

## 第 2 课时 酸碱中和滴定

[核心素养发展目标] 1.变化观念与平衡思想：了解酸碱中和滴定的原理，知道酸碱中和滴定中溶液 pH 的变化是判断滴定终点的依据，了解指示剂的选择方法。2.科学探究与创新意识：知道酸碱中和滴定的主要仪器及用途，掌握酸碱中和滴定的实验操作、数据处理、误差分析及其在定量测定中的迁移应用。

### 一、酸碱中和滴定实验

#### 1. 概念和原理

##### (1)概念

依据中和反应，用已知浓度的酸(或碱)来测定未知浓度的碱(或酸)的方法。

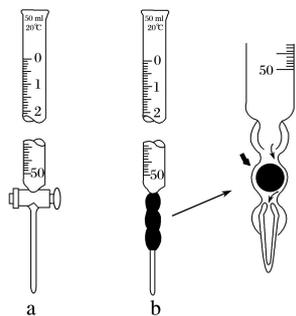
##### (2)原理

在中和反应中，酸提供的  $\text{H}^+$  与碱提供的  $\text{OH}^-$  之间的物质的量相等。即： $c(\text{H}^+) \cdot V_{\text{酸}} = c(\text{OH}^-) \cdot V_{\text{碱}}$ ，

则  $c(\text{H}^+) = \frac{c(\text{OH}^-) \cdot V_{\text{碱}}}{V_{\text{酸}}}$  或  $c(\text{OH}^-) = \frac{c(\text{H}^+) \cdot V_{\text{酸}}}{V_{\text{碱}}}$ 。

#### 2. 主要仪器使用

(1)仪器：滴定管，铁架台，滴定管夹，锥形瓶，烧杯。



仪器 a 是酸式滴定管，仪器 b 是碱式滴定管。精密度：0.01 mL。

##### (2)滴定管的使用方法

- ①检查仪器：使用前先检查滴定管活塞是否漏水。
- ②润洗仪器：在加入溶液之前，洁净的滴定管要用所要盛装的溶液润洗 2~3 遍。
- ③加入溶液：分别将溶液加入到相应滴定管中，使液面位于滴定管 0 刻度线以上。
- ④调节起始读数：在滴定管下放一烧杯，调节活塞，使滴定管尖嘴部分充满溶液，然后调节滴定管液面使其处于“0”刻度或“0”刻度以下的某一刻度。准确读取数值并记录。

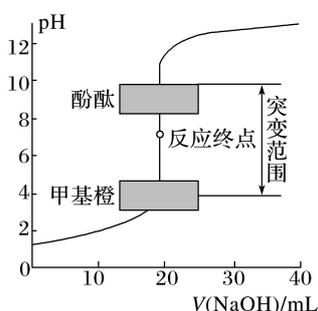
#### 3. 主要试剂

(1)待测液；(2)标准液；(3)指示剂(一般用酚酞或甲基橙，一般不用石蕊，颜色改变不明显)。

#### 4. 指示剂的选择

(1)原理：由曲线可以看出，在酸、碱中和滴定过程中，溶液的 pH 在接近滴定终点时有一个

突变过程，在此范围内，滴加很少的酸(或碱)，溶液的 pH 就有很大的变化，能使指示剂的颜色变化明显，所以即使酚酞、甲基橙的变色不在恰好中和的  $\text{pH}=7$  的点上，但体积差距很小，可以忽略不计。



图：0.100 0 mol·L<sup>-1</sup> NaOH 溶液滴定 20.00 mL 0.100 0 mol·L<sup>-1</sup> HCl 溶液的滴定曲线。

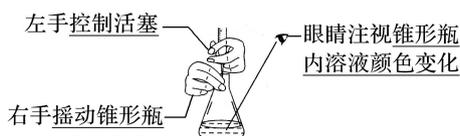
## (2)酸碱指示剂法(只能测定溶液的 pH 范围)

常见酸碱指示剂的变色范围：

指示剂	变色范围(颜色与 pH 的关系)		
石蕊	<5.0 红色	5.0~8.0 紫色	>8.0 蓝色
酚酞	<8.2 无色	8.2~10.0 浅红色	>10.0 红色
甲基橙	<3.1 红色	3.1~4.4 橙色	>4.4 黄色

