

# 学术成果展示

海淀区教育科学“十二五”规划立项课题中期总结摘录

## 在文科综合科目中关注学生心理逻辑体系构建的方法研究

孙冠芳

课题进展情况及存在问题

### （一）研究工作主要进展

#### 1. 提出课题研究的依据

近年来，随着我国基础教育高中课程和高考制度改革的深入，“文科综合”（指的是地理、历史、政治三科综合，以下简称“文综”）作为高考的一个科目已经成为普遍关注的问题之一。新课改带给我们新理念、新尝试、新探索的同时，也带给我们新的问题和困惑。其中，课程标准的编写不再以学科知识体系为线索，而是重在与生活联系紧密的文科综合知识。在统一的课程标准下，文科综合教材版本多样化，教材容量较以前增多，选取的案例越来越丰富。

教材在面貌上越来越生动，趣味性进一步增强了，体现学科本质的核心知识则隐藏到案例后面了，反而让人有雾里看花的迷惑；教材知识体系中有些知识在必修中已讲过，选修又重复讲解；教学内容与教学时间的矛盾始终存在，教师讲少了很难顺利完成教材要求，讲多了很难给学生探究的余地，如果安排不当，很容易给学生带来更大的负担。本课题研究正是基于进一步推进课改工作和高考科学备考的实际需要提出来的。

#### 2. 组织研究队伍，明确研究任务。

课题申报初期，组建了由从事地理、历史、政治教学工作的高级教师、中级教师为主的课题小组，他们全部为年富力强的中青年教师，为保证课题的高水平开展，我们聘请专家做课题研究顾问。课题申报成功后，根据总课题研究方案的精神，对本专题研究的指导思想、研究内容、研究目标和研究方法进行细化、规范，用以指导、检查、推动课题的研究工作。

#### 3. 探究研究方法

主要采取行动研究法和经验总结法，同时把研究的实施与行动的跟进结合起来，在实践中研究，又应用到实践中去，在实践中总结提升，在研究中反思进步，体现行动研究的基本过程和研究成果

的不断积累与升华。

在 2011 年 6 月 9 日，召开了由科研专家、参与课题的教师、参加完高考的高三学生组成的研讨会。

#### 4. 采取有效的研究途径

①实行“学案导学”和“分层教学”教学方式，构建高效课堂，有效解决课时紧任务重的矛盾，培养学生自主学习能力。

②大胆改革课堂教学设计，把精力放在如何教学生“学”上，使学生“学会学习”，让学生自己去分析提出解决问题的能力，让学生更多地获得探索新知识的经历和体验。如何进行知识网络的构建呢？多问为什么，所学的知识不只是为了考试，只有知道为什么的人才可能把知识变成自己的；多实践，具体的讲就是多把知识与生活联系起来；多交流，闭门造车永远不行；构建知识体系需要打破现有必修课程与选修课程的体系，这一点最关键。

③探索科学备考策略。一是构建完整的知识网络，抓住主干知识，强化用图形、表格表达对问题的理解，并通过对图形表格的理解进行重组、整合试题的信息。二是抓住教学重点“举一反三”，精选典型试题，认真寻找“画龙点睛”之处，做好“化简”工作，省去那些复杂无效的训练。三是加强高考试卷的研究，既要研究试题的四个要素，即立意（考查哪些知识和能力），情境（背景资料），设问（方式和角度），评分标准，又要把握高考命题的思路，建立试题模型，命制试卷。还要结合学校实际，培养学生的应该能力，进行科学备考的心理调适等。

#### （二）存在问题

（1）学科之间教师交流不够充分，除 2011 年高考文科综合备考中有一些直接交流之外，其余时间学科之间的交流相对较少。总体说来，在课题研究成果、经验交流研讨方面有欠缺。

