

6. 热和功的等价性

主题:

根据有些学者的观点，热是一种无序能^[1]；根据另一些学者的观点，热是分子无规则运动的动能^[2]。另一些学者则认为，热是分子热运动的动能和势能^[3]；它可以通过热接触被加到物体中^[4]；它可以用表达式 $\Delta U - W$ 来表示^[5]；它是一种束缚能（bound energy） TS ^[6]；它可以用积分 $\int TdS$ 来表示^[7]；它是有争论和多余的概念^[8]。那么，它到底是什么？

缺点:

克劳修斯曾运用两种热的测量方法：一种是包含在物体中的热 H （他把这种热想象为分子的动能）；另一种是“所提供的热” Q 。只有在一些特殊情况下才有 $Q = \Delta H$ 。在上面所引用的例子中，我们很容易认出它们实际上是这两位“双亲”的“后裔”。上述关于热的多种观点表明，不存在能同时描述热这一概念的所有方面的能量型物理量（energetic quantity）。这是一个令人不愉快的局面。这些能量型物理量在替代热这一概念时，象一条条短的毛毯，要么盖住了手但盖不住脚，要么盖住了脚但盖不住手。人们所强调的热的性质不同，所采用的替代热的物理量也不同。尽管人们运用各种不同的量来描述热这一概念，但经数学处理后所得到的结果却是相同的。这一事实告诉我们，克劳修斯所提出的等价性在热力学计算中是没有意义的。那么，到底用什么来描述热这个概念最好呢？

历史:

这个问题跟物理学一样古老。克劳修斯大约在 1850 年在他的第一定律中就给出了答案，认为热和功是等价的。对这个结论到现在我们仍认为基本上是正确的。然而，对上述问题而言，这样的回答显然是不清晰的。

建议:

如果没有克劳修斯的上述结论，我们的思维反而更自由了。我们在表示能量守恒定律时不需要这个结论。在定义热这一概念时我们也不需要这个结论。我们很容易给出热的操作型定义（即基本定义）。这一定义方法通常仅用于一些基本物理量（如长度、时间和质量）的定义。在这种定义中，我们只要规定好量的单位，然后去确定与这个单位相等或与这个单位成倍数关系的量。然而，我们可以运用这个方法对其他物理量（如能量、动量、角动量、电荷量、物质的量和熵）进行相应的定义或对一些概念（如热量、信息量和无序

程度)进行度量化(metrization)。用这个方法可以将所要描述的概念与相应的物理量对应起来。用这种方法一开始就会得出令人惊奇的结论,即科学上所解释的热量这一概念所对应的物理量不是能量型物理量,而是克劳修斯的熵 $S^{[9]}$ 。这一结论将直接牵涉到热力学中重要物理量(除温度外),使得我们能对这些物理量进行一次大范围的清理。诸如焓、自由能、能量退化、过程量和状态量,这些概念将统统被清除。这样一个小小的错误在科学计算和语义上造成如此大的影响。这一事实警告了那些只关注计算结果的一致性的理论工作者们,同时也提醒了只关注结果的教育工作者们。

参考文献

- [1] F. J. Dyson: "What is heat?" Scientific American 1954, 191(No.3), S. 58-63.
- [2] R. W. Pohl: "Mechanik, Akustik, Wärmelehre"; Springer: Berlin 1962, S.248.
- [3] C. Gerthsen, O. H. Kneser, H. Vogel: "Physik"; Springer: Berlin 1986, S.193-197.
- [4] C. Kittel: "Physik der Wärme" ; Wiley & Sons: Frankfurt 1973, S. 133.
- [5] M. Born: Physikal. Zeitschr. 1921, 22, S. 218-286.
- [6] H. H. Steinour: "Heat and Entropy"; J. Chem. Educ. 1948, 25, S. 15-20.
- [7] G. Falk, W. Ruppel: "Energie und Entropie"; Springer: Berlin 1976, S. 92.
- [8] G. M. Barrow: "Thermodynamics..."; J. Chem. Educ. 1988, 65, S. 122-125.
- [9] 下面的假设与热量的单位的选择完全可以给出清晰的热量的度量方法:
 - (1) 每个物体含有热。如果物体是绝热的,其数量不会减少。
 - (2) 相同的物体处于相同状态时含有相同数量的热。
 - (3) 一个物体所含的热的总量等于其各部分所含热之和。

(陈敏华 2012 年 1 月 19 日译于绍兴县豫才中学)