**特别提醒** 若滴定终点为碱性时，选择酚酞，酸性时，选择甲基橙，中性时，酚酞、甲基橙都行，一般不选择石蕊，变色现象不明显。

## 5. 滴定操作



**特别提醒** ①滴速：先快后慢，当接近终点时，应一滴一摇，甚至半滴一摇，利用锥形瓶内壁承接尖嘴处悬挂的半滴溶液。

②终点的判断：滴入最后一滴标准液，指示剂变色，且在半分钟内不变回原色，视为滴定终点。

## 6. 数据处理

为减少实验误差，重复实验 2~3 次，求出所用标准溶液体积的平均值，然后再计算待测液的物质的量浓度。

### 【正误判断】

- (1)锥形瓶在水洗后，要用待测液润洗 2~3 次(×)
- (2)酸碱中和滴定实验一般不用石蕊作指示剂，是因为石蕊变色不明显(√)
- (3)滴定实验中左手控制滴定管的活塞，右手摇动锥形瓶(√)

(4)当观察到锥形瓶中颜色发生变化,立即停止滴定并记下滴定管液面读数(×)

(5)量取 20.00 mL 待测液时可用量筒量取(×)

### 【应用体验】

1. 用  $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  硫酸滴定  $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaOH 溶液,中和后加水至 100 mL。若滴定时终点判断有误差:①多加了 1 滴硫酸;②少加了 1 滴硫酸(设 1 滴为 0.05 mL)。则①和②中 pH 相差\_\_\_\_\_。

答案 4

解析 ①多加了 1 滴硫酸时,溶液呈酸性,则  $c(\text{H}^+) = \frac{0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 2 \times 0.05 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 1 \times$

$10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 5$ 。

②少加了 1 滴硫酸时,则 NaOH 剩余的物质的量为 0.05 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  未中和的部分,溶液呈碱

性,  $c(\text{OH}^-) = \frac{0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 2 \times 0.05 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{H}^+) = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1 \times$

$10^{-9} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 9$ , 所以①和②中 pH 相差 4。

2. 用中和滴定法测定某烧碱样品的纯度,试根据实验回答下列问题:

(1)准确称量 8.2 g 含有少量中性易溶杂质的样品,配成 500 mL 待测溶液。称量时,样品可放在\_\_\_\_\_ (填字母)称量。

A. 小烧杯中 B. 洁净纸片上 C. 托盘上

(2)滴定时,用  $0.2000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的盐酸来滴定待测溶液,不可选用\_\_\_\_\_ (填字母)作指示剂。

A. 甲基橙 B. 石蕊 C. 酚酞

(3)滴定过程中,眼睛应注视\_\_\_\_\_ ;在铁架台上垫一张白纸,其目的是

\_\_\_\_\_。

(4)根据下表数据,计算被测烧碱溶液的物质的量浓度是\_\_\_\_\_  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,烧碱样品的纯度是\_\_\_\_\_。

滴定次数	待测溶液体积/mL	标准酸溶液体积	
		滴定前的刻度/mL	滴定后的刻度/mL
第一次	10.00	0.40	20.50
第二次	10.00	4.10	24.00

答案 (1)A (2)B

(3)锥形瓶内溶液颜色的变化 便于观察锥形瓶内液体颜色的变化,减小滴定误差

(4)0.4000 97.56%

解析 (1)称量氢氧化钠等易潮解、腐蚀性强的试剂时,样品应放在小烧杯中。(2)酸碱中和滴定时,一般选甲基橙、酚酞等颜色变化较明显的指示剂,石蕊在酸或碱溶液中颜色变化不明

显，易造成误差。(4)根据  $c(\text{NaOH}) = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{NaOH})}$  分别求第一、二次的值，再求平均值，解

得  $c(\text{NaOH}) = 0.4000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $w(\text{NaOH}) =$

$$\frac{0.4000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.500 \text{ L} \times 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8.2 \text{ g}} \times 100\% \approx 97.56\%$$