（2）教师们做了不少研究，但是由于教师们日常教学工作任务重，时间不好统一，共同研讨交流活动开展难，希望学校给予时间上的支持。

	成果名称	成果形式	完成或发表时间
	关注地理空间的高三教学实践	论文	2012.03 北京教育科学研究院基教所市级三等奖；
	文科综合中地理空间的教学实践与命题研究	论文	2011 年高三新课程教育教学优秀成果评比，一等奖，海淀区海淀区教委中教科海淀区教师进修学校

完成的主要阶段性成果	研究推动提高过程决定结果 ——理工附中 2011 届高三文科综合复习总结	论文	2011 年高三新课程教育教学优秀成果评比，一等奖，海淀区海淀区教委中教科海淀区教师进修学校
	《话说雅典的民主制度》	论文	2011 年在北师大出版社出版的《心灵的觉醒》一书发表
	《我说 2011 年北京卷第 17 题》	论文	2011. 08 在《中学历史教学参考》发表
	《2010 年高考北京卷历史试题评析》	论文	2010. 08 在中国致公出版社出版的《中国高考年鉴》发表
	《2011 年高考北京卷历史试题评析》	论文	2011. 07 在中国致公出版社出版的《中国高考年鉴》发表
	关于认识论部分的复习提升	论文	2011 年海淀区高三新课程教育教学优秀成果三等奖
	高三地理复习学案	学案	2012. 06
	高二地理选修 5 学案（中图版）	学案	2012. 06
	高三政治专题复习知识网络图	网络图	2011. 06
	高中政治各年级学案	学案	继续在完善
	高中历史学科学案	学案	继续在完善
	“学科资源库”		继续在完善
下一年度研究计划（可加附页）			
<p>（三）下一步计划及可预期成果</p> <p>1. 下一步计划简述</p> <p>（1）指导思想：在总结前期研究工作的基础上，进一步统一思想，明确任务，加强交流和指导，将研究工作推向高潮，为高质量完成课题研究任务而努力。</p> <p>（2）措施</p> <p>——全面落实课题研究方案（2012 年 5 月——2013 年 1 月）</p> <p>① 在总结的基础上，写出方向明确的、理论联系实际的对下阶段研究工作具有指导意义的总结报告，要求教师们学习贯彻，以求统一思想，明确任务。</p>			

② 有重点地对一些研究能力强，成果有代表性和推广价值的课题成员进行有针对性的、切实可行的指导和帮助。

③ 加强交流研讨，推进经验共享。鼓励各位课题成员通过多条途径积极参与交流和研讨，取长补短，发挥优势，促进研究水平的提高。

----子课题收集、整理成果迎接鉴定、验收（2013年1月——2013年8月）

④ 根据课题成员的研究方向，分别进行成果的收集、分析研究总结工作。

⑤ 课题成果鉴定、验收。

⑥ 课题优秀成果评选；

----总课题鉴定、验收（2013年8月——2013年9月）

⑦ 总课题进行终期调查，汇总、分析研究成果，撰写总课题研究报告；

⑧ 总课题成果鉴定。

## 2. 可预期成果

① 研究总报告：新课程文科综合知识网络构建的实践研究；

② 研究分报告：公开课、教学学案设计、习题集、学案集、知识网络图；

③ 论文集；

北京市基础教育课程教材改革实验 2012 年度优秀论文一等奖

# 初中物理教学中搭建可视化思维支架初探

黄华伟

**【摘要】**本文介绍了知识可视化和支架式教学理论，通过问卷调查得出在初中物理教学中搭建可视化的思维支架是可行的，并以特殊方法测密度为例分析如何根据学生原有水平搭建可视化的思维支架促进学生知识和能力的增长。

**【关键词】**知识可视化，支架式教学，案例，问卷调查

## 1、问题的提出

教学中很多老师喜欢通过画图的方式给学生分析问题，因为有图示作为媒介，师生之间的交流更方便，学习效率也大大提高。为什么使用图表的教学能提高效率呢？带着这个问题我做了如下研究。

