

## 第十二章：物质的性质

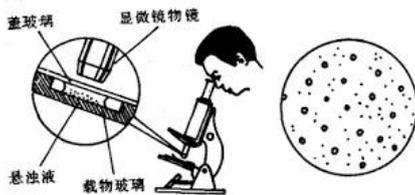
### 12.1 物质的基本单位—分子

#### 分子之间存在空隙

- 50ml 的酒精和 50ml 的水混合后，总体积小于 100ml。这是因为\_\_\_\_\_，酒精分子到水分子的空隙中去了。

#### 分子永不停息地做无规则运动

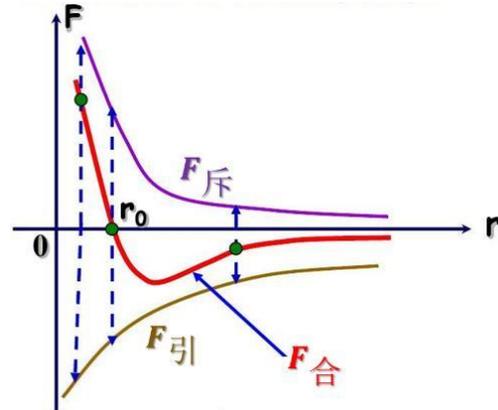
- 一杯水中滴一滴蓝墨水，墨水慢慢的蔓延开，并把整瓶水都染蓝了，这是因为分子在不断运动。
- 在显微镜下观察悬浮在水中的花粉，发现这些花粉不停地做无规则运动，此运动称为\_\_\_\_\_。
- 悬浮在液体中的微粒越小，在某一瞬间跟它相撞的液体分子越少，撞击的不平衡性就表现得越明显，因而布朗运动也越明显。
- 分子得无规则运动与温度有关，\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_。



#### 分子间的作用力

- 分子间同时存在\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。实际表现出来的是\_\_\_\_\_（引力和斥力的合力）。
- 当\_\_\_\_\_，合力为零，分子间的斥力等于引力。 $r_0$ 称为分子间的\_\_\_\_\_，数量级为\_\_\_\_\_。
- 当\_\_\_\_\_，合力为负，合力表现为\_\_\_\_\_，分子间的引力大于斥力。

- 当\_\_\_\_\_，合力为正，合力表现为\_\_\_\_\_，分子间的斥力大于引力。



#### 例子：

- 酒精和水混合后体积减小表明\_\_\_\_\_。
  - 分子间有相互作用力
  - 分子间有空隙
  - 分子永不停息地运动
  - 分子是微小的
- 关于布朗运动，下列说法正确的是\_\_\_\_\_。
  - 布朗运动是在显微镜中看到的液体分子的无规则运动。
  - 布朗运动证明组成固体小颗粒的分子在做无规则运动。
  - 布朗运动间接反映了液体分子的无规则运动。
  - 悬浮在液体中的微粒越小，液体温度越高，布朗运动越不显著。
- 下列关于布朗运动的说法中，正确的是\_\_\_\_\_。
  - 布朗运动就是液体分子的无规则运动。
  - 液体中的悬浮颗粒越大，布朗运动越明显。
  - 当液体温度降低到  $0^{\circ}\text{C}$  以下时，布朗运动就会停止。
  - 液体分子做无规则运动时，对悬浮小颗粒碰撞作用的不平衡所产生的运动，称为布朗运动。

4. 关于分子间作用力，下列说法中正确的是\_\_\_\_\_。
- 当分子间的距离为 $r_0$ 时，它们之间既没有斥力也没有引力。
  - 当分子间的距离大于 $r_0$ 时，分子间只有引力。
  - 分子间的引力和斥力都随分子间距离的增大而减小。
  - 分子间的平衡距离 $r_0$ 与分子直径是同一数值。
5. 当分子间距离减小时，分子间\_\_\_\_\_。
- 引力增加，斥力减少
  - 引力增加，斥力增加
  - 引力减小，斥力减小
  - 引力减小，斥力增加

**统考题：**

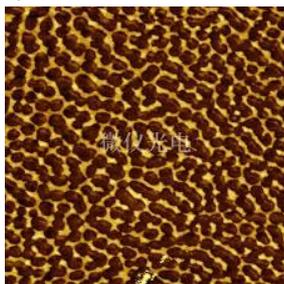
分子与分子间的相互作用力由引力 $f$ 和斥力 $F$ 两部分组成。下列哪项叙述是正确的？

