

第五章 物质的检验技能

目标

1. 知道物质检验的原理与一般方法
2. 会检验常见气体的操作
3. 知道重要阳离子与阴离子的检验方法；会用不同方法检验重要阳离子与阴离子的操作
4. 会检验重要有机物

目录

- 第一节 物质检验的一般方法
- 第二节 常见气体的检验
- 第三节 常见阴、阳离子的检验
- 第四节 重要有机物的检验

选做实验

- 氢气、一氧化碳、二氧化碳、水蒸气混合气体的鉴定
- 氯化铵与硫酸钾混合溶液中离子的鉴定
- 葡萄糖的检验

第一节 物质检验的一般方法

物质检验是分析化学的重要内容。分析化学的主要任务是鉴定物质的化学组成、测定物质的有关组分的含量、确定物质的结构和存在形态及其与物质性质之间的关系等。

定性分析：鉴定物质中含有那些组分，及物质由什么组分组成。

定量分析：测定各种组分的相对含量。

结构分析：研究物质的分子结构或晶体。

物质检验基本属于分析化学中的定性分析。

一、物质检验的一般方法

物质检验一般方法有：利用物理性质进行检验、利用化学性质进行检验、利用仪器分析进行检验。

1. 利用物理性质检验物质

利用物质的特殊物理性质（如颜色、状态、气味、溶解性等）检验物质，通过观察、分析、判断，得出结论。

常见物质的主要物理特性：

(1) 固体物质的颜色

白色： MgO 、 P_2O_5 、 CaO 、 $KClO_3$ 、 $NaOH$ 、 $Ca(OH)_2$ 、 Na_2CO_3 、 $CaCO_3$ 等

黑色： CuO 、 C 、 MnO_2 、 Fe_3O_4 、 Fe (粉)

蓝色： $Cu(OH)_2$ 、 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

红色：Cu、Fe₂O₃、HgO、P_红

红褐色：Fe(OH)₃

紫黑色：KMnO₄、

(2) 沉淀的颜色

①不溶于水也不溶于酸，白色沉淀物是AgCl、BaSO₄。

②不溶于水但能溶于酸，且生成气体能使澄清石灰水变浑浊的白色沉淀物常见的是CaCO₃、BaCO₃等碳酸盐。

③不溶于水能溶于酸，但没有气泡生成的白色沉淀有Mg(OH)₂等难溶性碱。

④不溶于水的蓝色沉淀是Cu(OH)₂。

⑤不溶于水的红褐色沉淀是Fe(OH)₃。

(3) 溶液的颜色

①蓝色溶液：含Cu²⁺的溶液，如CuSO₄溶液等。

②黄色溶液：含Fe³⁺的溶液，如Fe₂(SO₄)₃溶液、FeCl₃溶液等。

③浅绿色溶液：含Fe²⁺的溶液，如FeSO₄溶液、FeCl₂溶液等。

(4) 有刺激性气味的气体是SO₂、Cl₂、HCl、NH₃等。

2. 利用化学性质检验物质

根据物质的化学性质，使被检验物质与加入的试剂作用，转变为某种已知物质，或产生某种特殊现象，从而确定该物质的存在。常见的特殊现象有：

①生成气体：能够生成气体的离子很多，生成的气体也常有性质的相似之处，判断时要注意干扰。

②生成沉淀：许多金属阳离子或酸根阴离子都可生成具有特殊颜色、特殊性质的沉淀，但同时也应注意排除干扰

③显现特殊颜色：特殊颜色的出现或消失并配合特殊试剂，是鉴别物质的常见方法。如KSCN检验Fe³⁺、酸性的KMnO₄检验不饱和化合物、新制Cu(OH)₂悬浊液检验醛类物质等。

3. 利用仪器分析检验物质

仪器分析是用精密仪器测量物质的某些物理或物理化学性质以确定其化学组成、含量及化学结构的一类分析方法。仪器分析方法主要分为以下几类：

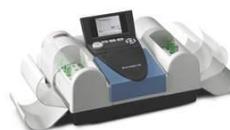
仪器 分析	{	电化学分析	→	电位分析、电导分析、电解分析等
		光化学分析	→	紫外可见光、红外光谱、核磁法、原子吸收分光等
		色谱分析	→	气相色谱、液相色谱、薄层色谱、激光色谱等
		质谱分析		
		分析仪器联用技术		
			

