

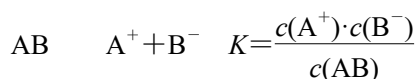
## 第2课时 电离平衡常数 强酸与弱酸比较

### 一、电离平衡常数

#### 1. 概念

在一定条件下，当弱电解质的电离达到平衡时，溶液中弱电解质电离所生成的各种离子浓度的乘积，与溶液中未电离分子的浓度之比是一个常数，这个常数叫做电离平衡常数，简称电离常数，用  $K$  表示。

#### 2. 电离平衡常数的表示方法



(1)一元弱酸、一元弱碱的电离平衡常数。

例如： $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$

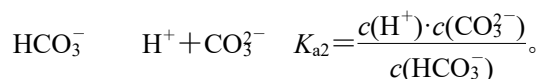
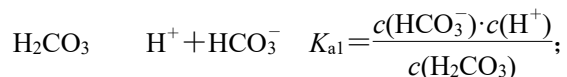
$$K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

$$K_b = \frac{c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$$

(2)多元弱酸、多元弱碱的电离平衡常数。

多元弱酸的电离是分步进行的，每步各有电离平衡常数，通常用  $K_1$ 、 $K_2$  等来分别表示。例如，



多元弱酸各步电离常数的大小比较为  $K_{a1} \gg K_{a2}$ ，因此，多元弱酸的酸性主要由第一步电离决定。由于多元弱碱为难溶碱，所以一般不用电离平衡常数，而用以后要学到的难溶物的溶度积常数。

#### 3. 意义

表示弱电解质的电离能力。一定温度下， $K$  值越大，弱电解质的电离程度越大，酸(或碱)性越强。

#### 4. 电离常数的影响因素

(1)内因：同一温度下，不同的弱电解质的电离常数不同，说明电离常数首先由物质的本性所决定。

(2)外因：对于同一弱电解质，电离平衡常数只与温度有关，由于电离为吸热过程，所以电离平衡常数随温度升高而增大。

## 5. 电离常数的计算——三段式法

例：25 °C  $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{CH}_3\text{COOH}$

	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$
起始浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$a$	0
变化浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$x$	$x$
平衡浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$a-x$	$x$

$$\text{则 } K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{x^2}{a-x} \approx \frac{x^2}{a}$$

注意 由于弱电解质的电离程度比较小，平衡时弱电解质的浓度  $(a-x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  一般近似为  $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

### 【正误判断】

- (1)改变条件，电离平衡向正向移动，电离平衡常数一定增大(×)
- (2)改变条件，电离平衡常数增大，电离平衡一定向正向移动(√)
- (3)相同条件下，可根据电离平衡常数的大小，比较弱电解质的相对强弱(√)
- (4)同一弱电解质，浓度大的电离平衡常数大(×)

### 【深度思考】

1. 25 °C 时， $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  HA 溶液中有 1% 的 HA 电离，则 HA 的电离平衡常数  $K_a$  为\_\_\_\_\_。

答案  $1.0 \times 10^{-5}$

解析 发生电离的 HA 的物质的量浓度为  $c(\text{HA}) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1\% = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，根据  $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$ ，则平衡时  $c(\text{H}^+) = c(\text{A}^-) = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{HA}) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，将有关数据代入电离平衡常数表达式得  $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-5}$ 。

2. 25 °C 时，几种弱酸的电离平衡常数如下：

$\text{CH}_3\text{COOH}$ :  $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$

$\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $K_{a1} = 4.4 \times 10^{-7}$

$K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$

$\text{HClO}$ :  $K_a = 3.0 \times 10^{-8}$

(1)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HClO}$  的酸性由强到弱的顺序：

\_\_\_\_\_。

(2)  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{ClO}^-$  结合  $\text{H}^+$  的能力由强到弱的顺序：

\_\_\_\_\_。

(3) 写出向  $\text{NaClO}$  和  $\text{CH}_3\text{COONa}$  的混合溶液中通入少量  $\text{CO}_2$  的化学方程式：

答案 (1) $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HClO} > \text{HCO}_3^-$

(2) $\text{CO}_3^{2-} > \text{ClO}^- > \text{HCO}_3^- > \text{CH}_3\text{COO}^-$

(3) $\text{NaClO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HClO} + \text{NaHCO}_3$

3. 写出在一定温度下,加水逐渐稀释  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  氨水的过程中,随着水量的增加,溶液中下列含量的变化(填“增大”“减小”或“不变”)。

