基于项目的教学设计中数形结合思想方法的应用*

——以“重力势能”为例

赵强强　李胜江

（甘谷县第四中学　甘肃 天水　741211）

（收稿日期：2022－05－26）

摘　要：在深入研究了基于项目的教学设计和数形结合思想方法的基础上，以“重力势能”的教学设计为例，探讨了基于项目的教学设计与实施过程中数形结合思想方法的具体应用.

关键词：项目的教学；数形结合思想方法；重力势能

《普通高中物理课程标准(2017 版 2020 修订)》中提出了“注重体现物理学科本质，培养学生物理核心素养、引导学生自主学习，提倡教学方式多样化、注重过程评价，促进学生核心素养的发展”等新的课程理念[1]. 教师作为课堂的组织者对新课程理念实施起着决定性作用，这就要求教师将新课题理念融入到自己的教学设计中去. 科学的教学设计能够很好地体现新课程理念，在各种各样的教学设计模型中由北京师范大学郭玉英教授和未来教育高精尖创新中心共同开发的“基于项目的教学设计”能够达到很好的效果. 该设计模型中将学生分成了若干个学习小组，学习中既有组内的合作探究，又有小组之间的交流分享，这些过程能引导学生自主学习，潜移默化地体现物理学科本质和培养学生核心素养. 不过项目的教学涉及范围广，思维难度大，对老师的能力要求更高. 数形结合思想方法却可以将复杂的知识结构利用流程图、思维导图、符号、公式等相结合的形式清晰地展现出来，降低思维难度.

1　数形结合思想方法

有特定意义的物理符号、物理公式等都可以归为“数”. 插图、实物图、表格、流程图、矢量图、函数图像、思维导图等都可以归为“形”. 在物理学习过程中，可以用“数”简单直观地反映物理概念和物理规律，用合适的“形”将概念和规律进行分类、比较和总结，再结合“数”与“形”之间的关系进一步去理解所学的概念和规律. 这种利用“数”与“形”相结合的方法可以化抽象为具体，将隐形问题显化，从而简化思路，降低思维难度[2].

2　基于项目的教学程序

基于项目的教学其实质是基于项目学习的教学法，整个过程中既有教师的“教”，也有学生的“学”，由 3 个阶段 8 个环节组成[3]，用流程图反映出来如图 1 所示.

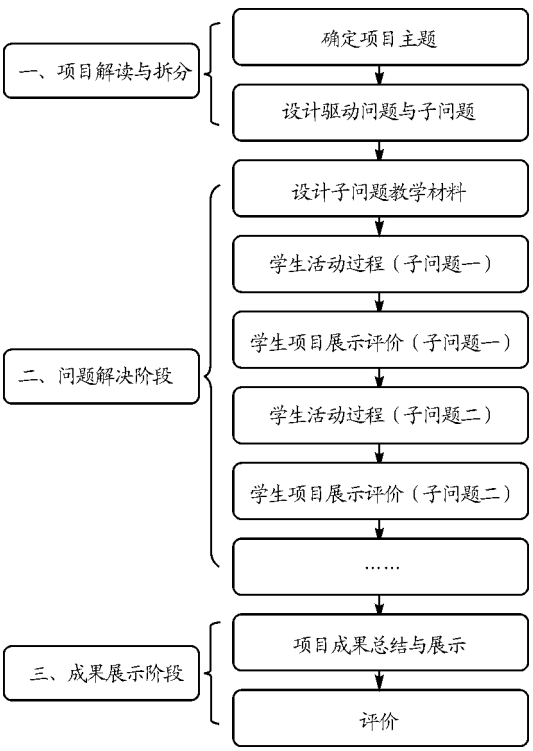


图 1　项目教学程序图

* 甘肃省教育科学“十三五”规划 2020 年度一般课题“基于数形结合思想方法的高中物理教学应用研究”的阶段性成果之一，课题立项号：GS[2020]GHB3149.

其中问题解决阶段是整个教学中的关键，需要教师进行重点设计，在充分了解学生学情的基础上，合理设计子问题及可能出现的衍生问题. 课前，针对班上学生的学习情况进行合理分组（通常 5 ～ 6 人为宜，各组学习能力相当，便于后期进行评价）并确定一名组长. 以小组为单位，观察生产生活中的常见现象，进行简单易行的实验或调查，收集各方面有用信息，进行组内的分析讨论，尝试学习解决驱动问题所需的新知识；课上，在组长带领下以小组为单位先进行生生间的交流，获取对物理概念和规律的初步理解，再通过教师的讲解进行师生间的交流，确定各组解决问题的方案；课后，小组间进行合作交流，取长补短，各组归纳梳理形成各自的过程性成果，最后各成员完成测试题并根据评分标准进行赋分. 将该阶段主要过程可以概括为以下 4 个环节，用流程图反映出来如图 2 所示.

