东方杰创®
DONGFANG JIECHUANG
让 学习更快乐，人生更精彩

骄子之路®
the Road to Pride
主　编：邓保沧

45分钟

课时作业与单元测试

活页
可拆开使用

教辅资料站

电子教辅　试卷练习
知识总结　备课资源

扫码关注获取更多学习资料

提升＝基础＋能力＋方法
课时作业　基础自测·知能提升
阶段检测　梯度练习·评估达标
答案与解析　全解全析·点拨精准

化学

选修4·化学反应原理　RJ

河北人民出版社

东方杰创®
DONGFANG JIECHUANG
让 学习更快乐，人生更精彩

骄子之路®
the Road to Pride
主　编：邓保沧

45分钟 课时作业与单元测试

活页
可拆开使用

提升＝基础＋能力＋方法
课时作业　基础自测·知能提升
阶段检测　梯度练习·评估达标
答案与解析　全解全析·点拨精准

化学

选修 4·化学反应原理 RJ

微信公众号
教辅资料站

河北人民出版社
石家庄

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

图书在版编目（CIP）数据

45分钟课时作业与单元测试．化学．选修4，化学反应原理／邓保沧主编．－2版．－石家庄：河北人民出版社，2015.6(2019.6重印)
ISBN 978-7-202-10740-9

Ⅰ．①4…　Ⅱ．①邓…　Ⅲ．①中学化学课－高中－习题集
Ⅳ．①G634

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第149748号

编　　委：王春一　乔艳梅　翟洪斌
张小凡　孙　阳　赵庆伟

书　　名　45分钟课时作业与单元测试 化学 选修4 化学反应原理
主　　编　邓保沧

责任编辑　张艳茹　李　莉
美术编辑　李　欣
封面设计　欣　羽

出版发行　河北人民出版社（石家庄市友谊北大街330号）
印　　刷　河北伦洋印业有限公司
开　　本　880毫米×1230毫米　1/16
印　　张　11.5
字　　数　368 000
版　　次　2015年6月第2版　　2019年6月第6次印刷
书　　号　ISBN 978-7-202-10740-9
定　　价　48.00元

版权所有　翻印必究

微信公众号
教辅资料站

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料



目录 CONTENTS

第一部分　课时作业

第一章　化学反应与能量 …… 1

第一节　化学反应与能量的变化 …… 1

第一课时　焓变　反应热 …… 1

第二课时　热化学方程式　中和反应反应热的测定 …… 4

第二节　燃烧热　能源 …… 8

第三节　化学反应热的计算 …… 12

章末复习　第一章　化学反应与能量 …… 15

第二章　化学反应速率和化学平衡 …… 20

第一节　化学反应速率 …… 20

第二节　影响化学反应速率的因素 …… 23

第一课时　外界因素对化学反应速率的影响 …… 23

第二课时　《化学反应速率》习题课 …… 27

第三节　化学平衡 …… 29

第一课时　可逆反应与化学平衡状态 …… 29

第二课时　浓度、压强对化学平衡移动的影响 …… 32

第三课时　温度、催化剂对化学平衡的影响　勒夏特列原理 …… 35

第四课时　化学平衡常数 …… 39

第五课时　化学平衡图象　等效平衡 …… 43

第四节　化学反应进行的方向 …… 48

章末复习　第二章　化学反应速率和化学平衡 …… 51

第三章　水溶液中的离子平衡 …… 58

第一节　弱电解质的电离 …… 58

第一课时　强弱电解质 …… 58

第二课时　弱电解质的电离平衡 …… 60

第二节　水的电离和溶液的酸碱性 …… 64

第一课时　水的电离 …… 64

第二课时　溶液的酸碱性与 pH …… 66

第三课时　酸碱中和滴定 …… 69

第四课时　弱电解质电离平衡及溶液酸碱性知识整合 …… 72

微信公众号
教辅资料站

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料



目录 CONTENTS

第三节　盐类的水解 …… 76
第一课时　探究盐溶液的酸碱性　盐类水解原理及水解方程式的书写 …… 76
第二课时　影响盐类水解的主要因素和盐类水解反应的利用 …… 78
第三课时　溶液中粒子浓度大小比较 …… 82
第四课时　《盐类水解》习题课 …… 84
第四节　难溶电解质的溶解平衡 …… 86
第一课时　难溶电解质的溶解平衡 …… 86
第二课时　沉淀反应的应用 …… 89
章末复习　第三章　水溶液中的离子平衡 …… 92
第四章　电化学基础 …… 97
第一节　原电池 …… 97
第二节　化学电源 …… 101
第一课时　化学电源 …… 101
第二课时　《原电池　化学电源》习题课 …… 104
第三节　电解池 …… 107
第一课时　电解原理 …… 107
第二课时　电解原理的应用 …… 110
第三课时　《电解原理及其应用》习题课 …… 114
第四节　金属的电化学腐蚀与防护 …… 116
章末复习　第四章　电化学基础 …… 120

第二部分　阶段检测

章末质量评估卷(一)(第一章　化学反应与能量) …… 125
章末质量评估卷(二)(第二章　化学反应速率和化学平衡) …… 129
章末质量评估卷(三)(第三章　水溶液中的离子平衡) …… 133
章末质量评估卷(四)(第四章　电化学基础) …… 137

第三部分　答案与解析

答案与解析 …… 142～180

提示：全书包括课时作业、阶段检测、答案与解析三部分，共计 184 页。

（根据教师教学情况不同，课时作业部分可在书中作答，也可撕下使用。）

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第一章　化学反应与能量

第一节　化学反应与能量的变化

第一课时　焓变　反应热

1. 了解化学反应中常见的能量转化形式；知道常见的吸热反应和放热反应。
2. 了解焓变、反应热的含义及其表示方法。
3. 理解焓变与键能的关系。

[晨背重点语句]

1. 任何化学反应都有反应热。
2. 常见的放热反应
(1)活泼金属与水或酸的反应；(2)酸碱中和反应；(3)燃烧反应；(4)多数化合反应。
3. 常见的吸热反应
(1)多数的分解反应；(2)$2NH_4Cl(s)+Ba(OH)_2\cdot 8H_2O(s)\longrightarrow BaCl_2+2NH_3\uparrow+10H_2O$；(3)$C(s)+H_2O(g)\xrightarrow{高温}CO+H_2$；(4)$CO_2+C\xrightarrow{\triangle}2CO$。
4. 计算反应热“两公式”
(1)ΔH＝生成物的总能量－反应物的总能量；
(2)ΔH＝反应物的键能总和－生成物的键能总和。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　反应热　焓变

知识梳理

1. 化学反应的基本特征：一是物质发生了变化，二是[1]_____发生了变化。

2. 反应热：化学反应过程中所释放或吸收的能量，其单位常采用[2]_____。

3. 焓与焓变

(1)焓：与物质内能有关的物理量，其符号 H。

(2)焓变：H(生成物)－H(反应物)，其符号[3]_____，单位常采用[4]_____。许多化学反应的反应热可以通过实验直接测量。

4. 反应热与焓变的关系：恒压下，反应热[5]_____焓变。

[特别提醒]

(1)任何化学反应都有反应热，即焓变 $\Delta H\neq 0$。

(2)ΔH 的大小与反应条件无关。

对点训练

1. 将铁粉和硫粉混合后加热，待反应一发生即停止加热，反应仍可持续进行，直至反应完全，生成了新物质硫化亚铁。该现象说明　(　　)

A. 该反应是吸热反应

B. 该反应是放热反应

C. 铁粉和硫粉在常温下容易发生反应

D. 生成物硫化亚铁的总能量高于反应物铁粉和硫粉的总能量

2. 对于放热反应 $2H_2(g)+O_2(g)\longrightarrow 2H_2O(l)$，下列说法正确的是　(　　)

A. 反应产物 H_2O 所具有的总焓高于反应物 H_2 和 O_2 所具有的总焓

B. 反应物 H_2 和 O_2 所具有的总焓高于反应产物 H_2O 所具有的总焓

C. 反应物 H_2 和 O_2 所具有的总焓等于反应产物 H_2O 所具有的总焓

D. 反应物 H_2 和 O_2 比反应产物 H_2O 稳定

3. 判断下列描述的正误(正确的打“√”，错误的打“×”)。

(1)反应热就是反应中放出的能量。　(　　)

(2)任意条件下，反应热就是焓变。　(　　)

(3)反应热的单位为 kJ 或 J。　(　　)

(4)焓变的单位为 $kJ\cdot mol^{-1}$。　(　　)

(5)由 C(石墨)⟶C(金刚石)　$\Delta H=+1.9\ kJ/mol$，可知，金刚石比石墨稳定。　(　　)

[练后归纳]

(1)反应热与焓变的关系

反应热 $\xrightarrow[热效应]{恒压条件}$ 焓变 ⟶ 放热反应：ΔH为“－”或$\Delta H<0$；吸热反应：ΔH为“＋”或$\Delta H>0$

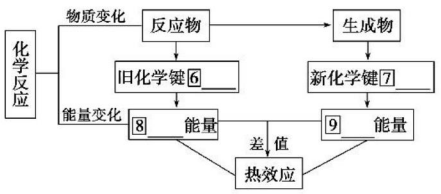
(2)吸热反应与放热反应与条件无必然的联系。需加热的反应不一定是吸热反应，有些放热反应开始时需加热，但反应发生后会放出一定的热量，能够维持该反应继续进行。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

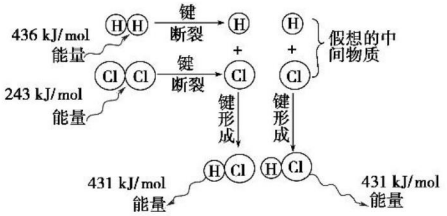
知识点二　化学反应中能量变化的原因

知识梳理

1. 从微观角度理解化学反应的能量变化



【举例】 计算 1 mol H_2 和 1 mol Cl_2 完全反应的热效应



(1)化学键断裂时需要吸收能量，吸收总能量为：10 ____；

(2)化学键形成时需要释放能量，释放总能量为：11 ____；

(3)反应放出热量，其数值为：12 ____。

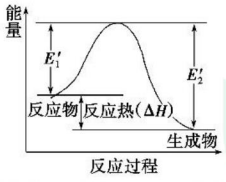
结论：$H_2(g)+Cl_2(g)$═══$2HCl(g)$的反应热 ΔH= 13 ____。

2. 从能量的角度理解化学反应的能量变化

(1)放热反应：反应物所具有的总能量14 ____生成物所具有的总能量。

吸热反应：反应物所具有的总能量15 ____生成物所具有的总能量。

(2)图示



其中：$E_2'-E_1'$的差值表示16 ____，该图示表示反应为17 ____反应。

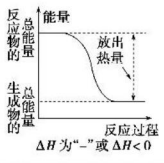
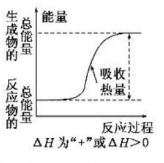
3. 反应热的表示方法

(1)放热反应：反应放出能量(释放给环境)，反应体系的能量降低，规定放热反应的 ΔH 为“18 ____”或 ΔH 19 ____0。

(2)吸热反应：反应吸收能量(能量来自环境)，反应体系的能量升高，规定吸热反应的 ΔH 为“20 ____”或 ΔH 21 ____0。

[归纳总结]

放热反应与吸热反应的比较

比较 \ 类型	放热反应	吸热反应
定义	有热量放出的化学反应	吸收热量的化学反应
形成原因	$E(反)_{总}>E(生)_{总}$	$E(反)_{总}<E(生)_{总}$
表示方法	$\Delta H<0$	$\Delta H>0$
图示	 ΔH 为“-”或 $\Delta H<0$	 ΔH 为“+”或 $\Delta H>0$

对点训练

4.(2019·漳州高二检测)下列过程中 ΔH 小于零的是 (　　)

A. 氯酸钾分解制氧气　　B. 氯化铵加热分解

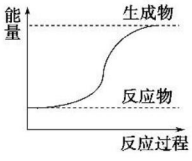
C. 氢气还原氧化铜　　D. 实验室制备氢气

5. 下列过程中，需要吸收能量的是 (　　)

A. H+H═══H_2　　B. H+Cl═══HCl

C. I_2 ⟶ I+I　　D. S+O_2═══SO_2

6.(2018·南京学业水平模拟)关于化学反应的说法错误的是 (　　)



A. 如图所示的反应为放热反应

B. 化学反应中有物质变化也有能量变化

C. 需要加热的化学反应不一定是吸热反应

D. 化学键断裂吸收能量，化学键生成放出能量

7. 1 mol C 与 1 mol $H_2O(g)$反应生成 1 mol CO(g)和 1 mol $H_2(g)$，需要吸收 131.5 kJ 的热量，该反应的焓变为 ΔH= ____。

[练后归纳]

(1)焓变与物质化学键断裂与形成的关系：ΔH=反应物总键能－生成物总键能。

(2)焓变与反应物、生成物能量的关系：ΔH=生成物的总能量－反应物的总能量。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

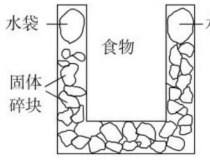
2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1.（2019·扬州高二检测）固体酒精是目前饭桌上常用的火锅燃料，关于固体酒精燃烧过程的叙述正确的是（　　）
A. 不发生状态变化
B. 反应中化学能转化为热能
C. 没有化学键断裂
D. 不存在氧化还原反应

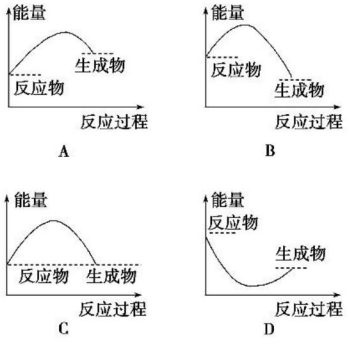
2.（2018·泉州高二检测）下列反应中反应物总能量高于生成物总能量的是（　　）
A. 二氧化碳与碳生成一氧化碳
B. 碳与水蒸气生成一氧化碳和氢气
C. 碳酸钙受热分解
D. 盐酸与氢氧化钠反应

3.（2019·临沂沂水高二检测）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，杯内食物温度逐渐上升。制造此加热杯可选用的固体碎块是（　　）



A. 硝酸铵　　B. 氯化镁
C. 生石灰　　D. 食盐

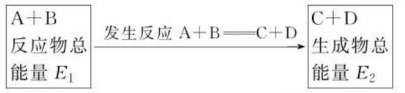
4. 下图所表示的反应是吸热反应的是（　　）



5. $C(s)+H_2O(g)\overset{高温}{=\!=\!=}CO(g)+H_2(g)$ 是吸热反应，则 $CO(g)+H_2(g)\overset{高温}{=\!=\!=}C(s)+H_2O(g)$ 是（　　）
A. 放热反应，也是氧化还原反应
B. 吸热反应，也是置换反应
C. 既不是放热反应，也不是吸热反应
D. 无法判断是放热反应还是吸热反应

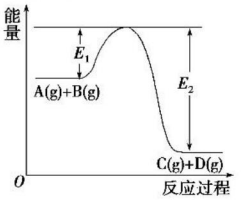
6.（2019·三明高二检测）对于化学反应：$2Na+2H_2O=\!=\!=2NaOH+H_2\uparrow$ 的有关叙述错误的是（　　）
A. 该反应中既有旧化学键的断裂，也有新化学键的形成
B. 该反应中每消耗 1 mol Na，则同时消耗 18 g H_2O，产生 1 mol NaOH 和 11.2 L H_2（标准状况下）
C. 尽管该反应常温下能自发进行，但该反应是吸热反应
D. 由于该反应是放热反应，所以断裂旧化学键所吸收的能量一定比形成新化学键所放出的能量少

7. 在一定条件下，A 和 B 反应可生成 C 和 D，其能量变化如图：



(1) 下列有关反应 A+B=C+D 的说法正确的是_____。
A. 反应前后原子的种类和数目一定不变
B. 该反应若有能量变化，则一定是氧化还原反应
C. 该反应若为放热反应，则不需加热反应就一定能自发进行
D. 反应物的总质量与生成物的总质量一定相等，且遵循能量守恒
(2) 若 $E_1<E_2$，则该反应为_____（填“吸热”或“放热”）反应，该反应的焓变为_____。

8. A(g)+B(g)⇌C(g)+D(g) 过程中的能量(kJ)变化如图所示，回答下列问题。

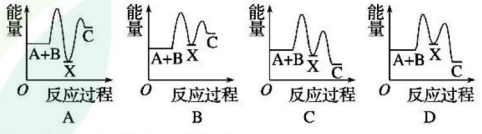


(1) 反应物 A(g) 和 B(g) 具有的总能量_____（填“大于”“小于”或“等于”）生成物 C(g) 和 D(g) 具有的总能量。
(2) 该反应是_____（填“吸热”或“放热”）反应，$\Delta H=$_____（用 E_1 和 E_2 表示）。

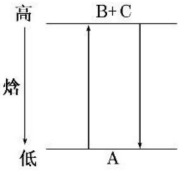
层级二　应试提能练

1.（2018·西安高二检测）下列反应既属于氧化还原反应，又是吸热反应的是（　　）
A. 铝片与稀盐酸的反应
B. $Ba(OH)_2\cdot 8H_2O$ 与 NH_4Cl 的反应
C. 灼热的炭与 CO_2 的反应
D. 甲烷在氧气中的燃烧反应

2. 反应 A+B⟶C($\Delta H<0$) 分两步进行：①A+B⟶X($\Delta H>0$)，②X⟶C($\Delta H<0$)。下列示意图中，能正确表示总反应过程中能量变化的是（　　）



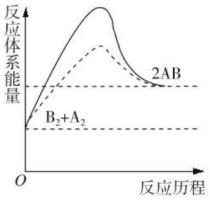
3. 由图分析，下列说法正确的是（　　）



A. A⟶B+C 和 B+C⟶A 两个反应吸收或放出的能量不等
B. A⟶B+C　$\Delta H<0$
C. A 具有的焓高于 B 和 C 具有焓的总和
D. A⟶B+C　$\Delta H>0$，则 B+C⟶A　$\Delta H<0$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

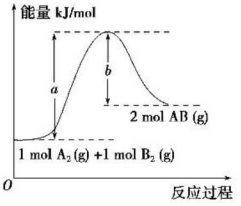
4.（2019·新泰高二检测）如图表示 A_2 和 B_2 反应的历程，其中虚线表示的是使用催化剂的反应历程，下列说法正确的是（　　）



A. 正反应为吸热反应
B. 正反应为放热反应
C. 加入催化剂，该化学反应的反应热增大
D. 从图中可以看出，该反应的反应热与反应途径有关

5. 下列说法正确的是（　　）
A. 反应热就是反应中放出的热量
B. 当反应放热时 $\Delta H>0$，反应吸热时 $\Delta H<0$
C. 一个化学反应中，当反应物的总能量大于生成物的总能量时，反应放热，ΔH 为“－”
D. 一个化学反应中，生成物总键能大于反应物的总键能时，反应吸热，ΔH 为“＋”

6.（2019·大连六校高二联考）已知化学反应 $A_2(g)+B_2(g)$═══$2AB(g)$ 的能量变化如图所示，判断下列叙述中正确的是（　　）



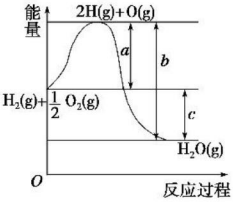
A. 每生成 2 分子 AB 吸收 b kJ 热量
B. 该反应的焓变 $\Delta H=+(a-b)$ kJ/mol
C. 该反应中反应物的总能量高于生成物的总能量
D. 断裂 1 mol A—A 和 1 mol B—B 键，放出 a kJ 能量

7. 某些化学键的键能（kJ·mol^{-1}）如表：

键	H—H	Br—Br	I—I	Cl—Cl	H—Cl	H—I	H—Br
键能	436	193	151	247	431	299	366

（1）1 mol H_2 在 2 mol Cl_2 中燃烧，放出的热量为_____kJ。
（2）在一定条件下，1 mol H_2 分别与足量的 Cl_2、Br_2、I_2 反应，放出热量由多到少的顺序是_____（填字母）。
A. $Cl_2>Br_2>I_2$　　B. $I_2>Br_2>Cl_2$

8. 已知 $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$═══$H_2O(g)$ 反应过程中能量变化如图，问：a、b、c 分别代表什么意义？焓变 ΔH 大于零还是小于零？



a 代表_____；
b 代表_____；
c 代表_____；
该反应 ΔH _____0。

第二课时　热化学方程式　中和反应反应热的测定

1. 了解热化学方程式的含义并能正确书写热化学方程式。
2. 认识中和热的概念。
3. 通过中和热的测定，初步学会测定化学反应反应热的实验方法，会分析测定反应热时误差产生的原因，并能采取适当措施减小实验误差。

［晨背重点语句］

1. 1 个数值：强酸、强碱在稀溶液中发生中和反应生成 1 mol 水，放出 57.3 kJ 的热量。

2. 1 个公式：中和热的计算公式：$\Delta H=-\frac{cm\Delta t\times10^{-3}}{n(H_2O)}$ kJ·mol^{-1}（其中 $c=4.18$ J/(g·℃)）。

3. 热化学方程式书写“三步骤”：（1）写出配平的化学方程式；（2）注明物质的聚集状态；（3）注明 ΔH 的正、负号、数值和单位。

4. 中和反应反应热测定的仪器及用品
大烧杯（500 mL）、小烧杯（100 mL）、温度计、量筒两个、泡沫塑料或纸条、泡沫塑料板或硬纸板、环形玻璃搅拌棒、0.50 mol·L^{-1} 盐酸、0.55 mol·L^{-1} NaOH 溶液。

微信公众号 教辅资料站

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　热化学方程式

知识梳理

1. 概念：表示参加反应物质的量和[1]_____的关系的化学方程式。

2. 意义：表明了化学反应中的物质变化和能量变化。

如 $2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(l)$　$\Delta H=-571.6\ kJ\cdot mol^{-1}$ 表示在[2]_____条件下，[3]_____和[4]_____完全反应生成[5]_____，[6]_____的热量。

3. 热化学方程式的书写方法及要求

(1)遵循一般化学方程式的书写规则(一般不写反应条件)。

(2)在方程式右端注明热量的变化：吸热反应，$\Delta H>0$；放热反应，$\Delta H<0$。

(3)要注明反应物和生成物的聚集状态。

(4)化学计量数只表示物质的量，因此可以是整数，也可以是分数。

(5)化学计量数改变，ΔH 要相应改变；逆反应的 ΔH 数值与正反应的相等、符号相反。

[归纳总结]

热化学方程式的书写步骤

写普通化学方程式 → 标出各物质聚集状态 → 写出反应热数值、符号、单位

正确是基础　能量与状态相关　注意 ΔH 符号

对点训练

1. 下列热化学方程式正确的是　(　)

A. $C_2H_5OH+3O_2=\!=\!=2CO_2+3H_2O$　$\Delta H=-1\ 367.0\ kJ/mol$

B. $NaOH(aq)+HCl(aq)=\!=\!=NaCl(aq)+H_2O(l)$　$\Delta H=+57.3\ kJ/mol$

C. $S(s)+O_2(g)=\!=\!=SO_2(g)$　$\Delta H=-269.8\ kJ/mol$

D. $2NO(g)+O_2(g)=\!=\!=2NO_2(g)$　$\Delta H=-116.2\ kJ$

2. 氢气和氧气反应生成 1 mol 水蒸气，放出 241.8 kJ 热量(25 ℃、101 kPa 下测得)，写出该反应的热化学方程式：_____。

3. 标准状况下，11.2 L 的甲烷气体完全燃烧生成液态水时，放出 445 kJ 的热量，试写出该反应的热化学方程式_____。

[练后归纳]

书写热化学方程式的注意事项

(1)注明反应条件：反应热与测定条件(温度、压强等)有关。绝大多数反应是在 25 ℃、101 kPa 下进行的，可不注明。

(2)注明物质状态：常用 s、l、g、aq 分别表示固态、液态、气态、溶液。

(3)注意符号、数值和单位：ΔH 应包括“+”或“−”、数字和单位($kJ\cdot mol^{-1}$)。

(4)区别于普通方程式：一般不注“↑”“↓”以及“点燃”“加热”等。

(5)热化学方程式中各物质化学式前面的化学计量数仅表示该物质的物质的量，可以是整数，也可以是分数。且化学计量数必须与 ΔH 相对应，如果化学计量数加倍，则 ΔH 也要加倍。

(6)同素异形体转化的热化学方程式除了注明状态外，还要注明名称。

知识点二　中和反应反应热的测定

知识梳理

1. 中和热

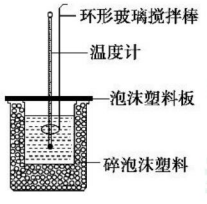
(1)定义：在稀溶液中，强酸跟强碱发生中和反应生成[7]_____ H_2O 时的反应热。

(2)表示方法：①中和热 $\Delta H=$[8]_____，

②中和热为[9]_____。

2. 中和反应反应热的测定

(1)装置



(2)实验步骤

①初始温度(t_1)

用一量筒量取 50 mL 0.50 $mol\cdot L^{-1}$ 盐酸，倒入小烧杯中并测量其温度；用另一量筒量取 50 mL 0.55 $mol\cdot L^{-1}$ NaOH 溶液并测量其温度，取两温度平均值为 t_1。

②终止温度(t_2)

把套有盖板的温度计和[10]_____放入小烧杯的盐酸中，并把量筒中的 NaOH 溶液一次倒入小烧杯中，盖好盖板。用环形玻璃搅拌棒轻轻搅动溶液，并准确读取混合溶液的[11]_____温度，记录为终止温度 t_2。

③重复实验操作三次，记录每次的实验数据，取其平均值作为计算依据。

(3)实验数据处理

为了计算简便，我们近似的认为实验所用酸、碱溶液的密度和比热容与水相同，并忽略实验装置的比热容。

①$V(酸)=V(碱)=50$ mL；盐酸的质量 $m_1=50$ g，NaOH 溶液的质量 $m_2=50$ g。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

②中和后生成的溶液的比热容 $c=4.18\ J/(g\cdot℃)$。

50 mL 0.50 mol·L^{-1} 盐酸和 50 mL 0.55 mol·L^{-1} NaOH 溶液发生中和反应时放出的热量 $Q=$ 12 _____。

生成的水的物质的量：$n(H_2O)=$ 13 _____。

中和热为：$\Delta H=$ 14 _____。

[特别提醒]

(1)防止热量散失的方法：a. 两个烧杯口要相平；b. 在两个烧杯之间填充碎泡沫塑料或碎纸片；c. 用玻璃棒搅拌，而不能用金属棒(丝)搅拌；d. 实验时动作要迅速。

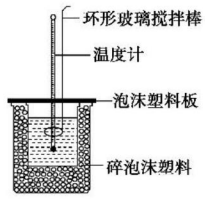
(2)加过量碱液使酸完全反应，碱过量对中和热测定没有影响。

(3)数据处理时，相差较大的数据可能是偶然误差引起的，应舍去。

对点训练

4. 已知：在稀溶液中，强酸与强碱发生中和反应生成 1 mol H_2O 时放出 57.3 kJ 的热量。试写出用离子方程式表示中和热的热化学方程式：_____。

5. 用 50 mL 0.50 mol·L^{-1} 的盐酸与 50 mL 0.55 mol·L^{-1} 的氢氧化钠溶液在如图所示的装置中进行中和反应，测定反应过程中所放出的热量并计算每生成 1 mol 液态水时放出的热量。完成下列问题：



(1)烧杯间填满碎泡沫塑料的作用是_____。

(2)大烧杯上如不盖硬纸板，求得的生成 1 mol 液态水时放出热量的数值_____(填“偏大”“偏小”或“无影响”，下同)。

(3)用相同浓度和体积的氨水代替 NaOH 溶液进行上述实验，测得的生成 1 mol 液态水时放出热量的数值会_____。

[练后归纳]

(1)为了保证酸、碱完全中和，常采用碱稍过量的方法。

(2)量热装置中需用碎泡沫塑料对其进行保温、隔热，以减少实验过程中热量的损失。

(3)读取中和反应的终止温度是反应混合液的最高温度。

(4)测定中和热时不能用弱酸或弱碱，因弱酸、弱碱电离时吸收热量而使测量数值偏低。

(5)测定中和热时不能用浓酸或浓碱，因浓酸或浓碱溶于水一般都要放出热量，产生实验误差。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG_JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 热化学方程式 $2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(g)\quad \Delta H=-483.6\ kJ\cdot mol^{-1}$ 中，化学式前面的化学计量数表示　(　)

A. 分子数　　B. 体积

C. 质量　　D. 物质的量

2. 已知 $H_2(g)+Cl_2(g)=\!=\!=2HCl(g)\quad \Delta H=-184.6\ kJ\cdot mol^{-1}$，则 $HCl(g)=\!=\!=\frac{1}{2}H_2(g)+\frac{1}{2}Cl_2(g)\quad \Delta H=$　(　)

A. $+184.6\ kJ\cdot mol^{-1}$　　B. $-92.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $-369.2\ kJ\cdot mol^{-1}$　　D. $+92.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

3. 中和热测定实验中，下列操作一定会降低实验准确性的是　(　)

A. 用滴定管取所用药品

B. NaOH 溶液在倒入小烧杯时，有少量溅出

C. 大、小烧杯体积相差较大，夹层间放的碎泡沫塑料较多

D. 测量 HCl 溶液的温度计用水洗净后才用来测 NaOH 溶液的温度

4. 热化学方程式 $C(s)+H_2O(g)=\!=\!=CO(g)+H_2(g)\quad \Delta H=+131.3\ kJ\cdot mol^{-1}$ 表示　(　)

A. 碳和水反应吸收 131.3 kJ 的热量

B. 1 mol 碳和 1 mol 水反应生成 1 mol 一氧化碳和 1 mol 氢气并吸收 131.3 kJ 的热量

C. 1 mol 固态碳和 1 mol 水蒸气反应生成 1 mol 一氧化碳气体和 1 mol 氢气，吸收热量 131.3 kJ

D. 1 个固态碳原子和 1 分子水蒸气反应吸热 131.3 kJ

5. (2019·杭州高二检测)试直接判断下列热化学方程式书写不正确的是　(　)

A. $\frac{1}{2}H_2(g)+\frac{1}{2}Cl_2(g)=\!=\!=HCl(g)\quad \Delta H=-91.5\ kJ/mol$

B. $\frac{1}{2}H_2(g)+\frac{1}{2}Cl_2(g)=\!=\!=HCl(g)\quad \Delta H=+91.5\ kJ/mol$

C. $H_2(g)+Cl_2(g)=\!=\!=2HCl(g)\quad \Delta H=-183\ kJ/mol$

D. $2HCl(g)=\!=\!=H_2(g)+Cl_2(g)\quad \Delta H=+183\ kJ/mol$

6. 含有 11.2 g KOH 的稀溶液与 1 L 0.1 mol·L^{-1} 的 H_2SO_4 溶液反应，放出 11.46 kJ 的热量，表示该反应的中和热的热化学方程式为　(　)

A. $KOH(aq)+\frac{1}{2}H_2SO_4(aq)=\!=\!=\frac{1}{2}K_2SO_4(aq)+H_2O(l)\quad \Delta H=-11.46\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. $2KOH(aq)+H_2SO_4(aq)=\!=\!=K_2SO_4(aq)+2H_2O(l)\quad \Delta H=-11.46\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $2KOH(aq)+H_2SO_4(aq)=\!=\!=K_2SO_4(aq)+2H_2O(l)\quad \Delta H=-114.6\ kJ\cdot mol^{-1}$

D. $KOH(aq)+\frac{1}{2}H_2SO_4(aq)=\!=\!=\frac{1}{2}K_2SO_4(aq)+H_2O(l)\quad \Delta H=-57.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

7. 判断下列描述的正误(正确的打“√”，错误的打“×”)。

(1)中和热一定是强酸跟强碱反应放出的热量。(　)

(2)1 mol 酸与 1 mol 碱完全反应放出的热量是中和热。(　)

(3)在稀溶液中，强酸与强碱发生中和反应生成 1 mol $H_2O(l)$ 时的反应热叫做中和热。(　)

