

# 磁化率在 C. G. S 单位制和 SI 单位制之间的单位转换及公式

王春风 田 英

(哈尔滨师范大学)

**【摘要】** 本文讨论了在络合物磁化率测定实验中, 有关单位换算出现的问题, 给出了磁化率单位在 C. G. S 单位制和 SI 单位制间的转换关系, 以及 Gouy 法基本公式在两种单位制下的表达形式和联系

**关键词:** 磁化率; 磁场强度; 单位制

## 0 引言

通过物质磁化率的测量来计算分子中未成对电子数是研究分子中成键情况的有效方法。磁化率的测定同时涉及物理学和物质结构两门学科中的磁化强度、磁感应强度、磁场强度、分子磁矩等物理量。目前物理学中计算都倾向采用国际单位, 但由于至今磁学量的测量大多采用 C. G. S 单位, 一些教科书上只给出了两种单位制(C. G. S 单位和 SI 单位)下磁化率的数值, 而没有换算公式<sup>[1]</sup>, 有的教科书中甚至出现了单位转换的错误结果<sup>[2]</sup>, 致使学生在磁化率的单位换算时出现混乱。本文分析了产生混乱的原因, 说明了在磁学量的测量中, 各磁学量单位转换时应注意的问题, 统一了两种单位制下公式的两种不同表达形式。

## 1 磁化率在 C. G. S 单位制和 SI 单位制之间的换算关系

磁学量一般都采用绝对电磁单位量度, 绝对电磁单位是以 cm、g、s 做为长度、质量和时间三个基本量的单位, 根据平行电流间的磁作用力确定电流强度的单位, 再从这个单位和其它磁学量的有关定义和定律出发导出其它各量的单位。

在磁学中, 非铁磁性物质的体积磁化率定义为

收稿日期: 1999- 11- 20

$$\chi = \bar{M} / \bar{H} \quad (1)$$

$\bar{H}$  为外磁场的磁场强度, 在 C. G. S 单位制中为奥斯特, 符号  $O_e$ ;  $\bar{M}$  为磁化强度, 在 C. G. S 单位制中为高斯, 符号  $G_s$ . 在 SI 单位制中, 磁化强度  $\bar{M}$  和磁场强度  $H$  的单位相同, 都是  $A \cdot m^{-1}$ . 所以在 SI 单位制中, 体积磁化率  $\chi$  是个无单位的纯量, 但在 C. G. S 单位制中,  $\chi$  却隐含  $O_e/G_s$  这个名数, 它经常引起 SI 单位制中磁化率单位的混乱. 例如, 按照单位质量磁化率  $\chi_g$  和摩尔磁化率  $\chi_M$  的定义

$$\chi_g = \chi / \rho \quad \chi_M = \chi / \rho \cdot M$$

$\rho$ 、 $M$  分别为物质的密度和摩尔质量. 在 C. G. S 单位制中,  $\chi_g$  和  $\chi_M$  的单位分别为  $cm^3/g$  和  $cm^3/mol$ , 那么由 C. G. S 单位向 SI 单位换算时, 似乎应该为

	C. G. S	SI
$\chi_g$	$1 cm^3/g$	$10^{-3} m^3/kg$
$\chi_M$	$1 cm^3/mol$	$10^{-6} m^3/mol$

但这是个典型的错误变换, 却明显的反映在有的教科书中, 例如<sup>[2]</sup>将水的 C. G. S 单位下的  $\chi_g = -0.720 \times 10^{-6} cm^3/g$  变换为 SI 单位下的  $\chi_g = -0.720 \times 10^{-12} m^3/kg$ , 将莫尔氏盐在 C. G. S 单位下的  $\chi_g = 9500 \times 10^{-6} / (T+1) cm^3/g$  变换为 SI 单位下的  $\chi_g = 9500 \times 10^{-12} / (T+1) m^3/kg$ . 学生们也经常进行这种简单的直接变换, 致使计算结果出现较大误差.

实际上磁化率在由 C. G. S 单位向 SI 单位转换时, 涉及到在 C. G. S 单位中磁化强度的单位是  $G_s$ , 磁场强度的单位是  $O_e$ , 它们的关系是  $1 G_s = 4\pi O_e$ , 即体积磁化率  $\chi$  在两种单位制下比值是不同的, 相差  $4\pi$  这个因子. 因此, 磁场强度和磁化强度的 C. G. S 单位与 SI 单位间的转换关系应为

	SI	C. G. S
磁场强度	$1 A \cdot m^{-1}$	$4\pi \times 10^{-3} O_e$
磁化强度	$1 A \cdot m^{-1}$	$10^{-3} G_s$

这样磁化率从 C. G. S 单位到 SI 单位的转换关系就应为

	C. G. S	SI
$\chi$	1	$4\pi$
$\chi_g$	$1 cm^3 \cdot g^{-1}$	$4\pi \times 10^{-3} m^3 \cdot kg^{-1}$
$\chi_M$	$1 cm^3 \cdot mol^{-1}$	$4\pi \times 10^{-6} m^3 \cdot mol^{-1}$

