

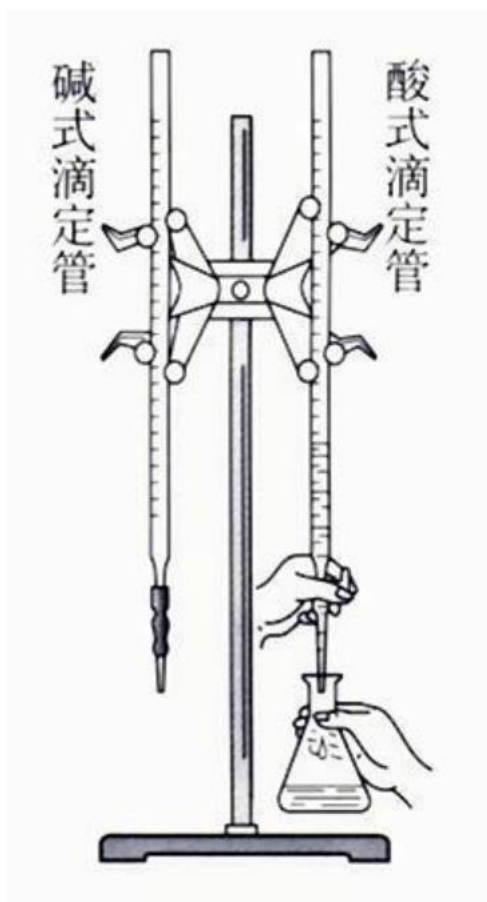


酸碱滴定

日期：_____ 时间：_____ 姓名：_____
Date: _____ Time: _____ Name: _____



初露锋芒



学习目标 & 重难点	1、理解实验的目的和原理 2、学会中和滴定实验操作过程，能够正确判断滴定终点。 3、学会进行误差分析，能够进行正确的计算。
	1、实验操作过程、滴定终点的判断； 2、误差分析； 3、计算。



根深蒂固

一、酸碱中和滴定的概念和原理

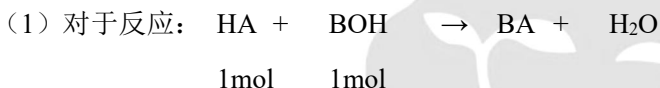
1. 概念

酸碱滴定又称中和滴定。中和滴定在科学研究、医疗卫生、工农业生产上有广泛的应用。这是一种用已知浓度的酸(或碱)溶液来测定未知浓度碱(或酸)溶液的一种方法。属于_____ (定量或定性) 分析
中和反应的实质是: _____

【答案】定量 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

2. 原理

由于酸、碱发生中和反应时, 反应物间按一定的物质的量之比进行, 基于此, 可用滴定的方法确定未知酸或碱的浓度。



$$C_{(HA)} \cdot V_{(HA)} \quad C_{(BOH)} \cdot V_{(BOH)}$$

$$\text{即可得 } C_{(HA)} \cdot V_{(HA)} = C_{(BOH)} \cdot V_{(BOH)}$$

$$C_{(HA)} = \frac{C_{(BOH)} \cdot V_{(BOH)}}{V_{(HA)}}$$

若取一定量的 HA 溶液 ($V_{\text{待}}$), 用标准液 BOH[已知准确浓度 $C_{\text{(标)}}$]来滴定, 至终点时消耗标准液的体积可读出 ($V_{\text{标}}$) 代入上式即可计算得 $C_{(HA)}$ 。

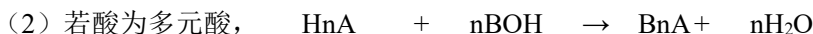
$$C_{(HA)} = C_{\text{(待测)}} = \frac{C_{\text{(标准)}} \cdot V_{\text{(标准)}}}{V_{\text{(待测)}}}$$

$C_{\text{标}}$ ——已知溶液的浓度

$C_{\text{待}}$ ——待测溶液的浓度

$V_{\text{标}}$ ——实验测定

$V_{\text{待}}$ ——预先准确量取



$$C_{(HA)} \cdot V_{(HA)} \quad C_{(BOH)} \cdot V_{(BOH)}$$

$$C_{(HA)} \cdot V_{(HA)} \quad C_{(BOH)} \cdot V_{(BOH)}$$

$$\text{则有关系: } C_{(HA)} = \frac{C_{(BOH)} \cdot V_{(BOH)}}{n \cdot V_{(HA)}}$$

注意: 当出现多元酸或者多元碱时, 注意对系数 n 的处理。

二、实验仪器和药品

1. 仪器

滴定管、锥形瓶、铁架台、滴定管夹、烧杯

2. 药品

标准液、待测液、指示剂（甲基橙、酚酞）

指示剂的作用和选择的要求：

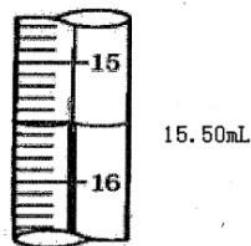
- ①作用：通过指示剂颜色的变化确定终点
- ②选择：变色要灵敏、明显（终点与变色范围一致）

