明确概念表征　提升探究能力

——以“比热容”概念建构为例

郝　磊

（海门港新区实验初级中学　江苏　南通　226100）

摘　要：比热容内容涉及的物理量较多，生活中较少被提及，一直是初中阶段接受难度最大的概念之一. 目前已有的教学设计存在混淆“吸热”“容热”概念，概念表征对象不准确；教学逻辑生硬，学生主体地位未体现；数据定量分析不足，概念建立困难等不足. 在创设合理情境、明确实验目的的基础上，引导学生合理地选用器材，运用控制变量法设计实验并进行探究. 最终从不同角度分析容热能力强的物质的特性，定量比较不同物质的容热能力，顺利建构比热容的概念.

关键词：控制变量；科学探究；比热容

中图分类号：G633.7　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1008－4134(2024)10－0036－05

在《义务教育物理课程标准(2022年版)》(以下简称“新课标”)课程内容框架中，一级主题“能量”之下，包含6个二级主题，它们分别是：能量、能量的转化和转移，机械能，内能，电磁能，能量守恒，能源与可持续发展. 其中内能部分要求“通过实验，了解比热容，能运用比热容说明简单的自然现象”，强调重视探究教学，引导学生明确实验目的，运用控制变量等方法制定简单的探究方案，学会分析和处理实验数据，正确表述科学探究的过程和结果，提高科学探究能力[1].

1　教材分析

1.1　混淆“吸热”与“容热”，概念表征对象不准确

目前苏科版教材，为说明方便，在正式得到相应概念之前，使用“吸热能力”来指代“比热容”. 但这一做法有待商榷，原因是“吸热能力”一词无法准确地描述比热容概念所要表征的对象，容易造成理解上的误区，进而影响概念的正确建构. 教材中说的“吸热能力”，实质上描述的是“单位质量的物质升高1 ℃吸收的热量”，描述的应该是物质“容热”的能力. 但学生受生活经验的影响，容易将单位时间内吸收热量的多少(吸热的快慢)当作吸热能力，这二者之间有较大的出入. 而吸热的快慢，除与物质本身的因素有关外，还与加热方式、接触面积、热源的温度等外部因素密切相关，这显然偏离比热容一课的授课范围，导致学生在概念学习伊始就走上思维的岔路. 鉴于比热容描述的是物质存储热量的能力而非吸收热量的能力，因此，教师在授课之时，应该搞清楚“吸”和“容”的差别，主动将“吸热能力”改为“容热能力”，避免学生产生不必要的误解.

1.2　教学逻辑生硬，学生主体地位未体现

苏科版教材的设计思路，先采用“中午时分，相同的阳光照射下，沙子比水的温度高”现象来进行引入，希望学生回答出“不同物质吸热能力不一样”或“不同物质吸收相同热量但升温不同”，进而设计实验“探究不同物质的吸热升温现象”. 而后进行实验，得出沙子与水的吸热升温图像后，继续补充问题“质量相等的沙子与水，上升相同的温度，哪个吸收的热量多”，引导学生认识到不同物质的吸热能力不同.

但在实际教学过程中，上述教学思路存在以下问题：(1)很多学生无法按教师预设的答案进行回答，学生分析引入现象时，容易陷入经验主义的误区，直接将上升温度作为吸热多少的判断标志，得出“光照相同时间，沙子上升温度多，因此沙子吸收热量多，吸热能力强”的错误结论. 学生未能搞清楚其中逻辑，教师就直接给出实验探究的目的“不同物质的吸热升温现象”，仓促地带领学生进入实验环节. 在上述教学框架下，学生对继续探究实验的目的会产生疑惑：相同情况下，沙子上升的温度高，说明沙子吸热的能力强，那为何还要继续探究？意义何在？后续即使进行正确的实验操作，在教师的追问之下得出了正确结论，学生依然是将信将疑，也不会有恍然大悟的感觉；(2)实验过程中，在从未将质量纳入考虑的情况下，直接告诉学生使用相同质量的水和沙子，且之后也未说明具

基金项目：江苏省2023年度教师发展研究立项课题“基于‘双基’基础的区域实验教学创新实践研究”(项目编号：jsfz－c10).

