

第二节 水的电离和溶液的酸碱性

【必备知识要求】

- 1.了解水的电离、离子积常数(K_w)。
- 2.了解溶液 pH 的含义及其测定方法,能进行 pH 的简单计算。

【关键能力及高考要求】

关键能力要求：理解辨析能力、分析推理能力、微观想象能力、探究创新能力。

高考要求：本节内容在高考中主要考查内容有三个方面的能力：

一是外界因素对水的电离平衡的影响；水的电离，在实际环境下的应用能力；

二是溶液 pH 计算能力或溶液酸碱性判断能力；

三是中和滴定实验。常以图象或图表形式考查水的离子积 K_w 和溶液的 pH 比较或计算，考查观察能力和计算能力，

以选择题为主；滴定原理可以扩展为氧化还原滴定或沉淀滴定，以非选择题考查方式为主，题目综合性较强。

【学科核心素养解析】

1.变化观念与平衡思想:认识水的电离有一定限度，是可以调控的。能多角度、动态地分析水的电离，运用化学反应原理解决实际问题。

2.宏观辨识与微观探析:认识极弱电解质 (H_2O) 的电离是部分电离，主要是以分子的形式存在，少部分电离出离子，从“宏微结合”的角度，认识 H_2O 和其它弱电解质一样，是极难电离， H_2O 电离出的 H^+ 和 OH^- 是相等的，宏观上，用 PH 表示酸碱度。从而形成分析问题和解决实际问题的能力。

3.科学探究与创新意识:能发现和提出酸碱中和滴定中有探究价值的问题；能从问题和假设出发，确定探究目的，设计探究方案进行实验探究，在中和滴定中，学会变量控制和数据处理，在探究中学会合作，面对“异常”现象敢于提出自己的见解，进行误差分析。

必备知识点 1 水的电离

1. 水的电离

(1)水是极弱的电解质，能发生微弱的电离。

(2)水的电离方程式为 $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ ，

简写为 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ 。

2. 水的离子积常数

(1)表达式： $K_w = c(H^+) \cdot c(OH^-)$ 。

(2)数值：室温下 $K_w=10^{-14}$ 。100°C时： $K_w=1\times 10^{-12}$ 。

(3)影响因素：只与温度有关，升高温度， K_w 增大。

(4)适用范围： K_w 不仅适用于纯水，也适用于稀的电解质水溶液。

(5)意义： K_w 揭示了在任何水溶液中均存在 H^+ 和 OH^- ，只要温度不变， K_w 不变。

3. 影响水电离平衡的因素

体系变化条件		平衡移动方向	K_w	水的电离程度	$c(OH^-)$	$c(H^+)$
酸		逆向	不变	减小	减小	增大
碱		逆向	不变	减小	增大	减小
可水解的盐	Na_2CO_3	正向	不变	增大	增大	减小
	NH_4Cl	正向	不变	增大	减小	增大
温度	升温	正向	增大	增大	增大	增大
	降温	逆向	减小	减小	减小	减小
其他(如加入 Na)		正向	不变	增大	增大	减小

【知识理解提点】

1.在不同溶液中, $c(H^+)$ 、 $c(OH^-)$ 可能不同,但任何溶液中由水电离产生的 $c(H^+)$ 、 $c(OH^-)$ 总是相等的。在 K_w 的表达式中, $c(H^+)$ 、 $c(OH^-)$ 均表示整个溶液中 H^+ 、 OH^- 总的物质的量浓度而不是单指由水电离出的 $c(H^+)$ 、 $c(OH^-)$ 。

2.水的离子积常数显示了在任何水溶液中均存在水的电离平衡,都有 H^+ 和 OH^- 共存,只是相对含量不同而已。

3.水的电离是吸热过程,升高温度,水的电离平衡向电离方向移动, $c(H^+)$ 和 $c(OH^-)$ 都增大,故 K_w 增大,但溶液仍呈中性;对于 K_w ,若未注明温度,一般认为在常温下,即 25 °C。

4. 水电离的 $c(H^+)$ 或 $c(OH^-)$ 的计算

(1)任何情况下，中性溶液： $c(H^+)=c(OH^-)$ ，常温下，中性溶液： $c(H^+)=c(OH^-)=1.0\times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(2)常温下，酸或碱抑制水的电离，水电离出的 $c_{\text{水}}(H^+)=c(OH^-)=\frac{1.0 \times 10^{-14}}{c_{\text{总}}(H^+)} < 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。当溶液中的 $c_{\text{总}}(H^+) < 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时就是水电离出的 $c(H^+)$ ， $c_{\text{水}}(H^+)=c_{\text{总}}(H^+)$ ，是碱溶液；当溶液中的 $c(H^+) > 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时，水电离出的 $c_{\text{水}}(H^+)=c(OH^-)=\frac{1.0 \times 10^{-14}}{c_{\text{总}}(H^+)} < 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。如 pH=2 的硫酸中水电离出的 $c_{\text{水}}(H^+)=c_{\text{水}}(OH^-)=\frac{1.0 \times 10^{-14}}{10^{-2}}=10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(3)常温下,可水解的盐促进水的电离,水电离的 $c(\text{H}^+)$ 或 $c(\text{OH}^-)$ 均大于 $10^{-7}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。盐是不能电离出 H^+ 或 OH^- 的,可水解的盐的溶液中 H^+ 和 OH^- 都是水电离的。水电离的 H^+ 和 OH^- 应该是相等的,但是,盐溶液可以是酸性也可是碱性的,也就是说,盐溶液中,水电离的 H^+ 和 OH^- 又是不相等的,这是什么原因?

