

问题驱动理念下阿基米德原理教学设计*

于雅楠 高 嵩

(山东师范大学物理与电子科学学院 山东 济南 250014)

于秀云

(山东师范大学校医院 山东 济南 250014)

(收稿日期:2018-09-12)

教学案例设计与分析

摘要:问题驱动教学方法是实践建构主义认知理论的重要方法之一,对激发学生学习兴趣、培养主动学习能力具有重要意义.阿基米德原理是初中物理教学中的重点和难点,学习过程中需涉及到二力平衡、压强和密度等知识,而这些不同水平知识技能的结合往往会导致学生难学易错.为了更好地去探索阿基米德原理及其实验设计与操作过程,将问题驱动教学方法应用在阿基米德原理课程的教学中,对阿基米德原理进行新的教学编排,把抽象的知识点具体化以便于学生更好地学习与理解,最后结合问题驱动理念完成了本节课的教学设计.

关键词:问题驱动 阿基米德原理 教学设计 科学探究 实验教学

1 教学背景

1.1 问题的提出

浮力作为初中教学的重难点知识之一,对学生的抽象思维和逻辑推理有相对较高的要求^[1].掌握阿基米德原理是学好浮力这一部分内容的关键,所以对阿基米德原理的教学设计,在初中教学中就显得格外重要.但一般教师在讲解阿基米德原理这一节时,通常仅根据课标中“探究浮力大小与哪些因素有关”来进行实验教学^[2].通常这种通过设置单因子探究浮力影响因素的实验在现实教学中存在着如下问题:

(1)对浮力认识部分学生受错误前概念影响,认为质量大的物体所受浮力也大.

(2)在浮力的单因子影响因素实验中,学生猜想较宽泛且缺乏依据,对实验论证中的体系变量模糊不清^[3].

(3)受知识视野层面的限制,学生本身较难认识到物体所受浮力与排开液体重力之间的联系,从而导致学生不能从物理学自身的逻辑顺序来正确理

解浮力,以至于造成学生对所学知识理解片面化、零碎化的特点.

著名科学方法论学者波普尔(K. R. Popper)认为:正是问题激发我们去学习,去发展知识,去实践,去观察^[4].所以,针对以上问题,“问题驱动”课堂教学模式是指教师给学生营造包含所学知识的问题情境,让学生发现并提出问题.然后,再通过教师及各种课程资源的支持和帮助,实现自主探究与合作学习.最终,在积极主动解决问题过程中激活原有知识的同时,理解同化、迁移运用新的知识.这种问题驱动下的阿基米德原理的教学设计旨在让学生在解决问题中学习,在学习中提高解决问题的能力.

1.2 教材分析

关于阿基米德原理的学习,不同版本的教材处理方式却不尽相同.沪科版教材通过举例引导学生思考浮力的影响因素有哪些,进而进行探究实验,最后讲解阿基米德原理^[5].人教版的教材则是先探究浮力的影响因素有哪些,介绍阿基米德与皇冠的故事,引出浮力与排开水的关系,进而得到阿基米德原理^[6].这两版的教材都具有一定的科学性,对阿基米

* 国家社会科学基金“十二五”规划课题“社会发展视阈下中学理科课程的适切性研究”,项目编号:BHA140081;山东省人文社科研究项目“核心素养视域下核心概念的学习进阶研究”,项目编号:J16YG06

作者简介:于雅楠(1991-),女,在读硕士研究生,课程与教学论专业.

通讯作者:高嵩(1972-),女,博士,副教授,主要从事科学教育的理论与实践方面的研究.

德原理的实验验证方法也无可厚非,对于培养学生的逻辑思考能力,提高学生的实验水平有很大的好处.但是也存在一定的缺陷:

(1) 缺乏实验原理的介绍,使学生对结论的得出感到很突然.这样急于追求知识学习的做法很难使学生对阿基米德原理的内容有深刻的印象,往往是停留在死记原理内容、生搬硬套公式的水平,不利于对学生进行科学方法的教育.

