

第三节 金属的腐蚀与防护

[核心素养发展目标] 1.科学探究与创新意识：通过实验科学探究金属腐蚀的本质及其原因，认识金属腐蚀的主要类型，能正确书写析氢腐蚀和吸氧腐蚀的电极反应式。2.科学态度与社会责任：认识金属腐蚀产生的危害和影响，树立防止金属腐蚀的意识，熟知金属腐蚀常用的防护方法。

一、金属的腐蚀

1. 金属的腐蚀

(1)概念：金属或合金与周围的气体或液体发生氧化还原反应而引起损耗的现象。其实质是金属原子失去电子变为阳离子，金属发生氧化反应。

(2)根据与金属接触的气体或液体不同，金属腐蚀可分为两类：

①化学腐蚀：金属与其表面接触的一些物质(如 O_2 、 Cl_2 、 SO_2 等)直接反应而引起的腐蚀。腐蚀的速率随温度升高而加快。

②电化学腐蚀：当不纯的金属与电解质溶液接触时会发生原电池反应，比较活泼的金属发生氧化反应而被腐蚀。

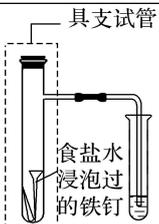
特别提醒 金属腐蚀过程中，电化学腐蚀和化学腐蚀同时发生，但绝大多数属于电化学腐蚀，且比化学腐蚀的速率大得多。

2. 钢铁的电化学腐蚀

类别 项目	析氢腐蚀	吸氧腐蚀
图形描述		
条件	水膜酸性较强	水膜酸性很弱或呈中性
负极	$Fe - 2e^- = Fe^{2+}$	
正极	$2H^+ + 2e^- = H_2 \uparrow$	$O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$
总反应	$Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2 \uparrow$	$2Fe + O_2 + 2H_2O = 2Fe(OH)_2$
后续反应	最终生成铁锈(主要成分为 $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$)，反应如下： $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$ ， $2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 \cdot xH_2O + (3-x)H_2O$	
联系	通常两种腐蚀同时存在，但后者更普遍	

3.实验探究：电化学腐蚀

(1)

实验操作	实验现象	实验解释
	导管中液面上升	装置中铁、碳和饱和食盐水构成原电池，铁钉发生吸氧腐蚀

(2)

实验操作	实验现象	实验解释
	①试管中产生气泡的速率快	Zn与CuSO ₄ 反应生成Cu, Zn、Cu和稀盐酸构成原电池，形成电化学腐蚀，速率更快

【正误判断】

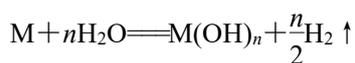
- (1)无论化学腐蚀还是电化学腐蚀，金属的腐蚀都是金属失电子被氧化的过程(√)
- (2)因为CO₂普遍存在，所以钢铁腐蚀以析氢腐蚀为主(×)
- (3)铜在酸性条件也可以发生析氢腐蚀(×)
- (4)纯铁不易腐蚀，生铁易腐蚀，是因为生铁中含碳能形成原电池发生电化学腐蚀(√)
- (5)铁的电化学腐蚀负极反应为 $\text{Fe}-3\text{e}^{-}=\text{Fe}^{3+}$ (×)

易错提醒 Fe在电化学反应中， $\text{Fe}-2\text{e}^{-}\rightarrow\text{Fe}^{2+}$ ，而不直接生成 Fe^{3+} ； $\text{Fe}^{3+}-\text{e}^{-}\rightarrow\text{Fe}^{2+}$ ，而不能直接生成Fe。

【应用体验】

1. 下列关于金属腐蚀的说法正确的是()

A. 金属在潮湿空气中腐蚀的实质是：



B. 金属的化学腐蚀的实质是： $\text{M}-n\text{e}^{-}=\text{M}^{n+}$ ，电子直接转移给氧化剂

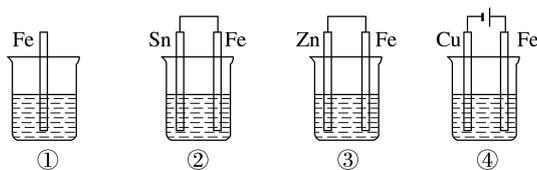
C. 金属的化学腐蚀必须在酸性条件下进行

D. 在潮湿的环境中，金属的电化学腐蚀一定是析氢腐蚀

答案 B

解析 金属腐蚀的实质是金属失去电子，在酸性较强的电解质溶液中发生析氢腐蚀放出H₂，而在中性或酸性较弱的电解质溶液中发生吸氧腐蚀，析氢腐蚀和吸氧腐蚀均属于电化学腐蚀。

2. 下图所示的各容器中均盛有海水, 铁在其中被腐蚀时由快到慢的顺序是_____。



答案 ④>②>①>③

解析 当电解质溶液相同时, 同一金属腐蚀的快慢是电解池的阳极>原电池的负极>化学腐蚀>原电池的正极>电解池的阴极。本题中, 铁腐蚀由快到慢的顺序为④>②>①>③。

