

探析相对密度的含义及在使用中存在的问题

吴孙富¹, 夏时君², 沈素帆³

(1. 当阳市第二高级中学, 湖北当阳 444100; 2. 深圳市新安中学, 广东深圳 518101; 3. 韶关市北江中学, 广东韶关 512026)

摘要: 分析说明了相对密度的含义是某温度和压强下某物质的密度与另一温度和压强下另一种物质的密度之比, 说明了相对密度的使用意义的表达比较简便。指出了相对密度在使用中存在的两个问题, 一是许多老师不明白相对密度的准确含义, 二是相对密度在转载中逐步忽视了部分数据的测定条件。还就相对密度问题对教材建设提出了建议。

关键词: 相对密度; 中学化学; 化学教学

文章编号: 1005-6629(2015)1-0095-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

有同行老师在笔者所在的 QQ 群“我们爱化学”中提出问题:“分析化学中相对密度的含义是什么?” 对此问题, 在拥有 293 名化学教师的 QQ 群里没有人作出正确的回答, 笔者也不知道其准确含义。笔者在阅读北京师范大学等校所编的《有机化学》^[1] 时, 又遇到了符号 d_4^{20} 。《有机化学》也没有说明 d_4^{20} 的含义, d_4^{20} 的含义到底是什么呢?

1 “相对密度”的含义及其使用意义

1.1 “相对密度”的含义

在《有机化学》“表 2-1 直链烷烃的物理常数”中, 符号“ d_4^{20} ”附在相对密度后的括号里, 可见符号 d_4^{20} 表示的是某种物质的相对密度。 d 是密度的符号, 符号 d_4^{20} 中的 20 和 4 分别表示什么呢? 《有机化学》没有说明。在普通高中课程标准实验教科书《化学·必修》^[2] 中, 在页脚处对相对密度(无符号 d_4^{20})所作的注释是:“在未特别指明的情况下, 本书中的相对密度均指 20℃时某物质的密度与 4℃时水的密度的比值。”在全日制普通高级中学教科书(必修加选修)《化学·第二册》^[3] 中, 在页脚处对相对密度(亦无符号 d_4^{20})所作的注释是:“本书中的相对密度(符号为 d), 在未特别指明的情况下, 均指 20℃时某物质的密度与 4℃时水的密度的比值。”《化学用表》^[4] 中对“比重”(即密度)有这样的

说明:“一般是化合物 20℃时的密度与水在 4℃时的密度之比。凡不是 d_4^{20} 的数据, 都另作特殊标记。 $1.013 \frac{15^\circ}{15^\circ}$ 表示化合物在 15℃时的密度对水在 15℃时的密度之比(即 d_{15}^{15})为 1.013。”

综上所述, 各教材和化学用表中所说的相对密度是指某温度时某物质的密度与另一温度时另一种物质(通常是水)的密度的比值。 d_4^{20} 是一种相对密度的符号, d_4^{20} 表示 20℃时某物质的密度与 4℃时水的密度的比值。在未特别说明的情况下, 各教材中的相对密度均指 d_4^{20} 。

笔者认为, 由于物质的密度、特别是气体物质的密度是受温度和压强两个因素影响的, 所以相对密度的准确含义应该是: 某温度和压强下某物质的密度与另一温度和压强下另一种物质(通常是水)的密度的比值, 压强一般为 1atm。

1.2 使用“相对密度”的意义

为什么要使用相对密度? 作为中学化学老师, 笔者只是偶尔接触了相对密度的概念, 没有足够的资料借以阐明相对密度的来龙去脉。就笔者在网上搜索的情况来看, 相对密度在科学上还是有一些应用的, 如药品检验中可以用相对密度测定法测定药品的纯度。笔者在此主要从中学化学教学的角度来探讨一下中学化学教

纺织大学出版社, 2001.

[11] Fucfs Y, Lagache M, Linares J, et al. Fe-tourmaline synthesis under different T and fCO₂ conditions [J]. American Mineralogist, 1998, (83): 525~534.

[12] Christine M Clark. Tourmaline: Structural formula calculations [J]. The Canadian Mineralogist, 2007, 45 (2): 229~237.

[13] 康文杰, 王秀峰等. 电气石类负离子释放功能材料研究进展 [J]. 硅酸盐通报, 2013, 32 (3): 409~413.

[14] 邵敏, 王进美. 负离子纺织品的开发与应用 [J]. 纺织科技进展,

2008, (4): 4~6.

[15] 苍凤波. 负离子功能纺织品 [J]. 毛纺科技, 2005, (7): 43~45.

[16] 黄凤萍, 雷建, 李纓. 负离子抗菌复合陶瓷研究 [J]. 硅酸盐通报, 2006, 25 (5): 147~151.

[17] 高丽宽纪. 无机系抗菌剂开发与现状 [J]. Jantibact Antifung Agents, 1996, 24 (7): 509~511.

[18] 汪世平. 水性负离子涂料的制备及其应用 [J]. 上海涂料, 2011, 49 (3): 52~53.