3. 滴定管的使用

滴定管是测量放出液体体积的定量仪器，规格为_____mL(或 50 mL 等)，最小刻度为_____mL。读数方法：_____对应的刻度，_____（平视、俯视、仰视）。

特点：“0”刻度在_____，读数由_____而_____。

读数方法：滴定管上标有棕色刻度线，观察背景是白底蓝线，由于光在空气、水中折射率不同，蓝线在液面下变粗，观察时旋转滴定管使蓝线处于一直线（如图所示）。



4. 中和滴定的关键

- 一是正确判断滴定的终点；
- 二是准确测定液体的体积。

5. 滴定终点的判断

当溶液颜色不发生改变，且半分钟内无变化，说明此时达到了滴定终点。

6. 指示剂的选择

（1）指示剂的变色范围

甲基橙	3.1<	3.1~4.4	>4.4
酚酞	8<	8~10	>10
石蕊	5<	5~8	>8

(2) 指示剂的选择

- ①强酸强碱相互滴定，可选用_____。
- ②酸和碱恰好完全中和，溶液不一定呈中性，由生成的盐的性质而定。若反应生成强酸弱碱盐溶液呈酸性，则选用酸性变色范围的指示剂（_____）；若反应生成强碱弱酸盐，溶液呈碱性，则选用碱性变色范围的指示剂（_____）。
- ③**石蕊试液**因颜色变化不明显，且变色范围过宽，**一般不作滴定指示剂**。
- ④由于所用指示剂变色范围的限制，滴定至终点不一定是恰好完全反应时，但应尽量减少误差。

【练一练】终点判断的颜色变化：

指示剂	酚酞	甲基橙
操作		
强碱滴定强酸		
强酸滴定强碱		

思考：强碱滴定强酸时，采用哪种指示剂，为什么？强酸滴定强碱时呢？

【答案】强碱滴定强酸时，用酚酞做指示剂；强酸滴定强碱时，用甲基橙做指示剂。原则：颜色由浅到深。

【答案】25mL 0.1 蓝线粗细交界点 平视 上端 上 下

甲基橙	3.1<	3.1~4.4	>4.4
	红	橙	黄
酚酞	8<	8~10	>10
	无色	浅红	红
石蕊	5<	5~8	>8
	红	紫	蓝

甲基橙或酚酞

甲基橙

酚酞

指示剂	酚酞	甲基橙
操作		
强碱滴定强酸	无色变为浅红色	橙色变为黄色
强酸滴定强碱	浅红色变为无色	黄色变为橙色

三、实验步骤

例如：标准盐酸滴定未知浓度 NaOH 溶液

1. 准备工作

- ①查漏：检查滴定管是否_____，操作中活塞转动是否灵活。
- ②洗涤：依次用洗液、自来水、_____洗涤干净。
- ③润洗：用待装溶液润洗滴定管 2~3 次，以保证装入溶液时不改变原溶液的浓度。
- ④充液（赶气泡）调液面、读数：

准备标准酸溶液→注酸液→赶气泡→调节液面（在“0”或“0”刻度以下）→记录读数。

（用同样的方法把盛氢氧化钠溶液的滴定管准备好并记下读数。）

2. 实验步骤

（1）取标准盐酸溶液：

用标准液润洗滴定管_____次；注入标准液至_____以上；固定在滴管夹上迅速转动活塞将_____排出并调整液面在“0”刻度以下。记下准确读数。

（2）取待测氢氧化钠溶液：

用待测液润洗滴定管 2-3 次；注入待测液至“0”刻度线以下；固定在滴定夹上；迅速转动活塞将尖嘴处气泡排出并调整液面在“0”刻度以下。记下准确读数。往洁净的锥形瓶内准确放入 25.00ml 的碱液。

（3）往锥形瓶中滴加_____滴甲基橙试液。

（4）用标准盐酸溶液滴定：

左手_____，右手_____，边滴入盐酸边不断摇动；眼睛要始终注意锥形瓶中溶液的_____变化的。（滴定速度先快后慢，接近滴定终点时，应一滴一摇动）

（5）当看到加一滴盐酸，锥形瓶中溶液由_____色变成_____时，停止滴定。（振荡半分钟溶液颜色不发生变化，达到滴定终点；）准确记下盐酸读数，并准确求得滴定用去盐酸的体 积。

（6）滴定操作重复_____次。

（7）将几次滴定用去盐酸体积的平均值代入关系式计算 C_{NaOH} 。

【答案】漏水 蒸馏水 2~3 次 0 刻度 尖嘴处气泡 2
调节活塞 顺时针不断摇动锥形瓶 颜色 黄 橙色 2-3

【练一练】

1. 在中和滴定时，对盛放被测溶液的锥形瓶的洗涤要求是（ ）

- A. 用蒸馏水冲洗干净
- B. 用蒸馏水冲洗后，再烘干
- C. 用蒸馏水冲洗后，再用标准液洗涤 2~3 次
- D. 用蒸馏水冲洗后，再用被测溶液润洗 2~3 次

