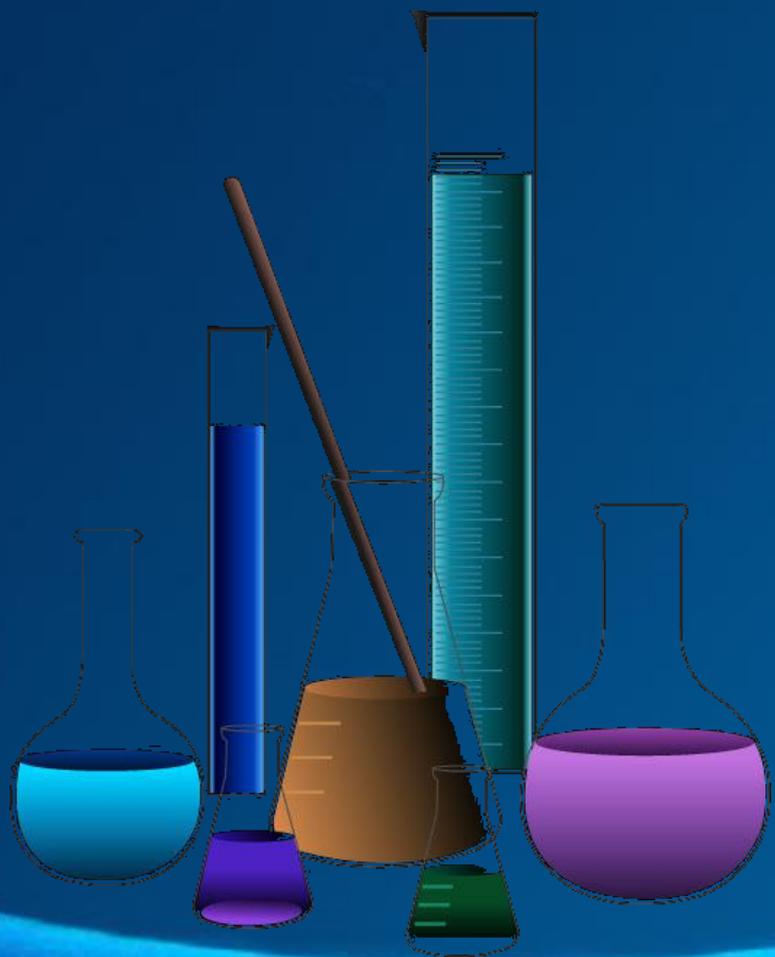


第一章

绪论



无机化学

第一章 绪论

✿ 1.1 化学及其分支

✿ 1.2 无机化学及其分支

✿ 1.3 物质的聚集态

无机化学

BACK

1.1 化学及其分支

★ 1.1.1 无机化学

★ 1.1.2 有机化学

★ 1.1.3 分析化学

★ 1.1.4 物理化学

★ 1.1.5 高分子化学



1.1.1 无机化学

21世纪高等院校教材

化学是一门研究物质组成、结构、性质以及变化规律的基础学科，是自然科学的一个分支。

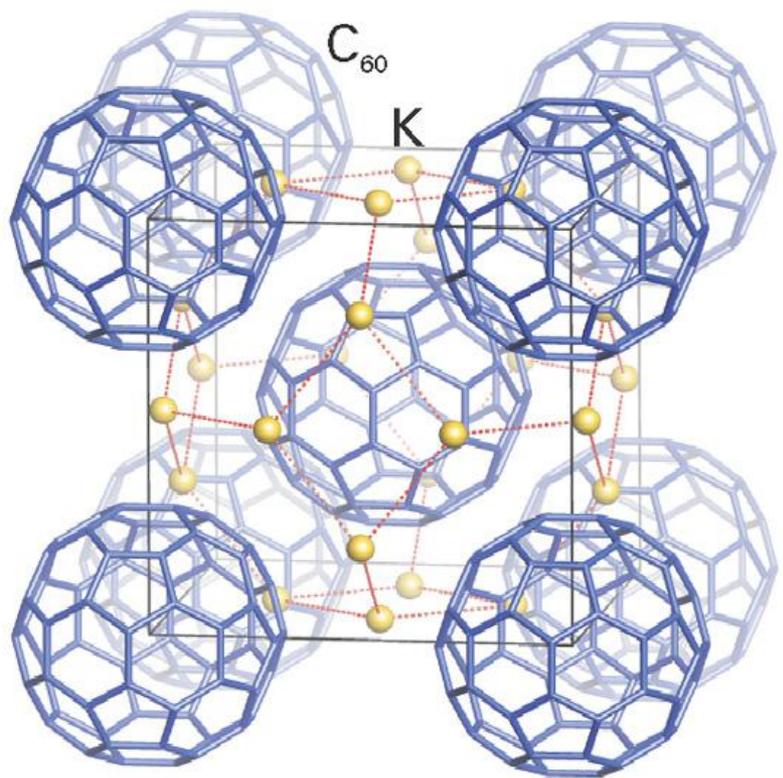
在自然科学中，数学、物理学、化学、生物学、等被列为“一级学科”。而化学一般被划分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学和高分子化学五个二级学科。

