

Research on the Uniform Theories of Calorifics and Electrics of Metals

Zishan Yu

Xuzhou Agriculture Committee, Xuzhou
Email: yuzs1963@sina.com

Received: Mar. 5th, 2013; revised: Apr. 5th, 2013; accepted: Apr. 12th, 2013

Copyright © 2013 Zishan Yu. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: In the present physics theories, the connotations of concepts (or laws of formulas) of calorifics differ from those of electrics remarkably, though these concepts (or formulas) are similar. The present theories of calorifics and electrics are disunion. In this paper, it considers that position shift of value electrons of metals follows the same law under the condition of electric different and temperature different, and the theories of calorifics and the theories of electrics are uniform essentially. Based on the thought, it re-studies calorifics laws of metals, defining the new concepts of “Thermo-Particle” named “Rezi” and Temperature Field Intensity, re-defining Thermal Resistance and Heat Flow etc., and reveals the uniform-nesses of the theories of calorifics and the theories of electrics. The fresh cognition serves as the beginning of setting up the uniform of metal calorifics and electrics theories and lies the foundation.

Keywords: Electrothermal Effects; Temperature Field (Temperature Gradient); Heat Transfer; Thermal Resistance; Thermal Flow

金属热电统一理论研究

余子山

徐州市农委, 徐州
Email: yuzs1963@sina.com

收稿日期: 2013年3月5日; 修回日期: 2013年4月5日; 录用日期: 2013年4月12日

摘要: 现有物理学中, 热、电理论的概念相似但内涵不同, 公式形式相同但物理规律迥异, 热、电理论不统一。本文认为, 在电压或温差不同条件下, 金属中电子移位运动尽管形式不同, 但遵循相同的物理规律, 热、电规律本质上具有统一性。在此观念基础上, 定义“热子”、温度场强度等新概念, 重新定义“热阻”、“热流”等概念的物理内涵, 重新研究金属的热学规律, 揭示出热、电规律的统一性。本文的创新认识, 对创建热、电统一理论具有先导作用, 并奠定基础。

关键词: 电热效应; 温度场(温度梯度); 热传导; 热阻; 热流

1. 引言

金属热、电理论, 相对应的热、电物理量内涵迥异, 相同公式形式所揭示的热、电规律差别显著。表1是热、电理论: 传导率、阻值、流强度三组概念和规律比较。

表1表明: 金属热、电物理量对应, 公式表达形式相同, 但热、电物理量内涵(单位)关系不对应、规律不统一。若热物理量单位符合“理想要求”, 则热、电规律达到完美统一。

本文认为, 电场或温度场作用下, 金属中电子移

Table 1. The differences between the laws of calorifics and those of electrics of metals in existing theories
表 1. 金属热电物理规律差异性比较

比较项目	物理量	物理规律	物理量单位	热电统一要求
传导率	电导率 σ	$\sigma = \frac{1}{A} \cdot \frac{dq}{dt} \cdot \frac{dx}{dV}$	$\frac{W}{V^2 \cdot M}$	
	热导率 σ_θ	$\sigma_\theta = \frac{1}{A} \cdot \frac{dQ}{dt} \cdot \frac{dx}{dT}$ [1]	$\frac{W}{K \cdot M}$	$\frac{W}{K^2 \cdot M}$
阻 值	电阻 R	$R = \frac{x}{\sigma A}$	$\frac{V^2}{W}$	
	热阻 R_θ	$R_\theta = \frac{x}{\sigma_\theta A}$ [2]	$\frac{W}{K}$	$\frac{K^2}{W}$
流强度	电流 I	$I = \frac{V}{R}$	$\frac{W}{V}$	
	热流 I_θ	$I_\theta = \frac{T_\theta}{R_\theta}$ [3]	W	$\frac{W}{K}$

