

高中化学

小题才王做[®]

.....选择性必修 1.....

化学反应原理 SJ

主 编 恩波教育研究中心
本册编委 王雪晴 牛彩玲 赵博文 张尚伟
 张万柱 孙定洋 卫银周 诸全头

SE 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

高中化学小题狂做. 选择性必修 1 : 化学反应原理 :
SJ / 恩波教育研究中心主编. — 南京 : 东南大学出版社,
2021.8(2025.1 重印)

ISBN 978-7-5641-9599-1

I. ①高… II. ①恩… III. ①中学化学课—高中—习
题集 IV. ①G634.85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 139755 号

高中化学小题狂做·选择性必修 1·化学反应原理·SJ

主 编 恩波教育研究中心
出版发行 东南大学出版社
出 版 人 白云飞
责任编辑 咸玉芳
社 址 南京市四牌楼 2 号
邮 编 210096
经 销 全国各地新华书店
印 刷 安徽省天长市千秋印务有限公司
开 本 880 mm×1230 mm 1/16
印 张 6
字 数 139 千字
版 次 2021 年 8 月第 1 版
印 次 2025 年 1 月第 5 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-9599-1
定 价 38.80 元

(凡因印装质量问题,可直接向读者服务部调换。电话:025-83790529)

目录 Contents



专题 1 化学反应与能量变化

第一单元 化学反应的热效应

限时小练 01 化学反应的焓变	1
限时小练 02 反应热的测量与计算 能源的充分利用	3
►微专题一 利用盖斯定律书写陌生情境中的热化学方程式及反应热的计算	7

第二单元 化学能与电能的转化

限时小练 03 原电池的工作原理	10
限时小练 04 化学电源	12
限时小练 05 电解池的工作原理	15
限时小练 06 电解原理的应用	17

第三单元 金属的腐蚀与防护

限时小练 07 金属的腐蚀与防护	21
►微专题二 陌生电极反应式的书写方法	23
专题综合一	29
真题小练	33

专题 2 化学反应速率与化学平衡

第一单元 化学反应速率

限时小练 08 化学反应速率的表示方法	35
限时小练 09 影响化学反应速率的因素	38

第二单元 化学反应的方向与限度

限时小练 10 化学反应的方向	41
限时小练 11 化学平衡状态	43
限时小练 12 化学平衡常数	46

第三单元 化学平衡的移动

限时小练 13 化学平衡的移动	49
►微专题三 化学反应速率和化学平衡图像的分析方法	53
专题综合二	57
真题小练	61

提升索引 见答案

►归纳	判断反应吸、放热的依据与误区/1
►点拨	关于标准燃烧热的注意点/3
►方法	利用盖斯定律计算反应热的方法/4
►拓展	“特殊”原电池原理的深度分析/5
►归纳	原电池的工作原理/5
►归纳	原电池原理的应用/5
►方法	判断原电池正、负极的方法/6
►方法	二次电池的充、放电规律/6
►点拨	充、放电时电解质溶液中离子移动方向的判断/7
►方法	解答燃料电池题目的方法/7
►点拨	“离子交换膜”电解池的解题步骤/10
►归纳	金属的腐蚀类型/11
►方法	金属的防护方法/11
►归纳	电化学腐蚀的常见类型/12
►方法	金属腐蚀快慢的判断/12
►拓展	熟记反应热 ΔH 的基本计算公式/14
►归纳	有关化学反应速率计算公式的分析/16
►方法	化学反应速率快慢的比较方法/16
►归纳	外界条件改变对化学反应速率的影响/18
►方法	化学反应方向的复合判据/19
►方法	化学反应达到平衡状态的标志/21
►拓展	化学平衡常数的应用/22
►拓展	化学平衡常数 K 是温度的函数/22
►归纳	勒夏特列原理的应用及注意事项/24
►归纳	条件改变与化学平衡移动的关系/24

专题3 水溶液中的离子反应

第一单元 弱电解质的电离平衡

限时小练 14 强电解质和弱电解质 弱电解质的电离平衡
..... 63

限时小练 15 水的电离平衡 66

第二单元 溶液的酸碱性

限时小练 16 溶液的酸碱性 68

限时小练 17 酸碱中和滴定 70

第三单元 盐类的水解

限时小练 18 盐类水解的原理及影响因素 73

限时小练 19 盐类水解的应用 75

第四单元 沉淀溶解平衡

限时小练 20 沉淀溶解平衡原理及其应用 78

限时小练 21 K_{sp} 的计算及其应用 81

►微专题四 溶液中粒子浓度的大小关系及离子平衡的有关
图像 84

专题综合三 88

真题小练 92

答案详析(另册)

小帮手——提分攻略(另册)

- 归纳 常见的强电解质/30
- 方法 电离方程式书写的注意事项/30
- 方法 判断 HA 酸性强弱的方法/31
- 归纳 水是极弱的电解质/32
- 方法 勒夏特列原理同样适用水的
电离平衡/32
- 归纳 水的离子积常数的特点/33
- 方法 溶液 pH 的计算思路/34
- 归纳 常用的酸碱指示剂及变色范
围/36
- 方法 盐类水解的规律/37
- 归纳 盐类水解的影响因素/37
- 归纳 盐类水解的应用/38
- 方法 微粒浓度大小比较的方法/39

专题1 化学反应与能量变化

第一单元 化学反应的热效应

限时小练01 化学反应的焓变

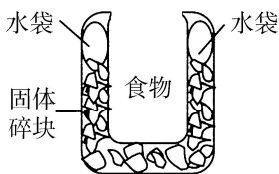
建议用时:30分钟 答案 P1

新课标要求

1. 认识化学能与热能相互转化的规律。
2. 能阐述化学能转化为热能的实际意义及其重要应用。
3. 能从化学键的角度解释化学反应中能量变化的本质。

选择题:本题共13小题,每小题只有一个选项符合题意。

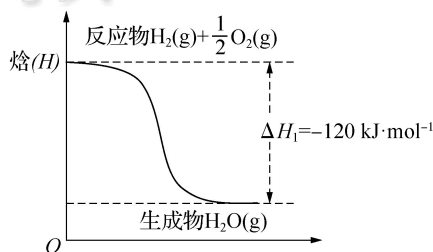
1. (探究题) 如图是一个一次性加热杯的示意图。当水袋破裂时,水与固体碎块混合,杯内食物的温度逐渐上升。制造此加热杯可选用的固体碎块是



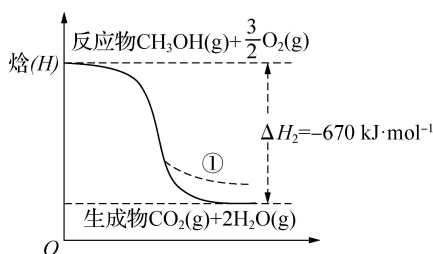
- A. 生石灰
B. NaCl 固体
C. 纳米 Al_2O_3 粉末
D. NH_4Cl 和 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 的混合物
2. 下列说法错误的是 ()
A. 需要加热才能发生的反应可能是吸热反应,也可能是放热反应
B. 已知 $4\text{P}(\text{红磷}, \text{s}) \rightleftharpoons \text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) \quad \Delta H > 0$, 则红磷比白磷稳定
C. “冰,水为之,而寒于水”说明等质量的水和冰相比较,冰的能量低
D. 同温同压下, $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ 在光照和点燃条件下的 ΔH 不同
3. 下列反应既属于氧化还原反应,又属于吸热反应的是 ()
A. 铝片和稀盐酸的反应
B. $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与 NH_4Cl 的反应
C. 灼热的 C 与 CO_2 的反应
D. Al 和 Fe_2O_3 在高温下的反应
4. 已知 $\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HCl}(\text{g}) \quad \Delta H = -92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则反应 $2\text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ 的 ΔH 为 ()
A. $+184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ B. $-92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

- C. $-184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ D. $+92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
5. 下列说法正确的是 ()

- A. 反应放热时, $\Delta H > 0$
B. 反应热 ΔH 的单位一般为 kJ
C. 形成化学键时放出能量
D. 任何反应中,反应物的总焓都高于生成物的总焓
6. CH_3OH 是 CO_2 资源化利用的重要产物之一, H_2 是一种高效清洁的新能源。有关这两种物质燃烧过程的能量变化示意图如图所示。下列说法正确的是 ()