首先，我统计了 04-11 年中考题中图表的使用情况（如下表）：

年份	图表总数	示意图	数据图	表格	情境图	图片
04 年	32	5	7	1	10	9
05 年	26	3	7	3	12	1
06 年	41	1	6	2	10	23
07 年	33	1	9	2	9	12
08 年	40	2	6	5	15	12
09 年	36	1	7	3	13	12
10 年	47	1	9	3	14	20
11 年	41	1	10	2	12	16

通过统计 04-11 年北京中考试卷中所使用图片的数量可以初步看出，（1）图片的使用在不断增加，主要通过图片交代物理情境，引起思考；（2）通过图像给出相关数据的题目逐年上升，尤其是数据图像与综合题相结合更是近几年的考查重点。

接下来，通过查找文献我找到了相关理论依据，一个是知识可视化，一个是支架式教学。教学中适时适量地使用图表会促进学生的有意义学习，提高课堂效率，奥秘就应该在这里。

### 1.1 知识的可视化

王朝云、刘玉龙的《知识可视化的理论与应用》中提到：“可视化”一词，即 visuallzation，来源于英文的 visual，原意是“视觉的，形象的”。**事实上，将任何抽象的事务、过程变成图形图像的表示都可以称为可视化。**知识可视化是指 Epple, M.J.&Burkard.R.A.2004 年所给出的定义：知识可视化是应用视觉表征手段，促进群体知识的传播和创新，研究视觉表征在提高群体之间知识传播和创新的作用，目标在于传输见解(insights)、经验(experiences)、态度(attitudes)、价值观(values)、期望(expectations)、观点(perspectives)、意见(opinions)、预测(predictions)等，并帮助他人正确的重构、记忆和应用这些知识。

用上面的定义衡量一下物理教学，教学物理过程就是传输见解、经验的过程，帮助学生构建、记忆和应用这些知识的过程。知识可视化作为认知工具在物理教学和学习中一直在应用着。

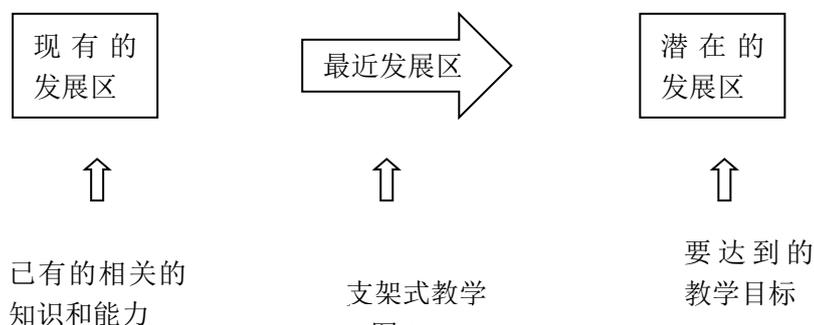
比如物理教学中已经在用的各种示意图、受力分析图、电路图，在解决复杂问题时，通过画动态图的办法，提供用于思考的支架，提升学生对问题的理解程度。

### 知识可视化的意义：

实验心理学家赤瑞特拉(Treicher)通过大量的实验证明，人类在接受的信息中，通过视觉获得的占 83%，听觉占 11%，嗅觉占 3.5%，触觉占 1.5%，味觉占 1%，这说明视觉是人们接受信息的主要通道。利用可视化技术可以将抽象的事物或过程变成利于被人们接受和认知的图形图像，大大有利于知识的理解和传播。知识可视化应用视觉表征手段，把知识以图解的手段表示出来，将内隐知识外显化，将外显知识生动化，有效地达到了抽象知识具体化的目的。同时目前的多媒体等教学手段的应用使得知识的可视化更易操作。