说明: V 伏特, M 米, W 瓦特, K 开尔文; q 电量, Q 热能, T_θ 温差。

位运动遵循相同的物理规律, 热、电规律客观上是统一的。下面研究将揭示金属热、电规律的统一性。

2. 金属热学规律新观点

2.1. 热子 热量 热容量

热子。现有热学理论中没有“热子”概念, 本文定义一个与电子内涵相对应, 且在金属热学理论中的地位与作用, 与电子在电学理论中同等重要的新概念——热子。

定义 1: 玻尔兹曼常数 “ $k_B = 1.3806505 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ” 定义为准粒子——“热子”。

与电子 e 的单位 J/V 比较, 热子与电子的内涵对应。电子可以作为计量电量的“基本单位”, 同样热子也可以作为计量热量的“基本单位”, 热子与电子功能的统一性, 是决定它们分别在热学和电学中具有相似地位和作用的内在依据。

应当指出, “热子”不是实体粒子, 而电子是具有一定质量 ($9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$) 的实体粒子, 它们的物质属性具有显著的区别。但是, 这种物质属性的差别, 并不影响热子作为计量热量“基本单位”的尺度功能。

金属中热子的浓度。若金属质量密度为 m (单位 $\frac{\text{Kg}}{\text{M}^3}$), 单位质量每温度升高 1 K 所吸收的热能为 c_θ (单位 $\frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$) (即现有热学理论中“比热”概念)。

则金属中热子的浓度 n_θ 为:

$$n_\theta = \frac{m}{k_B} \cdot c_\theta \quad (1)$$

以铜为例, $m = 8600 \text{ Kg/M}^3$, $c_\theta = 386 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$ 。根据(1)式计算金属铜内含热子浓度大约为:

$$n_{\theta-Cu} \approx 2.54 \times 10^{29} \text{ 个/M}^3。$$

热量概念, 现有物理学理论有明确的定义, 但本质是热能, 单位是 J。与电学中电量单位 J/V 比较, 内涵不对应。本文重新定义“热量”概念, 使热量与电量概念的内涵相对应。

定义 2: 热量为热子数的累加和, 用 \mathfrak{R} 表示。即:

$$\mathfrak{R} = \sum k_B = N_\theta \cdot k_B \quad (2)$$

(2)式热量 \mathfrak{R} 的单位是 J/K, 与电量单位 J/V 比较, 两者的内涵对应、关系统一。

热容量概念。现有热学理论关于热容量的定义, 若物体吸收热能 Q_θ , 温度变化 T_θ , 定义热容量为 $C_\theta = \frac{Q_\theta}{T_\theta}$, 热容量单位 J/K。与电学中电容量 $C = \frac{q}{V}$, 单位 J/V² 比较, 热容量与电容量的内涵不对应, 关系不统一。本文重新定义“热容量”概念, 使热容量与电容量概念的内涵相对应。

定义 3: 储热容器吸收 \mathfrak{R} 热量, 温度升高 T_θ 。则该储热容器的热容量 C_θ 定义为:

$$C_\theta = \frac{\mathfrak{R}}{T_\theta} = \frac{N_\theta \cdot k_B}{T_\theta} \quad (3)$$

(3)式中热容量 C_θ 单位为 J/K², 与电容量定义

$C = \frac{q}{V}$, 单位 J/V² 比较, 两者的内涵对应关系统一。

2.2. 温度场强度

场理论中场强度是一个重要概念, 本文参照电场强度概念, 定义“温度场强度”概念。

定义 4: 设空间中温度分布函数为 $T(x)$, 定义负温度梯度 $-T'_x$ 为温度场强度 E_θ 。即:

$$E_\theta = -\frac{dT(x)}{dx} = -T'_x \quad (4)$$

(4)式温度场强度单位为 K/M; 电场强度定义负电位梯度, 单位为 V/M。显然, 热、电关于场强度概念的物理内涵相对应关系统一。

2.3. 热阻率(热导率)热阻

热阻率。现有热学理论中, 热导率的定义见表 1,

热导率 σ_θ 单位是 $W/(K \cdot M)$ ，与电导率 σ 单位 $W/(V^2 \cdot M)$ 比较，热导率与电导率内涵不对应，关系不统一。本文重新定义热阻率、热阻，使热阻率、热阻与电阻率、电阻的内涵相对应。