若给出的 $c(\text{H}^+) > 10^{-7}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$,即为水电离的 $c(\text{H}^+)$,水解显酸性;若给出的 $c(\text{H}^+) < 10^{-7}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$,就用 10^{-14} 除以这个浓度即得水电离的 $c(\text{OH}^-)$,水解显碱性;如 $\text{pH}=4$ 的 NH_4Cl 中水电离出的 $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

【惑点辨析】

判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

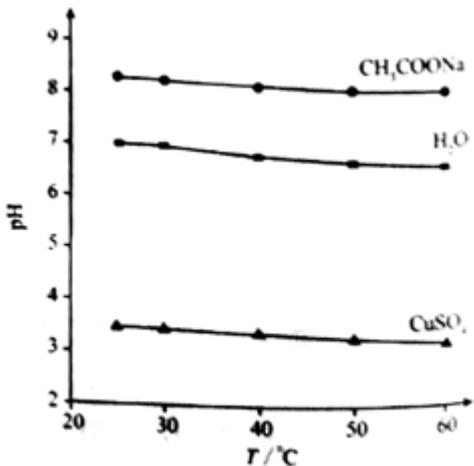
- 1.在蒸馏水中滴加浓 H_2SO_4 , K_{W} 不变。()
- 2.温度一定时,水的电离常数与水的离子积常数相等。()
- 3.任何水溶液中均存在 H^+ 和 OH^- ,且水电离出的 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 相等。()
- 4.向水中加入少量硫酸氢钠固体,促进了水的电离, $c(\text{H}^+)$ 增大, K_{W} 不变。()
5. NaCl 溶液和 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液均显中性,两溶液中水的电离程度相同。()
- 6.室温下, $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HCl 溶液与 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液中水的电离程度相同。()
7. $25\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 的水的 pH ,前者大于后者,但都显中性。()
8. $25\text{ }^\circ\text{C}$ 时, $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaHCO_3 溶液加水稀释后, $c(\text{H}^+)$ 与 $c(\text{OH}^-)$ 的乘积变大。()

【夯基例析·跟踪演练】

【基础例析】影响水电离平衡的因素及结果判断

例 1. (2019·北京高考试题) 实验测得 $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液、 $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CuSO}_4$ 溶液以及 H_2O 的 pH

随温度变化的曲线如图所示。下列说法正确的是



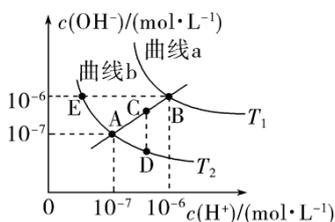
- A. 随温度升高, 纯水中 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- B. 随温度升高, CH_3COONa 溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 减小
- C. 随温度升高, CuSO_4 溶液的 pH 变化是 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果
- D. 随温度升高, CH_3COONa 溶液和 CuSO_4 溶液的 pH 均降低, 是因为 CH_3COO^- 、 Cu^{2+} 水解平衡移动方向不同

【跟踪演练】

1. (2022·河南省示范性高中上学期联考) 25 °C 时, 水的电离达到平衡: $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$; $\Delta H > 0$, 下列叙述正确的是()

- A. 向水中加入稀氨水, 平衡逆向移动, $c(\text{OH}^-)$ 降低
- B. 向水中加入少量固体硫酸氢钠, $c(\text{H}^+)$ 增大, K_w 不变
- C. 向水中加入少量固体 CH_3COONa , 平衡逆向移动, $c(\text{H}^+)$ 降低
- D. 将水加热, K_w 增大, pH 不变

2. (2022·长沙市雅礼中学检测) 水的电离平衡如图两条曲线所示, 曲线上的点都符合 $c(\text{H}^+) \times c(\text{OH}^-) = \text{常数}$, 下列说法错误的是 ()



- A. 图中温度 $T_1 > T_2$
- B. 图中五点 K_w 间的关系: $B > C > A = D = E$
- C. 曲线 a、b 均代表纯水的电离情况
- D. 若在 B 点时, 将 pH=2 的硫酸溶液与 pH=12 的 KOH 溶液等体积混合, 溶液显碱性

【基础例析】水电离出的 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 的计算

2. 溶液的 pH

(1) 定义式: $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$ 。

(2) 溶液的酸碱性跟 pH 的关系(室温下):

$c(\text{OH}^-)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	10^{-14}	10^{-7}	1
$c(\text{H}^+)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	1	10^{-7}	10^{-14}
pH	0	7	14
	←	→	
	酸性增强	中 性	碱性增强

(3) pH 适用范围: pH 的取值范围为 0~14, 即只适用于 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 都较小的稀溶液 ($< 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)。

3. 溶液 pH 的测定

(1) 用 pH 试纸测定

① 使用方法: 把小片试纸放在表面皿上, 用玻璃棒蘸取待测液点在干燥的 pH 试纸上, 试纸变色后, 与标准比色卡对比即可确定溶液的 pH。

② 注意事项: pH 试纸使用前不能用蒸馏水润湿, 否则待测液因被稀释可能产生误差。广泛 pH 试纸只能测出整数。

(2) 用 pH 计测定: 可精确测定溶液的 pH。

4. 溶液 pH 的计算

(1) 单一溶液的 pH 计算

强酸溶液: 如 H_nA , 设浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{H}^+) = nc \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg(nc)$ 。

强碱溶液(25 °C): 如 $\text{B}(\text{OH})_n$, 设浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{H}^+) = \frac{10^{-14}}{nc} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = 14 + \lg(nc)$ 。

一元弱酸或碱: 已知浓度 C 和电离度 α : $C(\text{H}^+) = C \cdot \alpha$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$;

或 $C(\text{OH}^-) = C \cdot \alpha$, $C(\text{H}^+) = \frac{10^{-14}}{C(\text{OH}^-)}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$

已知浓度和电离常数 K_a 或 K_b : $C(\text{H}^+) = \sqrt{CK_a}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$;

或 $C(\text{OH}^-) = \sqrt{CK_b}$, $C(\text{H}^+) = \frac{K_w}{C(\text{OH}^-)}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$;