(4)表示中和热的离子方程式为：$H^+ + OH^- =\!=\!= H_2O\quad \Delta H=-57.3\ kJ/mol$。(　)

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

8. 依据叙述，写出下列反应的热化学方程式。

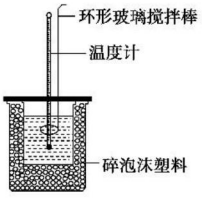
(1)若适量的 N_2 和 O_2 完全反应，每生成 23 g NO_2 需要吸收 16.95 kJ 热量。其热化学方程式为_____。

(2)用 N_A 表示阿伏加德罗常数，在 C_2H_2(气态)完全燃烧生成 CO_2 和液态水的反应中，每有 $5N_A$ 个电子转移时，放出 650 kJ 的热量。其热化学方程式为_____。

(3)已知拆开 1 mol H—H 键、1 mol N—H 键、1 mol N≡N 键分别需要的能量是 436 kJ、391 kJ、946 kJ，则 N_2 与 H_2 反应生成 NH_3 的热化学方程式为_____。

层级二　应试提能练

1. 有关中和热的实验操作正确的是（　　）



A. 去掉两烧杯间的碎泡沫塑料

B. 记录反应的最高温度

C. 向烧杯中加碱时有碱液溅到烧杯外

D. 酸碱混合后不及时搅拌

2. 今有如下三个热化学方程式：

$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=H_2O(g)\quad \Delta H=a\ kJ\cdot mol^{-1}$

$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=H_2O(l)\quad \Delta H=b\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(l)\quad \Delta H=c\ kJ\cdot mol^{-1}$

关于它们的下列表述正确的是（　　）

A. 它们都是吸热反应　　B. a、b 和 c 均为正值

C. 反应热的关系：$a=b$　　D. 反应热的关系：$2b=c$

3. 运用中和反应反应热的测定方法，即保温、隔热的条件下，向盛有 20 mL 2.08 mol/L NaOH 溶液的试管中分五次加入 1～5 mL 未知浓度的 H_2SO_4 溶液(边加边振荡，每次加入 1 mL)后，测得溶液的温度分别是 1.4 ℃、2.5 ℃、4.2 ℃、5.2 ℃、5.18 ℃，则该硫酸溶液的物质的量浓度约是（　　）

A. 20.8 mol/L　　B. 6.9 mol/L

C. 5.2 mol/L　　D. 4.16 mol/L

4. 工业生产水煤气的反应为 $C(s)+H_2O(g)=\!=\!=CO(g)+H_2(g)\quad \Delta H=+131.4\ kJ/mol$，下列判断正确的是（　　）

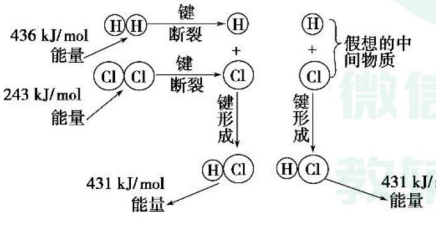
A. 反应物的总能量大于生成物的总能量

B. $CO(g)+H_2(g)=\!=\!=C(s)+H_2O(l)\quad \Delta H=-131.4\ kJ/mol$

C. 该反应中生成 1 mol $H_2(g)$ 吸收 131.4 kJ 的热量

D. 该反应中生成 1 体积 $CO(g)$ 吸收 131.4 kJ 的热量

5. 如图所示为 25℃、101 kPa 时氢气在氯气中燃烧生成氯化氢气体的变化过程，则下列有关说法中不正确的是（　　）



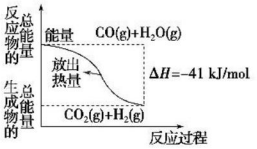
A. 断裂 1 mol H_2 中的化学键时需吸收 436 kJ 的能量

B. 形成 2 mol HCl 中的化学键时要放出 862 kJ 的能量

C. 此反应的热化学方程式为 $H_2(g)+Cl_2(g)=\!=\!=2HCl(g)\quad \Delta H=+183\ kJ/mol$

D. 此反应的热化学方程式为 $H_2(g)+Cl_2(g)=\!=\!=2HCl(g)\quad \Delta H=-183\ kJ/mol$

6. CO(g)与 $H_2O(g)$ 反应过程的能量变化如图所示，有关两者反应的说法正确的是（　　）



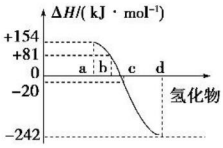
A. 该反应为吸热反应

B. CO(g)和 $H_2O(g)$ 所具有的总能量大于 $CO_2(g)$ 和 $H_2(g)$ 具有的总能量

C. 反应的热化学方程式为 $CO(g)+H_2O(g)=\!=\!=CO_2(g)+H_2(g)\quad \Delta H=+41\ kJ/mol$

D. 1 mol $CO_2(g)$ 和 1 mol $H_2(g)$ 反应生成 1 mol CO(g)和 1 mol $H_2O(g)$ 要放出 41 kJ 的热量

7. 如图表示氧族元素中氧、硫、硒、碲生成气态氢化物时的焓变数据，根据焓变数据可确定 a、b、c、d 分别代表哪种氢化物。



(1)非金属元素形成的气态氢化物的稳定性与 ΔH 的关系为_____。

(2)写出硒化氢发生分解反应的热化学方程式：_____。

8. (**2019·浙江嘉兴高二检测**)某化学兴趣小组要完成中和热的测定。

(1)实验桌上备有大、小两个烧杯、泡沫塑料、泡沫塑料板、胶头滴管、环形玻璃搅拌棒、0.5 mol·L^{-1} 盐酸、0.55 mol·L^{-1} NaOH 溶液，实验尚缺少的玻璃用品是_____。

(2)实验中能否用环形铜丝搅拌棒代替环形玻璃搅拌棒？_____(填“能”或“否”)，其原因是_____。

(3)他们记录的实验数据如下：

实验用品			溶液温度		中和热
			t_1	t_2	ΔH
①	50 mL 0.55 mol·L^{-1} NaOH 溶液	50 mL 0.5 mol·L^{-1} 盐酸	20 ℃	23.3 ℃	
②	50 mL 0.55 mol·L^{-1} NaOH 溶液	50 mL 0.5 mol·L^{-1} 盐酸	20 ℃	23.5 ℃	

已知：$Q=cm(t_2-t_1)$，反应后溶液的比热容 c 为 4.18 kJ·$℃^{-1}$·kg^{-1}，各物质的密度均为 1 g·cm^{-3}。

①计算完成上表，$\Delta H=$_____。

②根据实验结果写出 NaOH 溶液与盐酸反应的热化学方程式：_____。

(4)若用 KOH 溶液代替 NaOH 溶液，对测定结果_____(填“有”或“无”)影响；若用醋酸代替盐酸做实验，对测定结果_____(填“有”或“无”)影响。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第二节　燃烧热　能源

1. 理解燃烧热的概念。
2. 认识能源是人类生存和发展的重要基础，了解化学在解决能源危机中的重要作用。
3. 知道节约能源、提高能量利用效率的实际意义。

[晨背重点语句]

1. 25 ℃、101 kPa 时，1 mol 纯物质完全燃烧生成稳定的氧化物所放出的热量叫做该物质的燃烧热，单位是 $kJ \cdot mol^{-1}$。
2. 稳定氧化物的含义：①生成的氧化物不能再燃烧，②该氧化物在 25 ℃、101 kPa 时为稳定聚集状态。如 C ⟶ $CO_2(g)$、H ⟶ $H_2O(l)$、S ⟶ $SO_2(g)$。
3. 文字描述可燃物的燃烧热时用“正值”，如甲烷的燃烧热为 890 $kJ \cdot mol^{-1}$。
4. 太阳能、风能、地热能、核能、氢能、生物质能属于新能源。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　燃烧热

知识梳理

1. 定义

101 kPa 时，1 _____ 纯物质完全燃烧生成 2 _____ _____ 时所放出的热量，其单位为“3 _____”。

2. 意义

CH_4 的燃烧热为 890.31 $kJ \cdot mol^{-1}$，表示在 4 _____ _____ 时，5 _____ $CH_4(g)$ 完全燃烧生成 6 _____ _____ 时 7 _____ 的热量。

3. 表达形式（以甲烷为例）

(1)甲烷的燃烧热 ΔH = 8 _____；

(2)CH_4 的燃烧热为 9 _____。

[特别提醒]

(1)对燃烧热的理解

①外界条件：25 ℃、101 kPa；

②可燃物用量：1 mol；

③燃烧结果：C ⟶ $CO_2(g)$、H ⟶ $H_2O(l)$、S ⟶ $SO_2(g)$；

④表示方法：燃烧热是反应热的一种，ΔH 均小于零，文字叙述燃烧热时用“正值”或 ΔH 表示，如甲烷的燃烧热为 890.31 kJ/mol 或 $\Delta H = -890.31$ kJ/mol。

(2)对表示燃烧热的热化学方程式的理解：可燃物的化学计量数为 1，其他物质的化学计量数可以是分数。如：$C_8H_{18}(l) + \frac{25}{2}O_2(g) = 8CO_2(g) + 9H_2O(l)$　$\Delta H = -5\,518$ kJ/mol。

对点训练

1. 判断下列描述的正误（正确的打“√”，错误的打“×”）。

(1)1 mol 可燃物在任何条件下完全燃烧生成稳定氧化物时放出的热量即为该可燃物的燃烧热。（　）

(2)燃烧热随化学方程式前的化学计量数的改变而改变。（　）

(3)1 mol H_2 完全燃烧生成水蒸气放出的热量叫 H_2 的燃烧热。（　）

(4)12 g 碳在 O_2 中燃烧产生稳定的 CO 气体，放出的总热量为碳的燃烧热。（　）

2. **(2018·杭州高二检测)** 下列热化学方程式中 ΔH 的数值表示可燃物燃烧热的是（　）

A. $H_2(g) + Cl_2(g) = 2HCl(g)$　$\Delta H = -184.6$ kJ/mol

B. $CH_4(g) + 2O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(g)$　$\Delta H = -802.3$ kJ/mol

C. $2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(l)$　$\Delta H = -571.6$ kJ/mol

D. $CO(g) + 1/2O_2(g) = CO_2(g)$　$\Delta H = -283$ kJ/mol

3. 在 25 ℃、101 kPa 时，H_2 在 1.00 mol O_2 中完全燃烧生成 2.00 mol $H_2O(l)$ 放出 571.6 kJ 的热量。

(1)H_2 的燃烧热为 _____，表示 H_2 燃烧热的热化学方程式为 _____。

(2)若 1 g 水蒸气转化为液态水放热 2.444 kJ，则 4 g 氢气完全燃烧生成气态水时，放出的热量为 _____。

[练后归纳]

燃烧热和中和热的比较

		燃烧热	中和热
相同点	能量变化	放热反应	
	ΔH 及其单位	$\Delta H < 0$，单位均为“kJ/mol”	
不同点	反应物的量	可燃物为 1 mol	不一定为 1 mol
	生成物的量	不确定	生成的水为 1 mol
	含义	101 kPa 时，1 mol 纯物质完全燃烧生成稳定的氧化物时所放出的热量	在稀溶液里，酸与碱发生中和反应生成 1 mol 水时所放出的热量

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点二　能源

知识梳理

1. 定义

能提供能量的资源，它包括化石燃料、阳光、风力、流水、潮汐以及柴草等。

2. 化石燃料

化石燃料包括：⑩_____，其缺点是蕴藏量有限；不能再生；利用率低；污染环境。

3. 新能源

新能源主要包括：⑪_____、氢能、地热能、风能、海洋能和生物质能等。

4. 能源的分类

分类	再生能源		非再生能源	
	常规能源	新能源	常规能源	新能源
一次能源（直接获得）	水能等	太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能等	煤、石油、天然气等	核能等
二次能源（间接获得）	煤制品、石油制品、电能、氢能、火药等			

5. 解决能源危机的方法

(1)科学地控制燃烧反应，使燃料充分燃烧，提高能源的使用效率。

(2)寻找新的能源，现正探索的新能源有太阳能、氢能、风能、地热能、海洋能和生物质能等，它们资源丰富，可以再生，没有污染或很少有污染。

[特别提醒]

(1)解决化石燃料枯竭的措施有哪些？

答案：①提高能源利用率；②开发新的能源；③节约现有的能源。

(2)燃料充分燃烧的条件有哪些？怎样提高燃料的燃烧效率？

答案：燃料充分燃烧的条件一是要有足够的空气，二是燃料与空气有足够大的接触面积。

提高燃料的燃烧效率应采取以下措施：

①通入足量空气，使燃料充分燃烧；空气足量但要适量，否则，过量的空气会带走部分热量。

②增大燃料与空气的接触面积，通常将大块固体燃料粉碎，液体燃料雾化。如：将煤气化或液化。

对点训练

4. 下列分别是利用不同能源发电的实例图形，其中不属于新能源开发利用的是（　　）


A.风力发电


B.太阳能发电


C.火力发电


D.潮汐能发电

5. 关于能源的利用，下列说法中错误的是（　　）

A. 由于我国煤和石油的储量十分丰富，所以太阳能和核能的开发在我国并不十分重要

B. 能源的利用过程，实质上是能量的转化和传递过程

C. 现在人类社会使用的能源主要是煤、石油和天然气

D. 煤、石油和天然气的化学能归根到底来自太阳能

6. 能源是人类生存和发展的重要支撑因素。常规能源（煤、石油、天然气等）日益减少，促使人们去研究能源的利用率和新能源（如太阳能、氢能、核能等）的开发。

(1)我国目前最主要的能源品种是_____，能源利用中存在的主要问题有_____。

(2)某些科学家对以下 3 个化学反应很感兴趣：

①$3FeCl_2+4H_2O(g)\xlongequal{500\ ℃}Fe_3O_4+6HCl+H_2$；

②$2Fe_3O_4+3Cl_2+12HCl=6FeCl_3+6H_2O+O_2$；

③$6FeCl_3\xlongequal{300\ ℃}6FeCl_2+3Cl_2$。

科学家想利用上述反应来制取的一种很有意义的物质是_____，该物质作为燃料的优点有_____、_____、_____。

[练后归纳]

能源的分类

按转换过程分		按性质分	实例
一次能源	常规能源	可再生能源	水能
		不可再生资源	煤、石油、天然气等
	新能源	可再生能源	太阳能、地热、沼气、潮汐能、风能等
		不可再生能源	核能等
二次能源		电能、沼气、汽油、焦炭、蒸汽、工业余热等	

微信公众号 教辅资料站

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 氢气是人类未来最理想的燃料，以水为原料大量制取氢气的最理想的途径是（　）

A. 利用太阳能直接使水分解产生氢气

B. 以焦炭和水制取水煤气（含 CO 和 H_2）后分离出氢气

C. 用铁和盐酸反应放出氢气

D. 由热电站提供电力电解水产生氢气

2. 关于能源，以下说法中不正确的是（　）

A. 煤、石油、天然气等燃料的最初来源都可追溯到太阳能

B. 柴草燃烧时释放的能量与太阳能无关

C. 核能和地热能来自地球自身

D. 潮汐能来源于月球引力做功

3. （**2019·东北师大附中高二检测**）近年来，北京市公共汽车大部分采用天然气作为燃料，其主要目的是（　）

A. 防止石油短缺　　B. 降低成本

C. 减少对大气的污染　　D. 加大发动机的动力

4. 已知下列热化学方程式：

$\frac{1}{2}CH_4(g)+O_2(g)=\!=\!=\frac{1}{2}CO_2(g)+H_2O(l)$

$\Delta H=-445.15\ kJ/mol$

$CH_4(g)+\frac{3}{2}O_2(g)=\!=\!=CO(g)+2H_2O(l)$

$\Delta H=-607.3\ kJ/mol$

$CH_4(g)+2O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)+2H_2O(l)$

$\Delta H=-890.3\ kJ/mol$

$CH_4(g)+2O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)+2H_2O(g)$

$\Delta H=-802.3\ kJ/mol$

则 CH_4 的燃烧热为（　）

A. 445.15 kJ/mol　　B. 607.3 kJ/mol

C. 890.3 kJ/mol　　D. 802.3 kJ/mol

5. （**2018·南京七校高二检测**）已知在 25 ℃、101 kPa 下，1 g 液态 C_8H_{18}（辛烷）燃烧生成二氧化碳和液态水时放出 48.40 kJ热量，能表示辛烷燃烧热的热化学方程式是（　）

A. $C_8H_{18}(l)+12.5O_2(g)=\!=\!=8CO_2(g)+9H_2O(g)$

$\Delta H=-48.40\ kJ/mol$

B. $C_8H_{18}(l)+12.5O_2(g)=\!=\!=8CO_2(g)+9H_2O(l)$

$\Delta H=-5\ 518\ kJ/mol$

C. $C_8H_{18}(l)+12.5O_2(g)=\!=\!=8CO_2(g)+9H_2O(l)$

$\Delta H=+5\ 518\ kJ/mol$

D. $C_8H_{18}(l)+12.5O_2(g)=\!=\!=8CO_2(g)+9H_2O(l)$

$\Delta H=-48.40\ kJ/mol$

6. 下列说法正确的是（　）

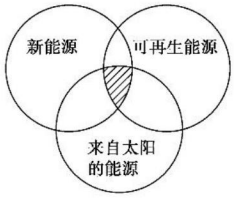
A. CO 是不稳定的氧化物，它能继续和氧气反应生成稳定的 CO_2，故 CO 燃烧一定是吸热反应

B. 在 101 kPa 时，1 mol 碳燃烧所放出的热量为碳的燃烧热

C. 物质燃烧都需要氧气

D. 物质燃烧放出热量的多少与产物有关

7. “能源分类相关图”如图所示，以下能源中符合图中的阴影部分的是_____。



①煤炭　②石油　③潮汐能　④水能　⑤生物质能　⑥天然气　⑦太阳能　⑧风能　⑨沼气　⑩地热能　⑪海洋能　⑫核能

8. 已知 C、H_2、CO 的燃烧热的数据如表所示：

物质	C	H_2	CO
ΔH/kJ/mol	−393.5	−285.8	−283.0

（1）写出 C 完全燃烧的热化学方程式：_____。

（2）能表示 H_2 燃烧热的热化学方程式为：_____。

（3）现以 H_2 或 CO 为燃料来提供热能，从热能的角度考虑，你认为应该选择_____（填写序号）。

A. H_2　　B. CO　　C. 均可以

理由是_____。

层级二　应试提能练

1. 煤的气化是实施节能环保的一项重要措施。通常在高温下将煤转化为水煤气，再将水煤气作为气体燃料。有关热化学方程式如下：

①$C(s)+H_2O(g)=\!=\!=CO(g)+H_2(g)$　$\Delta H_1=+131.3$ kJ/mol

②$2CO(g)+O_2(g)=\!=\!=2CO_2(g)$　$\Delta H_2=-566.0$ kJ/mol

③$2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(g)$　$\Delta H_3=-483.6$ kJ/mol

下列有关说法正确的是（　）

A. 水煤气只能用作燃料

B. 水煤气是一种二次能源，比煤直接燃烧污染小

C. 等质量的 CO 和 H_2 完全燃烧时，前者放热多

D. 由③反应可以确定 H_2 的燃烧热为 241.8 kJ/mol

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2.（双选）以下几个热化学方程式中，焓变的数值均正确，其中能表示固态碳或气态氢气燃烧热的热化学方程式是（　　）

A. $C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=CO(g)$　$\Delta H=+110.5\ kJ/mol$

B. $C(s)+O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)$　$\Delta H=-393.5\ kJ/mol$

C. $2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(l)$　$\Delta H=-571.6\ kJ/mol$

D. $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=H_2O(l)$　$\Delta H=-285.8\ kJ/mol$

3. 已知丙烷的燃烧热 $\Delta H=-2\ 215\ kJ\cdot mol^{-1}$，若一定量的丙烷完全燃烧后生成 1.8 g 水，则放出的热量约为（　　）

A. 55 kJ　　B. 220 kJ

C. 550 kJ　　D. 1 108 kJ

4.（**2019·东北师大附中高二检测**）下列说法正确的是（　　）

A. 在 101 kPa 时，1 mol 物质完全燃烧时所放出的热量，叫做该物质的燃烧热

B. 酸和碱发生中和反应生成 1 mol 水，这时的反应热叫中和热

C. 燃烧热或中和热是反应热的种类之一

D. 在稀溶液中，1 mol CH_3COOH 和 1 mol NaOH 完全中和时放出的热量为 57.3 kJ

5. 已知：

①25 ℃、101 kPa 时，$2C(s)+O_2(g)=\!=\!=2CO(g)$　$\Delta H=-221\ kJ\cdot mol^{-1}$

②稀溶液中，$H^+(aq)+OH^-(aq)=\!=\!=H_2O(l)$　$\Delta H=-57.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

又已知稀醋酸电离吸热。下列结论正确的是（　　）

A. C 的燃烧热大于 $110.5\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. ①的反应热为 $221\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. 稀硫酸与稀 NaOH 溶液反应的中和热为 $-57.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

D. 稀醋酸与稀 NaOH 溶液反应生成 1 mol 水，放出 57.3 kJ 热量

6.（**2019·北京海淀区高二检测**）已知热化学方程式 $C_2H_2(g)+\frac{5}{2}O_2(g)=\!=\!=2CO_2(g)+H_2O(g)$　$\Delta H=-1\ 256\ kJ/mol$，下列说法正确的是（　　）

A. 乙炔（C_2H_2）的燃烧热为 1 256 kJ/mol

B. 若转移 10 mol 电子，则消耗 2.5 mol O_2

C. 若生成 2 mol 液态水，则 $\Delta H=-2\ 512\ kJ/mol$

D. 若形成 4 mol 碳氧共用电子对，则放出的热量为 2 512 kJ

7. 已知 H_2、CH_4、C_2H_5OH 的燃烧热依次为：285.81 $kJ\cdot mol^{-1}$、890.31 $kJ\cdot mol^{-1}$、1 366.81 $kJ\cdot mol^{-1}$。从以下几个角度对上述的几种燃料进行比较：

(1)从单位物质的量燃烧热的角度考虑：选用_____较好。

(2)从环境污染（清洁能源）的角度考虑：选用_____较好。

(3)从使用安全的角度考虑：家庭燃烧不建议用_____。

(4)从成本角度考虑，建议选用_____。

8. 已知下列两个热化学方程式：

$2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(l)$　$\Delta H=-571.6\ kJ\cdot mol^{-1}$

$C_3H_8(g)+5O_2(g)=\!=\!=3CO_2(g)+4H_2O(l)$　$\Delta H=-2\ 220\ kJ\cdot mol^{-1}$

试回答下列问题：

(1) H_2 的燃烧热为_____，C_3H_8 的燃烧热为_____。

(2)1 mol H_2 和 2 mol C_3H_8 组成的混合气体完全燃烧释放的热量为_____。

9. 标准状况下 0.05 mol 某一无色可燃气体在足量氧气中完全燃烧。若将产物通过足量的澄清石灰水中，得到的白色沉淀为 0.15 mol；若用足量碱石灰吸收燃烧产物，增重 9.3 g。

可能用到的燃烧热	C_2H_4	C_3H_6	C_3H_8
单位/$kJ\cdot mol^{-1}$	1 411	2 092	2 220

(1)计算燃烧产物中水的质量。

(2)此气体的化学式是_____。

(3)写出表示此气体燃烧热的热化学方程式_____。

微信公众号 教辅资料站

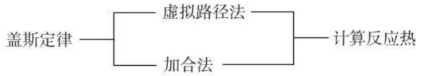
关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第三节　化学反应热的计算

1. 理解并掌握盖斯定律。
2. 能正确运用盖斯定律解决具体问题。
3. 初步学会化学反应热的有关计算。

[晨背重点语句]

1. “盖斯定律”是指化学反应热只与反应体系的始态与终态有关，而与反应途径无关。
2. 反应热的数值与各物质的化学计量数成正比。
3. 正逆反应的反应热数值相同，符号相反。
4. 利用盖斯定律计算反应热的方法



1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　盖斯定律

知识梳理

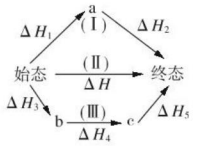
1. 盖斯定律的内容

不管化学反应是一步完成或分几步完成，其反应热[1]_____。换句话说，化学反应的反应热只与反应体系的[2]_____有关，而与反应的途径无关。

2. 盖斯定律的特点

(1)反应的热效应只与始态、终态有关，与途径无关。

(2)始态和终态相同反应的途径有如下三种：



ΔH=[3]_____=[4]_____。

3. 盖斯定律的应用：可以计算一些不能直接测量的反应的反应热。

[特别提醒]

运用盖斯定律计算反应热的 3 个关键

(1)热化学方程式的化学计量数加倍，ΔH 也相应加倍。

(2)热化学方程式相加减，同种物质之间可相加减，反应热也相应加减。

(3)将热化学方程式颠倒时，ΔH 的正负必须随之改变。

对点训练

1. 在 25 ℃、101 kPa 时，已知：

$2H_2O(g)=\!=\!=O_2(g)+2H_2(g)$　ΔH_1

$Cl_2(g)+H_2(g)=\!=\!=2HCl(g)$　ΔH_2

$2Cl_2(g)+2H_2O(g)=\!=\!=4HCl(g)+O_2(g)$　ΔH_3

则 ΔH_3 与 ΔH_1 和 ΔH_2 间的关系正确的是　(　)

A. $\Delta H_3=\Delta H_1+2\Delta H_2$　　B. $\Delta H_3=\Delta H_1+\Delta H_2$

C. $\Delta H_3=\Delta H_1-2\Delta H_2$　　D. $\Delta H_3=\Delta H_1-\Delta H_2$

2. 已知：$H_2(g)+1/2O_2(g)=\!=\!=H_2O(g)$　$\Delta H_1=-241.8$ kJ/mol

$H_2O(g)=\!=\!=H_2O(l)$　$\Delta H_2=-44$ kJ/mol

求 $H_2(g)+1/2O_2(g)=\!=\!=H_2O(l)$ 的反应热 ΔH=_____。

3. 已知：①$C(s)+O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)$　$\Delta H_1=-393.5$ kJ/mol

②$CO(g)+1/2O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)$　$\Delta H_2=-283.0$ kJ/mol

求：$C(s)+1/2O_2(g)=\!=\!=CO(g)$ 的反应热 ΔH_3。

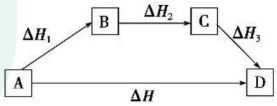
[练后归纳]

盖斯定律的应用方法

(1)“虚拟路径”法：若反应物 A 变为生成物 D，可以有两个途径

①由 A 直接变成 D，反应热为 ΔH；

②由 A 经过 B 变成 C，再由 C 变成 D，每步的反应热分别为 ΔH_1、ΔH_2、ΔH_3。如图所示：



则有 $\Delta H=\Delta H_1+\Delta H_2+\Delta H_3$。

(2)“加合”法：即运用所给热化学方程式通过加减的方法得到所求热化学方程式。

①当热化学方程式乘以或除以某数时，ΔH 也相应乘以或除以某数。

②当热化学方程式进行加减运算时，ΔH 也同样要进行加减运算，且要带“+”“-”符号，即把 ΔH 看做一个整体进行运算。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点二　反应热的大小比较与计算

学通典例

1. 利用盖斯定律比较反应热的大小

【例 1】 试比较下列三组 ΔH 的大小(填“>”“<”或“=”)。

(1)同一反应,生成物状态不同时

$A(g)+B(g)=\!=\!=C(g)\quad \Delta H_1<0$,$A(g)+B(g)=\!=\!=C(l)\quad \Delta H_2<0$,则 ΔH_1 _____ ΔH_2。

(2)同一反应,反应物状态不同时

$S(g)+O_2(g)=\!=\!=SO_2(g)\quad \Delta H_1<0$,$S(s)+O_2(g)=\!=\!=SO_2(g)\quad \Delta H_2<0$,则 ΔH_1 _____ ΔH_2。

(3)两个有联系的不同反应相比

$C(s)+O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)\quad \Delta H_1<0$,$C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=CO(g)\quad \Delta H_2<0$,则 ΔH_1 _____ ΔH_2。

2. 利用盖斯定律计算反应热

【例 2】 (2019·河南安鹤新开四校高二检测)用 H_2O_2 和 H_2SO_4 的混合溶液可溶出废旧印刷电路板上的铜。已知:

$Cu(s)+2H^+(aq)=\!=\!=Cu^{2+}(aq)+H_2(g)\quad \Delta H=+64.39\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2H_2O_2(l)=\!=\!=2H_2O(l)+O_2(g)\quad \Delta H=-196.46\ kJ\cdot mol^{-1}$

$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=H_2O(l)\quad \Delta H=-285.84\ kJ\cdot mol^{-1}$

在 H_2SO_4 溶液中,Cu 与 H_2O_2 反应生成 $Cu^{2+}(aq)$ 和 $H_2O(l)$ 的热化学方程式:_____。

3. 根据燃烧热计算反应放出的热量

【例 3】 在 101 kPa 时,1.6 g 甲烷完全燃烧生成 CO_2 和液态 H_2O,放出89.0 kJ的热量。

(1)CH_4 的燃烧热为多少?

(2)1 000 L CH_4(标准状况)完全燃烧后所产生的热量为多少?