■ 归纳总结 ■

金属腐蚀快慢的判断方法

- (1)在同一电解质溶液中, 金属腐蚀由快到慢的顺序为: 电解池的阳极>原电池的负极>化学腐蚀>原电池的正极>电解池的阴极。
- (2)同一种金属在不同介质中腐蚀由快到慢的顺序为强电解质溶液>弱电解质溶液>非电解质溶液。
- (3)对同一种电解质溶液来说, 电解质溶液浓度越大, 金属腐蚀越快。
- (4)金属活泼性差别越大, 活泼性强的金属腐蚀越快。

二、金属的防护

金属的防护主要从金属、与金属接触的物质及两者反应的条件等方面来考虑。

1. 改变金属材料的组成

在金属中添加其他金属或非金属制成性能优异的合金。如普通钢加入镍、铬制成不锈钢, 钛合金不仅具有优异的抗腐蚀性能且具有良好的生物相容性。

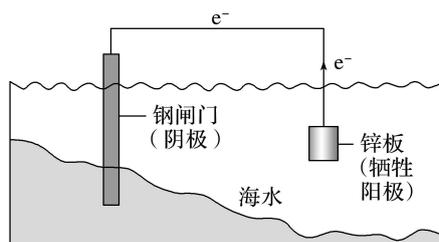
2. 在金属表面覆盖保护层

在金属表面覆盖致密的保护层, 将金属制品与周围物质隔开是一种普遍采用的防护方法。如, 在钢铁制品表面喷油漆、涂矿物性油脂、覆盖搪瓷等; 电镀锌、锡、铬、镍等, 利用化学方法、离子注入法、表面渗镀等方式在金属表面形成稳定的钝化膜。

3. 电化学保护法

金属在发生电化学腐蚀时, 总是作为原电池负极(阳极)的金属被腐蚀, 作为正极(阴极)的金属不被腐蚀, 如果能使被保护的金属成为阴极, 就不易被腐蚀。

(1)牺牲阳极法



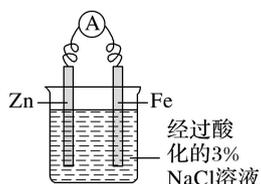
原理: 原电池原理

要求：被保护的金属作正极，活泼性更强的金属作负极。

应用：锅炉内壁、船舶外壳、钢铁闸门安装镁合金或锌块

实验探究一

如图装置反应一段时间后，往 Fe 电极区滴入 2 滴黄色 $K_3[Fe(CN)_6]$ (铁氰化钾) 溶液，观察实验现象。



已知 Fe^{2+} 与 $[Fe(CN)_6]^{3-}$ 反应生成带有特征蓝色的 $KFe[Fe(CN)_6]$ 沉淀。

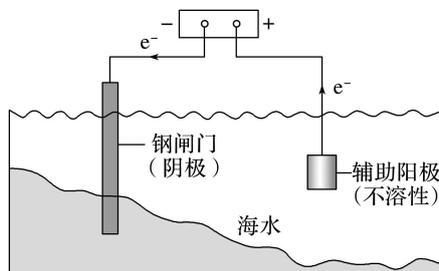
实验装置	电流表	阳极(负极区)	阴极(正极区)
现象	指针偏转	Zn 溶解	有气泡产生，无蓝色沉淀生成
有关反应	—	$Zn - 2e^- = Zn^{2+}$	$2H^+ + 2e^- = H_2 \uparrow$
结论	溶液中不含 Fe^{2+} ，铁作正极未被腐蚀		

实验探究二：

培养皿中放入含有 NaCl 的琼脂，并注入 5~6 滴酚酞和 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液，取两个 2~3 cm 的铁钉，用砂纸擦光，将裹有锌皮的铁钉放入 a，缠有铜丝的铁钉放入 b。

实验装置		
现象	铁钉周围变红	铁钉周围生成蓝色沉淀，铜丝周围变红
结论	铁作为负极时易腐蚀，作为正极时未腐蚀	

(2)外加电流法



原理：电解池原理

要求：被保护的金属作为阴极，与电源的负极相连

应用：钢铁闸门，高压线铁架，地下管道连接直流电源的负极。

【正误判断】

- (1)牺牲阳极法利用的是电解池原理(×)
(2)在铁制品表面镀锌,是为了防止铁制品的腐蚀,而且镀层有损坏,仍可对铁制品起到保护作用(√)
(3)铁制品涂油脂、喷油漆是为了隔绝铁与氧气的接触,起到保护铁制品的作用(√)
(4)铁闸门可与外加电源的正极相连,起到保护作用(×)
(5)原电池反应是导致金属腐蚀的主要原因,故不能用来减缓金属的腐蚀(×)

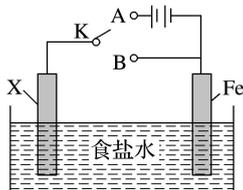
【应用体验】

1. 下列有关金属铁的腐蚀与防护,说法正确的是()
A. 在钢铁表面进行发蓝处理,生成四氧化三铁薄膜保护金属
B. 当镀锡铁和镀锌铁镀层破损时,后者更易被腐蚀
C. 铁与电源正极连接可实现电化学保护
D. 阳极氧化处理铝制品生成致密的保护膜属于电化学保护法