(2) 实验过程复杂,结论不直接,学生在一步步的实验与等待中失去了学习的兴趣.

鉴于此,我们结合美国教材《科学探索者》物理分册“运动、力与能量”中浮力的阿基米德浴缸模型^[7],以阿基米德浴缸模型为出发点,着重于知识形成过程的显化,采用问题驱动的教学模式,对“阿基米德原理”的教学逻辑展开系统梳理.将教学顺序调整为:第一节,认识浮力,探究阿基米德原理;第二节,探究阿基米德原理的影响因素,掌握浮力产生的根本原因;第三节,物体的浮沉条件.本节课就第一节内容展开教学设计.

1.3 教学目标

(1) 形成物理观念

通过日常现象和实验,从物理学角度认识浮力,通过学生体验活动和动手实验使学生学会用弹簧测力计测量浮力,知道阿基米德原理,并能运用其解释自然现象和解决实际生活问题.

(2) 培养科学思维

从物理学视角了解阿基米德浴缸模型,掌握构

建物理模型的能力,历经阿基米德原理的发现历程,培养学生对科学方法的学习能力和探索精神.

(3) 培养科学探究意识

培养学生问题意识,根据实验现象提出合理问题;通过学生的探究实验,使学生经历阿基米德原理的科学探究过程,学习科学探究方法,发展初步的科学探究能力^[8].通过科学想象与科学推理方法的结合,判断物体浮力与排开液体重力的关系,使学生养成良好的思维习惯.

(4) 树立正确的科学态度与责任

通过从自然、生活到物理的认识过程,激发学生自主提问的能力,培养学生终身的探索兴趣;通过分析、归纳得出结论,培养严谨的科学态度和协作精神.

1.4 教学重点与难点

重点:(1) 通过大量经验事实,认识浮力的存在;(2) 根据阿基米德原理的发现历程来探究阿基米德原理.

难点:对阿基米德原理的理解及应用.

2 教学准备

演示实验器材:铁架台 2 个,水,圆筒测力计 2 把,升降台,阿基米德原理实验器,圆柱体铁块,盛液桶,烧杯.

3 教学流程图

教学流程图如图 1 所示.

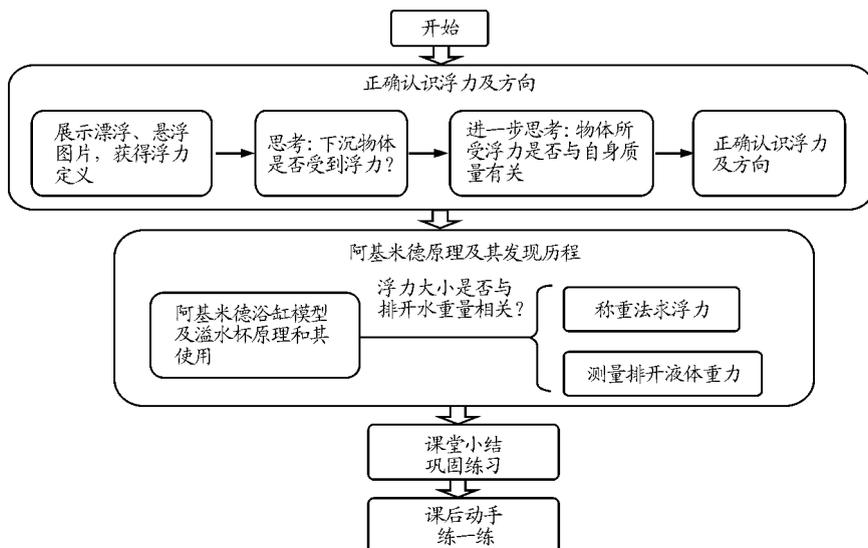


图 1 阿基米德原理教学流程图

4 教学过程

4.1 认识浮力

虽然初中生有着许多与浮力有关的经验,但是仍旧存在着诸多的误区,比如,物体在水中是浮是沉是因为物体的质量不同,越轻的物体才越容易漂在水面上,浮起来的物体才受浮力,沉下去的物体就不受浮力,等等.因此,在课堂伊始教师应该创设一系列的情境,通过让学生对这些情境中的物理现象进行描述和解释,从而发现自己认知结构中的矛盾.具体来说,通过情境的设置,可以生成以下系列的问题.