例如：红外光谱仪



红外光谱仪是利用物质对不同波长的红外辐射的吸收特性，进行分子结构和化学组成分析的仪器。

又如：原子吸收光谱仪



吸收光谱：光照射到物质时，一部分光会被物质吸收。在连续光谱中某些波长的光被物质吸收后产生的光谱被称作吸收光谱。每一种物质都有其特定的吸收光谱，因此可根据物质的吸收光谱来分析物质的结构和含量。

仪器分析应用例举

仪器分析	┌	元素分析仪——检验 C、H、O、N 等元素
		红外光谱仪——确定有机物中原子团等
		原子吸收光谱——确定金属与金属离子的存在

二、物质检验的基本要求

1. 操作简便：能用物理方法鉴别的不用化学方法，能用一种试剂鉴别的不用多种试剂。
2. 流程规范：对所检验的物质先取样，再进行实验。
基本流程：取样→操作→现象→结论。
3. 现象明显：使待鉴别物质的现象对比度较大。
4. 防止干扰：如用 BaCl_2 溶液鉴别 SO_4^{2-} 时应排除 CO_3^{2-} 的干扰。

三、物质检验实验设计步骤

实验步骤是实验原理具体实施的操作过程。根据原理设计实验步骤的一般顺序是“样品预处理——取少量样品——加某种试剂——某操作——分析现象——结论”。

1. 样品：所有的检验都不能直接在原样品中进行，只能取出少量进行检验。若样品是固体一般要先溶解后再进行下步操作。设计原理和步骤时尽量减少取用样品的次数。若样品是气体，一般是气体沿着一套装置从左到右一次性完成检验。
2. 试剂：要注明名称、浓度、用量、加入的顺序。如用量一般用“少量、适量、过量”表示；当需加有颜色的试剂观察褪色现象时只能加“1-2滴”。
3. 仪器：必须写出名称，必要时注明型号与操作要点。

4. 操作：检验过程中所用到的操作必须注明操作名称。常见的操作名称有振荡、搅拌、静置、加热、冷却、结晶、过滤、倾析、分液等。操

5. 现象记录与分析：现象分析时可参考下面的格式。

实验步骤	实验现象	解释、结论与化学方程式
1		
2		
3		

6. 结论：根据各步实验结论，综合分析，得出结论时现象、结论、假设必须相呼应。

7. 问题与讨论：主要是对实验中的注意事项，试剂的浓度、用量，操作的顺序等对实验的影响等进行讨论与分析。

第二节 常见气体的检验

中学阶段常见气体有： O_2 ， H_2 ， CO_2 ， CO ， Cl_2 ， Br_2 ， HCl ， SO_2 ， H_2S ， NO ， NO_2 ， NH_3 ， CH_4 ， C_2H_4 ， C_2H_2 等。

