教学 设计	北京市首届高中 教师新课程基本 功培训和展示活 动	北京市二等奖
冉英	《光的全反射》	研究课	顺义区	一等奖
冉英	《波的形成》	研究课	顺义区	一等奖
冉英	《测定水果电池的电动势与 内阻》	研究课	北京市第三届中 学物理教师实验 创新比赛	北京市一等奖
刘劲丹	《传感器及应用》	研究课	顺义区	区级一等奖
蔡跃颖	《万有引力定律》	说课设计	顺义区青年教师 基本功大赛	区级一等奖
侯延春	《带电粒子在电场中的加速 与偏转》	参赛教学 设计	青年教师基本功 大赛评比中获评 优课	区级一等奖

⑦ 相关获奖教具

作者	成果名称	获奖级别
冉英	《利用废旧材料制作卡文迪许扭秤模型》	第34届北京市青少年科技创新大赛中获优秀科技辅导员科技创新项目科技制作类二等奖
	《测定电池的电动势和内阻》	北京市第二届中学物理教师实验教学大赛中获高中组市级一等奖；在顺义区物理实验创新大赛中获一等奖
	《反应时间测量尺》、《探究弹簧压力与压缩量的关系》	在2015年顺义区中小学生金鹏科技论坛活动中荣获辅导二等奖。 荣获2015年顺义区青少年科技创新大赛工程类项目辅导三等奖； 在第三十三届北京学生科技节——北京市第十六届中小学金鹏科技论坛活动中被评为优秀辅导员。
韩康	《描绘简谐运动的振动图像演示实验的改进》	北京市第三届中学物理教师实验创新比赛中获高中组一等奖；在顺义区物理实验创新大赛中获一等奖
	《简谐运动图象描述仪》	第十届全国中学物理青年教师教学大赛一等奖
蔡跃颖	《探究单摆周期与摆长的关系》	第十一届全国中学物理青年教师教学大赛二等奖；北京市第四届中学物理教师实验探究比赛高中组一等奖；顺义区物理教师实验探究教学技能大赛一等奖。
	《力的分解演示仪》	第十一届全国中学物理青年教师教学大赛二等奖
侯延春	《力的合成与分解演示仪》	第十一届全国中学物理青年教师教学大赛二等奖
	《单摆运动规律演示仪》	第十一届全国中学物理青年教师教学大赛二等奖
	《带电粒子在电场中的运动模拟》	顺义区自制教具研制方案评选二等奖

徐明	《探究单摆周期与摆长的关系》实验教具的改进	顺义区科技创新大赛一等奖；第33届北京青少年科技创新大赛二等奖；顺义区物理教师实验探究教学技能大赛一等奖。
	《万用电表原理演示仪》	2015 届全国中学物理实验创新展评活动中获二等奖。

⑧ 相关获奖论文

作者	成果名称	获奖级别
张杰 冉英	《中学物理演示实验教学设计指导的研究》	获北京市第五届“京研杯”征文一等奖。
	《高中物理探究性实验设计指导的研究》	获北京市第五届“京研杯”征文二等奖。
	《高中物理探究性实验教学选题中的问题初探》	被评为北京市教育学会第四届“京研杯”征文二等奖。
冉英 韩康	《描绘简谐运动的振动图像演示实验的改进》	获北京市 2012-2013 学年度基础教育教学研究优秀论文三等奖。
冉英 李丽 芮成 娟	《对中学物理低成本自制实验教育辅助教学情况问卷的调查与分析》	获北京市 2013-2014 学年度基础教学研究优秀论文三等奖。

2、学生显性成果

1) 教师和兴趣小组的学生都参与制作并应用的教具有：

力学方面：

薄板测重心、欹器、双锥体爬坡、研究弹簧弹力与压缩量关系仪，二力合成、测头发丝的最大承受力、反应尺、回旋标、水火箭等。

电学方面：验电器、莱顿瓶、小电机模型研究电路中的能量转化等。

其实有一些学生自制低成本教具比老师做的还好，下面是张瑞琪同学自己动手制作





的《日光灯原理演示仪》。

2) 学生获奖情况:

越来越多的学生参与到制作教具的活动中来，其中学生获奖情况如下：

作者	成果名称	获奖级别
张英洋 曹源竣	《反应时间测量尺》	在 2015 年顺义区中小學生金鵬科技论坛活动中荣获二等奖； 荣获 2015 年顺义区青少年科技创新大赛工程类项目三等奖； 在第三十三届北京学生科技节——北京市第十六届中小學金鵬科技论坛活动中荣获高中组二等奖。
	《描绘平抛的轨迹》	在 2016 年顺义区基础教育系统自制教具展评活动中荣获二等奖；
李文博	《研究弹簧弹力与压缩量的关系》	在 2015 年顺义区中小學生金鵬科技论坛活动中荣获二等奖。 在 2016 年顺义区基础教育系统自制教具展评活动中荣获二等奖；
高明月 田伟思	《小球下落中的超重、失重现象的研究》	在 2016 年顺义区基础教育系统自制教具展评活动中荣获二等奖；
赵蕴夷	《隐身盒》	在 2016 年顺义区基础教育系统自制教具展评活动中荣获二等奖；