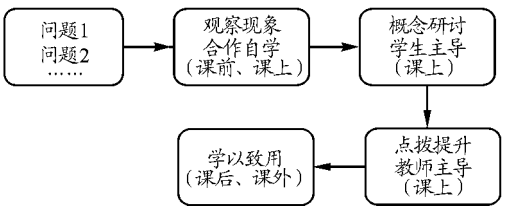


图 2　问题解决流程图

3　“重力势能”的教学设计与实施

3.1　项目教学设计

3.1.1　项目教学内容分析

《重力势能》是人教版（2019）普通高中课程标准实验教科书物理必修2第八章第2节[4]. 内容包括重力做功、重力势能、重力势能的相对性、重力势能的系统性等. 教材通过对不同情境下重力做功的计算总结出了重力做功与路径无关的特点，探究出了重力势能的表达式. 在此基础上进一步分析讨论了重力势能的相对性和系统性.

3.1.2　项目学情分析

学生在初中就知道重力势能与物体的质量和高度有关，在本章又学习了功，具备了学习本节课的知识基础. 通过在 $v-t$ 图像中利用微元累积法推导匀变速直线运动位移与时间关系，掌握了本节课探究所需要的思想方法及能力基础. 但学生对重力做功与重力势能变化之间的关系理解还是比较困难.

3.1.3　项目核心素养与教学目标

（1）物理观念：理解重力势能的概念，知道重力做功与路径无关；掌握重力做功与重力势能变化的关系，建立能量转化的观念.

（2）科学思维：感受微元累积法，体会极限思想的运用，同时通过运用物理符号反映物理概念和物理规律，培养学生利用数形结合思想方法解决物理问题的科学思维.

（3）科学探究：对重力在不同情境下做功情况的实例进行科学探究，推导出重力势能的表达式，计算归纳得出重力做功与重力势能变化的关系，明确重力势能具有相对性和系统性.

（4）科学态度与责任：从对生活中有关现象的观察，到对生活实例采用科学的探究过程，最后到问题的解决，让学生在这过程中体验成功喜悦，激发学生探索自然规律的兴趣.

3.1.4　项目教学重难点

（1）教学重点：重力做功的计算；重力势能表达式的确定及重力势能正负的意义；重力做功与重力势能变化之间的关系.

（2）教学难点：重力做功的特点总结；重力势能表达式的探究；重力势能的相对性和系统性的理解.

3.2　项目教学实施过程

3.2.1　确定项目主题

基于以上分析及项目式教学的特点，确定本项目的主题为“重力势能”.

3.2.2　设计驱动问题和子问题

根据项目主题、核心素养教学目标以及教学内容，确定本项目的驱动问题为“重力势能的表达式是怎样的，重力做功与重力势能变化有什么关系？”整个项目由下列子问题来引领：

（1）子问题一：重力势能的大小与哪些因素有关？

（2）子问题二：物体沿不同路径下落高度 h 时，重力做多少功？重力做功有什么特点？

（3）子问题三：重力势能的表达式是什么？

（4）子问题四：重力势能表达式中 h 如何确定？

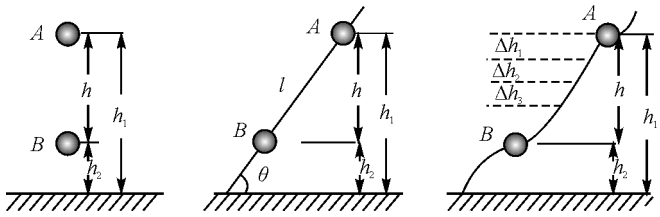
(5) 子问题五：重力做功与重力势能的变化量有什么关系？

(6) 子问题六：重力势能与地球有什么关系？

3.2.3　设计子问题教学材料

针对子问题分别设计相应任务和驱动问题，对应教材中的内容，设计成导学案如表 1 所示.