定义 5: 定义金属的热阻率 ρ_θ 、热导率 σ_θ 分别为:

$$\rho_\theta = \frac{1}{\sigma_\theta} = A \cdot \frac{dT}{d\mathfrak{R}} \cdot \frac{dx}{dx} \quad (5)$$

(5)式热阻率的单位是 $(K^2 \cdot M)/W$ ，与电阻率的单位 $(V^2 \cdot M)/W$ 比较，热阻率和电阻率概念内涵对应，关系统一。

根据 Wiedemann-Franz 定律可以证明：若金属电阻率为 ρ ，电导率为 σ ，洛伦茨常数(Lorenz number)为 L ^[4]，单位为 V^2/K^2 。则热导率(热导率)与电阻率(电导率)之间存在如下关系:

$$\rho_\theta = \frac{1}{\sigma_\theta} = \frac{\rho}{L} = \frac{1}{L\sigma} \quad (6)$$

热阻。表 1 中的热阻物理量，单位为 W/K ，而电阻的单位为 V^2/W ，热、电关于阻值的概念内涵不统一。本文重新定义电阻概念，使热阻与电阻内涵相对应。

定义 6: 若金属截面积为 A ，长度为 x ，金属的电阻为 R ，洛伦茨常数 L 。在(5)式、(6)式基础上定义金属热阻 R_θ 为:

$$R_\theta = \frac{R}{L} = \frac{1}{L} \cdot \left(\rho \frac{x}{A} \right) = \frac{\rho}{L} \cdot \frac{x}{A} = \rho_\theta \cdot \frac{x}{A} \quad (7)$$

(7)式中热阻 R_θ 的单位是 K^2/W 。与电阻规律

$R = \rho \frac{x}{A}$ ，单位 V^2/W 比较，热阻与电阻值概念的内涵相对应，关系规律统一。

2.4. 热流强度 热流密度

现有热学理论中，热流 I_θ 定义为单位时间通过截面的热能，即 $I_\theta = dQ_\theta/dt$ ，单位为 W ，本质是热功率。与电流概念为“单位时间通过截面的电量”比较，热流与电流概念内涵不对应。本文重新定义热流概念，使热流与电流概念的内涵相对应。

定义 7: 设在 t 时间内，通过某一截面的热量为 \mathfrak{R} 。则定义通过该截面的热流强度 I_θ 为:

$$I_\theta = \frac{d\mathfrak{R}}{dt} = \frac{d\sum k_B}{dt} \quad (8)$$

(8)式热流的单位为 W/K 。与电流的单位 W/V 比较，热流与电流概念的内涵相对应。

若热导体中热子浓度为 n_θ ，截面为 A ，温度场作用下热子运动速度为 v_θ ，在时间 t 内通过截面的热量为 $\mathfrak{R} = An_\theta v_\theta t$ 。则热流强度可表达为:

$$I_\theta = \frac{\mathfrak{R}}{t} = A \cdot \frac{n_\theta k_B v_\theta t}{t} = n_\theta k_B v_\theta \cdot A \quad (9)$$

(9)式热流表达式，与电流“ $I = nev \cdot A$ ”比较，热流强度与电流强度的规律统一。

热流密度。参照电流密度概念，也定义热流密度概念。

定义 8: 热流密度 J_θ 为单位面积的热流强度。即:

$$J_\theta = \frac{I_\theta}{A} = n_\theta k_B v_\theta \quad (10)$$

(10)式热流密度的单位为 $\frac{W}{K \cdot M^2}$ 。与电流密度 $J = nev$

单位 $\frac{W}{V \cdot M^2}$ 比较，热流密度与电流密度的内涵对应、数量关系统一。

2.5. 热学“欧姆定律”