3) 兴趣小组的学生积极参与科技或小制作，极大地激发了学生的学习热情和持久的学习动机。上右图为兴趣小组的学生在发射自己制作的水火箭，对水火箭的研究，孩子们的热情持续了一个多月，高中毕业后，当时参与制作水火箭热

情特别高的刘子珩同学说:高中生活中对物理留下印象最深刻的还是制作水火箭,老师们应该多给我们创造一些自己动手的机会!”;特别喜欢航模的韩子琦在高中不仅对水火箭情有独钟,还在高考报志愿时报了北航。2016年7月在新疆克拉玛依举行的全国

二) 隐性成果

1、教师隐性成果

1) 观念上

教师在尝到“使用教具的甜头”后,会主动要求要使用这些低成本教具,因为他们发现,使用教具使得他们不用跟学生拼命解释某些概念,学生由于动手参与的多了,对知识的理解也变得容易多了,看到又不用太费力还能收到理想的教学效果,教师们自然就愿意用教具,而且也愿意参与制作教具,制作教具的人数越来越多了。以往教师画实验,讲实验的现状得到很大改善,教师们更乐意一起商量、讨论怎么做或使用这个教具可以使教学效果最好。

2) 研究水平上

开展自制教具活动的过程,迫使教师深入研究新课标新教材,明确教学重点、难点和关键,钻研科学原理。而研究并实践低成本实验教具,又促使教师首先要研究清楚原有教具的使用方法及在教学使用过程中的不足,从而对现有教具进行创新和改造,研制出适合教育教学的新教具。因此参加课题研究的教师首先在研究水平上得到了很大的提高。

3) 教学水平上

教师们除了把这些低成本教具用于我们平时的教学中,还经常利用这些自制的低成本教具参加各级各类教具的比赛或各级各类公开课、研究课、评优课的展示活动。一方面,参赛、展示的过程,要求参赛教师对其自制的教具花更多的心思去反复琢磨、研究,这种研究内容涉及很多方面,包括本设计包含的科学原理、各种制作工具的使用技能、制作技巧,是否能很好的跟教学内容相符等等;当然教师借助这个平台,也必须在备课、上课的过程中精心设计课堂内容,锤炼他们的课堂语言,使他们组织课堂教学、指导学生实践等方面的能力等等得到迅速提高。另一方面,由于这种大型的比赛会有很多专家、评委,名师关注我们的活动,并给我们提出很多宝贵的建议,这也使得参赛教师开阔了眼界,增长了见识,教学水平不断增长。

4) 教师之间的交流与合作上

研究过程中需要教师发扬团队精神,集思广益,因此参加课题研究的教师都

非常乐意与其他教师交流心得，体会，设计中碰到的问题、这些问题如何解决等等，这些促进了教师之间的交流与合作，营造了教师之间互相学习，交流的氛围。

2、学生隐性成果

1) **激发了学生对物理的兴趣和热情。**利用低成本实验教具进行课堂教学本身就是重视学生的亲身经历和体验；强调为学生创设生动而有意义的学习情景。这样的实验器材不仅体现了从生活走向物理，从物理走向社会的教学思想，更重要的是它激发了学生学习物理的兴趣，探索物理知识的欲望，这本身就潜在的对学生进行着创造教育，使他们产生自己动手做一做的愿望，甚至产生设计教具的想法。如学生在学习过自由落体运动后，接触了反应时间的概念，通过查资料，发现反应时间与我们的交通安全、身体状况等等有密切联系，于是几个同学一起开展了《反应时间测量尺的研究》，不但自己做反应尺，还用于测不同人群的反应时间，通过对实验数据的分析，写出了对交通以及医疗方面的有参考价值的建议。这个过程学生学到的知识及方法，是在课堂上根本不能学到的！

2) **实现了学生学习方式的转变。**学生原来学习物理概念，规律的方式不少靠的是死记硬背，现在能让实验班的学生基本上实现人人动手参与，学生乐于探究、勇于实验、勤于思考。如弹簧两侧都施加 10N 的力时，秤的读数对学生来说是非常易错又不好理解的，以往的学生就是老师告诉后，学生记住，但现在，学生会主动问老师要几个测力计，自己去试，他们对知识、概念、规律的掌握是建立在动手实验后理解的基础之上，因此对概念、规律的理解也就更深刻，掌握的更到位。

3) **为学生的终身发展奠定了基础。**学生在参与制作低成本教具中培养起来的动手能力、研究能力、学习能力、合作能力为今后的学习、生活和工作奠定了很好的基础。