表 1　子问题导学案

子问题及驱动问题	学生的思考与解答	学生的疑问
子问题一：重力势能的大小与哪些因素有关？		
1. 被举高的物体具有什么能？ 2. 重力势能的大小与哪些因素有关？		
子问题二：物体沿不同路径下落高度 h 时，重力做多少功？重力做功有什么特点？		
分别计算下列情境下小球重力做的功. 1. 小球从高度 h_1 的 A 点自由下落高度 h 到达高度 h_2 的 B 点过程，请学生计算小球重力做功？ 2. 小球从高度 h_1 的 A 点沿斜面下滑高度 h 到达高度 h_2 的 B 点过程，请学生计算重力做的功？ 3. 小球从高度 h_1 的 A 点沿一条任意曲线下落高度 h 到达高度 h_2 的 B 点过程，教师引导学生计算此过程重力做的功？  		
子问题三：重力势能的表达式是什么？		
观察重力做功的表达式特点，分析 mgh 的意义. 1. 功与能之间是什么关系？ 2. 子问题一中得到的结论是什么？		
子问题四：重力势能表达式中 h 如何确定？		
思考讨论下列问题，表达自己的观点. 1. 人从五楼上摔下来通常都会有危险，但小明从五楼窗台上跳到室内地面上却平安无事，为什么？ 2. 对于某一物体来说是不是越高重力势能越大？ 3. 重力势能是矢量还是标量？比较大小时带不带符号？		
子问题五：重力做功与重力势能的变化量有什么关系？		
思考并回答下列问题. 1. 如何确定一个量的变化量？ 2. 重力势能的变化量如何表示？ 3. 重力做功与重力势能的变化量之间有何关系？		
子问题六：重力势能与地球有什么关系？		
思考讨论下列问题，表达自己的观点. 1. 物体所受重力的施力物体是谁？ 2. 如果没有地球那物体再受不受重力作用？ 3. 物体具有的重力势能能离开物体而单独存在吗？		

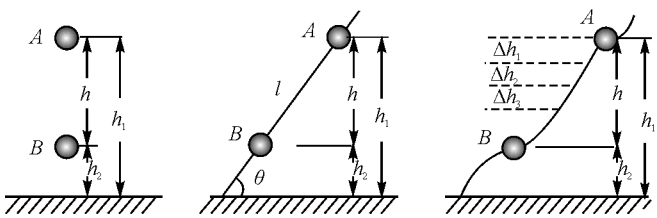
3.2.4　学生活动过程

课前学生通过组内自主探究、查阅资料完成导学案，由组长将各成员的疑问进行整理提前反馈给教师. 同时各小组之间可以进行讨论和交流，形成各组初步的解决方案，为课堂展示做好准备.

3.2.5　学生项目交流展示评价

教师选定某一小组为展示组进行课堂展示，展示组选代表回答导学案中各项任务的驱动问题. 对于那些学生解释有误或者存在疑问的问题，教师可以先组织学生进行集体讨论，再给出适当的指导，并在课堂上将问题全部解决. 尤其是对于重点和难点内容，在学生展示结束后教师应给出准确的解释和肯定的结论，具体的课堂展示过程如表 2 所示.