作者简介：郝磊(1994－)，硕士，中小学二级教师，研究方向：初中物理实验教学.

中国知网　https://www.cnki.net

体原因;(3)情境引入时的问题,是不同物质的吸热升温现象.而实验的结论是通过让质量相同的不同物质上升相同的温度比较加热时间的方法得出,这样的变化显得有一些突兀,学生一时难以接受和理解.

上述问题导致在有限的课堂时间内,实验探究的目的、过程、结果分析大多需要教师主动抛出或给出答案,各环节的推进也极度依赖教师手把手地引领,学生只能机械地按照书本和教师的指引进行实验操作和思考,整体过程的参与度与存在感都不强,科学探究徒具形式.

1.3　定量分析不足,概念建构滞涩困难

在实际的实验探究之中,难以直接测量热量 Q 一直是阻碍学生顺利建构比热容概念的重要原因之一,教师通常引导学生将其转化成相同热源下的加热时间.苏科版教材的相关实验中,教师一般使用两盏相同的酒精灯作为热源,引导学生将 Q 转化成相同酒精灯的加热时间.但不同酒精灯在单位时间内放出的热量基本不相同且无法测量,使得最后的数据分析只能落实在定性的描述上.某些版本教材,改用电加热棒加热烧杯中的液体,但加热棒功率无法自主调节且不可视,也不能准确地测出热量.由于缺乏定量数据,学生对于书本总结的结论"同一物质,吸收的热量与物质质量和升高的温度的乘积的比值是定值,不同物质,上述比值一般不同",很难有直观的体验和感受.这也进一步导致学生不能很好地形成相应的物理观念,难以顺利构建比热容的概念.总之,当前比热容概念教学存在诸多不合理之处,然而长期以来却没有合适的教学思路[2].为此,笔者提出以下几方面对其进行教学改进.

2　教学改进

2.1　情境引入改进

笔者没有采用教材中原有的"中午时分,相同的阳光照射下,沙子比水的温度高"教学情境引入,取而代之的是"拖拉机为什么加油又加水"的问题.

这样做一方面能够规避部分学生没有去过海边造成的直观经验不足、难以按照教师预设答案回答、教学过程推进生硬等难题,另一方面又能够落实具体情境,让学生自然地将探究的目标指向"不同物质吸热升温现象",为进一步明确实验探究的目的、提炼相关变量、设计实验方案奠定基础.相关问题链设计如图1所示.

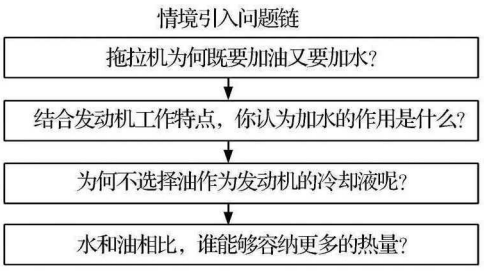


图1　情境引入问题链

2.2　实验方案设计改进

在创新引入情境的基础上,笔者为学生搭建认知台阶,先将实验目的设置为"水和油,谁能容纳更多的热量".随后在学生厘清影响液体容纳热量多少的内部因素的基础上,引导学生运用控制变量法自主设计实验方案,进行相关探究,具体流程如图2所示.