答案 A

解析 A项,四氧化三铁的致密保护膜可防止腐蚀,正确;B项,由于金属活动性 $Zn > Fe > Sn$,所以镀锡铁镀层破损时,Fe作原电池的负极首先被腐蚀,而镀锌铁镀层破损时,由于Fe作正极,被腐蚀的是活动性强的Zn,Fe被保护起来,因此当镀锡铁和镀锌铁镀层破损时,前者更易被腐蚀,错误;C项,铁与电源负极连接可实现电化学保护,错误。

2. 下列对如图所示的实验装置的判断中错误的是()



- A. 若X为碳棒,开关K置于A处可减缓铁的腐蚀
B. 若X为锌棒,开关K置于A或B处均可减缓铁的腐蚀
C. 若X为锌棒,开关K置于B处时,为牺牲阳极法
D. 若X为碳棒,开关K置于B处时,铁电极上发生的反应为 $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2 \uparrow$

答案 D

解析 若X为碳棒,开关K置于A处,Fe为电解池的阴极,属于外加电流法,A项正确;若X为碳棒,开关K置于B处,Fe为原电池的负极,电极反应为 $Fe - 2e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$,D项不正确;若X为锌棒,K置于A处,Fe为电解池的阴极,属于外加电流法,K置于B处时,Fe为原电池的正极,属于牺牲阳极法,B项和C项均正确。

随堂演练 知识落实

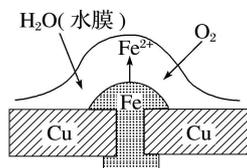
1. 下列有关金属电化学腐蚀的说法正确的是()

- A. 铜既可以发生析氢腐蚀也可以发生吸氧腐蚀
- B. 铁只能发生析氢腐蚀
- C. 铜只能发生吸氧腐蚀
- D. 析氢腐蚀比吸氧腐蚀普遍

答案 C

解析 在金属活动性顺序中,铜排在氢之后,铜不能将氢气置换出来,所以不能发生析氢腐蚀,只能发生吸氧腐蚀,故A项错误,C项正确;铁既可以发生析氢腐蚀也可以发生吸氧腐蚀,故B错误;在自然界中,吸氧腐蚀比析氢腐蚀普遍,故D错误。

2. 铜板上铁铆钉的吸氧腐蚀原理如图所示。下列说法正确的是()

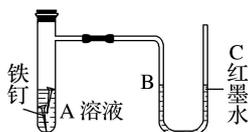


- A. 正极电极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$
- B. 此过程中还涉及反应 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$
- C. 此过程中 Fe、Cu 均被腐蚀
- D. 此过程中电流从 Fe 流向 Cu

答案 B

解析 铁铆钉吸氧腐蚀的正极电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$,铜作正极不被腐蚀,电子从负极通过导线流向正极。

3. (2019·福建上杭第一中学高二上10月月考)如图所示是探究铁发生腐蚀的装置图,下列说法正确的是()



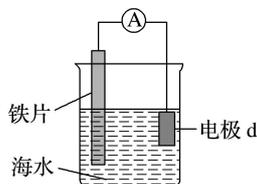
- A. 若 B 处液面上升, A 溶液可能是酸性溶液
- B. 若 A 为 NaCl 溶液, B、C 液面始终保持不变
- C. 可能产生 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
- D. 腐蚀的总反应式一定是 $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_2$

答案 C

解析 析氢腐蚀的总反应为 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$,使 B 处液面下降,则 A 溶液不可能是酸性溶液,A项错误;若 A 为 NaCl 溶液,则发生吸氧腐蚀,B 处液面上升,B项错误;发生吸氧腐蚀, $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_2$, $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 部分

脱水，氧化产物变为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，C 项正确；如果是析氢腐蚀，总反应为 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ，D 项错误。

4. 研究电化学腐蚀及防护的装置如图所示。下列有关说法错误的是()



- A. 若 d 为石墨，则铁片腐蚀加快
- B. 若 d 为石墨，则石墨上电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$
- C. 若 d 为锌块，则铁片不易被腐蚀
- D. 若 d 为锌块，则铁片上电极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$

答案 D

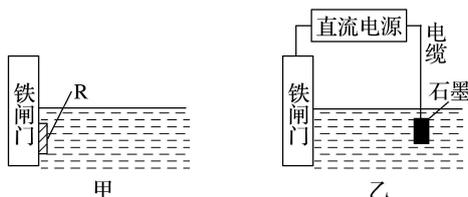
解析 A 项，由于活动性 $\text{Fe} > \text{石墨}$ ，所以铁、石墨及海水构成原电池，Fe 为负极，失去电子被氧化变为 Fe^{2+} 进入溶液，溶解在海水中的氧气在正极石墨上得到电子被还原，与没有形成原电池时相比，铁片的腐蚀速率加快，正确；B 项，d 为石墨，由于电解质溶液为中性环境，所以发生的是吸氧腐蚀，石墨电极上氧气得到电子，发生还原反应，电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ ，正确；C 项，d 为锌块，由于金属活动性 $\text{Zn} > \text{Fe}$ ，Zn 为原电池的负极，Fe 为正极，首先被腐蚀的是 Zn，Fe 得到保护，铁片不易被腐蚀，正确；D 项，d 为锌块，由于电解质溶液为中性环境，发生的是吸氧腐蚀，铁片上电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ ，错误。