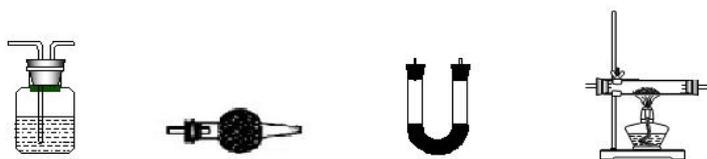
一、常见气体检验方法

气体种类	物理性质初步检验	化学方法具体检验
O_2	无色无味	用带火星的木条靠近，木条复燃
H_2	无色无味	在空气中点燃呈淡蓝色火焰，生成物只有水；能使灼热的 CuO 由黑色变成红色，气体产物能使白色 $CuSO_4$ 粉末变蓝
CO_2	无色，略带酸味	能使澄清石灰水变浑浊，继续通入又可以变澄清；能使燃着的木条熄灭
CO	无色无味	点燃呈淡蓝色火焰，燃烧产物只有 CO_2 ；能使灼热的 CuO 由黑色变成红色，且气体产物可使澄清石灰水变浑浊
Cl_2	黄绿色刺激性气味	能使湿润的碘化钾淀粉试纸变蓝
Br_2	呈红棕色	可以使湿润的碘化钾淀粉试纸变蓝
HCl	无色刺激性气味	能使湿润的蓝色石蕊试纸变红；靠近浓氨水冒白烟；将气体通入 $AgNO_3$ 溶液中有白色沉淀生成
SO_2	无色刺激性气味	能使品红溶液褪色，加热后又恢复红色；能使澄清石灰水变浑浊；能使酸性高锰酸钾溶液褪色
H_2S	无色臭鸡蛋气味	能与 $Pb(NO_3)_2$ 或 $CuSO_4$ 溶液反应产生黑色沉淀；或使湿润的醋酸铅试纸变黑；能使湿润的蓝色

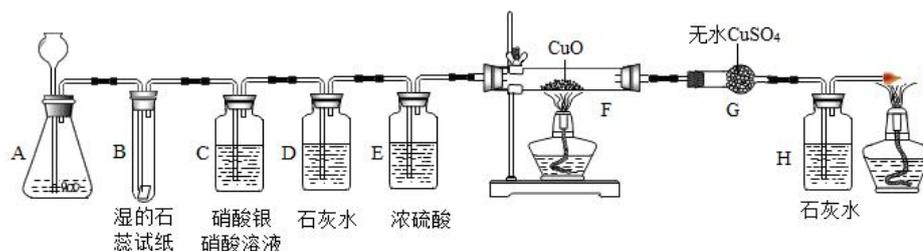
		石蕊试纸变红
NO	无色无味	在空气中立即变成红棕色
NO ₂	红棕色刺激性气味	通入水中生成无色的溶液并产生无色气体，且溶液显酸性
NH ₃	无色刺激性气味	能使湿润的红色石蕊试纸变蓝（一般情况下，只有NH ₃ ）；靠近浓盐酸冒白烟
CH ₄	无色无味	点燃呈淡蓝色火焰，燃烧产物是水和CO ₂ ；不能使酸性高锰酸钾溶液、溴水褪色
C ₂ H ₄	无色稍有甜味	点燃呈明亮的火焰，并冒黑烟，燃烧产物是水和CO ₂ ；能使酸性高锰酸钾溶液、溴水、溴的四氯化碳溶液褪色
C ₂ H ₂	无色无味	点燃火焰明亮并伴有浓烈的黑烟，燃烧产物是水和CO ₂ ；通入溴的四氯化碳溶液后，溴的红棕色逐渐褪去；通入酸性KMnO ₄ 溶液后，酸性KMnO ₄ 溶液的颜色逐渐褪去。