- 引力 $f$ 和斥力 $F$ 是同时存在的。
- 引力 $f$ 总是大于斥力 $F$ ，其合力总表现为引力。
- 分子之间的距离越小，引力 $f$ 越小，斥力 $F$ 越大。
- 分子之间的距离越小，引力 $f$ 越大，斥力 $F$ 越小。

2006 年

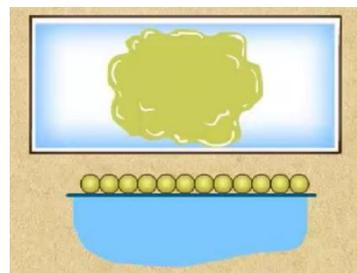
**12.2 分子的大小、距离与质量****分子的大小**

1. 组成物质的分子很小，无法由光学显微镜看见，但用扫描隧道显微镜观察，可以观察到物质表面的分子。



2. 油膜法估测分子直径：

- 把一滴油酸滴到水面上，油酸在水面上散开，形成单分子油膜。
- 如果把油酸分子看成球形，单分子油膜的厚度就可认为等于油分子的直径。
- 先测出油酸的体积 $V$ ，再测出油膜的面积 $A$ ，就可以估算出油酸分子的直径为\_\_\_\_\_。
- 油膜法的测定结果表明，分子直径的数量级是\_\_\_\_\_。

**分子间的距离**

1. \_\_\_\_\_
- 固体可看成一个紧挨着一个的球形分子排列而成。
  - 假设分子体积为 $V$ ，分子直径为 $d$ ，则

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$$

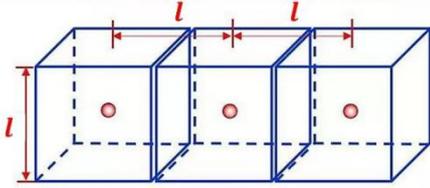
- 分子间的距离恰好等于分子的直径。固体分子间的距离大约为\_\_\_\_\_。



2. \_\_\_\_\_

- 气体分子间的空隙很大，可把气体分成若干个小立方体。
- 气体分子位于每个小立方体的中心，每个小立方体是平均每个分子占有的活动空间，则\_\_\_\_\_。

- c) 气体再标准状况 ( $0^{\circ}\text{C}$ 、 $101.3\text{kPa}$ ) 下分子的平均间距约为  $3 \times 10^{-9}\text{m}$ 。由此看出, 气体中的分子的间距大约为固体和液体中分子间距的 10 倍。



### 分子的质量

1. 通过阿伏伽德罗常数  $N_A$ , 很容易算出分子的质量。

例如:  $1\text{mol}$  水的质量为  $0.018\text{kg}$ , 又知道  $1\text{mol}$  水所含的分子数为  $6.02 \times 10^{23}$ 。因此, 水分子的质量  $m$  约  $3.0 \times 10^{-26}\text{kg}$ 。

### 例子:

1. 把体积为  $1\text{mm}^3$  的石油滴在水面上, 石油在水面形成面积为  $3\text{m}^2$  的单分子油膜。试估算石油分子的直径。  
[ $3.33 \times 10^{-10}\text{m}$ ]

2. 在油膜实验中, 体积为  $V$  的某种油, 形成直径为  $D$  的油膜, 求油分子的直径。  
[ $\frac{4V}{\pi D^2}$ ]

3. 将  $1\text{cm}^3$  的油酸溶于酒精, 制成  $200\text{cm}^3$  的油酸酒精溶液, 已知  $1\text{cm}^3$  的溶液有 50 滴, 现取 1 滴油酸酒精滴到水面上, 随着酒精溶于水, 油酸在水面上形成一单分子薄层, 已测出这一薄层的面积为  $0.2\text{m}^2$ , 由此可估测油酸分子的直径为多少?  
[ $5 \times 10^{-10}\text{m}$ ]

4. 将  $1\text{cm}^3$  的油酸溶于酒精, 制成  $500\text{cm}^3$  的油酸酒精溶液, 已知 1 滴该溶液的体积是  $0.025\text{cm}^3$ , 现取 1 滴该溶液滴到水面上, 随着酒精溶于水, 油酸在水面上形成一单分子薄层, 已测出这一薄层的面积为  $0.4\text{m}^2$ , 由此估算油酸分子的直径?  
[ $1.25 \times 10^{-10}\text{m}$ ]

