初中园地

原始物理问题表征视角下的微项目学习实践*

——以“简单机械”复习为例

王伟劳 （深圳市高级中学龙岗学校 广东 518100）
谈学兵 （深圳市坪山区教育科学研究院 广东 518100）
朱建山 （深圳市光明区理创实验学校 广东 518100）

摘 要 以中考专题复习“简单机械”为例，开展以问题驱动、知识建构、问题解决和评价反馈为主要流程的微项目式学习活动，分享如何运用自组织表征理论分析和解决“救助山羊”这一原始物理问题，是一次成功的基于原始物理问题的微项目学习实践。

关键词 微项目 原始物理问题 自组织表征理论 简单机械 专题复习
文章编号 1002-0748(2024)2-0027 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

1 引 言

《义务教育物理课程标准(2022年版)》指出，注重科学探究，突出问题导向，强调真实问题情境，引导学生不断探索，提高分析问题、解决问题的实践本领和科学思维能力，发展核心素养[1]。作为学生核心素养发展的有效教学方式，项目式学习(Project-Based Learning，简称PBL)，是指学生围绕复杂的、来自真实情境的、具有一定挑战性的项目主题，在精心设计任务与活动的基础上，进行较长时间的开放性探究，最终建构起知识的意义和提高自身能力的一种教学模式[2]。而微项目学习(Micro Project-Based Learning，简称MPBL)，是项目式学习的浓缩版，是教师将单位课时的学习任务设计成探究性项目，让学生在挑战性真实问题的协作探究和成果展示中实现核心素养的发展。

中学物理专题复习课的教学实践中，大多数物理教师都是从知识点出发，以章节为单位，按照教材编写顺序带领学生构建学科知识体系，并借助精选习题来实现知识巩固和能力训练。相比之下，在学科复习中开展微项目学习更有助于学生打破学科界限，实现深度学习，发展终身学习能力。

原始物理问题来自真实的生活情境，是通过对现实世界中的物理现象的观察而产生的对现象背后内在原因的疑问，是未经过分解、化简、抽象等方式加工的物理问题[3]。原始物理问题的客观真实性、生态性、隐蔽性、迁移性和开放性[4]，决定了问题解决的过程必然具有探索性、生态性、实践性以及创造性等特点，在发展学生的学习素养和创新意识上有强大的优势。把原始问题教学融入微项目学习来进行专题复习，更能凸显学生的主体地位，更有利于增强学生的创新意识和创新能力，构建和谐平等的学习生态。

笔者以中考专题复习“简单机械”区级公开课为例，开展以问题驱动、知识建构、问题解决和评价反馈等为主要流程的微项目式学习(见图1)，并运用

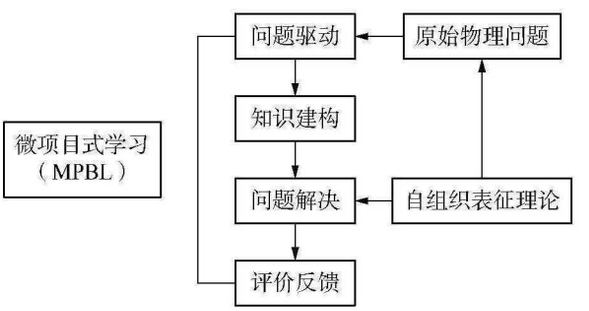


图1 基于原始问题的微项目学习的专题复习课流程图

* 基金项目：本文系广东省2023年度中小学教师教育科研提升项目“初中物理微新实验的开发与应用研究”(项目编号：2023YQJK147)的阶段性研究成果。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

自组织表征理论分析和解决“救助山羊”这一原始问题，为一线教师提供一些借鉴。

2　教学实践

2.1　问题驱动

新课伊始，教师指出每年4月8日是国际珍稀动物保护日，并播放视频《假如动物会说话》，呼吁学生把珍爱动物的意识落实到行动中。

随即，教师出示问题情境：清明节，初三学生小明回老家扫墓祭祖，在山中发现一头误入陷阱的山羊，刚成年且已经受伤，如图2所示。请利用1根足够坚固不易变形的木杆（约为小明身高的2倍）、2个塑料滑轮、若干足够坚韧的绳子协助小明救出山羊。

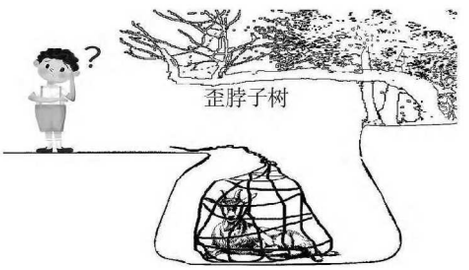


图2　现场环境简图

2.2　知识建构

课前，教师布置学生独立完成“简单机械”中“杠杆”和“滑轮”内容的思维导图。如图3所示为某学生课前所画思维导图，重点呈现了对杠杆和滑轮五要素以及滑轮组的特点和绕线方式的理解，将所学内容形成系统的知识网络。