甲

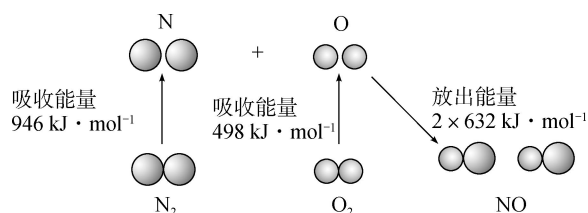


乙

- A. 由图甲可知,反应物断键吸收的能量大于生成物成键释放的能量
B. 图乙中,若生成的 H_2O 为液态,则焓的变化曲线为曲线①
C. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -240 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
D. $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -1340 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

判断反应吸、放热的依据与误区 答案 P1

7. (考前再做) 根据如图所示的 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{O}_2(\text{g})$ 反应生成 $\text{NO}(\text{g})$ 过程中能量变化情况, 判断下列说法错误的是 ()



- A. 该反应中反应物所具有的总能量小于生成物所具有的总能量
B. 2 mol 气态氧原子结合生成 $\text{O}_2(\text{g})$ 时, 能放出 498 kJ 能量
C. 断裂 1 mol NO 分子中的化学键, 需要吸收 632 kJ 能量
D. 1 mol N_2 和 1 mol O_2 反应的反应热 $\Delta H = -180 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

8. 已知: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) = 2\text{HF}(\text{g}) \quad \Delta H = -270 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。下列说法正确的是 ()

- A. $\text{HF}(\text{g})$ 分解生成 $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{F}_2(\text{g})$ 的反应是放热反应
B. 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 与 1 mol $\text{F}_2(\text{g})$ 反应生成 2 mol $\text{HF}(\text{l})$ 放出的热量小于 270 kJ
C. 在相同条件下, 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 与 1 mol $\text{F}_2(\text{g})$ 的能量总和大于 2 mol $\text{HF}(\text{g})$ 的能量
D. 该反应发生时, 断裂全部共价键吸收的总能量大于形成全部共价键放出的总能量

9. 1868 年, 狄肯和洪特发明了用 CuCl_2 作催化剂, 在加热条件下, 用空气中的 O_2 氧化 HCl 气体制取 Cl_2 的方法。已知相关化学键的键能 (E) 如表所示。

化学键	$\text{Cl}-\text{Cl}$	$\text{O}=\text{O}$	$\text{O}-\text{H}$	$\text{H}-\text{Cl}$
$E/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	243	498	463.4	431

反应 $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 ΔH 为 ()

- A. $-117.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ B. $+117.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
C. $-801 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ D. $+801 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

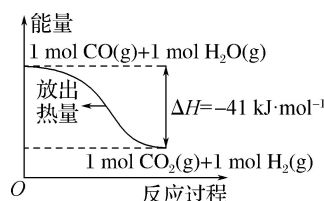
10. (考前再做) 已知: 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 与 0.5 mol $\text{O}_2(\text{g})$ 完全燃烧生成 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 时放出 241.8 kJ 热量, 有关键能数据如下表所示。

化学键	$\text{H}-\text{O}$	$\text{O}=\text{O}$
键能/ $(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	463.4	498

则 $\text{H}-\text{H}$ 键的键能为 ()

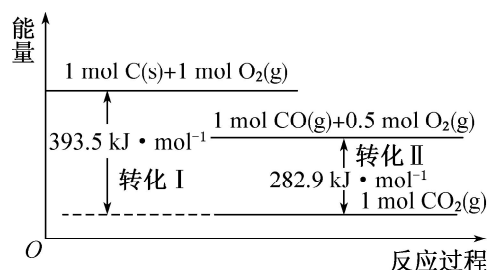
- A. $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ B. $557 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
C. $221.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ D. $413 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

11. $\text{CO}(\text{g})$ 与 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 反应过程的能量变化如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 该反应为吸热反应
B. 1 mol $\text{CO}(\text{g})$ 和 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的总能量大于 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2(\text{g})$ 的总能量
C. 该反应的热化学方程式: $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +41 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
D. 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 反应生成 1 mol $\text{CO}(\text{g})$ 和 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 放出 41 kJ 热量

12. (考前再做) 根据如下能量关系示意图, 判断下列说法正确的是 ()



- A. 1 mol $\text{C}(\text{s})$ 与 1 mol $\text{O}_2(\text{g})$ 的能量之和为 393.5 kJ
B. 反应 $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g})$ 中, 生成物的总能量小于反应物的总能量
C. 由 $\text{C}(\text{s}) \rightarrow \text{CO}(\text{g})$ 的热化学方程式为 $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -110.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
D. 已知热值指一定条件下单位质量的物质完全燃烧所放出的热量, 则 CO 的热值为 $10.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

13. (生产环保情境) 氢能是最具应用前景的能源之一, 甲烷-水蒸气催化重整制氢是一种制高纯氢的方法, 其涉及的主要反应为 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +162 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

已知: 在 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、298 K 条件下, 某些化学键的键能如表所示。

化学键	$\text{C}-\text{H}$	$\text{C}=\text{O}$	$\text{H}-\text{O}$	$\text{H}-\text{H}$
键能/ $(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	414	803	x	436

则 $\text{H}-\text{O}$ 键的键能为 ()

- A. 464 B. 504 C. 584 D. 676

微专题一 利用盖斯定律书写陌生情境中的热化学方程式及反应热的计算

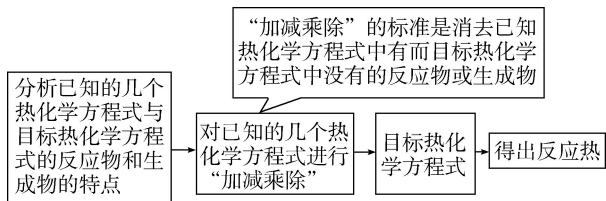
建议用时:35分钟 答案 P3

应用盖斯定律计算 ΔH 的一般步骤:

第一步:观察。对比已知的反应与需要计算 ΔH 的反应,找出需要消去的物质。

第二步:思考。怎样消去这些物质,是相加还是相减或需要乘以某一个数后再进行加减,此过程中要特别注意“剔除无关反应”。

第三步:运算。将热化学方程式按第二步的思路进行运算,求出目标热化学方程式的 ΔH 与已知热化学方程式 ΔH 之间的换算关系。其思维导图如下:

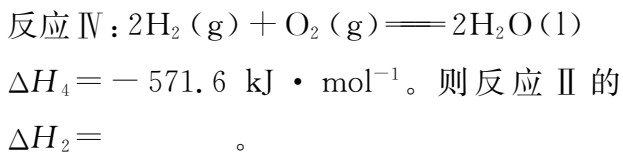
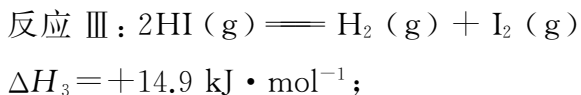
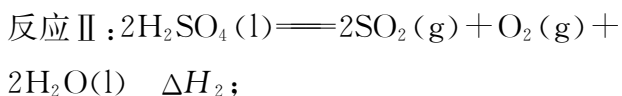
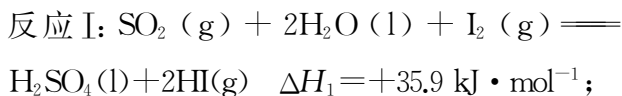


1. 按要求回答下列问题。

- (1)[2025 江苏南通如皋检测]依据下表中键能数据计算反应 $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ _____。

化学键	H—H	H—S	S—S
键能/($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	436	364	414

- (2)热化学硫碘循环分解水是一种高效、无污染的制氢方法。其反应过程如下:



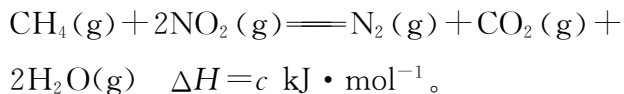
- (3)[2024 江苏泰州阶段练]利用 CH_4 可将氮氧化物还原为 N_2 除去。已知:



$a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;



$\Delta H = b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;



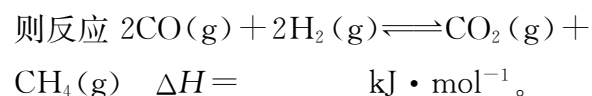
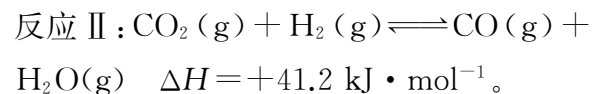
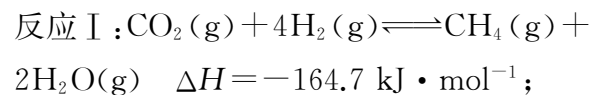
①已知反应中相关化学键的键能数据如下:

化学键	C—H	O=O	C=O	O—H
$E/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	413	498	745	463

则 $b =$ _____。

- ②反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + 4\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (用 a 、 b 、 c 表示)。

2. (1)[2025 江苏淮安淮阴月考] CO_2 甲烷化的主要反应如下:



- (2)[2025 江苏苏州中学月考] CO_2 甲烷化是实现碳平衡的中坚力量。在一定的温度和压力条件下,将按一定比例混合的 CO_2 和 H_2 通过装有金属 Ni 的反应器,可得到 CH_4 。

已知: CH_4 和 H_2 的标准燃烧热 ΔH 分别为 $-890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。则 CO_2 甲烷化反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

- (3)[2025 江苏扬州中学月考]不同催化剂作用下 NH_3 还原 NO_x 的机理与效果是研究烟气(含 NO_x 、 O_2 、 N_2 等)脱硝的热点。 NH_3 还原 NO 的主反应为 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 4\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。

已知: ① $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$

$\Delta H = +180.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

② $4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$\Delta H = -1\,269 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

上述主反应的 $\Delta H =$ _____。

3. (1) [2025 江苏无锡锡东月考] 为了有效减少碳排放, 我们可利用 CO_2 制备“合成气”(含 CO 、 H_2)、甲醇、二甲醚等产品, 进行资源化应用。利用 CO_2 合成二甲醚有 2 种工艺。工艺 1: 涉及以下主要反应。

I. 甲醇的合成: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1 < 0$;

II. 逆水汽变换: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 > 0$;

III. 甲醇脱水: $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 > 0$;

工艺 2: 利用 CO_2 直接加氢合成 CH_3OCH_3 (反应 IV)。

写出反应 IV 的热化学方程式: _____

(反应热用上述反应的 ΔH 表示)。

- (2) [2024 江苏泰州中学调研] 乙苯被吸附在催化剂表面发生脱氢反应可生成苯乙烯、苯甲醛等, 生成苯乙烯的相关反应如下:

① $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +117.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

② $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

③ $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = -483.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

则反应 ④ $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_4 =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

► 利用盖斯定律计算反应热的方法 答案 P4

4. (1) [2025 江苏扬州阶段练] 回收利用含硫化合物有利于节约资源、保护环境。一种由含 H_2S 的烟气回收硫黄的工艺为将一部分含

H_2S 的烟气在空气中燃烧, 将燃烧所得产物与剩余烟气混合, 冷却后可回收得到硫黄(S_8)。该工艺中涉及反应如下:

反应 1: $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -1\,036 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

反应 2: $4\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{S}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

反应 3: $4\text{S}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}_8(\text{s}) \quad \Delta H_3 = -512 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

则反应 $6\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{S}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ _____。

- (2) [2024 江苏镇江第一中学阶段练] 已知:

① $6\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +82.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

② $2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +163.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

③ $12\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 6\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = -243 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

则 $\text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H =$ _____。

- (3) [2024 江苏南通海安中学期中] 工业上利用两种温室气体 CH_4 和 CO_2 催化重整制取 H_2 和 CO , 发生的主要反应如下:

① $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +247.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

过程中还发生 3 个副反应。

② $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

③ $2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \quad \Delta H_3 = -171.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

④ $\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \quad \Delta H_4 =$ _____。

5. [2025 江苏宿迁期末] 化学反应过程中释放或吸收的热量在生活、生产、科技及科学研究中具有广泛的应用。

- (1) 甲烷水蒸气催化重整制氢。主要反应如下:

反应 I: $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +206.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

反应 II: $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H_2 = -41.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

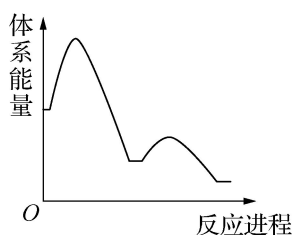
反应 II 可在 Fe_3O_4 催化下进行,可能的反应历程如下:

第 1 步: $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{CO}_2(\text{g})$ (慢) $\Delta H_3 = -141 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

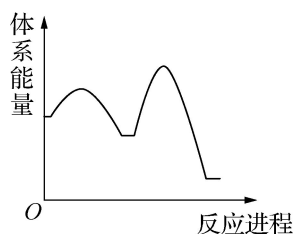
第 2 步: $3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ (快) ΔH_4 。

① $\Delta H_4 =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

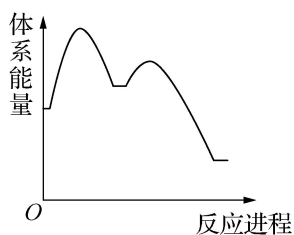
② 下图中能体现反应 II 能量变化的是 _____ (填字母)。



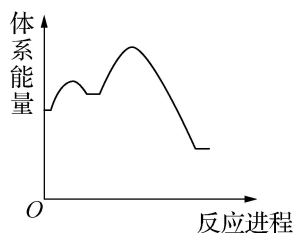
A



B



C



D

(2) 储氢的研究包括材料吸氢和脱氢的过程。

LiBH_4 和 MgH_2 都是氢容量(单位质量的储氢材料能储存的 H_2 质量)较大的储氢材料。

LiBH_4 、 MgH_2 及两者混合制成的复合储氢材料脱氢反应的热化学方程式如下:

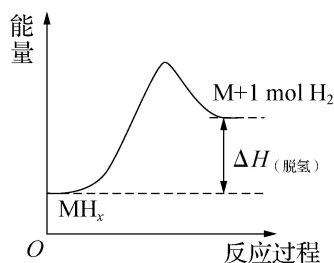
I. $2\text{LiBH}_4(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{LiH}(\text{s}) + 2\text{B}(\text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H_1 = +207 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

II. $\text{MgH}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H_2 = +75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

III. $2\text{LiBH}_4(\text{s}) + \text{MgH}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{LiH}(\text{s}) + \text{MgB}_2(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H_3 = +184 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

① $\Delta H_3 < \Delta H_1 + \Delta H_2$ 的原因是 _____。

② 储氢材料脱氢的能量变化如图所示。三种材料中脱氢焓 [$\Delta H_{(\text{脱氢})}$] 最小的是 _____ (填“ LiBH_4 ”“ MgH_2 ”或“复合储氢材料”)。



(3) 已知,在 25°C 和 101 kPa 下,部分化学键的键能数据如表所示。

化学键	H—H	H—N	N≡N	O=O	C—H	C=O	H—O	N—N
键能/ ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	436	391	a	498	413	745	463	159

① 在 25°C 和 101 kPa 下,工业合成氨的反应中每生成 $1 \text{ mol NH}_3(\text{g})$ 会放出 46 kJ 热量,表中的 $a =$ _____。

② 科学家发现了一种新的气态分子

N_4 (), 在 25°C 和 101 kPa 下, $\text{N}_4(\text{g})$

转化为 $\text{N}_2(\text{g})$ 的热化学方程式为 _____, 由此可知 $1 \text{ mol N}_4(\text{g})$ 与 $1 \text{ mol N}_2(\text{g})$ 中能量更低的是 _____ (填化学式)。

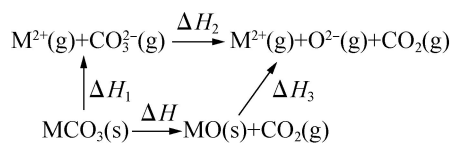
③ 已知: $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_1 = +44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。 CH_4 是一种常用燃料,则表示 CH_4 的标准燃烧热的热化学方程式为 _____。