(1) $n(\text{OH}^-)$  \_\_\_\_。

(2) $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$  \_\_\_\_。

(3) $\frac{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}{c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{OH}^-)}$  \_\_\_\_。

答案 (1)增大 (2)增大 (3)不变

解析 加水稀释,  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  的电离平衡向电离方向移动,  $n(\text{OH}^-)$  逐渐增大,  $n(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$  逐渐减小,  $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{n(\text{OH}^-)}{n(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ , 所以  $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$  逐渐增大; 电离平衡常数  $K = \frac{c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$

只与温度有关, 所以加水稀释时  $\frac{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}{c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{OH}^-)}$  不变。

## ■ 方法指导 ■

### 电离平衡常数的应用

(1)根据电离平衡常数可以判断弱酸(或弱碱)的相对强弱, 相同条件下, 电离平衡常数越大, 酸性(或碱性)越强。

(2)根据浓度商  $Q$  与电离平衡常数  $K$  的相对大小判断电离平衡的移动方向。

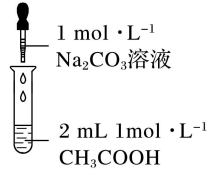
(3)根据电离平衡常数判断溶液中微粒浓度比值的变化情况。

如  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$  溶液加水稀释,  $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{H}^+)} = \frac{K_a}{c(\text{H}^+)}$ , 加水稀

释时,  $c(\text{H}^+)$  减小,  $K_a$  值不变, 则  $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$  增大。

### 二、强酸与弱酸的比较

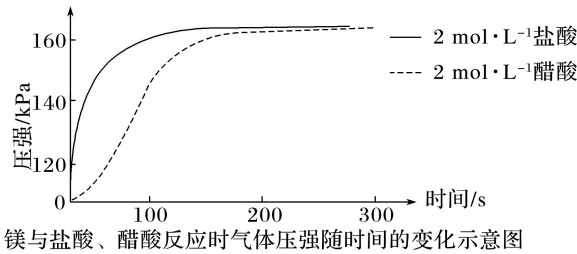
#### 1. 实验探究: $\text{CH}_3\text{COOH}$ 与 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 酸性强弱比较

实验操作	
实验现象	有气泡产生
实验结论	$\text{CH}_3\text{COOH}$ 酸性大于碳酸

$K_a$ 大小比较	$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) > K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)$
------------	---

### 2.思考与讨论：镁条与等浓度、等体积盐酸、醋酸的反应

向两个锥形瓶中各加入 0.05 g 镁条，盖紧橡胶塞，然后用注射器分别注入 2 mL  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸、2 mL  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  醋酸，测得锥形瓶内气体的压强随时间的变化如图所示。



由上述图像分析两种反应的反应速率的变化情况。

	宏观辨识	微观探析
反应初期	盐酸的反应速率比醋酸大	盐酸是强酸，完全电离，醋酸是弱酸，部分电离，同浓度的盐酸和醋酸，盐酸中的 $c(\text{H}^+)$ 较大，因而反应速率较大
反应过程中	盐酸的反应速率始终比醋酸大，盐酸的反应速率减小明显，醋酸的反应速率减小不明显	醋酸中存在电离平衡，随反应的进行，电离平衡正向移动，消耗的氢离子能及时电离补充，所以一段时间速率变化不明显
最终	二者产生的氢气的量基本相等，速率几乎都变为零	镁条稍微过量，两种酸的物质的量相同，随醋酸电离，平衡正向移动，醋酸几乎消耗完全，最终二者与镁条反应的氢离子的物质的量几乎相同，因而产生的 $\text{H}_2$ 的量几乎相同。 两种酸都几乎消耗完全，反应停止，因而反应速率几乎都变为 0

### 3.一元强酸和一元弱酸的比较

(1)相同体积、相同物质的量浓度的一元强酸(如盐酸)与一元弱酸(如醋酸)的比较

比较项目	$c(\text{H}^+)$	酸性	中和碱的能力	与足量活泼金属反应产生 $\text{H}_2$ 的总量	与同一金属反应时的起始反应速率
一元强酸	大	强	相同	相同	大
一元弱酸	小	弱			小

(2)相同体积、相同  $c(\text{H}^+)$  的一元强酸(如盐酸)与一元弱酸(如醋酸)的比较

比较项目	$c(\text{H}^+)$	酸性	中和碱	与足量活泼金属反应	与同一金属反应时的
------	-----------------	----	-----	-----------	-----------