## 1.2 支架式教学

知识可视化对学生理解和记忆知识有好处，但也要掌握使用的时机。因此，可视化的图表何时画，图解问题到何种程度就显得尤为重要。这又涉及到了把可视化的图像作为一种支架教学的模式，“支架式”教学模式（Scaffolding Instruction）是建构主义的一种教学模式，这种教学模式的理论依据是著名心理学家维果斯基（Vygotsky）提出的“最近发展区理论”。该理论认为：学生的学习状态有两种水平，一种是目前已达到的水平，一种是潜在可能达到的水平。这两种水平之间的距离就是最近发展区（如图 1 所示）。教学中，教师要介入学生的发展，就必须找到最适宜的介入点，最近发展区为教师的介入提供了一个理想的空间。<sup>(1)</sup>从教学支架的观点出发将可视化的图像作为认知工具使用时要找到恰当的切入点，首先教师要了解学生现有的知识和能力及学生可能达到的知识和能力，制定教学目标，再用可视化的图形图像搭建思维支架，由于可视化能够大大提高学生思维效果，会使他们的认知水平提升到一个新的层面上，从而解决各种更加复杂的问题。



从一些相关研究成果上看，知识可视化作为认知工具已经得到认可，目前，我所教的初中学生对知识可视化又有怎样的认识呢？为此做了关于《知识可视化在初中物理中的应用情况》的问卷调

查（调查问卷具体内容见附件一），调查结果如下。

## 2、问卷调查结果分析：

### (1)受调查者的基本情况

接受调查的 86 名初三学生，年龄在 15-16 岁之间，其中男生有 36 名，占总人数的 41.9%，女生有 50 名，占总人数的 58.1%。

### (2)观念意识状况

#### 1、对于利用图表帮助学习感兴趣的人数统计情况

在对于利用图表帮助学习感兴趣的调查中，有 36 名学生回答有很大兴趣，占总人数的 41.9%，表示兴趣一般的有 43 人，占了总人数的 50%，有 5 人回答不感兴趣，占总人数的 5.8%，有 2 人回答有厌恶感，占总人数的 2.3%，具体情况见图 2

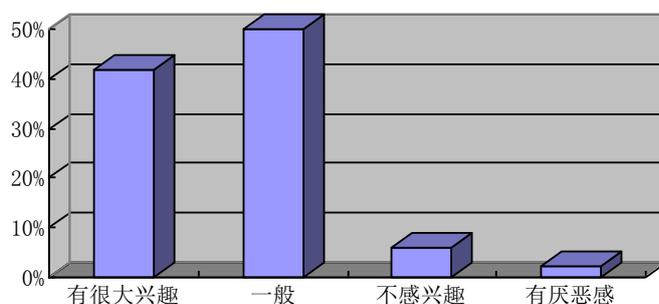


图 2

有 92% 学生对知识可视化帮助学习感兴趣，这说明在教学中绝大多数的学生能够接受和喜欢可视化作为学习工具。

#### 2、对于解答问题时使用画图分析

认为画图能够提供问题情境占 19.8%；集中了数据及信息占 32.6%；提供思维的支架占 40.7%；可有可无占 7%；

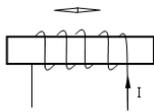
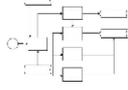
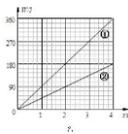
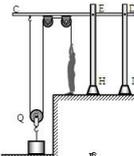
从统计结果看：解答问题时的画图分析是必须的，画图分析能够把题设中零散的数据集中，同时提供可视化的思维支架。

#### 3、在学习中使用图表的原因

在这项调查中有 70.9% 的学生使用图表是为了适应学习需要，12.8% 的学生出于自己的兴趣使用，有 15.1% 的学生表示出于教师要求，只有 1.2% 的学生看到别人都用，自己也就跟着用。从统计数据上看：知识可视化是适应学习需要的，同时随着学生电脑水平的提高，出于个人兴趣而使用图

表的人会越来越多。

4、请在您熟悉的图表形式后划勾(可多选):