2.3　问题解决

首都师范大学邢红军教授依据协同学理论，提出了物理问题解决的自组织表征理论（Self-Organization Representative Theory，简称SORT）。SORT认为，问题解决是一个连续与突变相结合、独立与关联相结合、控制与自发相结合、协同与竞争相结合、必然与偶然相结合的过程。他依据SORT的理论内涵，进一步提出了SORT的七个表征层次，即定向表征、抽象表征、图像表征、赋值表征、物理表征、方法表征和数学表征，且这些表征层次不一定一次出现，在解决问题过程中会在不同的表征层次之间来回往复。原始问题解决的表征及其内涵如图4所示[5]。

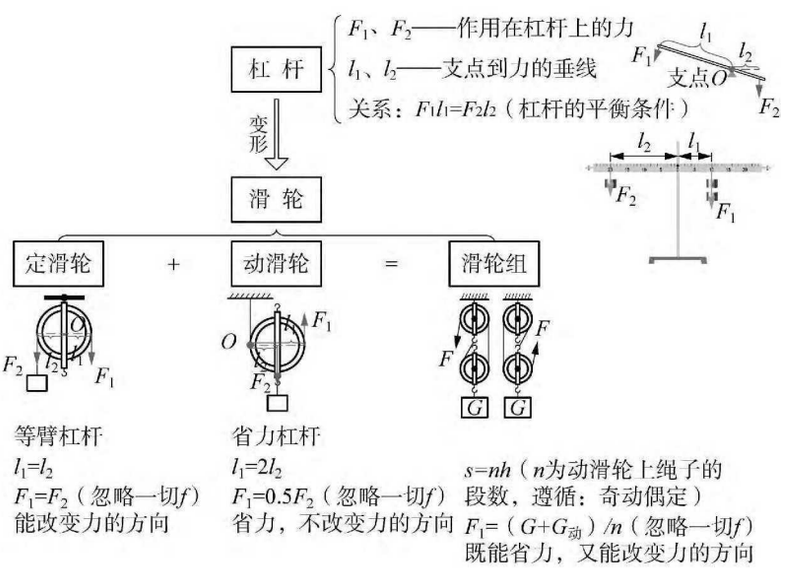


图3　简单机械思维导图

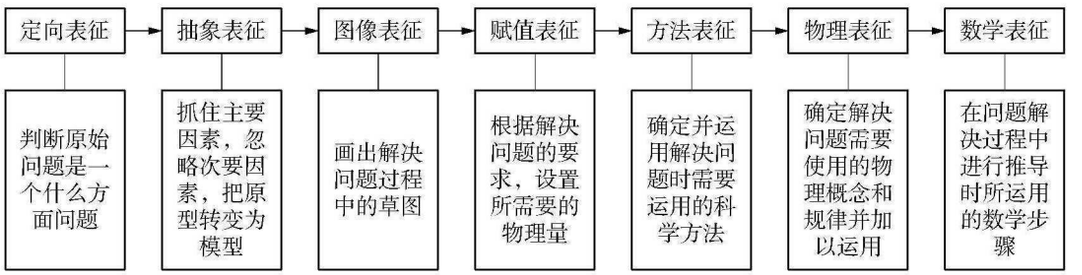


图4　SORT的表征层次及其内涵

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.3.1　定向表征

提出问题：要想救出山羊需要用到哪些物理知识？

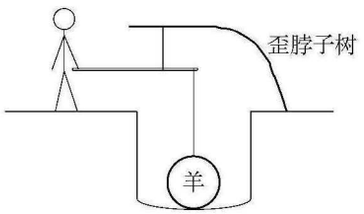
学生运用所学的简单机械知识来救助山羊，并根据所提供的器材选择使用杠杆或滑轮组实施营救。

2.3.2　抽象表征

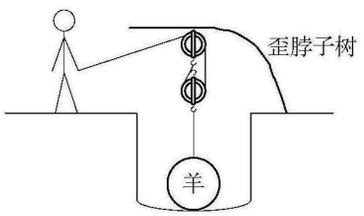
相对于山羊的重力，杠杆、动滑轮以及绳索的重力都非常小，可以忽略不计。此外，还要忽略使用工具时的摩擦，进而将木杆抽象为杠杆模型，将两个滑轮组装成滑轮组模型。