酸			的能力	产生 H <sub>2</sub> 的总量	起始反应速率
一元强酸	相同	相同	小	少	相同
一元弱酸			大	多	

### 【应用体验】

1. 下列关于盐酸与醋酸两种稀溶液的说法正确的是( )

- A. 相同浓度的两溶液中  $c(\text{H}^+)$  相同
- B. 100 mL  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的两溶液能中和等物质的量的氢氧化钠
- C.  $c(\text{H}^+) = 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的两溶液稀释 100 倍,  $c(\text{H}^+)$  均为  $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. 向两溶液中分别加入少量对应的钠盐,  $c(\text{H}^+)$  均明显减小

答案 B

解析 相同浓度的两溶液, 醋酸部分电离, 故醋酸中  $c(\text{H}^+)$  比盐酸的小, 故 A 错误; 由反应方程式可知 B 正确; 醋酸稀释过程中平衡向电离方向移动, 故稀释后醋酸的  $c(\text{H}^+)$  大于  $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 故 C 错误; 醋酸中加入醋酸钠, 由于增大了溶液中醋酸根离子的浓度, 抑制了醋酸电离, 使  $c(\text{H}^+)$  明显减小, 而盐酸中加入氯化钠, 对溶液中  $c(\text{H}^+)$  无影响, 故 D 错误。

2. 在 a、b 两支试管中分别装入形态相同、质量相等的一颗锌粒(锌足量), 然后向两支试管中分别加入相同物质的量浓度、相同体积的稀盐酸和稀醋酸。填写下列空白:

(1)a、b 两支试管中的现象:

相同点是\_\_\_\_\_,  
 不同点是\_\_\_\_\_,  
 原因是\_\_\_\_\_。

(2)a、b 两支试管中生成气体的体积开始时是  $V(\text{a})$  \_\_\_\_\_  $V(\text{b})$  (填“大于”“小于”或“等于”, 下同), 反应完毕后生成气体的总体积是  $V(\text{a})$  \_\_\_\_\_  $V(\text{b})$ , 原因是)\_\_\_\_\_。

(3)若 a、b 两支试管中分别加入  $c(\text{H}^+)$  相同、体积相同的稀盐酸和稀醋酸, 则 a、b 两支试管中开始生成气体的速率  $v(\text{a})$  \_\_\_\_\_  $v(\text{b})$ , 反应完毕后生成气体的总体积是  $V(\text{a})$  \_\_\_\_\_  $V(\text{b})$ 。原因是\_\_\_\_\_。

答案 (1)都产生无色气泡, Zn 粒逐渐溶解 a 中反应速率较大 盐酸是强酸, 醋酸是弱酸, 盐酸中  $c(\text{H}^+)$  大

(2)大于 等于 反应开始时, 盐酸中所含  $\text{H}^+$  的浓度较大, 但二者最终能电离出的  $\text{H}^+$  的总物质的量相等

(3)等于 小于 开始时  $c(\text{H}^+)$  相同, 所以速率相等, 醋酸是弱电解质, 最终电离出的  $\text{H}^+$  的总物质的量大

解析 (2) 锌粒与酸反应的实质是 Zn 与酸电离出的  $H^+$  发生置换反应产生  $H_2$ ,  $c(H^+)$  越大, 产生  $H_2$  的速率越大。而在分析产生  $H_2$  的体积时, 要注意醋酸的电离平衡的移动。反应开始时, 醋酸产生  $H_2$  的速率比盐酸小, 因 Zn 与酸反应的实质是 Zn 与酸电离出的  $H^+$  反应, 盐酸是强酸, 醋酸是弱酸, 在起始物质的量浓度相同时, 盐酸电离出的  $c(H^+)$  远大于醋酸电离出的  $c(H^+)$ 。反应完毕后, 两者产生  $H_2$  的体积是相等的。因醋酸存在电离平衡  $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ , Zn 与  $H^+$  发生反应,  $c(H^+)$  减小, 使醋酸的电离平衡向电离方向移动, 继续发生  $H^+$  与 Zn 的反应, 足量的 Zn 可使醋酸中的  $H^+$  全部电离出来与 Zn 反应生成  $H_2$ , 又因为  $n(HCl) = n(CH_3COOH)$ , 因而最终产生  $H_2$  的量相等。