(2) 混合溶液 pH 的计算类型

① 两种强酸混合: 直接求出 $c_{\text{混}}(\text{H}^+)$, 再据此求 pH。 $c_{\text{混}}(\text{H}^+) = \frac{c_1(\text{H}^+)V_1 + c_2(\text{H}^+)V_2}{V_1 + V_2}$ 。

② 两种强碱混合: 先求出 $c_{\text{混}}(\text{OH}^-)$, 再据 K_w 求出 $c_{\text{混}}(\text{H}^+)$, 最后求 pH。

$c_{\text{混}}(\text{OH}^-) = \frac{c_1(\text{OH}^-)V_1 + c_2(\text{OH}^-)V_2}{V_1 + V_2}$ 。

③ 强酸、强碱混合: 先判断哪种物质过量, 再由下式求出溶液中 H^+ 或 OH^- 的浓度, 最后求 pH。

$c_{\text{混}}(\text{H}^+) \text{ 或 } c_{\text{混}}(\text{OH}^-) = \frac{|c_{\text{酸}}(\text{H}^+)V_{\text{酸}} - c_{\text{碱}}(\text{OH}^-)V_{\text{碱}}|}{V_{\text{酸}} + V_{\text{碱}}}$ 。

【知识理解要点】

1.稀释规律: 酸、碱溶液稀释相同倍数时, 强电解质溶液比弱电解质溶液的 pH 变化幅度大, 但不管稀释多少倍, 最终都无限接近中性。

2.酸碱混合规律

(1)等浓度等体积一元酸与一元碱混合的溶液——“谁强显谁性, 同强显中性”

中和反应	反应后所得溶液的酸碱性
强酸与强碱	中性
强酸与弱碱	酸性
弱酸与强碱	碱性

(2)25 °C时, 等体积 pH 之和等于 14 的一强一弱酸碱混合溶液——“谁弱谁过量, 谁弱显谁性”。

(3)强酸、强碱等体积混合(25 °C时)

- ①pH 之和等于 14 呈中性;
- ②pH 之和小于 14 呈酸性;
- ③pH 之和大于 14 呈碱性。

【惑点辨析】

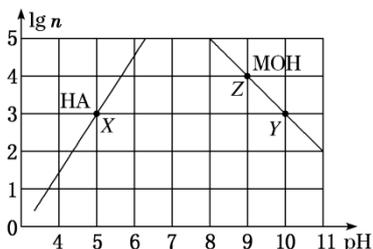
判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

- 1.某溶液的 $c(\text{H}^+) > 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则该溶液呈酸性。()
- 2.任何温度下, 利用 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 的相对大小均可判断溶液的酸碱性。()
- 3.用蒸馏水润湿的 pH 试纸测溶液的 pH, 一定会使结果偏低。()
- 4.用广范 pH 试纸测得 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NH}_4\text{Cl}$ 溶液的 $\text{pH}=5.2$ 。()
- 5.一定温度下, $\text{pH}=a$ 的氨水, 稀释 10 倍后, 其 $\text{pH}=b$, 则 $a=b+1$ 。()
- 6.100 °C时 $K_w=1.0 \times 10^{-12}$, $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸的 $\text{pH}=2$, $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液的 $\text{pH}=10$ 。()

【夯基例析·跟踪演练】

【基础例析】混合溶液酸碱性的判断

例3.(2022·广东广州市高三期末)常温下, 分别取未知浓度的MOH和HA溶液, 加水稀释至原体积的n倍。稀释过程中, 两溶液pH的变化如图所示。下列叙述正确的是()。



- A. MOH为弱碱，HA为强酸
- B. 水的电离程度： $X=Z>Y$
- C. 若升高温度，Y、Z点对应溶液的pH均不变
- D. 将X点溶液与Z点溶液等体积混合，所得溶液呈碱性

【跟踪演练】

4. 常温下，下列叙述不正确的是()

- A. $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ 的溶液一定显酸性
- B. pH=3的弱酸溶液与pH=11的强碱溶液等体积混合后溶液呈酸性
- C. pH=5的硫酸溶液稀释到原来的500倍，稀释后 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 与 $c(\text{H}^+)$ 之比约为1:10
- D. 中和10 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸与100 mL $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸所需NaOH的物质的量不同

【基础例析】溶液pH的计算

例4. (2022·常州一模) 某温度下，重水(D_2O)的离子积常数为 1.6×10^{-15} ，若用定义pH一样规定 $\text{pD} = -\lg c(\text{D}^+)$ ，则在该温度下，下列叙述正确的是()

- A. 纯净的重水中， $c(\text{D}^+) \cdot c(\text{OD}^-) > 1.0 \times 10^{-14}$
- B. 1 L溶解有0.01 mol DCl的重水溶液，其 $\text{pD}=2$
- C. 1 L溶解有0.01 mol NaOD的重水溶液，其 $\text{pD}=12$
- D. 纯净的重水中， $\text{pD}=7$

【跟踪演练】

5. 求下列常温条件下溶液的pH(已知 $\lg 1.3=0.1$ ， $\lg 2=0.3$ ，混合溶液忽略体积的变化)。

(1) $0.005 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液

(2) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 溶液(已知 CH_3COOH 的电离常数 $K_a=1.8 \times 10^{-5}$)

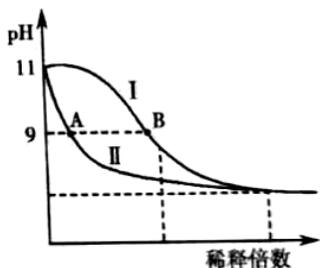
(3) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 溶液($\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 的电离度为 $\alpha=1\%$ ， $\text{电离度} = \frac{\text{已电离的弱电解质浓度}}{\text{弱电解质的初始浓度}} \times 100\%$)