【答案】A

2. 用 0.10mol/L 的氢氧化钠测定未知盐酸溶液的浓度，下列操作正确的是（ ）

- A. 将滴定管用蒸馏水洗后放入 25.00mL 待测浓度的盐酸
- B. 用经待测浓度的盐酸润洗后的锥形瓶从滴定管中取 20mL 盐酸
- C. 加入几滴酚酞试液做指示剂
- D. 当滴定至酚酞刚刚由无色变为粉红色，立即停止滴定，并读数

【答案】C

3. 下列有关滴定操作的顺序中，正确的是（ ）

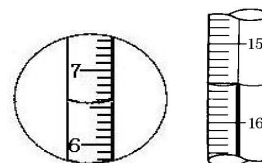
- ①用标准溶液润洗滴定管；
- ②往滴定管内注入标准溶液；
- ③检查滴定管是否漏水；
- ④滴定；
- ⑤洗涤。

- A. ⑤①②③④
- B. ③⑤①②④
- C. ⑤②③①④
- D. ②①③⑤④

【答案】B

4. 如右图是滴定管和量筒的两个液面。下列有关读数中正确的是（ ）

- A. 左边是量筒读数 6.5mL，右边是滴定管读数 16.5mL；
- B. 左边是量筒读数 7.5mL，右边是滴定管读数 16.50mL；
- C. 左边是量筒读数 6.5mL，右边是滴定管读数 15.50mL；
- D. 左边是量筒读数 6.5mL，右边是滴定管读数 16.50mL；



【答案】C

四、实验误差分析

1. 误差分析的依据

$$c_{\text{待}} = \frac{c_{\text{标}} V_{\text{标}}}{V_{\text{待}} \times n} \quad (n \text{ 表示酸与碱反应的化学计量数之比})$$

$c_{\text{标}}$ 和 $V_{\text{待}}$ 都作为已知量计算, 是不变量, 只有滴定管中所消耗的标准体积 $V_{\text{标}}$ 随不同操作而变化, 即 $V_{\text{标}}$ 是一个变量。由上式可知, $c_{\text{待}}$ 是随 $V_{\text{标}}$ 的变化而变化的, 只要使 $V_{\text{标}}$ 增大的操作所得的待测液浓度都偏大, 反之则偏小。

2. 产生误差的来源

(1) 操作不当

① 滴定管的洗涤

正确方法是: _____

操作 a. 滴定管用水洗后未用标准液润洗就直接注入标准液

结果: _____

操作 b. 滴定管用水洗后未用待测液润洗就直接注入锥形瓶

结果: _____

② 锥形瓶的洗涤

正确方法是: _____

操作 a. 锥形瓶用水洗后用待测液润洗

结果: _____

操作 b. 锥形瓶用水洗后没有干燥

结果: _____

操作 c. 滴定前向锥形瓶中加入蒸馏水

结果: _____

③ 滴定管尖嘴部分留有气泡

正确方法是: _____

操作 a. 滴定前盛标准液的滴定管尖嘴有气泡, 滴定后消失

结果: _____

操作 b. 盛待测液的滴定管尖嘴有气泡, 移至锥形瓶后消失

结果: _____

④滴定管读数不规范

正确的方法是：_____。

操作 a. 滴定前仰视，滴定后俯视

结果：_____

操作 b. 滴定完毕立即读数

结果：_____

(2) 终点判断不当

终点判断是中和滴定的关键。以指示剂的变色，且半分钟内不变色为标准。

①过早的估计终点

结果：_____

②用 HCl 滴定 NaOH，以甲基橙做指示剂，溶液由橙-红作为终点

结果：_____

【答案】(1) ①先水洗后润洗 实际消耗 $V_{\text{标}}$ 偏大，结果偏大

实际滴定的 $V_{\text{测}}$ 减小，消耗 $V_{\text{标}}$ 较小，结果偏小

②用水洗 实际滴定的 $V_{\text{测}}$ 增大，消耗 $V_{\text{标}}$ 增大，结果偏大

无影响 无影响

③滴定前排尽滴定管尖嘴部分的气泡

实际消耗的 $V_{\text{标}}$ 多了一个气泡体积，结果偏大

锥形瓶中 $V_{\text{测}}$ 少了一个气泡体积，实际消耗的 $V_{\text{标}}$ 减少，结果偏小

④滴定后等 1~2min 待滴定管内壁附着液体自然留下再读数，视线与蓝线粗细交界处水平

$V_{\text{标}}$ = 滴定后读数 - 滴定前读数， $V_{\text{标}}$ 读数偏小，结果偏小。

$V_{\text{标}}$ 读数偏大，结果偏大

(2) 未完全中和， $V_{\text{标}}$ 偏小，结果偏小

HCl 过量， $V_{\text{标}}$ 读数偏大，结果偏大

【练一练】以下中和滴定操作，正确的画“√”，错误的画“×”，同时分析使测定结果偏大，还是偏小。

(1) 滴定管注入酸或碱液前，只用蒸馏水洗净。 ()

(2) 锥形瓶注入待测液前，用待测液润洗 2~3 次。 ()

(3) 滴定接近终点时，要放慢滴加速度，一滴一滴加入，且边滴加振荡。 ()