#### 随堂演练 知识落实

1. 下列说法正确的是( )

- A. 电离常数受溶液浓度的影响
- B. 相同条件下, 电离常数可以表示弱电解质的相对强弱
- C.  $K_a$  大的酸溶液中  $c(H^+)$  一定比  $K_a$  小的酸溶液中的  $c(H^+)$  大
- D.  $H_2CO_3$  的电离常数表达式:  $K = \frac{c(H^+) \cdot c(CO_3^{2-})}{c(H_2CO_3)}$

答案 B

解析 电离平衡常数是温度有关的函数, 与溶液浓度无关, 故 A 项错误; 酸中  $c(H^+)$  既跟酸的电离常数有关, 也跟酸的浓度有关, 故 C 项错误; 碳酸是分步电离的, 第一步电离常数表达式为  $K_1 = \frac{c(H^+) \cdot c(HCO_3^-)}{c(H_2CO_3)}$ , 第二步电离常数表达式为  $K_2 = \frac{c(H^+) \cdot c(CO_3^{2-})}{c(HCO_3^-)}$ , 故 D 项错误。

2. 将浓度为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  HF 溶液加水不断稀释, 下列各量始终保持增大的是( )

- A.  $c(H^+)$
- B.  $K_a(\text{HF})$
- C.  $\frac{c(F^-)}{c(H^+)}$
- D.  $\frac{c(H^+)}{c(\text{HF})}$

答案 D

解析 HF 为弱酸, 存在电离平衡:  $\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$ 。根据勒夏特列原理: 当改变影响平衡的一个条件, 平衡会向着能够减弱这种改变的方向移动, 但平衡的移动不能完全消除这种改变, 故加水稀释, 平衡正向移动, 但  $c(H^+)$  减小, A 错误; 电离平衡常数只受温度的影响, 温度不变, 电离平衡常数  $K_a(\text{HF})$  不变, B 错误; 当溶液无限稀释时,  $c(F^-)$  不断减小, 但  $c(H^+)$  接近  $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 所以  $\frac{c(F^-)}{c(H^+)}$  减小, C 错误;  $\frac{c(H^+)}{c(\text{HF})} = \frac{n(H^+)}{n(\text{HF})}$ , 由于加水稀释, 平衡正向移动,

所以溶液中  $n(H^+)$  增大,  $n(\text{HF})$  减小, 所以  $\frac{c(H^+)}{c(\text{HF})}$  增大, D 正确。

3.  $c(H^+)$  相等的盐酸(甲)和醋酸(乙), 分别与锌反应, 若最后锌已全部溶解且放出气体一样多,

则下列说法正确的是( )

- A. 反应开始时的速率: 甲>乙
- B. 反应结束时的  $c(\text{H}^+)$ : 甲=乙
- C. 反应开始时的酸的物质的量浓度: 甲=乙
- D. 反应所需时间: 甲>乙

答案 D

解析 盐酸(甲)和醋酸(乙), 两种溶液中氢离子浓度相等, 所以反应开始时的速率相等, A 错误; 若最后锌全部溶解且放出气体一样多, 可能是盐酸恰好反应而醋酸过量, 也可能是盐酸和醋酸都过量, 如果盐酸恰好反应而醋酸过量, 则反应后溶液的  $c(\text{H}^+)$  大小为乙>甲, B 错误;  $c(\text{H}^+)$  相等的盐酸(甲)和醋酸(乙), 醋酸是弱电解质, 氯化氢是强电解质, 所以  $c(\text{HCl}) < c(\text{CH}_3\text{COOH})$ , C 错误; 反应过程中, 醋酸不断电离, 导致醋酸中氢离子浓度减小速率小于盐酸中氢离子浓度减小速率, 盐酸中的氢离子浓度小于醋酸中氢离子浓度, 盐酸反应速率小于醋酸, 所以反应所需时间长短为甲>乙, D 正确。

4. 下列关于  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$  与氨水两种稀溶液的说法正确的是( )

- A. 两溶液中  $c(\text{OH}^-)$  相同
- B. 等体积的两溶液能中和等物质的量的  $\text{HCl}$
- C. 两溶液稀释 10 倍,  $c(\text{OH}^-)$  均为  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. 两溶液的导电能力相同

答案 B

解析 相同浓度的两溶液, 氨水部分电离, A 错误; 由反应方程式可知 B 正确; 氨水稀释过程中平衡向电离方向移动, 但仍不能完全电离, C 错误; 氨水部分电离, 溶液中的离子浓度较小, 导电能力较小, D 错误。

