

## 第二节 水的电离和溶液的 pH

### 第 1 课时 水的电离 溶液的酸碱性 with pH

[核心素养发展目标] 1.变化观念与平衡思想：认识水的电离存在电离平衡，了解水的电离平衡的影响因素，知道水的离子积常数，会分析水的电离平衡移动。2.证据推理与模型认知：通过分析、推理等方法知道溶液 pH 的概念、溶液酸碱性与 pH 的关系，建立溶液酸性判断的思维模型。

#### 一、水的电离

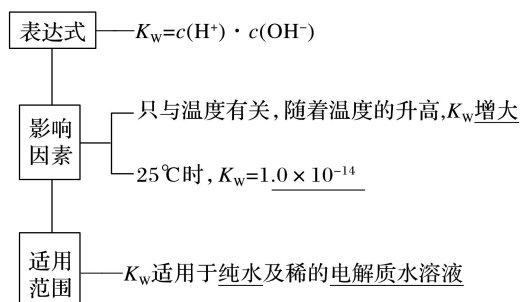
##### 1. 水的电离

(1)水是一种极弱的电解质。

(2)水的电离方程式为  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ ，简写为  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ 。

(3)水的电离是吸热过程。

##### 2. 水的离子积



##### 3. 外界条件对水的电离平衡的影响

分析下列条件的改变对水的电离平衡  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad \Delta H > 0$  的影响，并填写下表：

改变条件	平衡移动方向	$c(\text{H}^+)$	$c(\text{OH}^-)$	水的电离程度	$K_w$
升高温度	右移	增大	增大	增大	增大
加入 HCl(g)	左移	增大	减小	减小	不变
加入 NaOH(s)	左移	减小	增大	减小	不变
加入金属 Na	右移	减小	增大	增大	不变
加入 NaHSO <sub>4</sub> (s)	左移	增大	减小	减小	不变

#### 【正误判断】

(1)升高温度，若  $K_w$  增大到  $10^{-12}$ ，则纯水电离出的  $c(\text{H}^+) = 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (✓)

(2)在纯水中加入少量酸，水的电离平衡向逆向移动， $K_w$  减小 (×)

(3)25℃时，若溶液中  $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则溶液中  $c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (✓)

(4)25 °C时, 水的离子积  $K_w=1.0\times 10^{-14}$ , 35 °C时水的离子积  $K_w=2.1\times 10^{-14}$ , 则35 °C时水中的  $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$  (×)

(5)25 °C时, 0.01 mol·L<sup>-1</sup>的盐酸中, 由水电离出的  $c(\text{OH}^-)=1.0\times 10^{-12}$  mol·L<sup>-1</sup> (√)

### 【应用体验】

1. 常温下, 某溶液中由水电离出来的  $c(\text{H}^+)=1.0\times 10^{-11}$  mol·L<sup>-1</sup>, 该溶液可能是\_\_\_\_\_。

①二氧化硫的水溶液 ②氯化钠水溶液 ③硝酸钠水溶液 ④氢氧化钠水溶液

答案 ①④

解析 某溶液中由水电离出来的  $c(\text{H}^+)=1.0\times 10^{-11}$  mol·L<sup>-1</sup>, 说明溶液既可能呈酸性, 也可能呈碱性。① $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3, \text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{H}^+, \text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}^+$ , 溶液呈酸性; ④ $\text{NaOH}=\text{Na}^+ + \text{OH}^-$ , 溶液呈碱性。

2. 某温度下, 纯水的  $c(\text{H}^+)=2\times 10^{-7}$  mol·L<sup>-1</sup>, 则此时纯水的  $c(\text{OH}^-)$ 为\_\_\_\_\_。若温度不变, 滴入稀盐酸使  $c(\text{H}^+)=5\times 10^{-4}$  mol·L<sup>-1</sup>, 则溶液中  $c(\text{OH}^-)$ 为\_\_\_\_\_, 此时温度\_\_\_\_\_ (填“高于”“低于”或“等于”)25 °C。

答案  $2\times 10^{-7}$  mol·L<sup>-1</sup>  $8\times 10^{-11}$  mol·L<sup>-1</sup> 高于

解析 纯水中的  $\text{H}^+$  的浓度一定等于  $\text{OH}^-$  的浓度, 因此某温度下, 纯水的  $c(\text{H}^+)=2\times 10^{-7}$  mol·L<sup>-1</sup>, 则此时纯水的  $c(\text{OH}^-)=2\times 10^{-7}$  mol·L<sup>-1</sup>。该温度下的离子积常数是  $4\times 10^{-14}$ , 若温度不变, 滴入稀盐酸使  $c(\text{H}^+)=5\times 10^{-4}$  mol·L<sup>-1</sup>, 则溶液中  $c(\text{OH}^-)=\frac{4\times 10^{-14}}{5\times 10^{-4}}$  mol·L<sup>-1</sup>  $=8\times 10^{-11}$  mol·L<sup>-1</sup>。由于此时水的离子积常数大于  $10^{-14}$ , 水电离吸热, 所以此时温度高于25 °C。

### ■ 方法指导 ■

(1)25 °C时,  $K_w=1.0\times 10^{-14}$ , 不仅适用于纯水(或其他中性溶液), 也适用于酸、碱、盐的稀溶液。

(2)在不同溶液中,  $c(\text{H}^+)$ 、 $c(\text{OH}^-)$ 可能不同, 但任何溶液中由水电离出的  $c_{\text{水}}(\text{H}^+)$ 与  $c_{\text{水}}(\text{OH}^-)$ 一定相等。 $K_w=c(\text{H}^+)\cdot c(\text{OH}^-)$ 中,  $c(\text{H}^+)$ 、 $c(\text{OH}^-)$ 均指整个溶液中所有  $\text{H}^+$ 和  $\text{OH}^-$ 的总物质的量浓度。

