

UE1080350

落球黏度计



实验步骤

- 测量球体在丙三醇水溶液中下降时下落时间和温度的函数关系
- 将测量出的动态粘度值与文献中的引用值进行对比
- 将动态粘度和温度的依赖关系和安德雷德方程的预言进行比较，并求出活化能

实验目的

测量丙三醇水溶液的动态粘度

概述

动态粘度，速度的梯度和液体的切应力的比例系数，体现了一个物体在液体中下滑时受到的阻力，可以用 Hoppler 落球式粘度计来测量，同时可以使用循环恒温计来独立测量温度。测量值由在丙三醇水溶液中的实验测得，这样就可以验证安德雷德方程描述的粘度与温度的依赖关系。

所需仪器

数量	描述	型号
1	落球黏度计	U14260
1	数字秒表	U11902
1	浸入式/循环恒温器 (230 V, 50/60 Hz)	U144002-230 或 U144002-115
2	管子, 硅胶 6 mm	U10146
1	丙三醇, 85%, 250 ml	U8496816
1	漏斗	U8634700
此外推荐:		
1	1 套10个烧杯, 矮筒	U14210
2	量筒, 100 ml	U14205
	蒸馏水, 5 l	

2

基本原理

流体的粘度源于原子或分子的相互作用，组成粒子的运动越慢键越强，这就需要更大的切应力来形成流体的速度梯度，速度梯度和切应力之间的比例关系即是流体的粘度，这种情况下，也就是动态粘度或是剪切粘度。

若动态粘度不依赖于切应力，这类流体就称为牛顿流体。

通常情况下，动态粘度随温度的升高而减小，这种衰减常用安德雷德方程描述。,

$$(1) \quad \eta = \eta_0 \cdot \exp\left(\frac{E_A}{R \cdot T}\right)$$

E_A : 流体里原子/分子的活化能

T : 绝对温度

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} : \text{通用气体常数}$$

通常用观察球体受重力作用在流体中的下沉来测量动态粘度，这种下沉可用斯托克斯阻力呈现：

$$(2) \quad F_1 = \eta \cdot 6\pi \cdot r \cdot v$$

r : 球体的半径

这导致球体以恒定速度 v 下降，重力的效果会被作用在球体上向上的流体所减弱：

$$(3) \quad F_2 = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot g$$

ρ_0 : 球体的密度
 ρ : 所研究流体的密度
 g : 重力加速度

当 F_1 与 F_2 平衡时，

$$(4) \quad \eta = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot \frac{t}{s}$$

t : 下沉距离 s 所用的时间

实际上，公式 (2) 只描述了在装满水的量筒直径远大于球体的情况下球体所受的阻力，这将需要使用大量的测试液，实际上试验中我们选择 Hoppler 落球式粘度计，它是让球体在垂直的量筒中下落并逐渐逼近管壁，这种情况下，动态粘度即为如下：

$$(5) \quad \eta = t \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot K$$

每个球体的校准系数 K 是由供应商单独提供的，为了避免系统误差，实验测量所用的量筒可以倒置，这样球体下沉到原来开始下沉的地方的时间也可以测量了。

试验所研究的就是普通的日用甘油，即浓度为 85% 的丙三醇的水溶液，这种稀释是故意的，因为纯的丙三醇的粘度很高，需要很多应用程序测量粘度依赖于温度的函数关系，为此，粘度计将与循环恒温器连接，通过用蒸馏水稀释丙三醇的方法做特殊处理，这样我们就可以测量粘度和浓度之间的依赖关系了。

评价

用测量得出的粘度和文献的引用值进行比较，从而确认供应商提供的粘度，

$$\text{公式 (1) 可以整理为如下形式: } \ln \eta = \ln \eta_0 + E_A \cdot \frac{1}{R \cdot T}$$

以上表明，可以作以 $x = \frac{1}{R \cdot T}$ 为横坐标，以 $y = \ln \eta$ 为纵坐标作图，那么活化能 E_A 就可以从所得直线的斜率求出。

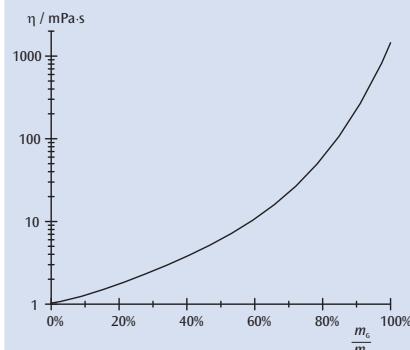


图1: 20°C的丙三醇的水溶液的粘度与物块密度之间的函数关系。(插入引用值)

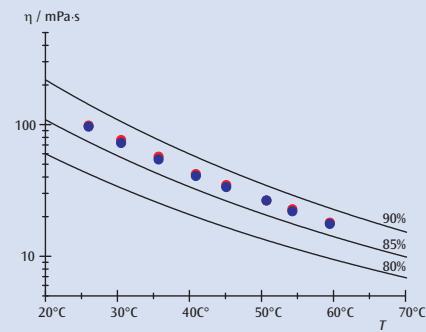


图2: 丙三醇水溶液的动态粘度与温度之间的函数关系(将测量值和引用值进行比较)

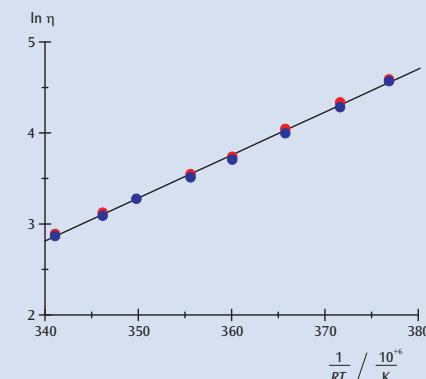


图3: 作图验证安德雷德方程，并求出活化能