无机化学是研究除碳氢化合物及其衍生物之外的所有元素的单质和化合物的组成、结构、性质、变化规律及应用的化学分支。

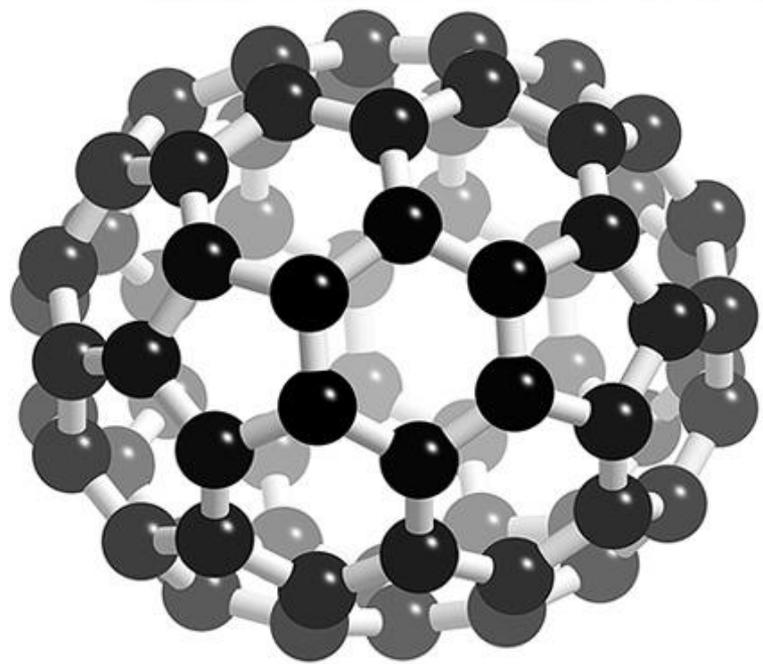
21世纪高等院校教材

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万霞 李志强 钟声亮 吴云影



K_6C_{60} 结构



C70结构 学出版社

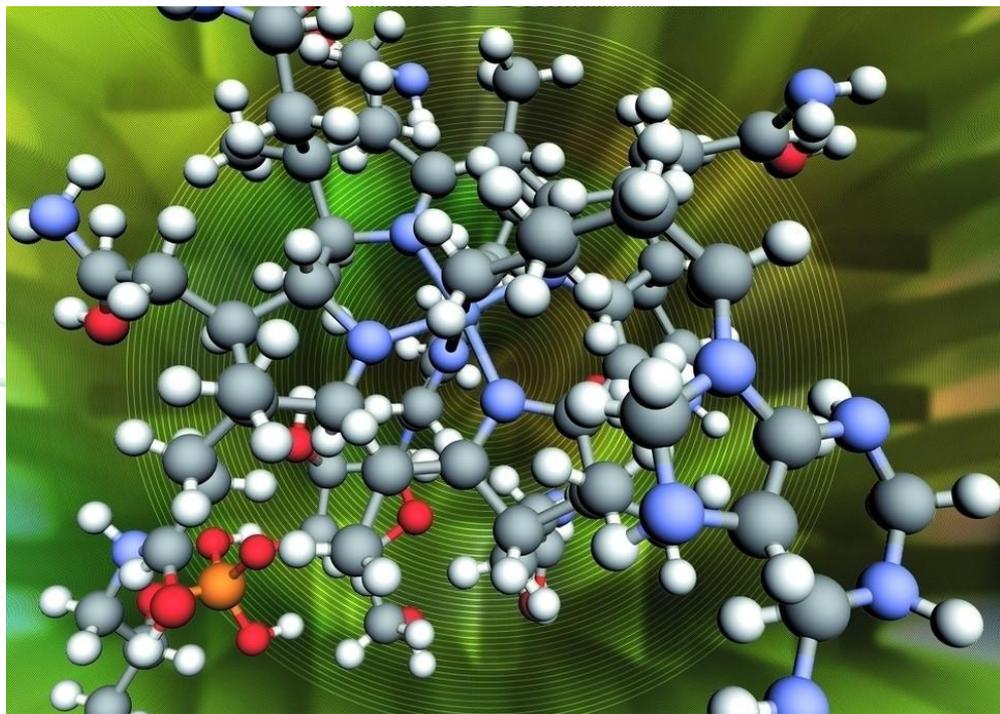
1.1.2 有机化学

21世纪高等院校教材

有机化学是研究碳氢化合物及其衍生物的化学分支，也可以说有机化学就是“碳的学说”

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万 霞 李志强 钟声亮 吴云影

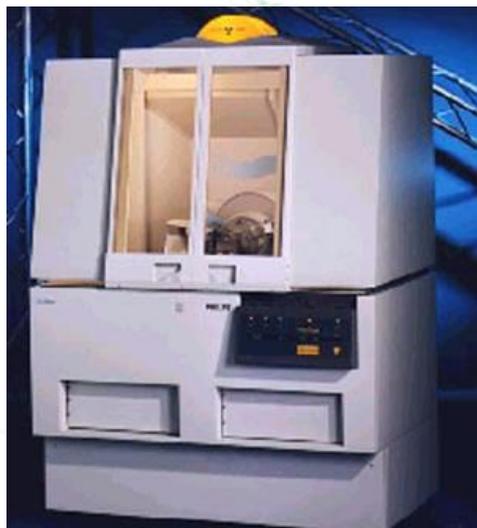


结构复杂的有机化合物

科学出版社

1.1.3 分析化学

分析化学是研究物质化学组成的分析方法以及有关理论的一门化学分支学科。其任务是鉴定物质的化学成分、测定各成分的含量和物质的化学结构，它们依次属于定性分析、定量分析和结构分析研究的内容。



XRD粉末衍射仪



紫外分析仪



漫反射光谱仪



傅里叶红外光谱仪



荧光光谱仪



比表面孔隙分析仪

21世纪高等院校教材

无机化学

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万 霞 李志强 钟声亮 吴云影



JZM-2100透射电子显微镜 (TEM)