表 2　项目式教学课堂展示过程

子问题对应任务	学生课堂表现记录
任务一： 在天花板上分别挂一钢球和乒乓球，让学生站在下面，回答有什么感受？同一钢球放在脚跟前和挂在头顶又有什么不同感受？回答下列问题. 1. 被举高的物体具有什么能？ 2. 重力势能的大小与哪些因素有关？	问题 1：学生能很好的解答，因为在初中对重力势能的定义就是被举高的物体具有的能量. 问题 2：学生根据任务可以的到定性结论，即重力势能的大小与物体的质量和离地面高度有关. 但是不知道他们之间的定量关系
任务二： 分别计算下列情境下小球重力做的功. 1. 小球从高度 h_1 的 A 点自由下落高度 h 到达高度 h_2 的 B 点过程，请学生计算小球重力做功？ 2. 小球从高度 h_1 的 A 点沿斜面下滑高度 h 到达高 h_2 度的 B 点过程，请学生计算重力做的功？ 3. 小球从高度 h_1 的 A 点沿一条任意曲面下落高度 h 到达高度 h_2 的 B 点过程，教师引导学生计算此过程重力做的功？  	问题 1：学生可以用功的定义式得出 $W_G = mgh = mgh_1 - mgh_2$ 问题 2：要引导学生将位移往竖直方向分解得到 $W_G = mgh = mgh_1 - mgh_2$ 问题 3：引导利用微元累积法，得到 $W_G = mgh = mgh_1 - mgh_2$ 综合以上计算得出“重力做功与路径无关，只与初末位置的高度差有关”的结论
任务三： 观察重力做功的表达式特点，分析 mgh 的意义. 1. 功与能之间是什么关系？ 2. 子问题一中得到的结论是什么？	由问题 1 和问题 2 学生已经知道了功是能量转化的量度及重力势能的大小与物体的质量和离地高度有关，从而判断出 mgh 代表着一种能量，进而得到重力势能的表达式
任务四： 思考讨论下列问题，表达自己的观点. 1. 人从五楼上摔下来通常都会有危险，但小明从五楼窗台上跳到室内地面上却平安无事，为什么？ 2. 对于某一物体来说是不是越高重力势能越大？ 3. 重力势能是矢量还是标量？比较大小时带不带符号？	这 3 个问题学生可以从自己的直观感受出发，利用所学知识可以分析出公式中 h 的确定具有相对性，进而得到重力势能的大小同样具有相对性. 由于 h 具有正负故重力势能也有正负，比较大小时要带符号比较. 重力势能是一种具体形式的能，是标量

续表 2

子问题对应任务	学生课堂表现记录
任务五： 思考并回答下列问题. 1. 如何确定一个量的变化量？ 2. 重力势能的变化量如何表示？ 3. 重力做功与重力势能的变化量之间有何关系？	问题 1 和问题 2 中，学生由位置的变化量和速度的变化量类比得到 $\Delta E_{\mathrm{p}} = E_{\mathrm{p末}} - E_{\mathrm{p初}} = mgh_2 - mgh_1$ 再结合问题 2 的结论可得 $W_G = -\Delta E_{\mathrm{p}}$
任务六： 思考讨论下列问题，表达自己的观点. 1. 物体所受重力的施力物体是谁？ 2. 如果没有地球，那么物体还受不受重力作用？ 3. 物体具有的重力势能能离开物体而单独存在吗？	这几个问题，利用数学中的反证法来解决，当物体离开了地球也就没有了重力，同时也就失去了重力势能.从而得到重力势能是物体与地球共有的这一结论

3.2.6　项目成果总结与展示

教学课堂展示结束后，每一小组归纳项目学习成果，形成各组的项目成果.再利用课堂时间由各组的组长依次展示本组的项目成果，然后各组之间进行互评，最后教师对每组成果进行点评，带领学生最终归纳总结得到项目成果总结表，如表 3 所示.

表 3　项目成果总结表

子问题	项目学习成果
(1) 重力势能的大小与哪些因素有关？	与物体的质量 m 及高度 h 有关
(2) 物体沿不同路径下落高度 Δh 时，重力做多少功？重力做功有什么特点？	$W_G = mg\Delta h$，重力做功与路径无关
(3) 重力势能的表达式是什么？	$E_{\mathrm{p}} = mgh$
(4) 重力势能表达式中 h 如何确定？	h 为物体相对参考平面的高度，具有相对性，可正可负，所以重力势能也有正负
(5) 重力做功与重力势能的变化量有什么关系？	重力做正功，重力势能减少；重力做负功，重力势能增加；重力做功的多少与重力势能的变化量数值上相等，即 $W_G = -\Delta E_{\mathrm{p}}$
(6) 重力势能与地球有什么关系？	重力势能为物体和地球所共有

3.2.7　项目评价

在贯彻执行了教学设计后，教师可以通过测试题来了解学生对知识的掌握情况，并给出评分标准及具体分值以便对项目式教学过程进行评价.

【测试题】如图 3 所示，在离地面高为 H 的桌面上 A 点斜向上抛出一质量为 m 的物体，物体能上升到最大离地高度为 h 的 B 点，并最终落在了地面上的 C 点，求：

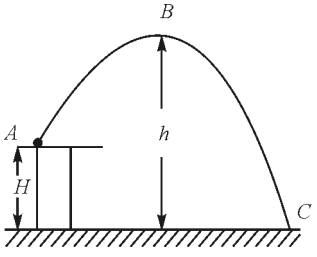


图 3　测试题情境图

(1) 以地面为参考系，分别确定物体在 A、B、C 点时的重力势能 $E_{\mathrm{p}A}$、$E_{\mathrm{p}B}$、$E_{\mathrm{p}C}$ 的大小并比较三者的大小(25 分)；

(2) 以桌面为参考系，分别确定物体在 A、B、C 点时的重力势能 $E_{\mathrm{p}A}$、$E_{\mathrm{p}B}$、$E_{\mathrm{p}C}$ 的大小并比较三者的大小(25 分)；

(3) 分别计算物体从 A 到 B、B 到 C、A 到 C 过程中重力对物体做的功及物体重力势能的变化量，并根据计算结果总结重力做功特点、重力势能变化特点及重力做功与重力势能变化的关系(50 分).

