

基于教材对比分析的比热容相关问题探讨

蒋炜波 (清华大学附属中学 北京 100084)

摘 要 对比分析了人教版和北师大版两套初中物理教材对比热容内容的处理,并以此结合教学实践,探讨了与比热容相关的一些问题。

关键词 比热容 人教版物理教材 北师大版物理教材 问题探讨

文章编号 1002-0748(2021)4-0035

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 两套教材的比热容实验对比

在初中物理教学中,要求学生通过实验研究物质所吸收的热量与质量、温度变化、物质种类之间的关系,建立起物质比热容的概念。我们以人教版和北师大版两套初中物理教材来对比,分析它们对比热容实验的处理。

1.1 实验的引入

我们为什么要研究物质的比热容呢?两套教材在实验引入部分,都采用生活中的情景提出问题,而且实验最终都立足于研究物质种类对吸热能力的影响。

人教版教材让学生思考炎热的夏天海滩上的沙子和水存在温差的原因,该情景直接突出了吸收热量相同时的物质种类差异,顺利地将实验的研究指向了改变物质种类后,吸收相同的热量去比较温度的变化。不过在接下来的实验中,教材却突然改变了策略,要求学生改变物质种类后,让物质升高相同的温度去比较吸收热量的多少,而且直接告诉学生使用相同质量的水和煤油,并没有解释为何要求质量相等。

北师大版教材以生活中烧水为例,烧开一整壶水所用的时间会长于半壶水,该情景突出了温度变化相同时的物质质量差异,直接带领学生总结了同种物质质量不同时,变化相同温度需要的热量不同。然后在此基础上直接提问学生:不同种类的物质,质量相同时,变化相同温度所需要的热量相同吗?从而将实验的研究指向了改变物质种类去比较吸热的多少上。

1.2 比较吸收热量

两套教材在判断吸热多少这一点上的做法是一

致的,都是采用相同的热源进行加热,从而将判断吸收热量的多少转化为比较加热时间的长短。

对于质量相同的不同种类的物质,人教版教材和北师大版教材的处理是一样的,都是通过变化相同的温度去比较需要吸收热量的多少,从而完成探究。不过人教版教材的处理前后有一点不一致,在实验引入时提出的问题是海水和沙子吸收相同的热为什么升高的温度不同,而实验中则是让不同的物质升高相同的温度比较吸收热量的多少,显得有些突兀。

1.3 实验的类型

由于学校实验室条件的限制,实验无法保证足够的精度,因此两套教材最终都只要求学生进行定性的实验,分析出物质种类对吸热的影响即可。两套教材都要求学生进行完整实验探究,用实验得到的数据来分析判断物质的吸收热量的差异,从而建构物质比热容的概念,可见在两套教材中比热容实验的定位和地位都是很高的。

1.4 实验的装置

两套教材在实验装置的使用上非常类似,人教版教材选择水和食用油为研究对象,如图 1 所示,北师大版教材选择了水和煤油为研究对象,如图 2 所示。

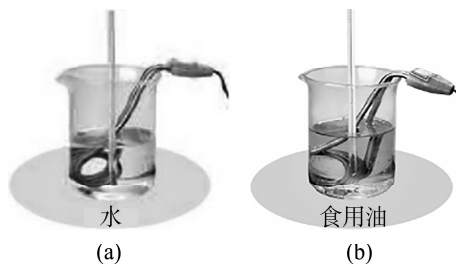


图 1 人教版教材比热容实验

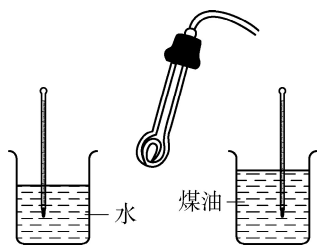


图 2 北师大版教材比热容实验

需要特别强调的是两套教材不约而同地选择了相同功率的电热器为热源,没有选择酒精灯和水浴法进行加热,这是有深层次原因的。比热容实验对于热量的控制要求很高,通过加热时间比较吸热多少的前提必须是加热功率相同,这一点酒精灯显然无法做到,毕竟酒精灯的燃烧产热很容易受环境(比如空气流动)等因素的影响。那么水浴法为何不可以呢?这主要是水浴法装置中烧杯内水的温度不够高(不超过 100°C),与待加热的物质的温差不大,而热传递的快慢又与受热物体和热源之间的温度差直接有关,这就导致温度上升更快的油在实验后期从烧杯中吸收热量比水要慢得多,无法控制吸热相同,实验误差会很大。