(3) $K_w$ 只与温度有关, 温度升高,  $K_w$ 增大。

(4)室温下, 由水电离出的  $c_{\text{水}}(\text{H}^+)$ 或  $c_{\text{水}}(\text{OH}^-) < 10^{-7}$  mol·L<sup>-1</sup>时, 可能是加酸或加碱抑制了水的电离。

## 二、溶液的酸碱性 with pH

1. 25 °C时, 分析下列溶液的氢离子和氢氧根离子浓度

	纯水	0.1 mol·L <sup>-1</sup> NaOH 溶液	0.1 mol·L <sup>-1</sup> 盐酸
$c(\text{H}^+)/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$1\times 10^{-7}$	$1\times 10^{-13}$	0.1
$c(\text{OH}^-)/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$1\times 10^{-7}$	0.1	$1\times 10^{-13}$

$c(\text{H}^+)、c(\text{OH}^-)$ 的相对大小	$c(\text{H}^+) \equiv c(\text{OH}^-)$	$c(\text{H}^+) \leq c(\text{OH}^-)$	$c(\text{H}^+) \geq c(\text{OH}^-)$
溶液的酸碱性	中性	碱性	酸性

## 2. 溶液的酸碱性 与 氢离子、氢氧根离子浓度的关系

(1) 任何水溶液中都有  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$ 。

(2) 溶液的酸碱性取决于溶液中  $c(\text{H}^+)、c(\text{OH}^-)$  的相对大小。

溶液的酸碱性  $\left\{ \begin{array}{l} \text{酸性溶液: } c(\text{H}^+) \geq c(\text{OH}^-) \\ \text{中性溶液: } c(\text{H}^+) \equiv c(\text{OH}^-) \\ \text{碱性溶液: } c(\text{H}^+) \leq c(\text{OH}^-) \end{array} \right.$

## 3. 溶液的 pH 与 $c(\text{H}^+)$ 及酸碱性的关系

计算公式	$\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$
意义	pH 越大, 溶液的碱性越强; pH 越小, 溶液的酸性越强
溶液酸碱性与 pH 的关系(常温下)	pH < 7, 为酸性溶液; pH = 7, 为中性溶液; pH > 7, 为碱性溶液
适用范围	$1 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < c(\text{H}^+) < 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

**特别提醒** pH 计算公式中  $c(\text{H}^+)$ :

若强酸溶液:  $c(\text{H}^+) = n \cdot c(\text{H}_n\text{A})$

若强碱溶液:  $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = \frac{K_w}{n \cdot c[\text{B}(\text{OH})_n]}$

## 4. 溶液酸碱性的测定方法

(1) 利用 pH 试纸测定。使用 pH 试纸的正确操作为取一小块 pH 试纸于干燥洁净的玻璃片或表面皿上, 用干燥洁净的玻璃棒蘸取试液点在试纸上, 当试纸颜色变化稳定后迅速与标准比色卡对照, 读出 pH。

①广泛 pH 试纸: 其 pH 范围是 1~14(最常用), 可以识别的 pH 差约为 1。

②精密 pH 试纸: 可判别 0.2 或 0.3 的 pH 差值。

③专用 pH 试纸: 用于酸性、中性或碱性溶液的专用 pH 试纸。

(2) 用 pH 计测量。

pH 计也叫酸度计, 该仪器可精密测量溶液的 pH。其量程为 0~14。

## 5. pH 的应用

pH 在医疗、生活、环保、农业生产和科学实验中都有重要的应用。溶液 pH 的控制常常是影响实验结果或产品质量、产量的一个关键因素。

### 【正误判断】

- (1)在 25 °C 时,某溶液中由水电离出的  $c(\text{H}^+)=1 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,则该溶液的 pH 一定是 12(×)  
(2)pH=0 的酸,是酸性最强的酸(×)  
(3)升高温度,纯水的 pH 变为 6,则此时纯水显酸性(×)  
(4)常温下,加入酚酞显无色的溶液一定显酸性(×)  
(5)溶液中  $c(\text{H}^+)>c(\text{OH}^-)$  时,溶液显酸性(√)  
(6)一定温度下,  $c(\text{H}^+)=\sqrt{K_w}$  的溶液一定呈中性(√)

### 【深度思考】

1. 按照要求填空:

常温下,  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的硫酸溶液的 pH = \_\_\_\_\_。

常温下,  $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的氢氧化钾溶液的 pH = \_\_\_\_\_。

常温下, pH=12 的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  的浓度是 \_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

答案 1 11 0.005

2. 某同学在实验室测某溶液的 pH。实验时,他先用蒸馏水润湿 pH 试纸,然后用洁净干燥的玻璃棒蘸取试样进行检测。

(1)该学生的操作是否正确? \_\_\_\_\_ (填“正确”或“不正确”)。如不正确,请分析是否一定有误差: \_\_\_\_\_。

(2)若用此法分别测定  $c(\text{H}^+)$  相等的盐酸和醋酸溶液的 pH, 误差较大的是 \_\_\_\_\_, 原因是 \_\_\_\_\_。

(3)不能用广泛 pH 试纸测定新制氯水的 pH, 因为新制氯水有 \_\_\_\_\_, 可以用 \_\_\_\_\_ 测定。

答案 (1)不正确 不一定有误差, 当溶液为中性时则不产生误差

(2)盐酸的 pH 因为在稀释过程中醋酸继续电离产生  $\text{H}^+$ , 使醋酸溶液中  $c(\text{H}^+)$  受到的影响比盐酸中的小, 故误差较小