2.3.3　图像表征

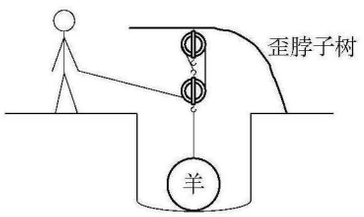
学生共设计出三种打捞方案，如图5所示。



(a) 杠杆方案



(b) 滑轮组甲方案



(c) 滑轮组乙方案

图5　打捞方案

2.3.4　赋值表征

根据生活常识，一名初三男学生的体重约60 kg，身高约150 cm。观察现场环境对比得知，陷阱的直径约为2 m、深约1.5 m。而一个刚成年的山羊重约为120 kg。

杠杆：设杠杆支点为O，动力为F_1，阻力为F_2，动力臂为l_1，阻力臂为l_2。

滑轮组：设手对绳子的拉力为F，提升的山羊重力为$G_{羊}$。

2.3.5　方法表征

正确分析杠杆及滑轮的五要素。

正确分析研究对象的受力情况。

正确分析杠杆和滑轮组在提升物体过程中，力和力臂的动态变化情况。

正确判断滑轮组的绕绳方式。

正确分析定滑轮、动滑轮的实质和特点。

2.3.6　物理表征

杠杆方案：

人对工具的力不可能是无限大的，会有一个最大值。

(1) 根据作用力与反作用力的关系：当手对杠杆有一个最大压力时，杠杆也会对人有一个最大向上的支持力，即$F_{(杠杆对人)max}=F_{(人对杠杆)max}$。

(2) 对站立在地面的人进行受力分析(见图5)：$G_{人}=F_{地对人}+F_{杠杆对人}$。人刚要离地瞬间：$F_{地对人}=0$，此时杠杆对人最大的支持力：$F_{(杠杆对人)max}=G_{人}$。综上，$F_{(人对杠杆)max}=F_{(杠杆对人)max}=G_{人}$。

(3) 根据杠杆的平衡条件：$F_1l_1=F_2l_2$，支点越靠近山羊越省力。因此，杠杆上有一个临界点，此时人用最大的压力刚好能拉起山羊。支点定在临界点O点的位置(包含该点)到阻力作用点之间的任何一个位置，人均能利用该杠杆拉动山羊。

滑轮组方案：

根据滑轮组的特点拉力与物重的关系：$F=G_{物}/n$(忽略一切摩擦，忽略动滑轮和绳子自重，n为动滑轮上承担物重的绳子段数)。

甲方案：$n=3$，$F=G_{物}/3=1200\,\mathrm{N}/3=400\,\mathrm{N}<G_{人}=600\,\mathrm{N}$，故可以拉动山羊。

乙方案：$n=2$，$F=G_{物}/2=1200\,\mathrm{N}/2=600\,\mathrm{N}=G_{人}=600\,\mathrm{N}$，故刚能拉动山羊。

2.3.7　数学表征

杠杆方案：

对于杠杆：$F_1l_1=F_2l_2$，而$F_{1max}=600\,\mathrm{N}$，$F_2=1200\,\mathrm{N}$，且$l_1+l_2=3\,\mathrm{m}$，解得：$l_1=2\,\mathrm{m}$，$l_2=1\,\mathrm{m}$。

结合前面的分析，可得：支点O距离阻力作用点1 m处，人刚好能拉起山羊。当支点O距离人手越远时，拉起山羊越省力。

设山羊被缓慢拉起，杠杆向下转动至如图6所示虚线位置，此时杠杆所受阻力$F_2'=F_2=1200\,\mathrm{N}$，动力臂由$l_1$变为$l_1'$，阻力臂由$l_2$变为$l_2'$。