5. 钢铁很容易生锈而被腐蚀，每年因腐蚀而损失的钢铁占世界钢铁年产量的四分之一。请回答下列问题：

(1) 钢铁腐蚀主要是吸氧腐蚀，写出该腐蚀过程中的电极反应式：负极：_____，正极：_____。

(2) 为了降低某水库铁闸门的腐蚀速率，可以采用图甲所示的方案，其中焊接在铁闸门上的固体材料 R 可以采用_____ (填字母)。

- A. 铜 B. 钠 C. 锌 D. 石墨



(3) 图乙所示的方案也可以降低铁闸门的腐蚀速率，其中铁闸门应该连接在直流电源的_____极上。

答案 (1) $2\text{Fe} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}$ $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ (2) C (3) 负

解析 (1)发生吸氧腐蚀时,负极上Fe失去电子,正极上O₂得到电子。(2)铁闸门上连接比较活泼的金属时,活泼的金属作负极被氧化,Fe作正极被保护,属于牺牲阳极法。Na与水会剧烈反应,本题应该选用锌。(3)图乙所示方案属于外加电流法,需把被保护的铁闸门连接在直流电源的负极上。

课时对点练

☑对点训练

题组一 金属的腐蚀

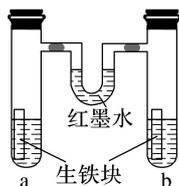
1. 下列关于金属腐蚀的叙述正确的是()

- A. 金属被腐蚀的本质是 $M + nH_2O \rightleftharpoons M(OH)_n + \frac{n}{2}H_2 \uparrow$
- B. 马口铁(镀锡铁)镀层破损后,首先是镀层被氧化
- C. 金属在一般情况下发生的电化学腐蚀主要是吸氧腐蚀
- D. 常温下,置于空气中的金属主要发生化学腐蚀

答案 C

解析 金属腐蚀的本质是金属原子失去电子被氧化为金属阳离子: $M - ne^- \rightleftharpoons M^{n+}$, A项错误;马口铁的镀层破损后,Sn、Fe形成原电池,发生电化学腐蚀,则铁先被腐蚀, B项错误;常温下,空气中的金属主要发生电化学腐蚀中的吸氧腐蚀, C项正确, D项错误。

2.如图装置中,U形管内为红墨水,a、b试管内分别盛有食盐水和氯化铵溶液,各加入生铁块,放置一段时间。下列有关描述错误的是()



- A. 生铁块中的碳是原电池的正极
- B. 红墨水水柱两边的液面变为左低右高
- C. 两试管中相同的电极反应式是 $Fe - 2e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$
- D. a试管中发生了吸氧腐蚀,b试管中发生了析氢腐蚀

答案 B

解析 a试管中为中性环境,发生吸氧腐蚀,氧气被消耗,气体压强减小;b试管中酸性较强,发生析氢腐蚀,有氢气放出,气体压强增大,所以红墨水水柱两边的液面变为左高右低,故B项错。

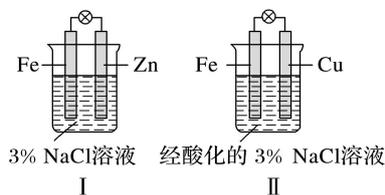
3.我国某大城市今年夏季多次降下酸雨。据环保部门测定,该城市整个夏季酸雨的pH平均值为3.2。在这种环境中的铁制品极易被腐蚀。对此条件下铁的腐蚀的叙述不正确的是()

- A. 此腐蚀过程有化学腐蚀也有电化学腐蚀
 B. 发生电化学腐蚀时，正极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$
 C. 在电化学腐蚀过程中有氢气产生
 D. 发生电化学腐蚀时，负极反应式为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$

答案 B

解析 金属铁的腐蚀中，金属铁可以和溶液中的氢离子直接发生化学腐蚀，铁制品中含有铁和碳，再加上电解质环境，具备了原电池的构成条件，也会发生电化学腐蚀，故 A 正确；发生电化学腐蚀时，碳作正极，溶液中的氢离子得电子生成氢气，正极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$ ，故 B 错误，C 正确；发生电化学腐蚀时，铁作负极，电极反应式为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，故 D 正确。

4. 结合下图判断，下列叙述正确的是()

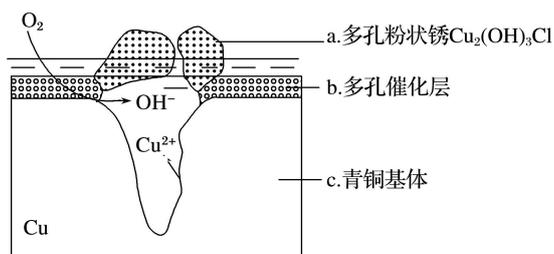


- A. I 和 II 中正极均被保护
 B. I 和 II 中负极反应均是 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$
 C. I 和 II 中正极反应均是 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$
 D. I 和 II 中分别加入少量 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液，均有蓝色沉淀

