

# 工作报告-凝固点下降法测定摩尔质量实验报告

## 一、实验目的

### 1. 了解凝固点下降法测定摩尔质量的原理

凝固点下降法是一种经典的物理化学实验方法，主要用于测定物质的摩尔质量。该方法的原理基于溶液的凝固点低于纯溶剂的凝固点这一现象。当非挥发性溶质加入到溶剂中时，溶质分子会干扰溶剂分子的有序排列，使得溶液的凝固点下降。这一现象可以通过测量溶液的凝固点与纯溶剂凝固点之间的差异来定量分析溶质的摩尔质量。

具体来说，溶质的摩尔质量与其在溶液中引起的凝固点下降值成正比。这种正比关系可以通过克劳修斯-克拉佩龙方程来描述，该方程将凝固点下降与溶质的摩尔质量、溶剂的摩尔质量、溶剂的凝固点、溶液的摩尔分数以及溶液的范特霍夫因子联系起来。通过实验测定溶液的凝固点下降值，结合已知溶剂的摩尔质量和凝固点，可以计算出溶质的摩尔质量。

在实际操作中，凝固点下降法通常采用凝固点测定仪进行实验。实验过程中，将已知量的溶质溶解在已知量的溶剂中，然后逐渐降低温度，直到溶液开始凝固。通过测量溶液凝固时的温度，即可得到溶液的凝固点。通过比较溶液的凝固点与纯溶剂的凝固点，可以计算出溶液的凝固点下降值，进而根据克劳修斯-克拉佩龙方程计算出溶质的摩尔质量。凝固点下降法具有操作简便、实验条件易于控制、结果准确等优点，因此在化学、生物学、医药学等领域得到了广泛的应用。

## 2. 掌握凝固点下降实验的操作步骤

(1) 实验前准备：首先，检查实验装置是否完好，包括凝固点测定仪、温度计、搅拌器、容器等。确保所有仪器清洁且干燥，避免杂质影响实验结果。然后，准确称取一定量的溶质，使用分析天平进行精确测量，并将溶质置于干燥的容器中。

(2) 溶液配制：将称量好的溶质加入已知量的溶剂中，使用容量瓶确保溶剂的体积准确。将混合物倒入凝固点测定仪的样品管中，确保样品管干净无水迹。使用搅拌器充分搅拌溶液，直到溶质完全溶解。

(3) 凝固点测定：将样品管放入凝固点测定仪中，开始缓慢降低温度。观察温度计的读数，当溶液开始凝固时，记录此时的温度，即为溶液的凝固点。在整个实验过程中，保持搅拌器匀速搅拌，以确保溶液均匀冷却。实验结束后，清

洗所有实验器材，以备下次使用。

### 3. 学习如何处理实验数据并计算摩尔质量

(1)

**数据记录:** 在实验过程中, 详细记录实验数据, 包括溶质的摩尔质量、溶剂的摩尔质量、溶剂的凝固点、溶液的凝固点、溶液的摩尔分数、实验温度等。确保所有数据准确无误, 以便后续计算和分析。

(2) **数据处理:** 首先, 计算溶液的摩尔分数, 即溶质的摩尔质量除以溶液的总摩尔质量。然后, 使用克劳修斯-克拉佩龙方程, 将实验得到的溶液凝固点与纯溶剂凝固点之差、溶剂的摩尔质量、溶剂的凝固点以及溶液的摩尔分数代入方程, 解出溶质的摩尔质量。

(3) **结果分析:** 比较实验计算得到的摩尔质量与理论值, 分析误差来源。可能的原因包括实验过程中的误差、溶剂的摩尔质量不准确、温度计读数误差等。通过多次实验, 取平均值以减小误差。同时, 根据实验结果, 讨论实验方法的优缺点, 并提出改进建议。

## 二、实验原理

### 1. 凝固点下降的基本原理

(1) 凝固点下降是指当非挥发性溶质加入到溶剂中时, 溶液的凝固点低于纯溶剂的凝固点。这是由于溶质分子干扰了溶剂分子的有序排列, 使得溶液在冷却过程中需要更低的温度才能从液态转变为固态。

(2) 凝固点下降的大小与溶质的摩尔质量成正比, 即溶质摩尔质量越大, 溶液的凝固点下降越明显。这种关系可以通过范特霍夫方程来描述, 该方程将凝固点下降与溶质的摩

尔质量、溶剂的摩尔质量、溶剂的凝固点以及溶液的摩尔分数联系起来。

(3) 凝固点下降法测定摩尔质量的基本原理是利用溶液的凝固点下降值来确定溶质的摩尔质量。通过测量溶液的凝固点与纯溶剂凝固点之间的差异，结合溶剂的摩尔质量和凝固点等已知数据，可以计算出溶质的摩尔质量。这一方法在化学、生物学、医药学等领域有着广泛的应用。