5. (2019·北京朝阳区高二月考) 醋酸的电离方程式为  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$   $\Delta H > 0$ 。25 °C 时,  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  醋酸溶液的  $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = 1.75 \times 10^{-5}$ 。下列说法正确的是( )

- A. 向该溶液中滴加几滴浓盐酸, 平衡逆向移动, 平衡时溶液中  $c(\text{H}^+)$  减小
- B. 向该溶液中加少量  $\text{CH}_3\text{COONa}$  固体, 平衡正向移动
- C. 该温度下,  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  醋酸溶液的  $K_a < 1.75 \times 10^{-5}$
- D. 升高温度,  $c(\text{H}^+)$  增大,  $K_a$  增大

答案 D

解析 A 项, 向该溶液中滴加几滴浓盐酸,  $\text{H}^+$  浓度增大, 平衡逆向移动, 平衡时溶液中  $c(\text{H}^+)$  增大, 错误; B 项, 向该溶液中加少量  $\text{CH}_3\text{COONa}$  固体,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  浓度增大, 平衡逆向移动, 错误; C 项, 电离平衡常数只与温度有关, 该温度下  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  醋酸溶液的  $K_a =$

$1.75 \times 10^{-5}$ , 错误; D 项, 电离吸热, 升高温度平衡正向移动,  $c(\text{H}^+)$  增大,  $K_a$  增大, 正确。

## 课时对点练

### ☑ 对点训练

#### 题组一 电离常数的概念及表达式

1. 下列关于电离常数的说法正确的是( )

A. 电离常数随着弱电解质浓度的增大而增大

B.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的电离常数表达式为  $K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}$

C. 向  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中加入少量  $\text{CH}_3\text{COONa}$  固体, 电离常数减小

D. 电离常数只与温度有关, 与浓度无关

答案 D

解析 电离常数只与温度有关, 与弱电解质浓度无关, 故 A 项错误、D 项正确;  $\text{CH}_3\text{COOH}$

的电离常数表达式为  $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ , 故 B 项错误; 向  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中加入少量

$\text{CH}_3\text{COONa}$  固体, 虽然平衡向左移动, 但温度不变, 电离常数不变, 故 C 项错误。

2. 改变下列条件, 能使  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的电离常数增大的是( )

A. 加入冰醋酸

B. 加入少量  $\text{NaOH}$  溶液

C. 加水稀释

D. 升高温度

答案 D

解析 电离常数主要由弱电解质本身的性质决定, 当弱电解质一定时只受温度影响, 与溶液的浓度无关。电离是一个吸热过程, 升温,  $K$  值增大。

3. (2020·合肥校级月考) 已知  $25^\circ\text{C}$  下,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中各微粒的浓度存在以下关系:  $K_a =$

$\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = 1.75 \times 10^{-5}$ 。下列有关结论可能成立的是( )

A.  $25^\circ\text{C}$  下, 向该溶液中加入一定量的盐酸时,  $K_a = 8 \times 10^{-5}$

B.  $25^\circ\text{C}$  下, 向该溶液中加入一定量的盐酸时,  $K_a = 2 \times 10^{-4}$

C. 标准状况下, 醋酸中  $K_a = 1.75 \times 10^{-5}$

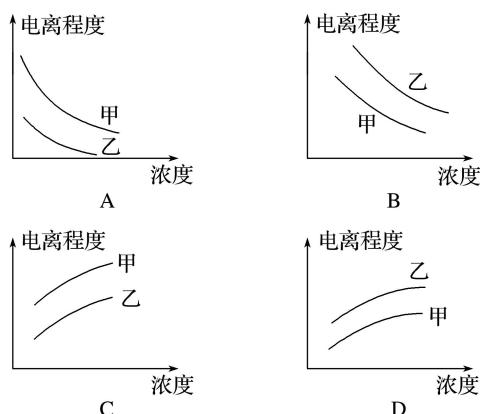
D. 升高到一定温度,  $K_a = 7.2 \times 10^{-5}$

答案 D

解析 醋酸中存在电离平衡:  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ , 题中  $K_a$  为醋酸的电离常数, 由于电离常数不随浓度的变化而变化, 只随温度的变化而变化, 所以排除 A、B 两项; 因为醋酸的电离是吸热过程, 所以升高温度,  $K_a$  增大, 降低温度,  $K_a$  减小, 标准状况下 ( $0^\circ\text{C}$ ) 温度低于  $25^\circ\text{C}$ , 则  $K_a$  小于  $1.75 \times 10^{-5}$ , 所以 C 项不成立, D 项可能成立。