这个正确的转换关系在确定物质的磁化率数量和单位时有唯一的重要地位. 如莫尔氏盐的质量磁化率在 C. G. S 单位中为

$$\chi_g = 9500 \times 10^{-6} / (T+1) cm^3 \cdot g^{-1},$$

在 SI 单位中只有

$$\chi_g = 4\pi \times 10^{-3} \times 9500 \times 10^{-6} / (T+1) m^3 \cdot kg^{-1},$$

是正确的

## 2 Gouy 法基本公式在 C. G. S 单位和 SI 单位中的表达形式

由于目前 C. G. S 单位<sup>[1]</sup>与 SI 单位<sup>[3]</sup>在磁化率测定实验中并用, 学生们经常不能认识到两种单位制下 Gouy 法中基本公式的不同表达形式, 出现单位制与公式不配套使用的情况而造成混淆. 下面将两种单位制下公式的两种形式统一起来, 以便正确的使用

在忽略空气体积磁化率的情况下, Gouy 法的基本公式在 C G S 单位制和 SI 单位制中的表达形式分别如下:

$$f_z = \frac{H_0}{H} \chi_H S \frac{\partial H}{\partial z} dz \quad (4a)$$

$$\chi_M = \frac{N_A \mu_m^2}{3kT} \quad (5a)$$

$$f_z = \frac{H_0}{H} \mu_0 \chi_H S \frac{\partial H}{\partial z} dz \quad (4b)$$

$$\chi_M = \frac{N_A \mu_m^2 \mu_0}{3kT} \quad (5b)$$

由上述公式可知, 所有 SI 公式都比 C G S 公式多了一个量  $\mu_0$  (真空磁导率). 将 (4a) 和 (4b) 式共同表达为:

$$f_z = \frac{H_0}{H} B S \frac{\partial H}{\partial z} dz \quad (4)$$

使从更基本的物理量来理解 (4a)、(4b) 的差别变得非常容易  $B$  为物质被磁化产生的附加磁感应强度, 其与  $M$  的关系为

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{M} = \mu_0 \chi \vec{H} \quad (6)$$

在 C G S 中真空磁导率  $\mu_0 = 1$ , 且无量纲, 自然存在 (4a) 式, 在 SI 单位中  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ , 自然存在 (4b) 式, 进一步应清楚的是根据 (4a) 式标定出的  $H$  单位是  $\text{Oe}$ , 根据 (4b) 式标定出的  $H$  单位是  $\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$ .

(5a)、(5b) 式为居里定律分别在 C G S 和 SI 单位制下的两种表达形式, 如何理解它们的差别呢? 可以将单个分子看成一个偶极子, 一个偶极子<sup>[4]</sup>的固有磁矩  $\mu_m$  在外磁场方向的分量  $\mu_z$  为:

$$\mu_z = \frac{\mu_m^2 B}{3kT} \quad (7)$$

磁化强度

$$\vec{M} = n \vec{\mu}_z = \frac{n \mu_m^2 B}{3kT} \quad (8)$$

$n$  为单位体积内的分子数 将磁感应强度  $B = \mu_0 H$  代入 (8) 式整理得

$$\chi = \frac{n \mu_m^2 \mu_0}{3kT} \quad (9)$$

1 摩尔物质中的分子数  $N_A = 6.023 \times 10^{23} = n \cdot M / \rho$ ,  $M$  为物质的摩尔质量,  $\rho$  为物质的密度, 将  $n = N_A \cdot \rho / M$  代入 (9) 式整理得

$$\chi \cdot M / \rho = \frac{N_A \mu_m^2 \mu_0}{3kT} \quad (10)$$

即可得到 (5a) 和 (5b) 式的统一形式

$$\chi_M = \frac{N_A \mu_m^2 \mu_0}{3kT} \quad (5)$$

在 C G S 单位制中  $\mu_0 = 1$ , 即为 (5a) 式; 在 SI 单位制中  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ , 即为 (5b) 式

由此, 在明确了  $\mu_0$  在两种单位制下的取值后, 即可把 Gouy 法的基本公式统一成 (4)、(5) 两式, 就不会出现混淆了.

## 参 考 文 献

- 1 东北师范大学等校编《物理化学实验》,高等教育出版社,1993年,P273
- 2 赵林治、杨书廷《结构化学实验指导》,河南大学出版社,1992年,P345
- 3 蔡显甄、项一非等《物理化学实验》,高等教育出版社,1993年,P199
- 4 M. A. 奥默尔著《固体物理学基础》,北京师范大学出版社,1987年,P488

# UNIT TRANSFORMATION BETWEEN C. G. S AND SI UNIT SYSTEMS OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY

Wang Chunfeng Tian Ying

(Harbin Normal University)

## ABSTRACT

The cause of arising confusion between C. G. S and SI unit systems of susceptibility is explained, and the two different formula expressions of these two systems of unit are standardized

**Keywords** Magnetic susceptibility; Magnetic field intensity; System of unit