(4) 如一次滴定准确，则不必再做第 2 次平行实验。 ()

【答案】××√×

(1) 若为标准液，则偏大；若为待测液，则偏小；(2) 偏大；(4) 无法判断

五、酸碱滴定的计算

$$c_{\text{待}} = \frac{c_{\text{标}} V_{\text{标}}}{V_{\text{待}} \times n}$$

依据一：

依据二：注意多次数据取平均值，在进行计算前需要舍弃不合理数据。

【练一练】某同学运用中和滴定原理，设计了“用标准氢氧化钠溶液测定家用食醋的浓度”的实验方案。请填写实验报告。

食用白醋浓度的测定

(1)实验目的：_____。

(2)实验用品：滴定用仪器：略，稀释白醋的仪器：略；

试剂：酚酞，0.1100mol/LNaOH 溶液，食用白醋。

(3)实验步骤：

①取 10.00mL 食用白醋稀释 10 倍，配成待测醋酸溶液。

②取一支洁净的酸式滴定管，用少量待测醋酸溶液润洗_____次，然后加入待测醋酸溶液，调节液面至_____位置，记下读数。

③从上述滴定管中放出 20.00mL 待测醋酸溶液盛于_____ (填仪器名称)，滴入 1~2 滴酚酞试液。

④同②的操作，在一支洁净的碱式滴定管中装入 0.1100mol/LNaOH 溶液。

⑤第一次滴定，判断达到终点的依据是_____、_____。

⑥重复步骤②~⑤，完成第二次滴定。

(4)数据处理

实验 次数	待测醋酸		标准 NaOH 溶液		待测醋酸平 均浓度 (mol/L)
	滴定管读数(mL)	体积 (mL)	滴定管读数 (mL)	体 积 (mL)	
1	初读数 0.00		初读数 0.00		
	末读数 20.00		末读数 19.40		
2	初读数 0.10		初读数 0.20		
	末读数 20.10		末读数 19.65		

(5)食用白醋的浓度=_____mol/L。

【答案】测定食用白醋的浓度 2~3 0 刻度或 0 刻度线以下 锥形瓶
无色变粉红色 半分钟内颜色不发生变化
20.00 19.40 20.00 19.45 0.1068 1.068



枝繁叶茂

知识点 1: 指示剂的选择

【例 1】以下是几种酸碱指示剂变色的 pH 范围: ①甲基橙 3.1~4.4 ②甲基红 4.4~6.2 ③酚酞 8.2~10, 现用 0.100mol/L NaOH 溶液滴定浓度相近的乙酸时, 上述指示剂 ()

- A. 都可以用 B. 只能用③ C. 可以用①或② D. 可以用②或③

【难度】★★【答案】B

变式 1: 已知常温、常压下, 饱和 CO_2 的水溶液的 $\text{pH}=3.9$, 则可推测用标准盐酸溶液滴定 NaHCO_3 水溶液时, 适宜选用的指示剂及滴定终点时颜色变化的情况是 ()

- A. 石蕊, 由蓝变红 B. 甲基橙, 由橙变黄
C. 酚酞, 红色褪去 D. 甲基橙, 由黄变橙

【难度】★★★★【答案】D

变式 2: 在盐酸滴定 NaOH 溶液实验中, 以甲基橙为指示剂, 滴到终点时的颜色变化是 ()

- A. 由黄色变红色 B. 由黄色变橙色
C. 由橙色变红色 D. 由红色变橙色

【难度】★★【答案】B

【方法提炼】

解此类题需要掌握两方面知识:

- 1、常见指示剂, 甲基橙、酚酞的变色范围、以及变色范围内的颜色;
- 2、判断酸碱滴定终点的依据, 根据滴定终点溶液的 pH 来定。

知识点 2: 误差分析

【例 2】用已知物质的量浓度的标准盐酸溶液滴定未知物质的量浓度的 NaOH 待测溶液 (甲基橙作指示剂), 试说明下列情况会使测定结果偏高、偏低还是无影响?

- (1) 滴定管用水洗后便装标准液进行滴定_____;
- (2) 锥形瓶用蒸馏水洗涤后, 又用待测液润洗_____;
- (3) 待测液在振荡时溅出锥形瓶外_____;
- (4) 记录标准液起始体积时仰视读数, 终点时俯视读数_____;
- (5) 滴加盐酸, 橙色不足半分钟即褪色_____;
- (6) 滴加盐酸, 溶液变为红色_____;
- (7) 滴加前, 滴定管有气泡, 滴定后消失_____;
- (8) 滴定管水洗后, 就用来量取待测液_____;
- (9) 用含 NaCl 杂质的 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 作为基准物来标定盐酸溶液的浓度_____;
- (10) 滴定时间过长_____。

【难度】★★【答案】(1) 偏大 (2) 偏大 (3) 偏小 (4) 偏小 (5) 偏小
(6) 偏大 (7) 偏大 (8) 偏小 (9) 偏大 (10) 不变

变式 1: 用标准酸溶液滴定待测碱液, 下列操作会导致测定结果偏小的是 ()