教学事件 1:引出浮力概念,认识到无论浮沉,物体都会受到浮力.

问题生成:通过万吨巨轮浮在水面上的视频,强化学生对浮在水面的物体一定受到浮力作用的认识,同时也将他们的注意力集中于对浮力问题的思考上.接下来沉船的视频把学生带入这样的问题,漂浮的物体受到浮力,那么下沉的物体呢?此时教师不仅要让他们表达自己的观点,还要引导他们如何证明自己的观点.这样,在问题的表达和证明过程中,教学往更深的层次推进.

探索 and 解决:学生会有不同的答案,教师在让他们充分讨论的基础上,可以结合学生的观点,进行这样的实验,如图 1 所示.

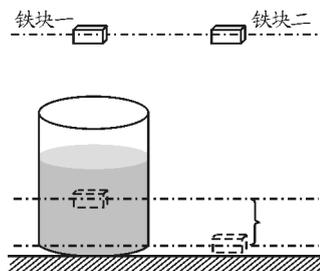


图 2 下沉物体受到浮力的实验设计

将两个完全相同的小铁块从相同高度分别在空气中释放,铁块一使其在空气中下落,最后落入水中,铁块二使其在空气中自由下落.反复多次实验后,教师让学生再次进行思考,在相同的条件下,为什么完全相同的两个铁块,铁块一在铁块二落地后

才沉入杯底.然后教师再顺势引导学生.

在此要说明的是,虽然教师在事先是把实验准备好的,但一定要做好引导,让眼前实验得到学生的认可,这样他们才能更好地将眼前的情境与自己的思考联系在一起,也才能更好地贯彻课程标准倡导的提升学生的探究能力、思维能力的要求.

教学事件 2:加深对浮力的认识,形成浮力大小与物体自身轻重无关的观念.

问题生成:部分学生受日常生活经验的影响,存在认为质量大的物体会下沉,质量小的物体会浮在水面上的错误概念,误以为物体所受浮力大小与自身质量密切相关.

针对这种现象,教师通过进行实验演示和视频展示的方式,使学生们去切身体会物体所受浮力与其本身质量是否相关;通过两个视频的对比,帮助学生们更清晰直观地得出结论.

探索 and 解决:教师通过重复图 1 所示实验“小铁块的下落与下沉”和播放动画“巨轮漂浮在水面上”,引导学生思考,轮船的质量远大于铁块,但是为什么轮船能浮在水面上而铁块却在水中下沉了.

此时教师应该突出这一事实与学生认知的矛盾,并引导学生得出结论,不论下沉还是上浮的物体,只要浸在水中,就会受到浮力作用,且物体下沉与否与物体自身的质量没有必然联系.为后续知识点的讲解进行铺垫.

设计说明:对于学生来说,漂浮的巨轮受到了浮力不难理解,但是下沉的铁块是否也受到浮力却是疑惑的.教师应引导学生从生活中常见现象入手,带领学生观察生活中与浮力有关的现象,通过漂浮和下沉两类视频引发学生思考.教师不断引导,能够把课堂逐渐从教师提出问题,到师生互动生成问题,最后到学生能主动生成问题,使学生带着问题、带着好奇心进入学习.

