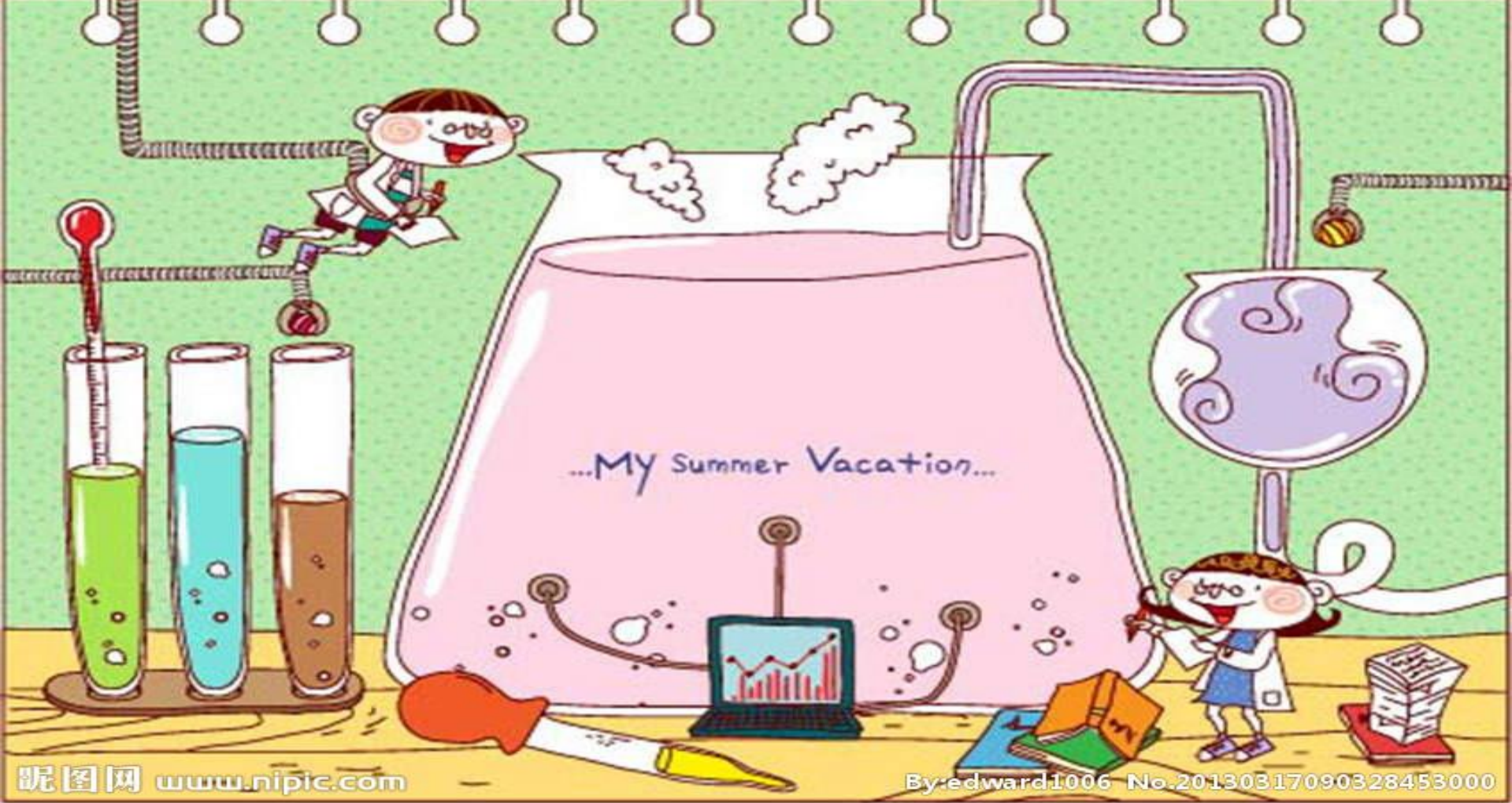


# 物理化学实验

基础化学实验中心

山东省实验教学示范中心





# 物理化学实验——

## 黏度法测定高聚物的分子量



# 一、实验目的

了解粘度法测定高聚物分子量的基本原理和方法；



01

掌握用乌氏粘度计测定粘度的方法；

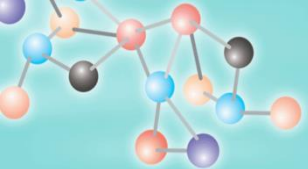


02

测定右旋糖酐的粘均分子量。



03



## 二、实验原理



1. 高聚物结构特点



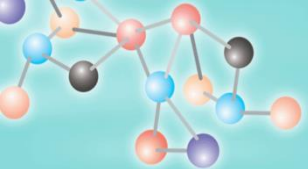
2. 高聚物的黏度



3. 特性黏度



4. 液体黏度的测定方法



# 我们日常生活中常见的高分子化合物有哪些？



天然高分子：淀粉、纤维素和蛋白质，天然橡胶等。

## 有机高分子

合成高分子：合成纤维，合成树脂，合成橡胶等。





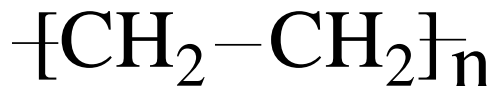
1

# 高聚物结构特点

1

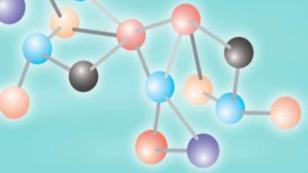
高聚物由简单的**结构单元**重复连接而成。

如聚乙烯



- A. - CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - 叫聚乙烯的**结构单元**（或**链节**）；
- B. n 表示每个高聚物中链节的重复次数，叫**聚合度**；  
n 越大，摩尔质量越大；
- C. 合成高聚物的物质叫**单体**。如乙烯是聚乙烯的单体。

高聚物由于聚合度不同，分子量是多**分散**的，  
只具有统计意义，是**统计平均值**。

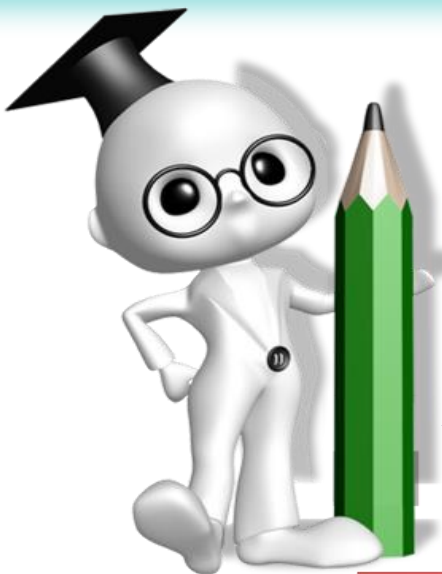


**高聚物的黏度**与高分子的大小、形状及它与溶剂间的相互作用力有关。分子量越大，内摩擦越大，溶液粘度越高。

高聚物在稀溶液中的黏度是它在流动过程中所存在的内摩擦的反映，这种流动过程中的**内摩擦**主要有：**溶剂分子之间的内摩擦**；**高聚物分子与溶剂分子间的内摩擦**；以及**高聚物分子间的内摩擦**。