(4) 将pH=8的NaOH与pH=10的NaOH溶液等体积混合

(5) 常温下，将pH=5的盐酸与pH=9的NaOH溶液以体积比11:9混合

(6) 取10 mL pH=2的盐酸溶液加水稀释到1000 mL

6. (2020·日照4月模拟) 25°C 时，分别稀释pH=11的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液和氨水，溶液pH的变化如下图所示。



已知： $K_b(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}$ 。下列说法正确的是（ ）。

- A. 若35℃时分别稀释上述两种溶液，则图中 I、II 曲线将比原来靠近。
- B. 保持25℃不变，取A、B两点对应的溶液等体积混合后， $\text{pH}=8$
- C. 由水电离产生的 $c(\text{H}^+)$ ：A点>B点。
- D. 曲线 I 上任意点对应的溶液中， $\frac{c^2(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) \times c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})} = 1.8 \times 10^{-5} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

必备知识点3 酸碱中和滴定

一. 酸碱中和滴定

1. 实验原理

(1)用已知浓度酸(或碱)来测定未知浓度的碱(或酸)的实验方法叫酸碱中和滴定。

(2)一元酸与一元碱滴定时， $c_{\text{待测}} = \frac{c_{\text{标准}} \times V_{\text{标准}}}{V_{\text{待测}}}$ 。

(3)实验原理设计中的变量控制： $c_{\text{待测}}$ 受3个变量影响，即 $C_{\text{标准}}$ 、 $V_{\text{标准}}$ 、 $V_{\text{待测}}$ ，

实验可以控制2个变量，使 $c_{\text{待测}}$ 只受1个变量的影响，也就是说，固定2个数据的量，只测定一个量，就

可以计算 $c_{\text{待测}}$ 。如已知 $C_{\text{标准}}$ 和 $V_{\text{待测}}$ ，只测量 $V_{\text{标准}}$ 即可。由于 $C_{\text{标准}}$ 、 $V_{\text{待测}}$ 是已知的固定数，可以令 $K =$

$\frac{c_{\text{标准}}}{V_{\text{待测}}} = \text{常数}$ ，则 $c_{\text{待测}} = K \times V_{\text{标准}}$ 。利用这种变量控制思维，可将中和滴定的原理扩展到氧化还原滴定和沉

淀滴定。

2. 酸碱中和滴定的关键

(1)准确测定标准液和待测液的体积。

(2)准确判断滴定终点。

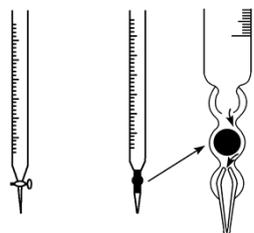
3. 指示剂的选择

滴定种类	选用的指示剂	达滴定终点时颜色变化	指示剂用量
强酸滴定强碱	甲基橙	黄色→橙色	2~3 滴
强碱滴定强酸	酚酞	无色→浅红色	
强酸滴定弱碱	甲基橙	黄色→橙色	
强碱滴定弱酸	酚酞	无色→浅红色	

4. 实验用品

(1) 仪器

酸式滴定管、碱式滴定管、滴定管夹、铁架台和锥形瓶。



酸式滴定管 碱式滴定管

(2) 试剂：标准液、待测液、指示剂、蒸馏水。

(3) 滴定管的使用

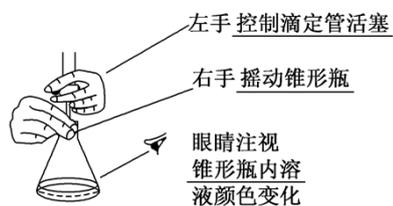
试剂性质	滴定管	原因
酸性、氧化性	酸式滴定管	氧化性物质易腐蚀橡胶管
碱性	碱式滴定管	碱性物质易腐蚀玻璃，致使玻璃活塞无法打开

5. 实验操作(以标准盐酸滴定待测 NaOH 溶液为例)

(1) 滴定前的准备

- 检漏 — 检查滴定管活塞是否漏水
- 洗涤 — 先用蒸馏水“洗”，再用待装液“润洗”滴定管
- 装、排 — 滴定管中“装”液至0刻度以上，并“排”气泡
- 调、读 — 调整液面至0刻度或0刻度以下，并读数
- 注、加 — 将 20 mL NaOH 溶液注入锥形瓶，并加入 1 ~ 2 滴酚酞作指示剂

(2) 滴定



(3) 终点判断

等到滴入最后一滴标准盐酸，溶液由红色变为无色，且在半分钟内不恢复原来的颜色，视为滴定终点并记录标准盐酸的体积。

(4) 读数

调整液面在“0”刻度或“0”刻度以下，读出初读数，记为“X.XX mL”，滴定终点，读出末读数，记为“YY.YY

mL”，实际消耗标准盐酸的体积为 $(YY.YY - X.XX)$ mL。

6. 数据处理

按上述操作重复二至三次，求出用去标准盐酸体积的平均值，根据 $c(\text{NaOH}) = \frac{c(\text{HCl}) \times V(\text{HCl})}{V(\text{NaOH})}$ 计算。

7. 误差分析

(1) 误差分析的方法

依据原理 $c(\text{标准}) \cdot V(\text{标准}) = c(\text{待测}) \cdot V(\text{待测})$ ，得 $c(\text{待测}) = \frac{c(\text{标准}) \cdot V(\text{标准})}{V(\text{待测})}$ ，因为 $c(\text{标准})$ 与 $V(\text{待测})$ 已确

定，即 $c(\text{待测}) = K \times V(\text{标准})$ ，所以只要分析出不正确操作引起 $V(\text{标准})$ 的变化，即分析出结果。