(3)漂白性 pH 计

解析 用蒸馏水润湿 pH 试纸的操作是错误的, 会使测定的溶液被稀释。

### ■ 归纳总结 ■

#### 测溶液 pH 时的三注意

(1)不能用湿润的玻璃棒蘸取待测液, 也不能将 pH 试纸先用水润湿, 否则会将溶液稀释, 可能导致所测定的 pH 不准确, 使酸性溶液的 pH 变大, 碱性溶液的 pH 变小, 但中性溶液不受影响。

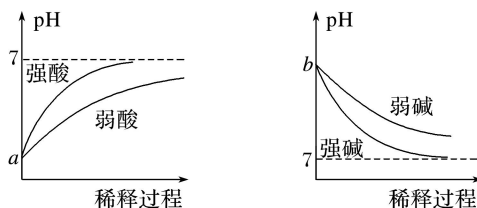
(2)若某溶液具有漂白性, 则不能用酸碱指示剂测定该溶液的酸碱性, 也不能用 pH 试纸测定其 pH。

(3)pH 试纸不能测  $c(\text{H}^+) > 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  或  $c(\text{OH}^-) > 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的溶液的 pH。

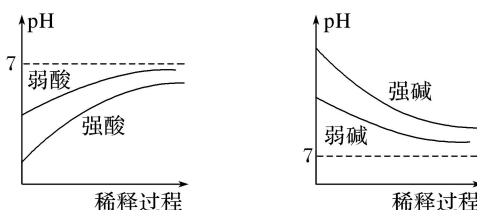
### 三、溶液的稀释与 pH

#### 1. 酸碱溶液稀释时 pH 的变化图像

(1)pH 相等的酸或碱溶液稀释后溶液 pH 的变化示意图



(2)c 相等的酸或碱溶液稀释后溶液 pH 的变化示意图



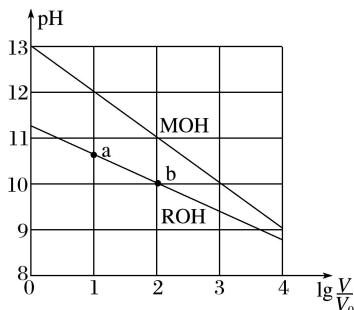
可以看出无论是  $c$  相等还是 pH 相等，加水稀释相同倍数 pH 变化大的都是强酸或强碱。

#### 2. 酸碱溶液稀释时 pH 的变化

	酸(pH=a)		碱(pH=b)	
	弱酸	强酸	弱碱	强碱
稀释 $10^n$ 倍	$\text{pH} < a+n$	$\text{pH} = a+n$	$\text{pH} > b-n$	$\text{pH} = b-n$
无限稀释	pH 趋向于 7			

### 【应用体验】

1. 浓度均为  $0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、体积均为  $V_0$  的 MOH 和 ROH 溶液，分别加水稀释至体积  $V$ ，pH 随  $\lg \frac{V}{V_0}$  的变化如图所示。下列叙述错误的是( )



- A. MOH 的碱性强于 ROH 的碱性
- B. ROH 的电离程度：b 点大于 a 点
- C. 若两溶液无限稀释，则它们的  $c(\text{OH}^-)$  相等

D. 当  $\lg \frac{V}{V_0} = 2$  时, 若两溶液同时升高温度, 则  $\frac{c(\text{M}^+)}{c(\text{R}^+)}$  增大

答案 D

解析 A 项,  $0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  等体积的 MOH 和 ROH 溶液, 前者  $\text{pH} = 13$ , 后者  $\text{pH}$  小于 13, 说明前者是强碱, 后者是弱碱, 正确; B 项, ROH 是弱碱, 加水稀释, 促进电离, b 点电离程度大于 a 点, 正确; C 项, 两碱溶液无限稀释, 溶液近似呈中性,  $c(\text{OH}^-)$  相等, 正确; D 项, 由 MOH 是强碱, 在溶液中完全电离, 所以  $c(\text{M}^+)$  不变, ROH 是弱碱, 升高温度, 促进电离平衡  $\text{ROH} \rightleftharpoons \text{R}^+ + \text{OH}^-$  向右移动,  $c(\text{R}^+)$  增大, 所以  $\frac{c(\text{M}^+)}{c(\text{R}^+)}$  减小, 错误。

2. (2019·盐城调研) 常温下, 按要求完成关于溶液稀释的问题。

(1) 将 1 L  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液加水稀释为 2 L,  $\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)  $\text{pH} = 4$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液加水稀释 100 倍, 溶液中由水电离产生的  $c(\text{H}^+) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 体积相同、 $\text{pH}$  均为 3 的盐酸和醋酸, 加入水稀释至  $a \text{ mL}$  和  $b \text{ mL}$ , 测得稀释后溶液的  $\text{pH}$  均为 5, 则  $a \underline{\hspace{1cm}}$  (填 “>” “<” 或 “=”)  $b$ 。

(4)  $\text{pH} = 5$  的硫酸稀释 10 000 倍后,  $c(\text{H}^+) : c(\text{SO}_4^{2-}) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