# 常用黏度术语的符号及物理意义



$\eta_0$

**纯溶剂的黏度。** 溶剂分子与溶剂分子间的内摩擦表现出来的黏度。

$\eta$

**溶液的黏度。** 表示三种内摩擦的总和。

$\eta_r$

**相对黏度。** 溶液黏度对溶剂黏度的相对值。

$$\eta_r = \eta / \eta_0$$

$\eta_{sp}$

**增比黏度。** 反映纯溶剂与高聚物分子之间，以及高聚物分子之间的内摩擦效应。

$$\eta_{sp} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \eta_r - 1$$

$\eta_{sp}/c$

**比浓黏度。** 单位浓度下所显示出的黏度。

$\ln \eta_r / c$

**比浓对数黏度。**





高聚物稀溶液中,  $\frac{\eta_{sp}}{C}$  与  $C$ 、 $\frac{\ln \eta_r}{C}$  与  $C$  分别符合下列经验关系式:

$$\frac{\eta_{sp}}{C} = [\eta] + k[\eta]^2 C$$
$$\frac{\ln \eta_r}{C} = [\eta] - \beta[\eta]^2 C$$

在无限稀释溶液中:

$$\lim_{c \rightarrow 0} \frac{\ln \eta_r}{C} = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{sp}}{C} = [\eta]$$

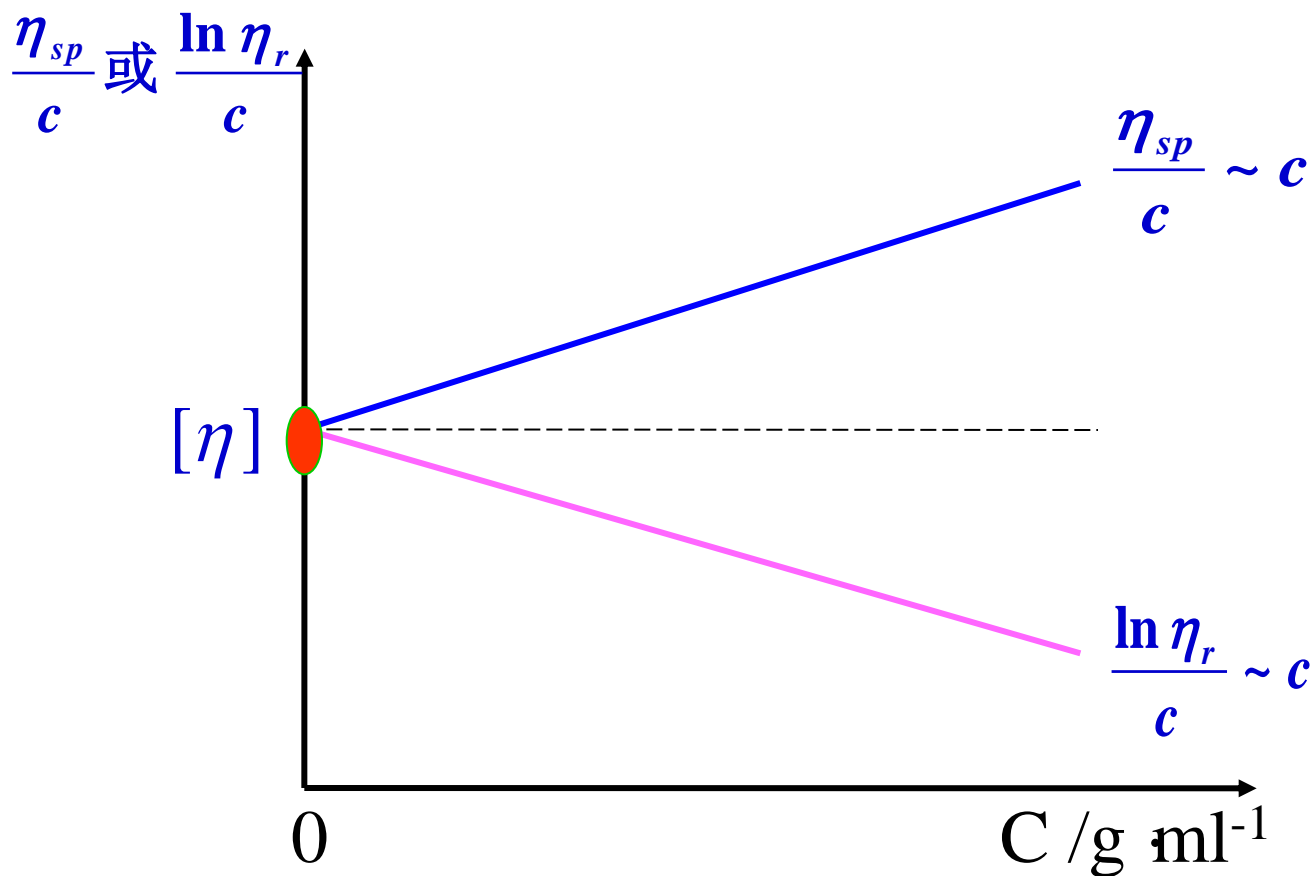
$[\eta]$ : 特性黏度, 它主要反映无限稀溶液中高聚物分子与溶剂分子之间的内摩擦。