4. 根据热化学方程式计算反应放出或吸收的热量

【例 4】 葡萄糖是人体所需能量的重要来源之一。葡萄糖燃烧的热化学方程式为 $C_6H_{12}O_6(s)+6O_2(g)=\!=\!=6CO_2(g)+6H_2O(l)\quad \Delta H=-2\ 800\ kJ/mol$ 葡萄糖在人体组织中氧化的热化学方程式与它燃烧的热化学方程式相同。计算:

(1)100 g 葡萄糖在人体中完全氧化时所产生的热量;

(2)生成 18 g 水时,放出的热量。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG_JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列关于盖斯定律描述不正确的是 (　　)

A. 化学反应的反应热不仅与反应体系的始态和终态有关,也与反应的途径有关

B. 盖斯定律遵守能量守恒定律

C. 利用盖斯定律可间接计算通过实验难测定的反应的反应热

D. 利用盖斯定律可以计算有副反应发生的反应的反应热

2. 假定反应体系的始态为 S,终态为 L,它们之间变化如图所示:$S\xrightleftharpoons[\Delta H_2]{\Delta H_1}L$,则下列说法不正确的是 (　　)

A. 若 $\Delta H_1<0$,则 $\Delta H_2>0$

B. 若 $\Delta H_1<0$,则 $\Delta H_2<0$

C. ΔH_1 和 ΔH_2 的绝对值相等

D. $\Delta H_1+\Delta H_2=0$

3. 根据以下三个热化学方程式:

$2H_2S(g)+3O_2(g)=\!=\!=2SO_2(g)+2H_2O(l)\quad \Delta H=-Q_1\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2H_2S(g)+O_2(g)=\!=\!=2S(s)+2H_2O(l)\quad \Delta H=-Q_2\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2H_2S(g)+O_2(g)=\!=\!=2S(s)+2H_2O(g)\quad \Delta H=-Q_3\ kJ\cdot mol^{-1}$

判断 Q_1、Q_2、Q_3 三者关系正确的是 (　　)

A. $Q_1>Q_2>Q_3$　　B. $Q_1>Q_3>Q_2$

C. $Q_3>Q_2>Q_1$　　D. $Q_2>Q_1>Q_3$

4. 已知葡萄糖的燃烧热是 2 804 kJ/mol,当它氧化生成 1 g 水时放出的热量是 (　　)

A. 26.0 kJ　　B. 51.9 kJ

C. 155.8 kJ　　D. 467.3 kJ

5. 已知热化学方程式:

$H_2O(g)=\!=\!=H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\quad \Delta H=+241.8\ kJ/mol$

$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=H_2O(l)\quad \Delta H=-285.8\ kJ/mol$

当 1 g 液态水变为水蒸气时,其热量变化是 (　　)

A. $\Delta H=+88\ kJ/mol$　　B. $\Delta H=+2.44\ kJ/mol$

C. $\Delta H=-4.98\ kJ/mol$　　D. $\Delta H=-44\ kJ/mol$

6. 已知:①$C(s)+H_2O(g)=\!=\!=CO(g)+H_2(g)\quad \Delta H=+130\ kJ\cdot mol^{-1}$

②$2C(s)+O_2(g)=\!=\!=2CO(g)\quad \Delta H=-220\ kJ\cdot mol^{-1}$

断开 1 mol H—H 键、O═O 键分别需要吸收 436 kJ、496 kJ 的热量,则断开 1 mol O—H 键需要吸收的热量为 (　　)

A. 332 kJ　　B. 118 kJ

C. 462 kJ　　D. 360 kJ

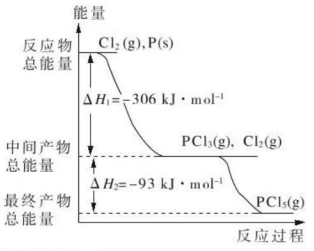
关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

7. 某同学发现在灼热的煤炭上洒少量水，煤炉中会产生淡蓝色火焰，煤炭燃烧更旺，因此该同学得出结论“煤炭燃烧时加少量水，可使煤炭燃烧放出更多的热量。”(已知煤炭的燃烧热 ΔH 为 $-393.15\ kJ\cdot mol^{-1}$，氢气的燃烧热 ΔH 为 $-242\ kJ\cdot mol^{-1}$，一氧化碳的燃烧热 ΔH 为 $-283\ kJ\cdot mol^{-1}$)

(1)写出该同学看到燃烧现象所涉及的所有反应的热化学方程式：_____。

(2)你认为该同学的结论是否正确，请简要说明其理由：_____。

8. (**2019·安泽高二检测**)红磷 P(s)和 $Cl_2(g)$发生反应生成 $PCl_3(g)$和 $PCl_5(g)$。反应过程和能量关系如图所示(图中的 ΔH 表示生成 1 mol 产物的数据)。



根据图回答下列问题：

(1)P 和 Cl_2 反应生成 PCl_3 的热化学方程式为_____。

(2)PCl_5 分解成 PCl_3 和 Cl_2 的热化学方程式为_____。

(3)P 和 Cl_2 分两步反应生成 1 mol PCl_5 的 ΔH_3=_____，P 和 Cl_2 一步反应生成 1 mol PCl_5 的 ΔH_4 _____(填“>”“<”或“=”)ΔH_3。

层级二　应试提能练

1. 在同温同压下，下列各组热化学方程式中 $Q_2>Q_1$ 的是　(　)

A. $2H_2(g)+O_2(g)=2H_2O(l)$　$\Delta H=-Q_1\ kJ/mol$，$2H_2(g)+O_2(g)=2H_2O(g)$　$\Delta H=-Q_2\ kJ/mol$

B. $S(g)+O_2(g)=SO_2(g)$　$\Delta H=-Q_1\ kJ/mol$，$S(s)+O_2(g)=SO_2(g)$　$\Delta H=-Q_2\ kJ/mol$

C. $C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)=CO(g)$　$\Delta H=-Q_1\ kJ/mol$，$C(s)+O_2(g)=CO_2(g)$　$\Delta H=-Q_2\ kJ/mol$

D. $H_2(g)+Cl_2(g)=2HCl(g)$　$\Delta H=-Q_1\ kJ/mol$，$\frac{1}{2}H_2(g)+\frac{1}{2}Cl_2(g)=HCl(g)$　$\Delta H=-Q_2\ kJ/mol$

2. 灰锡(以粉末状存在)和白锡是锡的两种同素异形体。已知：

①$Sn(白,s)+2HCl(aq)=SnCl_2(aq)+H_2(g)$　ΔH_1

②$Sn(灰,s)+2HCl(aq)=SnCl_2(aq)+H_2(g)$　ΔH_2

③$Sn(灰,s)\underset{<13.2\ ℃}{\overset{>13.2\ ℃}{\rightleftharpoons}}Sn(白,s)$　$\Delta H_3=+2.1\ kJ\cdot mol^{-1}$

下列说法正确的是　(　)

A. $\Delta H_1>\Delta H_2$

B. 锡在常温下以灰锡状态存在

C. 灰锡转化为白锡的反应是放热反应

D. 锡制器皿长期处在低于 13.2 ℃的环境中，会自行毁坏

3. 已知：①$2C(s)+O_2(g)=2CO(g)$　$\Delta H=-221.0\ kJ\cdot mol^{-1}$；②$2H_2(g)+O_2(g)=2H_2O(g)$　$\Delta H=-483.6\ kJ\cdot mol^{-1}$。则制备水煤气的反应 $C(s)+H_2O(g)=CO(g)+H_2(g)$ 的 ΔH 为　(　)

A. $+262.6\ kJ\cdot mol^{-1}$　B. $-131.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $-352.3\ kJ\cdot mol^{-1}$　D. $+131.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

4. 根据下列热化学方程式：

①$C(s)+O_2(g)=CO_2(g)$　$\Delta H_1=-393.5\ kJ/mol$

②$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=H_2O(l)$　$\Delta H_2=-285.8\ kJ/mol$

③$CH_3COOH(l)+2O_2(g)=2CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H_3=-870.3\ kJ/mol$

可以计算出 $2C(s)+2H_2(g)+O_2(g)=CH_3COOH(l)$ 的反应热为　(　)

A. $\Delta H=+244.1\ kJ/mol$　B. $\Delta H=-488.3\ kJ/mol$

C. $\Delta H=-996.6\ kJ/mol$　D. $\Delta H=+996.6\ kJ/mol$

5. 用 CH_4 催化还原 NO_x，可以消除氮氧化物的污染。例如：

①$CH_4(g)+4NO_2(g)=4NO(g)+CO_2(g)+2H_2O(g)$　$\Delta H=-574\ kJ\cdot mol^{-1}$

②$CH_4(g)+4NO(g)=2N_2(g)+CO_2(g)+2H_2O(g)$　$\Delta H=-1\ 160\ kJ\cdot mol^{-1}$

下列说法不正确的是　(　)

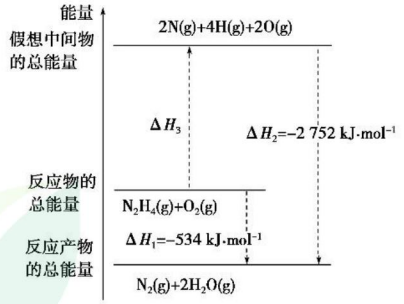
A. 若用标准状况下 4.48 L CH_4 还原 NO_2 生成 N_2 和水蒸气，放出的热量为 173.4 kJ

B. 由反应①可推知：$CH_4(g)+4NO_2(g)=4NO(g)+CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H<-574\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. 反应①②转移的电子数相同

D. 反应②中当 4.48 L CH_4 反应完全时转移的电子总数为 1.60 mol

6. 肼(N_2H_4)可作为火箭发动机的燃料。有关肼化学反应的能量变化如图所示，已知断裂 1 mol 化学键所需的能量(kJ)：N≡N 为 942、O═O 为 500、N—N 为 154，计算断裂 1 mol N—H 键所需的能量。



关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

7. 试运用盖斯定律回答下列问题：

(1)已知：$H_2O(g)$═══$H_2O(l)$　$\Delta H_1=-Q_1$ kJ/mol

$C_2H_5OH(g)$═══$C_2H_5OH(l)$　$\Delta H_2=-Q_2$ kJ/mol

$C_2H_5OH(g)+3O_2(g)$═══$2CO_2(g)+3H_2O(g)$　$\Delta H_3=-Q_3$ kJ/mol

若使 46 g 液态无水酒精完全燃烧，并恢复到室温，则整个过程中放出的热量为_____kJ。

(2)碳(s)在氧气供应不充足时，生成 CO 同时还部分生成 CO_2，因此无法通过实验直接测得反应：$C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)$═══ $CO(g)$的 ΔH。但可设计实验、利用盖斯定律计算出该反应的 ΔH，计算时需要测得的实验数据有_____。

8. 将氧化铁还原为铁的技术在人类文明的进步中占有十分重要的地位。炼铁高炉中发生的关键反应如下：

$C(s)+O_2(g)$═══ $CO_2(g)$　$\Delta H=-393.5$ kJ/mol

$CO_2(g)+C(s)$═══$2CO(g)$　$\Delta H=+172.46$ kJ/mol

Fe_2O_3+CO⟶$Fe+CO_2$

若已知：$2Fe(s)+\frac{3}{2}O_2(g)$═══$Fe_2O_3(s)$

$\Delta H=-824.21$ kJ/mol

根据上面三个热化学方程式，回答下列问题：

(1)CO 的燃烧热为_____；写出其热化学方程式_____。

(2)高炉内 Fe_2O_3 被 CO 还原为 Fe 的热化学方程式为_____。

(3)炼制 1 t(吨)含铁 96%的生铁所需焦炭的理论用量是_____t，实际生产中所需焦炭远高于理论用量，其原因是_____。

章末复习　第一章　化学反应与能量

一、反应热　焓变

1. 吸热反应和放热反应的判断

【例 1】 已知在 25 ℃、101 kPa 条件下，①$4Al(s)+3O_2(g)$═══$2Al_2O_3(s)$　$\Delta H=-2\,834.9$ kJ·mol^{-1}，②$4Al(s)+2O_3(g)$═══$2Al_2O_3(s)$　$\Delta H=-3\,119.1$ kJ·mol^{-1}。

下列说法正确的是　(　)

A. 等质量的 O_2 比 O_3 的能量低，由 O_2 变为 O_3 是吸热反应

B. 等质量的 O_2 比 O_3 的能量高，由 O_2 变为 O_3 是放热反应

C. O_3 比 O_2 稳定，由 O_2 变为 O_3 是吸热反应

D. O_2 比 O_3 稳定，由 O_2 变为 O_3 是放热反应

[**解析**] 要结合盖斯定律比较出氧气和臭氧焓的相对大小。由①－②可得 $3O_2(g)$═══$2O_3(g)$　$\Delta H=+284.2$ kJ·mol^{-1}，即等质量的反应物 O_2 比生成物 O_3 的能量低，反应吸热，A 项正确，B 项错误；物质的能量越低越稳定，所以 O_2 比 O_3 稳定，由 O_2 变为 O_3 是吸热反应，C、D 项错误。

[**答案**] A

[特别提醒]

物质的焓是不易测出的，但可以通过化学反应确定物质的焓的相对大小，当焓相对大时其稳定性差、焓相对小时其稳定性强，即物质的能量越高越不稳定，能量越低越稳定。

【方法回顾】 判断反应是吸热反应还是放热反应的方法

(1)理论分析判断法

①ΔH＝生成物具有的总能量－反应物具有的总能量。当 $\Delta H>0$ 时，反应吸热；当 $\Delta H<0$ 时，反应放热。

②ΔH＝反应物的键能之和－生成物的键能之和。反应物的键能越小，稳定性越弱，破坏它需要的能量就越少；生成物的键能越大，稳定性越强，形成它释放的能量就越多。当 $\Delta H<0$ 时，反应放热；当 $\Delta H>0$ 时，反应吸热。

(2)反应条件判断法

反应开始需要加热，而停止加热后，反应亦可继续进行，则为放热反应；若反应需要持续不断地加热才能进行，则为吸热反应。

(3)规律判断法

①常见的放热反应类型有：a. 金属与 H_2O 或酸的反应；b. 酸碱中和反应；c. 燃烧反应；d. 多数化合反应。

②常见的吸热反应类型有：a. 多数分解反应；b. C 参与的一些反应，如 $C+H_2O(g)\overset{高温}{═══}CO+H_2$、$CO_2+C\overset{高温}{═══}2CO$；c. NH_4Cl 与 $Ba(OH)_2\cdot 8H_2O$ 的反应。

2. 有限定条件的反应热理解

【例 2】 下列热化学方程式，ΔH 能正确表示物质燃烧热的是　(　)

A. $CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$═══$CO_2(g)$　$\Delta H=-283.0$ kJ·mol^{-1}

B. $C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)$═══$CO(g)$　$\Delta H=-110.5$ kJ·mol^{-1}

C. $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$═══$H_2O(g)$　$\Delta H=-241.8$ kJ·mol^{-1}

D. $2C_8H_{18}(l)+25O_2(g)$═══$16CO_2(g)+18H_2O(l)$　$\Delta H=-11\,036$ kJ·mol^{-1}

[**解析**] 燃烧热是指在 25 ℃、101 kPa 时，1 mol 纯物质完全燃烧生成稳定的氧化物时所放出的热量。

[**答案**] A

【方法回顾】 书写或判断燃烧热的热化学方程式须“三看”

(1)一看可燃物的化学计量数是否为 1。

(2)二看元素完全燃烧是否生成稳定氧化物。

(3)三看 ΔH 是否为“－”及单位是否正确。

二、热化学方程式

1. 热化学方程式的书写

【例 3】 完成下列反应的热化学方程式。

(1)沼气是一种能源，它的主要成分是 CH_4，常温下，0.5 mol CH_4 完全燃烧生成 $CO_2(g)$ 和液态水时，放出 445 kJ 热量，则热化学方程式为_____。

(2)已知 H_2S 完全燃烧生成 $SO_2(g)$ 和 $H_2O(l)$，H_2S 的燃烧热为 a kJ·mol^{-1}，写出 H_2S 的燃烧热的热化学方程式_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

(3)已知：$\frac{1}{2}N_2(g)+\frac{3}{2}H_2(g)$═══$N(g)+3H(g)$　$\Delta H_1=+a\ kJ\cdot mol^{-1}$

$N(g)+3H(g)$═══$NH_3(g)$　$\Delta H_2=-b\ kJ\cdot mol^{-1}$

$NH_3(g)$═══$NH_3(l)$　$\Delta H_3=-c\ kJ\cdot mol^{-1}$

写出 $N_2(g)$和 $H_2(g)$反应生成液氨的热化学方程式_____。

(4)已知：①$HF(aq)+OH^-(aq)$═══$F^-(aq)+H_2O(l)$　$\Delta H=-67.7\ kJ\cdot mol^{-1}$

②$H^+(aq)+OH^-(aq)$═══$H_2O(l)$　$\Delta H=-57.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

试写出 HF 电离的热化学方程式_____。

(5)SF_6 是一种优良的绝缘气体，分子结构中，只存在 S—F 键，已知 1 mol S(s)转化为气态硫原子吸收能量 280 kJ，F—F 键能为 160 $kJ\cdot mol^{-1}$，S—F 键能为 330 $kJ\cdot mol^{-1}$，试写出 S(s)和 $F_2(g)$反应生成 $SF_6(g)$的热化学方程式_____。

[**答案**]　(1)$CH_4(g)+2O_2(g)$═══$CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=-890\ kJ\cdot mol^{-1}$

(2)$H_2S(g)+\frac{3}{2}O_2(g)$═══$SO_2(g)+H_2O(l)$　$\Delta H=-a\ kJ\cdot mol^{-1}$

(3)$N_2(g)+3H_2(g)$═══$2NH_3(l)$　$\Delta H=-2(b+c-a)\ kJ\cdot mol^{-1}$

(4)$HF(aq)$═══$F^-(aq)+H^+(aq)$　$\Delta H=-10.4\ kJ\cdot mol^{-1}$

(5)$S(s)+3F_2(g)$═══$SF_6(g)$　$\Delta H=-1\ 220\ kJ\cdot mol^{-1}$

[特别提醒]

(1)漏写物质的聚集状态(漏一种就全错)。

(2)ΔH 的符号"+""−"标示错误。

(3)ΔH 的值与各物质化学计量数不对应。

(4)ΔH 后不带单位或单位写错(写成 kJ、kJ·mol 等)。

【方法回顾】

1. 热化学方程式书写的基本步骤

写出化学反应方程式 → 注明物质状态 →

计算 ΔH 数值，与系数对应并注明符号 →

检查热化学方程式

2. 书写热化学方程式应注意的问题

(1)ΔH 的符号和单位

在化学方程式的右边写出 ΔH＝数值和单位($kJ\cdot mol^{-1}$)，吸热反应的 ΔH 为"+"，放热反应的 ΔH 为"−"。

(2)注明测定条件

ΔH 与测定条件(温度、压强等)有关，因此书写热化学方程式时需注明 ΔH 的测定条件。一般反应 ΔH 是在 25 ℃、1.01×10^5 Pa 条件下测定的，可以不注明测定条件。

(3)注明物质的聚集状态

ΔH 与反应物和生成物的聚集状态有关，因此必须注明物质的聚集状态。

(4)注意 ΔH 与方程式的系数有关

①热化学方程式中各物质化学式前的系数仅表示该物质的物质的量，而不表示物质的分子个数或原子个数，因此系数可以是整数，也可以是分数。

②ΔH 与方程式的系数相对应，若热化学方程式中各物质的系数加倍，则 ΔH 的数值也加倍。

③若反应逆向进行，则 ΔH 改变符号，但数值不变。

④根据燃烧热、中和热书写的热化学方程式，要符合燃烧热、中和热的定义。

2. 热化学方程式的正误判断

【例 4】　燃烧 1 g 乙炔生成二氧化碳和液态水放出热量 50 kJ，则下列热化学方程式书写正确的是　(　　)

A. $2C_2H_2(g)+5O_2(g)$═══$4CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=+50\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. $C_2H_2(g)+\frac{5}{2}O_2(g)$═══$2CO_2(g)+H_2O(l)$　$\Delta H=-1\ 300\ kJ$

C. $2C_2H_2+5O_2$═══$4CO_2+2H_2O$　$\Delta H=-2\ 600\ kJ\cdot mol^{-1}$

D. $2C_2H_2(g)+5O_2(g)$═══$4CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=-2\ 600\ kJ\cdot mol^{-1}$

[**解析**]　本题可结合热化学方程式的书写规则来具体分析。书写热化学方程式时，ΔH 只能写在化学方程式的右边，若为放热反应，则 ΔH 为"−"；若为吸热反应，则 ΔH 为"+"，其单位一般为 $kJ\cdot mol^{-1}$，故 A、B 项错误；并且反应物和生成物的聚集状态不同，反应热的数值可能不同，因此必须在反应方程式中用括号注明反应物和生成物在反应时的聚集状态(s、l、g)，故 C 项错误；ΔH 必须与反应方程式中化学式前面的化学计量数相对应，如果化学计量数加倍，则 ΔH 也要加倍。

[**答案**]　D

【方法回顾】　判断热化学方程式正误的"五审"

一审"+""−"——放热反应 ΔH 一定为"−"，吸热反应 ΔH 一定为"+"。

二审单位——单位一定为"$kJ\cdot mol^{-1}$"，易错写成"kJ"或漏写。

三审状态——物质的状态必须正确，特别是溶液中的反应易写错。

四审数值——反应热的数值必须与方程式中的化学计量数相对应，即 ΔH 与化学计量数成正比。当反应逆向进行时，其反应热与正反应的反应热数值相等，符号相反。

五审是否符合概念——如燃烧热(燃料的化学计量数为 1，生成稳定的氧化物)、中和热(H_2O 的化学计量数为 1)的热化学方程式。

三、盖斯定律及其应用

1. 利用盖斯定律进行焓变的计算

【例 5】　甲醇(CH_3OH)广泛用作燃料电池的燃料，可由天然气来合成，已知：①$2CH_4(g)+O_2(g)$═══$2CO(g)+4H_2(g)$　$\Delta H=-71\ kJ\cdot mol^{-1}$，②$CO(g)+2H_2(g)$═══$CH_3OH(l)$　$\Delta H=-90.5\ kJ\cdot mol^{-1}$，③$CH_4(g)+2O_2(g)$═══$CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=-890\ kJ\cdot mol^{-1}$，则甲醇的燃烧热为_____。若 CO 的燃烧热为 282.5 $kJ\cdot mol^{-1}$，则 H_2 的燃烧热为_____。

关注微信公众号"教辅资料站"获取更多学习资料

［解析］　根据盖斯定律，由(③×2－①)/2 得④$CO(g)+2H_2(g)+\frac{3}{2}O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=-854.5\ kJ\cdot mol^{-1}$，由④－②得 $CH_3OH(l)+\frac{3}{2}O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=-764\ kJ\cdot mol^{-1}$，故甲醇的燃烧热为 $764\ kJ\cdot mol^{-1}$。由热化学方程式④得 CO 的燃烧热＋2×H_2 的燃烧热＝$854.5\ kJ\cdot mol^{-1}$，由此可得 H_2 的燃烧热为 $286\ kJ\cdot mol^{-1}$。

［答案］　$764\ kJ\cdot mol^{-1}$　$286\ kJ\cdot mol^{-1}$

［特别提醒］

求总反应的反应热时，不能不假思索地将各步反应的反应热简单相加，只关注消去不需要的物质，而忽视反应的始态与终态是否一致；另外，易忽视 ΔH 的数值和符号要做出相应的变化。

2. 利用盖斯定律书写热化学方程式

【例 6】　发射卫星时可用肼(N_2H_4)为燃料和二氧化氮(NO_2)作氧化剂，两者反应生成氮气和气态水。已知：

$N_2(g)+2O_2(g)=\!=\!=2NO_2(g)$　$\Delta H=+67.7\ kJ\cdot mol^{-1}$　①

$N_2H_4(g)+O_2(g)=\!=\!=N_2(g)+2H_2O(g)$　$\Delta H=-543\ kJ\cdot mol^{-1}$　②

$\frac{1}{2}H_2(g)+\frac{1}{2}F_2(g)=\!=\!=HF(g)$　$\Delta H=-269\ kJ\cdot mol^{-1}$　③

$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=H_2O(g)$　$\Delta H=-242\ kJ\cdot mol^{-1}$　④

(1)肼和二氧化氮反应的热化学方程式为_____。

(2)有人认为若用氟气代替二氧化氮作氧化剂，反应释放的能量更大，试写出肼和氟气反应的热化学方程式：_____。

［解析］　(1)结合盖斯定律：②×2－①便得反应 $2N_2H_4(g)+2NO_2(g)=\!=\!=3N_2(g)+4H_2O(g)$，其反应热 $\Delta H=(-543\ kJ\cdot mol^{-1})\times2-(+67.7\ kJ\cdot mol^{-1})=-1\,153.7\ kJ\cdot mol^{-1}$。

(2)结合盖斯定律知：②＋③×4－④×2 得反应 $N_2H_4(g)+2F_2(g)=\!=\!=N_2(g)+4HF(g)$，其反应热 $\Delta H=(-543\ kJ\cdot mol^{-1})+(-269\ kJ\cdot mol^{-1})\times4-(-242\ kJ\cdot mol^{-1})\times2=-1\,135\ kJ\cdot mol^{-1}$。

［答案］　(1)$2N_2H_4(g)+2NO_2(g)=\!=\!=3N_2(g)+4H_2O(g)$　$\Delta H=-1\,153.7\ kJ\cdot mol^{-1}$

(2)$N_2H_4(g)+2F_2(g)=\!=\!=N_2(g)+4HF(g)$　$\Delta H=-1\,135\ kJ\cdot mol^{-1}$

【模型构建】　利用盖斯定律书写热化学方程式的思维模型

先确定待求的化学反应方程式⇒找出待求热化学方程式中各物质在已知热化学方程式中的位置⇒根据待求热化学方程式中各物质的化学计量数和位置对已知热化学方程式进行处理，得到变形后的新热化学方程式⇒将新得到的热化学方程式进行加减(反应热也需要相应加减)⇒计算反应热或写出待求的热化学方程式。

四、反应热的计算与比较

1. 反应热的计算

【例 7】　(1)随着化石能源的减少，新能源的开发利用日益迫切。Bunsen 热化学循环制氢工艺由下列三个反应组成：

$SO_2(g)+I_2(g)+2H_2O(g)=\!=\!=2HI(g)+H_2SO_4(l)$　$\Delta H=a\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2H_2SO_4(l)=\!=\!=2H_2O(g)+2SO_2(g)+O_2(g)$　$\Delta H=b\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2HI(g)=\!=\!=H_2(g)+I_2(g)$　$\Delta H=c\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2H_2O(g)=\!=\!=2H_2(g)+O_2(g)$　$\Delta H=$_____ $kJ\cdot mol^{-1}$。

(2)据粗略统计，我国没有经过处理便排放的焦炉煤气已超过 250 亿立方米，这不仅是能源的浪费，也对环境造成极大污染。为解决这一问题，我国从 2004 年起已利用焦炉煤气制取甲醇及二甲醚。

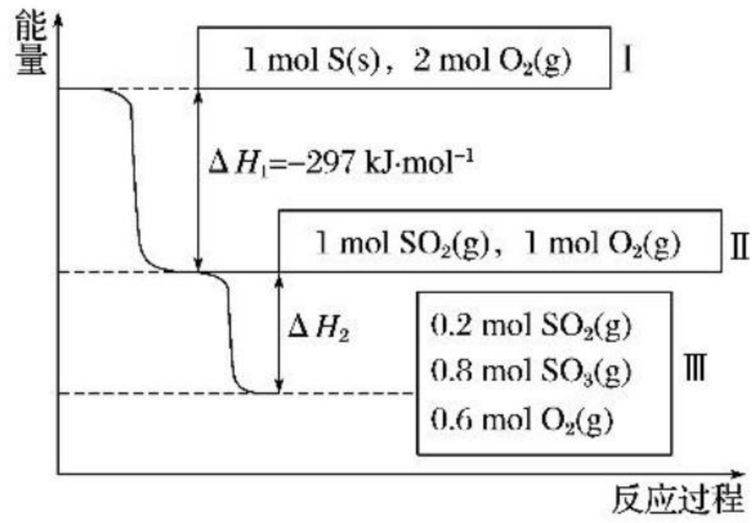
已知 CO 中的 C 与 O 之间为三键连接，且合成甲醇的主要反应原理为 $CO(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)$　ΔH。如表所列为常见化学键的键能数据：

化学键	C—C	C—H	H—H	C—O	C≡O	H—O
键能/$kJ\cdot mol^{-1}$	348	414	436	326.8	1 032	464

则该反应的 $\Delta H=$_____ $kJ\cdot mol^{-1}$。

(3)恒温恒容条件下，硫可以发生如下转化，其反应过程和能量关系如图所示。

已知：$2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$　$\Delta H=-196.6\ kJ\cdot mol^{-1}$



①写出能表示硫的燃烧热的热化学方程式：_____。

②$\Delta H_2=$_____ $kJ\cdot mol^{-1}$。

［解析］　(1)将题给热化学方程式依次编号为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ，根据盖斯定律，由Ⅰ×2＋Ⅱ＋Ⅲ×2 得 $2H_2O(g)=\!=\!=2H_2(g)+O_2(g)$　$\Delta H=(2a+b+2c)\ kJ\cdot mol^{-1}$。

(2)$\Delta H=1\,032\ kJ\cdot mol^{-1}+2\times436\ kJ\cdot mol^{-1}-3\times414\ kJ\cdot mol^{-1}-326.8\ kJ\cdot mol^{-1}-464\ kJ\cdot mol^{-1}=-128.8\ kJ\cdot mol^{-1}$。

(3)①由图可知 1 mol S(s)完全燃烧放出的热量为 297 kJ，故能表示硫的燃烧热的热化学方程式为 $S(s)+O_2(g)=\!=\!=SO_2(g)$　$\Delta H=-297\ kJ\cdot mol^{-1}$。

②由图可知，参加反应的 $n(SO_2)=1\ mol-0.2\ mol=0.8\ mol$，根据 $2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$　$\Delta H=-196.6\ kJ\cdot mol^{-1}$，$\Delta H_2=0.8\times\frac{1}{2}\times(-196.6\ kJ\cdot mol^{-1})=-78.64\ kJ\cdot mol^{-1}$。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

[答案]　(1)$2a+b+2c$

(2)-128.8

(3)①$S(s)+O_2(g)\xlongequal{}SO_2(g)$　$\Delta H=-297\ kJ\cdot mol^{-1}$　②-78.64

【方法回顾】 计算反应热的常用方法

(1)利用热化学方程式进行相关量的求解

可先写出热化学方程式，再根据热化学方程式所体现的物质与物质间、物质与反应热间的关系直接或间接求算物质的质量或反应热。

(2)根据盖斯定律计算

可以将两个或两个以上的热化学方程式包括其 ΔH 相加或相减，得到新的热化学方程式，可进行反应热的有关计算。

(3)根据燃烧热计算

可燃物完全燃烧产生的热量＝可燃物的物质的量×燃烧热。

(4)根据键能计算

反应热(焓变)等于反应物中的键能总和减去生成物中的键能总和，$\Delta H=\sum E_{反}-\sum E_{生}$($E$ 表示键能)。如反应 $3H_2(g)+N_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$　$\Delta H=3E(H—H)+E(N\equiv N)-6E(N—H)$。

2. 反应热的大小比较

【例8】 已知：①$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\xlongequal{}H_2O(g)$　$\Delta H_1=a\ kJ\cdot mol^{-1}$

②$2H_2(g)+O_2(g)\xlongequal{}2H_2O(g)$　$\Delta H_2=b\ kJ\cdot mol^{-1}$

③$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\xlongequal{}H_2O(l)$　$\Delta H_3=c\ kJ\cdot mol^{-1}$

④$2H_2(g)+O_2(g)\xlongequal{}2H_2O(l)$　$\Delta H_4=d\ kJ\cdot mol^{-1}$

则 a、b、c、d 的关系正确的是　(　　)

A. $a<c<0$　　B. $b>d>0$

C. $2a=b<0$　　D. $2c=d>0$

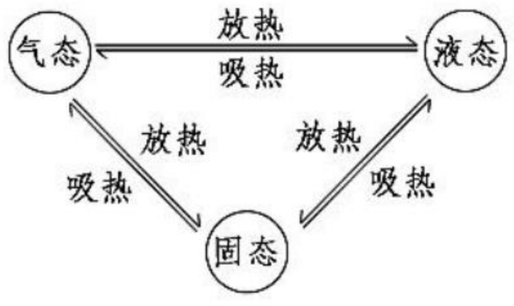
[解析]　对比①②两热化学方程式可知：$2a=b<0$，C正确；对比③④两式可知 $2c=d<0$，D错误，则B也错误；再对比①③两式，因等质量的 $H_2O(g)$ 比 $H_2O(l)$ 的能量高，则 $|a|<|c|$，又因为 a、c 均为负值，故 $c<a<0$，A错误。

[答案]　C

[特别提醒]

(1)反应物和生成物的状态

物质的气、液、固三态的变化与反应热量的关系

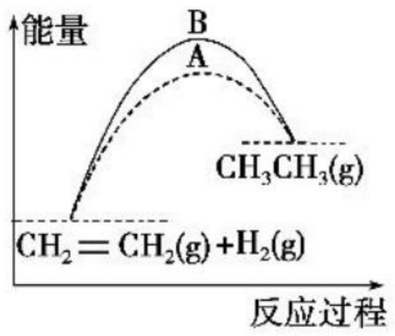


(2)ΔH 的符号：比较反应热的大小时，不要只比较 ΔH 数值的大小，还要考虑其符号。

(3)参加反应的物质的量：当反应物和生成物的状态相同时，参加反应的物质的量越多，放热反应的 ΔH 越小，吸热反应的 ΔH 越大。

章末提能·拔高练 ZHANGMOTINENGBAGAOLIAN——培优提能提素养、练综合

1. 下列关于反应过程中能量变化的说法正确的是　(　　)



A. 在一定条件下，某可逆反应的 $\Delta H=+100\ kJ\cdot mol^{-1}$，则该反应的正反应活化能比逆反应活化能大 $100\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. 图中A、B曲线可分别表示反应 $CH_2=CH_2(g)+H_2(g)\xlongequal{}CH_3CH_3(g)$ 未使用催化剂和使用催化剂时反应过程中的能量变化

C. 同温同压下，反应 $H_2(g)+Cl_2(g)\xlongequal{}2HCl(g)$ 在光照和点燃条件下的 ΔH 不同

D. 图示的能量变化可判断出该化学反应是放热反应

2. (**2019·吉林辽源五中高二检测**)下列叙述正确的是　(　　)