由$\mathrm{Rt}\triangle OAB\backsim\mathrm{Rt}\triangle ODC$得

$$l_1'\colon l_2'=OB\colon OC=2\colon 1$$

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

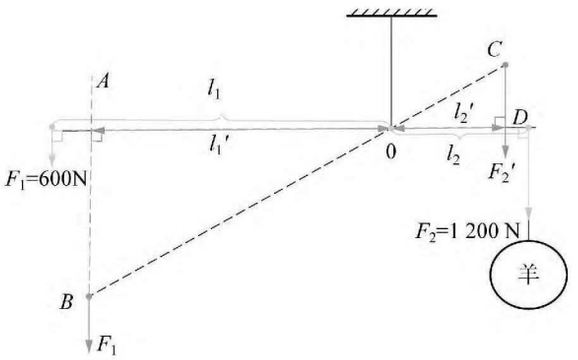
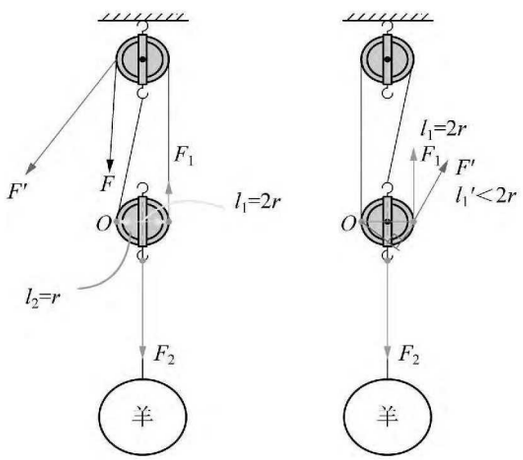


图6　杠杆动态分析

对于杠杆COB：$F_1'l_1'=F_2'l_2'$，且$F_2'=1200\,\mathrm{N}$，可得$F_1'=600\,\mathrm{N}$，故山羊被缓慢拉起的过程中，人对杠杆的力大小不变。

滑轮组方案：

滑轮是杠杆的变形，滑轮组是靠动滑轮来省力的，支点都在动滑轮上，阻力均为物体对动滑轮向下的拉力，阻力臂为动滑轮的半径，动力为通过动滑轮右端绳子提供的拉力，动力臂为支点到该拉力的距离，如图7所示。



(a) 滑轮组甲方案　　(b) 滑轮组乙方案

图7　滑轮组动态分析

在山羊被缓慢拉起的过程中，若拉力方向由竖直变为倾斜，则拉力大小的变化情况：

甲方案中，当拉力方向改变时，动力臂仍为动滑轮的直径，因此不管是竖直拉、斜着拉，拉力的大小始终不变。

乙方案中，当拉力方向改变时，动力臂由原来的动滑轮的直径变为弦长，即由同一直角三角形中的斜边变为直角边，长度变小，结合杠杆的平衡条件分析可知，拉力将增大。

所以，提升同一重物，绳子最后经由定滑轮时，不管沿着什么方向拉绳子，拉力大小不变；绳子最后经由动滑轮时，竖直拉时最省力，斜拉时会出现拉力变大的情况。

2.4　评价反馈

课堂教学评价是学校对课堂教学活动价值进行判断、挖掘和提升的过程[6]。相较于传统的纸笔类终结性测试，微项目式学习不仅关注对项目成果的评价，更重视项目研究中的过程性评价，包括学生学习状态和表现、科学思维、科学探究以及科学态度与责任观，团队协作、沟通交流以及问题解决的创新意识和能力等。“救助山羊”的项目评价阶段，可以参照表1的评价标准进行评价。

表1　微项目评价标准

评价项目	评价内容	评价标准			评分理由
		优秀	合格	待提高	
立项阶段	参与项目的兴趣和态度	兴趣浓厚、积极认真	兴趣一般、态度一般	兴趣欠佳、敷衍应付	
知识建构	课前思维导图完成情况	可视性强，知识理解正确，知识点间逻辑关联性强	图文并茂，有部分关键词，形成一定的知识脉络	只单纯罗列知识点，知识点间缺乏联系或联系不紧密	
项目探索	勇于创新，提出新方案	有创新意识和创新成果	有创新意识，无创新成果	无创新成果，无创新意识	
	能对方案的进行比较客观全面的可行性分析	能准确说出打捞方案的优缺点	能说出打捞方案的部分优缺点	没有说出打捞方案的任何优缺点	
	能分工合作，服从安排，团队意识强	服从安排并协作完成项目研究，团队合作意识强	有挑选任务行为，能基本完成分任务，有一定的合作意识	不服从安排，不能完成任务，缺乏合作意识	
评价反馈	能现场展示改进的打捞工具，并进行演示	制作完整，能打捞出重为10 kg的物体	制作一般，能拉起重为5～10 kg的物体	无物化成果，无打捞演示讲解	
	对他人的项目进行评价并提出改进建议	评价客观全面，提出3个或以上改进建议	有部分评价，能提出1～2个改进建议	评价不到位或无、不能提出改进建议	

关于方案的可行性分析如下：

(1) 杠杆方案的可行性分析

由Rt△OAB∽Rt△ODC（见图6）得

$$AB:CD=OB:OC=2:1$$

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

陷阱深1.5 m，即$CD=1.5$ m，故$AB=3$ m。人竖直方向移动的最大距离不超过人的身高，故该方案无法救出山羊。而当人手距离支点越远时，越是省力，但距离也越大，更无法捞起山羊。