(2) 常见误差分析

以标准酸溶液滴定未知浓度的碱(酚酞作指示剂)为例，常见的因操作不正确而引起的误差有：

步骤	操作	$V(\text{标准})$	$c(\text{待测})$
洗涤	酸式滴定管未用标准溶液润洗	变大	偏高
	碱式滴定管未用待测溶液润洗	变小	偏低
	锥形瓶用待测溶液润洗	变大	偏高
	锥形瓶洗净后还留有蒸馏水	不变	无影响
取液	放出碱液的滴定管开始有气泡，放出液体后气泡消失	变小	偏低
滴定	酸式滴定管滴定前有气泡，滴定终点时气泡消失	变大	偏高
	振荡锥形瓶时部分液体溅出	变小	偏低
	部分酸液滴出锥形瓶外	变大	偏高
	溶液颜色较浅时滴入酸液过快，停止滴定后反加一滴碱溶液无变化	变大	偏高
读数	酸式滴定管滴定前读数正确，滴定后俯视读数(或前仰后俯)	变小	偏低
	酸式滴定管滴定前读数正确，滴定后仰视读数(或前俯后仰)	变大	偏高

二. 氧化还原滴定和沉淀滴定

(一) 氧化还原滴定原理及应用

1. 原理

以氧化剂(或还原剂)为滴定剂，直接滴定一些具有还原性(或氧化性)的物质。

2. 试剂

(1)常见的用于滴定的氧化剂有 KMnO_4 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 等；

(2)常见的用于滴定的还原剂有亚铁盐、草酸、维生素 C 等。

(3)指示剂：氧化还原滴定所用指示剂可归纳为三类：

①氧化还原指示剂；

②专用指示剂，如在碘量法滴定中，可溶性淀粉溶液遇碘变蓝；

③自身指示剂，如高锰酸钾标准溶液滴定草酸时，滴定终点为溶液由无色变为浅红色。

3. 实例

(1)酸性 KMnO_4 溶液滴定 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液

原理	$2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 10\text{CO}_2\uparrow + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$
指示剂	酸性 KMnO_4 溶液本身呈紫色，不用另外选择指示剂
终点判断	当滴入最后一滴酸性 KMnO_4 溶液后，溶液由无色变浅红色，且半分钟内不褪色，说明到达滴定终点

(2) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定碘液

原理	$2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$
指示剂	用淀粉溶液作指示剂
终点判断	当滴入最后一滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液后，溶液的蓝色褪去，且半分钟内不恢复原色，说明到达滴定终点

(二)沉淀滴定原理及应用

含义	沉淀滴定法是利用沉淀反应进行滴定、测量分析的方法。生成沉淀的反应很多，但符合条件的却很少，实际上应用最多的是银量法，即利用 Ag^+ 与卤素离子的反应来测定 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 浓度
原理	沉淀滴定所用的指示剂本身就是一种沉淀剂，滴定剂与被滴定物反应的生成物的溶解度要比滴定剂与指示剂反应的生成物的溶解度小，否则不能用这种指示剂。如用 AgNO_3 溶液滴定溶液中的 Cl^- 的含量时常以 CrO_4^{2-} 为指示剂，这是因为 AgCl 比 Ag_2CrO_4 更难溶

【知识理解提点】

1. 酸碱中和滴定指示剂选择的基本原则

①强酸滴定强碱可以用甲基橙或酚酞。

②滴定终点为碱性时，用酚酞作指示剂。

③滴定终点为酸性时，用甲基橙作指示剂。

④石蕊不能做酸碱中和滴定的指示剂。

2. 中和滴定终点是指示剂颜色发生突变的点，但不一定是酸碱恰好中和的点。通常有一定误差(这叫系统误差)。

3. 滴定停止后，必须等待 1~2 分钟，待附着在滴定管内壁的溶液流下后，再进行读数。

【惑点辨析】

判断正误(正确的打“√”，错误的打“×”)。

(1)用碱式滴定管量取 20.00 mL KMnO_4 溶液()

(2)中和滴定实验时，用待测液润洗锥形瓶()

(3)中和滴定操作中指示剂一般加入 2~3 mL()

(4)滴定管盛标准液时，其液面一定要调在 0 刻度()

(5)滴定管在加入反应液之前一定要用所要盛装的反应液润洗 2~3 遍()

(6)滴定接近终点时，滴定管的尖嘴可以接触锥形瓶内壁()

(7)滴定终点就是酸碱恰好中和的点()

(8)中和滴定实验，指示剂变色点 pH 不一定等于 7()

(9)pH 计不能用于酸碱中和滴定终点的判断()

(10)若用标准盐酸滴定待测 NaOH 溶液，滴定前仰视，滴定后俯视则测定值偏大()

【夯基例析·跟踪演练】

【基础例析】中和滴定仪器及指示剂的选择

例 5. (2022·上海高三三模)用标准盐酸溶液滴定未知浓度的氢氧化钠溶液，用甲基橙作指示剂，下列说法

正确的是()

A. 可以用酚酞代替指示剂

B. 滴定前用待测液润洗锥形瓶

C. 若氢氧化钠吸收少量 CO_2 ，不影响滴定结果

D. 当锥形瓶内溶液由橙色变为红色，且半分钟内不褪色，即达到滴定终点

【跟踪演练】

7. (2022·四川北师大广安实验学校高三月考) 实验室现有 3 种酸碱指示剂。其 pH 变色范围如下

甲基橙: 3.1~4.4 石蕊: 5.0~8.0 酚酞: 8.2~10.0

用 0.1000 mol/L NaOH 溶液滴定未知浓度的 CH_3COOH 溶液, 反应恰好完全时。下列叙述正确的是

- A. 溶液呈中性, 可选用甲基橙或酚酞作指示剂
- B. 溶液呈中性, 只能选用石蕊作指示剂
- C. 溶液呈酸性, 可选用甲基橙作指示剂
- D. 溶液呈碱性, 只能选用酚酞作指示剂

【基础例析】滴定终点的规范描述

例 6. (1) 用 $\text{amol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HCl 滴定未知浓度的 NaOH 溶液, 用酚酞做指示剂, 达到滴定终点的现象是___。
若用甲基橙做指示剂, 滴定终点现象是___。