4.2 浮力方向

由于浮力方向是不能直接观察得到的,初中生对抽象的方向很难明确理解,对浮力方向竖直向上体会不够深刻.因此,为更好掌握浮力的方向,设计

了如下演示实验:通过让学生观察细线的方向给学生演示浮力是始终垂直于水平面的(即竖直向上),从而使学生更直观、准确地判断浮力的方向。

教学事件 3:正确认识浮力的方向。

问题生成:通过图 3 实验装置,使学生直观观察到细线的方向,从而判定浮力方向,解决浮力方向究竟是竖直向上还是垂直向上的疑问。

探索 and 解决:在教师的指导下学生进行演示实验,将乒乓球用红色细线固定在长方形玻璃容器底部(此处不用圆形烧杯,避免光的折射对实验现象造成的干扰,装置如图 3 所示)。向烧杯内逐渐注入水直至将乒乓球完全浸没,引导学生观察细线在水中的状态,再倾斜烧杯,观察细线的状态如何变化。在学生自主实验与观察的基础上,得出结论,浮力的方向总是竖直向上的。

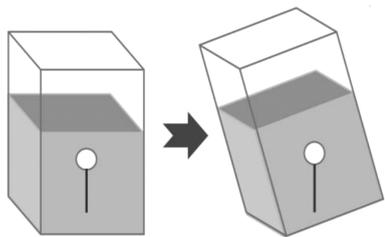


图 3 认识浮力的方向

4.3 阿基米德原理浴缸模型及溢水杯的使用和原理

溢水杯实验是证明阿基米德原理的关键所在,然而在教学中,由于实验过程中需要关注的点比较多,既有对物块下沉的高度的关注,也有对弹簧测力计示数的读取,并且还要关注溢出来的水的量,所以如果学生不理解每一步实验操作的意图的话,很难理解溢水杯实验的原理,更无法将物体排开水的量与物体在水中所受的浮力关联起来。所以许多教师往往无法形成合理的解决方案,不能很好地引导学生去思考、去生成问题,也就很难去解决这个关键的教学任务。

其实,物理学的发展史不仅能激发学生对于物理学习的兴趣,也能为学生的学习提供很多启示。阿基米德的相关经历便能给本节课的教学一个很好的启发。回顾这个过程,沉迷于难题的阿基米德慢慢躺

入装满了水的浴缸中,随着身体的渐渐浸入,从浴缸中溢出的水越来越多,而他也能够很好地感受到水对他作用力在不断增加。如果学生能经历类似的体验,则能帮助他们更好地理解溢水杯实验的原理和实验过程。

教学事件 4:通过微实验,搭建溢水杯模型,得出浮力与排水量之间的关系。

问题生成:通过空易拉罐逐渐压入水中的微实验,引导学生建立起浮力与物体排开水的体积之间的联系,将问题聚焦于物体所受浮力与排水量之间的关系,帮助学生理解溢水杯模型。接下来教师提供以下实验器材,烧杯、空易拉罐、水槽、适量水,并引导学生进行微实验。实验结束后,让学生描述空易拉罐逐渐浸入水中的过程中,手所感受到的压力的变化情况。教师应强调在实验中学生要注意感受手所受压力与易拉罐排开水的体积之间的联系。

探索 and 解决:学生纷纷动手实验,进一步体验排水量与空易拉罐作用力的变化。此时,学生会各抒己见,但是不一定能准确表达。教师需不断引导、点拨,直至得出如下结论,随着空易拉罐逐渐浸入烧杯中,排开的水越来越多,易拉罐对手的作用力也越来越大。同时,教师补充阿基米德的故事,当阿基米德迈入盛满水的浴缸中时,随着身体逐渐浸入水中,他感受到的浮力也越来越大;同时从浴缸中溢出的水也越来越多。

教学事件 5:溢水杯的使用和原理。

问题生成:教师展示溢水杯实物,结合上述阿基米德浴缸模型,向学生解释溢水杯原理和实验步骤,引导学生思考,物体所受浮力的大小与排开液体的重力大小之间的关系。

探索 and 解决:学生通过空易拉罐的微实验及溢水杯的练习使用,可得出溢水杯的使用原理。在此教师需要强调的是溢水杯使用时,需要等待溢水口的水不再流出后再进行实验。教师让学生充分动手操作后,结合学生实验操作,引导学生意识到,随着物体逐渐进入溢水杯的过程中,物体所受浮力越来越大,溢水量也越来越多。最后通过合理科学推理方法