A. $CO(g)$ 的燃烧热 $\Delta H=-283.0\ kJ\cdot mol^{-1}$，则 $2CO_2(g)\xlongequal{}2CO(g)+O_2(g)$ 反应的 $\Delta H=+(2\times 283.0)\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. HCl和NaOH反应的中和热为 $\Delta H=-57.3\ kJ\cdot mol^{-1}$，则 H_2SO_4 和 $Ca(OH)_2$ 反应的中和热为 $\Delta H=2\times(-57.3)\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. 用等体积的 $0.50\ mol\cdot L^{-1}$ 盐酸、$0.55\ mol\cdot L^{-1}$ NaOH溶液进行中和热测定的实验，会使测得的中和热偏大

D. 1 mol 甲烷燃烧生成气态水和二氧化碳所放出的热量是甲烷的燃烧热

3. 已知在 1.01×10^5 Pa、298 K条件下，2 mol氢气燃烧生成水蒸气放出484 kJ的热量，下列热化学方程式正确的是　(　　)

A. $H_2O(g)\xlongequal{}H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$　$\Delta H=+242\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. $2H_2(g)+O_2(g)\xlongequal{}2H_2O(l)$　$\Delta H=-484\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\xlongequal{}H_2O(g)$　$\Delta H=+242\ kJ\cdot mol^{-1}$

D. $2H_2(g)+O_2(g)\xlongequal{}2H_2O(g)$　$\Delta H=+484\ kJ\cdot mol^{-1}$

4. 已知充分燃烧 a g乙炔气体时生成1 mol二氧化碳气体和液态水，并放出热量 b kJ，则乙炔燃烧的热化学方程式正确的是　(　　)

A. $2C_2H_2(g)+5O_2(g)\xlongequal{}4CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=-2b\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. $C_2H_2(g)+\frac{5}{2}O_2(g)\xlongequal{}2CO_2(g)+H_2O(l)$　$\Delta H=+2b\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $2C_2H_2(g)+5O_2(g)\xlongequal{}4CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=-4b\ kJ\cdot mol^{-1}$

D. $2C_2H_2(g)+5O_2(g)\xlongequal{}4CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H=+b\ kJ\cdot mol^{-1}$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

5. 下列热化学方程式正确的是　　(　　)

A. 甲烷的燃烧热为 890.3 kJ·mol^{-1}，则甲烷燃烧热的热化学方程式可表示为 $CH_4(g)+2O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)+2H_2O(g)$　$\Delta H=-890.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. 500 ℃、30 MPa 下，将 0.5 mol N_2 和 1.5 mol H_2 置于密闭容器中充分反应生成 $NH_3(g)$，放热 19.3 kJ，其热化学方程式为 $N_2(g)+3H_2(g)\overset{500\ ℃}{\underset{30\ MPa}{\rightleftharpoons}}2NH_3(g)$　$\Delta H=-38.6\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. 已知在 120 ℃、101 kPa 下，1 g H_2 燃烧生成水蒸气放出 121 kJ 热量，其热化学方程式为 $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\overset{120\ ℃}{\underset{101\ kPa}{=\!=\!=}}H_2O(g)$　$\Delta H=-242\ kJ\cdot mol^{-1}$

D. 25 ℃、101 kPa 时，强酸与强碱的稀溶液发生中和反应的中和热为 57.3 kJ·mol^{-1}，硫酸溶液与氢氧化钾溶液反应的热化学方程式为 $H_2SO_4(aq)+2KOH(aq)=\!=\!=K_2SO_4(aq)+2H_2O(l)$　$\Delta H=-57.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

6. 通过以下反应可获得新型能源二甲醚(CH_3OCH_3)。下列说法不正确的是　　(　　)

①$C(s)+H_2O(g)=\!=\!=CO(g)+H_2(g)$　$\Delta H_1=a\ kJ\cdot mol^{-1}$

②$CO(g)+H_2O(g)=\!=\!=CO_2(g)+H_2(g)$　$\Delta H_2=b\ kJ\cdot mol^{-1}$

③$CO_2(g)+3H_2(g)=\!=\!=CH_3OH(g)+H_2O(g)$　$\Delta H_3=c\ kJ\cdot mol^{-1}$

④$2CH_3OH(g)=\!=\!=CH_3OCH_3(g)+H_2O(g)$　$\Delta H_4=d\ kJ\cdot mol^{-1}$

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 $CH_3OH(g)=\!=\!=\frac{1}{2}CH_3OCH_3(g)+\frac{1}{2}H_2O(l)$ 的 $\Delta H=\frac{d}{2}\ kJ\cdot mol^{-1}$

D. 反应 $2CO(g)+4H_2(g)=\!=\!=CH_3OCH_3(g)+H_2O(g)$ 的 $\Delta H=(2b+2c+d)\ kJ\cdot mol^{-1}$

7. 已知下列反应的热化学方程式为

①$CH_3COOH(l)+2O_2(g)=\!=\!=2CO_2(g)+2H_2O(l)$　$\Delta H_1=-870.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

②$C(s)+O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)$　$\Delta H_2=-393.5\ kJ\cdot mol^{-1}$

③$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=H_2O(l)$　$\Delta H_3=-285.8\ kJ\cdot mol^{-1}$

则反应 $2C(s)+2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=CH_3COOH(l)$ 的 ΔH 为　　(　　)

A. $-488.3\ kJ\cdot mol^{-1}$　　B. $-191\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $-476.8\ kJ\cdot mol^{-1}$　　D. $-1\ 549.6\ kJ\cdot mol^{-1}$

8. 已知 $H_2(g)$、$C_2H_4(g)$ 和 $C_2H_5OH(l)$ 的燃烧热分别是 285.8 kJ·mol^{-1}、1 411.0 kJ·mol^{-1} 和 1 366.8 kJ·mol^{-1}，则由 $C_2H_4(g)$ 和 $H_2O(l)$ 反应生成 $C_2H_5OH(l)$ 的 ΔH 为　　(　　)

A. $-44.2\ kJ\cdot mol^{-1}$　　B. $+44.2\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $-330\ kJ\cdot mol^{-1}$　　D. $+330\ kJ\cdot mol^{-1}$

9. 黑火药是中国古代的四大发明之一，其爆炸的热化学方程式为

$S(s)+2KNO_3(s)+3C(s)=\!=\!=K_2S(s)+N_2(g)+3CO_2(g)$　$\Delta H=x\ kJ\cdot mol^{-1}$

已知：碳的燃烧热 $\Delta H_1=a\ kJ\cdot mol^{-1}$

$S(s)+2K(s)=\!=\!=K_2S(s)$　$\Delta H_2=b\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2K(s)+N_2(g)+3O_2(g)=\!=\!=2KNO_3(s)$　$\Delta H_3=c\ kJ\cdot mol^{-1}$，则 x 为　　(　　)

A. $3a+b-c$　　B. $c+3a-b$

C. $a+b-c$　　D. $c+a-b$

10. 已知胆矾溶于水时溶液温度降低。胆矾分解的热化学方程式为 $CuSO_4\cdot5H_2O(s)=\!=\!=CuSO_4(s)+5H_2O(l)$　$\Delta H=+Q_1\ kJ\cdot mol^{-1}$，室温下，若将 1 mol 无水硫酸铜溶解为溶液时放热 Q_2 kJ，则　　(　　)

A. $Q_1>Q_2$　　B. $Q_1=Q_2$

C. $Q_1<Q_2$　　D. 无法比较

11. (**2019·安阳一中高二检测**)已知：$C(s)+O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)$　$\Delta H=-393.5\ kJ\cdot mol^{-1}$；$2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(g)$　$\Delta H=-483.6\ kJ\cdot mol^{-1}$。现有 0.2 mol 的碳粉和氢气组成的悬浮气，该混合物在氧气中完全燃烧，共放出 63.53 kJ 热量，则混合物中 C 与 H_2 的物质的量之比为　　(　　)

A. 1∶1　　B. 1∶2

C. 2∶3　　D. 3∶2

12. 已知：$2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons2SO_3(g)$　$\Delta H=-196.6\ kJ\cdot mol^{-1}$，实验室测得 4 mol SO_2 发生上述化学反应时放出 314.3 kJ 热量，SO_2 的转化率最接近于　　(　　)

A. 40%　　B. 50%

C. 80%　　D. 90%

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第二章　化学反应速率和化学平衡

第一节　化学反应速率

1. 了解化学反应速率的概念，会定量表示化学反应速率。
2. 掌握化学反应速率的简单计算方法，会比较化学反应速率的快慢。
3. 学会化学反应速率的测定方法。

[晨背重点语句]

1. 化学反应速率三个“1”
   (1)1 个公式：$v=\frac{\Delta c}{\Delta t}$；
   (2)1 个关系：化学反应速率之比＝化学计量数之比；
   (3)1 种换算：1 mol/(L·s)＝60 mol/(L·min)
2. 化学反应速率“三项注意”
   (1)指明具体的物质；
   (2)不能用固体或纯液体物质表示；
   (3)是平均反应速率，不是瞬时速率。
3. 测定化学反应速率的方法：测气体体积变化、浓度变化、显色时间等。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　化学反应速率

知识梳理

1. 概念：表示化学反应进行快慢的物理量。

2. 表示方法

(1)可用单位时间内反应物或生成物的浓度变化来表示。

(2)在容积不变的反应容器中，通常用①_____内反应物②_____或生成物③_____来表示。

3. 表达式及其单位

(1)表达式：$v=\frac{\Delta c}{\Delta t}$。

(2)常用单位：④_____。

[特别提醒]

1. 在 $2Na+2H_2O=2NaOH+H_2\uparrow$ 的反应中，可用哪些物质表示反应速率？

答案：在 $2Na+2H_2O=2NaOH+H_2\uparrow$ 的反应中只能用 NaOH、H_2 的浓度变化来表示，即不能用固体或纯液体来表示反应速率，因为固体或纯液体的浓度为定值。

2. (1)用不同反应物表示化学反应速率时，化学反应速率之比＝物质的量浓度变化之比＝物质的量变化之比＝化学计量数之比。

(2)同一化学反应的反应速率，用不同物质表示时数值可能不同，但意义相同。

对点训练

1. 判断下列描述的正误(正确的打“√”，错误的打“×”)。

(1)化学反应速率是指一定时间内任何一种反应物浓度的减少或生成物浓度的增加。(　　)

(2)化学反应速率为 0.8 mol/(L·s)是指 1 s 时某物质的浓度为 0.8 mol/L。(　　)

(3)化学反应速率的数值越大，反应进行得越快。(　　)

(4)根据化学反应速率的大小可以推知化学反应进行的快慢。(　　)

(5)对于化学反应来说，反应速率越大，反应现象就越明显。(　　)

2. 在 $N_2+3H_2 \underset{\text{高温高压}}{\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$ 的反应中，在 5 s 内 N_2 的浓度由 6 mol·L^{-1}减至 2 mol·L^{-1}。则 NH_3 的平均反应速率是(　　)

A. 2.4 mol·$(L\cdot s)^{-1}$　　B. 1.6 mol·$(L\cdot s)^{-1}$

C. 0.8 mol·$(L\cdot s)^{-1}$　　D. 0.08 mol·$(L\cdot s)^{-1}$

3. 反应 $A+3B\rightleftharpoons 2C+2D$ 在四种不同情况下的反应速率分别为

①$v(A)=0.15\ mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$

②$v(B)=0.01\ mol\cdot L^{-1}\cdot s^{-1}$

③$v(C)=0.40\ mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$

④$v(D)=0.45\ mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$

则该反应在不同情况下进行的快慢顺序为_____。

[练后归纳]

比较同一化学反应不同条件下反应速率快慢的方法

“一看”：看化学反应速率的单位是否统一；

“二化”：将不同的化学反应速率转化为同一种物质的化学反应速率或分别除以相应物质的化学计量数；

“三比较”：比较同一种物质的化学反应速率的数值或分别除以相应物质的化学计量数。之后的数值，数值越大，反应速率越大。如反应 $aA(g)+bB(g)=cC(g)$，比较 $\frac{v(A)}{a}$ 与 $\frac{v(B)}{b}$，若 $\frac{v(A)}{a}>\frac{v(B)}{b}$，则 $v(A)$ 表示的反应速率大于 $v(B)$ 表示的反应速率。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点二　化学反应速率的测定

知识梳理

1. 测定原理

利用化学反应中某一种化学物质的[5]_____（或[6]_____）相关的性质进行测定。

2. 测定方法

(1)利用能够直接观测的某些性质测定

如通过测量释放出一定体积的气体的[7]_____来测定反应速率，或测定一定时间内气体压强的变化来测定反应速率。

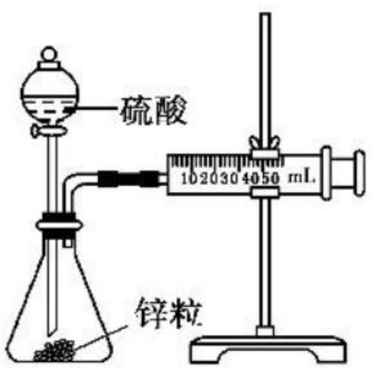
(2)利用科学仪器测量

如在溶液中，当反应物或产物本身有较明显的颜色时，可利用[8]_____和[9]_____间的正比关系来跟踪反应的过程和测量反应速率。

3. 实验探究

(1)反应原理：$Zn+H_2SO_4=\!=\!=ZnSO_4+H_2\uparrow$。

(2)实验过程



①按如图所示安装两套装置，在锥形瓶内各盛有 2 g 锌粒。

②取一套装置，通过分液漏斗加入 40 mL 1 mol/L 的硫酸，测出收集 10 mL H_2 所用的时间。

③取另一套装置，通过分液漏斗加入 40 mL 4 mol/L 的硫酸，测出收集 10 mL H_2 所用的时间。

(3)实验现象

锌与硫酸反应产生气泡，收集 10 mL H_2 所用的时间比较：使用 4 mol/L 的硫酸比使用 1 mol/L 的硫酸所用的时间[10]_____。

(4)实验记录

加入试剂	反应时间(min)	反应速率(mL/min)
1 mol/L H_2SO_4	[11]_____	[12]_____
4 mol/L H_2SO_4	[13]_____	[14]_____

(5)探究结论：4 mol/L 的硫酸与锌反应比 1 mol/L 的硫酸与锌反应[15]_____。

[归纳总结]

(1)测定锌与稀 H_2SO_4 反应的速率的实验设计

①确定变量——稀硫酸的浓度不同。

②找出某个易于测量的物理量或性质变化——测量相同时间放出 H_2 的体积或产生相同体积 H_2 所用的时间。

③控制不变的因素——锌粒的质量、表面积、温度、时间(或 H_2 的体积)。

(2)测定锌与稀 H_2SO_4 反应的速率需要注意的问题

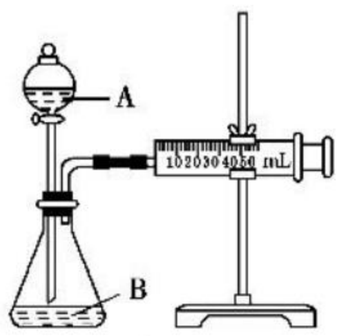
①锌粒的颗粒(即表面积)大小基本相同。

②40 mL 的硫酸溶液要迅速加入。

③装置气密性要好，且计时要迅速准确。

对点训练

4. 用如图装置来测定锌与 2 mol·L^{-1} 硫酸的反应速率，A 中盛放_____，B 中盛放_____，在做实验时还需要的测量仪器为_____，需要读取的数据是_____和_____。



5. “碘钟”实验中，$3I^-+S_2O_8^{2-}=\!=\!=I_3^-+2SO_4^{2-}$ 的反应速率可以用 I_3^- 遇加入的淀粉溶液显蓝色的时间 t 来测定，t 越小，反应速率越大。某探究性学习小组在 20 ℃进行实验，得到的数据如表：

实验编号	①	②	③	④	⑤
$c(I^-)$/mol·L^{-1}	0.040	0.080	0.080	0.160	0.120
$c(S_2O_8^{2-})$/mol·L^{-1}	0.040	0.040	0.080	0.020	0.040
t/s	88.0	44.0	22.0	44.0	t_1

回答下列问题：

(1)该实验的目的是_____。

(2)显色时间 t_1 为_____。

(3)通过分析比较上述数据，得到的结论是_____。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列关于化学反应速率的说法，不正确的是（　　）

A. 化学反应速率是衡量化学反应进行快慢程度的物理量

B. 单位时间内某物质的浓度变化越大，则该物质反应就越快

C. 化学反应速率可以用单位时间内生成某物质的质量的多少来表示

D. 化学反应速率常用单位有“mol·L^{-1}·s^{-1}”和“mol·L^{-1}·min^{-1}”

2. 反应 $4NH_3(g)+5O_2(g)=\!=\!=4NO(g)+6H_2O(g)$ 在容积为 2 L 的密闭容器中进行，1 min 后，NH_3 减少了 0.12 mol，则平均每秒浓度的变化表示正确的是（　　）

A. NO：0.001 5 mol·L^{-1}　　B. H_2O：0.002 mol·L^{-1}

C. NH_3：0.002 mol·L^{-1}　　D. O_2：0.001 25 mol·L^{-1}

3. 在 $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 的反应中，经过一段时间后，NH_3 的浓度增加了 0.6 mol·L^{-1}，在此段时间内用 H_2 表示的平均反应速率为 0.45 mol·L^{-1}·s^{-1}，则此段时间是（　　）

A. 1 s　　B. 2 s

C. 44 s　　D. 1.33 s

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

4. 对于化学反应 $3W(g)+2X(g)\xlongequal{}4Y(g)+3Z(g)$，下列反应速率关系中，正确的是　（　）

A. $v(W)=3v(Z)$　　B. $2v(X)=3v(Z)$

C. $2v(X)=v(Y)$　　D. $3v(W)=2v(X)$

5. 某温度下，浓度都是 1 mol·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，经过 t min 后，测得物质的浓度分别为 $c(X_2)=0.4$ mol·L^{-1}，$c(Y_2)=0.8$ mol·L^{-1}，$c(Z_2)=0.4$ mol·L^{-1}，则该反应的化学方程式可表示为　（　）

A. $X_2+2Y_2\xlongequal{}2XY_2$　　B. $2X_2+Y_2\xlongequal{}2X_2Y$

C. $3X_2+Y_2\xlongequal{}2X_3Y$　　D. $X_2+3Y_2\xlongequal{}2XY_3$

6. 在不同条件下，分别测得反应 $2SO_2+O_2\rightleftharpoons 2SO_3$ 的化学反应速率，其中表示该反应进行得最快的是　（　）

A. $v(SO_2)=4$ mol·L^{-1}·min^{-1}

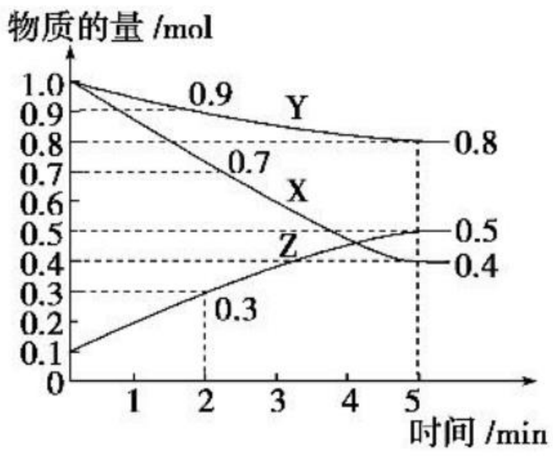
B. $v(O_2)=3$ mol·L^{-1}·min^{-1}

C. $v(SO_2)=0.1$ mol·L^{-1}·s^{-1}

D. $v(O_2)=0.1$ mol·L^{-1}·s^{-1}

7. （**2019·福建师大附中高二检测**）化学反应速率可通过实验测定。要测定不同反应时刻反应物或生成物的浓度，可通过观察和测量体系中的某一物质的相关性质，再进行适当的转换和计算。如比较锌粒与不同浓度硫酸溶液反应时的速率，可通过测定收集等体积 H_2 需要的_____来实现；在 $KMnO_4$ 与 $H_2C_2O_4$ 反应中，可通过观察_____变化所需时间来测定该反应的速率；在 $Na_2S_2O_3+H_2SO_4\longrightarrow Na_2SO_4+S\downarrow+SO_2\uparrow+H_2O$ 反应中，该反应的速率可通过_____来测定。

8. 某温度时，在 2 L 容器中 X、Y、Z 三种物质的物质的量随时间的变化关系曲线如图所示。



(1)由图中的数据分析，该反应的化学方程式为_____。

(2)反应开始至 2 min、5 min 时 Z 的平均反应速率为_____、_____。

(3)5 min 后 Z 的生成速率比 5 min 末 Z 的生成速率_____（填“大”“小”或“相等”）。

层级二　应试提能练

1. 对于反应：$CaCO_3+2HCl\xlongequal{}CaCl_2+H_2O+CO_2\uparrow$，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，但可用水来表示

C. 用 H_2O 和 CO_2 表示的化学反应速率相同

D. 用单位时间内 $CaCl_2$ 浓度的减小表示其反应速率

2. 甲、乙两个容器内都进行 A $\longrightarrow$ B 的反应，甲容器内每分钟减少 4 mol A，乙容器内每分钟减少 2 mol A，则甲容器内的反应速率比乙容器内的反应速率　（　）

A. 快　　B. 慢

C. 相等　　D. 无法判断

3. 把 0.6 mol X 气体和 0.4 mol Y 气体混合于 2 L 的密闭容器中，使它们发生如下反应 $3X(g)+Y(g)\rightleftharpoons nZ(g)+2W(g)$，5 min 末已生成 0.2 mol W，若测知以 Z 表示的平均反应速率为 0.01 mol·$(L\cdot min)^{-1}$，则 n 是　（　）

A. 1　　B. 2

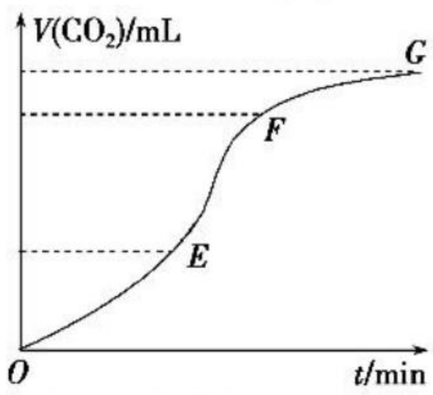
C. 3　　D. 4

4. 将气体 A_2、B_2 各 1 mol 充入 1 L 的密闭容器中反应，生成气体 C，一段时间后，测得 $c(A_2)$ 为 0.58 mol·L^{-1}，$c(B_2)$ 为 0.16 mol·L^{-1}，$c(C)$ 为 0.84 mol·L^{-1}，则 C 的化学式为　（　）

A. AB　　B. A_2B

C. AB_2　　D. A_2B_2

5. 用大理石（杂质不与稀盐酸反应）与稀盐酸反应制 CO_2，实验过程记录如图所示，下列有关说法正确的是　（　）



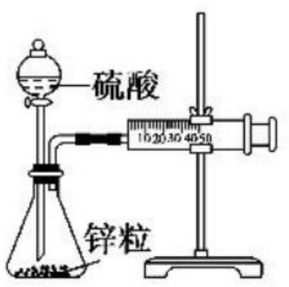
A. OE 段表示的反应速率最快

B. EF 段表示的反应速率最快，收集的 CO_2 最多

C. FG 段表示收集的 CO_2 最多

D. OG 段表示随着时间的推移，反应速率逐渐增大

6. 某温度下按如图安装好实验装置，在锥形瓶内盛 6.5 g 锌粒（颗粒大小相同），通过分液漏斗加入 40 mL 2.5 mol·L^{-1} 的硫酸，将产生的 H_2 收集在一个注射器中，用时 10 s 时恰好收集到气体的体积为 50 mL（若折合成 0 ℃、101 kPa 条件下的 H_2 体积为 44.8 mL），在该温度下，下列说法不正确的是　（　）



A. 用锌粒表示 10 s 内该反应的速率为 0.013 g·s^{-1}

B. 忽略锥形瓶溶液体积的变化，用 H^+ 来表示 10 s 该反应的速率为 0.01 mol·$(L\cdot s)^{-1}$

C. 忽略锥形瓶内溶液体积的变化，用 Zn^{2+} 来表示 10 s 内反应的速率为 0.01 mol·$(L\cdot s)^{-1}$

D. 用 H_2 表示 10 s 内该反应的速率为 0.004 mol·$(L\cdot s)^{-1}$

7. 向 2 L 密闭容器中通入 a mol 气体 A 和 b mol 气体 B，在一定条件下发生反应：

$$xA(g)+yB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$$

已知：平均反应速率 $v_C=\frac{1}{2}v_A$；反应 2 min 时，A 的浓度减少了 $\frac{1}{3}$，B 的物质的量减少了 $\frac{a}{2}$ mol，有 a mol D 生成。

回答下列问题：

(1)反应 2 min 内，$v_A=$_____，$v_B=$_____；

(2)化学方程式中，$x=$_____、$y=$_____、$p=$_____、$q=$_____。

8. 在 25 ℃时，向 100 mL 含 HCl 14.6 g 的盐酸里放入 5.6 g 纯铁粉（不考虑反应前后溶液体积的变化），反应开始至 2 min 末，收集到 1.12 L（标准状况）氢气。在此之后，又经过 4 min 铁粉完全溶解。则：

(1)在前 2 min 内用 $FeCl_2$ 表示的平均反应速率是_____。

(2)在后 4 min 内用 HCl 表示的平均反应速率是_____。

(3)前 2 min 与后 4 min 相比，反应速率较快的是_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第二节　影响化学反应速率的因素

第一课时　外界因素对化学反应速率的影响

1. 了解活化能的含义，会用活化能理论解释化学反应速率的影响因素。
2. 掌握外界条件（浓度、压强、温度、催化剂）对化学反应速率的影响规律及实质，并会用相应规律解决有关问题。

［晨背重点语句］

1. 影响化学反应速率的主要因素是反应物本身的性质。
2. 其他条件不变时，增大反应物的浓度，反应速率增大；减小反应物的浓度，反应速率减小。
3. 对于有气体参加的化学反应，增大压强（减小容器的体积），反应速率增大；减小压强（增大容器的体积），反应速率减小。
4. 其他条件不变时，升高温度，反应速率加快；降低温度，反应速率减慢。
5. 使用合适的催化剂，能加快化学反应的速率。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　有效碰撞理论

知识梳理

1. 有效碰撞：能够引发①_____的碰撞。

2. 活化分子：能够发生②_____的分子。

3. 活化能：活化分子比普通分子所高出的能量。活化能越小，普通分子就越③_____变成活化分子。

4. 活化能与化学反应速率的关系

（1）在一定条件下，活化分子所占的百分数是④_____的。

（2）单位体积内⑤_____越多，单位时间内⑥_____的次数越多，化学反应速率⑦_____。

［归纳总结］

活化能降低→普通分子变成活化分子→活化分子百分数增大→单位体积内活化分子数越多→单位时间有效碰撞次数增多→反应速率加快。

对点训练

1. 判断下列描述的正误（正确的打“√”，错误的打“×”）。

（1）活化分子间的碰撞一定能发生化学反应。（　　）

（2）普通分子间的碰撞有时也能发生化学反应。（　　）

（3）活化分子比普通分子具有较高的能量。（　　）

（4）化学反应的实质是原子的重新组合。（　　）

（5）化学反应的实质是旧化学键的断裂和新化学键的形成过程。（　　）

（6）化学反应的实质是活化分子有合适取向的有效碰撞。（　　）

2. （多选）下列有关活化分子和有效碰撞的描述中，正确的是（　　）

A. 当碰撞的分子具有足够的能量和适当的取向时，才能发生化学反应

B. 发生有效碰撞的分子一定是活化分子

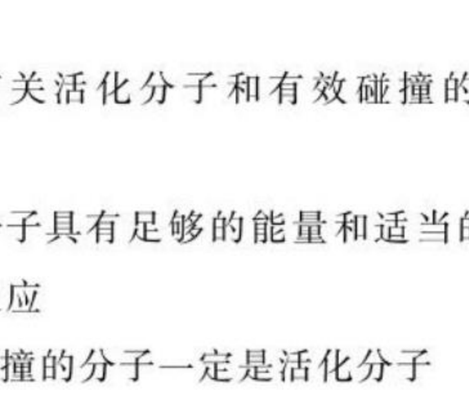
C. 活化分子间的碰撞一定是有效碰撞

D. 活化分子间每次碰撞都发生化学反应

E. 能发生有效碰撞的分子必须具有相当高的能量

F. 活化能指活化分子多出反应物分子平均能量的那部分能量

3. 根据图示回答 E_1、E_2、E_1-E_2 的含义：



E_1：_____；

E_2：_____；

E_1-E_2：_____。

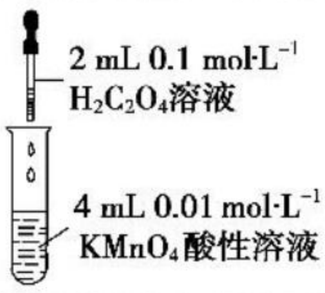
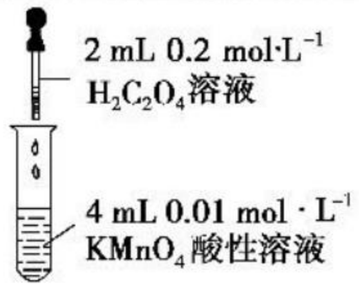
关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点二　浓度、压强对化学反应速率的影响

知识梳理

1. 浓度对化学反应速率的影响

按表中实验步骤完成实验，观察实验现象，填写下表：

原理	$2KMnO_4+5H_2C_2O_4+3H_2SO_4=\!=\!=K_2SO_4+2MnSO_4+10CO_2\uparrow+8H_2O$	
实验步骤		
实验现象	8 _____	9 _____
褪色时间	褪色时间长	较 0.1 mol·L^{-1} $H_2C_2O_4$ 溶液褪色时间短
结论	10 _____	
微观解释	反应物浓度增大→单位体积内活化分子数 11 _____ →单位时间内有效碰撞 12 _____ →反应速率 13 _____	

2. 压强对化学反应速率的影响

对于气体来说，在一定温度下，一定物质的量的气体所占的体积与压强成反比。如图所示：



结论：增大压强，气体体积 14 _____，浓度 15 _____，化学反应速率 16 _____。

微观解释：增大压强→气体体积缩小→反应物浓度增大→单位体积内活化分子数 17 _____ →单位时间内有效碰撞 18 _____ →反应速率 19 _____；反之，反应速率 20 _____。

[特别提醒]

(1)由于固体、液体粒子间的空隙很小，增大压强几乎不能改变它们的浓度，因此对只有固体或液体参加的反应，压强的变化对于反应速率的影响可以忽略不计。

(2)对于反应 $N_2+3H_2\rightleftharpoons 2NH_3$，不同条件下，压强对化学反应速率的影响：

①恒温恒容密闭容器中

a. 充入 N_2，压强增大，$c(N_2)$ 增大，化学反应速率加快。

b. 充入 He(He 与反应无关)，压强增大，但 $c(N_2)$、$c(H_2)$、$c(NH_3)$ 都不变，化学反应速率不变。

②恒温恒压密闭容器中

充入 He，体积增大，$c(N_2)$、$c(H_2)$、$c(NH_3)$ 都减小，化学反应速率减小。

对点训练

4. 把下列 4 种 X 溶液，分别加入到 4 个盛有 10 mL 2 mol·L^{-1} 盐酸的烧杯中，并加水稀释到 50 mL，此时 X 与盐酸缓缓地进行反应，其中反应速率最大的是　(　)

A. 20 mL，3 mol·L^{-1}

B. 20 mL，2 mol·L^{-1}

C. 10 mL，4 mol·L^{-1}

D. 10 mL，2 mol·L^{-1}

5. 在 2 升的密闭容器中，发生以下反应：$2A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g)+D(g)$。若最初加入的 A 和 B 都是 4 mol，在前 5 秒钟 A 的平均反应速度为 0.1 mol/(L·s)，则 10 秒钟时，容器中 B 的物质的量是　(　)

A. 等于 3 mol　　B. 大于 3 mol

C. 小于 3 mol　　D. 等于 3.5 mol

6. 反应 $C(s)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2(g)$ 在一可变容积的密闭容器中进行，下列条件的改变对其反应速率几乎无影响的是　(　)