示意图 	96.5%	树形图 	30.2%	流程图 	32.6%																
数据图 	76.7%	表格 <table border="1" data-bbox="651 586 817 654"> <thead> <tr> <th colspan="4">一些物质的密度/<math>\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水</td> <td><math>1.0\times 10^3</math></td> <td>水银</td> <td><math>13.6\times 10^3</math></td> </tr> <tr> <td>冰</td> <td><math>0.9\times 10^3</math></td> <td>干松木</td> <td><math>0.5\times 10^3</math></td> </tr> <tr> <td>煤油</td> <td><math>0.8\times 10^3</math></td> <td>铜</td> <td><math>8.9\times 10^3</math></td> </tr> </tbody> </table>	一些物质的密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$				水	$1.0\times 10^3$	水银	$13.6\times 10^3$	冰	$0.9\times 10^3$	干松木	$0.5\times 10^3$	煤油	$0.8\times 10^3$	铜	$8.9\times 10^3$	76.7%	情境图 	90.7%
一些物质的密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$																					
水	$1.0\times 10^3$	水银	$13.6\times 10^3$																		
冰	$0.9\times 10^3$	干松木	$0.5\times 10^3$																		
煤油	$0.8\times 10^3$	铜	$8.9\times 10^3$																		
图画 	83.7%	思维导图(心智图) 	19.8%	其他(请简要说明)	两位学生提到电路图																

从统计结果看：物理教学中经常使用的示意图、情境图、图画、数据图和表格学生们都很熟悉，思维导图、流程图、树形图一般都在总结中用到，用得不多。说明学生对知识可视化形式的使用还停留在传统的图形形式，新型的可视化形式，因为涉及复杂的思维过程或者绘制不方便而少有人用。

#### 5、对帮助有效学习的意识

在回答使用图表是否有助于有效学习时，有 34.9%的人认为对整个学习过程有效，57%的人认为对学习特定内容有效。说明大部分的学生意识到了知识可视化能支持有效学习。

**综合上述调查结果表明：在观念意识上大部分学生支持知识可视化，平时解题经常画图分析，对于常用的图表很熟悉，绝大多数学生认为图表有助于有效学习。**

### (3)学习风格

#### 1、总结时使用的图表类型

从统计结果看：画大括号分层次总结 45.3%；用文字逐条总结概念规律 27.9%；思维导图 22.1%；树状图 4.7%，表明有 50%的学生善于画结构图，有 1/5 的学生喜欢用思维导图（心智图）总结知识之间错综复杂的关系。

#### 2、记笔记的方式

以文字为主，图表为辅的人占到 77.9%说明图表已经成为学生平时记忆理解知识的一部分。

#### 3、解答综合题目时图表的使用

必须画图的占 44.2%、经常画图占 36%，说明在解决复杂问题时，画图可以促进思维和理解，

#### 4、教学中画图讲解的必要性

如图 3 大部分学生听讲时，画图分析更容易跟上老师的思路。

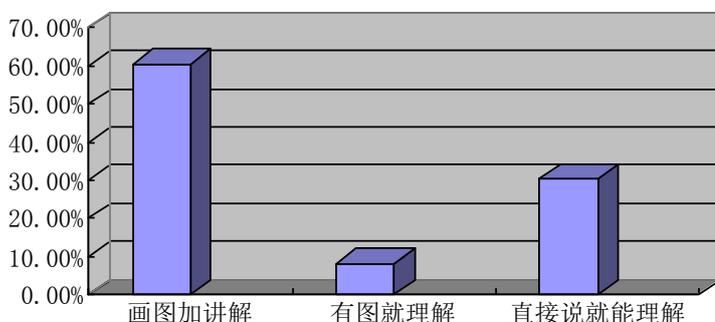


图 3

#### 5、在学习时您最常用图表来做哪些事情(限四项以内):

A、记笔记	64%	B、复习、总结所学内容	64%	C、讨论或交流	33.7%
D、构思解题方案	70.9%	E、反思学习	29.1%	F、其它	

综合以上调查看初中学生学习物理的风格：在听讲、做笔记、分析问题和总结等各个学习环节，图表都起着非常重要的作用。因而，结合先进的可视化技术，优化图表对实施有效教学，促进学生能力提升有很重要的意义。