专题综合一

建议用时:45分钟 答案 P13

一、选择题:本题共12小题,每小题只有一个选项符合题意。

1. [2025 浙江丽水期中] MgCO_3 和 CaCO_3 的能量关系如图所示($M=\text{Ca}, \text{Mg}$)。

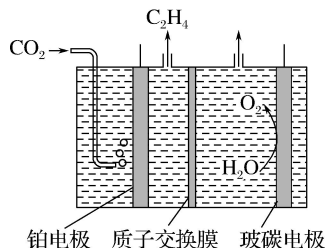


已知:离子电荷相同时,半径越小,离子键越强。

下列说法正确的是 ()

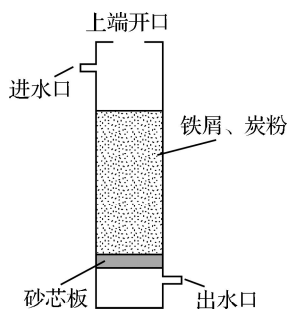
- A. $\Delta H_2(\text{CaCO}_3) > \Delta H_2(\text{MgCO}_3)$
 B. $\Delta H_1(\text{MgCO}_3) > \Delta H_1(\text{CaCO}_3)$
 C. $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$
 D. $\Delta H_3(\text{CaO}) > \Delta H_3(\text{MgO}) > 0$

2. [2024 江苏常州高级中学期末]一种将 CO_2 催化转化为 C_2H_4 的电化学装置如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 该装置工作过程中化学能转化为电能
 B. 铂电极上发生的反应为 $2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+ - 12\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
 C. 工作过程中,玻璃碳电极区溶液的 pH 增大
 D. 每产生标准状况下 11.2 L O_2 时,理论上会有 2 mol H^+ 通过质子交换膜

3. [2024 江苏扬州邗江期中]铁炭微电解技术是利用原电池原理处理酸性污水的一种工艺,装置如图所示。若上端开口关闭,可得到强还原性的 H (氢原子);若上端开口打开,并鼓入空气,可得到强氧化性的 $\cdot\text{OH}$ (羟基自由基)。以含草酸(一种二元弱酸,有强还原性)污水为例,下列说法正确的是 ()



- A. 无论是否鼓入空气,负极的电极反应式均为 $\text{Fe} - 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$
 B. 不鼓入空气时,正极的电极反应式为 $\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}$
 C. 鼓入空气时,每生成 1 mol $\cdot\text{OH}$,有 2 mol 电子发生转移
 D. 处理含有草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)的污水时,上端开口应关闭

4. [2024 湖南邵东第一中学期末]汽车的启动电源常用铅酸蓄电池,该电池在放电时的总反应式为 $\text{PbO}_2(\text{s}) + \text{Pb}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$,根据此反应判断下列叙述正确的是 ()

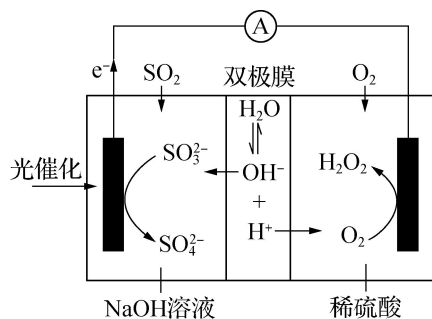
- A. PbO_2 是电池的负极,发生氧化反应
 B. 负极的电极反应式为 $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$
 C. 铅酸蓄电池放电时,溶液的酸性增强,每转移 2 mol e^- 消耗 2 mol H_2SO_4
 D. 电池放电时,两电极质量均增加,且每转移 1 mol e^- 时正极质量增加 48 g

5. [2025 湖北恩施调研]我国科研人员将单独脱除 SO_2 的反应与制备 H_2O_2 的反应相结合,实现协同转化。

已知:反应①单独制备 H_2O_2 : $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_2$,不能自发进行;

反应②单独脱除 SO_2 : $4\text{OH}^- + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$,能自发进行。

协同转化装置如图所示(在电场作用下,双极膜中间层的 H_2O 电离为 OH^- 和 H^+ ,并向两极迁移)。



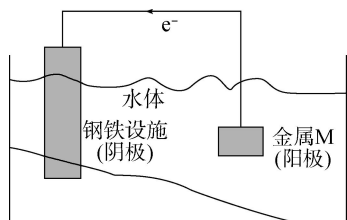
下列分析错误的是 ()

- A. 反应②为放热反应,其释放的能量可以用于反应①
- B. 正极的电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}_2$
- C. 当消耗 0.1 mol SO_2 时,正极区溶液的质量增重 3.4 g
- D. 一段时间后,负极区 NaOH 溶液的碱性减弱,正极区 H_2SO_4 溶液的酸性减弱

6. [2025 江苏南京调研]下列说法正确的是 ()

- A. 若 31 g 白磷的能量比 31 g 红磷的多 $b \text{ kJ}$,则白磷转化为红磷的热化学方程式为 $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) = 4\text{P}(\text{红磷}, \text{s}) \quad \Delta H = -4b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 若 $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$;
 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H_2$, 硫的燃烧热为 $\Delta H_1 + \frac{1}{2}\Delta H_2$
- C. 已知中和热 $\Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) = \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H < -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 若 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta H = -56.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 1 mol NO_2 置于密闭容器中充分反应放出的热量为 28.45 kJ

7. 将金属 M 连接在钢铁设施表面,可减缓水体中钢铁设施的腐蚀。在如图所示的情境中,下列有关说法正确的是 ()

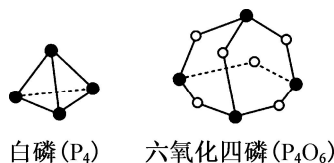


- A. 钢铁设施表面因积累大量电子而被保护
- B. 金属 M 的活动性比 Fe 的活动性弱
- C. 阴极的电极反应式为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$
- D. 钢铁设施在河水中的腐蚀速率比在海水中的快

8. (考前再做) 在 25°C 和 101 kPa 的条件下,发生反应 $\text{P}_4(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = \text{P}_4\text{O}_6(\text{s}) \quad \Delta H$, 已知部分化学键的键能数据如下:

化学键	P—P	P—O	O=O
键能/ $(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	198	360	498

白磷(P_4)和六氧化四磷(P_4O_6)的分子结构如图所示。下列叙述正确的是 ()



- A. $\text{P}_4\text{O}_6(\text{s})$ 的能量比 $\text{P}_4(\text{s})$ 和 $\text{O}_2(\text{g})$ 的总能量高
- B. 相同条件下, P—O 键比 P—P 键更容易断裂
- C. 断开白磷中 1 mol P—P 键放出 198 kJ 能量
- D. 上述反应生成 $1 \text{ mol P}_4\text{O}_6(\text{s})$ 放出 1638 kJ 能量

► 熟记反应热 ΔH 的基本计算公式 答案 P14

9. [2024 江苏苏州大学附属中学月考]通过以下反应可获得新型能源二甲醚(CH_3OCH_3)。

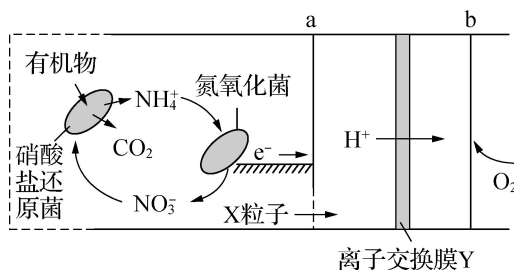
- ① $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- ② $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- ③ $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- ④ $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_4 = d \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

下列说法不正确的是 ()

- A. 反应①②为反应③提供原料气
- B. 反应③也是 CO_2 资源化利用的方法之一
- C. 反应 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) = \frac{1}{2}\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = \frac{d}{2} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) +$