1.5 实验的结论

人教版教材贯彻了可读性强的特点,学生即使不做实验也能够通过阅读找到比热容的定义,学习到物质种类对比热容的影响。而北师大版教材在这一点上与人教版恰好相反,北师大版教材需要学生完成实验以后根据实验的数据分析得到结果,因此教材上并没有直接写出实验的结论,调动学生自己动手和思考一直是北师大版教材的鲜明特点。

人教版教材和北师大版教材在比热容部分的设计既有类似之处,又有各自的特点,二者的具体特征汇总如表 1 所示。鉴于比热容概念既复杂又难以理解,而教材中碍于学生理解能力和教材篇幅故而并未做过多的讨论,因此有必要对比热容的相关问题进行探讨,供大家教学参考。

表 1 两套教材的比热容实验对比总结

	人教版教材	北师大版教材
实验引入	沙滩的生活情景引入	烧水的生活情景引入
研究问题	同样的日照(即吸热相同),为何沙子和水的温度变化不同?	物体吸收热量的多少与哪些因素有关?
实验类型	定性探究实验	定性探究实验
吸热能力	升高相同的温度,比较吸热	升高相同的温度,比较吸热

续 表

	人教版教材	北师大版教材
实验装置	电加热器,水和食用油	电加热器,水和煤油
可读性	强,有直接的结论	弱,没有呈现直接的结论
自主性	弱,不做实验也有结果	强,必须做实验后才能得结果

2 关于吸热能力和储热能力

不论是在教师教学中还是在教参资料中,“吸热能力”这个词都反复出现。那么什么是“吸热能力”呢?教学中加入“吸热能力”这个词主要是为了在得到比热容这一概念之前用来指代比热容,从而表述方便,但是这种做法其实并不合适。因为学生在学习了功率以后,很容易将“吸热能力”理解为单位时间吸收热量的多少,即吸热的功率。这种认识与教材中“单位质量的物质温度升高 1°C 吸收热量的多少”的吸热能力的界定有很大的出入,这也是导致学生很难理解比热容的原因之一。

比热容形容的是物质存储热的能力,不是吸热的能力,这一点和电容的概念是类似的,只是在教学中总是采用“相同质量的不同种类物质升高相同温度比较吸热多少”这一操作策略,渐渐地老师都开始使用“吸热能力”这种表述,于是便给学生带来了“为什么不用单位时间吸热多少(即吸热快慢)”来定义“吸热能力”的困惑。

吸热的快慢(即吸热功率)主要与物质导热能力、加热方式、加热器发热功率等因素有关,与物质的质量和升高的温度都没有关系。比如用小火烧水时,水吸热自然就比用大火烧水时要慢,这一快慢是因为热源不同导致的,显然这种吸热的快慢并不是比热容概念所要表征的对象。

储热能力是在“吸收热量导致温度变化”这一因果逻辑基础上建立起来的物理概念,就好比水杯倒入水以后液面高度会发生变化一样,我们可以用“液面升高相同高度需要倒入多少水”来形容水杯的储水能力,类似地便可以用“升高相同温度需要吸收多少热量”来形容物质的储热能力。杯子的储水能力与倒入水的快慢无关,物质的储热能力与吸收热量的快慢也无关。

人教版教材和北师大版教材都回避了“吸热能力”的表述,因此建议在教学中也不要使用“吸热能力”这一用语,避免让学生误解为吸热的快慢,给比热容的概念建构带来不必要的麻烦。

3 关于比热容实验的探究问题

科学探究是当前中学物理实验教学的重要方式,科学探究包括提出问题、猜想假设、制定计划、收集证据、分析论证、反思评估和交流讨论 7 个环节,其中提出问题是科学探究的首要步骤,在这一步骤中需要明确探究的问题,从而为后续的实验设计和实施做好准备。