解析及评分标准：

(1) 以地面为参考系 A、B、C 三点的高度依次为 H、h、0(各 2 分)，代入重力势能的表达式

$$E_{\mathrm{p}} = mgh \qquad (4\text{ 分})$$

可得

$$E_{p_A}=mgH \qquad E_{p_B}=mgh \qquad E_{p_C}=0$$

(各 3 分),易知

$$E_{p_B}>E_{p_A}>E_{p_C} \qquad (6\text{ 分})$$

(2)以桌面为参考系 A、B、C 三点的高度依次为 0、$(h-H)$、$-H$(各 2 分),代入重力势能的表达式

$$E_p=mgh \qquad (4\text{ 分})$$

可得

$$E_{p_A}=0 \qquad E_{p_B}=mg(h-H) \qquad E_{p_C}=-mgH$$

(各 3 分). 易知

$$E_{p_B}>E_{p_A}>E_{p_C} \qquad (6\text{ 分})$$

(3)先确定物体从 A 到 B、B 到 C、A 到 C 过程中的高度差分别为 $(H-h)$、h、H(各 3 分),代入重力做功的计算式

$$W_G=mg\Delta h \qquad (4\text{ 分})$$

可得

$$W_{AB}=mg(H-h) \qquad W_{BC}=mgh \qquad W_{AC}=mgH$$

(各 3 分),由

$$\Delta E_p=E_{p_{末}}-E_{p_{初}} \qquad (4\text{ 分})$$

可得

$$\Delta E_{p_{AB}}=-mg(H-h)$$

$$\Delta E_{p_{BC}}=-mgh \qquad \Delta E_{p_{AC}}=-mgH$$

(各 3 分).

由 $W_{AC}=W_{AB}+W_{BC}$ 得重力做功与路径无关,由初末位置决定. (4 分)

由 $\Delta E_{p_{AC}}=\Delta E_{p_{AB}}+\Delta E_{p_{BC}}$ 得重力势能变化与路径无关,由初末位置决定. (4 分)

由 $W_{AC}=-\Delta E_{p_{AC}}$ 得重力做功与重力势能的变化量数值上相等,重力做正功重力势能减小,重力做负功,重力势能增加. (7 分)

4　总结

通过"重力势能"这一节项目的教学设计与实施可见,在基于项目的教学设计过程中,可充分利用数形结合思想方法将教学过程、子问题导学案、课堂展示过程、项目成果等用图表的形式简洁地展现出来,简化了设计流程,降低了思维难度. 在实施过程中利用数形结合思想方法将物理概念和规律用数字化的符号和公式简洁地反映出来,便于学生的理解和运用.

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 版 2020 修订)[M]. 北京:人民教育出版社,2020.

[2] 李涤非. 数形结合思想方法在高中物理教学中的应用研究[D]. 苏州:苏州大学,2015.

[3] 罗莹,谢晓雨,韩思思,等. 中学物理教学新模式:基于项目的教学[J]. 课程・教材・教法,2021,41(6):103.

[4] 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理必修第二册[M]. 北京:人民教育出版社,2019.

Applicationon the Thinking Method of Combining Numbers with Shapes in the Teaching Design Based on Project

——Taking "Gravitational Potential Energy" as an Example

ZHAO Qiangqiang　LI Shengjiang

(The NO. 4 Middle School of Gangu County, Tianshui, Gansu　741211)

Abstract: On the basis of in-depth study of the teaching design based on project and the thinking method of combining numbers with shapes, taking the teaching design of "gravitational potential energy" as an example, this paper discusses the specific application on the thinking method of combining numbers and shapes in the process of teaching design based on project and its implementation.

Key words: teaching based on project; thinking method of combining numbers with shapes; gravitational potential energy