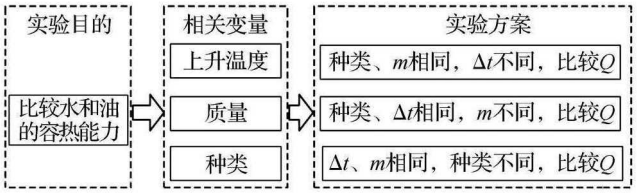


图2　实验方案设计流程

2.3　实验装置改进

本实验,实验装置改进如下:(1)将实验室温度计改为防水探头式数显温度计,提高温度测量的速度与精度;(2)将热源改为功率可视的家用圆形小电磁炉.这样不仅能根据相同功率下加热时间的长短,定性地比较液体吸收热量的多少,也可根据公式 $Q=W=Pt$,对液体吸收的热量进行定量计算,从而得到大量真实可靠的数据;(3)将容器改为不锈钢碗,提高热传递速率,将托盘天平改为带去皮功能的厨房用电子秤,提高称量液体质量的速度与精度.整体实验探究装置如图3所示.



图3　实验探究装置

3　比热容创新教学设计

3.1　创设实际情境,提出探究问题

师:请同学们观看一段农村生活视频,你发现了什么?

生:拖拉机既需要加油又需要加水.

师:加油是为了发动机器,加水又是为了什么呢?

(学生思维陷入困境,教师展示发动机工作时产

中国知网　https://www.cnki.net

生大量热量的相关资料进行启发)

生:发动机工作时会产生大量的热,导致温度升高,不加以限制的话容易损坏发动机.加水可以使水和温度较高的发动机之间发生热传递从而降低发动机温度,维持发动机的正常运转.

师:回答得很好,这就是发动机需要冷却液的原因.但老师还有一个疑问:为什么用水而不是其他液体,为什么不用油作为发动机的冷却液呢?

生:七嘴八舌(油比水贵、水易获得、水比油能够吸收更多的热量……)

师:同学们思路开阔,考虑得比较全面.但选择发动机冷却液,最先要考虑的应该是它容纳热量的能力,而水和油确实在容热能力上存在差异,这就是我们今天要研究的课题.

设计意图:首先,通过创设具体情境"拖拉机加油又加水",引发学生认知冲突,"激趣设疑"激发学生探究欲望.其次,让学生探究的方向锚定于"不同物质容纳热量的能力",减少探究的盲目性.另外充分利用学生已有的生活经验,并提供必要的信息,培养学生面对真实情境,提出并准确表述可探究的物理问题,作出科学假设的科学探究素养.

3.2 提炼相关变量,自主设计实验

师:从液体本身来讲,你觉得哪些因素会影响水和油容纳的热量?结合日常生活经验,你能提出哪些猜想?

生1:同一壶水,升高的温度越高,所需加热时间越长.可以猜想到,容热多少可能与液体上升的温度有关.

生2:同样加热条件下,烧开一壶水比烧开半壶水的时间长.可以猜想,容热多少可能与液体质量有关.

生3:结合前两位同学的猜想,即使在质量和上升温度都一样的情况下,水和油容纳的热量也有可能不相同.可以猜想,容热多少可能还与液体的种类有关.

师:很好,既然有这么多变量对最终的结果有影响,那么在设计实验的时候要遵循什么原则?

生:控制变量.

师:回答的非常准确,下面就请同学们遵循实验原则,以小组为单位,设计一下实验的步骤,最后交流总结,形成最终的方案.

(学生积极参与,教师适时点拨,方案逐渐成型)

师:同学们设计的实验方案严格遵循科学实验的控制变量原则,也具有很强的操作性,值得肯定.但是还是有一些小细节要推敲,比如:液体容纳的热量不易观察,如何去精确比较 $Q_{容}$?

(学生语塞,教师引导学生阅读教材信息快递部分)

生:可以运用转化法,去比较相同热源下加热的时间.

师:非常好,而且为了能定量地计算液体容纳的热量,在实验中老师用加热功率可视的家用小电磁炉,代替火焰大小不能精确调节的酒精灯.电磁炉上的数字代表加热功率,如显示800则表示加热功率800 W,即每秒提供800 J的热量,不计热损失的情况下,可以认为 $Q_{容}=Q_{总}$.