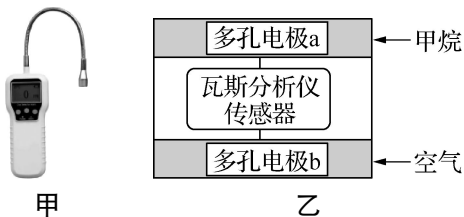
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 $\Delta H = (2b + 2c + d) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

10. [2025 河南南阳一中月考]某微生物燃料电池的工作原理如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. b 极作正极,发生还原反应,b 极有水生成
B. 该电池在较高温度下工作时,会提高电池效率
C. 离子交换膜 Y 为阳离子交换膜, NH_4^+ 可以通过
D. NH_4^+ 转化为 NO_3^- : $\text{NH}_4^+ + 8\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 10\text{H}^+$

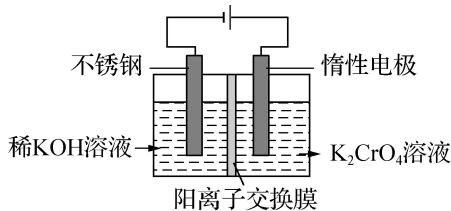
11. [2025 河南郑州期中联考]有一种瓦斯分析仪(如图甲所示)能够在煤矿巷道中的甲烷达到一定浓度时自动报警,该瓦斯分析仪工作原理类似燃料电池的工作原理,其装置如图乙所示,其中的固体电解质是 $\text{Y}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}$, O^{2-} 可以在其中自由移动,下列有关叙述错误的是 ()



- A. 电极 a 的电极反应式为 $\text{CH}_4 + 4\text{O}^{2-} - 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
B. 电极 b 作正极, O^{2-} 由电极 b 流向电极 a
C. 当固体电解质中有 1 mol O^{2-} 通过时,转移 2 mol 电子
D. 分析仪工作时,电路中电子由电极 a 经传感器流向电极 b,又由电极 b 经内电路流向电极 a,形成闭合回路

12. [2025 江苏南京学情检测]工业上以铬酸钾为原料,采用电化学的方法制备重铬酸钾,制备装置如图所示。制备原理为 2CrO_4^{2-} (黄色) +

$2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (橙色) + H_2O 。若实验开始时在右室中加入 38.8 g K_2CrO_4 , t 分钟后测得右室中 K 与 Cr 的物质的量之比为 3 : 2。已知 $M(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 194 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 下列说法不正确的是 ()



- A. 通电后,阳极室产生的现象为惰性电极上有气泡产生,阳极区溶液由黄色变橙色
B. 该制备过程,总反应的离子方程式为 $4\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 4\text{OH}^- + 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$
C. t 分钟时,阳极室与阴极室溶液质量变化之差为 0.7 g (阳极室溶液质量变化的绝对值减去阴极室溶液质量变化的绝对值)
D. t 分钟时,溶液中 K_2CrO_4 和 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的物质的量之比为 2 : 1

二、非选择题:本题共 2 小题。

13. [2025 江苏扬州中学月考]氢元素的单质及其化合物是人类赖以生活的重要能源。请回答下列问题。

(1) 肼(N_2H_4)常用于火箭或原电池的燃料。

已知: I. $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$
 $\Delta H = +67.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

II. $2\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = -1068 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

请写出 N_2H_4 和 NO_2 反应的热化学方程式:

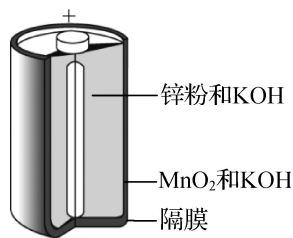
_____。

- (2) 氮及其化合物是科学家们一直在探究的问题,它们在工农业生产和生命活动中起着重要的作用。查阅资料可知,标准摩尔生成焓是指在 25 °C、101 kPa 时,由元素最稳定的单质生成 1 mol 纯化合物时的焓变,符号为 $\Delta_f H_m^\ominus$ 。已知以下物质的标准摩尔生成焓如表所示。

真题小练

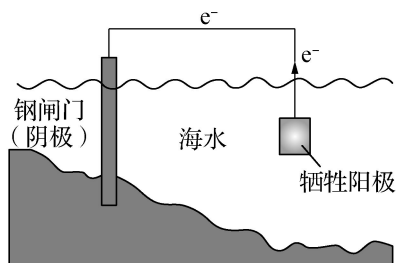
建议用时:30分钟 答案 P15

1. [2024 江苏卷, T8]碱性锌锰电池的总反应为 $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ZnO} + 2\text{MnOOH}$, 电池构造示意图如图所示。下列有关说法正确的是 ()

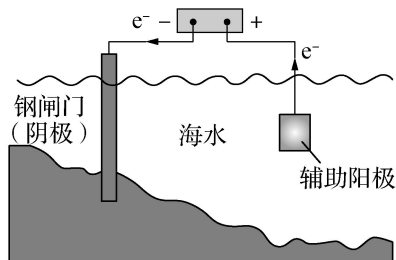


- A. 电池工作时, MnO_2 发生氧化反应
 B. 电池工作时, OH^- 通过隔膜向正极移动
 C. 环境温度过低, 不利于电池放电
 D. 反应中每生成 1 mol MnOOH , 转移电子数约为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$

2. [2024 浙江卷, T13]金属腐蚀会对设备产生严重危害, 腐蚀快慢与材料种类、所处环境有关。下图为两种对海水中钢闸门的防腐措施示意图。



甲



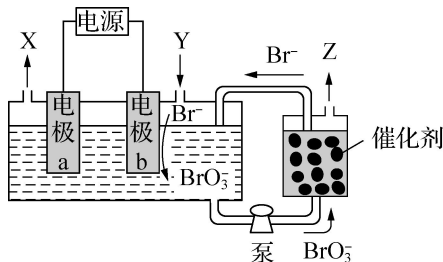
乙

下列说法正确的是 ()

- A. 图甲、图乙中, 阳极材料本身均失去电子
 B. 图乙中, 外加电压偏高时, 钢闸门表面可发生反应: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$
 C. 图乙中, 外加电压保持恒定不变, 有利于提高对钢闸门的防护效果

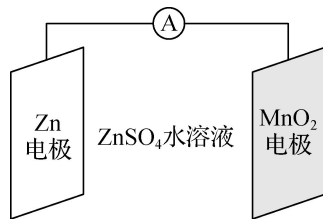
D. 图甲、图乙中, 当钢闸门表面的腐蚀电流为零时, 钢闸门、阳极均不发生化学反应

3. [2024 山东卷, T13]以不同材料修饰的 Pt 为电极, 一定浓度的 NaBr 溶液为电解液, 采用电解和催化相结合的循环方式, 可实现高效制 H_2 和 O_2 , 装置如图所示。下列说法错误的是 ()



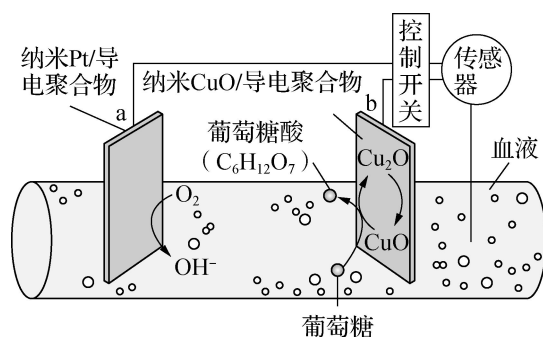
- A. 电极 a 连接电源负极
 B. 加入 Y 的目的是补充 NaBr
 C. 电解总反应为 $\text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} \text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2 \uparrow$
 D. 催化阶段反应产物的物质的量之比 $n(\text{Z}) : n(\text{Br}^-) = 3 : 2$

4. [2024 全国卷, T6]科学家使用 $\delta\text{-MnO}_2$ 研制了一种 $\text{MnO}_2\text{-Zn}$ 可充电电池(如图所示)。电池工作一段时间后, MnO_2 电极上检测到 MnOOH 和少量 ZnMn_2O_4 。下列叙述正确的是 ()



- A. 充电时, Zn^{2+} 向阳极方向迁移
 B. 充电时, 会发生反应: $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 \rightleftharpoons \text{ZnMn}_2\text{O}_4$
 C. 放电时, 正极上发生的反应有 $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^-$
 D. 放电时, Zn 电极质量减少 0.65 g, MnO_2 电极生成了 0.020 mol MnOOH