一个可以探究的科学问题,变量要明确,逻辑要正确,还要有可测量性。那么比热容实验探究的究竟是什么问题呢?此处看两个教学中常用的处理,分析它们存在的问题。

第一种处理,将探究问题定为“物质吸热能力与物质种类之间的关系”,实验中控制物质质量和升高温度相同,改变物质种类,比较吸收热量的多少。这种处理带来的问题很多,首先,什么是吸热能力?在引入比热容概念之前,吸热能力这个词的概念是很模糊的,很不利于学生理解。然后,这种处理完全混淆了因果逻辑,吸热是原因,温度变化才是结果。科学研究过程中怎么能够控制结果不变改变原因呢?最后,这种处理会让自变量和因变量的识别出现问题,单从探究的问题看,吸热能力似乎是因变量,而从实验操作看,吸热多少似乎也是因变量,正是因果逻辑混淆引起了变量识别的困难。

第二种处理,将探究问题定为“探究物质吸热多少与哪些因素有关”,将物质质量、物质种类、温度变化三个因素列为吸热多少的影响因素,从而研究得到吸热 $Q = cm\Delta t$, 于是将系数 c 定义为比热容。但事实上物质吸热多少完全取决于吸热物质与热源的温度差、加热时间、加热方式等等,和被加热物质的温度变化等因素并没有直接关系。而且在这种处理中,我们一方面在研究“吸热多少”和物质种类的关系,另一方面又通过比较加热时间来判断吸热多少,这不是前后矛盾吗?

可见这两种处理方式都不合适,物理的实验教学应该需要有效地培养学生的科学探究和科学思维,能够帮助学生利用实验进行推理论证并完成概念建构^[1],因此教学中建议借鉴密度的教学过程进行探究。密度教学中通过研究物质质量和体积之间的关系,得到同种物质质量和体积成正比,不同种物质其比例系数不同,于是很自然地将比例系数定义为不同物质的一种性质表征,即密度^[2]。

类似地,既然吸收热量是物体温度变化的原因,那么不妨将实验的问题设定为“探究物质的温度变

化与哪些因素有关”,即始终以温度变化为因变量,分别探究温度变化与物质种类、物质质量和吸热多少这三个自变量之间的关系,在完成实验探究以后,再利用实验数据引入储热能力的概念,从而得到比热容。这种处理方式中,自变量和因变量非常明确,探究过程非常清晰,学生的概念建构很顺畅。

4 比热容概念的微观机制

4.1 比热容与物态变化

物质吸收热量,内能会增大,但是内能增大不一定表现为温度升高,因为温度只能表征分子平均动能的大小,并不能反应分子间分子势能的大小。如果物质吸收的热量都用于增加分子势能而不增加分子平均动能,那么宏观上看,此时虽然物质的内能增大了,温度却不会升高,比如冰融化成水,此时吸热内能增大,但温度保持不变。可见,比热容的概念必须建立在物质不发生物态变化的前提下。

4.2 比热容的可变性

物态变化带来的比热容变化是很显然的,比如水和冰的比热容就存在差异。那么同一物态之下物质的比热容是固定不变的吗?我们常说“一杯水和半杯水的比热容相同”。这样的说法正确吗?根据刚才的分析,既然吸热和温度变化之间并不是简单的对应关系,那么即使物质的物态不发生变化,物质的比热容也可以发生变化。

现有的研究,较为认可分子热运动的平均动能与温度之间的确是正比关系^[3],但是物质吸收的热量不可能全部转为物质分子无规则运动具有的分子平均动能,一定会有一部分转化为分子势能,因此不难推理,同一物态之下,质量相同的同种物质的温度变化量与吸热的多少并不成正比,即比热容并不是固定不变的。

研究表明,物质的比热容和物质的温度之间的确是有关系的。比如变压器中使用的变压器油,它的比热容在 -20°C 时约为 $1.6 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$,而当温度升高到 100°C 时,比热容约为 $2.5 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$,可见随着温度升高,变压器油比热容增大^[4]。

因此,比较一杯水和半杯水的比热容是否相同,还需要考虑环境温度等因素的影响,教学中切不可过分强调物质种类不变则比热容不变这一不科学的结论。

4.3 气体的比热容

气体由于分子间间距很大,分子间作用力很小,

因此分子间的分子势能也可以几乎忽略。那么对于不考虑分子间作用力的理想气体,其吸收的热量可以认为都转化为分子平均动能。那么此时可以认为气体的比热容是固定不变的吗?