## 二、中和滴定误差分析

### 1. 分析依据

$$c_{\text{待测}} \cdot V_{\text{待测}} = c_{\text{标准}} \cdot V_{\text{标准}}$$

$$c_{\text{待测}} = \frac{c_{\text{标准}} \cdot V_{\text{标准}}}{V_{\text{待测}}}$$

$c_{\text{标准}}$ 、 $V_{\text{待测}}$  均为代入定值，误差均体现在  $V_{\text{标准}}$  的大小。

### 2. 常见的误差分析

以用标准盐酸滴定待测氢氧化钠溶液为例：

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
	碱式滴定管未用标准溶液润洗	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，停止滴定后再加一滴 NaOH 溶液无变化	变大	偏高
读数	滴定前读数正确，滴定后俯视读数(或前仰后俯)	变小	偏低
	滴定前读数正确，滴定后仰视读数(或前俯后仰)	变大	偏高

### 【应用体验】

1. 称取一定质量的 NaOH 来测定未知浓度的盐酸时(NaOH 放在锥形瓶内，盐酸放在滴定管中)。用 A.偏高；B.偏低；C.无影响；D.无法判断，填写下列各项操作会给实验造成的误差。

- (1)称量固体 NaOH 时，未调节天平的零点( )
- (2)将 NaOH 放入锥形瓶中加水溶解时，加入水的体积不准确( )
- (3)滴定管装入盐酸前未用盐酸润洗( )
- (4)开始滴定时，滴定管尖端处有气泡，滴定完毕气泡排出( )

(5)滴定前未将液面调至刻度线“0”或“0”以下,结束时初读数按0计算( )

(6)在滴定过程中活塞处漏液( )

(7)摇动锥形瓶时,因用力过猛,使少量溶液溅出( )

(8)滴定前读数时仰视,滴定完毕读数时俯视( )

答案 (1)D (2)C (3)B (4)B (5)A (6)B (7)A

(8)A

解析 (1)称量固体 NaOH 时,未调节天平零点,不能确定称量结果是偏大还是偏小。(2)锥形瓶内是否含水或加多少水并不影响 NaOH 与 HCl 的中和反应。(3)滴定管中装盐酸前未润洗相当于将待测液稀释了,导致测定结果偏低。(4)滴定前有气泡,滴定后无气泡,相当于待测液比实际用量多了,导致结果偏低。(5)读出的数据比实际值小,导致结果偏大。(6)滴定过程中漏液使读出的待测液的体积比实际消耗量多,导致结果偏低。(7)摇动锥形瓶时,用力过猛,使少量液体溅出,致使一部分 NaOH 未被中和,消耗待测液体积减小,使测定结果偏高。(8)读出的数据比实际值偏小,使结果偏高。

2. 在化学实验操作中,往往由于读数不规范导致较大的实验误差。下列有关实验中,会导致所配制(或所测定)溶液浓度偏高的是(其他操作均正确)( )

A. 配制 500 mL  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  稀硫酸实验中,用量筒量取  $18 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  浓硫酸时俯视读数

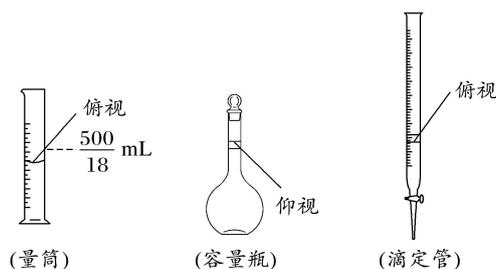
B. 配制 100 mL  $5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  氯化钠溶液实验中,定容时仰视刻度线

C. 用标准盐酸滴定待测 NaOH 溶液实验中,使用碱式滴定管开始平视,后来俯视读数

D. 用标准 NaOH 溶液滴定待测盐酸实验中,使用碱式滴定管开始平视,后来俯视读数

答案 C

解析 示意图如下:

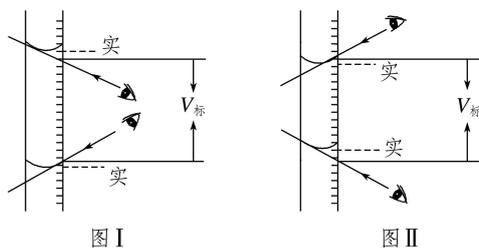


A 项,先计算所需体积再量取,俯视读数使得所量液体体积小于所需的体积,使得所配制溶液浓度偏低; B 项,定容时仰视刻度线,当液面已超过刻度线后才认为恰好与刻度线相切,使得所配制溶液浓度偏低; C 项,如使用碱式滴定管放出 20.00 mL 待测 NaOH 溶液到锥形瓶中,起始时液面在“0”刻度处,俯视使液面已超过 20.00 mL 刻度后才认为恰好为 20.00 mL,实际放出的液体偏多,消耗的盐酸偏多,所测待测液浓度偏高; D 项,NaOH 是标准溶液,俯视使读数偏小,  $V_{\text{标}}$  偏小,所测待测液浓度偏低。

#### ■ 归纳总结 ■

#### 滴定管读数误差分析

滴定管正确的读数方法是视线、刻度线、凹液面最低点在同一水平线上。试分析下列图示读数对滴定结果的影响:

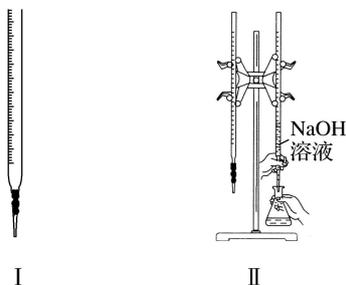


- (1)如图 I, 开始仰视读数, 滴定完毕俯视读数, 滴定结果会偏小。  
 (2)如图 II, 开始俯视读数, 滴定完毕仰视读数, 滴定结果会偏大。

### 随堂演练 知识落实

1. 下列说法正确的是( )

A. 用图示仪器 I 准确量取 25.00 mL 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液



- B. 装置 II 可用于已知浓度的氢氧化钠溶液测定未知浓度盐酸的实验  
 C. 中和滴定时, 滴定管用所盛装的待装液润洗 2~3 次  
 D. 中和滴定实验时, 用待测液润洗锥形瓶

答案 C

解析 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液不能用碱式滴定管量取, A 项不正确;  $\text{NaOH}$  溶液不能盛装在酸式滴定管中, B 项不正确; 中和滴定时滴定管需用待装液润洗, 而锥形瓶不能用待测液润洗, C 项正确、D 项不正确。

2. 准确移取 20.00 mL 某待测  $\text{HCl}$  溶液于锥形瓶中, 用  $0.1000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{NaOH}$  溶液滴定。下列说法正确的是( )

- A. 滴定管用蒸馏水洗涤后, 装入  $\text{NaOH}$  溶液进行滴定  
 B. 随着  $\text{NaOH}$  溶液的滴入, 锥形瓶中溶液 pH 由小变大  
 C. 用酚酞作指示剂, 当锥形瓶中溶液由红色变无色时停止滴定  
 D. 滴定过程中, 眼睛应注视滴定管内液面的下降

答案 B

解析 A 项, 滴定管用蒸馏水洗涤后, 还要用待装溶液润洗, 否则会引起误差, 错误; B 项, 在用  $\text{NaOH}$  溶液滴定盐酸的过程中, 锥形瓶内的溶液由酸性逐渐变为中性, 溶液的 pH 由小变大, 正确; C 项, 用酚酞作指示剂, 锥形瓶中溶液应由无色变为红色, 且半分钟内不褪色

时才能停止滴定，错误。

3. 在盐酸滴定 NaOH 溶液的实验中，用甲基橙作指示剂，滴定到终点时，溶液的颜色变化是 ( )

- A. 由黄色变为红色                      B. 由黄色变为橙色  
C. 由橙色变为红色                      D. 由红色变为橙色

答案 B

解析 甲基橙在 NaOH 溶液中显黄色，滴定终点时，由黄色变为橙色，由于  $\text{pH} < 3.1$  时甲基橙为红色，所以若滴定至红色则无法判断滴过量多少。

4. (2019·济南历城第二中学高二下学期月考)用标准 KOH 溶液滴定未知浓度的盐酸，若测定结果偏低，则原因可能是( )

- A. 配制标准溶液的固体 KOH 中混有 NaOH 杂质  
B. 滴定到终点时，仰视读数，其他操作正确  
C. 盛装未知浓度的盐酸的锥形瓶用蒸馏水洗过后再用未知浓度的盐酸润洗  
D. 滴定到终点读数时，发现滴定管尖嘴处悬挂了一滴溶液