3

# 特性黏度

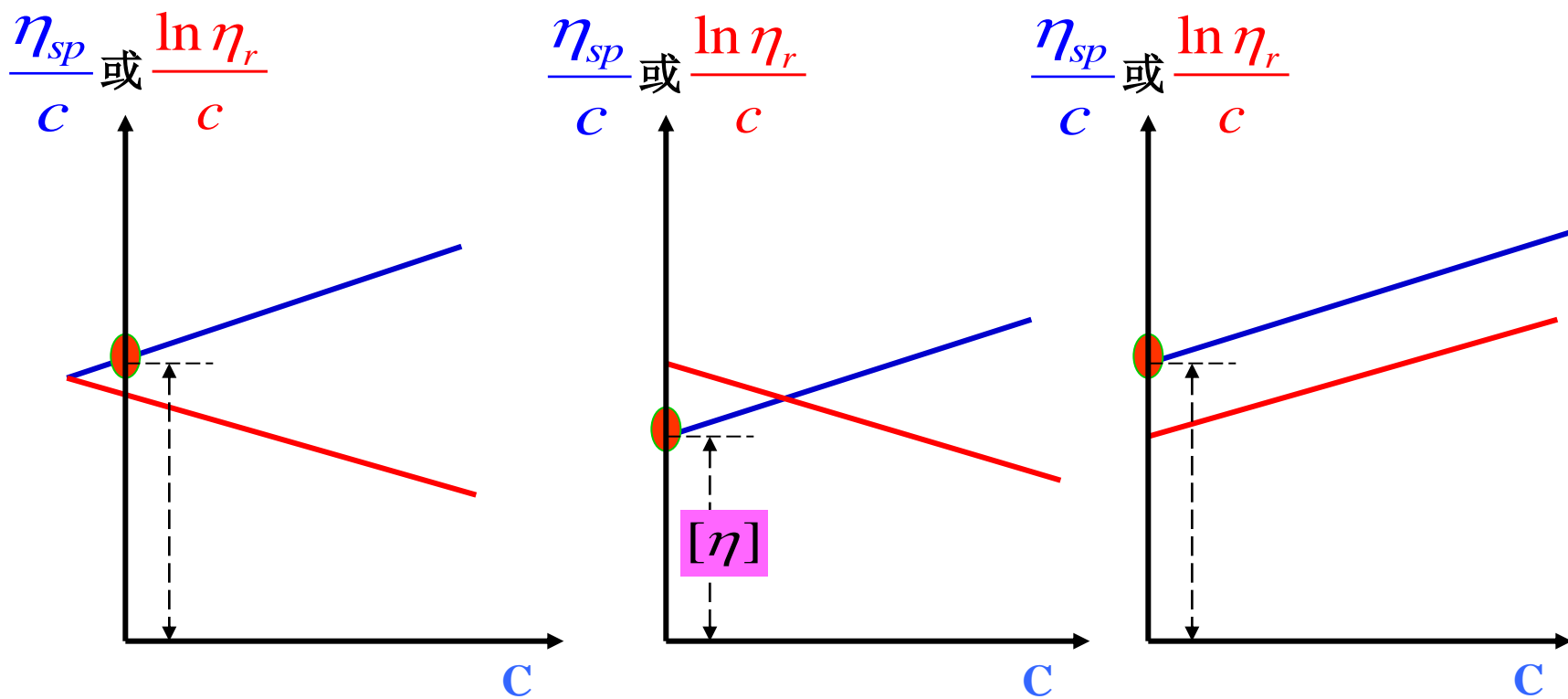
3



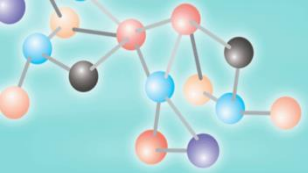
## $[\eta]$ 的确定



# 异常现象



$[\eta]$  的值以  $\frac{\eta_{sp}}{C} \sim C$  关系线为准



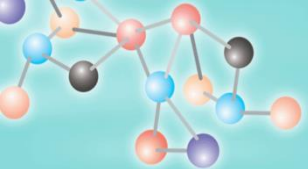
# Mark-Houwink经验方程式

在一定温度和溶剂条件下，特性黏度和高聚物分子量之间的关系通常用半经验的麦克非线性方程表示：

$$[\eta] = KM^\alpha$$

式中： $M$ ---黏均分子量；

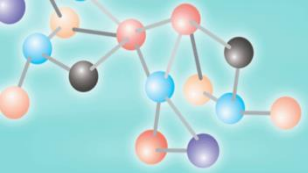
$K$ 、 $\alpha$ ----与温度、高聚物及溶剂性质有关的常数。



黏度测定方法主要有毛细管法、转筒法和落球法。

测定高聚物溶液黏度时，以**毛细管法**最为简便。

本实验采用**乌氏粘度计**测量高聚物稀溶液的**黏度**。



当液体在重力作用下流经毛细管时，遵守泊塞勒（Poiseuille）定律：

$$\eta = \frac{\pi h \rho g r^4 t}{8Vl}$$

式中： $\rho$ 为液体的密度；

$l$ 为毛细管长度；

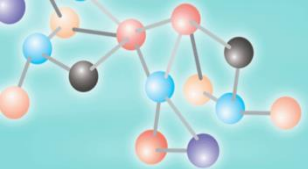
$r$ 为毛细管半径；

$t$ 为流出时间；

$h$ 为流经毛细管液体的平均液柱高度；

$g$ 为重力加速度；

$v$ 为流经毛细管的液体体积；



溶液很稀时  $\rho \approx \rho_0$ 。通过测定溶液和溶剂的流出时间  $t$  和  $t_0$ ，则相当黏度可以表示为：

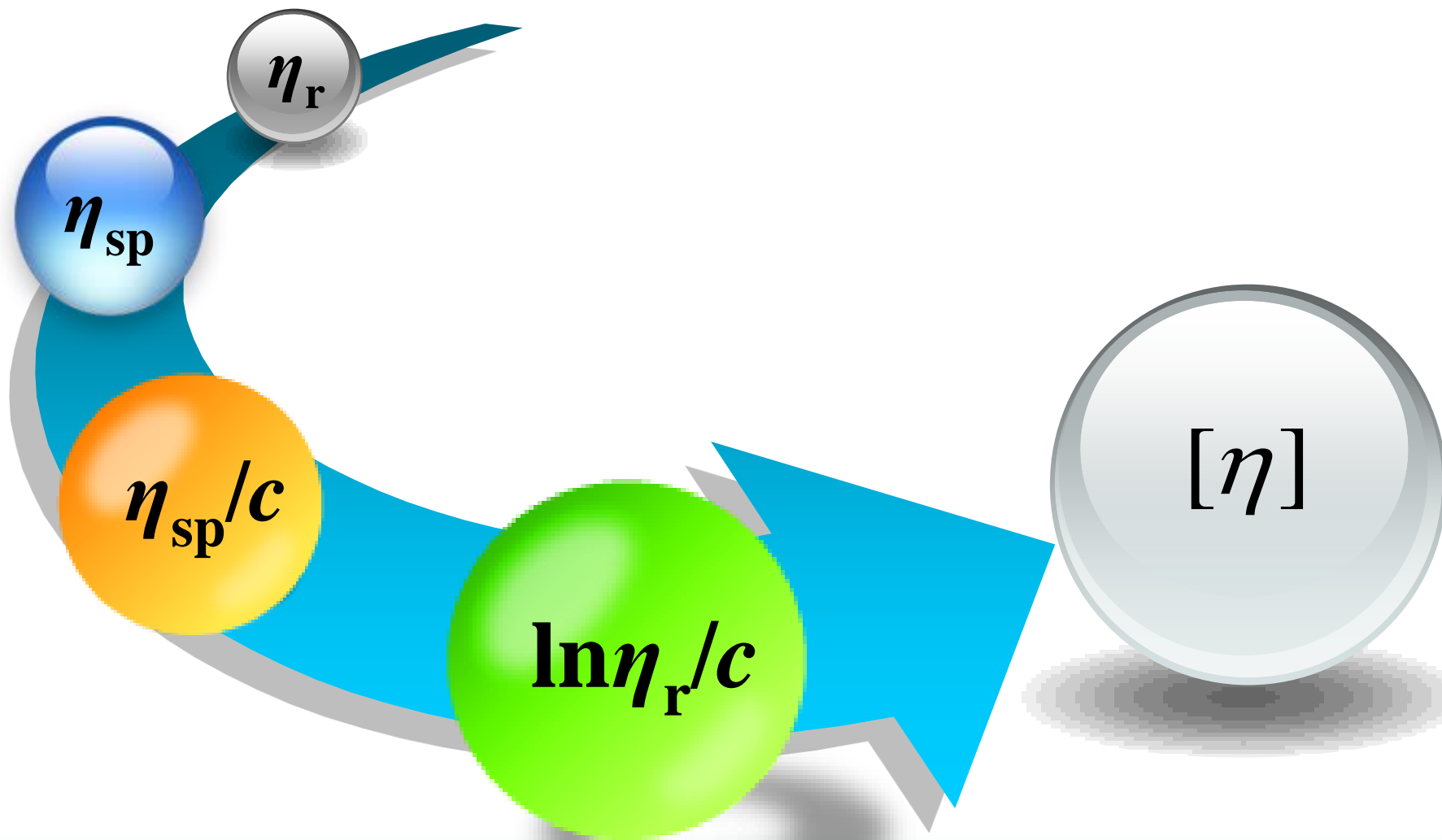
$$\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t\rho}{t_0\rho_0} \approx \frac{t}{t_0}$$

本实验直接测量的物理量： $t$  和  $t_0$

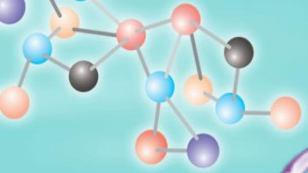
数据变化趋势： $c \downarrow$        $t \downarrow$