一方面,做功和热传递都可以改变物质的内能。气体在吸热的同时,如果还伴随着做功过程,那么自然吸收的热量和分子平均动能之间就不会有较为固定的对应关系(除非明确做功的具体过程),因此气体的比热容也就不能保持不变了。事实上对于气体,我们通常会定义定压比热容和定容比热容这两个概念,来分别表征气体压强一定时的比热容和气体体积一定时的比热容,显然,前者气体在吸热的同时一定在对外做功,后者气体在吸热时则不对外做功,因此前者为了升高相同的温度需要吸收的热量更多,故而气体的定压比热容大于定容比热容。

另一方面,气体分子还存在内部结构。气体分子都是多原子分子,即使忽略了分子间的相互作用力,但分子内部原子之间的作用力却不能忽略,更精细的情况下还需要考虑到原子内部的能级结构。因此即便是理想气体,其分子内部原子之间的势能也是存在的,这导致气体的定压比热容和定容比热容无法固定不变。

5 对教学的一点建议

鉴于比热容的教学一直是初中物理的难点,也

(上接第 43 页)

教学中“能源与可持续发展”“燃料的利用和环境保护”“新材料”“通信技术简介”等等都可以作为课堂教学中激发学生关心关注科技发展的切入点,激起学生的探索热情,自发地搜集、了解,即便初中所学的知识不足以解决这些问题,也可以在学生心里埋下一颗探索的种子,成为进一步学习的动力。我想在中考的科普阅读中的开放性问题不仅旨在让学生回答一个问题,更是中考作为一个学习阶段的结束,另一个学习阶段的开始的一个承上启下的作用。

纵观各地中考物理试卷上的开放性试题我们不难发现,问题中的情境常常与社会、生活、科技相联系。所以解答开放性试题时需要灵活运用物理知识,充分挖掘题目中的隐含条件和关键词,从而分析、推理、比较、联想。同时,根据物理现象,结合物

是学生学习的困惑所在,为了避免一些理解上的误区,在此建议在教学中:

一是不要出现吸热能力这一用词,回避吸热快慢这一理解误区,教学中可以用水杯存水的例子向学生类比展示物质存储热的能力,将学生的学习引导至研究不同种类物质的储热能力的差异,从而明确比热容概念的表征对象。

二是应以“探究物质的温度变化与哪些因素有关”为探究问题,向学生明确实验探究的自变量、因变量和控制不变的量,梳理清楚物质质量、温度变化、吸热多少、物质种类四者之间的因果逻辑关系,从而切实利用实验数据帮助学生完成比热容的概念建构。

三是可以向学生介绍物态变化、温度、做功等因素对比热容的影响,尤其是结合分子动理论进行教学,这样既能够有效地帮助学生认识到比热容概念在物理体系中的定位,又能够加深学生对内能本质的认识,将初中热学部分的学习融会贯通。

参考文献

- [1] 蒋炜波,王宏.物理实验的设计如何指向学生科学思维的培养[J].物理教学,2019,41(12):10—12.
- [2] 蒋炜波.关于密度概念教学的思考和改进[J].基础教育课程,2018(04).
- [3] 赵凯华,罗蔚茵.新概念物理教程——热学(第二版)[M].北京:高等教育出版社,2010.
- [4] 王会娟,于会民,马书杰,张绮.变压器油比热容的影响因素考察[J].石油炼制与化工,2014,45(08):92—96.

理概念和物理规律等知识打开思路,找到合适的方法进行作答。

3 结束语

中考为课堂教学提供了指导性建议,通过开放性设问的考查方式,让更多的老师认识到,教师的教学不仅要传授知识,也要充分利用好社会大课堂这一资源,让学生的发展是全面的、适应社会需求的,有利于他们的终身发展。

参考文献

- [1] 秦晓文,梁学军,孔德英,鲍建中,白晓豫.2020年北京中考物理试卷权威解析[J].首都教育,2020(07).
- [2] 杨治良,郝兴昌.心理学辞典[M].上海:上海辞书出版社,2016(08).