4. 下列曲线中, 可以描述乙酸(甲,  $K_a=1.8\times 10^{-5}$ )和一氯乙酸(乙,  $K_a=1.4\times 10^{-3}$ )在水中的电离程度和浓度关系的是( )



答案 B

解析 根据甲、乙的电离平衡常数得, 这两种物质都是弱电解质, 在温度不变、浓度相等时, 电离程度:  $\text{CH}_3\text{COOH} < \text{CH}_2\text{ClCOOH}$ , 可以排除 A、C; 当浓度增大时, 物质的电离程度减小, 排除 D 选项, 故 B 项正确。

#### 题组二 电离常数的应用

5. 已知  $25\text{ }^\circ\text{C}$  时,  $K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = 1.75 \times 10^{-5}$ , 其中  $K_a$  是该温度下  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的电离平衡常数。下列说法正确的是( )

- A. 向该溶液中加入一定量的稀硫酸,  $K_a$  增大
- B. 升高温度,  $K_a$  增大
- C. 向  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中加入少量水,  $K_a$  增大
- D. 向  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中加入少量氢氧化钠溶液,  $K_a$  增大

答案 B

解析 电离常数作为一种化学平衡常数, 与浓度无关, 只受温度影响。

6. (2020·南昌高二月考)相同温度下, 根据三种酸的电离平衡常数, 下列判断正确的是( )

酸	HX	HY	HZ
电离平衡常数 $K_a$	$9 \times 10^{-7}$	$9 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-2}$

- A. 三种酸的强弱关系:  $\text{HX} > \text{HY} > \text{HZ}$
- B. 反应  $\text{HZ} + \text{Y}^- \rightleftharpoons \text{HY} + \text{Z}^-$  不能发生
- C. 由电离平衡常数可以判断: HZ 属于强酸, HX 和 HY 属于弱酸
- D. 相同温度下,  $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  HX 溶液的电离平衡常数等于  $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  HX 溶液的电离平衡常数

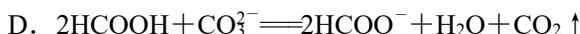
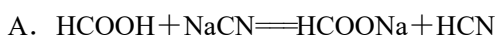
答案 D

解析 A 项, 酸的电离平衡常数越大, 酸的电离程度越大, 其酸性越强, 根据表中数据可知, 酸的电离平衡常数:  $\text{HZ} > \text{HY} > \text{HX}$ , 则酸性强弱关系:  $\text{HZ} > \text{HY} > \text{HX}$ , 错误; B 项, 根据酸性较强的酸可制取酸性较弱的酸可知  $\text{HZ} + \text{Y}^- \rightleftharpoons \text{HY} + \text{Z}^-$  能够发生, 错误; C 项, 完全电离的为强酸、部分电离的为弱酸, 这几种酸都部分电离, 均为弱酸, 错误; D 项, 电离平衡常数只与温度有关, 温度不变, 电离平衡常数不变, 正确。

7. 已知 25 °C 时, 几种弱酸的电离平衡常数如下:

$\text{HCOOH}$ :  $K_a = 1.77 \times 10^{-4}$ ,  $\text{HCN}$ :  $K_a = 4.9 \times 10^{-10}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $K_{a1} = 4.4 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$ ,

则以下反应不能自发进行的是( )



答案 B

解析 由于  $K_a(\text{HCOOH}) > K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a(\text{HCN}) > K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3)$ , 所以只有反应 B 不能进行。

8. 已知  $\text{H}_2\text{CO}_3$  的电离平衡常数:  $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}$ 、 $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$ ,  $\text{HClO}$  的电离平衡常数:  $K_a = 2.95 \times 10^{-8}$ 。在反应  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$  达到平衡后, 要使  $\text{HClO}$  的浓度增大可加入( )