# 实验原理总结







# 三、仪器和试剂



**公用仪器**：10mL移液管各4支；250mL烧杯1个；

砂芯漏斗1个；250mL容量瓶1个；电炉1台；

抽滤瓶1个；循环水泵1台；电子天平1台；

**仪器**：玻璃恒温水浴1套；乌氏粘度计1支；秒表1只；

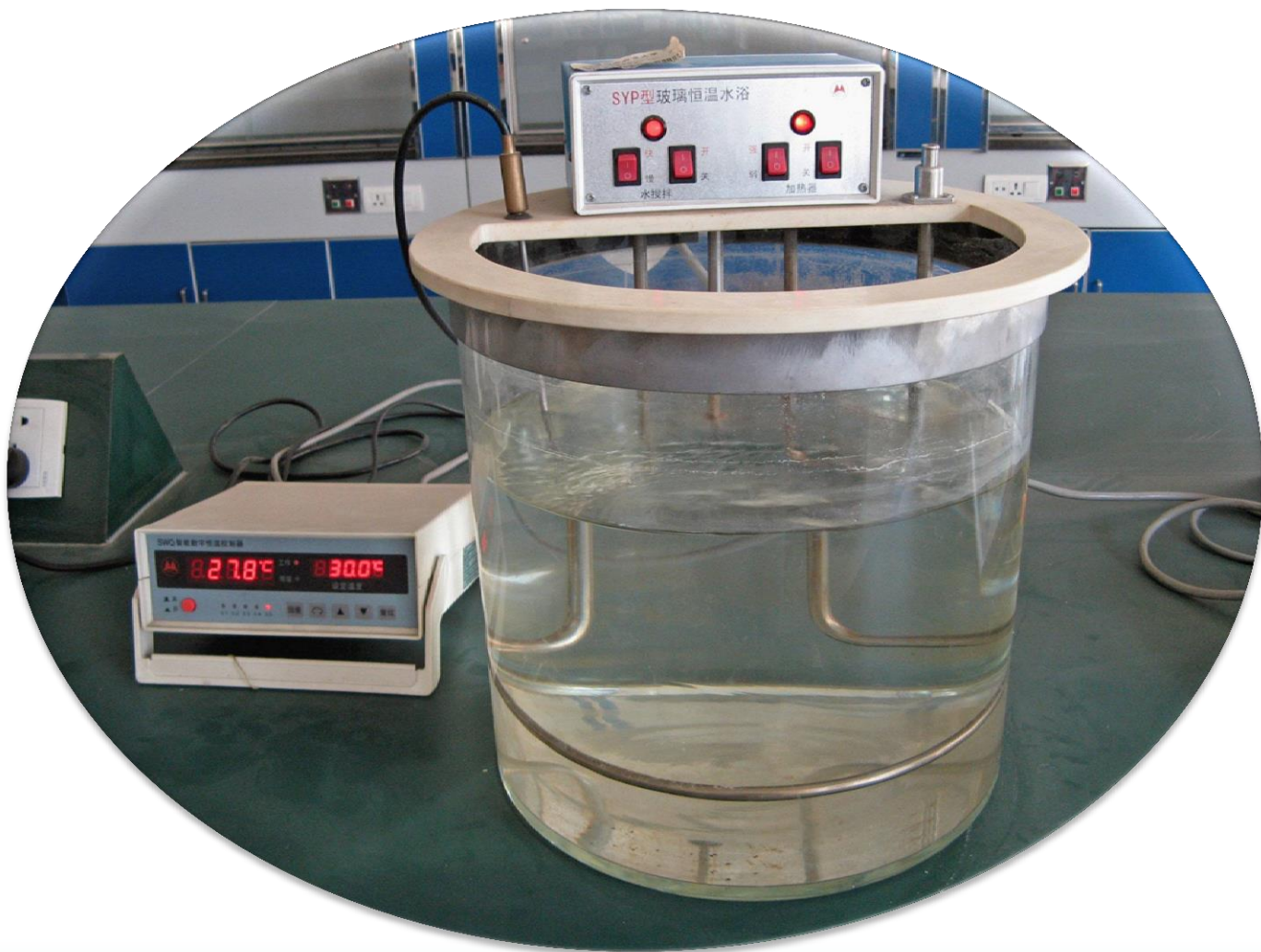
5mL、10mL移液管各1支；洗耳球1只；

止水夹一个；乳胶管2根；铁架台1个。

**试剂**：右旋糖酐；去离子水。

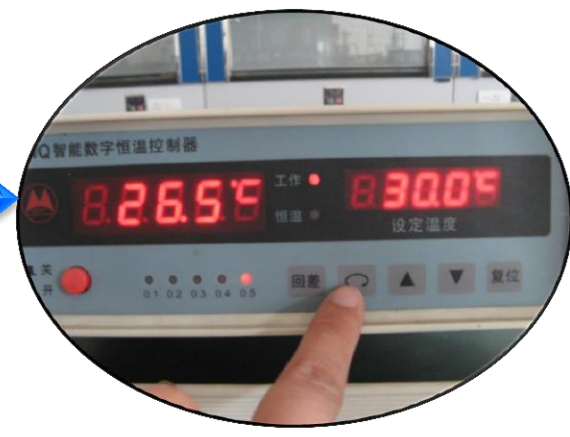
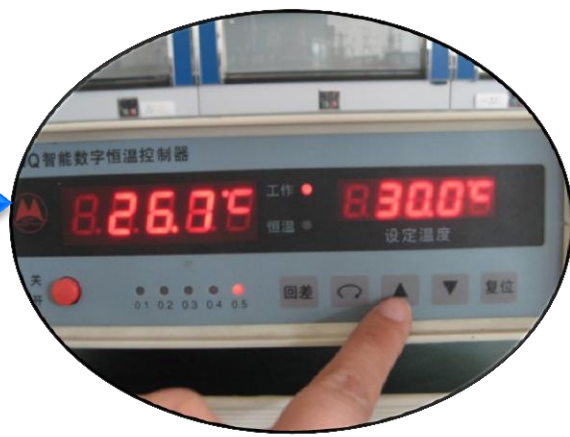