答案 (1) 13 (2)  $1 \times 10^{-8} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  (3) <

(4) 200 : 1

解析 (1)  $c(\text{OH}^-) = \frac{1 \times 0.1 \times 2}{2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-13} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 故  $\text{pH} = 13$ 。

(2) 稀释后  $c(\text{H}^+) = 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{OH}^-) = 10^{-8} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{H}^+)_{\text{水}} = c(\text{OH}^-) = 10^{-8} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。(3)

若将盐酸和醋酸同等程度地稀释到体积都为  $a \text{ mL}$ , 则盐酸的  $c(\text{H}^+)$  比醋酸的  $c(\text{H}^+)$  小。若要稀释到两溶液的  $c(\text{H}^+)$  相等, 则醋酸应该继续加水稀释, 则有  $b > a$ 。

(4)  $\text{pH} = 5$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  中,  $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$c(\text{SO}_4^{2-}) = 5 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

稀释后:  $c(\text{H}^+) \approx 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{5 \times 10^{-6}}{10^4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 5 \times 10^{-10} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

#### 随堂演练 知识落实

1.  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  时, 水的电离达到平衡:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ , 下列叙述正确的是( )

A. 将纯水加热到  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  时,  $K_w$  变大,  $\text{pH}$  不变, 水仍呈中性

B. 向纯水中加入稀氨水, 平衡逆向移动,  $c(\text{OH}^-)$  增大,  $K_w$  变小

C. 向纯水中加入少量碳酸钠固体, 影响水的电离平衡,  $c(\text{H}^+)$  减小,  $K_w$  不变

D. 向纯水中加入醋酸钠固体或盐酸, 均可抑制水的电离,  $K_w$  不变

答案 C

解析 本题考查水的电离平衡、水的离子积等知识。水的电离吸热, 将纯水加热, 电离平衡正向移动,  $c(\text{H}^+)$ 、 $c(\text{OH}^-)$  均增大, 但  $c(\text{OH}^-)$  与  $c(\text{H}^+)$  仍然相等, 故  $K_w$  变大,  $\text{pH}$  变小, 水仍

呈中性, A 项错误; 向纯水中加入稀氨水, 溶液中  $c(\text{OH}^-)$  增大, 水的电离平衡逆向移动, 但温度不变,  $K_w$  不变, B 项错误; 向纯水中加入少量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  固体, 溶液中  $c(\text{H}^+)$  减小, 水的电离平衡正向移动, 但  $K_w$  不变, C 项正确; 向纯水中加入醋酸钠时, 促进水的电离, D 项错误。

2. 下列有关溶液的酸碱性及 pH 的说法错误的是( )

- A. 溶液 pH 越小, 酸性越强, 反之, 碱性越强
- B.  $\text{pH} < 7$  的溶液可能呈酸性
- C. 当溶液中的  $c(\text{H}^+)$  或  $c(\text{OH}^-)$  较小时, 用 pH 表示其酸碱度更为方便
- D. 把 pH 试纸直接插入待测溶液中, 测其 pH

答案 D

解析 A 项, 因  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$ , 所以 pH 越小,  $c(\text{H}^+)$  越大, 酸性越强; pH 越大,  $c(\text{H}^+)$  越小, 则  $c(\text{OH}^-)$  越大, 碱性越强, 正确; B 项, 在常温下,  $\text{pH} < 7$  的溶液呈酸性, 正确; C 项, 当  $c(\text{H}^+)$  或  $c(\text{OH}^-)$  小于  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 使用 pH 表示其酸碱度更为方便, 正确; D 项, 用 pH 试纸测溶液 pH 时, 不能把 pH 试纸直接插入溶液中, 正确的做法为取一片 pH 试纸, 放在洁净的表面皿或玻璃片上, 用玻璃棒蘸取待测液点于试纸中央, 然后与标准比色卡对照读取数据, D 项错误。

3. 在室温下, 下列叙述正确的是( )

- A. 将 1 mL  $\text{pH} = 3$  的一元酸溶液稀释到 10 mL, 若溶液的  $\text{pH} < 4$ , 则此酸为弱酸
- B. 将 1 mL  $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸稀释到 1 000 mL, 得到  $\text{pH} = 8$  的盐酸
- C. 用  $\text{pH} = 1$  的盐酸分别中和 1 mL  $\text{pH} = 13$  的 NaOH 溶液和氨水, NaOH 消耗盐酸的体积大
- D.  $\text{pH} = 2$  的盐酸与  $\text{pH} = 1$  的硫酸比较,  $c(\text{Cl}^-) = c(\text{SO}_4^{2-})$

答案 A

解析 A 项, 假设该酸是强酸, 稀释 10 倍后, 溶液的 pH 为 4, 实际上溶液的 pH 小于 4, 说明溶液中存在酸的电离平衡, 所以该酸是弱酸; C 项, pH 相同的 NaOH 溶液和氨水, 氨水的物质的量浓度大于氢氧化钠溶液, 所以用  $\text{pH} = 1$  的盐酸分别中和 1 mL  $\text{pH} = 13$  的 NaOH 溶液和氨水, 氨水消耗盐酸的体积大。

4. 常温下, 下列三种溶液中, 由水电离出的氢离子浓度之比为( )

- ①  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸    ②  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸    ③  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 NaOH
- A. 1 : 10 : 100
  - B. 0 : 1 : 12
  - C. 14 : 13 : 12
  - D. 14 : 13 : 2