二、混合气体检验的基本思路与仪器装置

1. 思路：明确目标，选择合适的试剂，熟悉相关现象，避免干扰，注意先后顺序。
2. 常用的仪器装置



装置如：



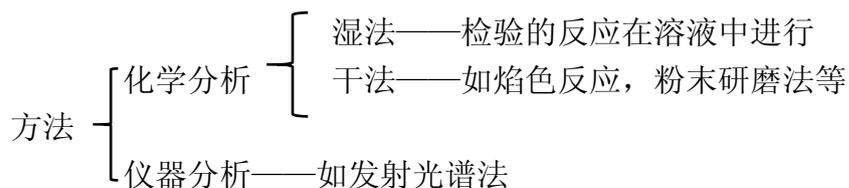
混合气体检验避免干扰，试剂的选择，气体通入的顺序要特别关注。

第三节 常见阴、阳离子的检验

一、常见离子检验的一般方法

1. 任务——确定物质的化学组成

2. 方法



空白实验与对照实验：

① 空白实验

概念：用蒸馏水代替试液，用同样的方法进行试验

作用：检查试剂、蒸馏水或器皿是否含有被检离子

② 对照实验

概念：用已知溶液代替试液，用同样的方法进行试验

作用：检查试剂是否变质或反应条件是否控制得当

3. 离子检验的特征与条件

①特征：沉淀生成或溶解、溶液颜色的变化、特殊气体的逸出、特殊气味的产生。

②条件：溶液的酸度、溶液的温度、反应离子的浓度、催化剂溶剂、干扰物质的影响等。

4. 检验反应的选择性

概念：一种试剂只与少数离子起反应时，则称之为选择性反应。起反应的离子越少，则选择性越高；只与一种离子反应，称之为特效反应或专属反应，所使用的试剂称之为该离子的特效或专属性试剂。

提高选择性的途径：控制溶液的酸度、加掩蔽剂、做附加（或补充）试验、有机溶剂萃取、分离干扰离子

5. 系统分析与分别分析

系统分析按一定的顺序与步骤，将离子加以分组分离，然后进行检验。

分别分析在其他离子共存时，不需要经过分组分离，直接检验出待出离子。需要采用专属试剂或创立专属反应的条件，在此条件下，所用的试剂只与一种离子反应。

二、常见阳离子的检验方法

离子	检验试剂	实验步骤	实验现象	离子方程式
H ⁺	①酸度计 ②pH 试纸 ③石蕊试液	①将酸度计的探头浸泡在待测液中②用玻璃棒蘸取少量待测液滴到干燥的 pH 试纸上③取样，滴加石蕊试液	①、②pH<7 ③石蕊变红	

K ⁺	焰色反应	①铂丝用盐酸洗涤后在火焰上灼烧至原火焰色②	浅紫色(通过蓝色钴玻璃片观察钾离子焰色)	
Na ⁺	焰色反应	蘸取溶液, 放在火焰上灼烧, 观察火焰颜色。	火焰分别呈黄色	
NH ₄ ⁺	NaOH 溶液(浓)	取少量待测溶液于试管中, 加入 NaOH 浓溶液并加热, 将湿润红色石蕊试纸置于试管口	加热, 生成有刺激性气味、使湿润红色石蕊试纸变蓝的气体	$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
Ag ⁺	稀 HNO ₃ 、稀盐酸(或 NaCl)	取少量待测溶液于试管中, 加入稀 HNO ₃ 再加入稀盐酸(或 NaCl)	生成白色沉淀, 不溶于稀 HNO ₃	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$
Ba ²⁺	①稀 H ₂ SO ₄ 或可溶性硫酸盐溶液②稀 HNO ₃	取少量待测溶液于试管中, 加入稀 H ₂ SO ₄ 再加入稀 HNO ₃	产生白色沉淀, 且沉淀不溶于稀 HNO ₃	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$
Fe ³⁺	KSCN 溶液	取少量待测溶液于试管中, 加入 KSCN 溶液	变为血红色溶液	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3$
	加苯酚	取少量待测溶液于试管中, 加苯酚	溶液显紫色	
	淀粉 KI 溶液	滴加淀粉 KI 溶液	溶液显蓝色	$2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$
	加 NaOH 溶液	加 NaOH 溶	产生红褐色沉淀	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$
Fe ²⁺	①KSCN 溶液, 新制的氯水	①取少量待测溶液于试管中, 加入 KSCN 溶液, 新制的氯水	①加入 KSCN 溶液不显红色, 加入少量新制的氯水后, 立即显红色。	$2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3$

	②加 NaOH 溶液	②取少量待测溶液于试管中，加入 NaOH 溶液并露置在空气中	②开始时生成白色 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀，迅速变成灰绿色，最后变成红褐色 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀。	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$
	③（无其它还原性物质如 SO_3^{2-} ）酸性高锰酸钾	取少量待测溶液于试管中，加入酸性高锰酸钾溶液	加入酸性高锰酸钾溶液紫色褪去	
Al^{3+}	NaOH 溶液	取少量待测溶液于试管中，逐滴加入 NaOH 溶液至过量	加入适量 NaOH 溶液后生成白色沉淀，该沉淀溶于过量 NaOH 溶液中	$\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \rightarrow \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$
Cu^{2+}	NaOH 溶液	取少量待测溶液于试管中，加入 NaOH 溶液	加入适量 NaOH 溶液后生成蓝色沉淀	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$