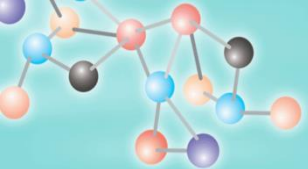
# 恒温水浴槽



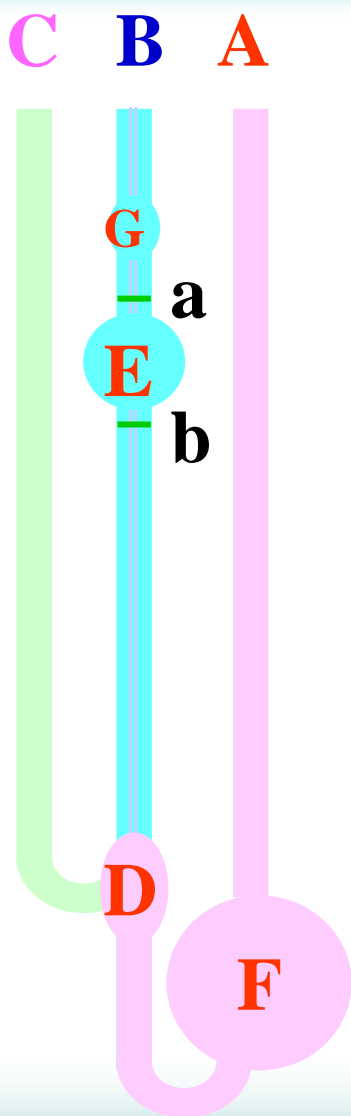


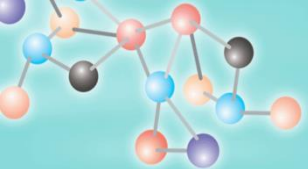
# 温度设定





# 乌氏粘度计





## 四、实验步骤

01

**配制6%右旋糖酐溶液：**称取右旋糖苷 15 g，加入约 200 mL蒸馏水，加热并搅拌至溶液呈透明状，冷却至室温。

将上述溶液移至 250 mL容量瓶中，定容至 250 mL。将定容后的溶液用砂芯漏斗过滤，得待测溶液（公用）。

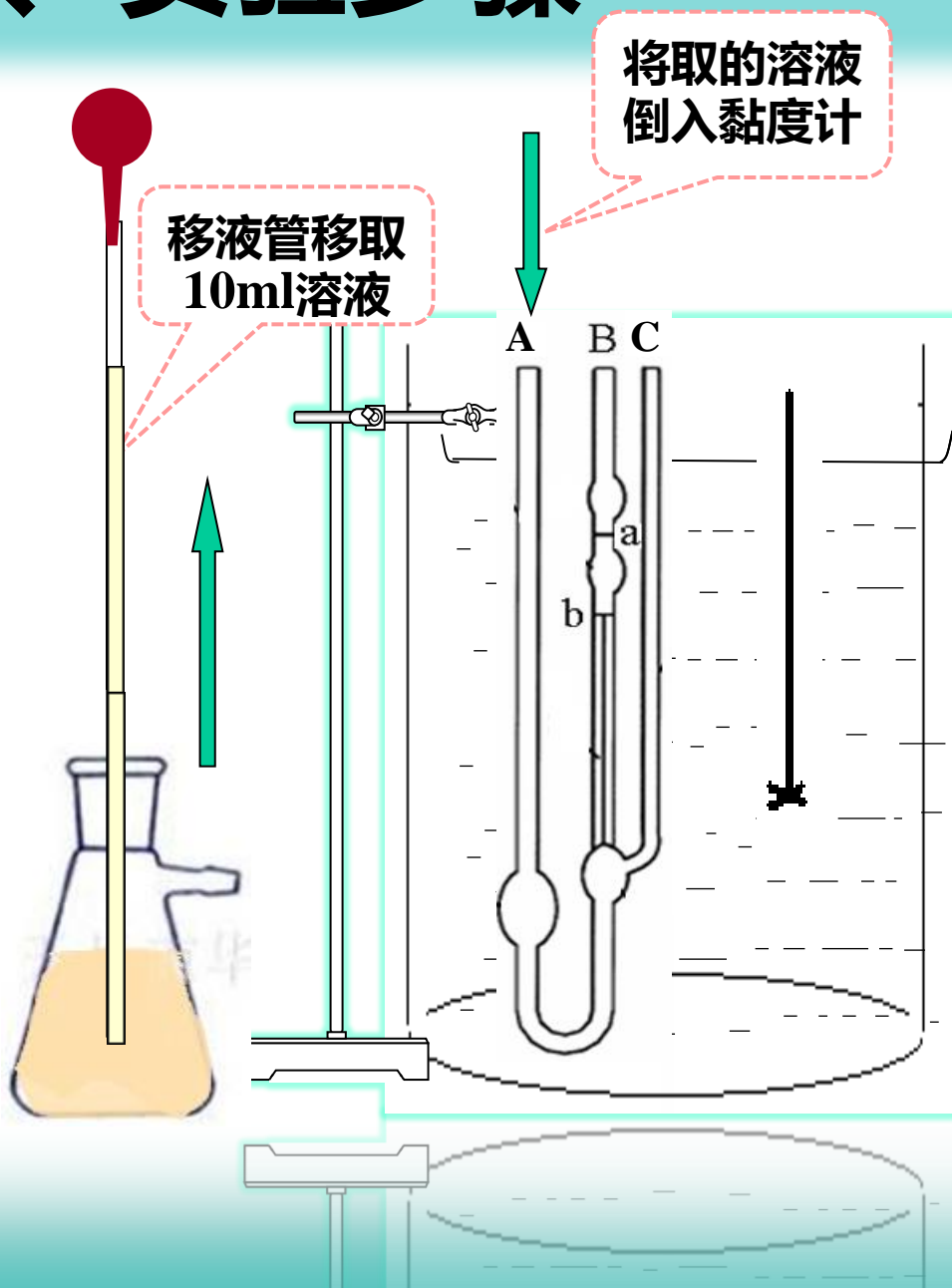


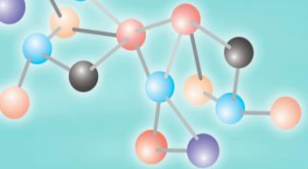
# 四、实验步骤

02

**安装黏度计：**调恒温槽温度至 $(37.0 \pm 0.1) ^\circ\text{C}$ ，将黏度计垂直放入恒温槽，使水面完全浸没G球，固定好。

用移液管自抽滤瓶中移取10ml 右旋糖酐溶液，从A管注入干燥的黏度计中，恒温15min。





03