答案 A

解析 解本题的关键是根据滴定原理分析操作过程对标准液体积的影响，从而判断误差。A 项，会使标准液的  $c(\text{OH}^-)$  偏大，滴定时消耗的体积偏小，导致测定结果偏低；B 项，滴定终点时仰视读数，使读取的标准液体积偏大，测定结果偏高；C 项，用未知浓度的盐酸润洗锥形瓶，滴定时消耗标准液的体积偏大，使测定结果偏高；D 项，尖嘴处悬挂溶液，使读取的标准液体积偏大，测定结果偏高。

5. 某同学欲用已知物质的量浓度为  $0.1000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的盐酸测定未知物质的量浓度的氢氧化钠溶液时，选择酚酞作指示剂。请填写下列空白：

(1)用标准的盐酸滴定待测的氢氧化钠溶液时，左手把握酸式滴定管的活塞，右手摇动锥形瓶，眼睛注视\_\_\_\_\_。直到因加入一滴盐酸，溶液的颜色由\_\_\_\_\_色变为\_\_\_\_\_色，半分钟不恢复原色，立即停止滴定。

(2)下列操作中可能使所测氢氧化钠溶液的浓度数值偏低的是\_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. 酸式滴定管未用标准盐酸润洗就直接注入标准盐酸  
B. 滴定前盛放氢氧化钠溶液的锥形瓶用蒸馏水洗净后没有干燥  
C. 酸式滴定管在滴定前有气泡，滴定后气泡消失  
D. 读取盐酸体积时，开始仰视读数，滴定结束时俯视读数  
E. 滴定过程中，锥形瓶的振荡过于激烈，使少量溶液溅出

(3)若第一次滴定开始和结束时，酸式滴定管中的液面如下图所示。则起始数为  $V_1 =$  \_\_\_\_\_ mL，  
终点读数  $V_2 =$  \_\_\_\_\_ mL。



D. 滴定过程中两眼应注意滴定管内液面的变化

答案 C

### 题组二 滴定操作及数据处理

4. (2020·重庆高二月考)下列有关中和滴定实验的叙述正确的是( )

A. 中和滴定实验中所用标准溶液越浓越好, 指示剂的用量一般为 2~3 mL

B. 滴定管、锥形瓶均应先水洗后润洗

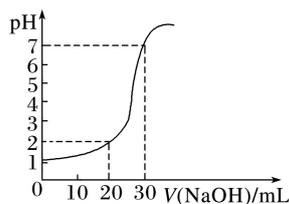
C. 进行滴定时眼睛应注意锥形瓶内溶液的颜色变化而不应注意滴定管内的液面变化

D. 用标准盐酸滴定待测 NaOH 溶液时, 若滴定前读数时仰视, 滴定后俯视, 则测定值偏大

答案 C

解析 中和滴定实验中, 标准溶液越浓误差越大, 指示剂的用量一般为 2~3 滴, A 错误; 盛待测液的锥形瓶不能润洗, 否则测定结果偏大, B 错误; 滴定前读数时仰视, 读数偏大, 滴定后俯视, 读数偏小, 致使读取的标准盐酸的体积偏小, 故测定值偏小, D 错误。

5. 如图是用一定物质的量浓度的 NaOH 溶液滴定 10.00 mL 一定物质的量浓度的盐酸的图像, 依据图像推出盐酸和 NaOH 溶液中溶质的物质的量浓度是下表内的( )



选项	A	B	C	D
$c(\text{HCl})/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	0.120 0	0.040 00	0.030 00	0.090 00
$c(\text{NaOH})/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	0.040 00	0.120 0	0.090 00	0.030 00

答案 D

解析 由图像可知, 30.00 mL NaOH 溶液恰好中和 10.00 mL 盐酸, 则  $3c(\text{NaOH}) = c(\text{HCl})$ , 排除 B、C 两项; A 中  $c(\text{HCl}) = 0.120 0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{H}^+) = 0.120 0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} < 1$ , 与图像不符。

6. 室温下, 用  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaOH 溶液滴定  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  盐酸, 如达到滴定终点时不慎多加了 1 滴 NaOH 溶液(1 滴溶液的体积约为 0.05 mL), 继续加水至 50 mL, 所得溶液的 pH 是( )