## 2. 摩尔质量与凝固点下降的关系

(1) 摩尔质量与凝固点下降之间存在直接的关系。当向溶剂中加入非挥发性溶质时，溶质分子会干扰溶剂分子的有序排列，导致溶液的凝固点低于纯溶剂的凝固点。这一现象称为凝固点下降。

(2) 凝固点下降的大小与溶质的摩尔质量成正比。溶质摩尔质量越大，溶液的凝固点下降越显著。这是因为摩尔质量较大的溶质分子在溶剂中占据的空间较大，对溶剂分子的排列干扰程度更高。

(3) 范特霍夫方程描述了摩尔质量与凝固点下降之间的关系。根据范特霍夫方程，凝固点下降与溶质的摩尔质量、溶剂的摩尔质量、溶剂的凝固点以及溶液的摩尔分数有关。通过实验测定溶液的凝固点下降值，结合已知溶剂的摩尔质量和凝固点，可以计算出溶质的摩尔质量，从而揭示了摩尔质量与凝固点下降的密切联系。这一关系在化学、生物学、医药学等领域有着重要的应用价值。

## 3. 实验中涉及的热力学公式

(1)

范特霍夫方程是凝固点下降实验中涉及的核心热力学公式之一。该方程表达了溶液的凝固点下降与溶质的摩尔质量、溶剂的摩尔质量、溶剂的凝固点以及溶液的摩尔分数之间的关系。其数学表达式为： $\Delta T_f = K_f * m$ ，其中  $\Delta T_f$  表示凝固点下降值， $K_f$  为溶剂的摩尔凝固点下降常数， $m$  为溶质的摩尔浓度。

(2) 克劳修斯-克拉佩龙方程描述了相变过程中的热力学平衡关系，包括固液相变和气液相变。在凝固点下降实验中，该方程可以用来计算溶液的凝固点。方程为： $dP = \Delta H_{vap} / T * dT$ ，其中  $dP$  为相变过程中压强的变化， $\Delta H_{vap}$  为相变过程中的焓变， $T$  为温度， $dT$  为温度变化。

(3) 熵变和焓变是热力学中的基本概念，它们在凝固点下降实验中也有应用。熵变 ( $\Delta S$ ) 表示系统无序度的变化，焓变 ( $\Delta H$ ) 表示系统在相变过程中吸收或释放的热量。在凝固点下降实验中，溶质分子进入溶剂会导致系统熵的增加，同时溶质与溶剂分子间的相互作用会影响系统的焓变。这些热力学参数的变化对理解凝固点下降现象至关重要。

### 三、实验仪器与材料

#### 1. 实验仪器清单

(1) 凝固点测定仪: 凝固点测定仪是实验中的核心仪器，用于精确测量溶液的凝固点。该仪器通常包括一个可以精确控制温度的加热/冷却装置，一个温度传感器，以及一个显示凝固点的数字温度计。凝固点测定仪应能够提供稳定的温

度梯度，确保实验结果的准确性。

(2) 温度计: 实验中需要使用高精度的温度计来测量溶液的凝固点。温度计的量程应覆盖溶剂和溶液的预期凝固点范围, 同时具有足够的分辨率来捕捉细微的温度变化。常用的温度计类型包括水银温度计和数字温度计。

(3) 搅拌器: 搅拌器用于确保溶液在实验过程中均匀混合, 防止局部过冷或过热。搅拌器可以是机械式或磁力式, 选择时应考虑其是否适用于实验装置, 以及是否能够提供足够的搅拌强度以保持溶液的均匀性。此外, 搅拌器的速度控制也是选择时需要考虑的因素。

## 2. 实验材料清单

(1) 溶质: 实验中需要精确称取一定量的非挥发性溶质。溶质的选择应根据实验目的和预期摩尔质量范围来确定。溶质应具有良好的溶解性, 且在实验条件下稳定, 不与溶剂发生化学反应。

(2) 溶剂: 溶剂的选择应基于溶质的溶解性和实验要求。通常选择凝固点较低、沸点较高的溶剂, 如水、乙醇或苯等。溶剂的纯净度对实验结果有重要影响, 因此应使用分析纯或更高纯度的溶剂。

(3)

容器与辅助材料：实验过程中需要使用到各种容器和辅助材料，包括容量瓶、样品管、滴定管、烧杯、玻璃棒等。容量瓶用于准确配制溶液，样品管用于容纳实验溶液，滴定管用于精确加入溶质，烧杯用于溶液的初步混合，玻璃棒用于搅拌溶液，以确保实验的顺利进行。所有容器在使用前均需彻底清洗并干燥。