答案 A

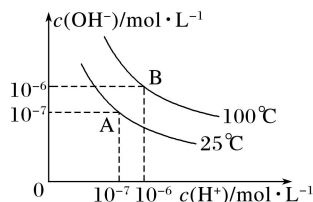
解析 ①  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸中由水电离出的氢离子浓度为  $\frac{10^{-14}}{1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,

②  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸中由水电离出的氢离子浓度为  $\frac{10^{-14}}{0.1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,

③  $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的 NaOH 中由水电离出的氢离子浓度为  $\frac{10^{-14}}{0.01} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,

由水电离出的氢离子浓度之比为  $10^{-14} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} : 10^{-13} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} : 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1 : 10 : 100$ ,  
故选 A。

5. 在水的电离平衡中,  $c(\text{H}^+)$  和  $c(\text{OH}^-)$  的关系如图所示:



(1) A 点水的离子积为  $1 \times 10^{-14}$ , B 点水的离子积为\_\_\_\_\_。造成水的离子积变化的原因是\_\_\_\_\_。

(2)  $100\text{ }^\circ\text{C}$  时, 若向溶液中滴加盐酸, 能否使体系处于 B 点位置? 为什么? \_\_\_\_\_。

(3)  $100\text{ }^\circ\text{C}$  时, 若盐酸中  $c(\text{H}^+) = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 则由水电离产生的  $c(\text{H}^+)$  是\_\_\_\_\_。

**答案** (1)  $1 \times 10^{-12}$  水的电离过程是吸热的, 升高温度, 水的电离程度增大, 即水的离子积会增大

(2) 不会 氢离子浓度增大, 氢氧根离子浓度减小, 但是温度不变, 水的离子积不变

(3)  $2 \times 10^{-9} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

**解析** (1) 水的电离过程是吸热的, B 曲线相当于 A 曲线在升高温度, 则水的电离程度增大, 促进电离, 所以氢离子和氢氧根离子浓度增大, B 曲线下,  $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-12}$ , 水的离子积增大。

(2) 向溶液中滴加盐酸会对水的电离起到抑制作用, 氢离子浓度增大, 氢氧根离子浓度减小, 但是温度不变, 水的离子积不变, 所以体系不会处于 B 点位置, 会在该温度曲线的基础上向着下方移动。

(3) 根据溶液中  $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ ,  $100\text{ }^\circ\text{C}$  时, 若盐酸中  $c(\text{H}^+) = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 则水电离出的

$c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = \frac{10^{-12}}{5 \times 10^{-4}} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 2 \times 10^{-9} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

## 课时对点练

### ☑ 对点训练

#### 题组一 外界条件对水的电离平衡的影响

1. 某温度下, 向  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的蒸馏水中加入  $\text{NaHSO}_4$  晶体, 保持温度不变, 测得溶液中  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。下列对该溶液的叙述不正确的是( )



- A. 该温度高于 25 °C
- B. 由水电离出来的  $H^+$  的浓度为  $1 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot L^{-1}$
- C. 加入  $NaHSO_4$  晶体抑制水的电离
- D. 取该溶液加水稀释 100 倍, 溶液中的  $c(OH^-)$  增大

答案 B

解析 25 °C 时, 纯水中  $c(H^+) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ,  $c(H^+) = 1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot L^{-1}$  说明水的电离得到促进, 故  $T > 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ , A 项正确;  $c(H^+) = 1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ , 水的离子积常数为  $1 \times 10^{-12}$ ,  $K_w = c(H^+) \cdot c(OH^-)$ , 当  $c(H^+) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$  时,  $c(OH^-) = 1 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ , 故由水电离出来的  $c(H^+) = 1 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ , B 项错误;  $NaHSO_4$  电离生成氢离子, 对水的电离起抑制作用, 水的电离程度减小, C 项正确; 温度不变时,  $K_w$  不变, 加水稀释,  $c(H^+)$  减小,  $K_w = c(H^+) \cdot c(OH^-)$ , 所以  $c(OH^-)$  增大, D 项正确。

2. 水的电离过程为  $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ , 在 25 °C 时, 水的离子积  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ ; 在 35 °C 时, 水的离子积  $K_w = 2.1 \times 10^{-14}$ 。则下列叙述正确的是( )

- A.  $c(H^+)$  随着温度的升高而降低
- B. 35 °C 时,  $c(H^+) > c(OH^-)$
- C. 35 °C 时的水比 25 °C 时的水电离程度小
- D. 水的电离是吸热过程

答案 D

解析 由题中条件可以看出, 温度升高时,  $K_w$  增大。25 °C 时,  $c(H^+) = c(OH^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ; 35 °C 时,  $c(H^+) = c(OH^-) \approx 1.45 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 。温度升高,  $c(H^+)$  和  $c(OH^-)$  都增大, 且始终相等, 水的电离程度也增大, 因温度升高平衡向正反应方向移动, 故水的电离为吸热过程。

3. 25 °C 时, 相同物质的量浓度的下列溶液: ①  $NaCl$ 、②  $NaOH$ 、③  $H_2SO_4$ , 其中水的电离程度按由大到小顺序排列的一组是( )

- A. ③ > ② > ①
- B. ② > ③ > ①
- C. ① > ② > ③
- D. ③ > ① > ②

答案 C

解析 分析三种物质可知②、③抑制水的电离, ①不影响水的电离平衡, 在②、③中  $H_2SO_4$  为二元强酸, 产生的  $c(H^+)$  大于  $NaOH$  产生的  $c(OH^-)$ , 抑制程度更大, 故顺序为① > ② > ③。