A.  $\text{NaOH}$

B.  $\text{HCl}$

C.  $\text{NaHCO}_3$

D.  $\text{H}_2\text{O}$

答案 C

解析 要使  $\text{HClO}$  的浓度增大, 必须使该平衡右移, 且加入的物质与  $\text{HClO}$  不反应。加入  $\text{NaOH}$  时, 平衡虽然右移, 但  $\text{HClO}$  也参与了反应, 导致  $\text{HClO}$  的浓度减小; 加入  $\text{HCl}$  时, 平衡左移,  $\text{HClO}$  的浓度减小; 加水稀释时,  $\text{HClO}$  的浓度也减小; 由题给电离平衡常数知, 酸性:  $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HClO} > \text{HCO}_3^-$ , 故加入  $\text{NaHCO}_3$  时,  $\text{NaHCO}_3$  只与  $\text{HCl}$  反应, 使平衡右移,  $\text{HClO}$  的浓度增大。

### 题组三 关于溶液的稀释问题

9. 在 25 °C 时, 用蒸馏水稀释  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  氨水至  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 随溶液的稀释, 下列各项中始终保持增大趋势的是( )

A.  $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$

B.  $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{OH}^-)}$

C.  $\frac{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}{c(\text{NH}_4^+)}$

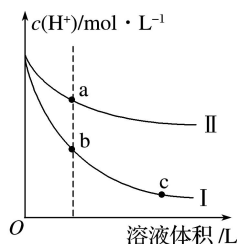
D.  $c(\text{OH}^-)$

答案 A

解析 一水合氨是弱电解质, 加水稀释, 一水合氨的电离平衡右移,  $n(\text{OH}^-)$  和  $n(\text{NH}_4^+)$  增大,  $n(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$  减小, 但  $c(\text{OH}^-)$  和  $c(\text{NH}_4^+)$  减小。A、B、C 各项中, 分子、分母同乘溶液体积,

浓度之比等于物质的量之比。

10. 某温度下, 等体积、 $c(\text{H}^+)$  相同的盐酸和醋酸溶液分别加水稀释, 溶液中的  $c(\text{H}^+)$  随溶液体积变化的曲线如图所示。据图判断下列说法正确的是( )



- A. 曲线 II 表示的是盐酸的变化曲线
- B. b 点溶液的导电性比 c 点溶液的导电性强
- C. 取等体积的 a 点、b 点对应的溶液, 消耗的 NaOH 的量相同
- D. b 点酸的总浓度大于 a 点酸的总浓度

答案 B

解析 醋酸属于弱电解质, 在稀释时会电离出  $\text{H}^+$ , 故稀释相同倍数时醋酸溶液中  $c(\text{H}^+)$  的变化要比盐酸中  $c(\text{H}^+)$  的变化小一些, 即曲线 I 表示盐酸, 曲线 II 表示醋酸, A 项错误; 溶液的导电性与溶液中离子的浓度有关, 离子浓度  $b > c$ , 故导电性  $b > c$ , B 项正确; a 点、b 点表示溶液稀释相同倍数, 溶质的量没有发生变化, 都等于稀释前的物质的量, 稀释前两溶液中  $c(\text{H}^+)$  相同, 但  $\text{CH}_3\text{COOH}$  为弱酸, 则  $c(\text{CH}_3\text{COOH}) > c(\text{HCl})$ , 故稀释前  $n(\text{CH}_3\text{COOH}) > n(\text{HCl})$ , 即  $\text{CH}_3\text{COOH}$  消耗 NaOH 多, C 项错误; a 点酸的总浓度大于 b 点的总浓度, D 项错误。

#### 题组四 强酸、弱酸的比较

11. 体积相同的盐酸和醋酸两种溶液,  $n(\text{Cl}^-) = n(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0.01 \text{ mol}$ , 下列叙述错误的是( )

- A. 与 NaOH 完全中和时, 醋酸所消耗的 NaOH 多
- B. 分别与足量  $\text{CaCO}_3$  反应时, 放出的  $\text{CO}_2$  一样多
- C. 两种溶液的 pH 相等
- D. 分别用水稀释相同倍数时,  $n(\text{Cl}^-) < n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$

答案 B

解析 体积相同的盐酸和醋酸两种溶液,  $n(\text{Cl}^-) = n(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0.01 \text{ mol}$ , 根据二者的电离方程式可知, 二者电离出的  $c(\text{H}^+)$  相同, 故 pH 相等, C 项正确; 由于  $\text{CH}_3\text{COOH}$  不能完全电离, 因此  $n(\text{CH}_3\text{COOH}) > n(\text{HCl})$ , 故与 NaOH 完全中和时, 醋酸消耗的 NaOH 多, 分别与足量  $\text{CaCO}_3$  反应时, 醋酸参与的反应放出的  $\text{CO}_2$  多, A 项正确、B 项错误; 分别用水稀释相同倍数时, 醋酸的电离程度增大,  $n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$  增大, 而  $n(\text{Cl}^-)$  不变, D 项正确。