### 3. 仪器的使用方法

(1) 凝固点测定仪的使用：首先，将凝固点测定仪的样品管清洗干净并干燥。接着，将已配制好的溶液倒入样品管中，确保溶液量不超过管子标线的上限。将样品管放置在凝固点测定仪的样品夹中，并调整温度计的位置，使其能够准确读取温度。启动凝固点测定仪，开始缓慢降低温度，同时使用搅拌器搅拌溶液。当溶液开始凝固时，观察温度计的读数，记录凝固点的温度。

(2) 温度计的使用：在使用温度计时，应确保温度计的量程适合实验所需的温度范围。将温度计的感温部分完全浸入溶液中，但不要触及容器底部或壁。在读取温度时，应保持视线与温度计液柱的上表面平行，以避免视差误差。在实验过程中，温度计应始终保持清洁，以防止污染或损坏。

(3) 搅拌器的使用：搅拌器通常用于确保溶液在实验过程中均匀混合。使用搅拌器时，应将其固定在搅拌架上，并调整到适当的速度。搅拌速度不宜过快，以免产生过多的泡沫或导致溶液溅出。在实验过程中，应定期检查搅拌器的运

行情况，确保其稳定工作。完成实验后，清洁搅拌器，以备下次使用。

#### 四、实验步骤

##### 1. 样品准备

(1)

**溶质称量：**首先，使用分析天平精确称取所需量的溶质。称量时，应将溶质放在干燥的称量纸或称量船上，避免溶质吸湿或与天平接触不良。在称量过程中，应确保天平稳定，并记录下溶质的质量。

**(2) 溶剂准备：**根据实验要求，选择合适的溶剂。将溶剂倒入容量瓶中，使用容量瓶的刻度线作为参考，确保溶剂的体积准确。在加入溶剂的过程中，可以使用滴定管或移液管来精确控制体积。

**(3) 混合与溶解：**将称量好的溶质加入已准备好的溶剂中。使用玻璃棒轻轻搅拌，确保溶质能够充分溶解。搅拌时，注意不要用力过猛，以免产生过多的气泡或导致溶液溅出。溶质完全溶解后，检查溶液是否清澈，如有必要，可以继续搅拌或加热以促进溶解。溶解完成后，将溶液转移到凝固点测定仪的样品管中，准备进行凝固点测定。

## 2. 凝固点测定

**(1) 准备实验装置：**首先，确保凝固点测定仪的样品管和温度计已经清洁且干燥。将配制好的溶液倒入样品管中，注意不要超过样品管的标线。将温度计插入溶液中，确保温度计的感温部分完全浸入溶液，但不要触及容器底部或壁。

**(2) 开始实验：**打开凝固点测定仪，启动加热/冷却系统。开始缓慢降低温度，同时使用搅拌器均匀搅拌溶液。观察温度计的读数，当溶液开始凝固时，记录此时的温度。继续搅拌并观察温度变化，记录溶液完全凝固时的温度。

(3)

**数据记录与分析：**在实验过程中，详细记录溶液的凝固点温度、搅拌速度、溶液的初始温度、溶剂的凝固点等信息。实验结束后，根据记录的数据，计算溶液的凝固点下降值，并与理论值进行比较。分析实验结果，讨论可能存在的误差，并对实验过程进行总结。如果需要，可以重复实验以验证结果的准确性。

### 3. 数据记录与分析

(1) **数据记录：**在实验过程中，准确记录所有相关数据，包括溶液的初始温度、溶剂的凝固点、溶液的凝固点、搅拌速度、实验时间、使用的溶质量和溶剂体积等。确保记录的数据清晰、完整，以便后续分析。

(2) **数据整理：**将记录的数据进行整理，包括计算溶液的摩尔浓度、凝固点下降值以及根据范特霍夫方程计算出的摩尔质量。在整理过程中，检查数据是否存在错误或异常值，并进行必要的修正。

(3) **数据分析：**对整理后的数据进行统计分析，包括计算平均值、标准偏差等。将实验结果与理论值进行比较，分析误差来源，如实验操作误差、仪器精度、环境因素等。通过数据分析和讨论，评估实验结果的可靠性和准确性，并总结实验的结论和建议。如果实验结果与理论值存在较大偏差，可以探讨可能的改进措施，以提高实验的准确性和重复性。

## 五、实验数据

### 1. 实验原始数据记录

(1) 实验日期：[填写日期]

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/998077111115007013>