(2) 滑轮组方案的可行性分析

现实生活中，滑轮组方案中滑轮和绳子间的摩擦无法忽略不计，所以甲方案中山羊无法被拉起。更重要的是人的手臂(长约70 cm)，小于陷阱直径2 m，因此人无法将被拉起的山羊从陷阱上方中央拉回地面。因此，滑轮组方案也无法救出山羊。

(3) 杠杆和滑轮组的组合方案(起重机模型)的可行性分析

如图7、图8所示是学生将杠杆和滑轮组重新组合得到的远距离打捞方案示意图和实物装置图。

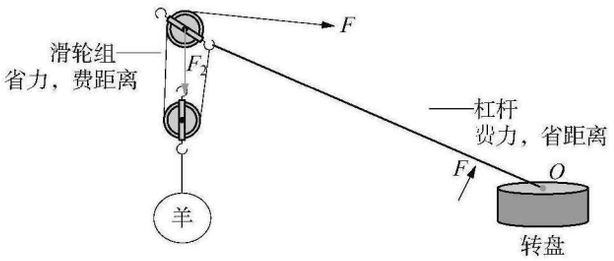


图8　起重机模型打捞方案

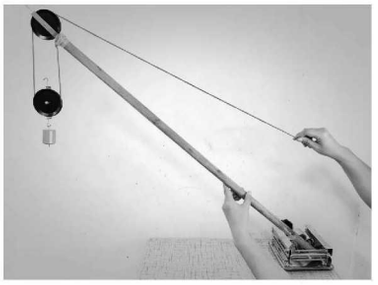


图9　起重机模型实物装置图

为了更好地帮助学生认识组合方案，教师安排学生“观察结构”“打捞演示”“优化改造”等问题，最终就把杠杆和滑轮组的组合改进得到生活中的新型起重机模型。最后播放介绍我国的徐工XCA300汽车起重机的视频，充分调动学生的爱国热情，树立民族自信心和自豪感。

3　启　示

3.1　实践意义

这是一次成功的原始问题微项目教学实践，它为中考专题复习提供了一条新思路。项目的实施分为问题驱动、知识建构、问题解决以及评价反馈四部分。教师通过播放保护珍稀动物宣传片后出示原始问题引导学生入项；通过布置课前思维导图建立知识连接，搭建知识网络，为后续原始问题的分析和解决做好知识铺垫；通过自组织表征理论让学生完整地经历一次运用理论指导实践的过程，改善思维品质；通过评价反馈来进一步明确学习任务，优化学习行为，发展科学能力。

3.2　理论意义

邢红军教授提出：“物理教育应当以习题演练为基础，以原始问题解决为升华。”[6]学生在真实的挑战性问题情境中，运用自组织表征理论来解答“救助山羊”这一结构不良的开放性问题，完整地经历一次运用理论指导实践的过程，扭转了由于缺乏真实的问题情境的传统习题教学加重的思维劣势，初步形成工程思维、跨学科思考以及创造性解决问题的意识和能力，适应未来学习所需要的核心素养得到了极大的提升。

3.3　教育意义

微项目化学习让学生在有限的课时内，借助项目活动来理解核心概念，形成学科思维，引发跨情境的迁移，建立当下学习与未来做事(项目)、做人(素养)建立关联。学生经历设计和改造营救工具来“救助山羊”的微项目学习过程，得出“杠杆和滑轮组虽然都能省力，但由于费距离所以救助失败”的结论，进而明白任何事物都有两面性，要学会客观全面地进行评价的道理。此外，学生经历重新整合杠杆和滑轮组的优点得到起重机模型，并成功打捞起山羊，由此获得启示：看待事物不仅要客观更要乐观，因为包容的心态能更好地扬长避短、优势互补从而发挥更大的效用。在学科学习中渗透哲学思考，鼓励学生运用所学改造自然、改善生活，充分发挥物理学科的育人功能，从而落实立德树人的根本任务。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022年版)[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022：3.

[2] Markham T, Larmer J, Ravitz J. Project based learning handbook: a guide to standards-focused project based learning for middle and high school teachers [M]. Buck Institute for Education, 2003.

[3] 王伟芳，李中青，曾蔓. 巧设原始物理问题，强化科学方法教育[J]. 中学物理教学参考，2015(10)：29.

[4] 王静，邢红军. 论原始物理问题的特性及其教育功能[J]. 物理教师，2004(8)：39　42.

[5] 邢红军. 自组织表征理论：一种物理问题解决的新理论[J]. 课程·教材·教法，2009(4)：60　64.

[6] 邢红军. 原始问题教学：物理教育改革的新视域[J]. 课程·教材·教法，2007(5)：51　57.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net