得出,物体所受浮力大小与其排开的液体的“重力”有关。

设计意图:本教学活动设计实验时,引导学生层层递进、由浅入深,体现了各个因素之间的逻辑关系,训练了学生的逻辑思维能力.在以上教学事件中,介绍了阿基米德浴缸模型,使学生掌握了溢水杯的使用,从物理学角度建立起物体所受浮力与排开液体重力之间的联系;并通过微实验形成以下共识,浮力大小与排开液体重力有关。

4.4 探究阿基米德原理

关于阿基米德原理的“浮力仅与物体排开的水所受的重力有关且与之相等”这一结论,学生会觉得突然难以理解,诸如浮力与深度、物体密度、物体体积有关等前概念常会相当顽固.这些前概念的干扰将影响后续内容的学习.且现有的各种版本的物理教材验证阿基米德原理的实验有的过于复杂,影响了学生对原理的理解;有的过于简单,不能使学生充分理解原理的具体内容,存在一定的缺陷.在平时的教学中,我们可以取长补短,重新审视一下各教材的实验,找到解决问题的方法。

教学事件 6:测量物体所受浮力。

问题生成:在教师的引导下学生已经认识到,物体所受浮力与排开液体重力存在着某些联系,那么精确测量出物体所受浮力便成了找到这种联系的关键所在.于是,教师通过演示实验用弹簧测力计测出铁块在空气中的重力,将挂在弹簧测力计下的铁块完全浸入水中,引导学生观察弹簧测力计示数变化.接下来将学生的注意力聚焦在弹簧测力计两次称量的不同示数上来,引导学生进行讨论思考,为什么弹簧测力计示数会减小,弹簧测力计减小的示数是什么。

探索 and 解决:在此之前学生只学习了二力平衡相关知识,对于同一直线上的三力平衡尚不能较好掌握,教师首先对二力平衡拓展延伸,讲解三力平衡知识.进而引导学生对铁块进行受力分析,在学生的讨论合作中可以得出由于铁块受到竖直向上的浮力导致弹簧测力计示数减小,且浮力的大小等于铁块重力减去弹簧测力计示数.最后,教师引导学生进行

归纳总结,得出能够测得物体所受浮力大小的方法之一——称重法。

设计意图:教师通过借助受力分析的方法,使学生逐步了解称重法,进而尝试测量不同物体所受浮力的大小,为下一步阿基米德原理实验做好铺垫.时刻注意引导学生自己去动手、去归纳综合,提高他们的参与感,保持对课堂的兴趣。

教学事件 7:测量排开液体的重力。

问题生成:在教师的引导下,学生掌握了测量物体浮力大小的方法,接下来,最重要的就是要使学生能精确地测量出排开液体的重力.于是,设计了如图4所示实验装置。

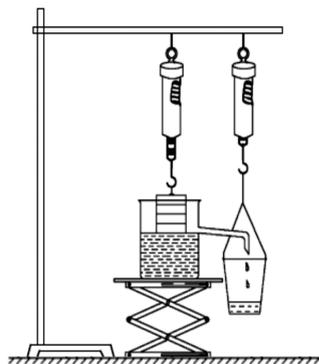


图4 测量排开液体的重力实验示意图

教师引导并提示学生如何测量排开液体重力大小.在实验过程中,教师再次提示学生分别记录两个弹簧测力计示数变化.提出问题,如何通过这个实验准确测出物体排开液体的重力。

探索 and 解决:学生自主设计实验步骤,教师对学生步骤进行总结,并在讲台上进行演示实验。

(1) 如图4所示,将溢水杯置于升降台上,并将水倒入溢水杯,使水面升到溢水口.在铁架台上挂上分别钩着物块及盛液桶的弹簧测力计,并分别记下它们的示数 G 和 $G_{桶}$;

(2) 缓慢上升升降台,将物块逐渐浸入液体中直至完全浸没,观察两个弹簧测力计的示数变化.当溢水口中的水溢完时,分别记录两个弹簧测力计示数,算出浮力大小和排开液体的重力。

教师呈现如下表格(表1),并将课堂交给学生,让学生进行分组实验“探究物体部分浸入水中时物体所受浮力与排开液体重力的关系”,并让学生完成

表1中数据的测量.