- A. 锥形瓶里的溶液在滴定过程中溅出
- B. 滴定管用蒸馏水洗净后直接注入标准液
- C. 滴定管装标准液后气泡未赶出, 滴定完成后气泡消失
- D. 滴定过程中不断用蒸馏水冲洗锥形瓶瓶壁

【难度】★★

【答案】A

变式 2: 用纯净的无水碳酸钠配制标准的碳酸钠溶液, 用于滴定未知浓度的盐酸溶液, 若碳酸钠中含有少量的结晶水, 将会使测定结果 ()

- A. 偏大
- B. 偏小
- C. 无影响
- D. 无法判断

【难度】★★

【答案】A

【方法提炼】

根据计算的公式: $c_{\text{待}} = \frac{c_{\text{标}} V_{\text{标}}}{V_{\text{待}} \times n}$

其中 $C_{\text{标}}$ 和 $V_{\text{待}}$ 的数值是固定不变的, 所以 $C_{\text{待}}$ 与 $V_{\text{标}}$ 是成正比的关系。在解题时需要重点去分析错误操作导致 $V_{\text{标}}$ 的变化即可。

知识点 3: 计算

【例 3】 以酚酞试液为指示剂, 对某新制的 NaOH 溶液进行中和滴定实验, 数据记录如下表:

	待测液	消耗标准盐酸 (0.10 mol/L) 的体积
①	20mL NaOH 溶液	V_1 mL
②	20mL NaOH 溶液 + 10 mL 水	V_2 mL
③	敞口隔夜放置的 20mL NaOH 溶液	V_3 mL

该新制 NaOH 溶液的浓度 c 合理的是 ()

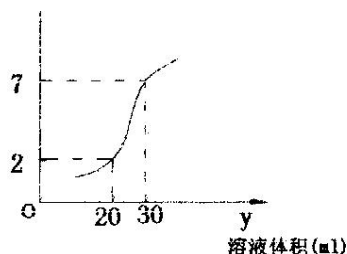
- A. $c = \frac{0.10 \times (V_1 + V_2 + V_3)}{3 \times 20} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. $c = \frac{0.10 \times (V_1 + V_2)}{2 \times 20} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. $c = \frac{0.10 \times (V_1 + V_3)}{2 \times 20} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. $c = \frac{0.10 V_1}{20} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

【难度】★★

【答案】B

变式 1: 图示为 10mL 一定物质的量浓度的盐酸 x, 用一定浓度的 NaOH 溶液 y 滴定 (纵坐标代表 pH 值)。根据图示推出 x 和 y 的物质的量浓度是 ()

	A	B	C	D
X 浓度 (mol/L)	0.12	0.04	0.03	0.09
Y 浓度 (mol/L)	0.04	0.12	0.09	0.03



【难度】★★★★【答案】D

【解析】(1) x 10ml、y 30ml 时恰好中。

$$30y = 10x \quad \frac{x}{y} = \frac{3}{1} \quad \text{A、D 合适}$$

(2) 加入 y 20ml 时, pH=2 代入

$$A. \frac{10 \times 0.12 - 20 \times 0.04}{30} = \frac{0.4}{30} \neq 0.01, \quad \text{pH}=2$$

$$D. \frac{10 \times 0.09 - 20 \times 0.03}{30} = 0.01$$

变式 2: 常温时, 向 pH=2 的硫酸中加入等体积的下列溶液, 滴入石蕊试液出现红色, 该溶液可能是 ()

- A. pH = 12 的 Ba(OH)₂ B. pH=12 的氨水
C. 0.01mol/L NaOH D. 0.05mol/L BaCl₂

【难度】★★【答案】D

变式 3: 用 0.01 mol/L H₂SO₄ 滴定 0.01mol/L NaOH 溶液, 中和后加水至 100ml, 若滴定时终点判断有误差: ①多加 1 滴 H₂SO₄; ②少加 1 滴 H₂SO₄; (设 1 滴为 0.05ml) 则①和②[H⁺]的比值是 ()

- A. 10 B. 50 C. 5×10³ D. 10⁴

【难度】★★★★

【答案】D

【解析】①多一滴 H₂SO₄ [H⁺] = $\frac{0.05 \times 0.01 \times 2}{100} = 10^{-5} \text{ mol/L}$

②少一滴即 OH 过量, [OH⁻] = 10⁻⁵ mol/L, [H⁺] = 10⁻⁹ mol/L

①与②[H⁺]比值 $\frac{10^{-5}}{10^{-9}} = 10^4$ 。故选 D。

【方法提炼】

此处的计算一般分两种情况：

- 1、实验中的计算，利用公式 $c_{\text{待}} = \frac{c_{\text{标}} V_{\text{标}}}{V_{\text{待}} \times n}$ ，注意不合理数据的舍弃，注意公式中 n 值的处理。
- 2、有关 pH 的计算，旧知识，相对有一些难度，如果遗忘有必要复习一下。