答案 A

解析 两个装置均为原电池，负极都是活泼金属，根据原电池原理可知：原电池的正极金属受到保护，A 正确；I 中负极为活泼金属 Zn，B 错误；II 中是酸性溶液，电极反应中不能有 OH^- 生成，C 错误；I 中无 Fe^{2+} 生成，不能生成铁氰化亚铁沉淀，D 错误。

5. [2019·福建八县(市)一中期末]宝鸡被誉为“青铜器之乡”，出土了大盂鼎、毛公鼎、散氏盘等五万余件青铜器。研究青铜器(含 Cu、Sn 等)在潮湿环境中发生的腐蚀对于文物保护和修复有重要意义。下图为青铜器在潮湿环境中发生电化学腐蚀的原理示意图，下列说法不正确的是()



- A. 青铜器发生电化学腐蚀，图中 c 作负极
 B. 潮湿环境中 Cl^- 浓度大时有利于多孔粉状锈的生成

C. 若生成 0.2 mol $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$, 则消耗的 O_2 体积为 4.48 L

D. 环境中的 Cl^- 与正、负两极反应的产物作用生成 a 的离子方程式为 $2\text{Cu}^{2+} + 3\text{OH}^- + \text{Cl}^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} \downarrow$

答案 C

解析 根据题图知, 氧气得电子生成氢氧根离子、Cu 失电子生成铜离子, 发生吸氧腐蚀, 腐蚀过程中 c 作负极, A 项正确; 潮湿环境中的 Cl^- 与正极反应产物氢氧根离子和负极反应产物铜离子作用生成多孔粉状锈 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$, 离子方程式为 $2\text{Cu}^{2+} + 3\text{OH}^- + \text{Cl}^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} \downarrow$, 潮湿环境中 Cl^- 浓度大时, 有利于多孔粉状锈的生成, B、D 项正确; 未指明是否为标准状况, 无法计算消耗的 O_2 体积, C 项错误。

题组二 金属腐蚀的防护方法

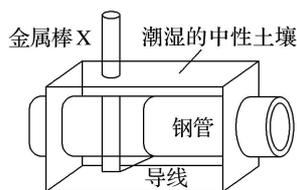
6. 下列防护措施中属于电化学保护法的是()

- A. 用氧化剂使金属表面生成致密稳定的氧化物保护膜
- B. 在金属中加入一些铬或者镍制成合金
- C. 在轮船的船壳水线以下部分, 装上一锌锭
- D. 在金属表面喷漆

答案 C

解析 在轮船的船壳水线以下部分装上锌锭, 能形成铁锌原电池, 锌为负极, 被腐蚀, 铁被保护。

7. (2020·大庆调研)埋在地下钢管常用如图所示的方法加以保护, 使其免受腐蚀。下列说法正确的是()

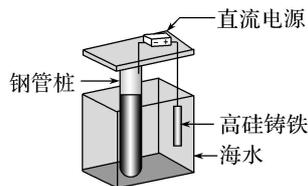


- A. 金属棒 X 的材料可能为铜
- B. 金属棒 X 的材料可能为钠
- C. 钢管附近土壤的 pH 可能会上升
- D. 这种方法称为外加电流法

答案 C

解析 图中没有外加电源, 故为牺牲阳极法, D 项错误; X 的活泼性应大于铁的活泼性, 但金属钠的活泼性太强, 能与土壤中的 H_2O 直接反应, 故 X 的材料不可能是铜、钠, A、B 项错误; O_2 在钢管处得电子, 发生还原反应: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$, 故钢管附近土壤的 pH 可能会上升, C 项正确。

8. (2017·全国卷 I, 11)支撑海港码头基础的钢管桩, 常用外加电流的阴极保护法进行防腐, 工作原理如图所示, 其中高硅铸铁为惰性辅助阳极。下列有关表述不正确的是()



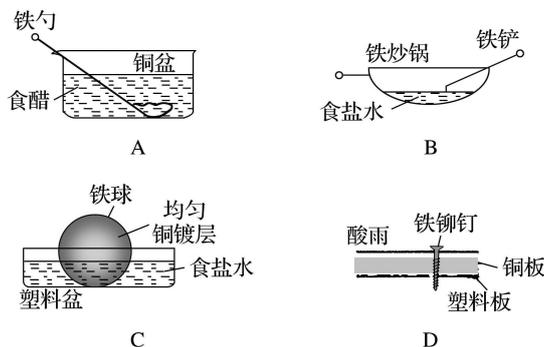
- A. 通入保护电流使钢管桩表面腐蚀电流接近于零
- B. 通电后外电路电子被强制从高硅铸铁流向钢管桩
- C. 高硅铸铁的作用是作为损耗阳极材料和传递电流
- D. 通入的保护电流应该根据环境条件变化进行调整

答案 C

解析 钢管桩接电源的负极, 高硅铸铁接电源的正极, 通电后, 外电路中的电子从高硅铸铁(阳极)流向正极, 从负极流向钢管桩(阴极), A、B 正确; C 项, 题给信息高硅铸铁为“惰性辅助阳极”不损耗, 错误。