## 四、实验步骤

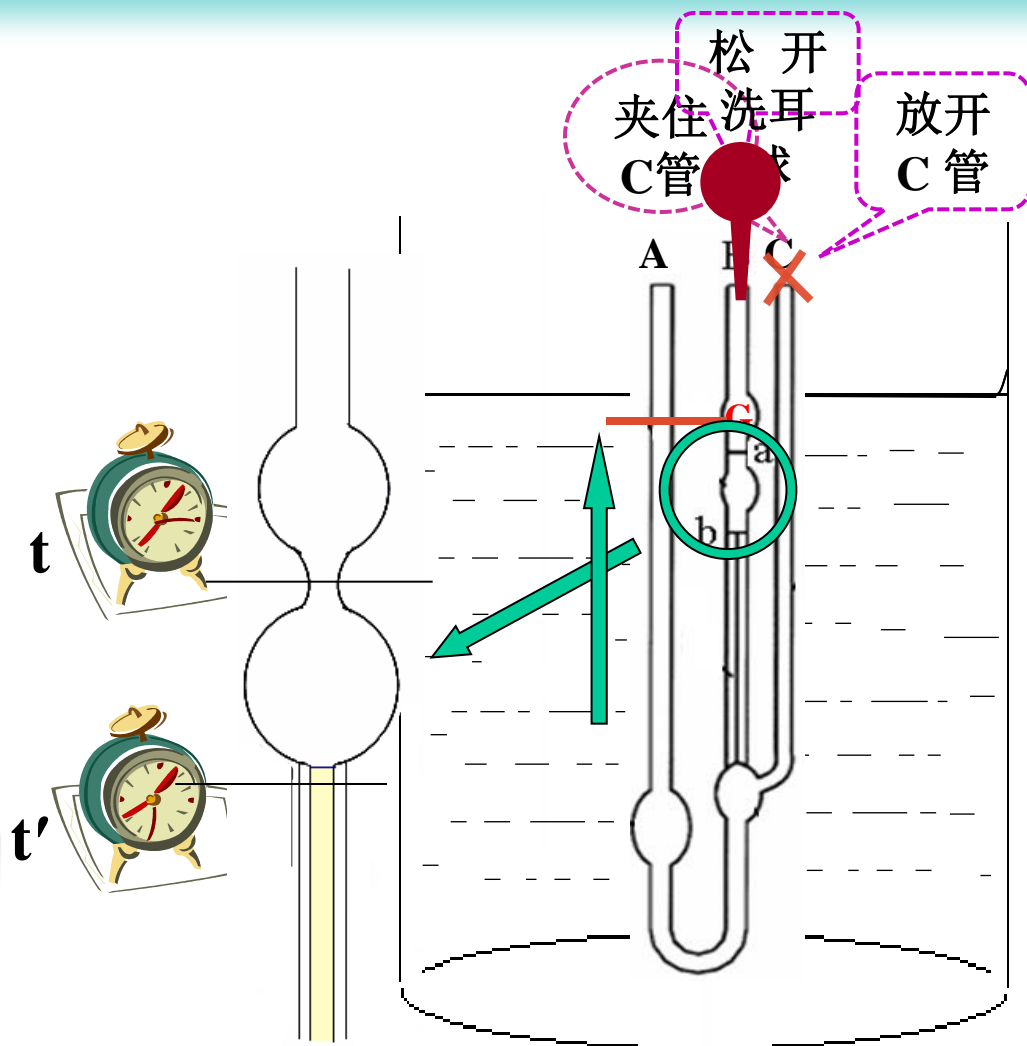
**测定溶液流出的时间：**

用夹子夹住C管管口的乳胶管，用洗耳球从B管吸溶液至G球体积一半为止。

松开B、C管，用秒表测定液面流经a线至b线的时间。

$t_1 = t' - t$   
即为流出时间

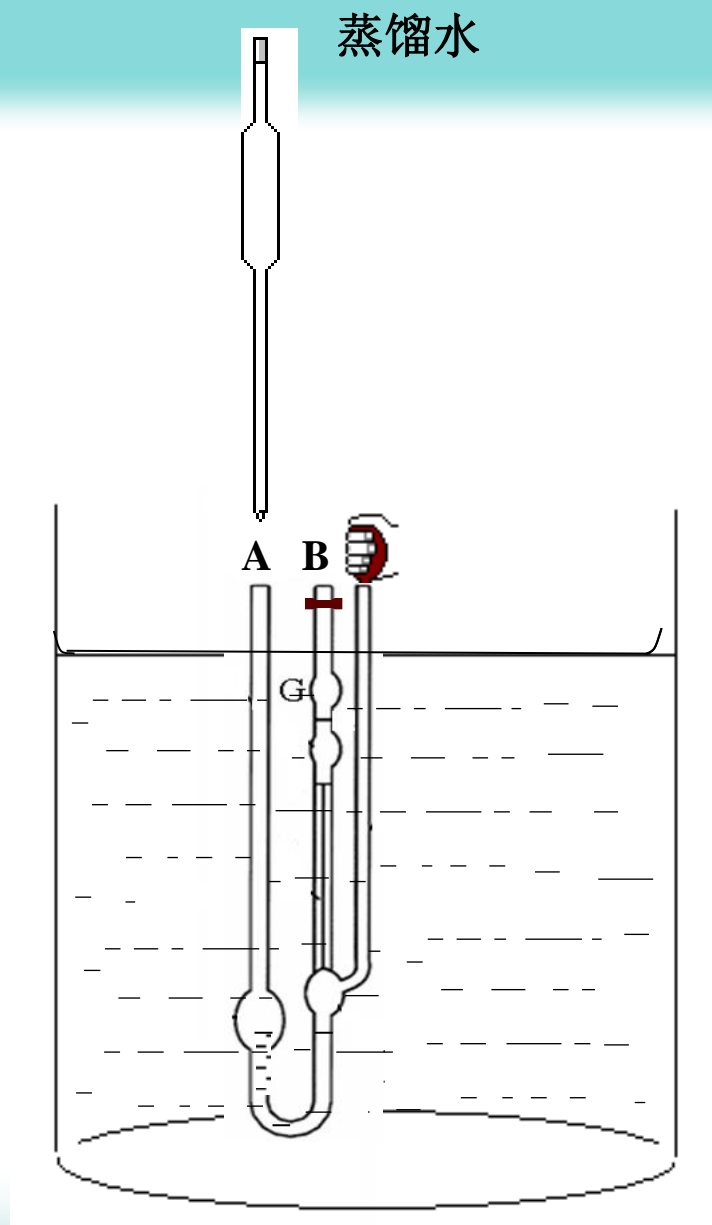
重复测定三次，误差不超过 0.3s，取平均值。





# 04

依次用移液管由A管加入5mL、5mL、5mL、10mL蒸馏水将溶液稀释。每次用止水夹将B管上乳胶管夹紧，从C管用洗耳球打气混合溶液，并反复润洗毛细管部分，恒温10min后，用同样操作方法测定各自的流出时间 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ 、 $t_5$ 。





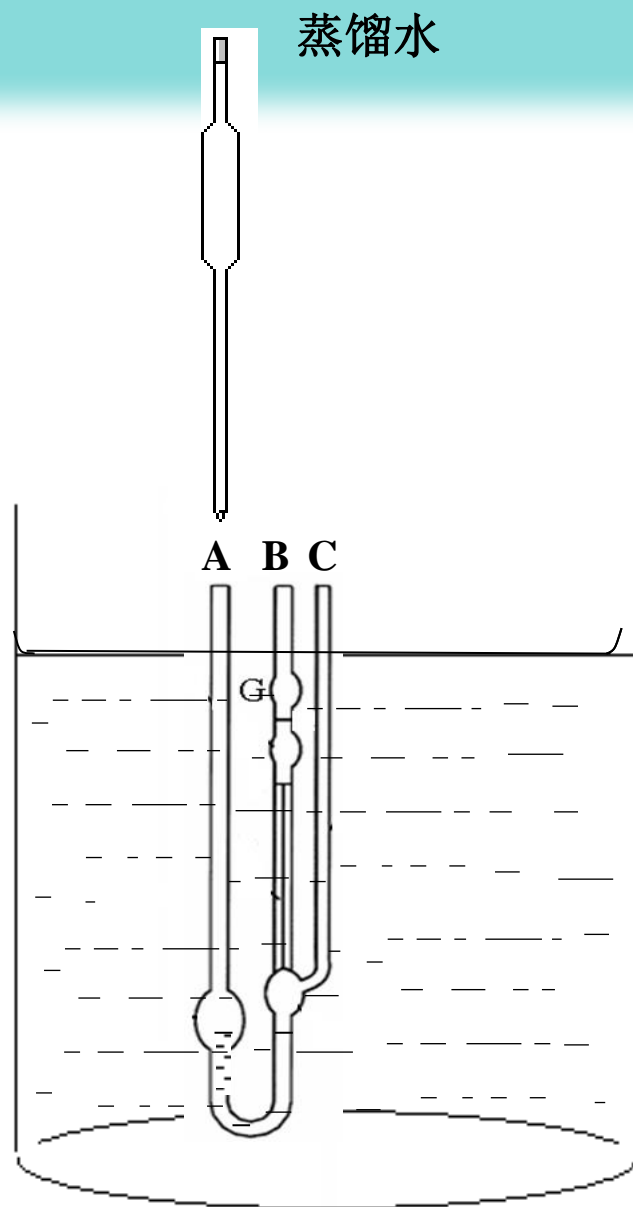


05

### 测定溶剂水流出的时间：

黏度计在超声波清洗机中洗5min后，用蒸馏水冲洗。再用移液管移取10mL蒸馏水由A管加入粘度计中，恒温后测定水流经毛细管的时间 $t_0$ 。

用蒸馏水将黏度计冲洗干净，放入烘箱烘干备用。





# 五、数据处理

1. 将所测实验数据及计算结果填入下表中：

原始溶液浓度  $c_0$  \_\_\_\_\_ ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )； 恒温温度 \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$   
溶剂流出时间  $t_0$  \_\_\_\_\_、 \_\_\_\_\_、 \_\_\_\_\_ s

$c(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	$t_1/\text{s}$	$t_2/\text{s}$	$t_3/\text{s}$	$t_{\text{平均}}/\text{s}$	$\eta_r$	$\ln\eta_r$	$\eta_{\text{sp}}$	$\eta_{\text{sp}}/c$
$c_1$								
$c_2$								
$c_3$								
$c_4$								