#### (4)应用能力

##### 1、用图表描述某一知识点

学生们认为可以帮助记忆的占 40.7%；联想到“旧知识占 31.8%”；理解知识点占 12.8%；产生新观点、新想法占 15.1%。

调查表明图表可以帮助记忆及建立新旧知识间的联系。同时也有促进创新的功能，只不过学生年龄小很少意识到。

2、一个物理问题(比如：探究影响动能大小的因素)初学是用做实验加画图的方法帮助理解的，当你学习过一段时间后，再次遇到这个问题，如图 4 所示 46.5%学生首先想到仍然是实验时的影像，相比之下画图描绘的图像在记忆时不占优势。此项调查结果提示我们教学中没有那种方法比做实验更能让学生记忆深刻。因此，能做的实验的一定要做。

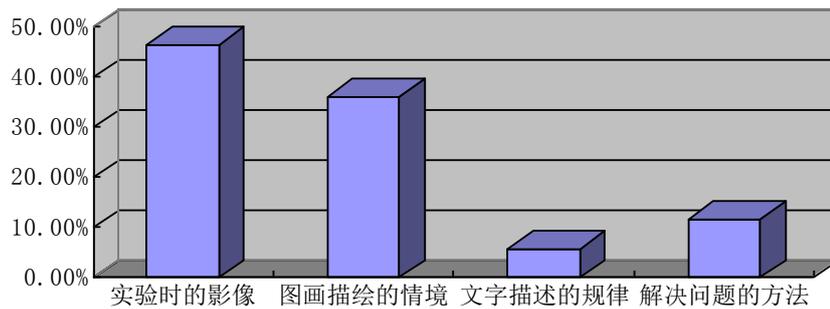


图 4

### 3、绘制图表的使用情况

对于已经完成的图表：回顾有关的知识点时再翻看占 66.3%；将它与其它图表整合占 12.8%；基本遗忘，不再翻阅占 10.5%；学习了新内容后，对相关的图表进行修改、补充占 10.5%；调查表明：绘制的图表使知识系统化、结构化利于复习。同时还可以与其他图表整合，完善知识结构。

### 4、绘制图表中的困难

不知道选择何种图表形式表达特定的知识占 33.7%；不知道怎么画图占 15.1%；图表不够简捷占 20.9%；图表上核心问题不突出占 29.1%

调查表明：制定图表表达的基本规则是很有必要的，同时制定相应的评价工具，让学生绘制图表时有抓手，便于交流，学生们更加关注所绘制图表的实效性。

### 5、图表的交流情况

常与他人交流占 22.1%；自己认为满意的才让人看占 47.7%；不与他人交流占 29.1%

调查表明：学生间的交流还不够畅通，与同学交的愿望不够迫切；教学中应适当提供交流的平台。

### 6、学习中图表的频率经常用 32.6%；偶尔用 61.6%；从不使用 4.7%

调查表明：使用图表的学生占大多数，有较好的使用基础。

### 7. 知识可视化在帮助学习方面的优点排序

请学学生对“帮助表达、交流”、“完善思维”、“促进创新”、“管理个人知识”、“促进理解”、“帮助记忆”、“增强分析、评价能力”七项优点由重要至次要进行排序。统计时，计算各选项在各位置(第 1、2、3、4、5、6、7 位置)出现的频数，分别对七个位置由前至后赋值 7、6、5、4、3、2、1，频数\*相应赋值，统计各选项的最后得分，结果如表 5。

表 5 学生对知识可视化在帮助学习方面的优点排序

优点	得分
完善思维	427
促进理解	390

管理个人知识	365
帮助记忆	332
增强分析、评价能力	310
促进创新	308
帮助表达、交流	276

从上表我们可以看出，知识可视化对完善思维和促进理解功能已经得到认可，但由于学生的学习经历不足，因而对促进创新功能、帮助交流的功能还没有太多的认识。

综合以上调查结果表明：初中学生能够根据学习需要使用图表；图表可以帮助知识点的记忆和建立与旧知识的联系；画图环节学生还存在不少困难，学生间交流的也比较少。因而，要加强文字和情境转换为可视图的教学，逐步使学生快速准确的完成这一过程，建立可供学生交流的平台。