题组三 金属腐蚀快慢的比较

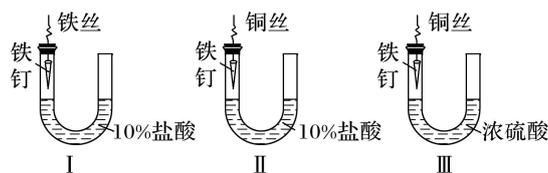
9. 相同材质的铁在图中的四种情况下最不易被腐蚀的是()



答案 C

解析 A 项, 食醋提供电解质溶液环境, 铁勺和铜盆是相互接触的两个金属板, 形成原电池, 铁是活泼金属作负极; B 项, 食盐水提供电解质溶液环境, 铁炒锅和铁铲都是铁碳合金, 符合原电池形成的条件, 铁是活泼金属作负极, 碳作正极; D 项, 酸雨提供电解质溶液环境, 铁铆钉和铜板分别作负、正极, 形成原电池; 在上述三种情况中, 都是铁作负极, 铁容易被腐蚀; C 项, 铜镀层将铁球覆盖, 使铁被保护, 所以铁不易被腐蚀。

10. 为研究金属腐蚀的条件和速率, 某课外小组学生用金属丝将三根大小相同的铁钉分别固定在图示的三个装置中, 再放置于玻璃钟罩里保存一星期后, 下列对实验结束时的现象描述不正确的是()



- A. 装置 I 左侧的液面一定会下降
 B. 装置 I 左侧液面比装置 II 的低
 C. 装置 II 中的铁钉腐蚀最严重
 D. 装置 III 中的铁钉几乎没被腐蚀

答案 B

解析 II 中铁钉与铜丝相连，金属活动性相差较大，且用挥发性盐酸，因此装置 II 中的铁钉腐蚀最严重，C 选项正确；I 中虽然也用了盐酸，但铁钉与铁丝相连，腐蚀不及 II，由于均发生了 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ ，I 和 II 中均生成了气体，液面都会下降，装置 II 的左侧液面比装置 I 的左侧液面低，A 选项正确，B 选项错误；III 中浓硫酸吸水，从而使铁钉处在干燥空气中几乎不腐蚀，D 选项正确。

11. 下列与金属腐蚀有关的说法，正确的是()

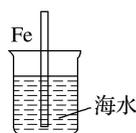


图 1

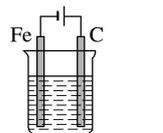


图 2



图 3

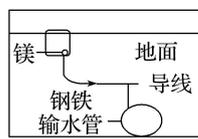


图 4

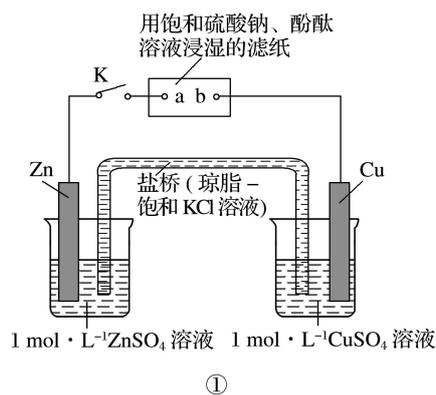
- A. 图 1 中，插入海水中的铁棒，越靠近底端腐蚀越严重
 B. 图 2 中，插入溶液中的铁棒容易溶解，主要是发生电化学腐蚀
 C. 图 3 中，燃气灶的中心部位容易生锈，主要是由于高温下铁发生化学腐蚀
 D. 图 4 中，用牺牲镁块的方法来防止地下钢铁管道的腐蚀，镁块相当于原电池的阴极

答案 C

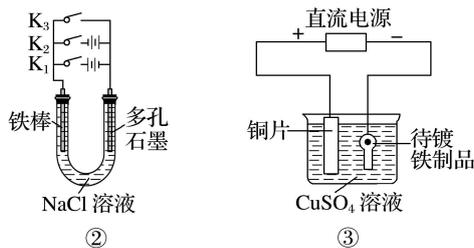
解析 A 项，水面附近的铁接触的氧气多，容易腐蚀，错误；B 项，铁作为阴极受保护，不容易腐蚀，错误；C 项，高温下铁被氧化，正确；D 项，镁块为原电池的负极，生活中一般用锌块，因为镁容易形成致密氧化膜，错误。

综合强化

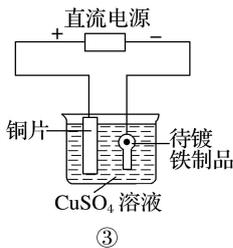
12. (2019·吉林白城一中高二上期末)下列装置图有关说法正确的是()



①



②



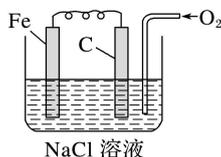
③

- A. 装置①中 K 键闭合时，片刻后 CuSO_4 溶液中 $c(\text{Cl}^-)$ 增大
 B. 装置①中 K 键闭合时，片刻后可观察到滤纸 a 附近变红色
 C. 装置②中铁腐蚀的速率由大到小的顺序是只闭合 $\text{K}_1 >$ 只闭合 $\text{K}_3 >$ 只闭合 $\text{K}_2 >$ 都断开
 D. 装置③中当铁制品上析出 1.6 g 铜时，电源负极输出的电子数为 $0.025N_A$