#### 题组二 对水的离子积常数的理解及应用

4. 25 °C 时, 某溶液中由水电离产生的  $c(H^+)$  和  $c(OH^-)$  的乘积为  $1 \times 10^{-18}$ , 则下列说法正确的是( )

- A. 该溶液的 pH 一定为 9
- B. 该溶液的 pH 可能为 5
- C. 该溶液的 pH 可能为 7

D. 不会有这样的溶液

答案 B

解析 该溶液中水提供的  $c_{\text{水}}(\text{OH}^-) = c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。显然远比纯水提供的  $c(\text{H}^+)$  和  $c(\text{OH}^-)$  小得多, 这说明水的电离受到了酸或碱的抑制。若为酸溶液, 则酸提供的  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 5$ ; 若为碱溶液, 则碱提供的  $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 9$ 。

5. 25 °C 时, 在等体积的① $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液; ② $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液; ③ $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaCl}$  溶液; ④纯水中由水电离出的  $\text{H}^+$  的物质的量之比是( )

- A.  $1 : 10 : 10^7 : 10^7$   
 B.  $10^7 : 10^7 : 1 : 1$   
 C.  $10^7 : 10^6 : 2 : 2$   
 D.  $10^7 : 10^6 : (2 \times 10^7) : 2$

答案 A

解析 25 °C 时,  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中  $c(\text{H}^+) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由水电离出的  $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液中  $c(\text{OH}^-) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由水电离出的  $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $\text{NaCl}$  溶液和纯水中由水电离出的  $c_{\text{水}}(\text{H}^+)$  均为  $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。则等体积的上述四种溶液中由水电离出的  $n(\text{H}^+)$  (即发生电离的水的物质的量) 之比为  $10^{-14} : 10^{-13} : 10^{-7} : 10^{-7} = 1 : 10 : 10^7 : 10^7$ 。

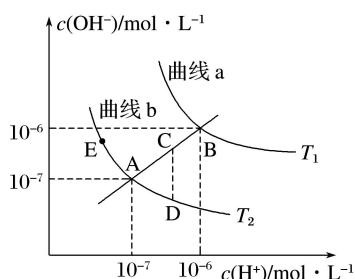
6. 室温下, 若溶液中由水电离产生的  $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 满足此条件的溶液中一定可以大量共存的离子组是( )

- A.  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$       B.  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$   
 C.  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{AlO}_2^-$       D.  $\text{K}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$

答案 B

解析 溶液中由水电离产生的  $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 溶液的  $\text{pH}$  为 0 或 14, 溶液呈酸性或碱性。A 项,  $\text{Al}^{3+}$  与  $\text{OH}^-$  不能大量共存; C 项,  $\text{AlO}_2^-$  与  $\text{H}^+$  不能大量共存; D 项,  $\text{NH}_4^+$  与  $\text{OH}^-$  不能大量共存。

7. 水的电离常数如图两条曲线所示, 曲线中的点都符合  $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = \text{常数}$ , 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. 若处在 B 点时, 将 pH=2 的硫酸溶液与 pH=12 的 KOH 溶液等体积混合后, 溶液显碱性

答案 C

解析 由图像可知, A 点在  $T_2$  时的曲线上, 而 B 点在  $T_1$  时的曲线上, 因为 A、B 点溶液中的氢离子与氢氧根离子的浓度相等, 所以是纯水的电离, B 点的电离程度大于 A 点, 所以温度  $T_1 > T_2$ , 故 A 正确; 由图像可知, A、E、D 都是  $T_2$  时曲线上的点,  $K_w$  只与温度有关, 温度相同时  $K_w$  相同, 温度升高, 促进水的电离,  $K_w$  增大, 则  $B > A = D = E$ , 由 C 点  $c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}^+)$  可知, C 点的  $K_w$  大于 A 点, 则  $K_w: B > C > A = D = E$ , 故 B 正确; 由 E 和 D 点  $c(\text{H}^+) \neq c(\text{OH}^-)$  可知其不是纯水的电离, 故 C 错误; B 点时,  $K_w = 1 \times 10^{-12}$ , pH=2 的硫酸中  $c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 与 pH=12 的 KOH 溶液中  $c(\text{OH}^-) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 等体积混合后, 溶液显碱性, 故 D 正确。

### 题组三 溶液的酸碱性的判断与 pH

8. (2019·福建莆田第一中学高二期中)下列溶液一定呈中性的是( )

A. 由非电解质溶于水得到的溶液

B.  $c(\text{OH}^-)$ 、 $c(\text{H}^+)$  均为  $5.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液

C. 等物质的量的强酸与强碱反应得到的溶液

D. 将  $c(\text{OH}^-) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的烧碱溶液稀释到原来的 100 倍所得到的溶液

答案 B

解析  $\text{SO}_2$  是非电解质, 溶于水得到亚硫酸溶液, 呈酸性, A 项错误;  $c(\text{H}^+)$ 、 $c(\text{OH}^-)$  均为  $5.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液,  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ , 所以溶液呈中性, B 项正确; 等物质的量的硫酸与氢氧化钠反应得到的溶液呈酸性, C 项错误; 将  $c(\text{OH}^-) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的烧碱溶液稀释至原来的 100 倍所得到的溶液仍呈碱性, D 项错误。

9. 用 pH 试纸测定溶液 pH 的正确操作是( )