5. [2024 新课标卷, T6]一种可植入体内的微型电池工作原理如图所示,通过 CuO 催化消耗血糖发电,从而控制血糖浓度。当传感器检测到血糖浓度高于标准值,电池启动。血糖浓度下降至标准值,电池停止工作(血糖浓度以葡萄糖浓度计)。



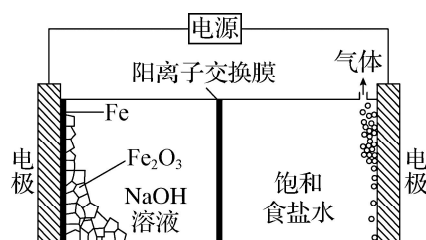
电池工作时,下列叙述错误的是 ()

- A. 电池总反应为 $2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$
- B. 电极 b 上 CuO 通过 Cu(II) 和 Cu(I) 相互转化起催化作用
- C. 消耗 18 mg 葡萄糖,理论上电极 a 有

0.4 mmol 电子流入

D. 两电极间血液中的 Na^+ 在电场驱动下的迁移方向为 $\text{b} \rightarrow \text{a}$

6. [2024 广东卷, T16]一种基于氯碱工艺的新型电解池(如图所示)可用于湿法冶铁的研究。电解过程中,下列说法不正确的是 ()



- A. 阳极的电极反应式为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow$
- B. 阴极区溶液中 OH^- 浓度逐渐升高
- C. 理论上每消耗 1 mol Fe_2O_3 ,阳极室溶液减少 213 g
- D. 理论上每消耗 1 mol Fe_2O_3 ,阴极室物质最多增加 138 g

专题2 化学反应速率与化学平衡

第一单元 化学反应速率

限时小练08 化学反应速率的表示方法

建议用时:30分钟 答案 P16

新课标要求

1. 认识化学反应速率,学会化学反应速率的表示方法。
2. 能进行化学反应速率的简单计算。
3. 能设计简单实验测定化学反应速率。

一、选择题:本题共13小题,每小题只有一个选项符合题意。

1. 对于反应: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightleftharpoons \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$,下列说法正确的是 ()

- A. 用 HCl 和 CaCl_2 表示的反应速率数值不同,但所表示的意义相同
- B. 不能用 CaCO_3 的浓度变化来表示反应速率,但可用 H_2O 的浓度变化来表示
- C. 用 H_2O 和 CO_2 表示的化学反应速率相同
- D. 用 CaCl_2 浓度的减小表示其反应速率

2. 在 10 L 的密闭容器中投入 20 mol N_2 和 40 mol H_2 进行反应 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$, 2 min 末 N_2 的物质的量由 20 mol 减小到 8 mol,则 2 min 内用 H_2 的浓度变化表示的平均反应速率是 ()

- A. $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. $1.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- C. $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- D. $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

► 有关化学反应速率计算公式的分析 答案 P16

3. 反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 经过一段时间后, SO_3 的浓度增加了 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,在这段时间内,用 O_2 表示的反应速率为 $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,则这段时间为 ()

- A. 0.1 s B. 2.5 s C. 5 s D. 10 s

4. 已知: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。若反应速率分别用 $v(\text{NH}_3)$ 、 $v(\text{O}_2)$ 、 $v(\text{NO})$ 、 $v(\text{H}_2\text{O})$ 表示,则下列关系正确的是 ()

- A. $4v(\text{NH}_3) = 5v(\text{O}_2)$ B. $5v(\text{O}_2) = 6v(\text{H}_2\text{O})$
- C. $3v(\text{NH}_3) = 2v(\text{H}_2\text{O})$ D. $5v(\text{O}_2) = 4v(\text{NO})$

5. 某温度下,浓度都是 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的两种气体 X_2 和 Y_2 ,在密闭容器中反应生成气体 Z ,反应 2 min 后各物质浓度不再变化,测得参加反应的 X_2 的浓度为 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $v(\text{Y}_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,生成的 $c(\text{Z}) = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则该反应的化学方程式为 ()

- A. $3\text{X}_2(\text{g}) + \text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{X}_3\text{Y}(\text{g})$
- B. $2\text{X}_2(\text{g}) + \text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{X}_2\text{Y}(\text{g})$
- C. $\text{X}_2(\text{g}) + 2\text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{XY}_2(\text{g})$
- D. $\text{X}_2(\text{g}) + 3\text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{XY}_3(\text{g})$

6. (考前再做) 在不同条件下进行反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$,下列表示反应速率最大的是 ()

- A. $v(\text{O}_2) = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. $v(\text{SO}_2) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- C. $v(\text{SO}_3) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- D. $v(\text{O}_2) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

► 化学反应速率快慢的比较方法 答案 P16

7. 一定温度下,在 100 mL 溶液中发生反应 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HI} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$ 。已知某时刻 H_2O_2 的浓度为 $0.9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 20 s 后变为 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。下列叙述不正确的是 ()

- A. 20 s 内 $v(\text{H}_2\text{O}_2) = 0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- B. $v(\text{H}_2\text{O}_2) : v(\text{HI}) = 1 : 2$
- C. 20 s 内 H_2O 增加了 0.6 mol

D. 20 s 内 I_2 浓度增加 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

8. (学术探索情境) 飞秒化学对了解反应机理十分重要。 $C_2I_2F_4$ 光分解反应 $C_2I_2F_4 \xrightarrow{h\nu} \dot{C}F_2-\dot{C}F_2+2I\cdot$, 经过 $2 \times 10^{-15} \text{ s}$ 后 $C_2I_2F_4$ 的浓度减少 $6 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。下列说法正确的是 ()

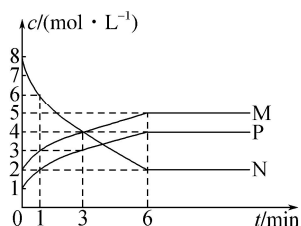
- A. 用 $I\cdot$ 表示的反应速率是 $6 \times 10^{10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 B. 在 $2 \times 10^{-15} \text{ s}$ 时, $I\cdot$ 浓度是 $C_2I_2F_4$ 浓度的 2 倍
 C. $2 \times 10^{-15} \text{ s}$ 末时 $C_2I_2F_4$ 的反应速率是 $3 \times 10^{10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 D. $\dot{C}F_2-\dot{C}F_2$ 、 $I\cdot$ 的速率关系:

$$v(\dot{C}F_2-\dot{C}F_2)=2v(I\cdot)$$

9. (考前再做) 已知反应: $2NO(g)+Br_2(g) \rightleftharpoons 2NOBr(g) \quad \Delta H=-a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} (a>0)$ 。一定条件下, 将 2 mol NO 和 2 mol Br_2 通入 2 L 的恒容密闭容器中, 反应进行 10 s 时, 测得生成 0.5 mol NOBr。下列说法正确的是 ()

- A. 0~10 s 内, $v(Br_2)=0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 B. 第 10 s 时, $v(NOBr)=0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 C. 第 10 s 时, NO 的浓度为 $0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 D. 0~10 s 内, NO(g) 与 $Br_2(g)$ 反应放出的热量为 a kJ

10. 一定温度下, 在恒容密闭容器中进行反应: $aN(g) \rightleftharpoons bM(g)+cP(g)$ 。N、M、P 的物质的量浓度随时间变化的曲线如图所示。则该反应中各物质的化学计量数 $a:b:c$ 为 ()



- A. 1:1:1
 B. 2:2:1
 C. 2:1:1
 D. 2:5:4

11. (学术探索情境) 反应 $2NO(g)+2H_2(g) \rightleftharpoons N_2(g)+2H_2O(g)$ 中, 每生成 14 g N_2 , 放出 332 kJ 热量, 该反应的速率表达式为 $v=k \cdot$

$c^m(NO) \cdot c^n(H_2)$ (k, m, n 待测), 其反应包含下列两步。

- ① $2NO+H_2 \rightleftharpoons N_2+H_2O_2$ (慢);
 ② $H_2O_2+H_2 \rightleftharpoons 2H_2O$ (快)。