JSM-7800F-Prime-场发射扫描电子显微镜 (SEM)

1.1.4 物理化学

物理化学是借助物理学的原理和方法，研究化学反应的方向和限度、化学反应的速率和机理以及物质的微观结构和宏观性质之间的关系等问题，它是化学学科的理论核心。它包括化学热力学、化学动力学和结构化学三部分。



物理
化学
实验
室

21世纪高等院校教材

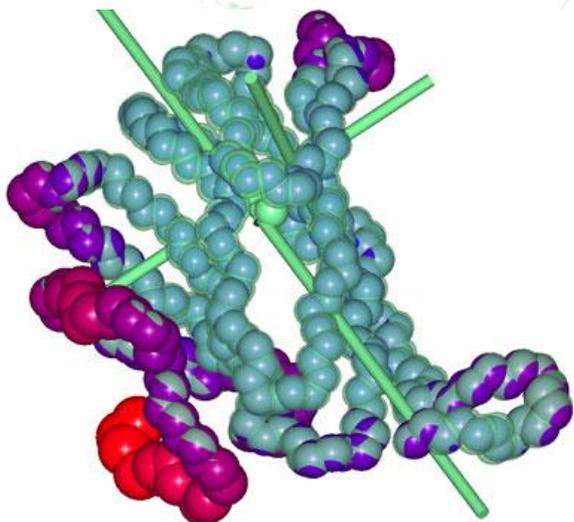
主编 申俊英 王 雷 李志强 钟高亮 吴云影

科学出版社

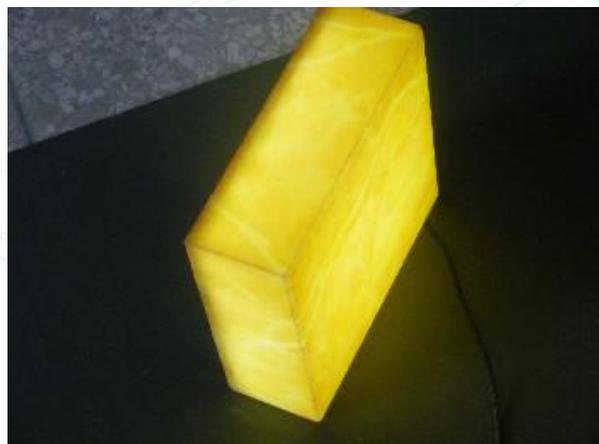
1.1.5 高分子化学

21世纪高等院校教材

高分子化学分为高分子化学和物理两个分支。高分子物理是研究聚合物的结构和性能的关系及其应用；高分子化学是研究聚合原理，探索最佳工艺条件，选择合适原料、引发剂等，合成出预期结构和性能的聚合物。



高分子聚合物



高分子发光材料



学

吴云影

高分子导热塑胶的应用

1.2 无机化学及其分支

★ 1.2.1 无机化学的发展

★ 1.2.2 无机化学的分支

无机化学

← BACK

1.2.1 无机化学的发展

21世纪高等院校教材

萌芽阶段

陶器制造、青铜制造、“点金术”和“炼丹术”、黑火药制等

发展阶段

“元素”的提出，“原子论”，“质量守恒定律”，“分子论”，“元素周期律”