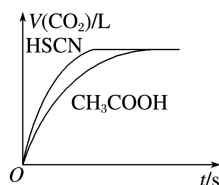


到表面积相同

解析 100 mL  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  HA 溶液, 若 HA 为弱酸,  $c(\text{H}^+) < 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{pH} > 1$ 。100 mL  $\text{pH} = 1$  的 HA 溶液和盐酸比较, 若 HA 为强酸,  $c(\text{HA}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 若 HA 为弱酸, 则  $c(\text{HA}) > 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。分别取 10 mL  $\text{pH} = 1$  的盐酸和 HA 溶液, 同时加水稀释到 100 mL, 稀释后, 盐酸中  $c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , HA 溶液中  $c(\text{H}^+) > 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 因为加水稀释时, HA 的电离程度增大, 即有一部分 HA 分子会电离出  $\text{H}^+$ , 因此在稀释后 100 mL 盐酸和 100 mL HA 溶液中分别加入纯度相同的锌粒时, HA 溶液产生氢气的速率快。

15. (1)  $25^\circ\text{C}$  时,  $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中  $c(\text{H}^+) = 10^{-b} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 用含  $a$  和  $b$  的代数式表示  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的电离常数  $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 已知  $25^\circ\text{C}$  时,  $K(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \times 10^{-5}$ ,  $K(\text{HSCN}) = 0.13$ 。在该温度下将 20 mL  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$  溶液和 20 mL  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HSCN}$  溶液分别与 20 mL  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$  溶液混合, 实验测得产生的气体体积( $V$ )随时间( $t$ )变化的示意图如下, 反应初始阶段, 两种溶液产生  $\text{CO}_2$  气体的速率存在明显差异的原因是



(3) 下表是几种弱酸常温下的电离常数:

$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}_3\text{PO}_4$
$K = 1.8 \times 10^{-5}$	$K_1 = 4.4 \times 10^{-7}$ $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$	$K_1 = 9.1 \times 10^{-8}$ $K_2 = 1.1 \times 10^{-12}$	$K_1 = 7.1 \times 10^{-3}$ $K_2 = 6.3 \times 10^{-8}$ $K_3 = 4.2 \times 10^{-13}$

①  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_3\text{PO}_4$  四种酸的酸性由强到弱的顺序为

② 多元弱酸的二级电离程度远小于一级电离的主要原因是

(从电离平衡常数角度考虑)。

③ 同浓度的  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{S}^{2-}$  结合  $\text{H}^+$  的能力由强到弱的顺序为

答案 (1)  $\frac{10^{-2b}}{a - 10^{-b}}$

(2)  $K(\text{CH}_3\text{COOH}) < K(\text{HSCN})$ , 在相同温度、相同物质的量浓度和体积的两溶液中, HSCN 溶液的  $c(\text{H}^+)$  大于  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液的  $c(\text{H}^+)$ , 故 HSCN 与  $\text{NaHCO}_3$  反应速率快

(3) ①  $\text{H}_3\text{PO}_4 > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{H}_2\text{S}$

②一级电离产生的氢离子对二级电离起抑制作用

③ $\text{S}^{2-} > \text{CO}_3^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{CH}_3\text{COO}^-$

解析 (1)  $K = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{c^2(\text{H}^+)}{a - c(\text{H}^+)} = \frac{10^{-2b}}{a - 10^{-b}}$

(2) 由于  $K(\text{CH}_3\text{COOH}) < K(\text{HSCN})$ , 故相同温度、相同物质的量浓度时, HSCN 溶液中的  $c(\text{H}^+)$  大于  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中的  $c(\text{H}^+)$ , 故 HSCN 与  $\text{NaHCO}_3$  反应速率快。

(3) ① 根据一级电离常数可知, 四种酸的酸性由强到弱的顺序为  $\text{H}_3\text{PO}_4 > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{H}_2\text{S}$ 。③ 酸越弱, 其对应酸根离子结合  $\text{H}^+$  的能力越强, 故结合  $\text{H}^+$  的能力由强到弱的顺序为  $\text{S}^{2-} > \text{CO}_3^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{CH}_3\text{COO}^-$ 。