5. 已知金刚石的密度是  $3500\text{kgm}^{-3}$ 。现有一小块金刚石, 体积是  $5.7 \times 10^{-8}\text{m}^3$ 。
- 这一小块金刚石中含多少个碳原子?  
[ $1 \times 10^{22}$ ]
  - 设想金刚石中碳原子是紧密地堆在一起的, 估算碳原子的直径。  
[ $2.2 \times 10^{-10}\text{m}$ ]

6. 已知铜的密度为  $8.9 \times 10^3 \text{kgm}^{-3}$ , 相对原子质量为 64. 现有一小块铜, 体积是  $5 \times 10^{-6} \text{m}^3$ .
- 这一小块铜中含有多少个铜原子? [ $4.18 \times 10^{23}$ ]
  - 试估算铜原子的直径。 [ $2.84 \times 10^{-10} \text{m}$ ]

那么再经过相同距离后必遇到第三个粒子。

- 组成固体的粒子在宏观尺度上周期性规则的排列, 叫作长程有序。\_\_\_\_\_是固体的基本特征。
- 固体分子的无规则运动主要是在平衡位置附近做微小的振动。

### 液态

- 物质处在液态时有固定的\_\_\_\_\_, 但没有固定的\_\_\_\_\_。和固态相比, 液态具有\_\_\_\_\_。
- 组成液体的粒子是没有规律的周期性, 但是在  $10^{-9} \text{m}$  的小区域内的排列是有一定的规律, 这就是\_\_\_\_\_。
- 液体分子在某一平衡位置振动一段时间之后就挣脱周围分子的束缚, 到另一个新的平衡位置继续振动。

### 气态

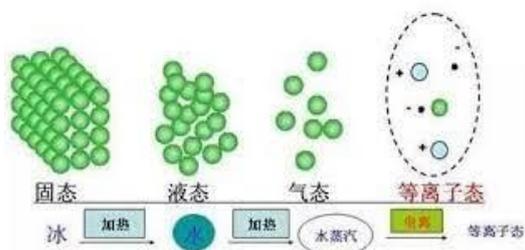
- 物质处在气态时没有固定的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_, 并具有\_\_\_\_\_。
- 在常温和常压下气体分子间的平均距离将达到  $10r_0$ , 除了相互碰撞的瞬间以外, 气体分子间的作用力可以忽略。
- 相比于固体和液体, 气体分子处于最混乱、最没有秩序的状态, 是\_\_\_\_\_的。
- 气体分子的运动以平动为主。

### 等离子态

- 当气体的温度升高到几百万度, 气体将完全电离成为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的混合物。

## 12.3 物质的状态

- \_\_\_\_\_是一般物质在一定温度和压强条件下所处的相对稳定的状态, 通常是指\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。



### 固态

- 物质处在固态时有固定的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_, 质地比较坚硬。
- 固体可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两类。晶体具有规则的几何形状, 而非晶体则没有规则的几何形状。
- 组成固体的粒子是有\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_排列着。
- 所谓周期性, 就是从任何一个粒子出发, 向任何方向做射线, 如果经过某一距离遇到另一粒子,

2. 等离子体带电的离子和负电的电子，在宏观上它是电中性的，即它含有的正电荷和负电荷几乎相等。

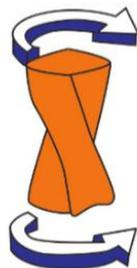
## 12.4 固体的形变

### 固体的弹性形变

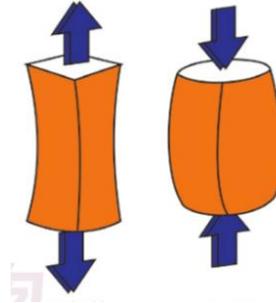
1. 当固体受外力作用时，其内部 \_\_\_\_\_，  
因而造成固体 \_\_\_\_\_，  
这种变化叫作 \_\_\_\_\_。
2. 在外界 \_\_\_\_\_ 下， \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ( $r > r_0$ )，微  
粒间的相会表现为 \_\_\_\_\_。
3. 在外界 \_\_\_\_\_ 下， \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ( $r < r_0$ )，微  
粒间的相会表现为 \_\_\_\_\_。
4. 由于存在微粒间的这种相互作用，  
外力去掉后固体能恢复原状。
5. 在外力去掉后能 \_\_\_\_\_ 的形变，  
叫作 \_\_\_\_\_。
6. 当外力超过 \_\_\_\_\_ 时，固体会  
发生永久性形变，即外力去掉后  
\_\_\_\_\_。这种永久性形变  
叫作 \_\_\_\_\_。