复兴阶段

惰性气体的发现；工业合成氨的发明；原子和分子结构理论的建立；现代分析测试技术的应用

振兴阶段

借助量子力学和先进的化学、电学、磁学等技术，将物质的宏观性质与其微观结构联系起来，建立起现代无机化学的新体系

飞速发展阶段

打通了微观、介观、宏观的界限，由此产生了无机化学的各个新兴分支

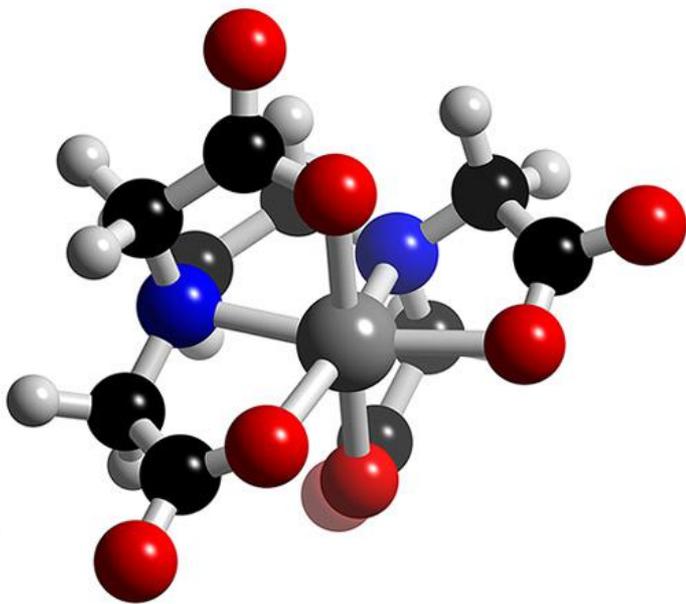
主 编 章伟光

副主编 申俊英 王 霞 李志强 钟素高 吴云影

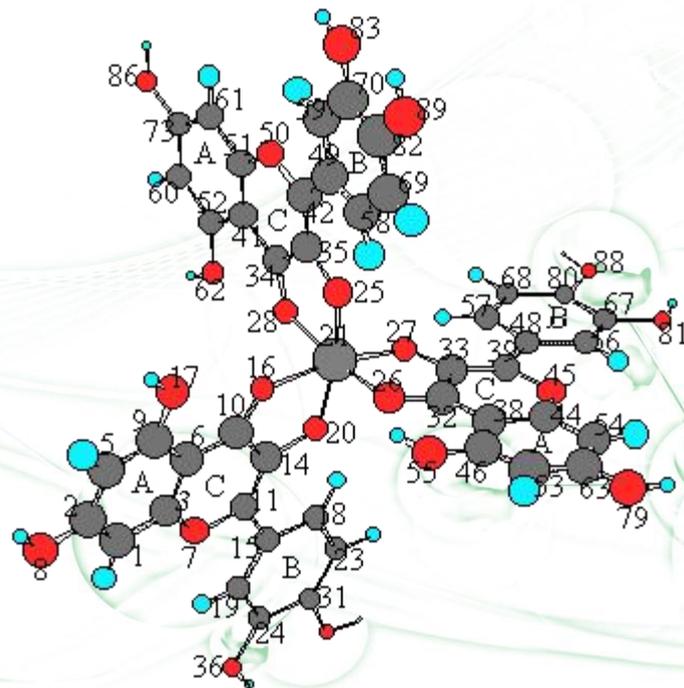
1.2.2 无机化学的分支

21世纪高等院校教材

配位化学是研究金属的原子或离子与无机、有机的离子或分子相互反应形成配位化合物的特点以及它们的成键、结构、反应、分类和制备。



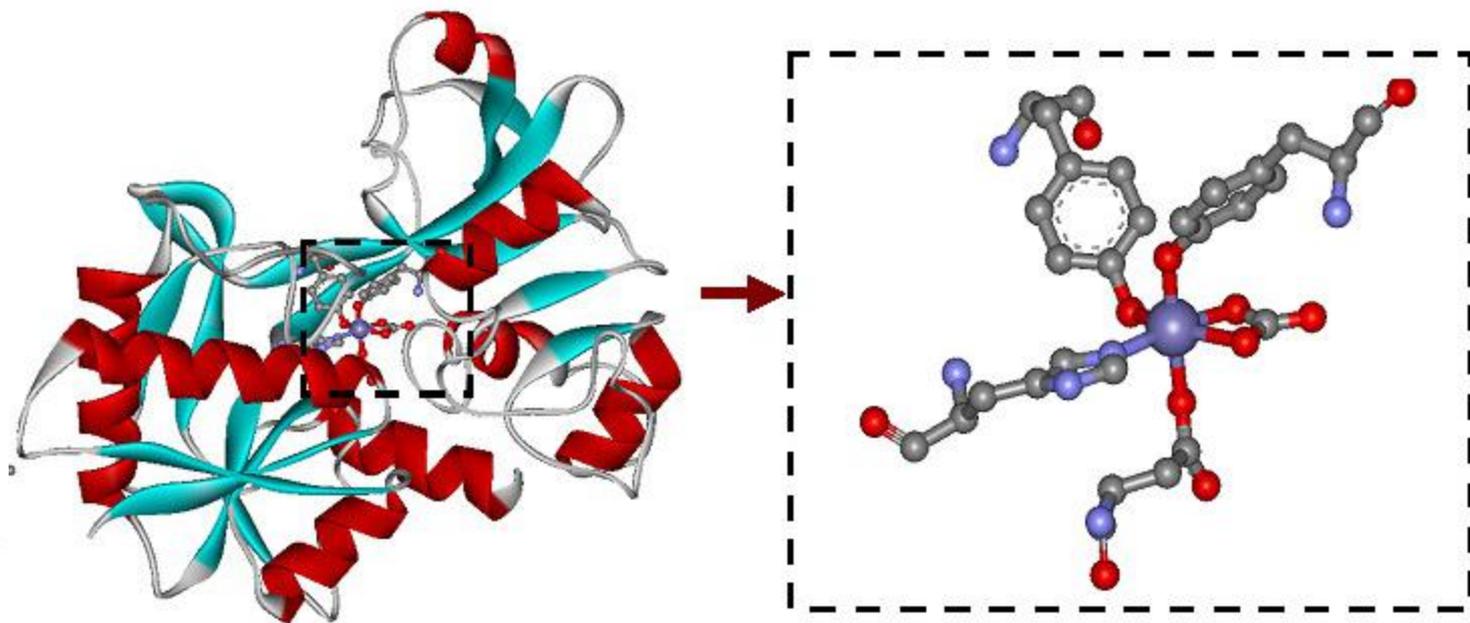
Co(EDTA)⁻配离子



槲皮素-铝配合物

版社

生物无机化学是无机化学和生物化学相互渗透而形成的一门边缘学科，它应用无机化学理论和方法，研究元素及其化合物与生物体系及其模拟体系的相互作用、结构和生物活性的关系。

