

210 潜热和显热

主题

“潜热”似乎对于分析相变来说是很重要的概念。这里，我们引用几段来自著名的科学期刊上的内容：

“看来，空气中占很小比例的水分所携带的热比非水分所携带的热要多得多。水分用来传递潜热，非水分用来传递显热。”

“水蒸气携带着叫作潜热的能量。……潜热中所含的能量是巨大的，……”

“在结冰的过程中，由于能量以潜热的形式释放，水的温度保持不变，……”

负担

我们都知道上面说的是什么。但是，我们很难看出，上面这几段话的意思与所表达的内容是一致的。这里有两个原因。

其中一个原因我们已经提到多次了。在第一、二段话中提到，空气中的非水分携带着很少量的热。如果空气携带着热，那么热必定包含在空气中。然而，我们都知道，情况不是这样的。

但这不是我们所讨论的主题。我们要讨论的是这些句子中所出现的另一个问题。

上面第一个所引用的内容是，空气中占很小比例的（气态）水所携带的热比非水分所携带的热要多得多。这两种气体都很普通，都可以近似看作是理想气体。尽管它们的温度相同，很小比例的那部分气体所携带（所含有？）的热比很大比例的那部分气体所携带的潜热要多。

这里必定有错的地方。我不是来指责作者没有理解他们所描述的过程，而是指责他们没有说清楚他们所想说的内容。然而，我们必须承认，用那个不幸的“过程量” Q 是不容易把话说清楚的。因此，我们需要用熵来分析这个问题。

水在地面上蒸发，成为水蒸气。水蒸气与空气混合，一起向上运动。水蒸气和空气都是气体，都携带着熵。它们所携带的熵都要比它们在液态时所携带的熵多很多。然而，水对熵的贡献比氮气和氧气对熵的贡献要小，这是因为水蒸气在空气中的比例小。在高空，水蒸气凝结成水，将一半以上的熵释放出来；氮气和氧气没有凝结，没有将熵释放出来。水蒸气所释放的熵在没有释放时叫作潜熵（latent entropy）。

现在，我们原则上可以用制冷机将氮气和氧气凝结成液体。这样，氮和氧的大量熵也反过来可成为潜熵。

最后，我们也可以认为水的潜熵很少，因为我们也可以让水结冰，从而形成雪花或冰雹。

我们为什么把水含有的熵叫作潜熵，而不把剩余的空气含有的熵叫潜熵？之所以把水蒸气含有的熵叫作潜熵，是因为它将变为液体。之所以不把氮气和氧气含有的熵叫作潜熵，是因为它们不大可能变为液体。

因此，潜熵或潜热并不是状态量。潜熵或潜热只是用来描述气体将要发生的某一情况。

人们可以把话说得足够含糊，以避免逻辑陷阱。但在这里，人们没有这样做。我们来看第二个所引用的例子：“潜热中所含的能量……”。难道一个物理量可以包含在另一个物理量中？能量可以包含在能量中？

历史

潜热和显热的概念和名称可追溯到布莱克（Joseph Black）[1]。布莱克的热是一个状态量。这个量不同于微分形式 δQ 。在这以后又过了 50 年，物理学家们把 δQ 叫作热。它相当于在这以后又过了 65 年所提出来的物理量熵[2]。布莱克对物理学最伟大的功绩是首次区分了强度量温度和广延量热。他也正确地描述了在相变过程中的热平衡。也只有他，指出了潜热和显热是一种笨拙的说法。人们并不是一点也觉察不到热，也就是说，热并不是隐藏在物体里面。人们不但可以通过温度，也可以通过凝聚态来认识物体中含有热。在相同的温度下，蒸气比液态水含有更多的热（布莱克意义上的热）。

建议

用温度和熵这两个物理量来描述加热过程和相变过程。这个关系可用“温度-熵图线”来给出。熵容易被操控，因而是一个独立变量。当我们给冰或液态水注入熵时，可以看到所发生的情况。这会发生两种情况：温度变化和/或凝聚态的变化。

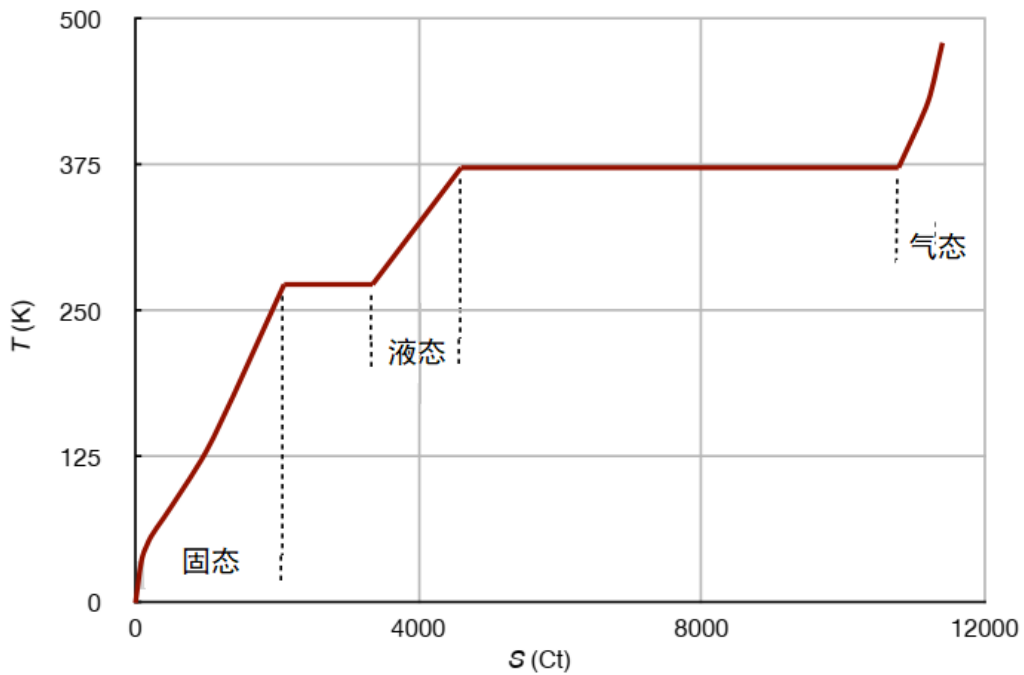


图 1. 在 $p=1\text{bar}$ 时, 1kg 的水的温度和熵的函数关系

[1] J. Black: *Lectures on the Elements of Chemistry*, delivered in the University of Edinburgh by the late Joseph Black, M. D. Published from his manuscripts by John Robison, Edinburgh, Mundell and Son, 1803, S. 120ff.

[2] G. Falk: *Entropy, a resurrection of caloric— a look at the history of thermodynamics*, Eur. J. Phys., 1985, S. 108-115.

Friedrich Herrmann

(陈敏华, 2022 年 6 月 17 日译毕于深圳)