知识点 4：综合题

【例 4】用 2.100g 无水碳酸钠固体溶于水配成 100mL 溶液，以此作为标准液测定未知浓度的盐酸溶液，回答下列问题：

- (1) 标准碳酸钠溶液的浓度是_____；
- (2) 写出滴定的化学方程式_____；
- (3) 将未知液放在锥形瓶中，滴定时观察到的现象是_____；
- (4) 用甲基橙作指示剂，溶液颜色由_____变成_____时，达到滴定终点；
- (5) 取未知浓度的盐酸溶液 20.00mL，共消耗碳酸钠溶液 16.50mL，则盐酸溶液的物质的量浓度是_____。

【难度】★★

【答案】(1) 0.1981mol/L (2) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
(3) 有气泡生成 (4) 由红色变为橙色 (5) 0.3269mol/L

变式 1：维生素 C ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ，水溶液呈酸性) 广泛存在于新鲜的蔬菜、水果中，某活动小组测定一种软包橙汁中维生素 C 的含量，过程如下：

- (1) 原理： $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 + \text{I}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^-$ 。
- (2) 试剂：指示剂_____（填名称），浓度为 $7.50 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ 的标准碘溶液，蒸馏水等。
- (3) 向锥形瓶中注入 20.00mL 的待测橙汁，滴入 2 滴指示剂。
- (4) 滴定过程中，一手控制滴定管的_____（填仪器部位），一手摇动锥形瓶，眼睛注视_____，直到滴定终点，此时锥形瓶中溶液颜色变_____。
- (5) 滴定中消耗标准碘溶液 15.00mL，则橙汁中维生素 C 的含量是_____；若新鲜橙汁中维生素 C 的含量在 500mg/L 左右，判定此软包装橙汁是否是天然橙汁_____。

【难度】★★★★

【答案】(2) 淀粉溶液；(4) 活塞，锥形瓶中溶液颜色的变化，蓝 (5) 990mg/L，否

变式 2: 现使用酸碱中和滴定法测定市售白醋的总酸量 ($\text{g}/100\text{mL}$)。

I. 实验步骤:

(1) 用_____ (填仪器名称) 量取 10.00mL 食用白醋, 在_____ (填仪器名称) 中用水稀释后转移到 100mL _____ (填仪器名称) 中定容, 摇匀即得待测白醋溶液。

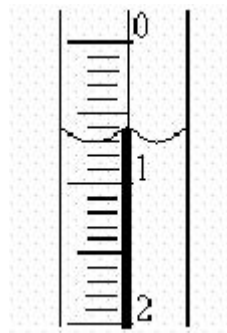
(2) 用酸式滴定管取待测白醋溶液 20.00mL 于锥形瓶中, 向其中滴加 2 滴_____ 作指示剂。

(3) 读取盛装 0.1000mol/L NaOH 溶液的碱式滴定管的初始读数。如果液面位置如右图所示, 则此时的读数为_____ mL 。

(4) 滴定。当_____ 时, 停止滴定, 并记录 NaOH 溶液的终读数。重复滴定 3 次。

II. 实验记录

滴定次数	1	2	3	4
$V(\text{样品})$	20.00	20.00	20.00	20.00
$V(\text{NaOH})$ (消耗)	15.95	15.00	15.05	14.95



III. 数据处理与讨论:

(1) 甲同学在处理数据时计算得:

平均消耗的 NaOH 溶液的体积 $V = (15.95 + 15.00 + 15.05 + 14.95) / 4\text{mL} = 15.24\text{mL}$ 。

指出他的计算的不合理之处: _____。

按正确数据处理, 可得 $c(\text{市售白醋}) = \underline{\hspace{2cm}}\text{mol/L}$; 市售白醋总酸量 = _____ $\text{g}/100\text{mL}$ 。

(白醋的溶质是醋酸, 分子式: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)

(2) 在本实验的滴定过程中, 下列操作会使实验结果偏大的是_____ (填写序号)

- a. 碱式滴定管在滴定时未用标准 NaOH 溶液润洗
- b. 碱式滴定管的尖嘴在滴定前有气泡, 滴定后气泡消失
- c. 锥形瓶中加入待测白醋溶液后, 再加少量水
- d. 锥形瓶在滴定时剧烈摇动, 有少量液体溅出