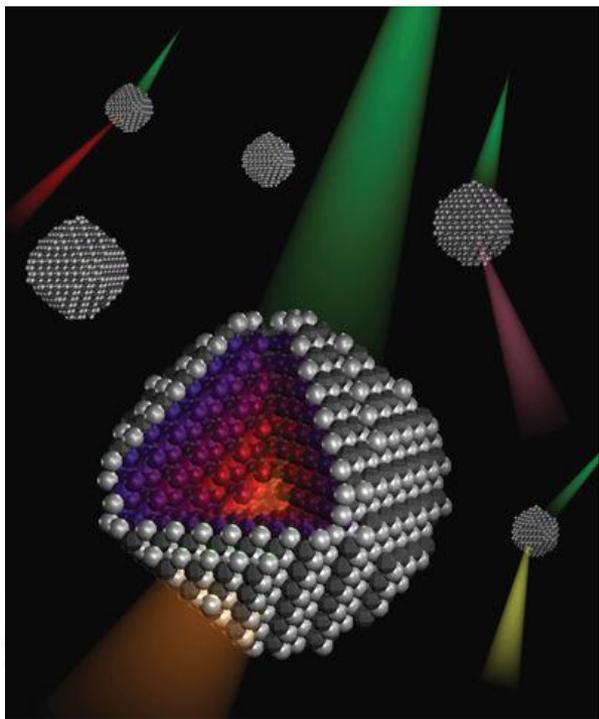


一种金属-酶的配合物

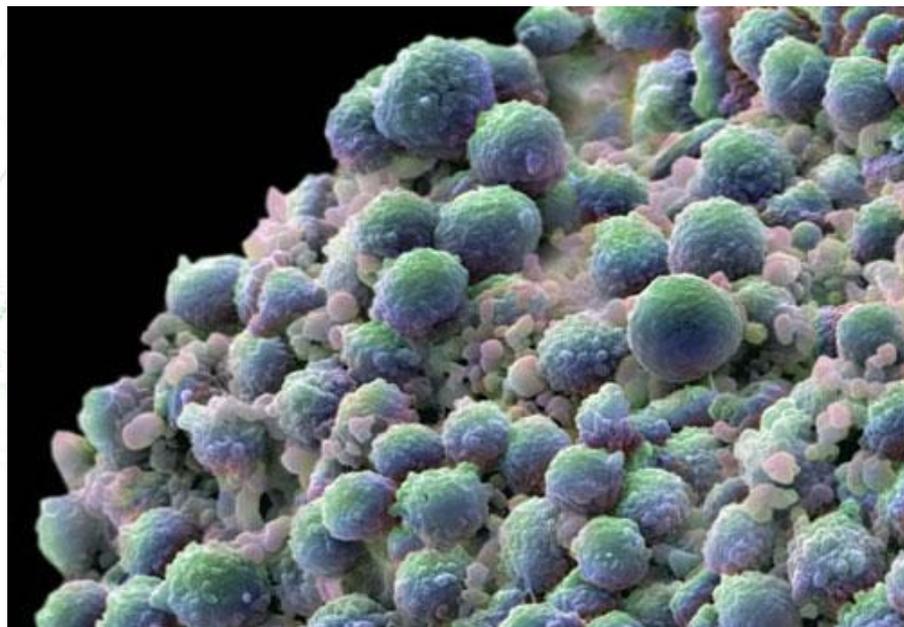
固体无机化学是研究固体物质的制备、组成、结构和性质的科学。固体无机化学是跨越无机化学、固体物理、材料科学等学科的交叉领域。

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万 霞 李志强 钟声亮 吴云影



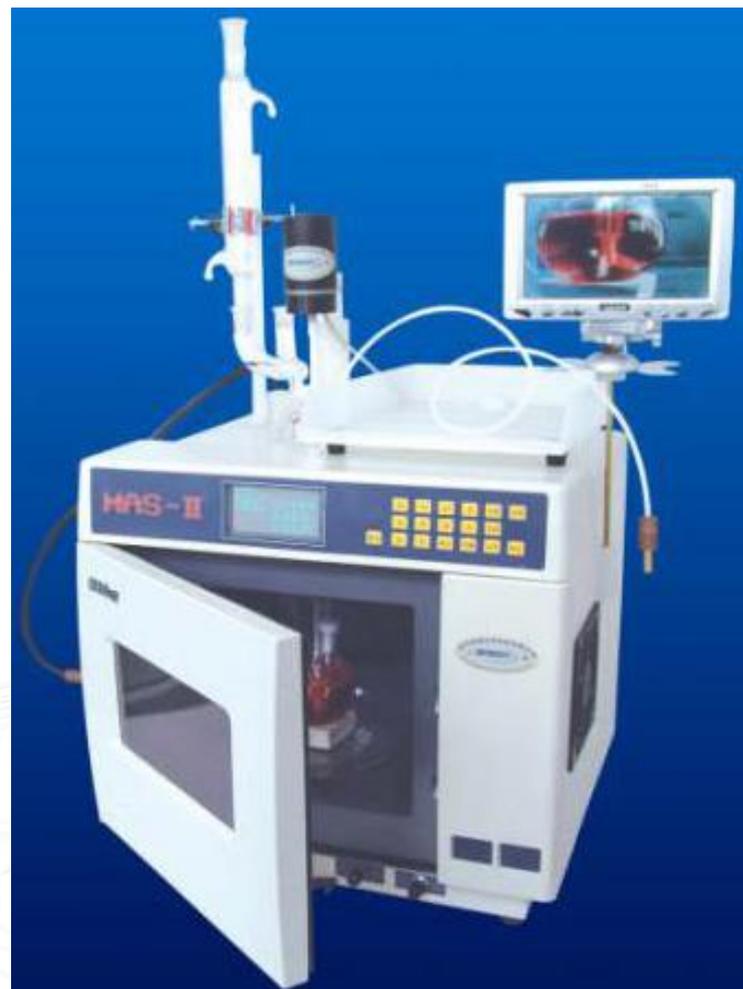
新型发光纳米粒子



氧化铁纳米粒子协助蛋白杀死癌细胞, 正常细胞不受损

无机合成化学是研究如何合成无机化合物及其合成反应机理。

理论无机化学是以理论化学和计算化学作为基础，通过定量、半定量的计算或定性分析，得出复杂分子所应具有的性质。



微波化学反应合成仪

1.3 物质的聚集态

★ 1.3.1 五种集聚态

★ 1.3.2 气体

★ 1.3.3 理想气体状态方程

无机化学

← BACK

1.3.1 五种集聚态

物质的**集聚态**是指物质分子集合的状态,也叫物态。常见的物质集聚态有**气态、液态和固态**三种,又称气体、液体、固体。除此之外,还有等离子体(第四态)、超高密度态(第五态),以及超导态、超流态、液晶等集聚态。