A. 增加 C 的量

B. 将容器的体积缩小一半

C. 保持体积不变，充入 $H_2O(g)$

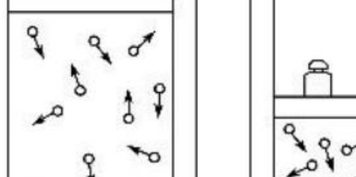
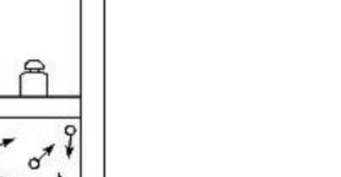
D. 保持压强不变，充入 N_2

知识点三　温度、催化剂等对化学反应速率的影响

知识梳理

1. 温度对化学反应速率的影响

(1)实验探究

实验步骤		
实验温度	热水	冷水
出现黄色浑浊的时间(填“长”或“短”)	21 _____	22 _____
实验原理	$Na_2S_2O_3+H_2SO_4=\!=\!=Na_2SO_4+SO_2\uparrow+H_2O+S\downarrow$	

(2)结论：其他条件不变，升高温度，化学反应速率 23 _____；降低温度，化学反应速率 24 _____。

(3)实质：升高温度→ 25 _____ 增加→活化分子浓度 26 _____ → 27 _____ 几率增加→化学反应速率 28 _____。反之，减慢。

[归纳总结]

(1)温度升高，会使分子的运动速率加快，这样单位时间里反应物分子间的碰撞几率也会增加，反应速率加快。

(2)一般每升高 10 ℃，反应速率增大到原来的 2～4 倍。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2. 催化剂对化学反应速率的影响

Ⅰ. 按下列实验步骤完成实验：

①向锥形瓶内加入 10 mL 10% 的 H_2O_2；

②将插有短导管和漏斗的双孔胶塞塞到锥形瓶上；

③将带余烬的木条通过短导管插入锥形瓶，观察实验现象；

④经漏斗向锥形瓶内加入少量 MnO_2 后，观察实验现象。

回答下列问题：

(1)实验中观察到的现象有哪些？

(2)由实验得出的结论是什么？

(3)写出反应的化学方程式。

答案：(1)加 MnO_2 前带有余烬的木条没有明显的变化；加入 MnO_2 后，迅速产生大量气泡，带有余烬的木条复燃，火焰明亮。

(2)MnO_2 能加速 H_2O_2 的分解，MnO_2 作催化剂。

(3)$2H_2O_2 \xlongequal{MnO_2} 2H_2O+O_2\uparrow$。

Ⅱ. 完成下列实验，回答问题：

(1)在试管中先加入 2 mL 5%的 H_2O_2 溶液，再加入 1 mL 0.1 mol·L^{-1} $FeCl_3$，观察到的实验现象是产生气泡比较快。

(2)在试管中先加入 2 mL 5%的 H_2O_2 溶液，再加入 1 mL 0.1 mol·L^{-1} $CuSO_4$，观察到的实验现象是产生气泡比较慢。

(3)由上述(1)和(2)实验得出的结论是 Fe^{3+}、Cu^{2+} 对 H_2O_2 的分解都有催化作用，但29_____催化作用较强。

[归纳总结]

(1)结论：使用催化剂可加快化学反应速率。

(2)实质：使用催化剂→反应活化能降低→活化分子百分数增加→活化分子浓度增大→有效碰撞几率增加→化学反应速率加快。

对点训练

7. 设 $C(s)+CO_2(g)\rightleftharpoons 2CO(g)$　$\Delta H>0$，反应速率为 v_1，$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$　$\Delta H<0$，反应速率为 v_2，对于上述反应，当温度升高时，v_1 和 v_2 的变化情况为(　　)

A. 同时增大　　B. 同时减小

C. v_1 增大，v_2 减小　　D. v_1 减小，v_2 增大

8. 漂白剂亚氯酸钠($NaClO_2$)在常温且黑暗处可保存一年，亚氯酸不稳定可分解，反应的离子方程式为 $5HClO_2 = 4ClO_2\uparrow + H^+ + Cl^- + 2H_2O$($HClO_2$ 为弱酸)。向 $NaClO_2$ 溶液中滴加 H_2SO_4，开始时 $HClO_2$ 分解反应缓慢，随后反应迅速加快，其原因是(　　)

A. 溶液中的 Cl^- 起催化作用

B. 溶液中的 H^+ 起催化作用

C. ClO_2 逸出，使反应的生成物浓度降低

D. 在酸性条件下，亚氯酸钠的氧化性增强

9. 硫代硫酸钠溶液与稀硫酸反应的化学方程式为 $Na_2S_2O_3+H_2SO_4 = Na_2SO_4+SO_2\uparrow+S\downarrow+H_2O$，下列各组实验中最先出现浑浊的是(　　)

实验	反应温度/℃	$Na_2S_2O_3$ 溶液		稀 H_2SO_4		H_2O
		V/mL	c/mol·L^{-1}	V/mL	c/mol·L^{-1}	V/mL
A	25	5	0.1	10	0.1	5
B	25	5	0.2	5	0.2	10
C	35	5	0.1	10	0.1	5
D	35	5	0.2	5	0.2	10

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 增大压强对下列反应的速率无影响的是(　　)

A. $CO_2(g)+Ca(OH)_2 = CaCO_3\downarrow+H_2O$

B. $H_2(g)+I_2(g)=2HI(g)$

C. $NaCl+AgNO_3 = AgCl\downarrow+NaNO_3$

D. $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$

2. 下列说法正确的是(　　)

A. 决定反应速率的因素只有催化剂

B. 食物放在冰箱中会减慢食物变质的速率

C. 锌与稀硫酸反应时，加入少量水能加快产生氢气的速率

D. 2 mol SO_2 与 1 mol O_2 混合一定能生成 2 mol SO_3

3. (**2019·安徽蚌埠高二检测**)下列措施肯定使化学反应速率增大的是(　　)

A. 增大反应物的量　　B. 减少生成物的量

C. 升高温度　　D. 增大压强

4. 0.1 mol/L 硫代硫酸钠溶液和 0.1 mol/L 硫酸溶液各 10 mL与 5 mL 水混合，初始反应速率为 v_1 mol/(L·s)；0.2 mol/L硫代硫酸钠溶液和 0.2 mol/L 硫酸溶液各 5 mL与 20 mL 水混合，初始反应速率为 v_2 mol/(L·s)。则 v_1 和 v_2 的关系是(　　)

A. $v_1>v_2$　　B. $v_1<v_2$

C. $v_1=v_2$　　D. 不能肯定

5. NO 和 CO 都是汽车尾气里的有毒气体，它们之间能缓慢反应生成 N_2 和 CO_2，对于该反应的下列说法不正确的是(　　)

A. 增大压强能增大反应速率

B. 使用适当催化剂可增大反应速率

C. 升高温度能增大反应速率

D. 增大压强(体积减小)对该反应速率无影响

6. 在有气体参与的反应中，能使反应物中活化分子数和活化分子百分数同时增大的方法是(　　)

①增大反应物的浓度　②升高温度　③增大压强　④移去生成物　⑤加入催化剂

A. ①②③　　B. ①②③⑤

C. ②⑤　　D. ①②③④⑤

7. (**2019·山东北镇中学高二检测**)在下列事实中，什么因素影响了化学反应的速率？

(1)集气瓶中有 H_2 和 Cl_2 的混合气体，在瓶外点燃镁条时发生爆炸：_____；

(2)黄铁矿煅烧时要粉碎成细小的矿粒：_____；

(3)熔化的 $KClO_3$ 放出气泡很慢，撒入少量 MnO_2 很快产生气体：_____；

(4)同浓度、同体积的盐酸中放入同样大小的锌粒和镁块，产生气体有快有慢：_____；

(5)同样大小的石灰石分别在 0.1 mol/L 的盐酸和 1 mol/L的盐酸中反应速率不同：_____；

(6)夏天的食品易变霉，冬天就不易发生该现象：_____。

8. 对于反应 $2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$，当其他条件不变时，只改变一个反应条件，将生成 SO_3 的反应速率的变化填入表中空格内(填“增大”“减小”或“不变”)。

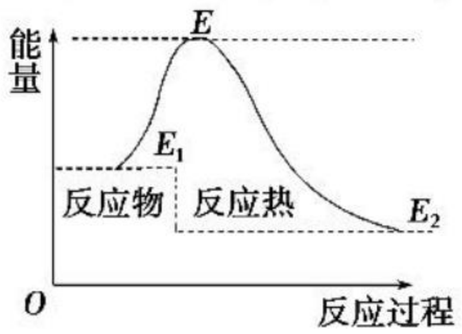
编号	改变的条件	生成 SO_3 的速率
①	降低温度	
②	压缩体积	
③	增大氧气的浓度	
④	使用催化剂	

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

层级二　应试提能练

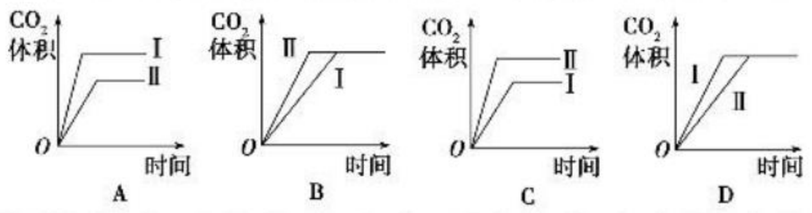
1. 下列事实能说明影响化学反应速率的决定性因素是反应物本身性质的是（　　）
   A. Cu 能与浓硝酸反应，而不与浓盐酸反应
   B. Cu 与浓硝酸反应比与稀硝酸反应快
   C. N_2 与 O_2 在常温、常压下不反应，放电时可反应
   D. Cu 与浓硫酸反应，而不与稀硫酸反应

2. 下列说法不正确的是（　　）
   A. 反应物分子(或离子)间的每次碰撞是反应的先决条件
   B. 反应物的分子的每次碰撞都能发生化学反应
   C. 活化分子具有比普通分子更高的能量
   D. 活化能是活化分子的平均能量与所有分子平均能量之差，如图所示正反应的活化能为 $E-E_1$

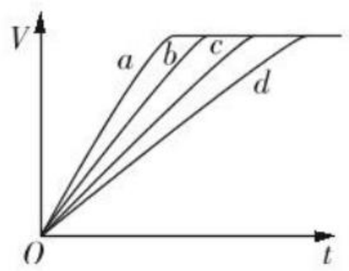


3. 向四个体积相同的密闭容器中分别充入一定量的 SO_2 和 O_2，开始反应时，按正反应速率由大到小的顺序排列，正确的是（　　）
   ①在 500 ℃，10 mol SO_2 和 5 mol O_2 反应
   ②在 500 ℃，用 V_2O_5 作催化剂，10 mol SO_2 和 5 mol O_2 反应
   ③在 450 ℃，8 mol SO_2 和 5 mol O_2 反应
   ④在 500 ℃，8 mol SO_2 和 5 mol O_2 反应
   A. ①②③④　　B. ②①③④
   C. ②①④③　　D. ④③②①

4. 在实验Ⅰ和实验Ⅱ中，用定量、定浓度的盐酸与足量的石灰石反应，并在一定的时间内测量反应所放出的 CO_2 的体积。实验Ⅰ用的是块状石灰石，实验Ⅱ用的是粉末状石灰石。下列哪个图象能正确反映两种实验的结果（　　）



5. 等质量的铁与过量的盐酸在不同的实验条件下进行反应，测定在不同时间 t 产生氢气体积 V 的数据，绘制得到下图，则曲线 a、b、c、d 所对应的实验组别可能是（　　）



组别	$c(HCl)/mol\cdot L^{-1}$	温度/℃	状态
1	2.0	25	块状
2	2.5	30	块状
3	2.5	50	块状
4	2.5	30	粉末状

   A. 4、3、2、1　　B. 1、2、3、4
   C. 4、2、3、1　　D. 1、2、4、3

6. (**2019・启东中学高二检测**)为探究 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 对 H_2O_2 分解反应的催化效果，甲、乙两组同学分别设计了如图 1、图 2 所示的实验。下列叙述中不正确的是(　　)

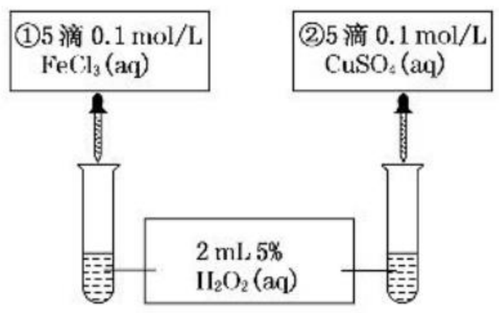


图 1

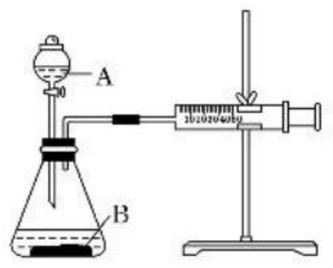
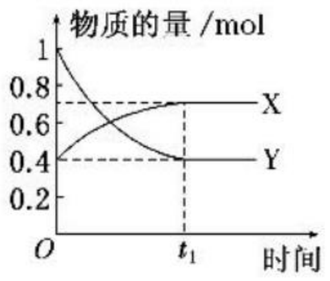


图 2

   A. 图 1 实验可通过观察产生气泡的快慢来比较反应速率的大小
   B. 若图 1 所示的实验中反应速率为①＞②，则一定说明 Fe^{3+} 比 Cu^{2+} 对 H_2O_2 分解催化效果好
   C. 用图 2 装置比较反应速率，可测定在相同状况下反应产生的气体体积及反应时间
   D. 为检查图 2 装置的气密性，可关闭 A 处活塞，将注射器活塞拉出一定距离，一段时间后松开活塞，观察活塞是否复原

7. (**2018・贵阳高二检测**)恒温恒容时，NO_2 和 N_2O_4 之间发生反应 $N_2O_4(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$，如图所示。

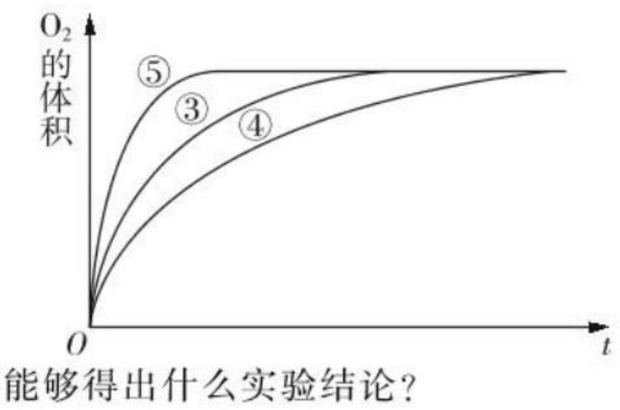


   (1)曲线 _____(填“X”或“Y”)表示 NO_2 的物质的量随时间变化的曲线。
   (2)若升高温度，则 v(正) _____，v(逆) _____(填“加快”或“减慢”)。
   (3)若上述反应在甲、乙两个相同容器内同时进行，分别测得甲中 $v(NO_2)=0.3\ mol\cdot(L\cdot min)^{-1}$，乙中 $v(N_2O_4)=0.2\ mol\cdot(L\cdot min)^{-1}$，则 _____ 容器中反应更快。

8. 某实验小组以 H_2O_2 分解为例，研究浓度、催化剂、溶液酸碱性对反应速率的影响。在常温常压下按照如下方案完成实验。

编号	反应物	催化剂
①	10 mL 2% H_2O_2 溶液	无
②	10 mL 5% H_2O_2 溶液	无
③	10 mL 5% H_2O_2 溶液	1 mL 0.1 mol/L $FeCl_3$ 溶液
④	10 mL 5% H_2O_2 溶液＋少量 HCl 溶液	1 mL 0.1 mol/L $FeCl_3$ 溶液
⑤	10 mL 5% H_2O_2 溶液＋少量 NaOH 溶液	1 mL 0.1 mol/L $FeCl_3$ 溶液

   (1)催化剂能加快化学反应速率的原因是 _____。
   (2)实验①和②的目的是 _____。实验时由于没有观察到明显现象而无法得出结论；资料显示，通常条件下 H_2O_2 较稳定，不易分解，为了达到实验目的，你对原实验方案的改进是 _____。
   (3)实验③④⑤中，测得生成氧气的体积随时间变化的关系如图：



   分析上图能够得出什么实验结论？

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第二课时　《化学反应速率》习题课

题组一　化学反应速率的计算及大小比较

1. 反应 $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$，经过一段时间后，$SO_3$ 的浓度增加了 4 mol/L，在这段时间内用 O_2 表示的反应速率为 0.4 mol/(L·s)，则这段时间为　(　　)

A. 0.1 s　　B. 2.5 s

C. 5 s　　D. 10 s

2. 已知反应 $4NH_3+5O_2 \rightleftharpoons 4NO+6H_2O$，若反应速率分别用 $v(NH_3)$、$v(O_2)$、$v(H_2O)$、$v(NO)$[mol/(L·min)]来表示，则下列关系正确的是　(　　)

A. $\frac{4}{5}v(NH_3)=v(O_2)$　　B. $\frac{5}{6}v(O_2)=v(H_2O)$

C. $\frac{2}{3}v(NH_3)=v(H_2O)$　　D. $\frac{4}{5}v(O_2)=v(NO)$

3. 在四个不同的容器中，在不同条件下进行合成氨的反应，根据下列测定的结果判断，生成氨的速率最快的是　(　　)

A. 开始时，N_2 的浓度为 0.5 mol/L，2 min 以后浓度为 0.1 mol/L

B. 开始时，NH_3 的浓度为 0，3 min 以后浓度为 0.9 mol/L

C. 开始时，H_2 的浓度为 0.4 mol/L，3 min 以后浓度为 0.1 mol/L

D. 开始时，N_2 的浓度为 0.5 mol/L，4 min 以后浓度为 0.1 mol/L

4. 将 4 mol A 气体和 2 mol B 气体在 2 L 的容器中混合并在一定条件下发生如下反应：$2A(g)+B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$。若经 2 s 后测得 C 的浓度为 0.6 mol·L^{-1}，现有下列几种说法：

①用物质 A 表示的反应的平均速率为 0.3 mol·L^{-1}·s^{-1}

②用物质 B 表示的反应的平均速率为 0.6 mol·L^{-1}·s^{-1}

③2 s 末时物质 B 的浓度为 0.7 mol·L^{-1}

④2 s 末，物质 A 的转化率为 70%

其中正确的是　(　　)

A. ①④　　B. ①③　　C. ②④　　D. ③④

题组二　解释外界因素对化学反应速率影响的理论

5. 已知反应：$2NO(g)+Br_2(g) \rightleftharpoons 2NOBr(g)$　$\Delta H=-a$ kJ·mol^{-1}($a>0$)，其反应机理如下

①$NO(g)+Br_2(g) \rightleftharpoons NOBr_2(g)$　快

②$NO(g)+NOBr_2(g) \rightleftharpoons 2NOBr(g)$　慢

下列有关该反应的说法正确的是　(　　)

A. 该反应的速率主要取决于①的快慢

B. $NOBr_2$ 是该反应的催化剂

C. 正反应的活化能比逆反应的活化能小 a kJ·mol^{-1}

D. 增大 $Br_2(g)$ 浓度能增大活化分子百分数，加快反应速率

6. 下列说法不正确的是　(　　)

A. 能够发生有效碰撞的分子叫做活化分子

B. 升高温度，活化分子百分数增大，化学反应速率增大

C. 加入反应物，活化分子百分数增大，化学反应速率增大

D. 使用催化剂，活化分子百分数增大，化学反应速率增大

题组三　外界因素对化学反应速率的影响

7. 某温度下，体积一定的密闭容器中进行如下反应：$2X(g)+Y(g) \rightleftharpoons Z(g)+W(s)$　$\Delta H>0$，下列叙述正确的是　(　　)

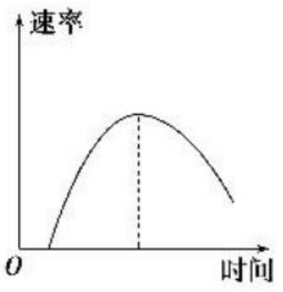
A. 在容器中加入氩气，反应速率不变

B. 加入少量 W，逆反应速率增大

C. 升高温度，正反应速率增大，逆反应速率减小

D. 将容器的体积压缩，可增大单位体积内活化分子的百分数，有效碰撞次数增大

8. 把镁条直接投入到盛有盐酸的敞口容器中，产生 H_2 的速率如图所示，在下列因素中，影响反应速率的因素是(　　)



①盐酸的浓度　②镁条的表面积

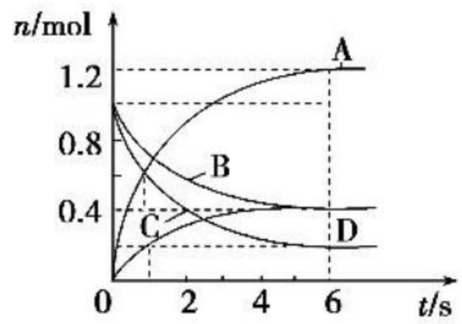
③溶液的温度　④Cl^- 的浓度

A. ①④　　B. ③④

C. ①②③　　D. ②③

题组四　化学反应速率图象

9. (**2018·宜昌高二检测**)一定温度下，向容积为 2 L 的密闭容器中通入两种气体发生化学反应，反应中各物质的物质的量变化如图所示，对该反应的推断合理的是　(　　)



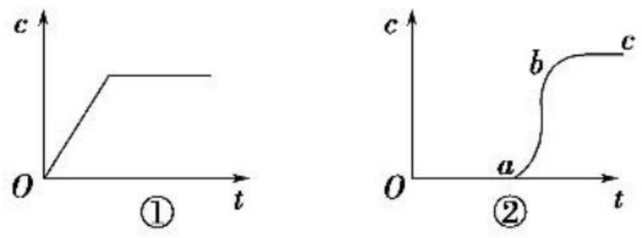
A. 该反应的化学方程式为 $3B+4D \rightleftharpoons 6A+2C$

B. 反应进行到 1 s 时，$v(A)=v(D)$

C. 反应进行到 6 s 时，B 的平均反应速率为 0.05 mol/(L·s)

D. 反应进行到 6 s 时，各物质的反应速率相等

10. 向含有 H_2SO_4 的 H_2O_2 溶液中滴加一定量的 $KMnO_4$ 溶液，反应开始时，溶液中 $c(Mn^{2+})$ 将随时间的变化而变化。某学生在做实验前认为，$c(Mn^{2+})$ 与时间的关系如图①所示，做完实验后，得到的结果为图②所示。已知 H_2O_2 与 $KMnO_4$ 溶液反应的化学方程式为 $5H_2O_2+2KMnO_4+3H_2SO_4 = K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2\uparrow$。请回答下列问题：



(1)Oa 段的意义＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

(2)ab 段的意义及 ab 段很陡的原因＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

(3)bc 段的意义＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

题组五　控制实验条件探究外界因素对化学反应速率的影响

11. 在锌与某浓度的盐酸起反应的实验中，一个学生得到下面的结果：

序号	锌的质量/g	锌的形状	温度/℃	完全溶解于酸的时间/s

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

A	2	薄片	5	400
B	2	薄片	15	200
C	2	薄片	25	100
D	2	薄片	30	t_1
E	2	薄片	35	50
F	2	颗粒	15	t_2
G	2	粉末	15	t_3

则下列说法正确的是　　(　　)

①$t_1=75$ s　②$t_2>200>t_3$　③单位时间内消耗的锌的质量 $m_G>m_F>m_B$

A. ①　　B. ①②

C. 只有②　　D. 全部正确

12. 某探究性学习小组用相同质量的锌和相同浓度的足量的稀盐酸反应得到实验数据如下表所示：

实验编号	锌的状态	反应温度/℃	收集 100 mL 氢气所需时间/s
Ⅰ	薄片	15	200
Ⅱ	薄片	25	90
Ⅲ	粉末	25	10

(1)该实验的目的是探究　　、　　对锌和稀盐酸反应速率的影响。

(2)实验Ⅰ和Ⅱ表明＿＿＿＿＿＿＿＿，化学反应速率越大。

(3)能表明固体的表面积对反应速率有影响的实验编号是＿＿＿＿和＿＿＿＿。

13. (**2019・惠安一中高二月考**)KI 溶液在酸性条件下能与氧气反应。

现有以下实验记录：

实验编号	①	②	③	④	⑤
温度/℃	30	40	50	60	70
显色时间/s	160	80	40	20	10

回答下列问题：

(1)该反应的离子方程式为＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

(2)该实验的目的是＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

(3)实验试剂除了 1 mol・L^{-1} KI 溶液、0.1 mol・L^{-1} H_2SO_4 溶液外，还需要的试剂是＿＿＿＿＿＿，实验现象为＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

(4)上述实验操作中除了需要(3)的条件外，还必须控制不变的是＿＿＿＿＿＿(填字母)。

A. 温度　　B. 试剂的浓度

C. 试剂的用量(体积)　　D. 试剂添加的顺序

(5)由上述实验记录可得出的结论是＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

(6)若要进行溶液酸性大小对反应速率的影响的探究实验，你会采取的措施是＿＿＿＿＿＿＿＿。

14. 草酸与高锰酸钾在酸性条件下能够发生如下反应：$MnO_4^- + H_2C_2O_4 + H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + CO_2\uparrow + H_2O$(未配平)。用 4 mL 0.001 mol/L $KMnO_4$ 溶液与 2 mL 0.01 mol/L $H_2C_2O_4$ 溶液，研究不同条件对化学反应速率的影响。改变的条件如下：

组别	10%硫酸体积/mL	温度/℃	其他物质
Ⅰ	2	20	
Ⅱ	2	20	10 滴饱和 $MnSO_4$ 溶液
Ⅲ	2	30	
Ⅳ	1	20	1 mL 蒸馏水

(1)该反应中氧化剂和还原剂的物质的量之比为＿＿＿＿＿＿。

(2)如果研究催化剂对化学反应速率的影响，使用实验＿＿＿＿＿＿和＿＿＿＿＿＿(用Ⅰ～Ⅳ表示，下同)；如果研究温度对化学反应速率的影响，使用实验＿＿＿＿＿＿和＿＿＿＿＿＿。

(3)对比实验Ⅰ和Ⅳ，可以研究＿＿＿＿＿＿对化学反应速率的影响，实验Ⅳ中加入 1 mL 蒸馏水的目的是＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

15. 为了研究外界条件对过氧化氢分解速率的影响，某同学做了以下实验，请回答下列问题。

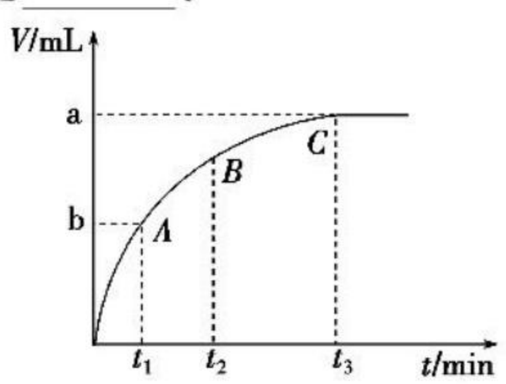
编号	操作	实验现象
①	分别在试管 A、B 中加入 5 mL 5% H_2O_2 溶液，各滴入 2 滴 1 mol・L^{-1} $FeCl_3$ 溶液。待试管中均有适量气泡出现时，将试管 A 放入盛有 5 ℃左右冷水的烧杯中浸泡；将试管 B 放入盛有 40 ℃左右热水的烧杯中浸泡	试管 A 中产生气泡速率变慢；试管 B 中产生气泡速率加快
②	另取两支试管分别加入 5 mL 5% H_2O_2 溶液和 5 mL 10% H_2O_2 溶液	试管 A、B 中均未明显见到有气泡产生

(1)过氧化氢分解的化学方程式为＿＿＿＿＿＿＿＿。

(2)实验①的目的是＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。实验中滴加 $FeCl_3$ 溶液的目的是＿＿＿＿。

(3)实验②未观察到预期的实验现象，为了帮助该同学达到实验目的，你提出的对上述操作的改进意见是＿＿＿＿＿＿(用实验中所提供的几种试剂)。

(4)某同学在 50 mL 一定浓度的 H_2O_2 溶液中加入一定量的二氧化锰，放出气体的体积(标准状况下)与反应时间的关系如图所示，则 A、B、C 三点所表示的瞬时反应速率最慢的是＿＿＿＿。



关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第三节　化学平衡

第一课时　可逆反应与化学平衡状态

1. 了解化学反应的可逆性，了解可逆反应的概念、特点。
2. 了解化学平衡建立的过程。
3. 理解化学平衡的特征。

[晨背重点语句]

1. 可逆反应“两特点”
   (1)正、逆两个反应是同一条件下同时进行的；
   (2)正、逆反应中反应物、生成物共存，反应物转化率小于100%。
2. 化学平衡“五特征”：逆、等、定、动、变。
3. 平衡状态判断“两依据”
   (1)本质：v(正)＝v(逆)；
   (2)标志：各组分的浓度保持不变。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　可逆反应与不可逆反应

知识梳理

1. 可逆反应

(1)概念：在相同条件下，既能向[1]_____方向进行同时又能向[2]_____方向进行的反应。

(2)表示方法：采用“$\rightleftharpoons$”连接，把从左向右进行的反应称为[3]_____，把从右向左进行的反应称为[4]_____。

(3)实例

①$N_2+3H_2 \underset{\text{高温高压}}{\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$；

②$2SO_2+O_2 \underset{\triangle}{\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$；

③$Cl_2+H_2O \rightleftharpoons HCl+HClO$。

2. 不可逆反应

有些反应的逆反应进行程度太小因而忽略，把这类反应叫不可逆反应，用“$=\!=\!=$”连接。

[归纳总结]

可逆反应的特征

(1)双向性：可逆反应分为方向相反的两个反应：正反应和逆反应。

(2)双同性：正逆反应在相同条件下是同时进行的。

(3)共存性：反应物和生成物共存于同一体系中，反应物的转化率小于100%。

对点训练

1. 下列各组两个反应互为可逆反应的是（　　）

①$2H_2+O_2 \overset{\text{点燃}}{=\!=\!=} 2H_2O$ 与 $2H_2O \overset{\text{电解}}{=\!=\!=} 2H_2\uparrow+O_2\uparrow$

②$H_2SO_4(浓)+2HBr=\!=\!=2H_2O+Br_2+SO_2\uparrow$ 与 $Br_2+SO_2+2H_2O=\!=\!=2HBr+H_2SO_4$

③$2NO_2=\!=\!=N_2O_4$ 与 $N_2O_4=\!=\!=2NO_2$

④$2SO_2+O_2 \underset{\text{加热}}{\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$ 与 $2SO_3 \underset{\text{加热}}{\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}} 2SO_2+O_2$

A. ①②　　B. ②③

C. ③④　　D. ②④

2. 在一密闭容器中进行反应：$2SO_2(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$，已知反应过程中某一时刻 SO_2、O_2、SO_3 的浓度分别为 $0.2\ mol\cdot L^{-1}$、$0.1\ mol\cdot L^{-1}$、$0.2\ mol\cdot L^{-1}$，当反应达到平衡时，可能存在的数据是（　　）

A. SO_2 为 $0.4\ mol\cdot L^{-1}$，O_2 为 $0.2\ mol\cdot L^{-1}$

B. SO_2 为 $0.25\ mol\cdot L^{-1}$

C. SO_2、SO_3 均为 $0.15\ mol\cdot L^{-1}$

D. SO_3 为 $0.4\ mol\cdot L^{-1}$

知识点二　化学平衡状态

知识梳理

1. 在一定条件下，把 1 mol N_2 和 3 mol H_2 充入一密闭容器中，在一定条件下发生反应。根据要求填表：

$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

	反应物浓度	$v_{正}$	生成物浓度	$v_{逆}$
开始时	$c(N_2)$[5]_____ $c(H_2)$[6]_____	[7]_____	$c(NH_3)$ [8]_____	[9]_____
进行中	$c(N_2)$[10]_____ $c(H_2)$[11]_____	[12]_____	$c(NH_3)$ [13]_____	[14]_____
平衡时	$c(N_2)$[15]_____ $c(H_2)$[16]_____	[17]_____	$c(NH_3)$ [18]_____	[19]_____

