为 B 的过程，我们可以得出

$$\frac{H_{P'}}{T_0}+\frac{H_P}{T_0}\leqslant S(B) \tag{4}$$

如果(4)式中的上界可用于末态为 A 的所有过程 P′，由(2)式得

$$S(A)+\frac{H_P}{T_0}\leqslant S(B) \tag{5}$$

如果过程 P 是绝热过程，即 $H_P=0$，则

$$S(A)\leqslant S(B) \tag{6}$$

如果过程 P 是可逆绝热过程，则由(6)式得 $S(B)\leqslant S(A)$．所以，$S(A)=S(B)$．

(6)式表明，在任何绝热过程中，熵都不会减少．这就是熵增加原理．

如图 3 所示，P′ 是一个从状态 C 到状态 B，熵变为 dS 的无限小准静态过程；P″ 是一个从状态 C 到 A 的可逆过程，在此过程中，与 P′ 有同样多的热量 δQ 传递，但外界不对系统 Z 作功．假定过程 P = − P″ + P′，在 P″ 过程中，$-\delta Q$ 的热量传递给系统 Z．可以取 $H_P=0$，由(5)式得

$$S(B)-S(C)\geqslant S(A)-S(C) \tag{7}$$

并且对 P″ 过程，应用(3)式得

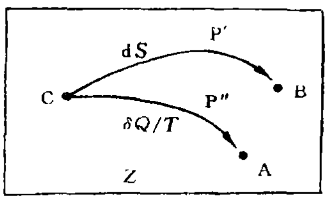

图 3

$$dS\geqslant\delta Q/T \tag{8}$$

(8)式就是热力学第二定律的数学表示．

如果 P′ 是可逆的，则 $dS=\delta Q/T$．对一个有限的可逆过程，$\Delta S=\int\delta Q/T$．

最后，我们来说明基于新表述的熵和温度与传统的熵和温度在处理热力学问题时是等效的．

假定 R 是一个从态 A 到态 B 的可逆过程，将(5)式分别应用于 R 和 − R 过程可得

$$\Delta S_R=S(B)-S(A)=H_R/T_0 \tag{9}$$

如果将 R 过程看作图 1 中的系统 Z、传热装置、热源组成系统的一个可逆过程，则此过程是绝热的．因此基于传统表述的熵也给出(9)式．注意，传热装置在 R 过程结束时应回到初始状态．这表明两种熵的定义具有相同的熵差．我们处理热力学问题时，关心的是熵差，而不是熵．根据新表述，(9)式中的 T_0 只是一个数字，而根据传统表述，(9)式中的 T_0 是标准热源的开尔文温度．这两个 T_0 在数值上相等，保证了两种定义下的熵相等．

由于(3)式中的 dS 和 δQ 与传统的定义是等价的，特别是规定标准热源的温度等于 T_0，(3)式对 T 的定义与热力学温标所确定的温度完全一致．

需要强调一点，热力学第二定律的传统表述都没有隐含 $S\geqslant 0$．例如，单原子理想气体 $T\to 0$ 时，其熵 $S\to-\infty$．而根据新表述，可以推出 $S\geqslant 0$．可见，热力学第二定律的新表述意义更加广泛，形式更加简单．

****

科苑快讯

卡西米尔效应得到了实验证实

据英国《新科学家》1997 年 2 月 25 日报道，卡西米尔效应得到了实验证实．

1948 年荷兰物理学家德里克·卡西米尔曾预言，当两块平行板以很小的间距放置于真空中时，两板间会产生某种很微弱的力，以便使它们互相靠拢．50 年来，企图去测量这一效应的种种尝试均以失败告终．最近，美国物理学家，新墨西哥洛斯阿拉莫斯国家实验室斯蒂文·拉蒙雷奥斯给出了肯定的结果．他将一扭摆连接到两个表面去测量这一十分微弱的力，所得出的数值与卡西米尔的理论预言符合得非常好，误差在 5% 以内．实验测量表明，卡西米尔力会随着两个表面的间距而变化．当间距为 0.75μm 时，相互作用力约为十亿分之一牛顿．

(苏中启　王存茂　供稿)