调查问卷表明，知识的可视化作为学习工具是被学生认可的，图表在学生学习的各个环节都在使用，尤其在促进复杂问题的思维和理解上图表起着不可替代的作用。

通过调查和分析，在初中物理教学中适时地为学生搭建可视化的思维支架是可行而且是必要的，因此笔者在这方面做了一些有益的尝试。下面呈现的是特殊方法测密度的支架教学设计。

### 3、案例呈现

**案例：**实验桌上备有器材：托盘天平、砝码盒、盛有适量水的烧杯  $A$ ，盛有适量盐水的烧杯  $B$ 、细绳、石块各一个。小刚想测量烧杯  $B$  中盐水的密度。请你帮他补充实验步骤：

- ①用调好的天平测量烧杯  $A$  和水的总质量  $m_1$ ，将数据记录在表格中；
- ②用细线拴住石块，手提细线将石块\_\_\_\_\_，天平平衡时读出天平的示数  $m_2$ ，将数据记录在表格中；
- ③用天平测量烧杯  $B$  和被测盐水的总质量  $m_3$ ，将数据记录在表格中；
- ④将石块擦干后，手提细线将石块仿照步骤 2 操作，天平平衡时读出天平示数  $m_4$ ，将数据记录在表格中；
- ⑤根据  $\rho = \frac{m}{V}$  及测量数据，计算出被测盐水的密度  $\rho_{\text{盐水}} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，将计算结果记录在表格中。

#### 3.1 教学目标分析：

(1) 学生原有水平及学习能力分析

通过前面的学习，学生已经掌握了测密度的基本方法及阿基米德原理。天平、溢水杯等器材都会使用。

(2) 学生要达到的教学目标

掌握只有天平一种测量工具的情况下测量物块的密度。深化阿基米德原理的应用。

#### 3.2 在学生困惑不解之处合理搭建支架。

此题学生困惑之处是当石块浸没在液体中且不碰容器时，所测的烧杯总质量增加部分竟然与石块的重力无关；求液体密度用阿基米德原理计算也属于非常规思路。因此，在这几个关键点搭建了支架。

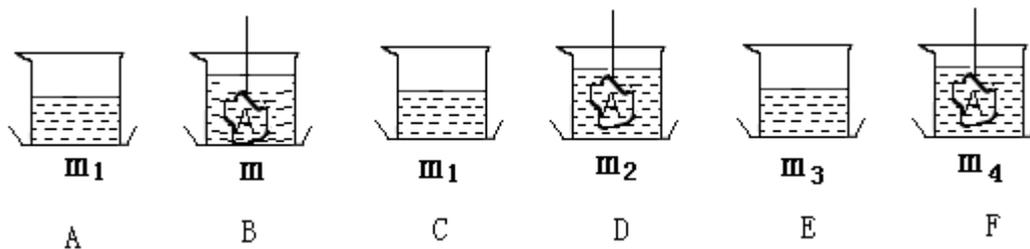


图 5

支架 1：由于此题完全用文字表述，思考起来有难度，先根据题意画出实验步骤 1-2 的示意图如图 5A、B 所示，考虑到会有部分学生会有把石块直接放入水中，就直接讨论  $m-m_1$  是物体排开液体的质量吗？通过图 6 图解分析得出  $m-m_1$  的差值是石头的质量。

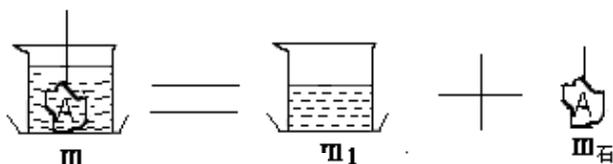


图 6

支架 2：石块静止在水面下，不碰容器底和壁，石块排开的水的质量就是  $m_2-m_1$ ，为了便于学生的理解可以先用溢水杯做实验进行铺垫，同时也因为调查问卷中学生对于实验影像记忆更为深刻，所以可以展示实验的操作步骤而不必真的测量。如图 7 所示，演示石块浸没时测量的溢水杯总质量与溢出水填回溢水杯后的总质量相等。