A. 将一小块试纸放在表面皿上, 用玻璃棒蘸取少量待测液点在试纸中央, 再与标准比色卡对照

B. 将一小块试纸用蒸馏水润湿后放在表面皿上, 用玻璃棒蘸取少量待测液点在试纸中央, 再与标准比色卡对照

C. 将一小条试纸在待测液中蘸一下, 取出后放在表面皿上, 与标准比色卡对照

D. 将一小条试纸先用蒸馏水润湿后, 在待测液中蘸一下, 取出后与标准比色卡对照

答案 A

解析 pH 试纸的使用方法: 把一小块试纸放在表面皿或玻璃片上, 用蘸有待测液的玻璃棒点在试纸的中部, 随即(30 s 内)用标准比色卡与之对照, 确定溶液的 pH。pH 试纸不能用水润湿, 若用水润湿会使溶液变稀, 可能使测定结果产生误差。

10. 25 °C 的下列溶液中, 碱性最强的是( )

- A. pH=11 的溶液
- B.  $c(\text{OH}^-)=0.12 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的溶液
- C. 含有 4 g NaOH 的 1 L 溶液
- D.  $c(\text{H}^+)=1\times 10^{-10} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的溶液

答案 B

解析 A 项,  $c(\text{OH}^-)=10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; B 项,  $c(\text{OH}^-)=0.12 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; C 项,  $c(\text{OH}^-)=0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; D 项,  $c(\text{OH}^-)=10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

#### 题组四 溶液稀释 pH 的变化规律

11. 常温下, 关于溶液的稀释下列说法正确的是( )

- A. pH=3 的醋酸溶液稀释 100 倍, pH=5
- B. pH=4 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液加水稀释 100 倍, 溶液中由水电离产生的  $c(\text{H}^+)=1\times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- C. 将 1 L  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液稀释为 2 L, pH=13
- D. pH=8 的 NaOH 溶液稀释 100 倍, 其 pH=6

答案 C

解析 A 项, pH=3 的醋酸溶液在稀释过程中电离平衡正向移动, 稀释 100 倍时,  $3<\text{pH}<5$ ; B 项, pH=4 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液稀释 100 倍时, 溶液中的  $c(\text{H}^+)=1\times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 溶液中的  $c_{\text{水}}(\text{OH}^-)=\frac{1\times 10^{-14}}{1\times 10^{-6}} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=1\times 10^{-8} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c_{\text{水}}(\text{H}^+)=c_{\text{水}}(\text{OH}^-)=1\times 10^{-8} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; C 项, 1 L  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液稀释到 2 L 时,  $c(\text{OH}^-)=\frac{0.2}{2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{H}^+)=1\times 10^{-13} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , pH=13; D 项, NaOH 是强碱溶液, 无论怎么稀释, pH 在常温下不可能成为 6, 只能无限接近于 7。

12. (2019·长沙高二质检) 现有常温时 pH=1 的某强酸溶液 10 mL, 下列操作能使溶液的 pH 变成 2 的是( )

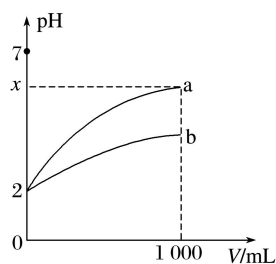
- A. 加水稀释成 100 mL
- B. 加入 10 mL  $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的 NaOH 溶液
- C. 加入 10 mL 的水进行稀释
- D. 加入 10 mL  $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的 HCl 溶液

答案 A

解析 pH=1 的强酸溶液变成 pH=2, 即  $c(\text{H}^+)=0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  变成  $c(\text{H}^+)=0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 所以体积变成原来 10 倍可以。加 NaOH 溶液应进行计算  $c(\text{H}^+)=\frac{0.1\times 0.01-0.01\times 0.01}{0.01+0.01} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=0.045 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , pH $\neq$ 2。

13. pH=2 的 a、b 两种酸溶液各 1 mL, 分别加水稀释到 1 000 mL, 其中 pH 与溶液体积 V 的

关系如图所示。下列说法正确的是( )



- A. a、b 两酸溶液的物质的量浓度一定相等  
 B. 稀释后, a 酸溶液的酸性比 b 酸溶液强  
 C.  $x=6$  时, a 是强酸, b 是弱酸  
 D. 若 a、b 都是弱酸, 则  $2 < x < 5$

答案 D

解析 读图可知, 稀释过程中, b 酸的 pH 变化小, 则 b 酸较 a 酸弱, 两者 pH 相等时, 物质的量浓度一定不同, A 项错误; 读图知稀释后 a 溶液的 pH 大于 b 溶液的 pH, 则 a 中  $c(\text{H}^+)$  小于 b 中  $c(\text{H}^+)$ , a 酸溶液的酸性比 b 酸溶液的酸性弱, B 项错误; pH = 2 的 a 酸溶液稀释 1 000 倍, pH 不可能增加 4, C 项错误; 若 a、b 都是弱酸, 稀释 1 000 倍后, a、b 两溶液 pH 均要增大, 且增加量均小于 3, 故  $2 < x < 5$ 。

### 综合强化

14. (1)某温度( $t\text{ }^\circ\text{C}$ )时, 水的  $K_w=1\times 10^{-12}$ , 则该温度\_\_\_\_(填“>”“<”或“=”)25  $^\circ\text{C}$ , 其理由是\_\_\_\_\_。