A. 4 B. 7.2 C. 10 D. 11.3

答案 C

解析  $c(\text{OH}^-) = \frac{0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = 1 \times 10^{-10} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,

$\text{pH} = 10$ , 故 C 项正确。

### 题组三 滴定误差分析

7. (2019·邯郸高二测试)用已知浓度的盐酸滴定未知浓度的 NaOH 溶液,待测液放在锥形瓶中。中和滴定时下列操作会使测定结果偏低的是(锥形瓶中溶液用滴定管量取)( )

- A. 碱式滴定管未用待测碱液润洗
- B. 酸式滴定管未用标准盐酸润洗
- C. 滴定过程中滴定管内不慎有标准液溅出
- D. 滴定前俯视读数,滴定后读数正确

答案 A

解析 A 项,碱式滴定管未用待测碱液润洗,导致实际取用的碱少,则消耗的酸少,结果偏低;B 项,酸式滴定管未用标准盐酸润洗,会造成消耗的酸多,结果偏高;C 项,消耗的酸将会偏多,结果偏高;D 项,计算出消耗的酸将会偏多,结果偏高。

8. (2019·杭州二中月考)下列有关滴定操作的说法正确的是( )

- A. 用 25 mL 滴定管进行中和滴定时,用去标准液的体积为 21.7 mL
- B. 用标准 KOH 溶液滴定未知浓度的盐酸,洗净碱式滴定管后直接取标准 KOH 溶液进行滴定,则测定结果偏低
- C. 用标准 KOH 溶液滴定未知浓度的盐酸,配制标准溶液的固体 KOH 中含有 NaOH 杂质,则测定结果偏高
- D. 用未知浓度的盐酸滴定标准 KOH 溶液时,若读取读数时,滴定前仰视,滴定到终点后俯视,会导致测定结果偏高

答案 D

解析 滴定管精确到 0.01 mL,读数应保留小数点后 2 位,A 项错误;用标准 KOH 溶液滴定未知浓度的盐酸,洗净碱式滴定管后直接取标准 KOH 溶液进行滴定,由于没有润洗,标准液浓度减小,消耗标准液体积增加,则测定结果偏高,B 项错误;所用的固体 KOH 中混有 NaOH,相同质量的氢氧化钠和氢氧化钾,氢氧化钠的物质的量大于氢氧化钾的物质的量,故所配的溶液中  $\text{OH}^-$  浓度偏大,导致消耗标准液的体积  $V_{\text{碱}}$  偏小,根据  $c_{\text{酸}} = c_{\text{碱}} \times \frac{V_{\text{碱}}}{V_{\text{酸}}}$  可知  $c_{\text{酸}}$  偏小,C 项错误;用未知浓度的盐酸滴定标准 KOH 溶液时,若滴定前仰视读数,滴定至终点后俯视读数,导致读取的盐酸体积偏小,根据  $c_{\text{酸}} = c_{\text{碱}} \times \frac{V_{\text{碱}}}{V_{\text{酸}}}$  可知测定结果偏高,D 项正确。

9. 用滴定法测定  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (含 NaCl 杂质)的质量分数,下列操作会引起测定值偏高的是( )

- A. 试样中加入酚酞作指示剂,用标准酸液进行滴定
- B. 滴定管用蒸馏水洗涤后,直接注入标准酸液进行滴定
- C. 锥形瓶用蒸馏水洗涤后,直接注入待测溶液进行滴定
- D. 滴定管用蒸馏水洗涤后,直接注入待测液,取 20.00 mL 进行滴定



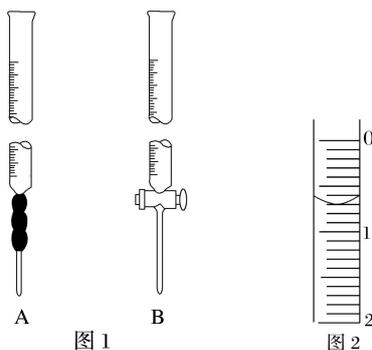
= 20.0 mL, B 错误; 当反应后溶液 pH = 12 时,

$$\frac{V(\text{NaOH}) \times 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 20.0 \text{ mL} \times 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{V(\text{NaOH}) + 20.0 \text{ mL}} = 1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 解得 } V(\text{NaOH}) \approx 24.4 \text{ mL}, \text{ C}$$