T °C 时测得有关实验数据如下:

序号	$c(NO)/$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	$c(H_2)/$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	速率/ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)
I	0.006 0	0.001 0	1.8×10^{-4}
II	0.006 0	0.002 0	3.6×10^{-4}
III	0.001 0	0.006 0	3.0×10^{-5}
IV	0.002 0	0.006 0	1.2×10^{-4}

下列说法不正确的是 ()

- A. H_2O_2 是该反应的中间产物
 B. 该反应的快慢主要取决于第①步反应
 C. 该反应的速率表达式: $v=5\,000c^2(NO) \cdot c(H_2)$
 D. 该反应的热化学方程式为 $2NO(g)+2H_2(g) \rightleftharpoons N_2(g)+2H_2O(g) \quad \Delta H=-332 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

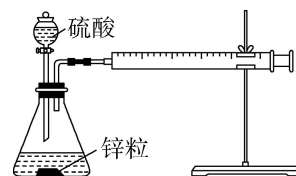
12. 已知分解 1 mol H_2O_2 放出热量 98 kJ, 在含少量 I^- 的溶液中, H_2O_2 分解的机理如下:

- ① $H_2O_2+I^- \rightarrow H_2O+IO^-$ 慢;
 ② $H_2O_2+IO^- \rightarrow H_2O+O_2+I^-$ 快。

下列有关该反应的说法正确的是 ()

- A. 反应放出 98 kJ 热量时会生成 0.5 mol O_2
 B. H_2O_2 的分解速率主要是由反应②决定的
 C. IO^- 是该反应的催化剂
 D. 由于催化剂的加入改变了该反应的反应热

13. (探究题) 某温度下按如图装置进行实验, 锥形瓶内盛有 6.5 g 锌粒 (颗粒大小基本相同), 通



过分液漏斗加入 40 mL $2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸溶液, 将产生的 H_2 收集在一个注射器中, 10 s 时恰好收集到气体 50 mL (折合成 0 °C、101 kPa 条件下为 44.8 mL)。下列说法不正确的是 ()

- A. 忽略锥形瓶内溶液体积的变化, 可以通过测定一定时间内硫酸浓度的变化来测定反应速率

- B. 忽略锥形瓶内溶液体积的变化,用 H^+ 表示
10 s 内该反应的速率为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- C. 忽略锥形瓶内溶液体积的变化,用 Zn^{2+} 表示
10 s 内该反应速率为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- D. 10 s 内,用 0°C 、101 kPa 下产生 H_2 的体积表示该反应的速率为 $4.48 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1}$

二、非选择题。

14. (探究题) 学习小组甲利用 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液和酸性 KMnO_4 溶液的反应探究“外界条件的改变对化学反应速率的影响”,进行了如下实验。

实验 序号	实验 温度/K	有关物质					溶液颜色 褪至无色 所需时 间/s
		酸性 KMnO_4 溶液		$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液		H_2O	
		V/mL	$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	V/mL	$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	V/mL	
A	293	2	0.02	4	0.1	0	t_1
B	T_1	2	0.02	3	0.1	V_1	8
C	313	2	0.02	V_2	0.1	1	t_2

- (1)通过实验 A、B,可探究出_____ (填外部因素)的改变对化学反应速率的影响,其中 $V_1 =$ _____, $T_1 =$ _____。
- (2)通过实验_____ (填实验序号)可探究出温度变化对化学反应速率的影响,其中 $V_2 =$ _____, t_2 _____ (填“=”“>”或“<”)8。
- (3)若 $t_1 < 8$,则由此实验可以得出的结论是_____。

专题3 水溶液中的离子反应

第一单元 弱电解质的电离平衡

限时小练14 强电解质和弱电解质 弱电解质的电离平衡

建议用时:35分钟 答案 P30

新课标要求

1. 能从强电解质和弱电解质的角度对化合物进行分类。
2. 能在理解化学平衡基本原理的基础上从宏观和微观两方面认识弱电解质的电离平衡,以及影响电离平衡移动的因素。
3. 学会运用电离平衡常数、电离度来描述弱酸、弱碱的电离程度。

一、选择题:本题共13小题,每小题只有一个选项符合题意。

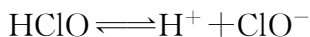
1. 下表中物质的分类组合完全正确的是 ()

选项	A	B	C	D
强电解质	Ba(OH) ₂	盐酸	HClO ₄	BaSO ₄
弱电解质	HI	CaCO ₃	HClO	NH ₃ ·H ₂ O
非电解质	SO ₂	NH ₃	Cl ₂	乙醇

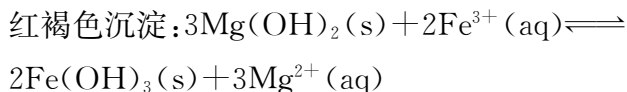
常见的强电解质 答案 P30

2. “宏观辨识与微观探析”是化学学科核心素养之一。下列解释事实的方程式不正确的是 ()

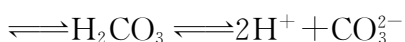
A. 0.1 mol·L⁻¹次氯酸消毒液的 pH 约为 4:



B. 向 Mg(OH)₂ 悬浊液中滴加 FeCl₃ 溶液,出现红褐色沉淀:



C. 溶有 CO₂ 的雨水的 pH 约为 5.6:



D. 铅蓄电池放电时的总反应: Pb + PbO₂ + 2H₂SO₄ = 2PbSO₄ + 2H₂O

电离方程式书写的注意事项 答案 P30

3. (探究题) 下列实验操作或做法能比较次氯酸与醋酸酸性强弱的是 ()

- A. 用 pH 试纸分别测定 0.10 mol·L⁻¹ 的次氯酸和醋酸的 pH
- B. 相同条件下,分别测定等物质的量浓度的次氯酸和醋酸的导电能力
- C. 将醋酸和氯水分别加入 NaHCO₃ 溶液,观察

是否有气泡产生

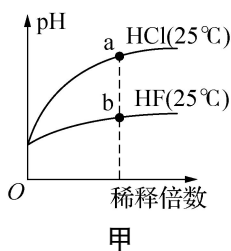
D. 查阅资料,看醋酸和次氯酸沸点的高低

判断 HA 酸性强弱的方法 答案 P31

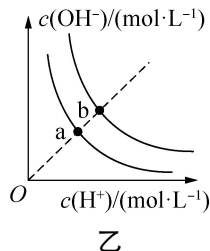
4. (考前再做) 在 100 mL 0.1 mol·L⁻¹ CH₃COOH 溶液中,欲使 CH₃COOH 的电离程度和溶液的 pH 都增大,可采用的方法是 ()

- A. 微热
- B. 加少量 1 mol·L⁻¹ 盐酸
- C. 加少量 CH₃COONa 固体
- D. 加少量水

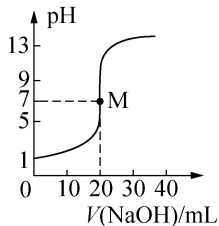
5. 下列图示与对应的叙述相符的是 ()



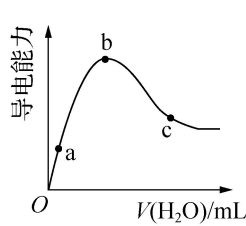
甲



乙



丙



丁

- A. 图甲表示 HF 溶液和 HCl 溶液稀释时的 pH 变化曲线,由图可知, HF 属于强酸
- B. 若图乙表示不同温度下水溶液中 H⁺ 和 OH⁻ 的浓度变化曲线,则图中 a 点对应温度高于 b 点
- C. 若图丙表示 NaOH 溶液滴定 HCl 溶液的滴定