三、常见阴离子的检验方法

离子	检验试剂	实验步骤	实验现象	离子方程式
OH^-	①酸度计 ②pH 试纸 ③酚酞或石蕊试液	①将酸度计的探头浸泡在待测液中②用玻璃棒蘸取少量待测液滴到干燥的 pH 试纸上 ③取样，滴加石蕊试液	② ②pH>7 ③酚酞变红或石蕊变蓝	
CO_3^{2-}	① BaCl_2 溶液、稀盐酸	取少量待测溶液于试管中，加入 BaCl_2 溶液再向沉淀中加入稀盐酸。	1. 加入 BaCl_2 溶液后生成白色沉淀，沉淀溶于稀盐酸，并放出无色无味气体	$\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow$ $\text{BaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ba}^{2+} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

	②稀盐酸、 Ca(OH) ₂ 溶液	取少量待测溶液于试管中，加入稀盐酸后放出的气体通入使澄清的Ca(OH) ₂ 溶液	2. 加入稀盐酸后放出无色无味气体，通入澄清的Ca(OH) ₂ 溶液变浑浊	$\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
SO ₄ ²⁻	BaCl ₂ 溶液、稀硝酸或稀盐酸	取少量待测溶液于试管中，加入BaCl ₂ 溶液再向沉淀中加入稀盐酸。	生成不溶于稀硝酸或稀盐酸的白色沉淀	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$
SO ₃ ²⁻	①稀盐酸、品红溶液	取少量待测溶液于试管中，加入稀盐酸后放出的气体通入品红溶液	加入稀盐酸后放出的气体使品红溶液褪色	$\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$
	②BaCl ₂ 溶液、稀盐酸	取少量待测溶液于试管中，加入BaCl ₂ 溶液再向沉淀中加入稀盐酸。	加入BaCl ₂ 溶液后生成白色沉淀，沉淀溶于稀盐酸，并放出刺激性气味的气体	$\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$
Cl ⁻	AgNO ₃ 溶液、稀硝酸或稀盐酸	取少量待测溶液于试管中，加入AgNO ₃ 溶液，再向沉淀中加入稀盐酸。	生成不溶于稀硝酸或稀盐酸的白色沉淀	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$
Br ⁻	AgNO ₃ 溶液、稀硝酸或稀盐酸		生成不溶于稀硝酸或稀盐酸的浅黄色沉淀	$\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \rightarrow \text{AgBr} \downarrow$
I ⁻	①AgNO ₃ 溶液、稀硝酸		①生成不溶于稀硝酸的黄色沉淀	$\text{Ag}^+ + \text{I}^- \rightarrow \text{AgI} \downarrow$

	②新制氯水, 淀粉溶液	取少量待测溶液于试管中, 加入新制氯水, 再加入淀粉溶液	②滴入新制 Cl_2 , 振荡后再滴入淀粉溶液, 变蓝	$\text{Ag}^+ + \text{I}^- \rightarrow \text{AgI} \downarrow$ $2\text{I}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$ I_2 遇淀粉变蓝
ClO^-	HCl 、淀粉-KI	取少量待测溶液于试管中, 加入 HCl 溶液, 然后加入淀粉-KI 溶液	淀粉-KI 溶液变蓝	
	HCl 、石蕊	取少量待测溶液于试管中, 加入 HCl 溶液, 然后加入石蕊试液	石蕊先变红后褪色	

在检验离子的过程中, 常常有离子干扰, 如在检验 SO_4^{2-} 时, 可能有 SO_3^{2-} 干扰, 在 Ba^{2+} , SO_4^{2-} , Ag^+ , Cl^- 检验时要防止 Ag_2SO_4 (微溶) 干扰, 因此在检验之间排除可能的离子, 并在排除的过程中不引入新的杂质。