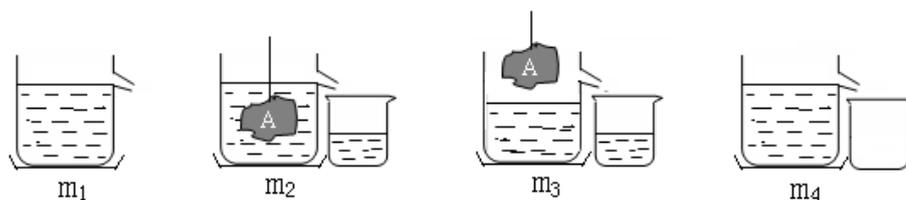


图 7

通过图解让学生明确石块静止在水面下，不碰容器底和壁，就相当于把石块所占的体积全都填满水，增加的高度为  $\Delta h$  的水的质量  $m_2-m_1$ ，就是石块排开水的质量。如图 8 所示。

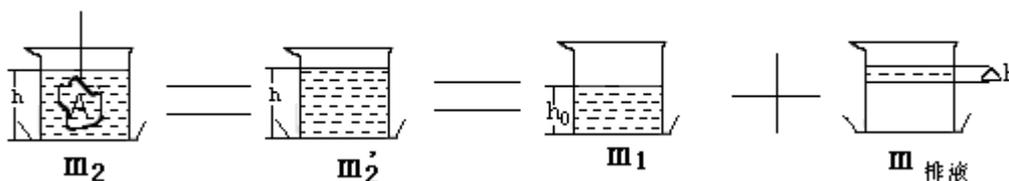


图 8

支架 3: 根据上述分析石块体积可求, 在仿照步骤 1、2 把步骤 3、4 对应的图画出

如图 5E、F 所示。对比前两个图得  $m_{排水}=m_2-m_1$ , 对比后两个图得  $m_{排液}=m_4-m_3$ , 从图中可以看出石块两次浸没体积相同, 所以密度比为质量比, 得解。

学生分析问题时, 可以把图像缩减为图中的 C、D、E、F, 突出物体 A 不碰容器和两次进入液体的体积相等, 这样就使复杂的思维简化了。利用此方法还可以解决类似的问题, 如液面变化问题, 压强浮力综合题等等。教学中引导学生搭建支架的同时也给学生提供了解决这类问题的模式, 在学生达到高一级能力水平后, 会逐步独立解决一些复杂问题。

#### 4、反思和结语

知识可视化是应用视觉表征手段, 促进群体知识的传播和创新, 物理教学中的可视化图解能够帮助学生思考复杂的动态的问题, 同时应用支架式教学, 进一步缩短原有水平与学习目标距离, 最终完成对所学知识的意义上的建构。教学中发现: 在搭建可视化思维支架的应用中还有一些需要解决的问题:

(1) 个性化的图像制作缺少相关的规则, 同一部分的图像互相交流、借鉴时受到各种不规范的限制, 使得教师们都在各自忙碌着同一件事, 却又不能借用别人的成果。

(2) 在初中物理学科的考查中, 是否可以适当地以可视化的形式考查学生的思维过程, 避免物理考试中过多的文字书写和数学计算, 真正体现物理思维。

(3) 可视化作为认知工具, 要遵循知识可视化的使用原则, 当用则用, 不画蛇添足。

#### 参考文献:

1. 王朝云、刘玉龙的《知识可视化的理论与应用》2007(6) P18-19
2. 何克抗、《建构主义的教学模式》教学方法与教学设计.北京师范大学学报(社会科学版).1997(5)
3. 邱 婷、硕士论文《知识可视化作为学习工具的应用研究》2006 年 P51-57