曲线,则图中 M 点水的电离程度最大

- D. 若图丁表示一定温度下向冰醋酸中加水后溶液导电能力的变化曲线,则图中 a、b、c 三点 CH_3COOH 的电离程度: $a < c < b$

6. HClO_4 、 H_2SO_4 、 HCl 和 HNO_3 都是强酸,其酸性在水溶液中差别不大。下表是某温度下这四种酸在冰醋酸中的电离常数,依据表中数据判断以下说法不正确的是 ()

酸	HClO_4	H_2SO_4	HCl	HNO_3
K_a	1.6×10^{-5}	6.3×10^{-9}	1.6×10^{-9}	4.2×10^{-10}

- A. 在冰醋酸中这四种酸都没有完全电离
B. 在冰醋酸中 HClO_4 是这四种酸中最强的酸
C. 在冰醋酸中 H_2SO_4 的电离方程式为 $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
D. 水对于这四种酸的强弱没有区分能力,但冰醋酸可以区分这四种酸的强弱

7. (考前再做) 常温下,下列关于 1 L $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水的说法正确的是 ()

- A. 加入少量稀盐酸,促进 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 电离,溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 增大
B. 加入少量蒸馏水,溶液中 $n(\text{NH}_4^+)$ 增大,但 $c(\text{OH}^-)$ 减小
C. 加入少量 NaOH 固体,抑制 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 电离,溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 减小
D. 加入少量 NH_4Cl 固体,抑制 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 电离, K_b 减小

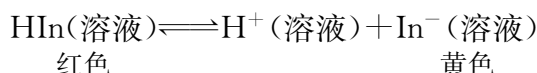
8. (日常生活情境) 正常血液 pH 范围是 7.35~7.45,小于 7.2 引起酸中毒。 $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ 缓冲体系可稳定血液的 pH,其缓冲作用可表示为 $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$, H_2CO_3 的 $K_{a1} = 4.5 \times 10^{-7}$ 。下列说法错误的是 ()

- A. 缓冲体系中增加少量强酸时, $\frac{n(\text{H}_2\text{CO}_3)}{n(\text{HCO}_3^-)}$ 变大
B. 缓冲体系中加入少量强碱时,主要反应为 $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

C. 血浆中 $\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 4.5$ 时,会引起酸中毒

D. 酸中毒时,可以注射少量 NaHCO_3 溶液缓解症状

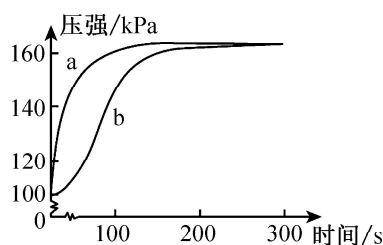
9. 化合物 HIn 在水溶液中因存在以下电离平衡,故可用作酸碱指示剂。



浓度为 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的下列各溶液:①盐酸,②石灰水,③ NaCl 溶液,④ NaHSO_4 溶液,⑤ NaHCO_3 溶液,⑥氨水,其中能使指示剂显红色的是 ()

- A. ②⑤⑥
B. ①④
C. ①④⑤
D. ②③⑥

10. 向两个完全相同的恒容密闭容器中各加入 0.048 g Mg ,然后用注射器向上述两个密闭容器中分别注入 2 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸、2 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 醋酸,测得上述密闭容器内气体的压强随时间的变化如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 两个反应均为吸热反应
B. 曲线 a 为醋酸与镁反应的变化曲线
C. 相同时间段内,盐酸生成的气体更少
D. 两个反应的反应速率除了与酸的强弱有关外,还与反应过程中产生的热量有关

11. 下列有关电解质溶液的说法正确的是 ()

- A. 向 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液中加入少量水,溶液中 $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 减小
B. 向 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水中加入少量 NaOH 固体,则溶液中 $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 减小
C. 40°C 时,向氨水中不断通入 CO_2 ,随着 CO_2 的

通入, $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 不断增大

- D. 等体积、等浓度的盐酸和醋酸分别与过量的锌片反应, 醋酸产生的 H_2 较少

12. (考前再做) 常温下, 几种弱酸的电离常数如表所示。

酸	HClO	H_2CO_3	H_2SO_3	HCN
K_a	3.0×10^{-8}	$K_1 = 4.3 \times 10^{-7},$ $K_2 = 5.6 \times 10^{-11}$	$K_1 = 1.5 \times 10^{-2},$ $K_2 = 1.0 \times 10^{-7}$	4.9×10^{-10}

下列离子方程式正确的是 ()

- A. 向“84”消毒液中通入少量 CO_2 : $2\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 2\text{HClO}$
- B. 向漂粉精溶液中通入少量 SO_2 : $\text{Ca}^{2+} + 2\text{ClO}^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CaSO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$
- C. 向 KCN 溶液中通入少量 SO_2 : $\text{CN}^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{HSO}_3^-$
- D. 向 Na_2SO_3 溶液中通入少量 CO_2 : $\text{SO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{HSO}_3^-$

13. 25 °C 时, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 醋酸溶液中电离平衡常数 $K_a = 1.7 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 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, $c(\text{H}^+)$ 减小
- B. 向该溶液中加入少量 CH_3COONa 固体, $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 减小
- C. 该温度下 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 醋酸溶液的 $K_a < 1.7 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. 升高温度, $c(\text{H}^+)$ 增大, K_a 变大

二、非选择题。

14. I. 磷能形成多种含氧酸, 在工业和生产、生活中用途广泛。

- (1) 次磷酸 (H_3PO_2) 是一种精细化工产品, 向 10 mL H_3PO_2 溶液中加入 20 mL 等物质的量浓度的 NaOH 溶液后, 所得的溶液中只有 H_2PO_2^- 、 OH^- 两种阴离子。

①写出 H_3PO_2 溶液与足量 NaOH 溶液反应

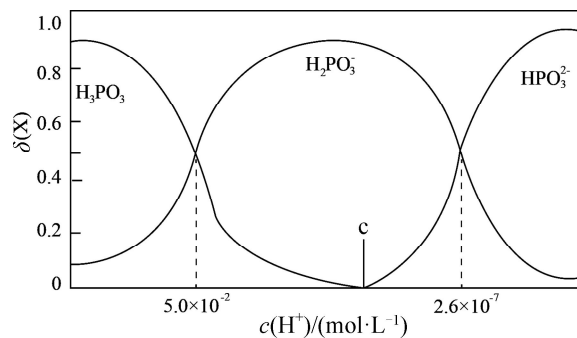
生成的盐的化学式: _____。

②常温下, $K(\text{H}_3\text{PO}_2) = 5.9 \times 10^{-2}$, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_3PO_2 溶液在加水稀释过程中, 下列表达式的数值一定变小的是 _____ (填字母)。

- A. $c(\text{H}^+)$
- B. $\frac{c(\text{H}_3\text{PO}_2)}{c(\text{H}^+)}$
- C. $\frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{H}_2\text{PO}_2^-)}{c(\text{H}_3\text{PO}_2)}$

(2) 亚磷酸 (H_3PO_3) 是二元中强酸, 25 °C 时亚磷酸的电离常数为 $K_1 = 5.0 \times 10^{-2}$, $K_2 = 2.6 \times 10^{-7}$ 。亚磷酸溶液中的 H_3PO_3 、 H_2PO_3^- 、 HPO_3^{2-} 的物质的量分数 $\delta(\text{X})$ 随 $c(\text{H}^+)$ 的变化如图所示。

已知: $\delta(\text{X}^{2-}) = \frac{c(\text{X}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{X}) + c(\text{HX}^-) + c(\text{X}^{2-})}$ 。



图像中 c 点存在 $c(\text{H}_3\text{PO}_3) = c(\text{HPO}_3^{2-})$, c 点对应的 $c(\text{H}^+) =$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (只列出计算式)。

(3) 25 °C 时, HF 的电离常数为 $K = 3.6 \times 10^{-4}$; H_3PO_4 的电离常数为 $K_1 = 7.5 \times 10^{-3}$, $K_2 = 6.2 \times 10^{-8}$, $K_3 = 4.4 \times 10^{-13}$ 。足量 NaF 溶液和 H_3PO_4 溶液反应的离子方程式为 _____。

II. 在一定温度下, 有 a. 盐酸; b. 硫酸; c. 醋酸三种酸。

(4) 同体积、同物质的量浓度的三种酸, 中和 NaOH 的能力由大到小的顺序是 _____ (用字母表示, 下同)。

(5) 将 $c(\text{H}^+)$ 相同的三种酸均加水稀释至原来的 100 倍后, $c(\text{H}^+)$ 由大到小的顺序是 _____。