第四节 重要有机物的检验

一、常见有机物的检验

是根据有机物的不同性质来确定其含有什么官能团, 是哪种化合物。检验时必须具备一定的条件:

- (1) 化学反应中有颜色变化
- (2) 化学反应过程中伴随着明显的温度变化 (放热或吸热)
- (3) 反应产物有气体产生
- (4) 反应产物有沉淀生成或反应过程中沉淀溶解、产物分层等。

二、常见有机物检验的方法

1. 物理法

(1) 根据有机物的溶解性和密度不同检验

常见物质的溶解性、密度大小和状态如下:

- a. 能与水互溶的液体是: 乙醇、乙二醇、丙三醇、乙醛、乙酸、
- b. 难溶于水且密度比水小的液体: 所有液态烃类, 如己烷、苯、甲苯、己烯汽油、煤油等; 所有液态酯类, 如乙酸乙酯、植物油等。
- c. 难溶于水且密度比水大的液体: 溴乙烷、溴苯、硝基苯、四氯化碳等。
- d. 碳原子数在 4 个以下的烃为气体, 烃的衍生物中只有一氯甲烷、甲醛是气体。

(2) 红外光谱 (IR) 法: 可测定分子中含有何种化学键或官能团。

(3)核磁共振氢谱(NMR)：可测定分子中有几种不同类型的氢原子及它们的数目。

2. 化学法

常用试剂	产生的现象	官能团确定	常见有机物类别
KMnO ₄ (H ⁺) 溶液	褪色	不饱和键、有侧链的 苯环、羟基、醛基	烯、炔、苯的同系物、 醇、酚、醛、醛糖
溴水	褪色 产生白色沉淀	不饱和键、醛基 酚羟基	烯、炔、醛、醛糖 酚
	萃取分层	—X	烷烃、芳烃、卤代烃
金属钠	产生气体 (H ₂)	含—OH	醇、酚、羧酸
新制 Cu(OH) ₂	常温, 蓝色沉淀溶解 加热产生红色沉淀		低级羧酸 醛、甲酸 甲酸酯、葡萄糖
银氨溶液	热水浴, 产生银镜		醛、甲酸 甲酸酯、葡萄糖
FeCl ₃ 溶液	溶液变紫色	酚羟基	酚
NaHCO ₃	产生气体 (CO ₂)		羧酸

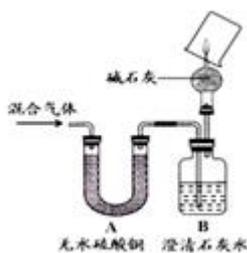
附录：选做实验

实验一：氢气、一氧化碳、二氧化碳、水蒸气混合气体的鉴定

药品：一瓶 250ml 的氢气、一氧化碳、二氧化碳、水蒸气混合气体

无水硫酸铜、澄清石灰水、碱石灰

仪器：如图，



实验二：氯化铵、硫酸钾混合溶液中离子的鉴定

药品：氯化铵与硫酸钾的混合溶液，硝酸银溶液、氯化钡溶液、氢氧化钠溶液、氢氧化钡溶液、石蕊试纸（红、蓝）

仪器：试管 酒精灯 试管夹、金属铂丝

实验三：葡萄糖的检验

药品：10%NaOH 溶液、5%的 CuSO_4 溶液、2%的硝酸银溶液、2%的稀氨水

仪器：试管、烧杯、酒精灯

方法 1:

(1) 在试管中加入几毫升 10%NaOH 溶液, 滴加 5%的 CuSO_4 溶液 4-5 滴, 可看到蓝色沉淀现象.

(2) 立即加入适量的待测溶液, 在酒精灯上加热至沸, 观察到产生红色沉淀现象, 即可证明含有葡萄糖.

方法 2:

(1) 在洁净的试管里加入 1mL2%的硝酸银溶液, 再加入氢氧化钠水溶液, 然后一边振荡试管, 可以看到白色沉淀。再一边逐滴滴入 2%的稀氨水, 直到最初产生的沉淀恰好溶解为止

(2) 滴入一滴管的葡萄糖溶液, 振荡后把试管放在热水中温热。