错误。

### 综合强化

12. 某同学用中和滴定法测定某烧碱溶液的浓度。



#### I. 实验步骤

(1) 用图 1 仪器\_\_\_\_\_ (填“A”或“B”) 取待测烧碱溶液 25.00 mL 于锥形瓶中, 滴加 2 滴酚酞作指示剂。

(2) 记录盛装  $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸标准溶液的酸式滴定管的初始读数。如果某时刻液面位置如图 2 所示, 则此时的读数为\_\_\_\_\_ mL。

(3) 滴定。滴定过程中, 眼睛应始终注视\_\_\_\_\_。

(4) 滴定终点的现象是: \_\_\_\_\_。

#### II. 数据记录

实验编号	烧碱待测液体积 $V/\text{mL}$	盐酸标准液体积(消耗) $V/\text{mL}$
1	25.00	18.05
2	25.00	18.00
3	25.00	17.95
4	25.00	18.95

#### III. 数据处理

(1) 平均消耗的盐酸标准液的体积  $V =$  \_\_\_\_\_ mL。

(2) 计算该烧碱溶液的浓度  $c(\text{NaOH}) =$  \_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (精确到小数点后 4 位)。

#### IV. 误差分析

以下操作会导致测定结果偏高的是\_\_\_\_\_ (填字母)。

A. 未用盐酸标准溶液润洗滴定管

B. 装待测液前, 锥形瓶中有少量蒸馏水

C. 滴定前滴定管尖嘴部分有气泡，滴定后气泡消失

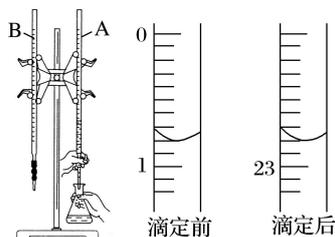
D. 观察读数时，滴定前仰视，滴定后俯视

答案 I.(1)A (2)0.70 (3)锥形瓶中溶液颜色的变化 (4)最后一滴标准溶液滴入后，溶液由红色恰好变为无色，且半分钟内不恢复原色 III.(1)18.00 (2)0.072 0

IV.AC

解析 I.(1)取碱液应该用碱式滴定管，故选 A。(2)滴定管的精确度为 0.01 mL，故读数为 0.70。(3)滴定过程中，眼睛应始终注视锥形瓶中溶液颜色的变化。(4)因为用酚酞作指示剂，初始为红色，故终点判断为最后一滴标准溶液滴入后，溶液由红色恰好变为无色，且半分钟内不恢复原色。III.(1)在四组数据中，第 4 组数据有明显误差，故舍弃，取第 1、2、3 组数据的平均值，故盐酸体积为 18.00 mL。(2) $c(\text{NaOH}) = 0.1000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 18.00 \text{ mL} \div 25.00 \text{ mL} = 0.0720 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。IV.A 项，未用盐酸标准溶液润洗滴定管，造成盐酸浓度偏小，所用盐酸体积偏大，测定结果偏高；B 项，装待测液前，锥形瓶中有少量蒸馏水，无影响；C 项，滴定前滴定管尖嘴部分有气泡，滴定后气泡消失，所用盐酸体积偏大，测定结果偏高；D 项，观察读数时，滴定前仰视，滴定后俯视，造成盐酸读数偏小，结果偏小。

13. 下图是用  $0.1000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的盐酸滴定某未知浓度的 NaOH 溶液的示意图和某次滴定前、后盛放盐酸的滴定管中液面的位置。



请回答下列问题：

(1)仪器 A 的名称是\_\_\_\_\_。

(2)盐酸的体积读数：滴定前读数为\_\_\_\_\_mL，滴定后读数为\_\_\_\_\_mL。

(3)某实验小组同学的三次实验的实验数据如下表所示。根据表中数据计算出的待测 NaOH 溶液的平均浓度是\_\_\_\_\_mol·L<sup>-1</sup>(保留四位有效数字)。

实验编号	待测 NaOH 溶液的体积/mL	滴定前盐酸的体积读数/mL	滴定后盐酸的体积读数/mL
1	20.00	1.20	23.22
2	20.00	1.21	29.21
3	20.00	1.50	23.48