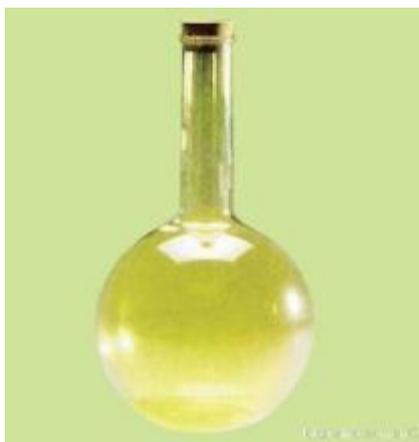
1. 气体

21世纪高等院校教材

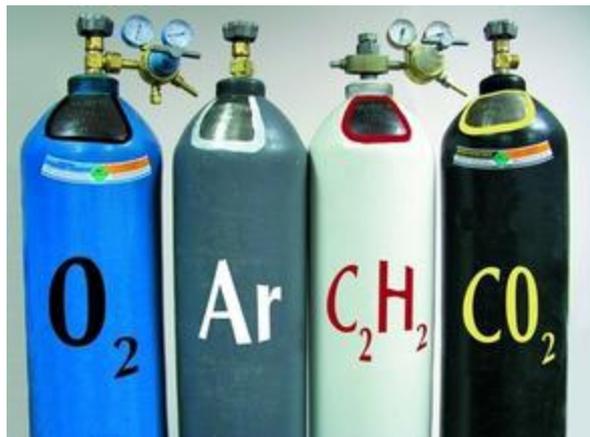
无机化学

主 编 章伟光

副主编 申玲英 万霞 李志强 钟海亮 吴云影



氯气



压缩气体

特性：易压缩和扩散

2. 液体

21世纪高等院校教材

无机化学

高英

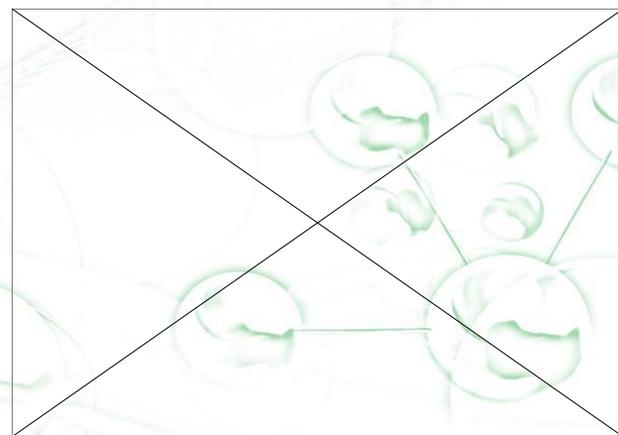
万霞 李志强 钟声亮 吴云影



各色液体



粘稠液体



特性：易流动，形状随容器而定

3. 固体

21世纪高等院校教材

无机化学

章伟光

申俊英 万霞 李志强 钟声亮 吴云影



氯化钠晶体



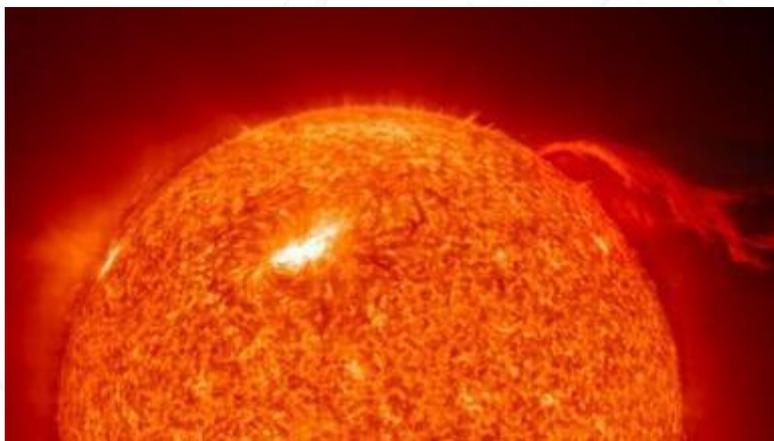
天然晶体

特性：具有一定形状、大小

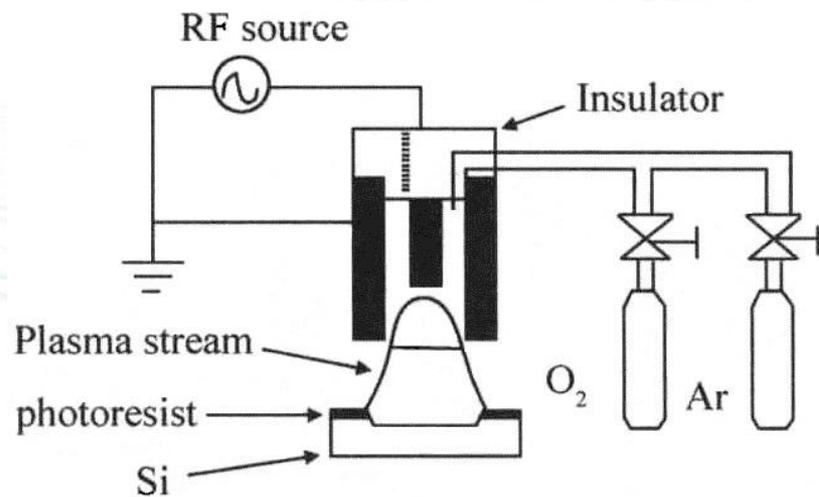
4. 等离子体

21世纪高等院校教材

由带电离子、电子和中性粒子组成的流体。在等离子体中，带正电荷的粒子与带负电荷的粒子所带的电荷总数相等，而且粒子的密度也基本相同。它又称第四态。



逃离太阳表面的等离子体



等离子体产生原理图

5. 超高密度态

当物质处于在140万大气压下，物质的原子就可能被“压碎”。电子全部被“挤出”原子，形成电子气体，裸露的原子核紧密地排列，物质密度极大，这就是超高密度态(简称超固态)，又称第五态。



天体黑洞

例如，一块乒乓球大小的超固态物质，其质量至少在1000吨以上。

1.3.2 气体

21世纪高等院校教材

理想气体：为一种假想气体，其特征是：分子之间没有相互吸引和排斥，分子本身的体积相对于气体所占有体积完全可以忽略，且气体分子与容器壁间发生完全弹性碰撞。

由于真正的理想气体是不存在的，我们把那些在常温常压下不容易液化的气体。例如 He、H₂、O₂、N₂等近似作为理想气体来处理，其性质可用理想气体状态方程来描述。

1.3.3 理想气体状态方程

世纪高等院校教材

$$pV = nRT = \frac{m}{M} RT$$

注意:当压力和体积所取单位不同时,式中的R取值就不同.

pV的单位	R值	R的单位
Pa·m ³	8.314	Pa·m ³ ·mol ⁻¹ ·K ⁻¹ 或J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
Pa·L	8314.3	Pa·L·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
atm·L	0.0821	atm·L·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
kPa·L	8.314	kPa·L·mol ⁻¹ ·K ⁻¹

练习题

21世纪高等院校教材

无机化学

1.1: 某未知气体样品为 5.0 g, 在温度为 100°C 、压力为 291 kPa 时的体积是 0.86 L, 求该气体的摩尔质量。

1.2: 26°C 和 111 kPa下, CCl_4 蒸气的密度是多少? (相对原子质量: C 12, Cl 35.5)

练习题

21世纪高等院校教材

无机化学

主 编 章伟光

副 编 钟海亮 吴云影

1.3: 在 27°C 和 100 kPa 压力下, 收集到相对分子质量为 32.0 的理想气体 821 L , 求该气体的质量。

