Falk G 1968 Theoretische Physik II Allgemeine Dynamik, Thermodynamik IIa Aufgaben. Heidelberger Taschenbücher, Bd. 27 und 28(Berlin: Springer-Verlag)

Falk G and Herrmann F 1981 Neue Physik, Das Energiebuch (Hannover: Schroedel-Verlag)

Falk G, Herrman F and Schmid G B 1983 Am. J. Phys. 51 1074

Falk G and Ruppel W 1976 Energie und Entropie Kap. VI and VII, (Berlin: Springer-Verlag)

Gay-Lussac J L 1807, Mémoirs de Physique et de Chimie de la Société d' Arcueil I (Paris: Société d' Arcueil)

Gibbs J. W 1961 The Scientific Papers, Vol. I, (New York: Dover) pp. 100-15

Herrmann F 1979 Konzepte eines zeitgemäßen Physikunterrichts Heft 3 (Hannover: Schroedel-Verlag)

Job G 1972 Neudarstellung der Wärmelehre-die Entropie als Wärme (Frankfurt-am-Main: Akademische Verlagsgesellschaft)

Lavoisier A and de Laplace P S 1780—4 Histoire de l'Académié Royale des Sciences pp. 355-408

Mach E 1919 Die Principien der Wärmelehre—Historisch-kritisch entwickelt 3 Aufl. (Leipzig: Barth)

Poisson S D 1823 Ann. Chim. Phys.

Schreber K 1926 Ostwalds Klassiker 216 41

Thomson W 1848 Phil. Mag. 33 313

—1849. Trans. Roy. Soc. Edinburgh 16 541

(译自 Eur. J. Phys. 6 (1985) 108—115)

14。最小熵产生原理的简单应用

F. Herrmann

[内容摘要] 两个串联电阻的电压分配和两个并联电阻的电流分配服从最小熵产生原理。建议把这个重要原理应用于初级物理教程中。

一个重要的热力学原理指出，在稳定状态下，如果系统离开平衡状态不太远，则熵的产生有一极小值。通常把这一原理用很普通的公式给出(de Groot 1952, Prigogine 1962, Lavenda 1979, Landau and Lifshitz 1960)。因此，人们觉得这原理只有在近代物理教程中才能被理解。然而，这原理具有一些很初等的应用，因而有可能将这一原理教给几乎没有热力学基础的学生。例如，我们可以在初级电学教程中介绍这一原理。

设 U_0 为一稳压源的电势差，R_1 和 R_2 为二个电阻器，如图 1(a)。当开关 S 闭合时，U_0 以一种特殊的方式分配到 R_1 和 R_2，即

$$U_0+U_1+U_2=0 \tag{1}$$

和

$$U_1/R_1=U_2/R_2. \tag{2}$$

方程(1)和(2)一起决定 U_1 和 U_2 的值：

$$U_1=-\frac{R_1}{R_1+R_2}U_0. \tag{3a}$$

$$U_2=-\frac{R_2}{R_1+R_2}U_0. \qquad (3b)$$

U_0 的这一分配可以被看作为一个过程。在实际的电路中，电路的各部分间的电容并不为零。考虑它们的电容后，我们可以画出一个更确切的电路，如图 1(b)。这时，U_0 在 R_1 和 R_2 上的分配与时间有关：

$$U_0+U_1(t)+U_2(t)=0. \qquad (4)$$

一般地 $U_1(t)$ 和 $U_2(t)$ 不遵守方程(2)。合上开关的一瞬间($t=0$)，电压分配仅由电容 C_1 和 C_2 决定：

$$C_1U_1(t=0)=C_2U_2(t=0).$$

由于存在时间常数 $(C_1+C_2)(1/R_1+1/R_2)^{-1}$，由方程(2)所决定的确定的电压值将最终建立起来：

$$\frac{U_1(t=\infty)}{R_1}=\frac{U_2(t=\infty)}{R_2}.$$

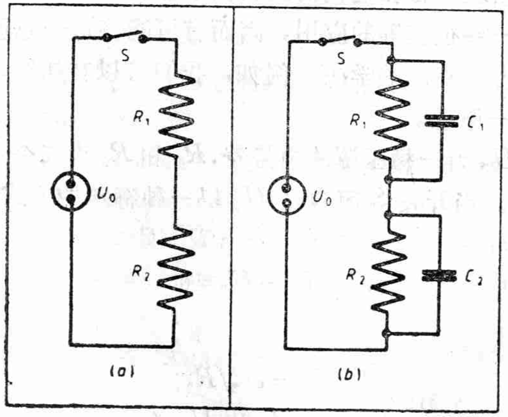

图 1. 当开关 S 闭合时，U_0 根据方程(2)分配到 R_1 和 R_2。图(b)比图(a)更切合实际，因为图 b 中画出了在实际电路中存在的二个电容。通过图(b)可以看出，U_0 的分配是稳态建立的结果。

电路的这种状态叫做稳态。在没有外界干扰的情况下，系统将保持稳态。

稳态的熵产生 σ 具有最小值，这是稳态不同于具有由方程(4)得到的 $U_1(t)$ 和 $U_2(t)$ 的其他所有状态的地方。如果学生不知道熵一概念，我们可以考虑耗散功率 $P_{耗散}$。如果温度 T 有一固定值，如环境温度，则当熵产生为极小值时，耗散功率也为极小值，这是因为

$$P_{耗散}=T\sigma.$$

在我们所举的例子中，耗散功率为

$$P_{耗散}=\frac{U_1^2}{R_1}+\frac{U_2^2}{R_2}.$$

利用 $U_1+U_2+U_0=0$，我们得到

$$P_{耗散}=\frac{U_1^2}{R_1}+\frac{(U_0+U_1)^2}{R_2}.$$

为了得到 $P_{耗散}$ 为极小值时 R_1 的电压 $U_{1极小}$ 这一特殊值，我们令 $dP_{耗散}/dU_1=0$：

$$\frac{2U_{1极小}}{R_1}+\frac{2(U_0+U_{1极小})}{R_2}=0。$$

由此，我们得到

$$U_{1极小}=\frac{R_1}{R_1+R_2}U_0,$$

并由(1)式得

$$U_{2极小}=-\frac{R_2}{R_1+R_2}U_0。$$

这与(3 a)和(3 b)给出的值相同。

容易证明，这原理对电流 I_0 在两个并联电阻 R_1 和 R_2 上的分配关系同样适用。在每个电阻上串联一个电感，可得到

（I_1 和 I_2 分别为通过 R_1 和 R_2 的电流）时耗散功率为极小其非稳态的情况。与上面类似的计算表明，当 $R_1I_1=R_2I_2$ 值。

参 考 文 献

de Groot S R 1952 Thermodynamics of Irreversible Processes (Amsterdam: North-Holland) §70

Landau L D and Lifshitz E M 1960 Electrodynamics of Continuous Media (Oxford: Pergamon) p 96

Lavenda B H 1979 Thermodynamics of Irrerersible Processes (London: Macmillan) p97

Prigogine I 1961 Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes 2nd edn (New York: Interscience) p75

（译自 Eur. J. Phys. 7 (1986) 130—131）