材中使用“相对密度”的意义。

就笔者所查的几本教材和资料中所使用的相对密度来看,这些相对密度主要就是通过比值运算消掉了密度的单位,只用数值来表示密度的大小。上述提到的几本教材中使用的相对密度一般都是 d_4^{20} , 在 4℃ 时水的密度最大,为 0.99997 g/mL, 该密度的近似值为 1.0000 g/mL, 此近似值的精确度为万分之一。只要取 20℃ 时某物质的密度与 1.0000 g/mL 相除, 就可以得到 d_4^{20} 。这就是说, 用 4℃ 时水的密度 1.0000 g/mL 来计算确定其他物质的相对密度有两个优点, 一是精确度高, 二是计算简便。若在 20℃ 时所测某物质的密度本身具有较高的精确度, 则取该密度与 1.0000 g/mL 相除消掉单位就可以得到一个精确度很高的相对密度。

与密度相比, 在精确度要求不是特别高的情况下, 相对密度与密度的数值相同, 相对密度没有单位, 表达起来显得略微简便一些。就科学上的应用来说, 上述提到的相对密度测定法测定药品的纯度所测的一般都是 d_4^{20} , 有时是 d_4^T , d_4^T 表示温度为 T 时某物质的密度与 4℃ 时水的密度的比值。这种相对密度测定法其实就是密度测定法, 区别在于密度测定法所测的数据必须带单位, 相对密度测定法所测的数值不带单位, 实际上也就是在记录和表达上简便一些。

2 使用“相对密度”存在的问题

由上述探讨可见, 在中学化学教材中使用相对密度的意义并不大, 相反, 在中学化学教材中使用相对密度倒是两个明显的缺陷。

2.1 明确“相对密度”准确含义的中学教师很少

从历来的教学大纲、考试大纲、课程标准来看, 中学化学教学都没有对相对密度提出过要求, 高考命题也不曾涉及过相对密度。就笔者向高中物理老师、生物老师所了解的情况来看, 物理和生物两科的教材和教学从来就不涉及相对密度。就教材和《化学用表》对相对密度所做的注释和说明来看, 这些注释和说明都不是很严谨。物质的密度、尤其是气体的密度是受温度和压强两个因素影响的, 在没有专门说明温度和压强的情况下, 物质的密度是指在室温(一般是指 20℃)和 1atm 下测定的密度。若要注明某物质密度的测定条件, 就要同时注明温度和压强两个条件。上述教材和资料在注释和说明相对密度时均只说明了测定时的温度, 均没有说明测定时的压强。这些因素的存在, 使得中学化学老师对相对密度一般都有所知晓, 但很少有人弄通弄懂。在拥有 293 名中学化学教师的 QQ 群里没有人知道 d_4^{20} 的准确含义可以说明这一点。

教师不明白相对密度的准确含义, 学生忽视相对

密度的存在, 在教材上出现相对密度就没有什么意义了。

2.2 相对密度的数据在转载中积累错误

我们已经知道, 有关教材和资料虽然对相对密度进行了注释和说明, 但这些注释和说明都不够严谨, 这种不严谨的不良习惯逐渐积累会直接导致教材和资料中的某些数据的物理意义不清或者毫无意义。上述三本教材和《化学用表》中部分烷烃的相对密度如表 1。

表 1 各教材和用表中六种烷烃的相对密度

物质	有机化学	化学 2·必修	化学·第二册	化学用表
甲烷	0.424	无	0.466 [*]	0.415 ^{-164°}
乙烷	0.546	无	0.572 ^{**}	0.546 ^{-88°}
丙烷	0.582	0.5005	0.5853 ^{***}	0.585 ^{-44.5°}
丁烷	0.579	0.5788	0.5788	0.579
戊烷	0.6263	0.5572	0.6262	0.6262
癸烷	0.7298	0.72980	0.7300	0.7300

教材注: * 甲烷的相对密度是 -164℃ 时的数据

** 乙烷的相对密度是 -100℃ 时的数据

*** 丙烷的相对密度是 -45℃ 时的数据

笔者注: 表中的丁烷、戊烷、癸烷是指正丁烷、正戊烷、正癸烷。

上表中的数据都是笔者从各教材和《化学用表》中原文摘录下来的, 所有这些数据都没有说明测定时的压强, 估计测定这些数据的压强可能都是 1atm 吧。就全日制普通高级中学教科书(必修加选修)《化学·第二册》和《化学用表》中甲烷的相对密度来看, 这两个相对密度的测定温度相同, 但彼此的偏差很大, 笔者置疑二者的测定压强不同。上表数据中有 6 个数据有注解或角标, 这 6 个数据当然就不是 1atm 下的 d_4^{20} 。其余的数据没有注解或角标, 依据原教材和《化学用表》中的注释、标示或说明来看, 这些没有注解或角标的数据都应该是 1atm 下的。若将这些数据换算成 1atm、20℃ 时的密度的话, 则《有机化学》教材中甲烷、乙烷、丙烷、丁烷的密度便依次是 0.424 g/cm³、0.546 g/cm³、0.582 g/cm³、0.579 g/cm³, 《化学 2·必修》中丙烷的密度为 0.5005 g/cm³, 丁烷的其余三个密度均约为 0.579 g/cm³。