1.4: 在 1000°C 和 98.7 kPa 下, 硫蒸气的密度为 $0.597\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。请通过计算写出硫的分子式。

1.3.4 分压定律

21世纪高等院校教材

无机化学

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万 霞 李志强 钟声亮 吴云影

1) 分压的定义

相同温度下, 组分气体单独占有混合气体的总体积时所呈现的压力称为组分气体的分压. (用 p_B 表示) 根据定义, 有下列数学关系式:

总体积

绝对温度

$$p_B V = n_B RT$$

气体常数

B组分分压

B组分物质的量

或

$$p_B = \frac{n_B RT}{V}$$

2) 分压定律

在温度恒定下，混合气体的总压力等于各组分气体分压力之和，这个结论称为道尔顿分压定律。

分压定律的数学表达式为：

$$p = \sum p_B = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_B$$

总压

分压

无机化学

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万霞 李志强 钟声亮 吴云影

B的物质的量

$$\frac{p_B}{p} = \frac{n_B}{n} = x_B$$

B的摩尔分数

总压

总物质的量

或

$$p_B = x_B p$$

例题

21世纪高等院校教材

1.5: 把30L压力为 $0.97 \times 10^5 \text{Pa}$, 温度为 55°C 的氮气和20L压力为 $0.85 \times 10^5 \text{Pa}$, 温度为 15°C 的氢气压入25L容器中, 容器内温度为 37°C 。问:

- (1) 容器内的最终压力为多少?
- (2) 氮气和氢气的分压分别为多少?

解：对于各组分气体，因混合前后n不变，则

21世纪高等院校教材

$$\frac{p_{\text{前}} \cdot V_{\text{前}}}{T_{\text{前}}} = \frac{p_B \cdot V}{T}$$

$$p_{N_2} = \frac{p_{\text{前}} \cdot V_{\text{前}} \cdot T}{V \cdot T_{\text{前}}} = \frac{30 \times 0.97 \times 10^5 \times (273 + 37)}{25 \times (273 + 55)} = 1.10 \times 10^5 (\text{Pa})$$

同理：

$$p_{H_2} = \frac{p_{\text{前}} \cdot V_{\text{前}} \cdot T}{V \cdot T_{\text{前}}} = \frac{20 \times 0.85 \times 10^5 \times (273 + 37)}{25 \times (273 + 15)} = 0.73 \times 10^5 (\text{Pa})$$

$$\begin{aligned} \therefore p &= p_{N_2} + p_{H_2} = 1.10 \times 10^5 + 0.73 \times 10^5 \\ &= 1.83 \times 10^5 (\text{Pa}) \end{aligned}$$