【难度】★★

【答案】I. (1) 滴定管; 烧杯; 容量瓶 (2) 酚酞 (3) 0.60

(4) 溶液由无色恰好变为浅红色, 并在半分钟内不褪色

III. (1) 第 1 次滴定误差明显大, 属异常值, 应舍去; 0.75; 4.5 (2) ab

【方法提炼】

对实验的综合处理。



瓜熟蒂落

- 下列实验操作中所用的实验仪器合理的是 ()
 A. 用托盘天平准确称取 25.25g 食盐
 B. 用 25mL 滴定管准确称取 14.80mL 的氢氧化钠溶液
 C. 用 100mL 的量筒准确量取 10.2mL 的蒸馏水
 D. 用 100mL 的容量瓶配制 90mL 0.1500mol/L 的盐酸溶液
【难度】★★【答案】B
- 用 NaOH 溶液滴定盐酸时，由于滴定速度太快，当混合溶液变红时，不知 NaOH 是否过量，判断它是否过量的方法是 ()
 A. 加入 5mL 盐酸进行滴定
 B. 返滴一滴待测盐酸
 C. 重新进行滴定
 D. 以上方法均不适用
【难度】★★【答案】B
- 用已知浓度的醋酸溶液滴定未知浓度的氢氧化钠溶液，达到终点时，溶液的 pH 值 ()
 A. 小于 7
 B. 等于 7
 C. 大于 7
 D. 无法确定
【难度】★★【答案】C
- 向 10mL pH=12 的某碱溶液中加入 10mL pH=2 的盐酸，充分反应后滴入酚酞试液，溶液变红，则此碱一定是 ()
 A. 弱碱
 B. 一元强碱
 C. 多元强碱
 D. 任何强碱
【难度】★★【答案】A
- 滴定操作开始时，滴定管中标准液的液面在 0 刻度线以下，对实验结果的影响是 ()
 A. 偏大
 B. 偏小
 C. 无影响
 D. 无法判定
【难度】★★【答案】C
- 中和 pH=13 的氢氧化钡溶液 10mL，需要 0.1mol/L 的盐酸 ()
 A. 10mL
 B. 5mL
 C. 15mL
 D. 20mL
【难度】★★【答案】A
- (双选) 用氢氧化钠溶液来滴定硫酸溶液，当达到滴定终点时，消耗氢氧化钠溶液的体积等于锥形瓶中硫酸溶液的体积，则说明 ()
 A. NaOH 和 H_2SO_4 溶液的质量分数相等
 B. NaOH 和 H_2SO_4 溶液的物质的量浓度相等
 C. NaOH 的物质的量浓度等于 H_2SO_4 物质的量浓度的两倍
 D. 氢氧化钠溶液的 pH 和硫酸溶液的 pH 之和等于 14
【难度】★★【答案】CD

8. 实验室用标准盐酸溶液测定某 NaOH 溶液的浓度，用酚酞作指示剂。下列操作可能使测定结果偏低的是 ()

A. 滴定管在装液前未用标准盐酸溶液润洗 2~3 次
B. 开始实验时，滴定管尖嘴部分有气泡，在滴定过程中，气泡消失
C. 滴定过程中，锥形瓶内溶液立即褪成无色且颜色不再变红
D. 达到滴定终点时，俯视进行读数

【难度】★★【答案】D

9. 实验室用滴定管以标准 HCl 溶液滴定未知 NaOH 溶液，下列情况可能导致结果偏低的是 ()

A. 滴定管水洗后未用标准液润洗
B. 锥形瓶未用未知 NaOH 溶液润洗
C. 滴定管漏液
D. 操作过程中有液体从锥形瓶中溅出

【难度】★★【答案】D

10. 用标准 NaOH 溶液滴定未知浓度的盐酸，用酚酞作指示剂，下列操作中会导致实验结果偏低的是 ()

①装 NaOH 溶液滴定管用蒸馏水洗净后没有用标准液润洗
②装盐酸滴定管加待测液时，刚用蒸馏水洗净后的滴定管未用待测液润洗
③锥形瓶用蒸馏水洗净后没有用待测液润洗
④滴定前滴定管尖嘴有气泡，滴定后气泡消失
⑤终点读数时俯视，其他读数方法正确

A. ④⑤ B. ①④ C. ②③⑤ D. ②⑤

【难度】★★【答案】D

11. 已知指示剂 pH 的变色范围是：甲基橙 3.1~4.4，石蕊 5~8，酚酞 8~10。某溶液能使甲基橙显黄色，石蕊显红色，酚酞不变色，该溶液的 pH 范围是 ()

A. 3.1~8 B. 5~8 C. 4.4~5 D. 3.1~5

【难度】★★【答案】C

12. 有一支 50mL 的滴定管，管内液面正好在 10.00mL 刻度处，若将滴定管内剩余的液体全部放出，其体积应为 ()

A. 大于 40mL B. 等于 40mL C. 大于 10mL D. 等于 10mL

【难度】★★【答案】A

13. 用 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液滴定 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸，若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 0.05mL），继续加水到 50mL，所得溶液的 pH 是 ()

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

【难度】★★★★【答案】C

14. 有①②③三瓶体积相等、浓度都是 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCl 溶液，将①加热蒸发至体积减少一半，在②中加入少量 CH_3COONa 固体（加入后溶液仍呈强酸性），③不作改变，然后以酚酞作指示剂，用 NaOH 溶液滴定上述三种溶液，所消耗的 NaOH 溶液的体积是（ ）

A. ①=③>② B. ③>②>① C. ③=②>① D. ①=②=③

【难度】★★★

【答案】C

15. 当溶液呈中性时，甲基橙显_____色，石蕊显_____色，酚酞显_____色。当溶液的 $\text{pH}=9$ 时，石蕊显_____色，酚酞显_____色。向某种盐溶液中滴加石蕊显红色，滴加甲基橙显黄色，这种盐溶液的 pH 在_____之间。