(教师顺势介绍温度测量仪器、质量测量仪器的改进,学生感叹其方便快捷)

设计意图:为改变原有教学设计中,学生探究目的不明、实验机械模仿的状况,笔者首先在新的问题情境下,充分利用学生已有的知识经验,准确地提炼相关的变量.接着引导学生运用控制变量法,在思维的交流和碰撞中,逐步生成新的实验探究方案,既让学生明确实验的操作步骤,又提升学生设计实验方案的能力."工欲善其事,必先利其器",再通过精选实验器材,巧用转化,达成液体吸收热量的准确测量,为后续定量分析实验提供数据支持;而数字温度计和电子秤的使用,不仅使学生能够快速测量相关物理量,也激发学生进一步实验探究的兴趣,一举两得.

3.3 经历探究过程,落实物理观念

由于需要观察、记录的物理量偏多,包括:加热时间、即时温度、液体质量、液体吸收热量等,所以倡导小组合作的方式,完成实验探究.整体实验操作有三组.

组一:将不锈钢容器置于电子秤上,量取300 g水后,置于电磁炉加热区域.将数显温度计的探头浸没在水中(注意不要和杯底与杯壁接触),此时水的初温为23 ℃.打开电磁炉开关,将电磁炉的加热功率调为600 W,同时开始计时,温度间隔取10 ℃,将相关数据记录在表1之中.

表1 300 g水实验数据

温度/℃	23	33	43	53	63	73	83	93
加热时间/s	0	25	46	67	89	111	133	161

组二:将不锈钢容器置于电子秤上,量取600 g水后,置于电磁炉加热区域.将数显温度计的探头浸没在水中(注意不要和杯底与杯壁接触),此时水的初温为23 ℃.打开电磁炉开关,将电磁炉的加热功率调为600 W,同时开始计时,温度间隔取10 ℃,将相关数据记录在表2之中.

中国知网 https://www.cnki.net

表 2　600 g 水实验数据

温度/℃	23	33	43	53	63	73	83	93
加热时间/s	0	43	83	123	164	205	245	288

组三:将不锈钢容器置于电子秤上,量取 300 g 油后,置于电磁炉加热区域. 将数显温度计的探头浸没在油中(注意不要和杯底与杯壁接触),此时油的初温约为 25 ℃. 打开电磁炉开关,将电磁炉的加热功率调为 600 W,同时开始计时,温度间隔取 10 ℃,将相关数据记录在表 3 之中.

表 3　300 g 油实验数据

温度/℃	25	35	45	55	65	75	85	95
加热时间/s	0	17	30	42	55	67	80	96

为便于直观反映三次实验所测数据的特点,要求学生将其绘制在一张网格坐标上(如图 4 所示).

师:观察表 1 数据及对应图像,结合猜想一下,你能得到什么结论?

生:在液体种类和质量一定时,液体上升温度越高,所需加热时间越长,$Q_{容}$越多.

师:解释得很好. 以表一中的实验为对照组,结合表二图像,你能得出什么结论?

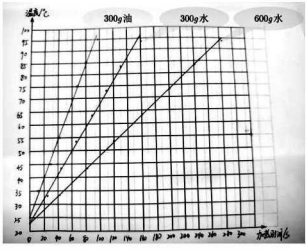


图 4　数据初步处理



图 5　容纳“水量”的比较

生:这两次实验,液体的质量不一样,在液体种类和上升温度一定时,液体质量越大,所需要的加热时间越长,$Q_{容}$越多. 也就是说在其他条件相同时,相比质量小的液体,质量大的液体能够容纳更多的热量,容热能力更强.

师:同学们总结得非常好,现在我们已经知道 600 g 水比 300 g 水的容热能力更强. 那么请你再观察一下图 4 中①②图像,600 g 水的容热能力强于 300 g 水,还有什么其他的外在表现?