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2. 请用速率—时间(v-t)图象表示出以上过程：_____。

[归 纳 总 结]

1. 化学平衡状态的概念

在一定条件下的可逆反应里，当正、逆两个方向的反应速率相等时，反应体系中所有参加反应的物质的质量或浓度保持恒定的状态，称为化学平衡状态，简称化学平衡。

2. 化学平衡的特征

化学平衡的特征可以概括为逆、等、动、定、变，即：

(1)逆：研究的对象是可逆反应。

(2)等：化学平衡的条件是 $v_{正}$ 和 $v_{逆}$ 相等。

(3)动：化学平衡是一种动态平衡，此时反应并未停止。

(4)定：当可逆反应达到平衡时，各组分的质量(或浓度)为一定值。

(5)变：若外界条件改变，平衡可能发生改变，并在新条件下建立新的平衡。

对点训练

3. 下列各关系中能说明反应 $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 已达到平衡状态的是 (　　)

A. $3v_{正}(N_2)=v_{正}(H_2)$　　B. $v_{正}(N_2)=v_{逆}(NH_3)$

C. $2v_{正}(H_2)=3v_{逆}(NH_3)$　　D. $v_{正}(N_2)=3v_{逆}(H_2)$

4. 一定条件下，将 NO_2 与 SO_2 以体积比 1∶2 置于密闭容器中发生反应：$NO_2(g)+SO_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)+NO(g)$ $\Delta H=-41.8$ kJ/mol，下列能说明反应达到平衡状态的是 (　　)

A. 体系压强保持不变

B. 混合气体颜色保持不变

C. SO_3 和 NO 的体积比保持不变

D. 每消耗 1 mol SO_3 的同时生成 1 mol NO_2

5. 已知 500 ℃、100 kPa 下：

	$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$			状态
起始浓度(mol/L)	2	1	0	t_0
1 min 浓度(mol/L)	1.9	0.95	0.1	t_1
30 min 浓度(mol/L)	0.12	0.06	1.88	t_2
40 min 浓度(mol/L)	0.12	0.06	1.88	t_3

讨论以下问题：

(1)t_1 时逆反应发生了吗？

(2)与 t_1 相比，t_2 时 v(正)如何变化？v(逆)如何变化？

(3)以上四个状态，哪个已达到平衡状态？

[练 后 归 纳]

判断可逆反应是否达到平衡状态的方法

(1)本质标志：$v_{正}=v_{逆}\neq 0$。

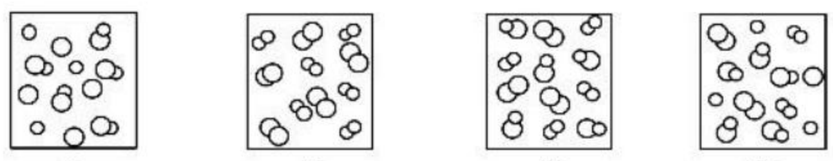
(2)直接标志："定"，即反应混合物中各组分的含量保持不变。

(3)间接标志：指所表述的内容并非直接而是间接反映"等"和"定"的意义。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 模型法是化学中把微观问题宏观化的最常见方法，对于 $2HBr(g) \rightleftharpoons H_2(g)+Br_2(g)$ 反应，下列四个图中可以表示该反应在一定条件下为可逆反应的是 (　　)



A　　B　　C　　D

2. 对于可逆反应 $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$，在混合气体中充入一定量的 $^{18}O_2$，足够长时间后，^{18}O 原子存在于 (　　)

A. 只存在于 O_2 中

B. 只存在于 O_2 和 SO_3 中

C. 只存在于 O_2 和 SO_2 中

D. 存在于 SO_2、O_2 和 SO_3 中

3. 在一定条件下，某容器中充入 N_2 和 H_2 合成 NH_3，以下叙述错误的是 (　　)

A. 开始反应时，正反应速率最大，逆反应速率为零

B. 随着反应的进行，正反应速率逐渐减小，最后减小为零

C. 随着反应的进行，逆反应速率逐渐增大，最后保持恒定

D. 随着反应的进行，正反应速率逐渐减小，最后与逆反应速率相等且都保持恒定

4. 在恒温、恒容下，当反应容器内总压强不随时间变化时，下列可逆反应一定达到平衡的是 (　　)

A. $A(g)+B(g) \rightleftharpoons C(g)$

B. $A(g)+2B(g) \rightleftharpoons 3C(g)$

C. $A(g)+B(g) \rightleftharpoons C(g)+D(g)$

D. 以上都达到平衡

5. (**2018·辽宁实验中学高二检测**)一定温度下在容积恒定的密闭容器中，进行如下可逆反应：$A(s)+B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$，当下列物理量不发生变化时，能表明该反应已达到平衡状态的是 (　　)

①混合气体的密度　②容器内气体的压强　③混合气体的总物质的量　④B 物质的量浓度

A. ①②④　　B. ②③

C. ②③④　　D. 全部

6. 下列说法可以证明反应 $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ 已达到平衡状态的是 (　　)

A. 1 个 N≡N 键断裂的同时，有 3 个 H—H 键形成

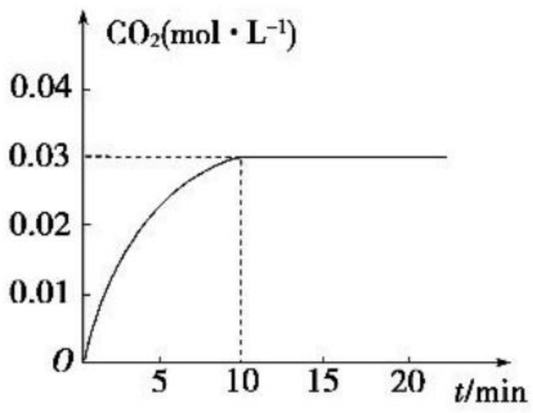
B. 1 个 N≡N 键断裂的同时，有 3 个 H—H 键断裂

C. N_2、H_2、NH_3 的分子数之比为 1∶3∶2

D. 1 个 N≡N 键断裂的同时，有 6 个 H—N 键形成

关注微信公众号"教辅资料站"获取更多学习资料

7. 在某一容积为 5 L 的密闭容器内，加入 0.2 mol 的 CO 和 0.2 mol 的 H_2O，在催化剂存在的条件下加热至高温，发生如下反应，$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$ $\Delta H>0$。反应中 CO_2 的浓度随时间变化情况如图：



(1)根据图中数据，反应开始至达到平衡时，CO 的化学反应速率为_____；反应达到平衡时，$c(H_2)=$_____。

(2)判断该反应达到平衡的依据是_____。

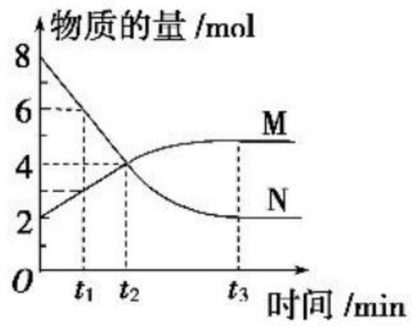
①CO 减少的化学反应速率和 CO_2 减少的化学反应速率相等

②CO、H_2O、CO_2、H_2 的浓度都相等

③CO、H_2O、CO_2、H_2 的浓度都不再发生变化

④正、逆反应速率都为零

8. 一定温度下，在 2 L 的恒容密闭容器内发生的反应中 M、N 的物质的量随反应时间变化的曲线如图所示。



请回答下列问题：

(1)该反应的化学方程式为_____。

(2)在 t_2 时刻存在的等量关系是_____，此时反应是否达到化学平衡状态？_____(填“是”或“否”)。

(3)在 t_3 时刻 $v_{正}$_____(填“>”“<”或“=”)$v_{逆}$，理由是_____

_____。

层级二　应试提能练

1. 分析各选项中的各组反应，其中互为可逆反应的是　(　　)

A. $2KHCO_3\xlongequal{\triangle}K_2CO_3+H_2O+CO_2\uparrow$　$K_2CO_3+H_2O+CO_2=\!=\!=2KHCO_3$

B. $CO_2+H_2O=\!=\!=H_2CO_3$　$H_2CO_3=\!=\!=CO_2+H_2O$

C. $NH_3+HCl=\!=\!=NH_4Cl$　$NH_4Cl\xlongequal{\triangle}NH_3+HCl$

D. $2NaCl\xlongequal{电解}2Na+Cl_2\uparrow$　$2Na+Cl_2\xlongequal{点燃}2NaCl$

2. (**2019·长沙高二检测**)一定条件下，可逆反应 $2A(g)\rightleftharpoons B(g)+3C(g)$，在下列四种状态中处于平衡状态的是　(　　)

	正反应速率	逆反应速率
A.	$v(A)=2$ mol/(L·min)	$v(B)=2$ mol/(L·min)
B.	$v(A)=2$ mol/(L·min)	$v(C)=2$ mol/(L·min)
C.	$v(A)=1$ mol/(L·min)	$v(B)=2$ mol/(L·min)
D.	$v(A)=1$ mol/(L·min)	$v(C)=1.5$ mol/(L·min)

3. 一定温度下，在一容积不变的密闭容器中发生可逆反应 $2X(g)\rightleftharpoons Y(g)+Z(s)$，以下不能说明该反应达到化学平衡状态的是　(　　)

A. 混合气体的密度不再变化

B. 反应容器中 Y 的质量分数不变

C. X 的分解速率与 Y 的消耗速率相等

D. 单位时间内生成 1 mol Y 的同时生成 2 mol X

4. 对可逆反应 $4NH_3(g)+5O_2(g)\rightleftharpoons 4NO(g)+6H_2O(g)$，下列叙述正确的是　(　　)

A. 达到化学平衡时，$4v_{正}(O_2)=5v_{逆}(NO)$

B. 若单位时间内生成 x mol NO 的同时，消耗 x mol NH_3，则反应达到平衡状态

C. 达到化学平衡时，若增大容器容积，则正反应速率减小，逆反应速率增大

D. 化学反应速率关系：$2v_{正}(NH_3)=3v_{正}(H_2O)$

5. (**2018·三明高二检测**)对可逆反应 $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$　$\Delta H=-92.4$ kJ·mol^{-1}，下列叙述正确的是　(　　)

A. 达到化学平衡时，若增加容器体积，则正反应速率减小，逆反应速率增大

B. 若单位时间内生成 x mol N_2 的同时，消耗 $2x$ mol NH_3，则反应达到平衡状态

C. 达到化学平衡时，$2v_{正}(H_2)=3v_{逆}(NH_3)$

D. 加入催化剂，正反应速率增大，逆反应速率不变

6. 在一个不传热的固定容积的密闭容器中，可逆反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qQ(g)$($m$、$n$、$p$、$q$ 为任意整数)达到平衡时的标志是　(　　)

①体系的压强不再改变

②体系的温度不再改变

③各组分的浓度不再改变

④各组分的质量分数不再改变

⑤反应速率 $v_A:v_B:v_C:v_Q=m:n:p:q$

⑥单位时间内 m mol A 断键的同时有 p mol C 也断键

A. ③④⑤⑥　　B. ①③④⑤

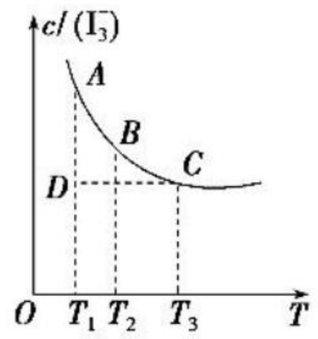
C. ②③④⑥　　D. ①③④⑥

7. 将 2 mol SO_2 和 1 mol O_2 充入体积为 2 L 的密闭容器中，在一定条件下发生反应 $O_2(g)+2SO_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$。经过 10 s 达到平衡状态，此时 $c(SO_3)=0.4$ mol/L。

(1)在达到平衡的过程中 $v(SO_2)=$_____。

(2)有同学认为平衡是在一定条件下成立的，改变条件时平衡会发生变化，所以可以通过改变条件使 SO_3 的平衡浓度变为 1 mol/L，你认为这种说法正确吗？_____(填“正确”或“不正确”)。

8. 实验室中配制碘水，往往是将 I_2 溶于 KI 溶液中，这样就可以得到浓度较大的碘水，主要是因为发生了反应：$I_2(aq)+I^-\rightleftharpoons I_3^-$，上述平衡体系中，$I_3^-$ 的物质的量浓度 $c(I_3^-)$与温度 T 的关系如图所示(曲线上的任意一点都表示平衡状态)。



(1)在 T_1、D 状态时，v(正)_____(填“>”“<”或“=”)v(逆)。

(2)若在 T_1 时某状态 $c(I^-)/c(I_3^-)=1/100$，_____(填“是”“不是”或“不一定是”)平衡状态。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第二课时　浓度、压强对化学平衡移动的影响

1. 通过实验探究浓度、压强对化学平衡的影响。
2. 认识化学平衡的调控在生产和科学领域中的重要作用。

[晨背重点语句]

1. 增大反应物浓度或减小生成物浓度，平衡向正反应方向移动；增大生成物浓度或减小反应物浓度，平衡向逆反应方向移动。
2. 对于有气体参与或生成的反应，增大压强，平衡向气体体积减小的方向移动；减小压强，平衡向气体体积增大的方向移动。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　化学平衡的移动

知识梳理

1. 定义：在一定条件下，可逆反应达到化学平衡状态，如果改变影响平衡的条件（如[1]_____、[2]_____、[3]_____等），化学平衡状态被破坏，直至正、逆反应速率再次相等，在新的条件下达到新的化学平衡状态。这种现象称作平衡状态的移动，简称平衡移动。

2. 平衡移动方向的判断

若 $v_{正}=v_{逆}$，处于[4]_____；

若 $v_{正}>v_{逆}$，平衡向[5]_____方向移动；

若 $v_{正}<v_{逆}$，平衡向[6]_____方向移动。

[归纳总结]

图示表示化学平衡的移动

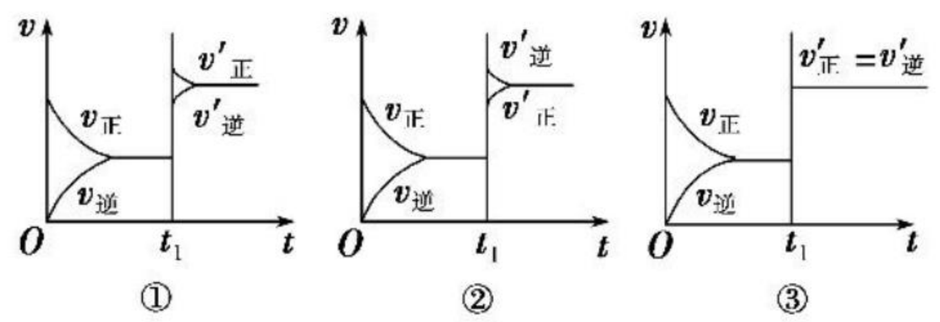
$v_{正}>v_{逆}$ $\xrightarrow[\text{一定时间}]{\text{正向反应}}$ $v_{正}=v_{逆}$ $\xrightarrow[\text{条件}]{\text{改变}}$ $v_{正}\neq v_{逆}$ $\xrightarrow[\text{时间}]{\text{一定}}$ $v'_{正}=v'_{逆}$

反应开始，尚未平衡 → 化学平衡状态 → 正向移动或逆向移动 → 新的化学平衡状态

建立平衡　　化学平衡移动

对点训练

1. 试根据下列图象判断 t_1 时刻化学平衡移动的方向。



①_____；②_____；

③_____。

2. 某一可逆反应，一定条件下达到了化学平衡。

（1）若化学反应速率改变，化学平衡是否发生移动？

（2）若化学平衡发生移动，化学反应速率是否一定发生改变？

知识点二　浓度对化学平衡移动的影响

知识梳理

1. 实验探究

[探究 1]

原理	$Cr_2O_7^{2-}+H_2O \rightleftharpoons 2CrO_4^{2-}+2H^+$ （橙色）　（黄色）	
实验步骤	浓硫酸 0.1 mol·L⁻¹ $K_2Cr_2O_7$ 溶液	6 mol·L⁻¹ NaOH 溶液 0.1 mol·L⁻¹ $K_2Cr_2O_7$ 溶液
实验现象	橙黄色变为橙色	橙黄色变为黄色
结论	$c(H^+)$ 增大，平衡向[7]_____方向移动	NaOH 溶液使 $c(H^+)$ 变小，$c(H^+)$ 减小，平衡向[8]_____方向移动

[探究 2]

原理	$Fe^{3+}+3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$（红色）
实验（1）	饱和 $FeCl_3$ 溶液 1 mol·L⁻¹ KSCN 溶液 5 mL 0.005 mol·L⁻¹ $FeCl_3$ 溶液 + 5 mL 0.01 mol·L⁻¹ KSCN 溶液 ①　② 实验现象：①_____；②_____

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

现象	溶液颜色变深	溶液颜色变深
实验(2)	分别向试管①、试管②中滴加 0.01 mol·L^{-1} NaOH 溶液	
现象	溶液颜色变浅	溶液颜色变浅
结论	对可逆反应 $Fe^{3+}+3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$，分别增大 $c(Fe^{3+})$和 $c(SCN^-)$，$Fe(SCN)_3$ 的浓度均⑨　　，说明化学平衡均向⑩　　方向移动；滴加 NaOH 溶液，由于 $3OH^-+Fe^{3+}=\!=\!=Fe(OH)_3\downarrow$，$c(Fe^{3+})$减小，$Fe(SCN)_3$浓度也减小，说明化学平衡向⑪　　方向移动。	

2. 影响规律

(1)增大反应物浓度或减小生成物浓度，平衡向⑫　　方向移动。

(2)增大生成物浓度或减小反应物浓度，平衡向⑬　　方向移动。

[归纳总结]

(1)增加固体或纯液体的量，由于浓度不变，所以化学平衡不移动。

(2)工业生产上适当增大廉价的反应物的浓度，使化学平衡向正反应方向移动，可提高价格较高原料的转化率，以降低生产成本。

(3)$FeCl_3$ 与 KSCN 在溶液里的反应，实质是 Fe^{3+} 与 SCN^- 的反应，K^+ 和 Cl^- 并未参加反应。改变 $c(K^+)$或 $c(Cl^-)$，化学平衡 $FeCl_3+3KSCN \rightleftharpoons Fe(SCN)_3+3KCl$ 不移动。

(4)在溶液中进行的反应，如果稀释溶液，反应物浓度减小，生成物浓度也减小，$v_{正}$、$v_{逆}$ 均减小，但减小的程度不同，总的结果是化学平衡向反应方程式中化学计量数增大的方向移动。

对点训练

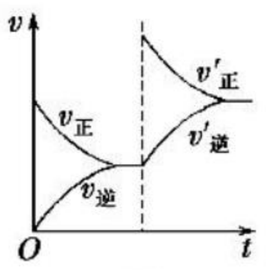
3. 在 $K_2Cr_2O_7$ 溶液中存在下列平衡：$2CrO_4^{2-}$（黄色）$+2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-}$（橙色）$+H_2O$ 中，溶液颜色介于黄色和橙色之间，今欲使溶液颜色变浅，可以在溶液中通入或加入（　　）

①HCl　②NaOH　③KCl　④H_2O

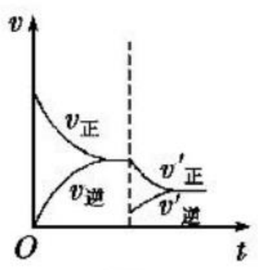
A. ①③　　B. ②④

C. ①④　　D. ②③

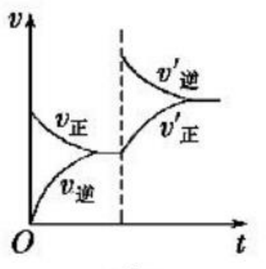
4. 已知反应 $mA(g)+nB(g) \rightleftharpoons pC(g)$　$\Delta H<0$，$m+n<p$，当反应达到平衡后，有关物质的浓度发生改变，其反应速率的变化曲线分别如图所示：



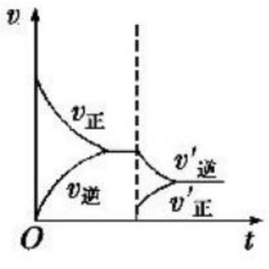
①



②



③



④

填写下列表格：

	改变条件	平衡移动方向
①	_____	向正反应方向移动
②	减小生成物 C 的浓度	向_____方向移动
③	增大生成物 C 的浓度	向_____方向移动
④	_____	向逆反应方向移动

知识点三　压强对化学平衡移动的影响

知识梳理

1. 压强 $\xrightarrow{增大压强}$ 平衡向⑭　　的方向移动

$\xrightarrow{减小压强}$ 平衡向⑮　　的方向移动。

2. 对于反应前后气体物质的量不变的反应[如 $H_2(g)+I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$]，改变压强，化学平衡⑯　　移动。

[特别提醒]

(1)无气态物质存在的化学平衡，由于改变压强不能改变化学反应速率，所以改变压强不能使平衡发生移动。

(2)在容积不变的密闭容器中，气体反应已达到平衡，若向该容器中充入与反应体系无关的气体，化学平衡不移动，原因是气态反应物、生成物的浓度未改变。

(3)在容积可变的恒压容器中，充入与反应体系无关的气体，此时虽然总压强不变，但各气态物质的浓度减小，(相当于减压)，平衡向气体体积增大的方向移动。

对点训练

5. (**2019·山东高密高二检测**)在常温下，下列可逆反应达平衡后，压缩容器容积增大压强，平衡发生移动的是（　　）

A. $Cl_2+H_2O \rightleftharpoons H^++Cl^-+HClO$

B. $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)+O_2(g)$

C. $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g)+I_2(g)$

D. $FeCl_3+3KSCN \rightleftharpoons Fe(SCN)_3+3KCl$

6. 一定温度下，反应 $C(s)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g)+H_2(g)$在密闭容器中进行，一段时间后达到平衡，下列措施不能使平衡发生移动的是（　　）

①增加 C 的物质的量

②保持容器容积不变，充入 N_2 使体系压强增大

③将容器的容积缩小一半

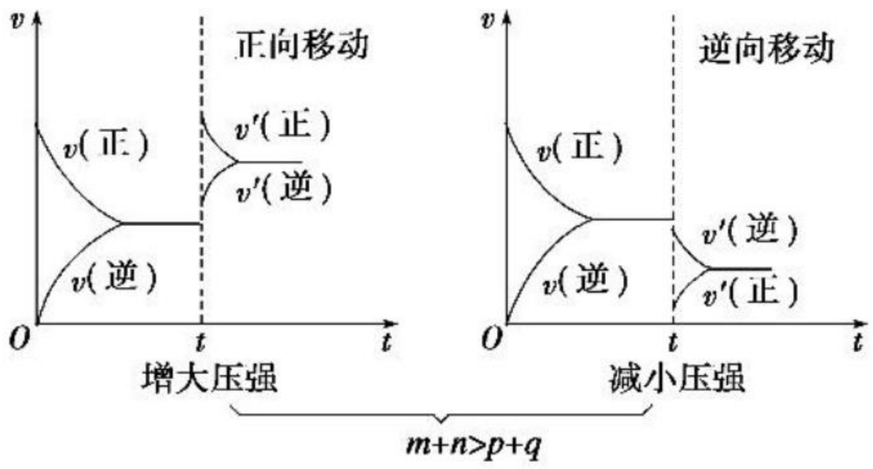
④保持压强不变，充入 N_2 使容器容积变大

A. ①②　　B. ②③

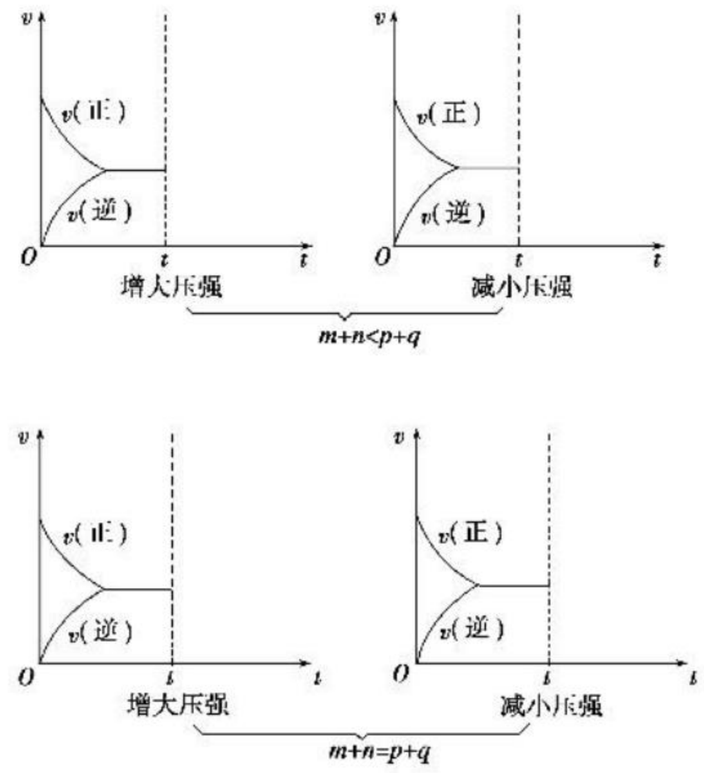
C. ①④　　D. ③④

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

7. 已知压强对化学平衡的影响如图[以 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$ 为例]：



模仿上述图象，在图中完成 t 时刻改变相应条件后时间—速率图象，并标注出化学平衡移动的方向。



2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

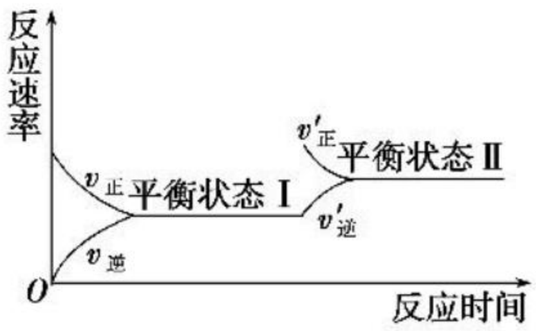
层级一　基础达标练

1. 一定能引起化学平衡移动的是　　(　　)
   A. 化学反应速率发生了变化
   B. 有气态物质参加的反应达到平衡后，改变了压强
   C. 由于某一条件的改变，使平衡混合物中各组分的浓度发生了不同程度的变化
   D. 改变了反应物浓度

2. 对处于化学平衡的体系，由化学平衡与化学反应速率的关系可知　　(　　)
   A. 化学反应速率变化时，化学平衡一定发生移动
   B. 化学平衡发生移动时，化学反应速率一定变化
   C. 正反应进行的程度大，正反应速率一定大
   D. 改变压强，化学反应速率一定改变，平衡一定移动

3. 体积一定的恒温密闭容器中加入等物质的量的 X、Y，进行如下可逆反应：$X(g)+Y(g)\rightleftharpoons Z(g)+W(s)\quad \Delta H>0$。下列叙述正确的是　　(　　)
   A. 若继续充入 X，平衡向正反应方向移动，Y 的转化率增大
   B. 若继续充入 Z，平衡逆向移动，Z 的体积分数减小
   C. 若移走部分 W，平衡正向移动
   D. 平衡后移走 X，上述反应的 ΔH 减小

4. 如图是恒温条件下某化学反应的反应速率随反应时间变化的示意图。下列叙述与示意图不相符合的是　　(　　)



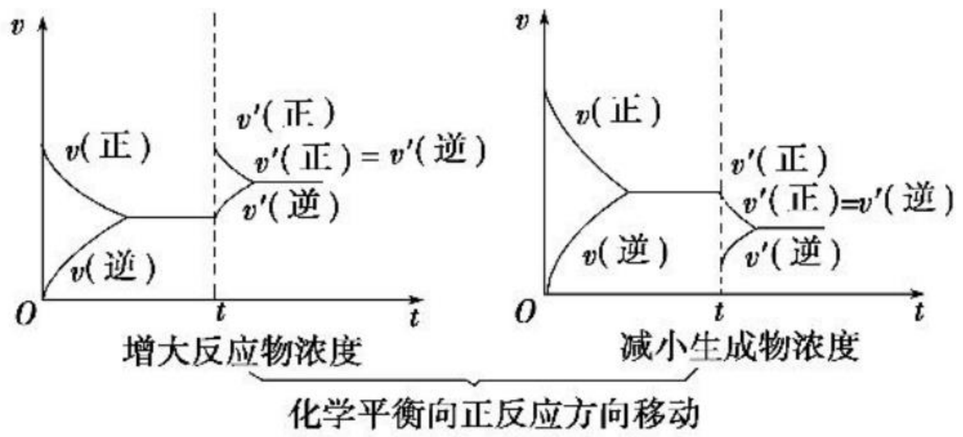
   A. 反应达到平衡时，正反应速率和逆反应速率相等
   B. 该反应达到平衡状态Ⅰ后，增大反应物浓度，平衡发生移动，达到平衡状态Ⅱ
   C. 该反应达到平衡状态Ⅰ后，减小反应物浓度，平衡发生移动，达到平衡状态Ⅱ
   D. 同一种反应物在平衡状态Ⅰ和平衡状态Ⅱ时浓度不相等

5. 一定量的混合气体在密闭容器中发生反应：$mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)$。达到平衡时，维持温度不变，将气体体积缩小到原来的 $\frac{1}{2}$。当达到新平衡时，气体 C 的浓度变为原平衡的 1.9 倍，则下列说法正确的是　　(　　)
   A. $m+n>p$　　B. $m+n<p$
   C. 平衡向正反应方向移动　　D. C 的质量分数增加

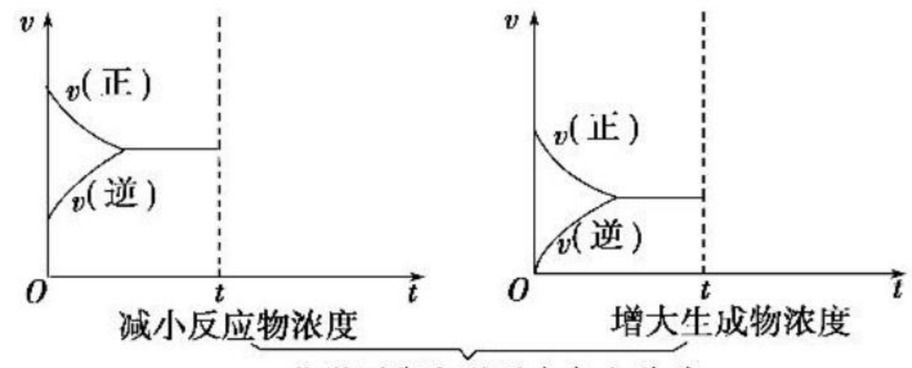
6. 在一定的温度和压强下，合成氨反应 $3H_2(g)+N_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ 达到平衡时，下列操作平衡不发生移动的是　　(　　)
   A. 恒温恒容充入氨气　　B. 恒温恒容充入氮气
   C. 恒温恒容充入氦气　　D. 恒温恒压充入氦气

7. 在密闭容器中进行如下反应：$CO_2(g)+C(s)\overset{\text{高温}}{\rightleftharpoons}2CO(g)\quad \Delta H>0$，达到平衡后，若改变下列条件，则指定物质的浓度及平衡如何变化。
   (1)增加 C，平衡_____，$c(CO_2)$_____。
   (2)缩小反应容器的容积，保持温度不变，则平衡_____，$c(CO_2)$_____。
   (3)保持反应容器的容积和温度不变，通入 N_2，则平衡_____，$c(CO_2)$_____。

