

熵与感冒

沈亦红

(宝鸡文理学院物理系 陕西 721007)



“熵”(Entropy)这一概念原本是热力学物理中的概念,“它表示系统中微观粒子无规则运动混乱程度的量度”,也可以说熵表示系统的无序程度。熵越大越无序(disorder),熵越小越有序(order)。熵现在已被广泛的用于社会、生态环境、生命、医学和信息控制等领域。熵增加原理告诉我们,一个封闭系统当内部发生不可逆过程时,它的熵就会增加,增加到一定值——熵极大时系统就会处于平衡状态。对于生命系统来说即死亡。因为人的生长是单向的自发不可逆过程,如果生命体是一个孤立系统,其熵一定增加,所以生命系统必须是一个开放系统,与外界进行物质和能量的交换,生命体一面不断向体外排熵,一面又从外界汲取低熵物质以形成“负熵”流。生命之所以能存在就在于从环境中不断得到“负熵”,保证有机体系统熵不变或减少 $\Delta s \leq 0$,即维持有机体一定的正常秩序(非平衡状态)。玻尔兹曼曾说过:“生

物为了生存而作的一般斗争既不是为了物质、也不是为了能量,而是为了熵而斗争。”可见熵在生命的重要性。熵的引入使生命科学变成一门带有物理色彩的崭新的定量科学。

一、生物体的熵变过程

生物体是一个“耗散结构”,生命体系统要正常生长,维持要求系统熵不增加,即保持一定的秩序。而生命体的新陈代谢不断有熵产生,同时在消耗着负熵使得系统熵在增加。为了维护熵不变,机体要向外排出高熵并吸收低熵。“有机体是依赖负熵为生的”这就是生命的热力学基础。负熵的来源有两类:一类是“有序来自无序”即有机体吸收外界无序经过加工变为自身有序,这就是所谓“加工成序”如氧气。另一类是“有序来自有序”即从外界获得的秩序进行同化变成自身的秩序,这就是所谓“同化成序”如,碳水化合物、液态水等。有机体生成过程就

例如粒子处于对称的一维无限深方势阱,粒子的势能为: $V(X) = \begin{cases} 0 & 0 < X < a \\ \infty & X \geq a \text{ 和 } X \leq -a \end{cases}$ 取标准偏差 $(\Delta X)^2 = (X - \bar{X})^2 = X^2 - 2X\bar{X} + \bar{X}^2 = X^2 - \bar{X}^2$ 同理 $(\Delta P)^2 = P^2 - \bar{P}^2$

因为势阱是对称的,粒子向左运动与向右运动的机会相同,于是 $\bar{X} = 0, \bar{P} = 0, (\Delta X)^2 = \bar{X}^2 \approx a^2$ (取近似值,因为我们只对数量级感兴趣), $(\Delta P)^2 = P^2$ 。据测不准关系得:

$$\begin{aligned} (\Delta X)^2 \cdot (\Delta P)^2 &\geq \hbar^2/4 & P^2 &\geq \hbar^2/4a^2 \\ E_n = P^2/2m &\geq \hbar^2/8ma^2 > 0 \end{aligned}$$

即粒子平均动能(即零点能)大于零。

例 2: 氢原子处于基态最稳定

氢原子核对电子的库仑吸引能(电势能)为 $U = -Ke^2/r$,从表达式来看,电子运动半径 r 越小,电势能 U 越低,电子运动越稳定,似乎氢原子能量没有下限。但通过测不准关系分析发现,氢原子能量有下限即有基态能量,在基态氢原子最稳定。

设氢原子系统能量为 E ,则有

$$E = P^2/2m - Ke^2/r \text{ (取电子在 } r = \infty \text{ 处 } U_\infty = 0)$$

若取位置测不准量的数量级 $\Delta X \approx r$, 根据测不准关系, $(\Delta P)^2 = P^2 \geq \hbar^2/r^2$ (可认为电子动量的平均值 \bar{P} 为零)

$$\text{于是 } E = \frac{\hbar^2}{2mr^2} - \frac{Ke^2}{r}$$

设 E 取最小值时,电子半径为 r_m , 对于稳定运动, $dE/dr = 0$, 由此求出 r_m 和 E_m 为

$$r_m = \hbar^2/Ke^2 m = 0.529 \text{ \AA}$$

$$E_m = -\frac{K^2 e^4 m}{2\hbar^2} = -13.6 \text{ eV}$$

r_m 实际上就是第一玻尔轨道半径, E_m 就是氢原子基态能量。这也与量子力学严格计算的结果一致。

通过测不准关系,我们还可以估算微观世界物质结构不同层次的能量标尺,可以鉴定原子核内无电子等等。

是从外界吸收这些低熵物质并消耗以满足正常生命活动和脑力活动需要,同时产生大量废渣等高熵物质,如 CO_2 、尿、汗及其他排泄物,如果吸收的负熵大于产生的熵那么系统 $\Delta s < 0$ 生物体就能正常生长。用流程图表示熵变过程如下:

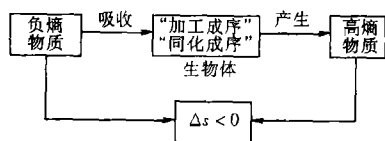


图 1

二、感冒形成与熵的关系

人体维持正常状态时 $\Delta s \leq 0$, 当人体系统 $\Delta s > 0$ 时, 人不是走向衰老就是出现病变。在此用熵的理论分析人的感冒有两类: 一类是受凉感冒, 人在剧烈活动时体内各组织新陈代谢加快, 产生比正常情况下更多的废热, 为了维持系统熵不增加, 人皮肤的毛孔张开加速向外排出废热, 如果这时突然受凉皮肤就会把这一感觉传给大脑, 大脑指挥丘脑下部体温调节中心产热暖肤, 同时又令毛孔收缩, 阻止体内热量排出, 这样体内原来产生的熵不能排出, 又产生了新的熵使体内积熵大大超过正常值造成 $\Delta s > 0$, 系统的无序增加出现紊乱表现为头晕眼花、四肢无力等症状, 即感冒。另一类是受热感冒, 人在高温环境下工作时间过长, 由于环境温度较高, 人的代谢加快产生较多的熵, 同时由于环境温度高于人体较多使人体向外排熵困难, 长时间在这种高温环境下人体内积熵增加 ($\Delta s > 0$) 就出现了头晕、恶心等感冒症状, 这类感冒也叫中暑或热感冒。

人体具有自我调节机能, 当系统 $\Delta s > 0$ 出现了感冒不适时, 机体将自动加快排熵以使熵减小。这种防御功能表现为体温升高——发烧, 人是一个热的辐射体, 其辐射的熵通量密度为 $T_r = 4\sigma T^3/3$, 其中 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{w}(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ 为一常量, T 为人体的热力学温度。由此式可以看出人体辐射出的热与体温的三次方成正比, 也就是说体温越高排热成三次方加快, 有利于人恢复到 $\Delta s \leq 0$ 的状态。这就是人在感冒时为什么常伴有发烧现象的缘故。

三、感冒的治疗与护理

感冒病理的物理起因是因为人体系统 $\Delta s > 0$, 由热力学知, 生命系统总的熵变为

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} - \frac{\sum_j \mu_j \Delta_i N_j}{T} - \frac{\sum_j \mu_j \Delta_i N_j}{T},$$

ΔQ 代表生命系统与外界环境所交换的总热量。 $\Delta_i N_j$ 代表生命系统与外界环境所交换的第 j 种组元物质的摩尔数(负熵物质), $\Delta_i N_j$ 代表生命系统内部化学反应引起的第 j 种组元物质摩尔数的改变(产生熵的物质)。由此可以看到当 $\Delta s > 0$ 时我们想方设法增加 $\Delta_i N_j$ (负熵物质) 或促进积熵排出, 以抵消 ΔS 增加, 使系统的总熵不增加或者减少, 以使生命系统恢复常态或发育成长。从熵理论出发可以总结以下几种治疗和护理感冒的方法。

1. 药物治疗

由于感冒是人体系统积熵过多造成, 在用药上以清热解毒为主。如中医往往用石膏、橘皮等使人发汗来加速废热(熵)的排出。而西医则用药物(负熵)“灭菌消失”增加负熵流。这两方面都可使系统熵不增加或减少即 $\Delta s \leq 0$ 。药物治疗的原理是以药的有序结构调整人体的结构, 以达到人体系统的有序状态。

2. 护理

感冒病人在饮食方面应多吃一些易于消化的高能低熵食物, 如高营养的流质清淡食物。高营养食物负熵大, 以葡萄为例, 其 $\Delta S = -585.8 \text{J}/(\text{mol} \cdot \text{k})$ 。要求吃容易消化的流质食物是因为人在 $\Delta s > 0$ 时机体功能紊乱、消化功能差, 如果吃一些油质不容易消化的食物, 就会有大量不易消化的废渣(高熵物质)产生, 再次加重了机体的排熵负担, 使积熵排出不畅从而加重病情, 难以恢复。

同时要多喝水, 液态水不具有化学能, 但具有较高气化热 ($18 \text{cal}/\text{mol} \cdot \text{k}$) 且能将废物溶解变为高熵物质排出体外, 带出大量熵。

冷水擦身, 不要穿过多的衣服。在护理受凉感冒发烧的病人时, 人们常习惯将其包严实, 殊不知这样不利于病人的恢复。用冷水擦身能带走更多的体热, 散热部位如脖子、胸、大腿根、腋下, 使体热加快散出, 有利于体内积熵排出使病人很快恢复, 或不再进一步加重病情。

感冒对人的危害很大, 平时要以预防为主。现在我们已清楚感冒时人体系统熵的变化, 预防也可以从这方面来做——防止系统有积熵。

总之, 熵与我们生活中的许多现象都有着广泛的联系。研究熵及熵在其他学科中的应用也有着广阔的前景。也许随着熵在其他领域的应用, 人类将克服一个又一个困扰人类的难题。