1.3.5 分体积定律

21世纪高等院校教材

1) 分体积的定义

相同温度下, 组分气体具有和混合气体相同压力时所占的体积称为组分气体的分体积. (用 V_B 表示). 据定义有下列关系式

B组分
分体积

$$pV_B = n_B RT$$

总压

或

$$V_B = \frac{n_B RT}{p}$$

2) 分体积定律

分体积

$$V = \sum V_B = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_B$$

总体积

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万 霞 李志强 钟声亮 吴云影



组分B
分体积

组分B物
质的量

$$\frac{V_B}{V} = \varphi_B = \frac{n_B}{n} = \chi_B$$

总体积

组分B的
体积分数

总物质
的量

组分B的
摩尔分数

相关演变公式

21世纪高等院校教材

无机化学

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万 霞 李志强 钟声亮 吴云影

$$\frac{p_B}{p} = x_B = \frac{V_B}{V} = \varphi_B$$

$$p_B = x_B p = \varphi_B p$$

$$\frac{p_B}{p} = \frac{V_B}{V} = \frac{n_B}{n}$$

$$V_B = x_B V = \varphi_B V$$

混合气体的总状态方程

21世纪高等院校教材

无机化学

主 编 章伟光
副主编 申俊英 李志强 钟声亮 吴云影

总体积

绝对温度

$$pV = nRT$$

总压

气体常数

总物质的量

计算时常用的重要公式

21世纪高等院校教材

$$p_B \cdot V = p \cdot V_B = n_B RT$$

$$\frac{p_{\text{前}} \cdot V_{\text{前}}}{T_{\text{前}}} = \frac{p_B \cdot V}{T} = \frac{p \cdot V_B}{T}$$

上述公式使用前提：

混合前后组分气体的 n_B 不变

$$\frac{p_B}{p} = \frac{V_B}{V} = \frac{n_B}{n}$$

例题

21世纪高等院校教材

1.5: 在 15°C 和 $1.05 \times 10^5 \text{Pa}$ 压力下, 于水面上收集了 300mL 氢气. 在此温度下水的饱和蒸气压为 $1.68 \times 10^3 \text{Pa}$, 现用干燥剂把氢气和水分离。问:

(1) 在此条件下纯氢气的分压为多少? 分体积为多少?

(2) 干燥氢气的质量是多少? 此干燥氢气在 100°C 和 $0.13 \times 10^5 \text{Pa}$ 下的体积为多少?

解：(1) 已知： $T=273+15=288\text{K}$, $p=1.05 \times 10^5\text{Pa}$,

21世纪高等院校教材

$V=0.300\text{L}$, $p_{\text{水}}=1.68 \times 10^3\text{Pa}$.

$$\therefore p_{\text{H}_2}=p-p_{\text{水}}=1.05 \times 10^5-1.68 \times 10^3=1.033 \times 10^5 (\text{Pa})$$

由 $p_{\text{B}}V=pV_{\text{B}}$ 得：

主 编 章伟光

副主编 申俊英 万霞 李志强 钟声亮 吴云影

$$V_{\text{H}_2}=p_{\text{H}_2}V/p=1.033 \times 10^5 \times 0.300/1.05 \times 10^5=0.295 (\text{L})$$

(2) 由 $p_{\text{B}}V=n_{\text{B}}RT$ 得：

$$n=p_{\text{B}}V/RT=1.033 \times 10^5 \times 0.300/8314 \times 288=0.0129 (\text{mol})$$

氢气的质量为 $0.0129 \times 2=0.0258 (\text{g})$

$$V=nRT/p_{\text{B}}=0.0129 \times 8314 \times (273+100)/0.13 \times 10^5=3.08 (\text{L})$$

例题

21世纪高等院校教材

无机化学

主 编 章伟光

副 主 编 李志强 钟声亮 吴云影

1.6: 以下哪些关系式是正确的?说明理由.

(1) $pV_B = n_B RT$;

(2) $p_B V = n_B RT$;

(3) $p_B V_B = n_B RT$;

(4) $p_B V_B = n RT$;

(5) $pV = nRT$;

(6) $p_B V_B = p_{\text{前}} V_{\text{前}}$

(混合前后n保持不变)

练习题

21世纪高等院校教材

1.7: 现有 10.0 m^3 热空气和乙醇混合气体, 它们处于 $100 \text{ }^\circ\text{C}$, 101.3 kPa , 乙醇分压为 29.3 kPa 。当它们通过水冷却夹套装置后, 冷却气体处于 20°C , 101.3 kPa , 乙醇分压为 6.66 kPa 。问:

- (1) 冷却后混合气体体积是多少?
- (2) 冷却过程中有多少摩尔乙醇凝聚为液体?

解：(1) 设冷却前为状态 1，冷却后为状态 2，因冷却前后空气质量不变。则

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot p_2} \\ &= \frac{(101.3 - 29.3) \times 10 \times 293}{373 \times (101.3 - 6.66)} = 5.98 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

(2) 冷却前乙醇含量

$$n_1 = \frac{p_1 \cdot V}{RT_1} = \frac{29.3 \times 10 \times 10^3}{8.314 \times 373} = 94.5(\text{mol})$$

冷却后乙醇含量

$$n_2 = \frac{p_2 \cdot V}{RT_2} = \frac{6.66 \times 5.98 \times 10^3}{8.314 \times 293} = 16.4(\text{mol})$$

乙醇凝聚量

$$n = 94.5 - 16.4 = 78.1(\text{mol})$$

1.8: 将图中所有隔板全都打开并混合均匀, 在恒温下计算混合气体的总压力和各组
分气体的分体积。