答案 B

解析 装置①K 键闭合后，形成原电池，锌为负极，铜为正极，原电池中阴离子向负极移动，则 Cl^- 向 ZnSO_4 溶液移动，A 项错误；装置①中 K 键闭合时，a 极为阴极，阴极氢离子放电同时生成氢氧根离子，所以 a 附近变红色，B 项正确；Fe 作阳极被腐蚀，作阴极被保护，装置②中，只闭合 K_1 ，铁作阳极被腐蚀；只闭合 K_2 ，铁作阴极被保护；只闭合 K_3 ，铁作负极被腐蚀；所以铁腐蚀的速率由大到小的顺序是只闭合 $\text{K}_1 >$ 只闭合 $\text{K}_3 >$ 都断开 $>$ 只闭合 K_2 ，C 项错误；装置③中铁制品上发生的反应为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ，析出 1.6 g 铜即 0.025 mol，则电源负极输出的电子数为 $0.05N_A$ ，D 项错误。

13. 金属腐蚀的电化学原理可用如图模拟。



(1)请写出有关电极反应式：

①铁棒上电极反应式：_____。

②碳棒上电极反应式：_____。

(2)该图所表示的是_____ (填“析氢”或“吸氧”)腐蚀。

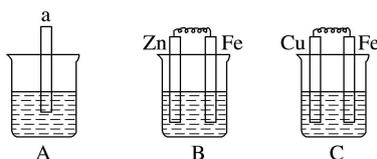
(3)若将 O_2 撤走，并将 NaCl 溶液改为稀硫酸溶液，则此图可表示_____ (填“析氢”或“吸

氧”)腐蚀原理;若用牺牲阳极法来保护铁棒不被腐蚀溶解,则可将碳棒改为_____棒。

答案 (1)① $2\text{Fe}-4\text{e}^-\rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}$ ② $\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}+4\text{e}^-\rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ (2)吸氧 (3)析氢 锌(或其他比 Fe 活泼的金属)

解析 电解质是氯化钠,溶液呈中性,发生吸氧腐蚀,负极反应式是 $2\text{Fe}-4\text{e}^-\rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}$,正极反应式是 $\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}+4\text{e}^-\rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ 。若将 O_2 撤走,并将 NaCl 溶液改为稀硫酸溶液,此时发生析氢腐蚀;若用牺牲阳极法保护铁棒不被腐蚀溶解,此时构成的原电池中铁棒作正极,负极是比铁活泼的金属,因此可将碳棒改为锌棒。

14. 如图所示, a 为生铁, A、B 两个烧杯中为海水, C 烧杯中为 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的稀硫酸。



(1)C 中 Cu 极的电极反应式为_____。

(2)B 中 Zn 极的电极反应式为_____, Fe 极附近溶液的 pH_____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

(3)A、B、C 中铁被腐蚀的速率最快的是_____。

答案 (1) $2\text{H}^++2\text{e}^-\rightleftharpoons \text{H}_2\uparrow$

(2) $\text{Zn}-2\text{e}^-\rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ 增大

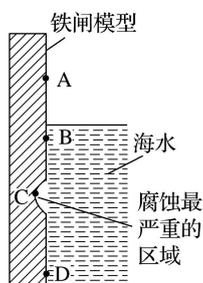
(3)C

解析 (1)装置 C 中, Cu、Fe、稀 H_2SO_4 构成原电池,其中 Fe 作负极,电极反应式为 $\text{Fe}-2\text{e}^-\rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$, Cu 作正极,电极反应式为 $2\text{H}^++2\text{e}^-\rightleftharpoons \text{H}_2\uparrow$ 。

(2)装置 B 中, Zn、Fe、海水构成原电池,其中负极(Zn): $2\text{Zn}-4\text{e}^-\rightleftharpoons 2\text{Zn}^{2+}$, 正极(Fe): $2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2+4\text{e}^-\rightleftharpoons 4\text{OH}^-$, 故 Fe 极附近 $c(\text{OH}^-)$ 增大, pH 增大。

(3)C 中铁作原电池的负极, 腐蚀速率加快; B 中铁作原电池的正极, 被保护; 经比较, 铁被腐蚀的快慢顺序为 $\text{C}>\text{A}>\text{B}$ 。

15. 下图是实验室研究海水对铁闸不同部位腐蚀情况的剖面示意图。



(1)该电化学腐蚀称为_____。

(2)图中 A、B、C、D 四个区域, 生成铁锈最多的是_____ (填字母)。

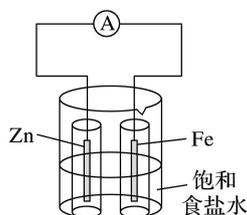
(3)以锌为负极, 采用牺牲阳极法防止铁闸的腐蚀, 图中锌块的固定位置最好在_____处