若 T_θ 为温差， I_θ 为热流， R_θ 为热阻，对(5)式热阻系数关系式进行整理可得:

$$\frac{d\mathfrak{R}}{dt} = \frac{dT}{\rho_\theta \cdot \frac{dx}{A}}$$

把热阻(7)式、热流(8)式关系代入上式得:

$$I_\theta = \frac{T_\theta}{R_\theta} \quad (11)$$

(11)式揭示了“热阻、热流、温差”三者的数量关系规律，与电学欧姆定律所描述的“电阻、电流、电压”三者数量关系规律统一，我们且称之为“热学欧姆定律”。

2.6. 金属热功率

若金属温度场强度 $E_\theta = -T'_x(x)$ ，电阻率 ρ ，洛伦茨常数 L ，则金属热功率体密度 p_θ 为:

$$p_{\theta} = \frac{L}{\rho} E_{\theta}^2 [5]$$

把 $\rho_{\theta} = \frac{1}{\sigma_{\theta}} = \frac{\rho}{L}$ 关系代入上式, 则金属热功率体

密度 p_{θ} 可表达为:

$$p_{\theta} = \frac{E_{\theta}^2}{\rho} = \frac{E_{\theta}^2}{\rho_{\theta}} = \sigma_{\theta} E_{\theta}^2 \quad (12)$$

(12)式热功率体密度 p_{θ} , 与温度场强 E_{θ} 、热阻率 ρ_{θ} 的关系规律, 和电功率体密度 $p = \sigma E^2 = E^2/\rho$ (焦耳定律微分式)^[6]是统一关系。

根据热功率体密度(12)式和热阻关系(7)式, 且考虑温差 $T_{\theta} = (T_2 - T_1) = E_{\theta} \cdot x$ 。金属热功率 P_{θ} , 为热功率体密度 p_{θ} 与体积 Ax 之积。即:

$$P_{\theta} = p_{\theta} Ax = \frac{E_{\theta}^2}{\rho_{\theta}} Ax = \frac{(E_{\theta} \cdot x)^2}{\rho_{\theta} \cdot \frac{x}{A}} = \frac{T_{\theta}^2}{R_{\theta}} \quad (13)$$

(13)式表明, 金属热功率 P_{θ} 、热阻 R_{θ} 、温差 T_{θ} 的关系规律。与金属电功率 P 、电阻 R 、电压 V 的关系规律 $P = V^2/R$ 统一。结合(11)式“热学欧姆定律”, 则(13)

式金属热功率 P_{θ} 也可表达为如下几个关系:

$$P_{\theta} = \frac{T_{\theta}^2}{R_{\theta}} = \frac{T_{\theta}}{R_{\theta}} \cdot T_{\theta} = I_{\theta} \cdot T_{\theta} = I_{\theta}^2 \cdot R_{\theta} \quad (14)$$

(14)式表明: 金属热功率 P_{θ} 与温差 T_{θ} 、热阻 R_{θ} 、热流强度 I_{θ} 的关系规律, 与金属电功率

$P = \frac{V^2}{R} = \frac{V}{R} \cdot V = IV = I^2 R$ 的关系规律完全对应, 是统一关系。

上述初步论证了热电规律统一的观点, 为了便于比较, 本文归纳热电规律如表 2。

3. 小结

本文定义“热子”新概念, 对现有热学概念热流、热阻、热量、热容量等赋予新的物理内涵, 使热学、电学“概念”体系的内涵对应, 这些基本概念的定义或重新定义, 为建立热电统一理论奠定了基础。

本文的论证得出可靠的结论: 金属热电规律是统一的(见表 2)。金属热电规律的统一性, 反映了电场或温度场作用下, 金属中价电子在原子间移位运动遵循相同的物理规律。

Table 2. The uniform ness of the laws of calorifics and those of electrics of metals
表 2. 金属热、电物理规律统一性比较