(4)对下列几种假定情况进行讨论(填“无影响”“偏高”或“偏低”)：

①取待测液的滴定管，滴定前滴定管尖端有气泡，滴定后气泡消失，对测定结果的影响是

\_\_\_\_\_;

②若滴定前锥形瓶未用待测液润洗,对测定结果的影响是\_\_\_\_\_;

③标准液读数时,若滴定前俯视,滴定后仰视,对测定结果的影响是\_\_\_\_\_。

答案 (1)酸式滴定管 (2)0.80 22.80 (3)0.110 0 (4)①偏低 ②无影响 ③偏高

解析 (1)仪器 A 为酸式滴定管。(2)滴定管的刻度由上到下逐渐增大,精确度为 0.01 mL,因此滴定前的读数为 0.80 mL,滴定后为 22.80 mL。(3)第 2 组读数与其他两组差别较大,属异常值,应舍去,  $c(\text{NaOH}) = \frac{0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 0.022\ 00\ \text{L}}{0.020\ 00\ \text{L}} = 0.110\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。(4)①会使  $V(\text{HCl})$

偏小,  $c(\text{NaOH})$  偏低; ②对测定结果无影响; ③会使  $V(\text{HCl})$  偏大,  $c(\text{NaOH})$  偏高。

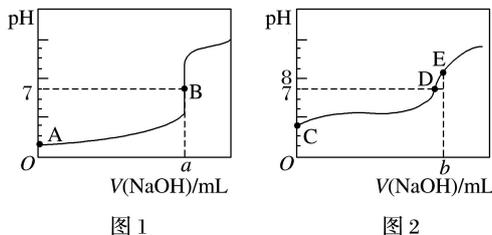
14. (2019·重庆高二检测)滴定法是化学分析的常用方法,是一种简便、快速和应用广泛的定量分析方法,在常量分析中有较高的准确度。酸碱滴定和氧化还原滴定是常见的两种滴定方法:

I. 氧化还原滴定: 双氧水常用于医用伤口消毒、环境消毒和食品消毒。化学兴趣小组欲准确测定某市售双氧水中  $\text{H}_2\text{O}_2$  的含量: 取双氧水 25.00 mL 至锥形瓶中,加入稀硫酸酸化,用蒸馏水稀释。用一定浓度的高锰酸钾标准液滴定,其反应的离子方程式为  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{O}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

(1)滴定时,将高锰酸钾标准溶液注入\_\_\_\_\_ (填“酸”或“碱”)式滴定管中。

(2)滴定到达终点的现象是\_\_\_\_\_。

II. 酸碱中和滴定: 常温下,用  $0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaOH 溶液分别滴定 20.00 mL 等浓度的盐酸和醋酸溶液,得到两条滴定曲线,如图所示:



(1)滴定盐酸的曲线是图\_\_\_\_\_ (填“1”或“2”)。

(2)达到 B、D 状态时,反应消耗的 NaOH 溶液的体积  $a$  \_\_\_\_\_ (填“>”“<”或“=”)  $b$ 。

答案 I.(1)酸 (2)滴入最后一滴高锰酸钾溶液,溶液呈紫色,且 30 秒内不褪色 II.(1)1 (2)>

解析 I.(1)由于高锰酸钾标准溶液具有强氧化性,所以只能使用酸式滴定管。(2)滴定到达终点的现象是滴入最后一滴高锰酸钾溶液,溶液呈紫色,且 30 秒内不褪色。II.(1)HCl 是强酸、 $\text{CH}_3\text{COOH}$  是弱酸,浓度相同的 HCl 和  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的 pH:  $\text{HCl} < \text{CH}_3\text{COOH}$ ,根据图知,未加 NaOH 时, pH 较小的是图 1,所以图 1 是滴定盐酸的曲线。(2)达到 B、D 状态时,溶液为中性,NaCl 不水解,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  水解使溶液呈碱性,为使  $\text{CH}_3\text{COONa}$  溶液显中性,需要少加一部分 NaOH,使溶液中留有一部分  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,所以达到 B、D 状态时,反应消耗的 NaOH

溶液的体积:  $a > b$ 。