(填字母)。

答案 (1)吸氧腐蚀 (2)B (3)C

解析 金属在中性或较弱的酸性条件下发生的是吸氧腐蚀，越靠近液面越易接触到氧气，腐蚀的越严重。锌块应固定在腐蚀最严重的 C 处形成原电池，锌作负极，铁闸作正极，得到保护。

16. 某实验小组欲探究牺牲阳极法的原理，设计如图实验装置：



实验 I：向烧杯中加入一定量的饱和食盐水，插入两个无底玻璃筒。将一根锌棒和一根铁棒用导线与电流表连接后，再分别插入两个玻璃筒中，电流表指针发生偏转。

(1) 锌棒上发生的电极反应为 _____；铁棒上发生的电极反应为 _____。

(2) 向铁棒附近滴加 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液，无明显现象，这说明该实验中无 _____ 产生。

实验 II：该小组的同学将锌棒换为铜棒，并用导线将其与电流表连接。一段时间后，向插入铁棒的玻璃筒内滴入几滴 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液，向插入铜棒的玻璃筒内滴入几滴酚酞溶液。

(3) 实验 II 中电流表指针的偏转方向与实验 I _____ (填“相同”或“相反”)。

(4) 在铁棒和铜棒附近可观察到的现象分别是 _____、_____。

(5) 上述两个实验表明，活泼性不同的两种金属作电极构成原电池时，一般是相对 _____ (填“活泼”或“不活泼”) 的金属被保护，根据此原理采取的金属防护方法称为 _____。

答案 (1) $2Zn - 4e^- = 2Zn^{2+}$ $2H_2O + O_2 + 4e^- = 4OH^-$ (2) Fe^{2+} (3) 相反 (4) 产生蓝色沉淀 溶液变红色 (5) 不活泼 牺牲阳极法

解析 锌、铁、氯化钠溶液构成原电池时，发生的是吸氧腐蚀，锌作负极被腐蚀，铁作正极被保护。铜、铁、氯化钠溶液构成原电池时，发生的也是吸氧腐蚀，铜作正极被保护，铁作负极被腐蚀。由于两次实验中原电池的电子流向相反，所以电流表指针的偏转方向也相反。铁作负极时，Fe 失去电子生成 Fe^{2+} ，与 $K_3[Fe(CN)_6]$ 反应生成蓝色沉淀，铜作正极，电极反应式为 $2H_2O + O_2 + 4e^- = 4OH^-$ ，故在铜棒附近溶液变红色。对比两个实验可知，一般情况下，发生吸氧腐蚀时，活泼金属被腐蚀，不活泼金属被保护，根据此原理采取的金属防护法称为牺牲阳极法。

17. 某研究小组为探究弱酸性条件下铁发生电化学腐蚀类型的影响因素，将混合均匀的新制铁粉和碳粉置于锥形瓶底部，塞上瓶塞(如图 1)。从胶头滴管中滴入几滴醋酸溶液，同时测量容器中的压强变化。

测量压强仪器



图 1

(1)请完成以下实验设计表(表中不要留空格):

编号	实验目的	碳粉/g	铁粉/g	醋酸/%
①	为以下实验作参照	0.5	2.0	90.0
②	醋酸浓度的影响	0.5		36.0
③		0.2	2.0	90.0

(2)编号①实验测得容器中压强随时间变化如图 2。 t_2 时,容器中压强明显小于起始压强,其原因是铁发生了_____腐蚀,请在图 3 中用箭头标出发生该腐蚀时电子流动方向;此时,碳粉表面发生了_____(填“氧化”或“还原”)反应,其电极反应式是_____。

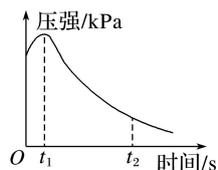


图 2

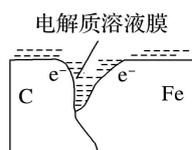


图 3

(3)该小组对图 2 中 $0 \sim t_1$ 时压强变大的原因提出了如下假设,请你完成假设二。

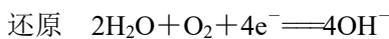
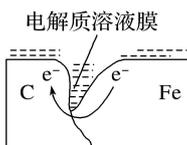
假设一:发生析氢腐蚀产生了气体;

假设二:_____。

答案 (1)

编号	实验目的	碳粉/g	铁粉/g	醋酸/%
②			2.0	
③	碳粉含量的影响			

(2)吸氧 如图



(3)反应放热,温度升高

解析 (1)对比编号①,编号②中碳粉的质量与编号①相同,醋酸的浓度与编号①不同,所以

铁粉的质量应与编号①相同，即 2.0 g；编号③中碳粉质量与编号①不同，铁粉质量和醋酸浓度均与编号①相同，显然编号③目的是探究碳粉含量的影响。

(2) t_2 时，容器中压强明显小于起始压强，说明容器中气体减少，所以铁发生的是吸氧腐蚀。在铁发生吸氧腐蚀的过程中，铁为负极，发生氧化反应，形成 Fe^{2+} ；碳为正极，发生还原反应： $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ 。

(3) $0 \sim t_1$ 时压强增大，应从两方面考虑，一是生成气体，二是温度升高，则由假设一内容可得假设二应是：此反应是放热反应，温度升高。