2. 作  $\eta_{\text{sp}}/c \sim c$  图，并外推到  $c \rightarrow 0$ ，由截距求出  $[\eta]$ 。

3. 计算右旋糖酐的黏均分子量  $M$ 。



# 思考题

1. 分析实验过程中产生误差的主要因素。
2. 实验过程中，当溶液吸至G小球时，发现毛细管中有气泡，对实验结果有无影响？
3. 本实验中，测定溶液黏度时如果黏度计未干燥，对实验结果有影响吗？





# 思考题

4. 本实验中，测水的黏度时，毛细管必须干燥吗？为什么？
5. 本实验中，在完成溶液的黏度测定后，因所用黏度计破损没能测定水的黏度，此时需要重做实验吗？如果不需要，应如何完成该实验？
6. 本实验中，测水的黏度时，加入的水必须为10ml吗？为什么？

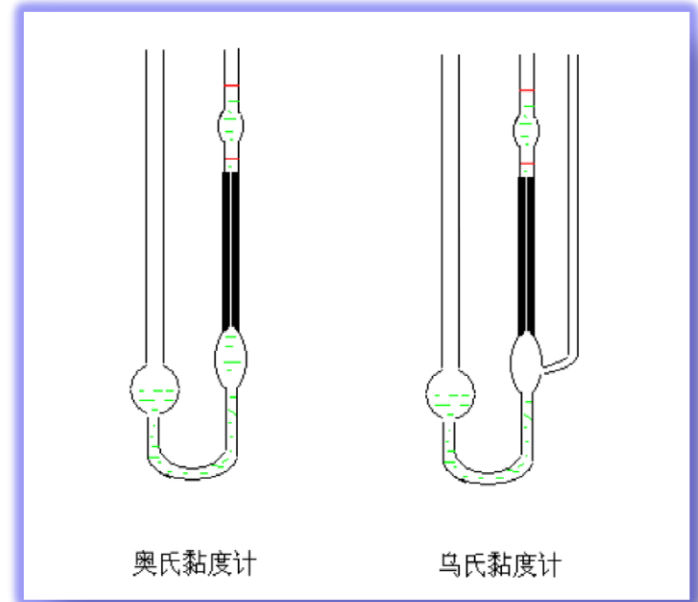




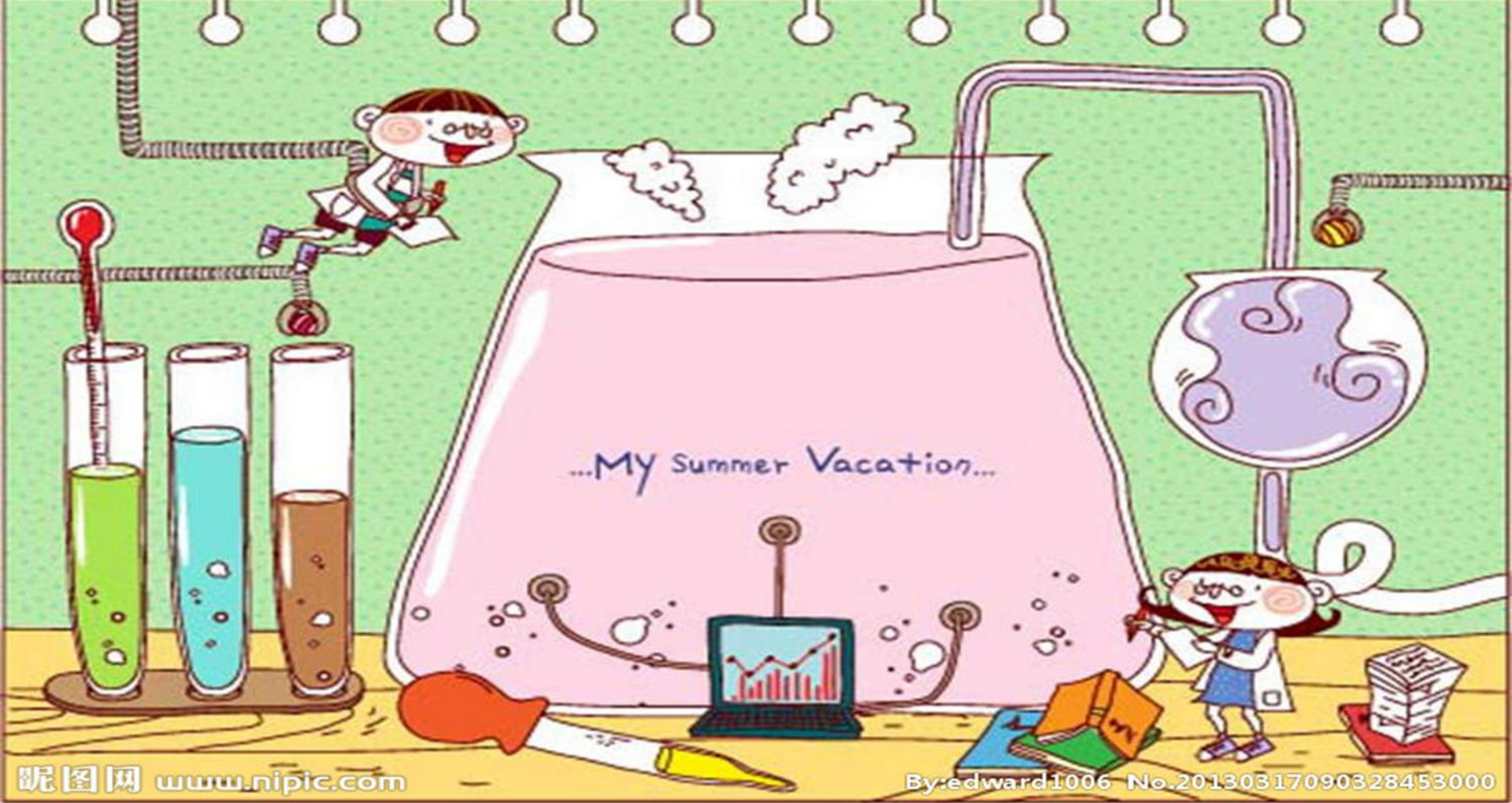
# 思考题

7. 乌氏黏度计的C管有什么作用？除去C管是不是还可以测本次实验？

**答：**C管可使黏度计中的液体悬空，使液体靠重力下流，其流速与黏度计中液体的量无关。所以每次测量时，加入液体的量不必相等。



本实验中只要每次加入黏度计中液体的量相等，可以除去C管测定液体黏度或高聚物摩尔质量。



昵图网 www.nipic.com

By:edward1006 No.20130317090328453000

谢谢大家！

Thanks