8. 已知浓度对化学平衡的影响如下：



模仿上述图象，在下图中完成 t 时刻改变条件后时间—速率图象。



关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

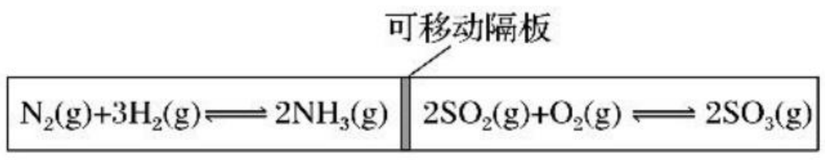
层级二　应试提能练

1. 一定条件下反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$ 在一密闭容器中进行，测得平均反应速率 $v(C)=2v(B)$。若反应达平衡后保持温度不变，增大体系压强时平衡不移动，则 m、n、p、q 的数值可以是　　(　　)

A. 2、6、3、5　　B. 1、3、2、2

C. 3、1、2、2　　D. 3、1、2、1

2. 如图为带可移动隔板的密闭容器，某温度下，左、右两侧反应均达到平衡，此时隔板处于容器中央。若保持温度不变，向左侧容器中充入一定量的 H_2，下列说法正确的是　　(　　)



A. 两侧平衡均向正反应方向移动

B. 左侧平衡向逆反应方向移动

C. 右侧平衡向逆反应方向移动

D. 两侧平衡均向逆反应方向移动

3. 在一密闭容器中，反应 $aA(g)\rightleftharpoons bB(g)$ 达平衡后，保持温度不变，将容器体积增加一倍，当达到新的平衡时，B 的浓度是原来的 60%，则　　(　　)

A. 平衡向逆反应方向移动了

B. 物质 A 的转化率减小了

C. 物质 B 的质量分数增加了

D. $a>b$

4. 温度为 T ℃，压强为 1.01×10^6 Pa 条件下，某密闭容器中发生下列反应 $A(g)+aB(?)\rightleftharpoons 4C(g)$，达到化学平衡时测得 $c(A)=0.2\ mol\cdot L^{-1}$；压缩容器使压强增大到 2.02×10^6 Pa，第二次达到平衡时，测得 $c(A)=0.36\ mol\cdot L^{-1}$；若继续压缩容器，使压强增大到 5.05×10^6 Pa，第三次达到平衡时，测得 $c(A)=1.1\ mol\cdot L^{-1}$；则下列有关说法不正确的是　　(　　)

A. 第二次平衡时 B 为气态

B. $a>3$

C. 第一次平衡后增大压强平衡向左移动

D. 第三次达到平衡时 B 可能为非气态

5. 某温度下，密闭容器中发生反应 $aX(g)\rightleftharpoons bY(g)+cZ(g)$，达到平衡后，保持温度不变，将容器的容积压缩到原来容积的一半，当达到新平衡时，物质 Y 和 Z 的浓度均是原来的 1.8 倍。则下列叙述正确的是　　(　　)

A. 可逆反应的化学方程式的化学计量数：$a>b+c$

B. 压缩容器的容积时，$v_{正}$ 增大，$v_{逆}$ 减小

C. 达到新平衡时，物质 X 的转化率减小

D. 达到新平衡时，混合物中 Z 的质量分数增大

6. 在体积和温度不变的密闭容器中充入 a mol X 和足量 Y，发生反应：$2X(g)+Y(s)\rightleftharpoons Z(g)+W(g)$，建立平衡后，若再加入 b mol X，下列判断不正确的是　　(　　)

A. 平衡正向移动　　B. X 的转化率不变

C. Y 的转化率增大　　D. X 的转化率减小

7. 现有三个体积相等的定容密闭容器，都进行下列反应：$CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons H_2O(g)+CO(g)$。反应所处的温度相同，但起始浓度不同，其中起始时各物质的物质的量如表：

	CO_2	H_2	H_2O	CO
甲	a mol	a mol	0	0
乙	a mol	$2a$ mol	0	0
丙	a mol	a mol	a mol	0

达到平衡时，CO 的物质的量由大到小的顺序是_____。

8. 将等物质的量的 A、B、C、D 四种物质混合，发生如下反应：$aA+bB\rightleftharpoons cC(s)+dD$，当反应进行一段时间后，测得 A 减少了 n mol，B 减少了 $\frac{n}{2}$ mol，C 增加了 $\frac{3}{2}n$ mol，D 增加了 n mol，此时达到化学平衡状态。

(1)该化学方程式中各物质的化学计量数为：

$a=$_____，$b=$_____，$c=$_____，$d=$_____。

(2)若只改变压强，反应速率发生变化，但平衡不发生移动，该反应中各物质的聚集状态是：A_____，B_____，D_____。

9. 反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)$ 在一定温度和不同压强下达到平衡时，分别得到 A 的物质的量浓度如表所示：

压强/Pa	2×10^5	5×10^5	1×10^6
$c(A)/mol\cdot L^{-1}$	0.08	0.20	0.44

分析表中数据，回答下列问题：

(1)当压强从 2×10^5 Pa 增加到 5×10^5 Pa 时，平衡_____（填“向左”“向右”或“不”）移动，判断的依据是_____。

(2)当压强从 5×10^5 Pa 增加到 1×10^6 Pa 时，该反应的化学平衡_____（填“向左”“向右”或“不”）移动，判断的依据是_____，可能的原因是_____。

第三课时　温度、催化剂对化学平衡的影响　勒夏特列原理

1. 通过实验探究温度对化学平衡的影响。
2. 了解催化剂与化学平衡的关系。
3. 掌握勒夏特列原理。
4. 认识化学平衡的调控在生产和科学领域中的重要作用。

[晨背重点语句]

1. 升高温度，平衡向吸热的反应方向移动；降低温度，平衡向放热的反应方向移动。
2. 催化剂能够同等程度地增大正、逆反应速率，对化学平衡移动没有影响。
3. 勒夏特列原理：如果改变影响平衡的一个条件（如浓度、压强或温度），则平衡将向着能够减弱这种改变的方向移动。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　温度对化学平衡的影响

知识梳理

1. 实验探究

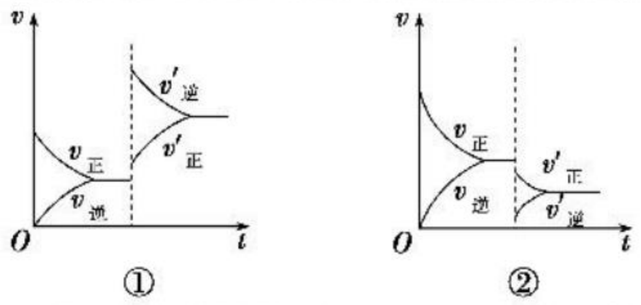
原理	$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$　$\Delta H=-56.9\ kJ\cdot mol^{-1}$ （红棕色）　（无色）
实验步骤	
实验现象	热水中混合气体颜色[1]_____ 冰水中混合气体颜色[2]_____
实验结论	混合气体受热颜色加深，说明 NO_2 浓度[3]_____，即平衡向[4]_____方向移动；混合气体被冷却时颜色变浅说明 NO_2 浓度[5]_____，即平衡向[6]_____方向移动

2. 影响规律

温度升高，平衡向[7]_____方向移动。

温度降低，平衡向[8]_____方向移动。

3. 已知反应：$mA(g)+nB(g) \rightleftharpoons pC(g)$　$m+n<p$，当反应达平衡后，若温度改变，其反应速率的变化曲线分别如图所示：



(1)图①表示的温度变化是[9]_____，平衡移动方向是向[10]_____方向。

(2)图②表示的温度变化是[11]_____，平衡移动方向是向[12]_____方向。

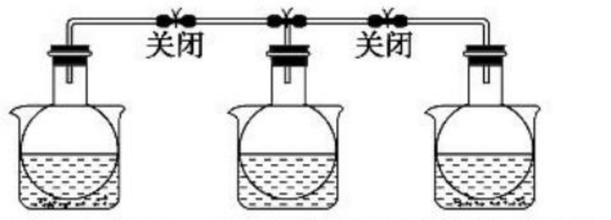
(3)正反应是[13]_____热反应，逆反应是[14]_____热反应。

[归纳总结]

升温，$v_{放}$、$v_{吸}$ 均增大，但 $v_{吸}$ 增大程度大；降温，$v_{放}$、$v_{吸}$ 均减小，但 $v_{吸}$ 减小程度大。

对点训练

1. 如图所示，三个烧瓶中分别充满 NO_2 气体并分别放置在盛有下列物质的烧杯（烧杯内有水）中：在(1)中加入 CaO，在(2)中不加其他任何物质，在(3)中加入 NH_4Cl 晶体，发现(1)中红棕色变深，(3)中红棕色变浅，下列叙述正确的是（　　）



A. $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 是放热反应

B. NH_4Cl 溶于水时放出热量

C. 烧瓶(1)中平衡混合气的平均相对分子质量增大

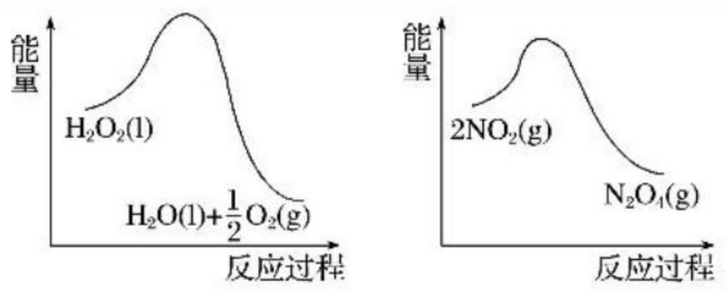
D. 烧瓶(3)中气体的压强增大

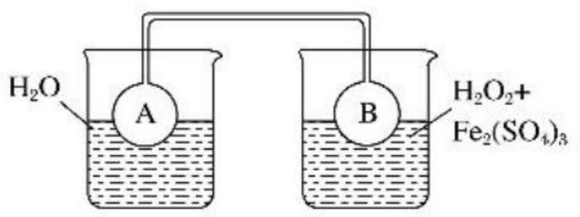
2. 将 $H_2(g)$ 和 $Br_2(g)$ 充入恒容密闭容器，恒温下发生反应 $H_2(g)+Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$　$\Delta H<0$，平衡时 $Br_2(g)$ 的转化率为 a；若初始条件相同，绝热下进行上述反应，平衡时 $Br_2(g)$ 的转化率为 b。a 与 b 的关系是（　　）

A. $a>b$　　B. $a=b$

C. $a<b$　　D. 无法确定

3. 利用图(a)和(b)中的信息，按图(c)装置（连接的 A、B 瓶中已充有 NO_2 气体）进行实验。可观察到 B 瓶中气体颜色比 A 瓶中的_____（填“深”或“浅”），其原因是_____。



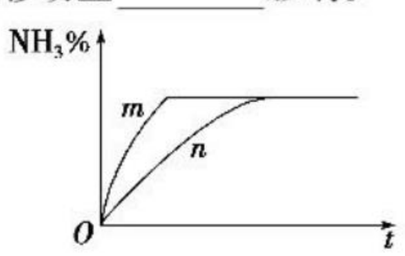


知识点二　催化剂与化学平衡

知识梳理

1. 加入催化剂可以大大地加快反应速率，是因为它可以降低反应所需[15]_____，从而提高活化分子[16]_____，从而增大反应速率，但是由于催化剂能够[17]_____地改变正、逆反应速率，因此它对化学平衡移动[18]_____影响。

2. 对于 $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 反应，NH_3 的体积分数如图所示：



其中 m 表示[19]_____情况，n 表示[20]_____情况。

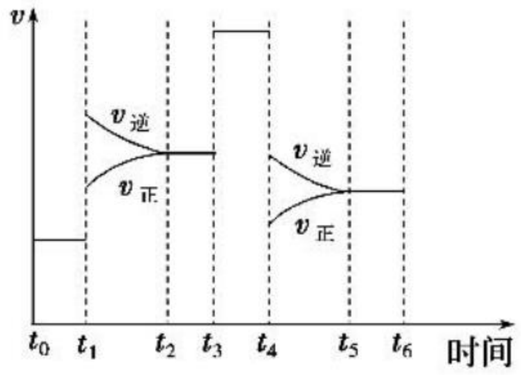
[归纳总结]

催化剂能同等程度地改变（一般为增大）正、逆反应的反应速率，对化学平衡移动无影响，但能缩短反应达到平衡所需要的时间。

对点训练

4. 如图所示，表示反应 $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$　$\Delta H<0$，在某一时间段内反应速率与反应过程的曲线关系图。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料



(1)氨的质量分数最高的一段时间是_____(填字母序号)。

A. $t_0\sim t_1$　　B. $t_2\sim t_3$　　C. $t_3\sim t_4$　　D. $t_5\sim t_6$

(2)t_1、t_3、t_4 改变的条件分别是

t_1 _____;

t_3 _____;

t_4 _____;

知识点三　勒夏特列原理

知识梳理

如果改变影响平衡的一个条件(如浓度、压强或温度),则平衡将向着能够㉑_____这种改变的方向移动。

[归纳总结]

(1)勒夏特列原理的适用范围:化学反应平衡等所有的动态平衡。

(2)对"减弱这种改变"的正确理解

①定性角度:用于判断平衡移动的方向;

②定量角度:"减弱"不等于"消除",更不是"扭转"。

对点训练

5. 下列不能用勒夏特列原理解释的事实是　(　)

A. 棕红色的 NO_2 加压后颜色先变深后变浅

B. 氢气、碘蒸气、碘化氢气体组成的平衡体系加压后颜色变深

C. 黄绿色的氯水光照后颜色变浅

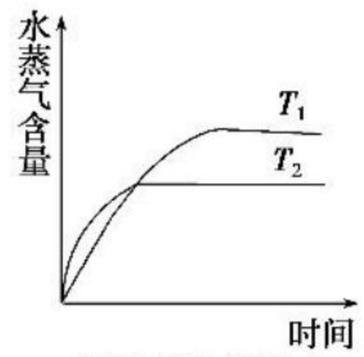
D. 合成氨工业使用高压以提高氨的产量

6. 在一定条件下,下列可逆反应达到化学平衡:$I_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)\quad \Delta H<0$。要使混合气体的颜色加深,可以采取的方法是　(　)

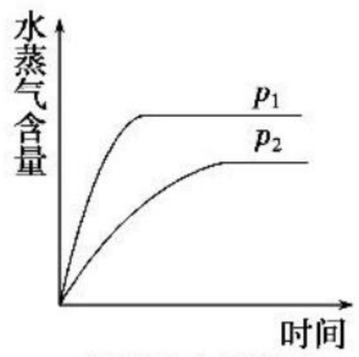
A. 降低温度　　B. 增大 H_2 的浓度

C. 增大压强　　D. 减小压强

7. 一定条件下,下列反应中水蒸气含量随反应时间的变化趋势符合下图的是　(　)



温度 (T) 的影响



压强 (p) 的影响

A. $CO_2(g)+2NH_3(g)\rightleftharpoons CO(NH_2)_2(s)+H_2O(g)\quad \Delta H<0$

B. $CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)\quad \Delta H>0$

C. $CH_3CH_2OH(g)\rightleftharpoons CH_2{=}CH_2(g)+H_2O(g)\quad \Delta H>0$

D. $2C_6H_5CH_2CH_3(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2C_6H_5CH{=}CH_2(g)+2H_2O(g)\quad \Delta H<0$

2 课后提能·层级练　KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列因素不可能影响化学平衡移动的是　(　)

A. 温度　　B. 催化剂

C. 反应物的浓度　　D. 压强

2. 对于任何一个化学平衡体系,采取以下措施,一定会使平衡发生移动的是　(　)

A. 加入一种反应物　　B. 增大体系的压强

C. 升高温度　　D. 使用催化剂

3. 对某一可逆反应来说,使用催化剂的作用是　(　)

A. 提高反应物的平衡转化率

B. 以同样程度改变正逆反应速率

C. 增大正反应速率,降低逆反应速率

D. 改变平衡混合物的组成

4. 对处于平衡状态的反应:$2A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g)\quad \Delta H<0$,下列叙述正确的是　(　)

A. 增大压强,v(正)增大,v(逆)减小

B. 升高温度,v(正)减小,v(逆)增大

C. 增大 A 浓度的瞬间,v(正)增大,v(逆)不变

D. 增大 A 浓度的瞬间,v(正)增大而 v(逆)减小

5. 合成氨所需的氢气可用煤和水作原料经多步反应制得,其中的一步反应为:

$CO(g)+H_2O(g)\xrightleftharpoons{\text{催化剂}}CO_2(g)+H_2(g)\quad \Delta H<0$

反应达到平衡后,为提高 CO 的转化率,下列措施中正确的是　(　)

A. 增加压强　　B. 降低温度

C. 增大 CO 的浓度　　D. 更换催化剂

6. 下列变化过程能用勒夏特列原理解释的是　(　)

A. 工业合成氨中选择高温条件下进行

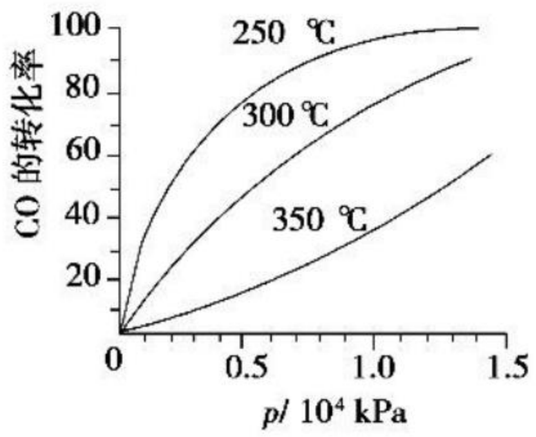
B. 棕红色 NO_2 加压后颜色先变深后变浅

C. SO_2 催化氧化成 SO_3 的反应,往往需要使用催化剂

D. H_2、I_2、HI 平衡混合气加压后颜色变深

7. CO 可用于合成甲醇,反应方程式为 $CO(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)$。CO 在不同温度下的平衡转化率与压强的关系如图所示,该反应 ΔH _____(填"$>$"或"$<$")0。实际生产条件控制在 250 ℃、1.3×10^4 kPa 左右。选择此压强的理由是_____。

关注微信公众号"教辅资料站"获取更多学习资料



8. 现有反应：$mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)$，达到平衡后，当升高温度时，B 的转化率变大；当减小压强时，混合体系中 C 的质量分数减小，则：

(1)该反应的逆反应为_____（填“吸热”或“放热”）反应，且 $m+n$ _____（填“>”“=”或“<”）p。

(2)若升高温度，则平衡时 B、C 的浓度之比$\frac{c(B)}{c(C)}$将_____。

(3)若加入催化剂，平衡时气体混合物的总物质的量_____。

层级二　应试提能练

1. 下列事实不能用勒夏特列原理解释的是　（　）

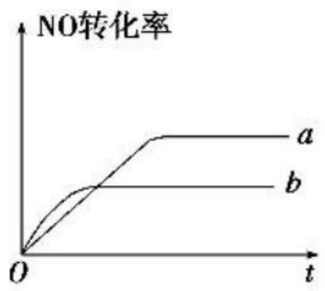
A. 光照新制的氯水时，溶液的 pH 逐渐减小

B. 加催化剂，使 N_2 和 H_2 在一定条件下转化为 NH_3

C. 可用浓氨水和氢氧化钠固体快速制取氨气

D. 增大压强，有利于 SO_2 与 O_2 反应生成 SO_3

2. 在容积不变的密闭容器中，一定条件下进行如下反应：$2NO(g)+2CO(g)\rightleftharpoons N_2(g)+2CO_2(g)$　$\Delta H=-373.2\ kJ\cdot mol^{-1}$。如图曲线 a 表示该反应过程中 NO 的转化率与反应时间的关系。若改变起始条件，使反应过程按照曲线 b 进行，可采取的措施是　（　）



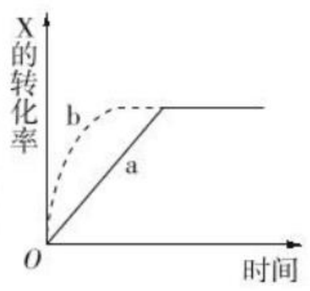
A. 降低温度

B. 向密闭容器中通入氩气

C. 加催化剂

D. 增大反应物中 NO 的浓度

3. 如图曲线 a 表示放热反应 $X(g)+Y(g)\rightleftharpoons Z(g)+M(g)+N(s)$　$\Delta H<0$ 进行过程中 X 的转化率随时间变化的关系。若要改变起始条件，使反应过程按 b 曲线进行，可采取的措施是　（　）



A. 升高温度

B. 加大 X 的投入量

C. 缩小体积

D. 增大体积

4. 已知反应：$COCl_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+Cl_2(g)$　$\Delta H>0$，当反应达到平衡时，下列措施：①升温　②恒容通入惰性气体　③增加 CO 浓度　④减压　⑤加催化剂　⑥恒压通入惰性气体，其中能提高 $COCl_2$ 转化率的是　（　）

A. ①②④　　B. ①④⑥

C. ②③⑤　　D. ③⑤⑥

5. 据报道，在 300 ℃、70 MPa 下由二氧化碳和氢气合成乙醇已成为现实：

$2CO_2(g)+6H_2(g)\rightleftharpoons CH_3CH_2OH(g)+3H_2O(g)$

下列叙述错误的是　（　）

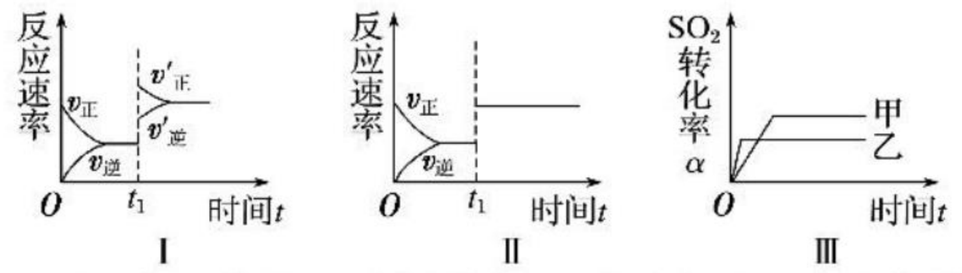
A. 使用 Cu-Zn-Fe 催化剂可大大提高生产效率

B. 反应需在 300 ℃下进行可推测该反应是吸热反应

C. 充入大量 CO_2 气体可提高 H_2 的转化率

D. 从平衡混合气体中分离出 CH_3CH_2OH 和 H_2O 可提高 CO_2 和 H_2 的利用率

6. 在容积不变的密闭容器中存在如下反应：$2SO_2(g)+O_2(g)\xrightleftharpoons[450\ ℃]{V_2O_5}2SO_3(g)$　$\Delta H<0$。某研究小组研究了其他条件不变时，改变某一条件对上述反应的影响，下列分析正确的是　（　）



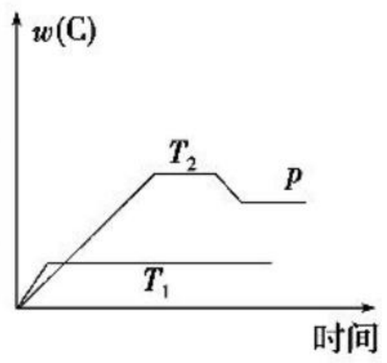
A. 图Ⅰ表示的是 t_1 时刻增大 O_2 的浓度对反应速率的影响

B. 图Ⅱ表示的是 t_1 时刻加入催化剂对反应速率的影响

C. 图Ⅲ表示的是催化剂对平衡的影响，且甲的催化剂效率比乙高

D. 图Ⅲ表示的是压强对化学平衡的影响，且乙的压强较高

7. **（2019·哈尔滨高二检测）**在一定条件下，可逆反应 $A+B\rightleftharpoons mC$ 变化如图所示。已知纵坐标表示在不同温度和压强下生成物 C 在混合物中的质量分数，p 为反应在 T_2 温度时达到平衡后增大容器内压强的变化情况，回答下列问题：



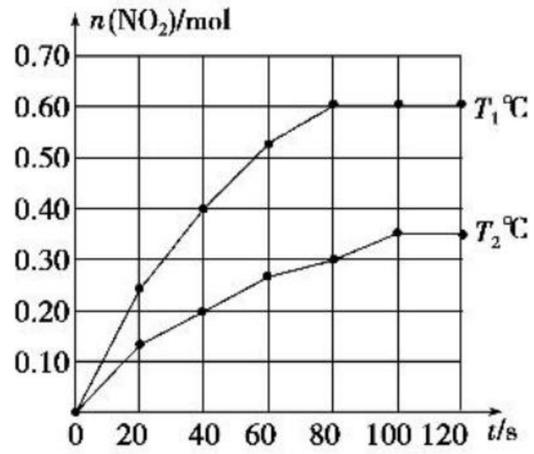
(1)温度 T_1 _____（填“大于”“等于”或“小于”）T_2，正反应是_____（填“吸热”或“放热”）反应。

(2)如果 A、B、C 均为气体，则 m _____（填“大于”“等于”或“小于”）2。

(3)当温度和容积不变时，如向平衡体系中加入一定量的某稀有气体，则体系的压强_____，平衡_____移动。

(4)当温度和压强不变时，如向平衡体系中加入一定量的某稀有气体，平衡_____移动。

8. 将 0.40 mol N_2O_4 气体充入 2 L 固定容积的密闭容器中发生如下反应：$N_2O_4(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$　ΔH。在 T_1 ℃和 T_2 ℃时，测得 NO_2 的物质的量随时间变化如图所示：



(1)ΔH _____（填“>”“<”或“=”）0。

(2)改变条件重新达到平衡时，要使$\frac{c(NO_2)}{c(N_2O_4)}$的比值变小，可采取的措施有_____（填字母，下同）。

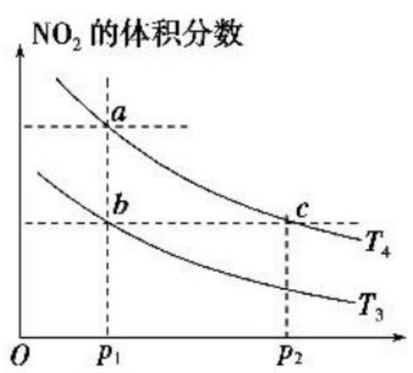
A. 增大 N_2O_4 的起始浓度

B. 升高温度

C. 向混合气体中通入 NO_2

D. 使用高效催化剂

(3)在温度为 T_3、T_4 时，平衡体系中 NO_2 的体积分数随压强变化的曲线如图所示。下列说法正确的是_____。



A. a、c 两点的反应速率：$a>c$

B. a、b 两点 N_2O_4 的转化率：$a>b$

C. a、c 两点气体的颜色：a 深，c 浅

D. 由 a 点到 b 点，可以用加热的方法

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第四课时　化学平衡常数

1. 知道化学平衡常数的含义，会根据化学反应书写化学平衡常数表达式。
2. 能够利用化学平衡常数进行简单的计算。

[晨背重点语句]

1. 一定温度下的可逆反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$ 达平衡后，$K=\frac{c^p(C)\cdot c^q(D)}{c^m(A)\cdot c^n(B)}$。
2. 化学平衡常数 K 只受温度的影响，与反应物或生成物的浓度变化无关。
3. K 值越大，正向反应进行的程度越大，反应进行的越完全，反应物的转化率越高。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　化学平衡常数

知识梳理

1. 概念

在一定温度下，当一个可逆反应达到[1]_____时，[2]_____浓度幂之积与[3]_____浓度幂之积的比值是一个常数，这个常数就是该反应的化学平衡常数。

2. 表达式

(1)对于可逆反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$，$K=\frac{c^p(C)\cdot c^q(D)}{c^m(A)\cdot c^n(B)}$。

(2) $FeO(s)+CO(g)\rightleftharpoons Fe(s)+CO_2(g)$

$K=$[4]_____。

3. 特点

(1)K 值越大，说明[5]_____进行的程度[6]_____，反应物的转化率[7]_____。

(2)K 只受[8]_____影响，与反应物或生成物的[9]_____无关。

[归纳总结]

(1)同一化学反应，由于化学方程式书写不同，平衡常数的表达式不同。

(2)化学平衡常数表达式与化学方程式的书写方式有关。

如 $N_2+3H_2\rightleftharpoons 2NH_3$，$K_1=a$ 则有：

$2NH_3\rightleftharpoons N_2+3H_2$，$K_2=1/a$。

$\frac{1}{2}N_2+\frac{3}{2}H_2\rightleftharpoons NH_3$，$K_3=a^{1/2}$。

对点训练

1. (**2019·常德实验中学高二检测**)对于反应 $C(s)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2(g)$　$\Delta H>0$，下列有关说法正确的是　(　)

A. 平衡常数表达式为 $K=\frac{c(CO)\cdot c(H_2)}{c(C)\cdot c(H_2O)}$

B. 增大体系压强，平衡常数 K 不发生变化

C. 升高体系温度，平衡常数 K 减小

D. 增加 C(s)的量，平衡正向移动

2. 写出下列各反应的平衡常数表达式：

(1) $CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$；

(2) $3Fe(s)+4H_2O(g)\rightleftharpoons Fe_3O_4(s)+4H_2(g)$；

(3) $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$。

3. 若 $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ 的平衡常数为 K_1，$NH_3(g)\rightleftharpoons\frac{1}{2}N_2(g)+\frac{3}{2}H_2(g)$ 的平衡常数为 K_2；指出 K_1、K_2 之间的关系。

知识点二　化学平衡常数的应用

知识梳理

1. 判断反应进行的程度

K 值越大，说明平衡体系中生成物所占的比例[10]_____，正向反应进行的程度[11]_____，即该反应进行得越完全，反应的转化率[12]_____；反之，就越不完全，转化率就[13]_____。

2. 计算转化率

依据起始浓度(或平衡浓度)和平衡常数可以计算平衡浓度(或起始浓度)，从而计算反应物的转化率。

3. 判断平衡移动方向

对于可逆反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$ 在任意状态下，生成物的浓度和反应物的浓度之间的关系用 Q_c(浓度商)$=\frac{c^p(C)\cdot c^q(D)}{c^m(A)\cdot c^n(B)}$ 表示，则：

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

当 $Q_c=K$ 时，反应⑭＿＿＿＿＿＿＿＿；

当 $Q_c<K$ 时，反应向⑮＿＿＿＿方向进行；

当 $Q_c>K$ 时，反应向⑯＿＿＿＿方向进行。

［归纳总结］

(1)化学平衡常数表达式中各物质的浓度必须是平衡状态下的浓度，不能用任一时刻的浓度值。

(2)化学平衡常数不表示反应的快慢，即化学反应速率快，K 值不一定大。

(3)使用催化剂能改变化学反应速率，但不会改变平衡常数。

对点训练

4. 在相同的温度下，已知反应：①$N_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)$的平衡常数 $K=3.84\times10^{-31}$；②$2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$的平衡常数 $K=3.10\times10^{26}$。则在该温度下，两个化学反应的反应程度之间的关系为（　　）

A. ①＞②　　B. ①＜②

C. ①＝②　　D. 不能确定

5. 在一定体积的密闭容器中进行如下化学反应：$CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$，其化学平衡常数($K$)和温度($t$)的关系如表所示：

t/℃	700	800	830	1 000	1 200
K	0.6	0.9	1.0	1.7	2.6

回答下列问题：

(1)该反应为＿＿＿＿(填“吸热”或“放热”)反应。

(2)某温度下，平衡浓度符合下式：$c(CO_2)\cdot c(H_2)=c(CO)\cdot c(H_2O)$，试判断此时的温度为＿＿＿＿℃。

(3)在 800℃时，发生上述反应，某一时刻测得容器内各物质的浓度分别为 $c(CO_2)$ 为 2 mol·L^{-1}，$c(H_2)$ 为 1.5 mol·L^{-1}，$c(CO)$ 为 1 mol·L^{-1}，$c(H_2O)$ 为 3 mol·L^{-1}，则下一时刻，反应向＿＿＿＿(填“正向”或“逆向”)进行。