表1 物体部分浸入液体时的测量数据

次数	物体的重力 /N	物体在液体中测力计示数 /N	浮力 /N	小桶的重力 /N	小桶和排开液体的总重 /N	排开液体的重力 /N
1						
2						
3						

教师收集数据引导学生进行归纳总结,可以得到:“浸入液体中物体所受浮力大小等于物体排开的液体所受的重力大小”.这就是阿基米德原理,即 $F_{\text{浮}} = G_{\text{排液}}$.

设计意图:通过将科学想象与科学探究相结合的方式,培养出学生的设计探究能力和动手操作能力,并在此基础上,使学生具备能描述并合理解释探究的结果及变化趋势的能力.

教学事件 8:推导 $F_{\text{浮}} = G_{\text{排液}} = m_{\text{排}}g = \rho_{\text{液}} gV_{\text{排}}$.

问题生成:上一部分已经通过实验验证了 $F_{\text{浮}} = G_{\text{排液}}$,接下来引导学生思考物体所受的浮力究竟与哪些因素有关.

探索和解决:教师引导学生利用所学的知识推导公式 $F_{\text{浮}} = G_{\text{排液}} = m_{\text{排}}g = \rho_{\text{液}} V_{\text{排}}g$.并根据推导的公式进而得出 $F_{\text{浮}}$ 与 $\rho_{\text{液}}$ 和 $V_{\text{排}}$ 有关.教师此时应特意强调 $V_{\text{排}}$ 的含义,即浸没时, $V_{\text{排}} = V_{\text{物}}$;部分浸入时, $V_{\text{排}} < V_{\text{物}}$.

设计意图:通过科学推理方法,推导得出浮力的大小与哪些影响因素有关,并推导出 $F_{\text{浮}}$ 与 ρ 和 $V_{\text{排}}$ 的准确的数量关系,培养了学生良好的思维习惯.

4.5 课堂巩固 利用 $F_{\text{浮}}$ 与 $\rho_{\text{液}}$ 及 $V_{\text{排}}$ 关系来解题并进行本节课小结

【例题】关于物体受到的浮力,下列说法正确的是()

- A. 浮在水面的物体受到的浮力比沉在水底的物体受到的浮力大
- B. 物体排开水的体积越大受到的浮力越大
- C. 没入水中的物体在水中位置越深受到的浮力越大
- D. 物体的密度越大受到的浮力越小

设计意图:本题着重培养学生如何分析、挖掘物理题中隐含条件的途径和方法.学生要解好物理题,

必须要有扎实的物理知识和相关学科的知识,综合分析和解决问题的能力.在解物理习题时,经常会遇到这种情况,有些解题的必要条件,题中并为明确给出,而是隐含在字里行间.充分挖掘隐含条件,明确题目要求,采用合适方法,是解好这类题的关键.

课后作业(动手做一做):最后布置一个发明作业,能否将弹簧测力计改装成一个直接测浮力的测力计,直接测量浮力大小.

5 教学反思

5.1 注重过程教学 发展探究能力

本节课主要以问题驱动、实验探究为主,在每个环节中,都给了学生充分展现自我的舞台.为了使学生树立真正的“问题意识”,该教学设计通过学生之间的讨论合作来解决真实性问题,使得隐含于问题背后的知识被充分发掘,最终形成自主学习和解决问题的能力.该教学设计以围绕“认识浮力、理解阿基米德原理”为主线,带领学生实现从生活场景到物理知识的认知.在经历科学探究、科学思维的过程中,引导学生形成正确的物理观念.正如美国教育家施瓦布所说,“学生的学习过程和科学家的研究过程在本质上是一致的.”^[9]因此学生应像科学家一样去“发现”问题、解决问题.“问题驱动”始终把“发现提问”“表征问题”“解决问题”作为培养学生问题意识的关键,而提高学生提出问题和解决问题的能力贯穿于教学的全过程,最终使学生在积极的思维中猎获知识,掌握技能,提高学习能力.