生:加热相同时间,即容纳相同热量的情况下,600 g 水上升的温度低于 300 g 水上升的温度.

师:这个特征能不能说明水的容热能力更强?

(学生陷入思索,教师取一只量筒、一只烧杯,向其中加入等质量的水,如图 5 所示)

生:量筒的装水能力弱于烧杯,因此在加入同样水的情况下,量筒中的水面上升得更高更快,而底面积较大的烧杯中的水面上升得较低、较慢. 类比可知,吸收相同热量,水的温度上升得低且慢,说明它还有较大的吸热升温空间,说明质量大的液体容热能力强.

师:同学们总结得真好,能够从两个角度解读图像,值得表扬. 那最后一组对照实验,也就是表 1 和表 3,按照相同的思路,请你分析一下水和油,哪种物质的容热能力更强呢? 有哪些外在表现能佐证你的说法?

生:实验数据表明,在质量和上升温度相同的情况下,水的加热时间更长,容纳热量更多. 同时,在容纳热量相同、质量相等的前提下,水温度上升得较低、较慢,与前面总结的强容热能力的液体特点不谋而合. 可以得出结论“水的容热能力强于油”.

师:那你现在能理解拖拉机为什么选择水做冷却剂了吗?

生:明白了.

设计意图:实验探究能力既是新课标明确要求的五大能力之一,也是科学探究核心素养在实验教学过程中的具体表现,因此,本环节遵循实验认知规律,注重学生的直观经验和感受,在已经提出问题和设计好实验方案的基础上,引导学生合理选用实验器材,采用小组合作的方式,开展对实验资料的收集工作,以期培养学生通过实验探究解决所提出问题的能力. 另外,初步处理得到的实验数据,并进行定性地、多角度地分析与论证,有效形成“容热能力强的物体,吸收热量后,温度变化低且慢”的物理观念,从而实现“知识教学”向“观念教学”的转变.

3.4　定量建构概念,实现认知进阶

师:同学们,刚才我们大致比较了水和油容热能力的强弱,但是还没有落实到具体的数据上,缺乏精确的比较. 你有什么思路吗?

生:可以尝试寻找 $Q_{容}$、m、Δt 之间的定量关系.

师:我们在学习“速度”章节时,可以根据“相同时间比路程”,定义速度 $=\frac{路程}{时间}$,用以精确描述物体在单位时间内通过的路程;在学习“密度”章节时,可以根据“相同体积比质量”,定义密度 $=\frac{质量}{体积}$,用以描述物质在单位体积内的质量,此类比值定义的物理量不胜枚举,这些例子对你探寻 $Q_{容}$、m、Δt 之间的定量关系,有什么启发吗?

中国知网　https://www.cnki.net

生:相同的“××”比较“××”,一般都是用后面比较的物理量,除以前一个物理量,定义一个新的、有意义的物理量.根据实验的方案:质量和上升温度相同时,比较吸收的热量,所以我们可以尝试用$\frac{Q_{容}}{m\cdot\Delta t}$,看看能不能有什么发现.

师:同学们的观察能力极其敏锐,类比方法也用得很好,下面请结合实验数据定量分析.

(学生将数据代入,进行定量分析,教师提示将各物理量单位也纳入分析,相关数据如表4、5、6所示)

表4 300 g水容热的定量分析

Δt/℃	10	10	10	10	10	10	10
加热时间/s	25	21	21	22	22	22	28
$Q_{容}/10^4$ J	1.5	1.26	1.26	1.32	1.32	1.32	1.68
$Q/(m\cdot\Delta t)(10^3$ J/(kg·℃))	5	4.2	4.2	4.4	4.4	4.4	5.6

表5 600 g水容热的定量分析

Δt/℃	10	10	10	10	10	10	10
加热时间/s	43	40	40	41	41	40	43
$Q_{容}/10^4$ J	2.58	2.4	2.4	2.46	2.46	2.4	2.58
$Q/(m\cdot\Delta t)(10^3$ J/(kg·℃))	4.3	4	4	4.1	4.1	4	4.3