(2) 用标准碘溶液滴定溶有 SO_2 的水溶液, 以测定水中 SO_2 的含量, 应选用___做指示剂, 达到滴定终点的现象是___。

(3) 用标准酸性 KMnO_4 溶液滴定溶有 SO_2 的水溶液, 以测定水中 SO_2 的含量, 是否需要选用指示剂___(填“是”或“否”), 达到滴定终点的现象是___。

【跟踪演练】

8. 用氧化还原滴定法测定 TiO_2 的质量分数: 一定条件下, 将 TiO_2 溶解并还原为 Ti^{3+} , 再用 KSCN 溶液作指示剂, 用 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液滴定 Ti^{3+} 至全部生成 Ti^{4+} , 滴定 Ti^{3+} 时发生反应的离子方程式为_____, 达到滴定终点时的现象是_____。

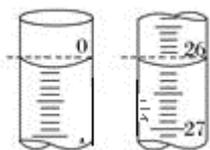
【基础例析】中和滴定的数据处理及误差分析

例 7. 下面 a~e 是中学化学实验中常见的几种定量仪器:

a. 量筒 b. 容量瓶 c. 滴定管 d. 托盘天平 e. 温度计

(1) 有“0”刻度的是___(填字母)。

(2) 某学生欲用已知物质的量浓度的盐酸来测定未知物质的量浓度的氢氧化钠溶液, 若滴定开始和结束时, 酸式滴定管中的液面如图所示: 则所用盐酸的体积为___ mL。



(3) 某学生根据三次实验分别记录有关数据如表:

滴定次数	待测氢氧化钠溶液的 体积/mL	0.100 0 mol·L ⁻¹ 盐酸的体积/mL		
		滴定前刻度	滴定后刻度	溶液体积
第一次	25.00	0.00	26.11	26.11
第二次	25.00	1.56	30.30	28.74
第三次	25.00	0.22	26.31	26.09

请选用其中合理数据列出该氢氧化钠溶液物质的量浓度(计算结果保留 4 位有效数字): $c(\text{NaOH}) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

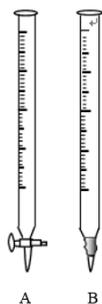
(4) 由于错误操作, 使得上述所测氢氧化钠溶液的浓度偏高的是 (填字母)。

- A. 中和滴定达终点时俯视滴定管内液面读数
- B. 碱式滴定管用蒸馏水洗净后立即取用 25.00mL 待测碱溶液注入锥形瓶进行滴定
- C. 酸式滴定管用蒸馏水洗净后立即装标准溶液来滴定
- D. 把配好的标准溶液倒入刚用蒸馏水洗净的试剂瓶中然后用来滴定

【跟踪演练】

9. 氧化还原滴定实验是用已知浓度的氧化剂溶液滴定未知浓度的还原剂溶液或反之。现用 0.1000 mol·L⁻¹ KMnO_4 酸性溶液滴定未知浓度的无色 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液, 完成下列问题:

- (1) 配制 100mL 0.1000mol/L 的 KMnO_4 溶液所需要的玻璃仪器有量筒、烧杯、胶头滴管、玻璃棒、 。
- (2) 该滴定实验应选用如下图所示的滴定管 (填“A”或“B”)盛放高锰酸钾溶液, 原因是 。
- (3) 写出酸性高锰酸钾与草酸反应的离子方程式 。
- (4) 滴定终点的现象为 。
- (5) 某学生按照滴定步骤进行了 3 次实验, 分别记录有关数据如表:



滴定次数	待测 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液的 体积/mL	$0.1000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KMnO}_4$ 的体积/mL		
		滴定前刻度	滴定后刻度	溶液体积/mL
第一次	20.00	0.00	20.11	20.11
第二次	20.00	1.56	23.30	21.74
第三次	20.00	0.30	20.19	19.89

依据上表数据计算该 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液的物质的量浓度为_____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (保留 4 位有效数字)。

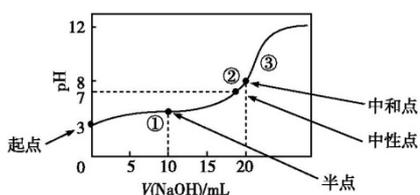
(6)下列操作和叙述错误的是_____。

- a. 滴定过程中，眼睛应一直注视滴定管的刻度值变化，直至滴定终点
- b. 酸碱中和滴定中可以任意选用酚酞、石蕊、甲基橙等常用指示剂
- c. 左手旋转滴定管的玻璃活塞，右手不停摇动锥形瓶
- d. 滴定时，控制滴加速率：先快后慢

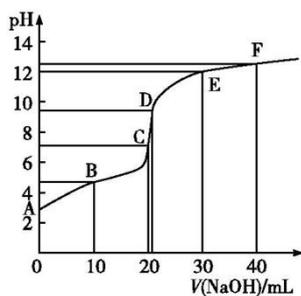
【高考应用】

高频考点 1 滴定曲线图像

常温下,用 $0.1000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液滴定 $20.00 \text{ mL } 0.1000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液所得滴定曲线如图。

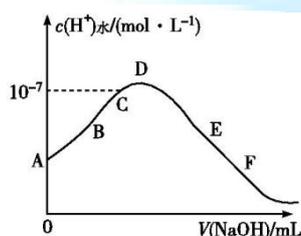


pH-V 图 各特殊点对水电离程度的影响和各特殊点粒子浓度大小关系



点	溶质	溶液的酸碱性	水的电离情况	离子浓度大小比较
A	CH ₃ COOH	酸性, 若已知 A 点的 PH 可计算 Ka	抑制	$c(\text{H}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-)$
B(1 : 1)	CH ₃ COOH、 CH ₃ COONa		抑制	$c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
C(pH=7)	CH ₃ COOH、 CH ₃ COONa	中性	正常电离	$c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$
D	CH ₃ COONa	刚好中和、碱性	只促进	$c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$
E	CH ₃ COONa、 NaOH	碱性	抑制	$c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$
F	CH ₃ COONa、 NaOH	碱性	抑制	$c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+)$