【难度】★

【答案】黄、紫、无、蓝、浅红 4.4~5

16. 称取 $m \text{ g}$ 纯 NaOH 配成 500 mL 溶液，取出 25 mL 恰好与 20 mL 盐酸完全中和，则该盐酸的物质的量浓度是_____。

若该 $m \text{ g}$ NaOH 中实际含有少量的氢氧化钙，则盐酸的实际浓度比上面的数值要_____。

若该 $m \text{ g}$ NaOH 中实际含有少量的氯化钠，则盐酸的实际浓度比上面的数值要_____。

若该 $m \text{ g}$ NaOH 中实际含有少量的碳酸钠，则盐酸的实际浓度比上面的数值要_____。

【难度】★★★

【答案】 $m/16 \text{ mol/L}$ ；偏高；偏低；偏低

17. 某学生用苯甲酸（ $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ）测定某氢氧化钠溶液的浓度，采用酸碱中和滴定的方法（ $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ ），滴定终点的 pH 约为 9.1。

（1）将 0.2512 g 苯甲酸置于锥形瓶中，加入适量的水溶解，溶液无色，再加入_____作指示剂，到达滴定终点时，溶液颜色由_____色变为_____色，且_____内不褪色；

（2）用待测的氢氧化钠溶液滴入锥形瓶进行实验，三次平行实验所消耗的待测液的体积分别是 17.90 mL 、 16.70 mL 、 16.50 mL ，其中，第_____次实验的误差明显较大，若滴定管没有漏液，则造成这种误差可能的原因是_____。

①终点判断不准，太红；

②滴定管在滴定前未排除气泡，滴定后气泡消失；

③锥形瓶中放入苯甲酸后，用于溶解的蒸馏水过多。

（3） $c(\text{NaOH}) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

【难度】★★

【答案】（1）酚酞 无色变浅红色 30 秒 （2）1 ①② （3） 0.1240 mol/L

18. 某烧碱样品含有少量不与酸作用的杂质，为了滴定其纯度，进行以下滴定操作：

- A. 在 250 mL 的容量瓶中配制 250 mL 烧碱溶液；
- B. 用滴定管移取 25 mL 烧碱溶液于锥形瓶中并滴加几滴酚酞做指示剂；
- C. 在天平上准确称取烧碱样品 W g，在烧杯中用蒸馏水溶解；
- D. 将物质的量浓度为 c 的标准硫酸溶液装入酸式滴定管。调整液面记下开始读数为 V_1 mL；
- E. 在锥形瓶下垫一张白纸，滴定至红色刚好消失为止，记下读数 V_2 mL。

就此实验完成下列填空：

- (1) 正确操作步骤的顺序是：(用编号字母填写) $\underline{\hspace{1cm}} \rightarrow \underline{\hspace{1cm}} \rightarrow \underline{\hspace{1cm}} \rightarrow D \rightarrow \underline{\hspace{1cm}}$ 。
- (2) E 步骤的操作中在锥形瓶下垫一张白纸的作用是 $\underline{\hspace{4cm}}$ 。
- (3) D 步骤的操作中液面应调节到 $\underline{\hspace{2cm}}$ ，尖嘴部分应 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (4) 某学生实验时把锥形瓶用烧碱样品洗涤，使测定的浓度偏高还是偏低？ $\underline{\hspace{2cm}}$
原因是 $\underline{\hspace{4cm}}$ 。
- (5) 该烧碱样品纯度的计算式为 $\underline{\hspace{4cm}}$ 。

【难度】★★

【答案】(1) C A B E (2) 垫一张白纸是为了使颜色变化更加明显，易于判断滴定终点

(3) 零刻度线或零稍下的某一刻度 充满标准硫酸溶液

(4) 偏高 用烧碱溶液润洗之后锥形瓶中氢氧化钠的量会偏多，滴定消耗的酸会偏多，最后计算得到氢氧化钠的浓度就会偏高。

(5) $0.8c(V_2 - V_1)/W \times 100\%$

19. 测血钙的含量时，可将 2.0 mL 血液用蒸馏水稀释后，向其中加入足量草酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 晶体，反应生成 CaC_2O_4 沉淀。将沉淀用稀硫酸处理得 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 后，再用 KMnO_4 酸性溶液滴定，氧化产物为 CO_2 ，还原产物为 Mn^{2+} ，若终点时用去 20.0 mL $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 的 KMnO_4 溶液。

- (1) 写出用 KMnO_4 滴定 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的离子方程式： $\underline{\hspace{4cm}}$ 。
- (2) 判断滴定终点的方法是 $\underline{\hspace{4cm}}$ 。
- (3) 计算：血钙中含钙离子的浓度为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ g/mL}$ 。

【难度】★★★

【答案】(1) $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

(2) 溶液由无色变为浅紫色，且半分钟内不褪色

(3) 1.0×10^{-4}

20. 某未知浓度的盐酸溶液 10.00 mL，加水稀释至 100 mL，取出其中的 20.00 mL，用 0.1000 mol/L 的氢氧化钠溶液滴定，用去标准液 21.00 mL，求原盐酸溶液的物质的量浓度。

【难度】★★

【答案】 1.050 mol/L