(2)该温度下,  $c(\text{H}^+)=1\times 10^{-7}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的溶液呈\_\_\_\_\_(填“酸性”“碱性”或“中性”); 若该溶液中只存在 NaOH 溶质, 则由  $\text{H}_2\text{O}$  电离出来的  $c(\text{OH}^-)=$ \_\_\_\_\_  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(3)实验室用 Zn 和稀硫酸制取  $\text{H}_2$ , 反应时溶液中水的电离平衡\_\_\_\_\_(填“向左”“向右”或“不”, 下同)移动。在新制氯水中加入少量 NaCl 固体, 水的电离平衡\_\_\_\_\_移动。

(4)25  $^\circ\text{C}$  时,  $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的 6 种溶液, 水电离出的  $c(\text{H}^+)$  由大到小的关系是\_\_\_\_\_ (填序号)。

- ① 盐酸 ②  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ③  $\text{CH}_3\text{COOH}(K_a=1.7\times 10^{-5})$  ④  $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$  (氨水) ( $K_b=1.7\times 10^{-5}$ )  
 ⑤ NaOH ⑥  $\text{Ba}(\text{OH})_2$

(5)25  $^\circ\text{C}$  时, pH=4 的盐酸中水的电离程度\_\_\_\_\_(填“大于”“小于”或“等于”)pH=10 的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液中水的电离程度。

答案 (1)> 升温促进水的电离,  $K_w$  增大 (2)碱性  $1\times 10^{-7}$  (3)向右 向右 (4)③=④>①=⑤>②=⑥ (5)等于

解析 (1)升高温度,  $K_w$  增大, 由于  $K_w=1\times 10^{-12}>1\times 10^{-14}$ , 因此温度大于 25  $^\circ\text{C}$ 。

(2)该温度下, 溶液中  $c(\text{OH}^-) = \frac{1 \times 10^{-12}}{1 \times 10^{-7}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 因为  $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ , 所

以溶液呈碱性; NaOH 溶液中由水电离出来的  $c(\text{OH}^-)$  等于溶液中的  $c(\text{H}^+)$ , 即为  $1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3)Zn 与稀硫酸反应过程中, 溶液中  $c(\text{H}^+)$  减小, 水的电离平衡向右移动。新制氯水中加入少量 NaCl 固体, 平衡  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$  向左移动, 溶液中  $c(\text{H}^+)$  减小, 水的电离平衡向右移动。

(4)25 °C 时,  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸中  $c(\text{H}^+)$  与  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH 溶液中  $c(\text{OH}^-)$  相等, 故两溶液中水的电离程度相等。同理  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$  和  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Ba}(\text{OH})_2$  溶液中水的电离程度相等;  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CH}_3\text{COOH}$  和  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  氨水中水的电离程度相等, 酸溶液中  $c(\text{H}^+)$  越大或碱溶液中  $c(\text{OH}^-)$  越大, 水电离出的  $c(\text{H}^+)$  就越小, 故 6 种溶液中水电离出的  $c(\text{H}^+)$  由大到小的关系为 ③ = ④ > ① = ⑤ > ② = ⑥。

(5)pH = 4 的盐酸中, 由水电离出的  $c(\text{H}^+) = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , pH = 10 的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$

溶液中, 由水电离出的  $c(\text{H}^+) = 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (溶液中的  $\text{H}^+$  浓度)。

15. 下表是不同温度下水的离子积数据:

温度/°C	25	$t_1$	$t_2$
水的离子积 $K_w$	$1 \times 10^{-14}$	$a$	$1 \times 10^{-12}$

试回答以下问题:

(1)若  $25 < t_1 < t_2$ , 则  $a$  \_\_\_\_\_ (填 “>” “<” 或 “=”)  $1 \times 10^{-14}$ 。

(2)25 °C 时, 某  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液中  $c(\text{SO}_4^{2-}) = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 取该溶液 1 mL 加水稀释至 10 mL, 则稀释后溶液中  $c(\text{Na}^+) : c(\text{OH}^-) =$  \_\_\_\_\_。

(3)在  $t_2$  °C, pH = 10 的 NaOH 溶液中, 水电离产生的  $\text{OH}^-$  浓度为 \_\_\_\_\_。

(4)在  $t_2$  °C 时由水电离出的  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。若该温度下, 某溶液的 pH = 7, 则该溶液 \_\_\_\_\_ (填字母)。

a. 呈中性

b. 呈碱性

c. 呈酸性

d.  $c(\text{OH}^-) = 100c(\text{H}^+)$

答案 (1)> (2)1 000 : 1 (3) $1 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (4)bd

解析 (1)升温,  $K_w$  变大。

(2) $c(\text{SO}_4^{2-}) = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 稀释 10 倍, 则  $c(\text{Na}^+) = 1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。25 °C 时,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液中  $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 稀释 10 倍后仍然为  $1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $c(\text{Na}^+) : c(\text{OH}^-) = 10^3 : 1$ 。

(3)在  $t_2$  °C 时, pH = 10 的 NaOH 溶液中  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , NaOH 溶液中,  $\text{H}^+$  来自水的电离, 水电离出  $\text{H}^+$  的同时也电离出等量的  $\text{OH}^-$ 。

(4)在  $t_2$  °C 时, 水电离的  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则此时水电离的  $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,

即  $t_2$  °C 时  $K_w = (1 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6}) = 10^{-12}$ 。某溶液的  $\text{pH} = 7$ ,  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 该

溶液中  $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} > c(\text{H}^+)$ , 溶液呈碱性; 此时  $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}^+)} = \frac{1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 100$ ,

即  $c(\text{OH}^-) = 100c(\text{H}^+)$ 。