5.2 借鉴物理史实 引导学生发展

本节课以“问题驱动”为教学方法,以实验探究为教学主线,充分发挥学生作为课堂主人翁的作用,利用阿基米德浴缸模型与溢水杯的历史故事与原理讲解调动学生的学习兴趣.在教学设计和实际授课中,带着问题去探求解决问题,打破了课堂封闭沉闷

的传统格局,打造了开放兼容、合作探究的交流平台.通过恰当引导和适时鼓励,激发学生的探究热情和学习兴趣,培养了学生实验能力、获取信息的能力、与人合作的能力以及表达自己意见的能力,使学生终身受益.

5.3 注重探究过程 培养学生逻辑思维能力

本节课运用了“问题驱动”教学策略,以问题作向导,以探究式教学为中心的自主合作的学习方法,有效地激发了学生的学习热情.使学生历经探究过程比得到结论更有意义,探究活动让学生学到学科知识的同时,又能提高创新能力与逻辑思维,更能唤起学生探索与创新的乐趣.而将科学想象与科学推理方法相结合,较好地建立起浮力与排开液体重力之间的联系.“问题驱动”教学策略的应用,一方面能够充分调动学生主观能动性,让他们在不断地思考问题,不断地解决问题及反思实践中磨炼及享受成功,另一方面也培养了他们善于思考、敢于质疑、勇于批判以及勤于动手的良好习惯,为其可持续发展提供了保证,甚至可以让学终生受益.

总之,通过梳理阿基米德原理这节课的教学过程,可以深刻体会到问题驱动的作用,通过系列问题的形成和解决,有效推动了教学过程的展开和学生活动的深入.学生在对问题的提出、反思和解决的过

程中,行动是主动的,思考是积极的,他们的智慧成果可以得到较好的展示、检验和梳理,通过对问题的探究过程,物理观念得以形成、科学思维的能力也得到锻炼和提升.这样的教学过程,也能够更好地满足课程标准对教学的要求.

参考文献

- 1 陈素平,王小梅,蔡庆龙,等.对7—12岁儿童的浮力前概念的探查报告.教育科学研究,2011(5):52~56
- 2 中华人民共和国教育部制定.义务教育物理课程标准.北京:北京师范大学出版社,2012
- 3 王其超,高守宝.物理规律教学方法与案例.北京:北京师范大学出版社,2015
- 4 黄贵.问题驱动教学法初探.教育学术月刊,2004(3):37~38
- 5 义务教育物理课程标准试验教科书编写组.物理(八年级).上海:上海技术出版社,2007
- 6 彭前程.义务教育教科书物理八年级下册.北京:人民教育出版社,2012
- 7 帕迪利亚.科学探索者——运动、力与能量.杭州:浙江教育出版社,2007
- 8 乔际平,邢红军.物理教育心理学.南宁:广西教育出版社,2002
- 9 Schwab,J.J.The practical:a language for curriculum.School Review,2013,78(1):1~23

Teaching Design on Archimedes Principle Based on Issue-driven Idea

Yu Yanan Gao Song

(Faculty of Physical and Electronic Science, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014)

Yu Xiuyun

(School Hospital of Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014)

Abstract: Problem-based learning, one of the important methods to practice the cognitive theory of Constructivism, is of great significance to arousing interest in learning and cultivation the ability of autonomous learning. Archimedes principle is the key and difficult point in physics teaching of middle school due to the use of a lot of knowledge such as force balance, pressure, density and so on, which makes it difficult for students to learn and make mistakes easily. In order to explore the Archimedes principle as well as its experimental design and operation process, in this article, the problem-based learning is applied in the teaching of Archimedes principle. Make the abstract knowledge point concrete by a new teaching arrangement for Archimedes principle.

Key words: problem-based learning; archimedes principle; instructional design; scientific inquiry; experimental teaching