	物理量	物理规律	物理量单位		物理量	物理规律	物理量单位
1 粒子	电子 k_e	-1.602×10^{-19}	J/V	2 数量	(电子) 电量	$q = \sum e$	J/V
	热子 k_{θ}	1.3806505^{-23}	J/K		热量	$\mathfrak{R} = \sum k_{\theta}$	J/K
3 容量	电容量 C	$C = \frac{q}{V}$	J/V ²	4 场强度	电场强度	$E = -\frac{dV}{dx}$	V/M
	热容量 C_{θ}	$C_{\theta} = \frac{\mathfrak{R}}{T_{\theta}}$	J/K ²		温度场强度	$E_{\theta} = -\frac{dT}{dx}$	K/M
5 阻率	电阻率	$\rho = A \cdot \frac{dt}{dq} \cdot \frac{dV}{dx}$	(V ² ·M)/W	6 阻值	电阻	$R = \rho \cdot \frac{x}{A}$	V ² /W
	热阻率	$\rho_{\theta} = A \cdot \frac{dt}{d\mathfrak{R}} \cdot \frac{dT}{dx}$	(K ² ·M)/W		热阻	$R_{\theta} = \rho_{\theta} \cdot \frac{x}{A}$	K ² /W
7 流强度	电流强度	$I_{\theta} = \frac{dq}{dt} = \frac{d\sum e}{dt}$	W/V	8 欧姆定律	电欧姆定律	$I = \frac{V}{R}$	W/V
	热流强度	$I_{\theta} = \frac{d\mathfrak{R}}{dt} = \frac{d\sum k_{\theta}}{dt}$	W/K		热欧姆定律	$I_{\theta} = \frac{T_{\theta}}{R_{\theta}}$	W/K
9 功率	电功率	$P = \frac{V^2}{R} = \frac{V}{R} \cdot V = I \cdot V = I^2 \cdot R$	W				
	热功率	$P_{\theta} = \frac{T_{\theta}^2}{R_{\theta}} = \frac{T_{\theta}}{R_{\theta}} \cdot T_{\theta} = I_{\theta} \cdot T_{\theta} = I_{\theta}^2 \cdot R_{\theta}$	W				

物理量单位说明: J: 焦耳, V: 伏特, K: 开尔文, M: 米, W: 瓦特。

本文对金属热学规律的认识,提出了创建性的新观点,这些创新认识与现有金属热学理论争鸣,对重新认识金属热学规律,建立热电统一理论体系具有重要的理论价值和实践意义。

本文的创新研究,对创建金属热电统一理论只是开端,在更广泛的领域论证和揭示热、电规律的统一性还有待物理学界深入研究,作者也将进一步探讨、揭示金属热电规律的统一性。

4. 致谢

感谢福州大学物理系,在本科学习阶段不仅传授知识,更指出理论的不完善性和困惑所在,这是我多年来研究基础物理的原动力。感谢我的硕士生导师、空军后勤学院高全仁教授,博士生导师后勤指挥学院林孝诚教授、王宗喜教授等,他们赋予我智慧的双眼,辩证的思维方法和自主创新的能力。感谢网络平台,它是我获取新知识的最主要途径。感谢我的孩子、中南林业科技大学硕士研究生余泽华同学,质疑自由电

子论、Debye 理论等被学术界普遍接受的名家理论绝非易事,每次退稿心生彷徨时,他总是赞美我的学术观点“闪烁着真理的光芒”,给我以继续向前的信心和力量。感谢《现代物理》等学术期刊的编辑,他们为我学术观点的传播提供机会和平台。感谢徐州市农委市场与经济信息处处长葛光明、主任科员鹿林,他们良好的修养、孜孜不倦的学习精神、一丝不苟的工作态度是我学习的榜样。

参考文献 (References)

- [1] Thermal conductivity.
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/thercond.html>
- [2] Derived from fourier's law for heat conduction.
http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_resistance
- [3] Thermal resistance circuits.
<http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node118.html>
- [4] Wiedemann-Franz law.
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/thercond.html>
- [5] 余子山. 温度场中金属热功率与价电子运动规律研究[J]. 科技创新导报, 2010, 33: 97.
- [6] 梁灿彬等. 电磁学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1980: 199.