由于甲烷的沸点为 -161.5℃、乙烷的沸点为 -88℃、丙烷的沸点为 -42.1℃、正丁烷的沸点为 -0.5℃, 所以在 20℃、1atm 下, 甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷都是气体。在 20℃、1atm 下, 气体摩尔体积 $V_m = 22.4 \text{ L/mol} \times \frac{293\text{K}}{273\text{K}} = 24.0 \text{ L/mol}$ 。在 20℃、1atm 下, $d(\text{甲烷}) \approx \frac{16 \text{ g/mol}}{24.0 \text{ L/mol}} = 0.667 \text{ g/L}$ 、 $d(\text{乙烷}) \approx \frac{30 \text{ g/mol}}{24.0 \text{ L/mol}} = 1.25 \text{ g/L}$ 、 $d(\text{丙烷}) \approx \frac{44 \text{ g/mol}}{24.0 \text{ L/mol}} = 1.833 \text{ g/L}$ 、 $d(\text{正丁烷}) \approx \frac{58 \text{ g/mol}}{24.0 \text{ L/mol}} =$

2.417 g/L, 这些计算式中都用了约等号, 这是由于理论计算值与实验测定值常常存在微小的偏差。与甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷在 20℃、1atm 下的理论计算密度相比较可知(注意单位), 上表中没有角标和注解的气体相对密度均不是 1atm 下的 d_4^{20} 。这些缺乏测定条件的数据肯定都有其原始来源, 笔者没有资料来考证这些数据的原始来源。就事论事来说, 这些数据肯定是编辑老师们在编辑转载时忽略了各数据的测定条件, 把它们笼统地当成了 1atm 下的相对密度 d_4^{20} 。

科学的表达方式应该力求简便, 但“简便”的前提是必须严谨。上述各教材和化学用表中六个烷烃的相对密度都或多或少地存在不严谨的地方, 这些“不严谨”可能是在简化表达方式的过程中逐步积累的。首先, 各教材和化学用表的编辑都忽视了压强对气体密度的影响, 也可能上述所有数据的测定压强确实都是 1atm, 只是未注明而已; 后来, 有的编辑又忽视了部分数据的测定温度。这种先后的“忽视”可从上述各教材和化学用表的出版年月和存在问题的多少体现出来, 这种先后“忽视”的逐步积累就导致了《有机化学》教材中的一个表格中至少有四个数据的物理意义不明, 因此, 我们在简化表达方式的过程中应该确保表达方式

的严谨性。

3 建议

在中学阶段, 密度的教学是物理课程的任务, 但物理课程没有提及相对密度的概念。既然中学物理、中学生物等学科都不曾提及相对密度的概念, 再加上相对密度在中学化学乃至大学普通化学中都没有什么实际的用途, 那么, 中学化学教材中就不必提及相对密度的概念。为此, 笔者建议将中学化学教材中的“相对密度”修改为“密度”, 明确给出各密度的单位并注明密度的测定条件, 特别是要注明气体物质的密度测定条件。当然, 大学教材中不严谨的相关内容也应该及时修改。

参考文献:

- [1] 尹冬冬主编. 有机化学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [2] 人民教育出版社化学室编. 全日制普通高级中学教科书(必修加选修)·化学(第二册) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2007.
- [3] 人民教育出版社等编著. 普通高中课程标准实验教科书·化学 2(必修) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2007.
- [4] 顾庆超等编. 化学用表 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1979.

2015 年本刊继续关注——作业设计与应用

作业是化学课堂教学的重要环节、延续和补充。一直以来, 在作业设计与应用中存在着诸多问题为社会所诟病, 已成为减负增效的关键, 到了亟待解决和“攻坚”的时候。为促进对“作业设计与应用”的研究和实践, 探索“增效减负”的有效策略, 本刊在过去的 2014 年对“作业设计”进行了特别关注, 并刊登了一系列的文章, 其中既有专家的论述又有一线教师的思考和实践, 得到广大读者的热烈响应和欢迎。

同时, 我们也认识到要攻克“作业”这一难题并非易事, 需要更多有识之士的共同参与和努力。因此, 2015 年本刊将继续关注——作业设计与应用, 并从 2015 年第 1 期开始特设“作业研究”专栏, 围绕以下选题组稿:

- 化学作业的现状与分析
- 化学作业设计与应用的理论基础
- 化学作业设计与应用研究的方向与方法
- 化学课时作业的编制与应用实践研究
- 化学教科书作业系统的设计与教学研究
- 国内外中学化学作业设计的比较研究

欢迎各位学者、一线教师不吝赐稿, 并通过《化学教学》网上投稿系统投稿 (<http://www.chemedu.cn>)。欢迎广大读者关注 2014 年本刊“专论”及“作业研究”栏目的相关文章, 并通过各种途径向我们提供意见和建议。

《化学教学》编辑部