表6 300 g油容热的定量分析

Δt/℃	10	10	10	10	10	10	10
加热时间/s	17	13	12	13	12	13	16
$Q_{容}/10^4$ J	1.02	0.78	0.72	0.78	0.72	0.78	0.96
$Q/(m\cdot\Delta t)(10^3$ J/(kg·℃))	3.4	2.6	2.4	2.6	2.4	2.6	3.2

师:同学们,相比于中间段,首尾的数据明显偏大,这是为什么?

生:一开始加热,不只是液体要吸热,容器也要吸收一部分热量,所以加热时间偏长,造成计算出的比值偏大.后面液体温度升得很高,向空气散热也变多了,也会造成相同的后果.

师:那么去除掉首尾明显偏大的数据后,你又有什么发现?

生1:我们发现,300 g水的$\frac{Q_{容}}{m\cdot\Delta t}$约为$4.32\times10^3$ J/(kg·℃),300 g油的$\frac{Q_{容}}{m\cdot\Delta t}$约为$2.52\times10^3$ J/(kg·℃)代表若水和油质量均为1 kg,温度均上升1 ℃,则水能够容纳4.32×10^3 J的热量,而油只能容纳2.52×10^3 J的热量,确实是水的容热能力强.

生2:老师我们还发现,300 g水的$\frac{Q_{容}}{m\cdot\Delta t}$,与600 g水的$\frac{Q_{容}}{m\cdot\Delta t}$几乎相同,600 g水比300 g水能够容纳更多的热量,只是因为它的质量变大了,且质量变大2倍,加热时间也近似变为2倍,$Q_{容}$也变为2倍,但它们的比值不变,说明水的容热能力没有变.

师:非常好,这样我们就得到了一个新的物理量,通过它,我们能够定量地比较单位质量的不同物质在上升单位摄氏度情况下,容纳热量能力的强弱,将其取名为“比热容”.

设计意图:物理学中的一个重要基本观点就是“量”的观点.物理研究,一般都要经历一个从定性叙述到定量计算的过程,而学生的认知,也有一个从具体到抽象的过程,教师在概念教学过程中,以概念理解为基础,物理概念的建立也同样遵循这个规律[3].物理课堂是一个理性课堂,要讲证据,实验是为寻找证据,找到合理的数据才能得到正确的物理规律,培养学生实事求是的科学精神.本环节立足于实验测定的真实数据,引导学生思考学习过的其他比值定义的物理量,在3.3部分得到的认识基础之上,运用类比的思想方法,较为完整地还原概念的建构过程,实现学生对比热容概念从定性到定量的进阶.在这个过程中,鼓励学生对有较大误差的数据进行分析并剔除,既能减小数据分析的难度,又能培养学生的证据意识.

4 结语

教师应依据新课标要求、学生学习要求等,考虑不同地域学生的生活经验和学习环境,在教材内容选择、组织和呈现方式等方面合理创新,设计各具特色的教学内容[4].通过创设新的情境为学生指明探究方向,引导学生经历提出问题、设计实验、动手实验、定量分析等科学探究过程,不仅有利于学生顺利构建比热容概念,完善物理观念,而且能够切实有效地提高学生的实验探究能力.

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.

[2]乔通,葛威虎.基于教学重演律的比热容概念教学设计[J].中学物理,2023,41(16):21-24.

[3]陈浩荣.面向学生科学思维发展的概念教学设计——以初中物理“电压”为例[J].中学物理,2023,41(04):34-36.

[4]刁李娴.基于核心素养的实验教学创新设计——以“物质的比热容”为例[J].中学物理教学参考,2023,52(18):9-11.

(收稿日期:2023-11-27)

中国知网 https://www.cnki.net