### 弹性形变的基本类型

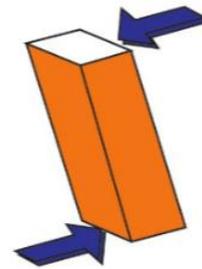
1. 当物体一端固定、另一端受一力  
偶作用时（或当物体一端受一力  
偶作用、另一端受相反方向方向  
力偶作用时），所发生的形变，  
叫 \_\_\_\_\_。



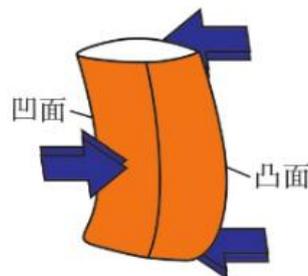
2. 当物体受大小相等、方向相反、  
作用线在一直线上的一对作用力  
时，若二力向外，发生的形变叫  
作 \_\_\_\_\_；若二力向内，发生  
的形变叫 \_\_\_\_\_。



3. 当物体受大小相等、方向相反、  
相距很近的一对平行力作用时，  
发生的形变叫 \_\_\_\_\_。



4. 当物体沿垂直于长轴方向受力的  
作用时，发生的形变叫 \_\_\_\_\_。  
凸面部分的物质层被拉伸 ( $r >$   
 $r_0$ )；凹面部分的物质层被压缩  
( $r < r_0$ )；在凸面和凹面之间，  
必有一中立层，其间的物质既不  
被拉升也不被压缩 ( $r = r_0$ )，  
因为不产生弹力。



## 应力、应变和胡克定律

项目 应力	
产生	物体由于外力而变形时，在物体内部产生相互作用的内力，以抵抗这种外力的作用，并试图使物体从变形后的位置恢复到变形前的位置。
公式	$\sigma = \frac{F}{A}$ $\sigma = \text{应力}$ $F = \text{作用力}$ $A = \text{横截面积}$
单位	$Nm^{-1}/Pa$
标矢性	矢量（负值代表压缩，正值代表拉伸）

项目 应变	
定义	在外力作用下物体局部的相对变形。
公式	$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$ $\varepsilon = \text{应变}$ $l = \text{形变后的长度}$ $l_0 = \text{原长}$
单位	无

项目 弹性模量/杨氏模量	
定义	描述固体材料抵抗形变的能力。
公式	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ $E = \text{杨氏模量}$ $\sigma = \text{应力}$ $\varepsilon = \text{应变}$
单位	$Nm^{-1}/Pa$
标矢性	标量

1. 胡克定律说明在弹性限度内，弹力的大小跟弹簧伸长或缩短的长度成正比。[固体材料受力之后，材料中的应力与应变成正比]

$$F = kx \qquad \sigma = E\varepsilon$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$F = \frac{\Delta E}{l_0} \Delta l$$

从以上对比中可知  $k = \frac{\Delta E}{l_0}$ 。

## 例子：

1. 一条直径为 0.60mm、长度为 2m 的金属线，一端固定在天花板上，另一端悬挂一个质量为 2kg 的重物，金属线被拉伸伸长 0.50mm。求此金属线所受的应力、金属线的应变和杨氏模量。

$$[6.93 \times 10^7 Pa, 2.5 \times 10^{-4}, 2.77 \times 10^{11} Pa]$$

2. 当一条直径为 20mm、长度为 16m 的钢线受  $3.53 \times 10^4 N$  的拉力沿其轴线方向作用时，钢线伸长 9mm。求此钢线所受的应力、钢线的应变和杨氏模量。

$$[1.12 \times 10^8 Pa, 5.6 \times 10^{-4}, 2 \times 10^{11} Pa]$$

## 统考题：

一条直径为 0.5mm、长度为 2m 的金属线末端悬挂一质量为 3kg 的重物，金属线被拉伸伸长 0.6mm。求此金属线的杨氏模量。

- A.  $3 \times 10^{11} Pa$       B.  $4 \times 10^{11} Pa$   
 C.  $5 \times 10^{11} Pa$       D.  $6 \times 10^{11} Pa$