根据图中 pH 数据,图中 A、B、C、D、E、F 各点对应的溶液中水的电离程度大小图示如图:

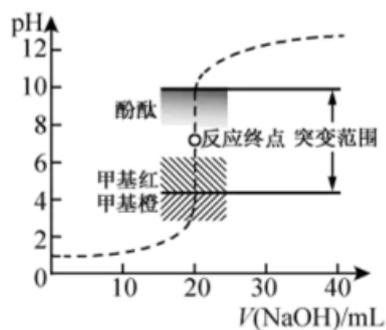


由滴定曲线提供信息,要解决的问题是:

- (1) 指示剂的选择
- (2) 比较电离常数的大小
- (3) 计算起始时的 PH 计算
- (4) 根据起始时的数据计算 Ka
- (5) PH=7 时, 溶液中的微观存在: 存在的电解质是离子还是分子, 浓度大小比较
- (6) 刚好完全反应时, 溶液中的微观存在: 存在的电解质是离子还是分子, 浓度大小比较
- (7) 溶液混合后, 酸性碱性性的判断, PH 计算。

【高考实例】

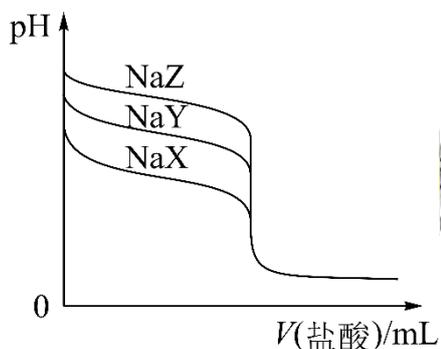
例 1. (2020·浙江高考试题) 室温下, 向 20.00 mL $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸中滴加 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液, 溶液的 pH 随 NaOH 溶液体积的变化如图。已知 $\lg 5 = 0.7$ 。下列说法不正确的是 ()



- A. NaOH 与盐酸恰好完全反应时, $\text{pH} = 7$
- B. 选择变色范围在 pH 突变范围内的指示剂, 可减小实验误差
- C. 选择甲基红指示反应终点, 误差比甲基橙的大
- D. $V(\text{NaOH}) = 30.00 \text{ mL}$ 时, $\text{pH} = 12.3$

【考点演练】

1. (2021·湖南高考试题) 常温下, 用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸分别滴定 20.00 mL 浓度均为 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 三种一元弱酸的钠盐 (NaX、NaY、NaZ) 溶液, 滴定曲线如图所示。下列判断错误的是



A. 该 NaX 溶液中: $c(\text{Na}^+) > c(\text{X}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$

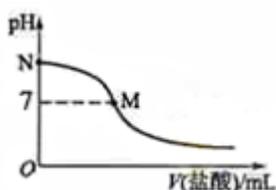
B. 三种一元弱酸的电离常数: $K_a(\text{HX}) > K_a(\text{HY}) > K_a(\text{HZ})$

C. 当 $\text{pH}=7$ 时, 三种溶液中: $c(\text{X}^-) = c(\text{Y}^-) = c(\text{Z}^-)$

D. 分别滴加 20.00 mL 盐酸后, 再将三种溶液混合: $c(\text{X}^-) + c(\text{Y}^-) + c(\text{Z}^-) = c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-)$

2. (2016·全国高考试题) 298 K 时, 在 20.0 mL $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水中滴入 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸, 溶液的 pH

与所加盐酸的体积关系如图所示。已知 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水的电离度为 1.32%, 下列有关叙述正确的是



A. 该滴定过程应该选择酚酞作为指示剂

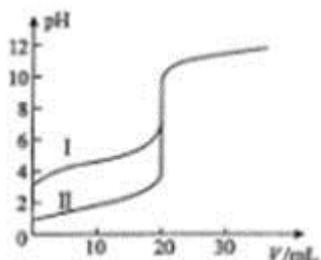
B. M 点对应的盐酸体积为 20.0 mL

C. M 点处的溶液中 $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{Cl}^-) = c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$

D. N 点处的溶液中 $\text{pH} < 12$

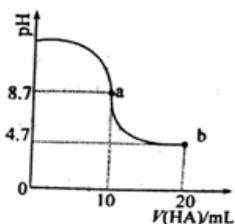
3. (2022·海南高三二模) 室温下, 用 0.100 mol/L NaOH 溶液分别滴定 20.00 mL 0.100 mol/L 的盐酸和醋酸,

滴定曲线如图所示。下列说法正确的是



- A. II 表示的是滴定醋酸的曲线
- B. pH=7 时, 滴定醋酸消耗的 $V(\text{NaOH})$ 小于 20 mL
- C. $V(\text{NaOH})=20.00$ mL 时, 两份溶液中 $c(\text{Cl}^-) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$
- D. $V(\text{NaOH})=10.00$ mL 时, 醋酸溶液中 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$

4. (2022·湖南师大附中高三一模) 室温下, 向 10mL 0.1mol/L NaOH 溶液中加入 0.1mol/L 一元酸 HA 溶液后 PH 的变化如图所示。下列说法正确的是()



- A. a 点所示溶液中 $c(\text{Na}^+) > c(\text{A}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{HA})$
- B. a、b 两点所示溶液中水的电离程度相同
- C. b 点所示溶液中 $c(\text{A}^-) > c(\text{HA})$
- D. pH=7 时, $c(\text{Na}^+) = c(\text{A}^-) + c(\text{HA})$

高频考点 1 滴定计算

【高考实例】

例2. [2019新课标 II] 立德粉 $\text{ZnS} \cdot \text{BaSO}_4$ (也称锌钡白), 是一种常用白色颜料。回答下列问题:

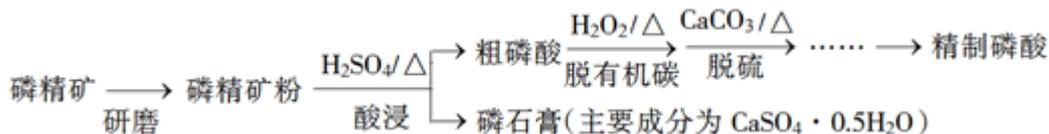
- (3) 成品中 S^{2-} 的含量可以用“碘量法”测得。称取 $m \text{ g}$ 样品, 置于碘量瓶中, 移取 $25.00 \text{ mL } 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{I}_2\text{-KI}$ 溶液于其中, 并加入乙酸溶液, 密闭, 置暗处反应 5 min , 有单质硫析出。以淀粉为指示剂, 过量的 I_2 用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定, 反应式为 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 。测定时消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液体积 $V \text{ mL}$ 。终点颜色变化为 _____, 样品中 S^{2-} 的含量为 _____ (写出表达式)。

【考点演练】

1. [2018 新课标 1 卷] 焦亚硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) 在医药、橡胶、印染、食品等方面应用广泛。回答下列问题

- (4) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 可用作食品的抗氧化剂。在测定某葡萄酒中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 残留量时, 取 50.00 mL 葡萄酒样品, 用 $0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的碘标准液滴定至终点, 消耗 10.00 mL 。滴定反应的离子方程式为 _____, 该样品中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 的残留量为 _____ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (以 SO_2 计)。

2. [2018 北京卷] 磷精矿湿法制备磷酸的一种工艺流程如下:



已知: 磷精矿主要成分为 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, 还含有 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 和有机碳等。

溶解度: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}) < \text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$

- (6) 取 $a \text{ g}$ 所得精制磷酸, 加适量水稀释, 以百里香酚酞作指示剂, 用 $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液滴定至终点时生成 Na_2HPO_4 , 消耗 NaOH 溶液 $c \text{ mL}$, 精制磷酸中 H_3PO_4 的质量分数是 _____。(已知: H_3PO_4

摩尔质量为 $98 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$)

3. (2021·山东高考试题) 六氯化钨(WCl_6)可用作有机合成催化剂, 熔点为 283°C , 沸点为 340°C , 易溶于 CS_2 , 极易水解。实验室中, 先将三氧化钨(WO_3)还原为金属钨(W)再制备 WCl_6 , 装置如图所示(夹持装置略)。回答下列问题:

(3) 利用碘量法测定 WCl_6 产品纯度, 实验如下:

- ①称量: 将足量 CS_2 (易挥发)加入干燥的称量瓶中, 盖紧称重为 $m_1\text{g}$; 开盖并计时 1 分钟, 盖紧称重为 $m_2\text{g}$; 再开盖加入待测样品并计时 1 分钟, 盖紧称重为 $m_3\text{g}$, 则样品质量为 $\underline{\hspace{2cm}}\text{g}$ (不考虑空气中水蒸气的干扰)。

- ②滴定: 先将 WCl_6 转化为可溶的 Na_2WO_4 , 通过 IO_3^- 离子交换柱发生反应: $\text{WO}_4^{2-} + \text{Ba}(\text{IO}_3)_2 = \text{BaWO}_4 + 2\text{IO}_3^-$; 交换结束后, 向所得含 IO_3^- 的溶液中加入适量酸化的 KI 溶液, 发生反应: $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$; 反应完全后, 用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定, 发生反应: $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 。滴定达终点时消耗 $\text{cmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 $V\text{mL}$, 则样品中 WCl_6 (摩尔质量为 $M\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) 的质量分数为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。称量时, 若加入待测样品后, 开盖时间超过 1 分钟, 则滴定时消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的体积将 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填“偏大”“偏小”或“不变”), 样品中 WCl_6 质量分数的测定值将 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填“偏大”“偏小”或“不变”)。

参考答案

【必备知识要求】

- 1.了解水的电离、离子积常数(K_w)。
- 2.了解溶液 pH 的含义及其测定方法,能进行 pH 的简单计算。

【关键能力及高考要求】

关键能力要求：理解辨析能力、分析推理能力、微观想象能力、探究创新能力。

高考要求：本节内容在高考中主要考查内容有三个方面的能力：

一是外界因素对水的电离平衡的影响；水的电离，在实际环境下的应用能力；

二是溶液 pH 计算能力或溶液酸碱性判断能力；

三是中和滴定实验。常以图象或图表形式考查水的离子积 K_w 和溶液的 pH 比较或计算，考查观察能力和计算能力，

以选择题为主；滴定原理可以扩展为氧化还原滴定或沉淀滴定，以非选择题考查方式为主，题目综合性较强。

【学科核心素养解析】

1.变化观念与平衡思想:认识水的电离有一定限度，是可以调控的。能多角度、动态地分析水的电离，运用化学反应原理解决实际问题。

2.宏观辨识与微观探析:认识极弱电解质 (H_2O) 的电离是部分电离，主要是以分子的形式存在，少部分电离出离子，从“宏微结合”的角度，认识 H_2O 和其它弱电解质一样，是极难电离， H_2O 电离出的 H^+ 和 OH^- 是相等的，宏观上，用 PH 表示酸碱度。从而形成分析问题和解决实际问题的能力。

3.科学探究与创新意识:能发现和提出酸碱中和滴定中有探究价值的问题；能从问题和假设出发，确定探究目的，设计探究方案进行实验探究，在中和滴定中，学会变量控制和数据处理，在探究中学会合作，面对“异常”现象敢于提出自己的见解，进行误差分析。

必备知识点 1 水的电离

1. 水的电离

(1)水是极弱的电解质，能发生微弱的电离。

(2)水的电离方程式为 $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ ，

简写为 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ 。

2. 水的离子积常数

(1)表达式： $K_w = c(H^+) \cdot c(OH^-)$ 。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/108007010010007003>