2005 年

## 12.5 液体的性质

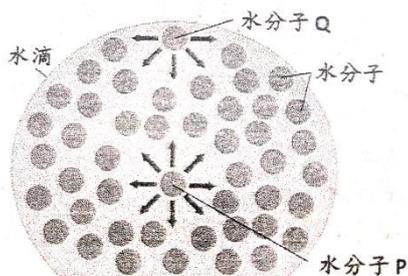
### 液体的表面张力

1. 将回形针保持水平，缓慢地放在水面上时，会发现回形针可以浮在水面上。
2. 当回形针漂浮在水面上时，托起回形针的水面稍有弯曲，就像物体放在紧绷的橡皮膜上一样，给物体施加了一个向上的力。
3. 沿液体表面存在\_\_\_\_\_，它使液体表面就像一层拉紧的橡皮膜，有收缩的趋势。这使液体的\_\_\_\_\_。



### 液体表面张力的成因

1. 在水滴\_\_\_\_\_如水分子P，受到周围水分子的吸引力是\_\_\_\_\_。
2. 但在\_\_\_\_\_如水分子Q，由于水滴外没有其他的水分子，表面层中的水分子受到周围水分子的吸引力是\_\_\_\_\_。
3. 总体呈现出一种指向水滴内部的吸引力，而这些吸引力的宏观表现就是\_\_\_\_\_。



### 液体的表面张力系数

液体的表面张力	
定义	作用在液体表面上并使液体具有收缩趋势的一种力。
公式	$F = \gamma l$ $F$ = 液体的表面张力 $\gamma$ = 表面张力系数 $l$ = 分界线的长度
单位	N
标矢性	矢量（表面张力的方向和液面相切，并和两部分的分界线垂直）

1. 液体不同表面张力的系数不同。\_\_\_\_\_的液体，\_\_\_\_\_。例如：水的表面张力比酒精的表面张力大。
2. 同一种液体在不同温度时的表面张力系数也不同，随着\_\_\_\_\_，液体的\_\_\_\_\_。
3. 不同种类\_\_\_\_\_对液体的表面张力系数也有所不同。在水中加入肥皂后，肥皂液的表面张力系数相比纯水将明显变小。

### 例子：



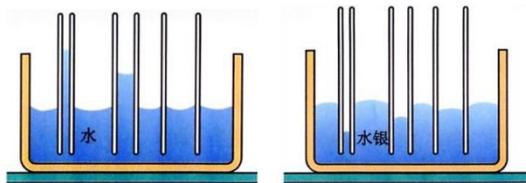
1. 如图所示，先把一个棉线圈拴在铁丝环上，再把环在肥皂液里浸一下，使环上布满肥皂液薄膜。如果用热针刺破棉线圈里那部分薄膜，则棉线圈将成为圆形，主要原因是\_\_\_\_\_。
  - A. 液体表面层分子间的斥力作用
  - B. 液体表面受重力作用
  - C. 液体表面张力作用
  - D. 棉线圈的张力作用

2. 关于液体的表面张力，以下哪些说法是**正确**的？

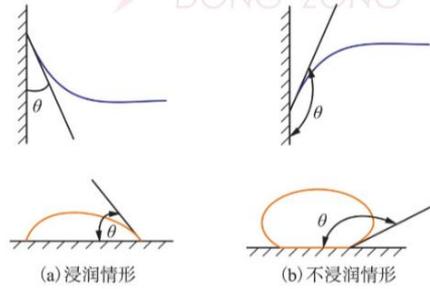
- A. 由于液体的表面张力使表面层内液体分子间的平均距离小于 $r_0$ 。
- B. 由于液体的表面张力使表面层内液体分子间的平均距离大于 $r_0$ 。
- C. 产生表面张力的原因是表面层内液体分子间只有引力没有斥力。
- D. 表面张力使液体的表面有收缩的趋势。

**毛细现象**

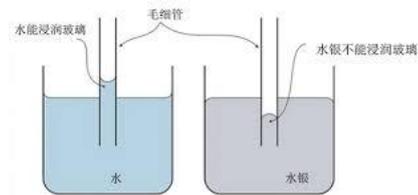
1. 将管子插入\_\_\_\_\_中时，管子里的水面比容器里的水面要高；管子\_\_\_\_\_，它里面的\_\_\_\_\_。
2. 将管子插入\_\_\_\_\_中，发生的现象正好相反，管子里的水银面比容器里的水银面要低；管子\_\_\_\_\_，它里面的\_\_\_\_\_。
3. 液体在管子里升高或降低的现象，叫作\_\_\_\_\_。产生毛细现象的管叫作\_\_\_\_\_。



4. 当液体与固体接触时，在接触处固体表面与液体切线之间成一定角度，称为\_\_\_\_\_。
5. 接触角的大小与固体和液体的性质有关，若接触角为\_\_\_\_\_，我们说\_\_\_\_\_；若接触角为\_\_\_\_\_，我们说\_\_\_\_\_。



6. 液体表面类似张紧绷的橡皮膜，如果液体表面是弯曲表面，表面就会有变平的趋势。
7. 因此，凸液对下面的液体有向下的压力，凹液对它下面的液体有向上的拉力。
8. 浸润液体在毛细管中是凹液面，向上的拉力使管内液体沿着管壁上升，当向上的拉力跟管内升高的液柱受到的重力相等的时候，管内的液体就停止上升。



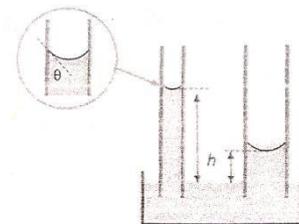
$$F \cos \theta = mg$$

$$\gamma l \cos \theta = v \rho g$$

$$\gamma \times 2\pi r \cos \theta = \pi r^2 h \rho g$$

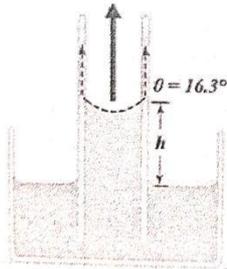
$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{r \rho g}$$

$h$  = 液柱上升高度  $\gamma$  = 表面张力系数  
 $\theta$  = 接触角  $r$  = 毛细管内半径  
 $\rho$  = 液体的密度  $g$  = 重力加速度

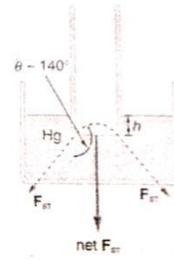


例子：

- 关于浸润与不浸润现象，下面的几种说法中**正确**的是\_\_\_\_\_。
  - 水是浸润液体
  - 水银是不浸润液体
  - 同一种液体对不同的固体，可能浸润，也可能不浸润。
  - 只有浸润液体在细管中才会产生毛细现象。
- 用玻璃毛细管做毛细现象的实验时，可以看到\_\_\_\_\_。
  - 毛细管插入水中，管越细，管内水面越低。
  - 毛细管插入水银中，管越细，管内水面越高。
  - 毛细管插入跟它浸润的液体中时，管内液面上升。
  - 毛细管插入跟它不浸润的液体中时，管内液面上升。



- 如图所示，将一个内径为  $0.5\text{mm}$  的玻璃管竖直放置在液体中。若此液体的表面张力系数是  $0.028\text{Nm}^{-1}$ 。其密度是  $800\text{kgm}^{-3}$ ，接触角为  $16.3^\circ$ ，则它将上升多高？ [0.027m]



- 如图所示，当一个半径为  $0.5\text{mm}$  的毛细管竖直插入水银中后，水银在管内下降的高度是多少？  
（水银的密度为  $13600\text{kgm}^{-3}$ ，表面张力系数为  $0.54\text{Nm}^{-1}$ ，接触角为  $140^\circ$ ） [0.012m]
- 一毛细管的半径为  $2.0\text{mm}$ ，当一小段管竖直插入水中后，水在管内上升的高度是多少？（水的密度为  $1000\text{kgm}^{-3}$ ，表面张力系数为  $0.0726\text{Nm}^{-1}$ ） [0.00741m]

**统考题：**

将一个内径是  $0.2\text{mm}$  的玻璃管竖直放置在肥皂水中。若此肥皂水的表面张力系数是  $0.01\text{Nm}^{-1}$ ，其密度是  $10^3\text{kgm}^{-3}$ ，则它将上升多高？

- 5cm
- 4cm
- 3cm
- 2cm

2006 年