知识点三　有关化学平衡常数的计算

知识梳理

1. 分析三个量：即起始量、变化量、平衡量。

2. 明确三个关系

(1)对于同一反应物，起始量⑰＿＿＿＿变化量＝平衡量。

(2)对于同一生成物，起始量⑱＿＿＿＿变化量＝平衡量。

(3)各⑲＿＿＿＿量之比等于各反应物的化学计量数之比。

3. 转化率$=\dfrac{\text{某反应物转化的量}}{\text{某反应物起始的量}}\times100\%$。

【例】（**2019·六安高二检测**）已知 $A(g)+B(g)\rightleftharpoons C(g)+D(g)$反应的平衡常数和温度的关系如下：

温度/℃	700	800	830	1 000	1 200
平衡常数	1.7	1.1	1.0	0.6	0.4

(1)830 ℃时，向一个 5 L 的密闭容器中充入 0.20 mol A 和 0.80 mol B，如反应初始 6 s 内 A 的平均反应速率 $v(A)=0.003\ mol\cdot L^{-1}\cdot s^{-1}$。则 6 s 时 $c(A)=$＿＿＿＿mol·L^{-1}，C 的物质的量为＿＿＿＿mol；若反应经一段时间后，达到平衡时 A 的转化率为＿＿＿＿，如果这时向该密闭容器中再充入 1 mol 氩气，平衡时 A 的转化率为＿＿＿＿。

(2)1 200 ℃时，反应 $C(g)+D(g)\rightleftharpoons A(g)+B(g)$的平衡常数的值为＿＿＿＿。

对点训练

6. 某温度下 $H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)$的平衡常数是 50，在这个温度下使 H_2 与 $I_2(g)$发生反应，反应开始时，碘蒸气的浓度是 1 mol/L，当达到平衡时，$c(HI)=0.9$ mol/L，求 H_2 的转化率。

7. 在容积可变的密闭容器中，2 mol N_2 和 8 mol H_2 在一定条件下发生反应，达到平衡时，H_2 的转化率为 25%，求平衡时氮气的体积分数。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

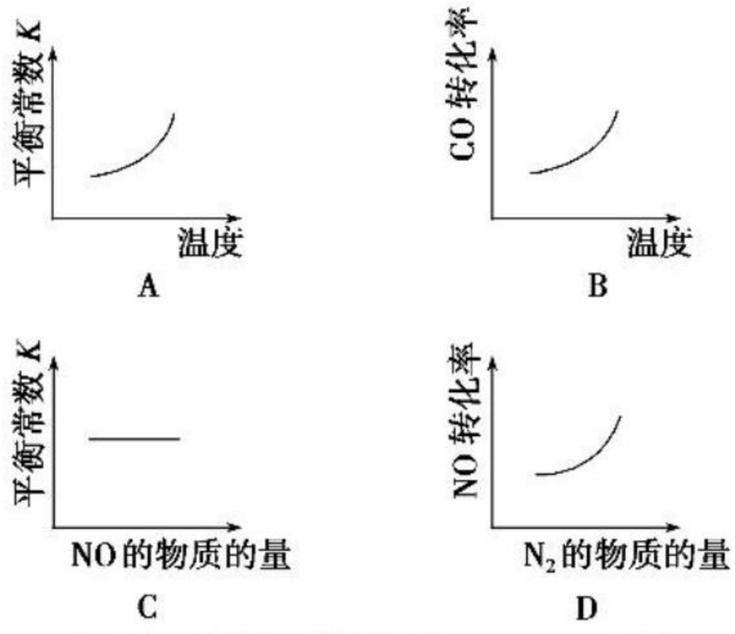
层级一　基础达标练

1. 在某温度下，可逆反应的平衡常数为 K，下列说法不正确的是（　　）
   A. K 越大，达到平衡时反应进行的程度越大
   B. K 越大，达到平衡时反应物的转化率越大
   C. K 随反应物浓度的改变而改变
   D. K 随温度的改变而改变

2. 对于可逆反应：$C(s)+CO_2(g)\rightleftharpoons 2CO(g)$，在一定温度下其平衡常数为 K，下列条件的变化中能使 K 发生变化的是（　　）
   A. 将 C(s)的表面积增大　　B. 增大体系压强
   C. 升高体系温度　　D. 使用合适的催化剂

3. 在一定条件下，有下列分子数之比相同的可逆反应，其平衡常数 K 值分别是
   ① $H_2+F_2\rightleftharpoons 2HF$　$K=10^{47}$
   ② $H_2+Cl_2\rightleftharpoons 2HCl$　$K=10^{17}$
   ③ $H_2+Br_2\rightleftharpoons 2HBr$　$K=10^{9}$
   ④ $H_2+I_2\rightleftharpoons 2HI$　$K=1$
   比较 K 值大小，可知各反应的正反应进行的程度由大到小的顺序是（　　）
   A. ①②③④　　B. ④③②①
   C. ①④③②　　D. 无法确定

4. 汽车尾气净化中的一个反应如下：$NO(g)+CO(g)\rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2(g)+CO_2(g)$　$\Delta H=-373.4\ kJ\cdot mol^{-1}$，在恒容的密闭容器中，反应达平衡后，改变某一条件，下列示意图正确的是（　　）



5. 在淀粉-KI 溶液中存在下列平衡：$I_2(aq)+I^-(aq)\rightleftharpoons I_3^-(aq)$。测得不同温度下该反应的平衡常数 K 如表所示：

T/℃	5	15	25	35	50
K	1 100	841	689	533	409

下列说法正确的是（　　）
A. 反应 $I_2(aq)+I^-(aq)\rightleftharpoons I_3^-(aq)$ 的 $\Delta H>0$
B. 其他条件不变，升高温度，溶液中 $c(I_3^-)$ 减小
C. 该反应的平衡常数表达式为 $K=\frac{c(I_2)\cdot c(I^-)}{c(I_3^-)}$
D. 25 ℃时，向溶液中加入少量 KI 固体，平衡常数 K 大于 689

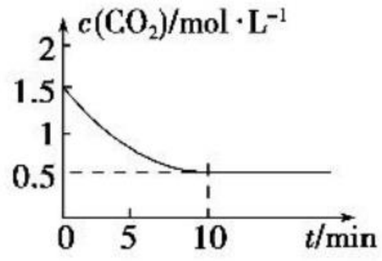
6. 在一定温度下，反应 $\frac{1}{2}H_2(g)+\frac{1}{2}X_2(g)\rightleftharpoons HX(g)$ 的平衡常数为 10。若将 1.0 mol 的 HX(g)通入体积为 1.0 L 的密闭容器中，在该温度时 HX(g)的最大分解率接近于（　　）
   A. 5%　　B. 17%
   C. 25%　　D. 33%

7. 已知反应 $Fe(s)+CO_2(g)\rightleftharpoons FeO(s)+CO(g)$　ΔH_1，平衡常数为 K_1；
   反应 $Fe(s)+H_2O(g)\rightleftharpoons FeO(s)+H_2(g)$　ΔH_2，平衡常数为 K_2。
   在不同温度时 K_1、K_2 的值如表：

	700 ℃	900 ℃
K_1	1.47	2.15
K_2	2.38	1.67

   反应 $CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$　ΔH，平衡常数为 K，则 $\Delta H=$ _____（用 ΔH_1 和 ΔH_2 表示），$K=$ _____（用 K_1 和 K_2 表示），且由上述计算可知，反应 $CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$ 是 _____（填“吸热”或“放热”）反应。

8. 一定温度下，向某密闭容器中加入足量铁粉并充入一定量的 CO_2 气体，发生反应 $Fe(s)+CO_2(g)\rightleftharpoons FeO(s)+CO(g)$　$\Delta H>0$，CO_2 的浓度与时间的关系如图所示：



   (1)该条件下反应的平衡常数为 _____；若铁粉足量，CO_2 的起始浓度为 2.0 mol·L^{-1}，则平衡时 CO 的浓度为 _____ mol·L^{-1}。
   (2)下列措施中能使平衡时 $\frac{c(CO)}{c(CO_2)}$ 增大的是 _____（填字母）。
   A. 升高温度　　B. 增大压强
   C. 再充入一定量的 CO_2　　D. 再加入一定量铁粉

层级二　应试提能练

1. 已知反应①：$CO(g)+CuO(s)\rightleftharpoons CO_2(g)+Cu(s)$ 和反应②：$H_2(g)+CuO(s)\rightleftharpoons Cu(s)+H_2O(g)$ 在相同的某温度下的平衡常数分别为 K_1 和 K_2，该温度下反应③：$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$ 的平衡常数为 K。则下列说法正确的是（　　）
   A. 反应①的平衡常数 $K_1=\frac{c(CO_2)\cdot c(Cu)}{c(CO)\cdot c(CuO)}$
   B. 反应③的平衡常数 $K=\frac{K_1}{K_2}$
   C. 对于反应③，恒容时，温度升高，H_2 浓度减小，则该反应的焓变为正值
   D. 对于反应③，恒温恒容下，增大压强，H_2 浓度一定减小

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2. 放热反应 $CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$ 在温度 t_1 时达到平衡，$c_1(CO)=c_1(H_2O)=1.0\ mol\cdot L^{-1}$，其平衡常数为 K_1。升高反应体系的温度至 t_2 时，反应物的平衡浓度分别为 $c_2(CO)$ 和 $c_2(H_2O)$，平衡常数为 K_2，则　（　　）

A. K_2 和 K_1 的单位均为 $mol\cdot L^{-1}$

B. $K_2>K_1$

C. $c_2(CO)=c_2(H_2O)$

D. $c_1(CO)>c_2(CO)$

3. 在 25 ℃时，密闭容器中 X、Y、Z 三种气体的初始浓度和平衡浓度如表：

物质	X	Y	Z
初始浓度/$mol\cdot L^{-1}$	0.1	0.2	0
平衡浓度/$mol\cdot L^{-1}$	0.05	0.05	0.1

下列说法错误的是　（　　）

A. 反应达到平衡时，X 的转化率为 50%

B. 反应可表示为 $X+3Y\rightleftharpoons 2Z$，其平衡常数为 1 600

C. 增大压强使平衡向生成 Z 的方向移动，平衡常数增大

D. 改变温度可以改变此反应的平衡常数

4. 设反应①$Fe(s)+CO_2(g)\rightleftharpoons FeO(s)+CO(g)$ 平衡常数为 K_1；

②$Fe(s)+H_2O(g)\rightleftharpoons FeO(s)+H_2(g)$ 平衡常数为 K_2。测得在不同温度下，K_1、K_2 值如表所示：

温度/℃	K_1	K_2
500	1.00	3.15
700	1.47	2.26
900	2.40	1.60

根据以上信息判断下列说法不正确的是　（　　）

A. 若 500 ℃时进行反应①，则 CO_2 转化率为 50%

B. 900 ℃进行反应③ $H_2(g)+CO_2(g)\rightleftharpoons H_2O(g)+CO(g)$，其平衡常数 $K_3=1.50$

C. 反应①的焓变 $\Delta H>0$，反应②的焓变 $\Delta H<0$

D. 反应①平衡体系中通入 CO_2，在温度不变的条件下，平衡正向移动，达到新平衡时 CO_2 的转化率比原平衡小

5. 某温度下，在 2 L 的密闭容器中，加入 1 mol X(g) 和 2 mol Y(g) 发生反应：$X(g)+mY(g)\rightleftharpoons 3Z(g)$。平衡时，X、Y、Z 的体积分数分别为 30%、60%、10%。在此平衡体系中加入 1 mol Z(g)，再次达到平衡后，X、Y、Z 的体积分数不变。下列叙述不正确的是　（　　）

A. $m=2$

B. 两次平衡的平衡常数相同

C. X 与 Y 的平衡转化率之比为 1∶1

D. 第二次平衡时，Z 的浓度为 $0.4\ mol\cdot L^{-1}$

6. 在恒容密闭容器中，将 CO 和 H_2S 混合加热并达到下列平衡：$CO(g)+H_2S(g)\rightleftharpoons COS(g)+H_2(g)$　$K=0.1$，反应前 CO 物质的量为 10 mol，平衡后 CO 物质的量为 8 mol。下列说法正确的是　（　　）

A. 升高温度，H_2S 浓度增加，表明该反应为吸热反应

B. 通入 CO 后，正反应速率逐渐增大

C. 反应前 H_2S 物质的量为 7 mol

D. CO 的平衡转化率为 80%

7. （**2019·常州高二检测**）乙醇是重要的化工产品和液体燃料，可以利用下列反应制取乙醇：

$2CO_2(g)+6H_2(g)\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}CH_3CH_2OH(g)+3H_2O(g)$

①　298 K 时，$K_1=2.95\times10^{11}$

$2CO(g)+4H_2(g)\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}CH_3CH_2OH(g)+H_2O(g)$

②　298 K 时，$K_2=1.71\times10^{22}$

(1)写出反应①的平衡常数表达式 $K=$_____。

(2)条件相同时，反应①与反应②相比，转化程度更大的是_____。以 CO_2 为原料合成乙醇的优点是_____（写出一点即可）。

(3)在一定压强下，测得反应①的实验数据如表：

温度（K） CO_2 转化率(%) $n(H_2)/n(CO_2)$	500	600	700	800
1.5	45	33	20	12
2	60	43	28	15
3	83	62	37	22

根据表中数据分析：

①温度升高，K 值_____（填“增大”“减小”或“不变”）。

②提高氢碳比[$n(H_2)/n(CO_2)$]，对生成乙醇_____（填“有利”或“不利”）。

8. 在某温度下，将 H_2 和 I_2 各 0.1 mol 的气态混合物充入 10 L 的密闭容器中，发生反应 $H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)$，连续测定 $c(I_2)$ 的变化，5 s 时测定 $c(I_2)=0.0080\ mol\cdot L^{-1}$ 并保持不变。填写下列空白：

(1)反应的平衡常数的表达式是 $K=$_____。

(2)此温度下，平衡常数值为_____。

(3)若在此温度下，在 10 L 的密闭容器充入 0.2 mol HI 气体，达到平衡时，HI 的转化率为_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第五课时　化学平衡图象　等效平衡

1. 通过常见图象的分析，进一步理解化学平衡的移动。
2. 了解化学平衡图象题的一般分析思路。
3. 了解等效平衡的含义，运用等效平衡来解决问题。

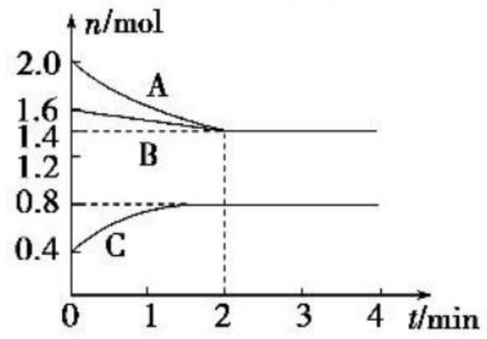
[晨背重点语句]

1. 化学平衡图象的解题技巧
“先拐先平数值大”
在化学平衡图象中，先出现拐点的反应先达到平衡，即该曲线表示的温度高或压强大。
2. 定一议二
在化学平衡图象中，纵坐标、横坐标和曲线表示的定义三个量，确定一个量相等的情况下讨论另外两个量的关系。
3. 等效平衡的类型
(1)同温同体积气体、分子个数不相等的反应，反应物投料量相当。
(2)同温同体积气体、分子个数相等的反应，反应物投料量比例相等。
(3)同温同压、任意可逆反应，反应物的投料量比例相等。

知识点一　化学平衡图象

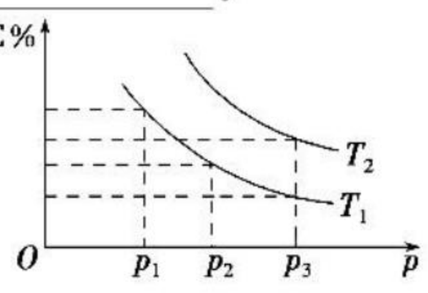
知识梳理

1. 在 2 L 密闭容器中，某一反应有关物质 A(g)、B(g)、C(g)的物质的量变化如图所示。根据图象回答下列问题：



(1)横坐标表示反应过程中[1]_____，纵坐标表示反应过程中[2]_____。
(2)该反应的化学方程式是[3]_____。
(3)在反应达 2 min 时，正反应速率与逆反应速率之间的关系是[4]_____。
(4)若用 A 物质的量浓度的变化，表示反应达平衡(2 min)时的正反应速率是[5]_____。

2. 在化学平衡图象中，包括纵坐标、横坐标和曲线所表示的意义共三个量。确定横坐标所表示的量后，讨论纵坐标与曲线的关系；或者确定纵坐标所表示的量，讨论横坐标与曲线的关系，即“定一议二”原则。解题过程中，可以作辅助线帮助分析。例如反应 $aA(g)+bB(g)\rightleftharpoons cC(g)$ 在不同温度下($T_1<T_2$)，压强(p)与混合气体中 C 的含量(C%)的关系图象如图所示。根据图象回答下列问题：



(1)T_1 为一条等温线，随着压强的增大，C%[6]_____，化学平衡[7]_____移动，$a+b$[8]_____c。
(2)在压强一定时(如 p_3)，温度升高，C%[9]_____，化学平衡[10]_____移动，正反应是[11]_____反应。

3. 在化学平衡图象中，先出现拐点的反应则先达到平衡，先出现拐点的曲线表示的温度较高(如图 1)或表示的压强较大(如图 2)[以 $aA(g)+bB(g)\rightleftharpoons cC(g)$ 为例]。

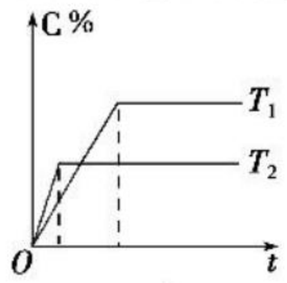


图 1

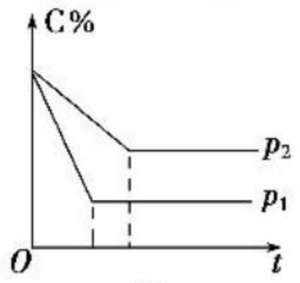


图 2

根据图象回答下列问题：
(1)图 1 中，温度 T_1、T_2 的大小关系是[12]_____，温度升高，C%(C 的含量)[13]_____，化学平衡[14]_____移动，正反应是[15]_____反应。
(2)图 2 中，压强 p_1、p_2 的大小关系是[16]_____，压强增大，C%(C 的含量)[17]_____，化学平衡[18]_____移动，$a+b$[19]_____c。

[归纳总结]

化学平衡图象题的分析解答方法

(1)无论是反应速率图象还是平衡图象，都要清楚纵、横坐标的含义，都要与化学原理相联系，特别是与平衡移动原理相联系。

(2)三步分析法：一看反应速率是增大还是减小；二看 $v_{正}$、$v_{逆}$ 的相对大小；三看化学平衡移动的方向。

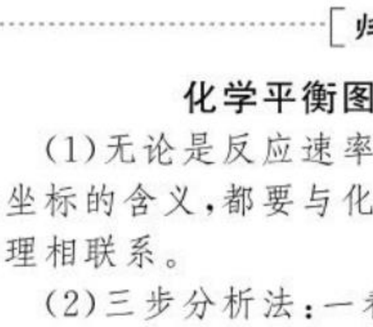
(3)四要素分析法：看曲线的起点；看曲线的变化趋势；看曲线的转折点；看曲线的终点。

(4)先拐先平：可逆反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$，在转化率—时间曲线中，先出现拐点的曲线先达到平衡，这表示反应的温度高或压强大。

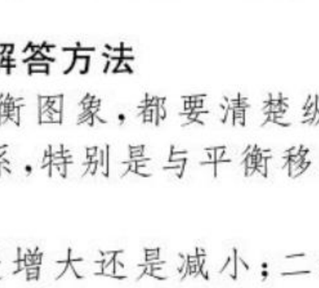
(5)定一议二：图象中有三个量时，先确定一个量不变，再讨论另外两个量的关系。

对点训练

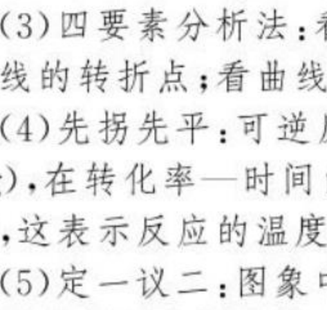
1. 下列各图中，表示 $2A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g)$　$\Delta H<0$ 这个可逆反应的正确图象为　(　　)



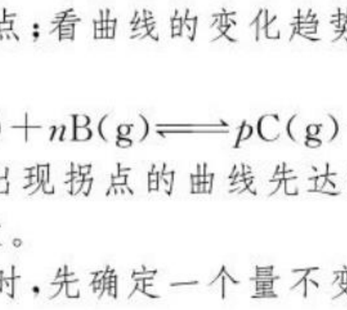
A



B



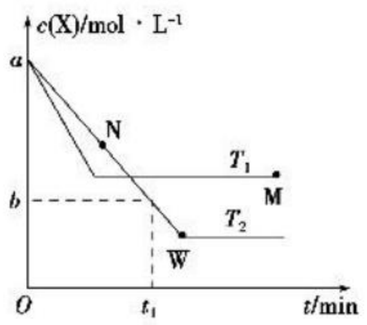
C



D

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2. 在恒容密闭容器中通入 X 并发生反应：$2X(g) \rightleftharpoons Y(g)$，温度 T_1、T_2 下 X 的物质的量浓度 $c(X)$ 随时间 t 变化的曲线如图所示。



(1)该反应进行到 M 点放出的热量_____(填“>”或“<”)进行到 W 点放出的热量。

(2) T_2 下，在 $0 \sim t_1$ 时间内，$v(Y)=$_____ $mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$。

(3)M 点的正反应速率_____(填“>”或“<”)N 点的逆反应速率。

(4)M 点时再加入一定量 X，平衡后 X 的转化率_____(填“增大”或“减小”)。

知识点二　等效平衡

知识梳理

化学平衡的建立与反应途径无关，从正反应开始或逆反应开始都可以建立平衡。在一定条件(恒温恒容或恒温恒压)下，对同一可逆反应，起始时加入物质的物质的量不同，而达到化学平衡时，同种物质的百分含量(质量分数、体积分数、物质的量分数等)相同，这样的平衡称为等效平衡。

1. 在恒温恒容条件下，按下列四种情况分别建立平衡，其中为等效平衡的是[20]_____。

	$N_2(g)$	+ $3H_2(g)$	$\rightleftharpoons 2NH_3(g)$
①	1 mol	3 mol	0 mol
②	0 mol	0 mol	2 mol
③	0.5 mol	1.5 mol	1 mol
④	1 mol	3 mol	2 mol

2. 若在恒温恒压条件下，按题 1 中四种情况分别建立平衡，其中为等效平衡的是[21]_____。

3. 在恒温恒容条件下，按下列四种情况分别建立平衡，其中为等效平衡的是[22]_____。

	$CO(g)$	+ $H_2O(g)$	$\rightleftharpoons CO_2(g)$	+ $H_2(g)$
①	2 mol	2 mol	0 mol	0 mol
②	0 mol	0 mol	4 mol	4 mol
③	4 mol	4 mol	2 mol	2 mol
④	1 mol	2 mol	1 mol	2 mol

[归纳总结]

等效平衡解题方法

解答等效平衡问题时，先看条件(恒温恒容或恒温恒压)，再看方程式反应前后气体分子数(相同或不同)，按“一边倒”转换比较。

(1)恒温恒容条件下，对于反应前后气体分子数不变的可逆反应，要求极值等比。

(2)恒温恒容条件下，对于反应前后气体分子数不同的可逆反应，要求极值等量。

(3)恒温恒压条件下，不管反应前后气体分子数是否改变，都只要求极值等比。

对点训练

3. 在一个固定容积的密闭容器中，加入 2 mol A 和 1 mol B 发生反应：$2A(g)+B(g) \rightleftharpoons 3C(g)+D(g)$，达到平衡时，C 的浓度为 n $mol \cdot L^{-1}$。

(1)若维持容器容积和温度不变，按下列各种配比为起始物质，达到平衡后，C 的浓度仍为 n $mol \cdot L^{-1}$ 的是_____(填字母，下同)。

A. 4 mol A＋2 mol B

B. 2 mol A＋1 mol B＋3 mol C＋1 mol D

C. 3 mol A＋1 mol B

D. 3 mol C＋1 mol D

E. 1 mol A＋0.5 mol B＋1.5 mol C＋0.5 mol D

(2)C 的浓度大于 n $mol \cdot L^{-1}$ 的是_____。

(3)将可逆反应中 A(g)改为 A(s)，则 C 的浓度仍为 n $mol \cdot L^{-1}$ 的是_____。

(4)若将题中“维持容器容积和温度不变”改为“维持容器压强和温度不变”，则 C 的浓度仍为 n $mol \cdot L^{-1}$ 的是_____。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 在容积可变的密闭容器中存在如下反应：$CO(g)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$　$\Delta H<0$，下列分析中不正确的是　(　　)



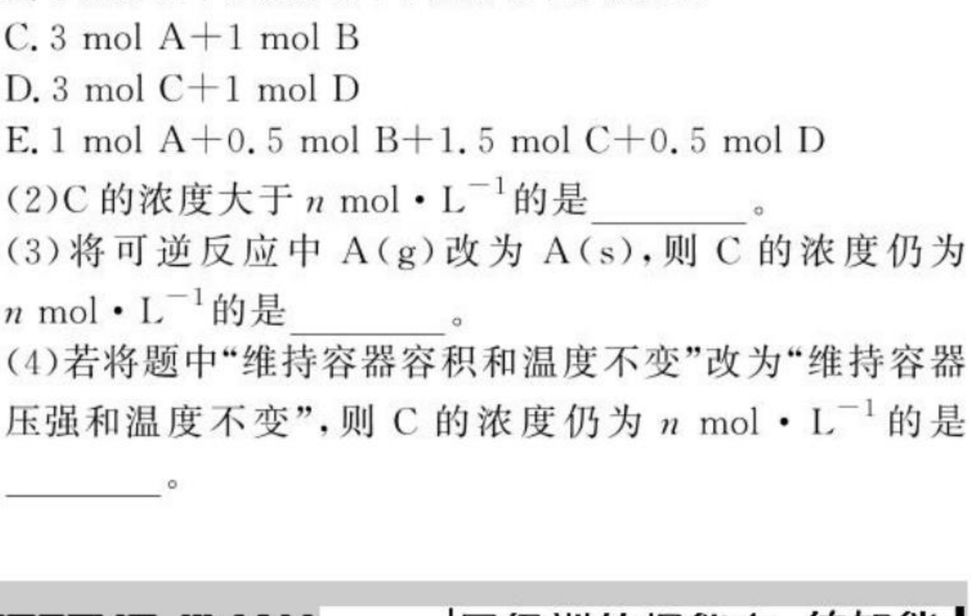
A. 图Ⅰ研究的是 t_0 时升高温度对反应速率的影响

B. 图Ⅱ研究的是 t_0 时增大压强(缩小容积)或使用催化剂对反应速率的影响

C. 图Ⅲ研究的是催化剂对化学平衡的影响，且甲使用了催化剂

D. 图Ⅲ研究的是温度对化学平衡的影响，且乙的温度较高

2. 已知可逆反应：$4NH_3(g)+5O_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g)+6H_2O(g)$　$\Delta H=-1\,025\ kJ \cdot mol^{-1}$。若反应物起始物质的量相同，下列关于该反应的示意图不正确的是　(　　)



关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

3. 在相同温度和压强下，对反应 $CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$ 进行甲、乙、丙、丁四组实验，实验起始时放入容器内各组分的物质的量如表：

物质 / 物质的量 / 实验	CO_2	H_2	CO	$H_2O(g)$
甲	a mol	a mol	0 mol	0 mol
乙	$2a$ mol	a mol	0 mol	0 mol
丙	0 mol	0 mol	a mol	a mol
丁	a mol	0 mol	a mol	a mol

上述四种情况达到平衡后，$n(CO)$ 的大小顺序是　（　　）

A. 乙＝丁＞丙＝甲　　B. 乙＞丁＞甲＞丙

C. 丁＞乙＞丙＝甲　　D. 丁＞丙＞乙＞甲

4. 一定条件下存在反应：$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$，其正反应放热。现有三个相同的 2 L 恒容绝热（与外界没有热量交换）密闭容器Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ，在Ⅰ中充入 1 mol CO 和 1 mol H_2O，在Ⅱ中充入 1 mol CO_2 和 1 mol H_2，在Ⅲ中充入 2 mol CO 和 2 mol H_2O，700 ℃条件下开始反应。达到平衡时，下列说法正确的是　（　　）

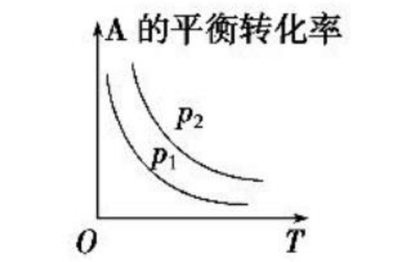
A. 容器Ⅰ、Ⅱ中正反应速率相同

B. 容器Ⅰ、Ⅲ中反应的平衡常数相同

C. 容器Ⅰ中 CO 的物质的量比容器Ⅱ中的少

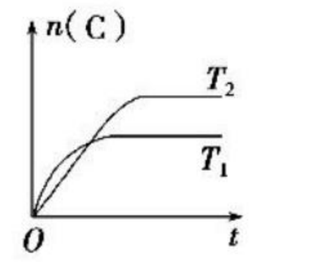
D. 容器Ⅰ中 CO 的转化率与容器Ⅱ中 CO_2 的转化率之和小于 1

5. 某化学科研小组研究在其他条件不变时，改变某一条件对化学平衡的影响，得到如下变化规律（图中，p 表示压强，T 表示温度，n 表示物质的量，t 表示反应时间）：



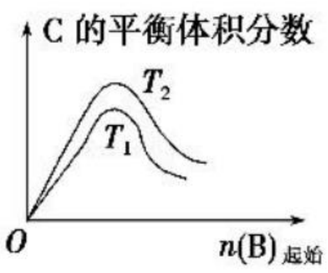
反应Ⅰ：$2A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g)$

(a)



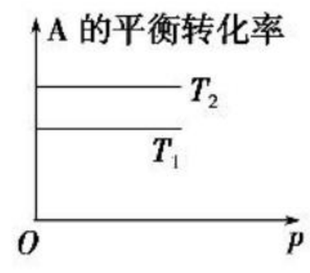
反应Ⅱ：$2A(g)\rightleftharpoons C(g)$

(b)



反应Ⅲ：$3A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g)$

(c)



反应Ⅳ：$A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g)$

(d)

根据以上规律判断（填“＞”“＝”或“＜”）：

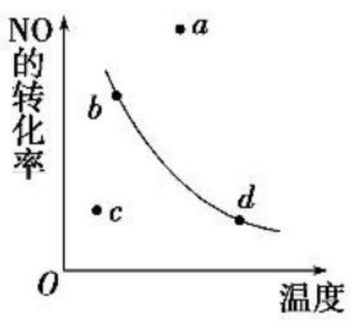
(1) 反应Ⅰ：p_2 _____ p_1，ΔH _____ 0。

(2) 反应Ⅱ：T_1 _____ T_2，ΔH _____ 0。

(3) 反应Ⅲ：若 T_2 _____ T_1，ΔH _____ 0。

(4) 反应Ⅳ：若 T_2 _____ T_1，ΔH _____ 0。

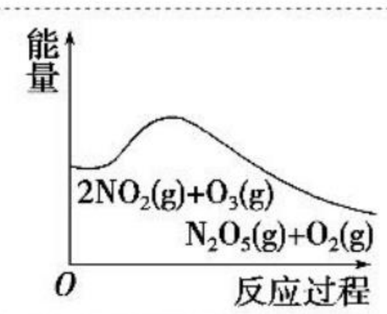
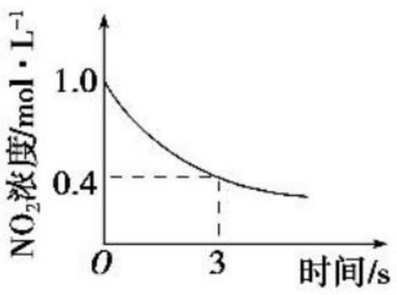
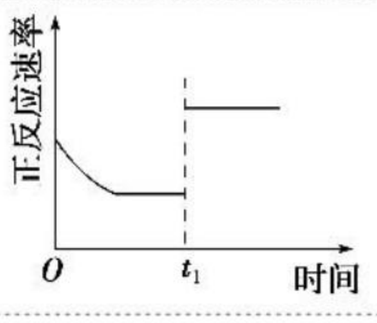
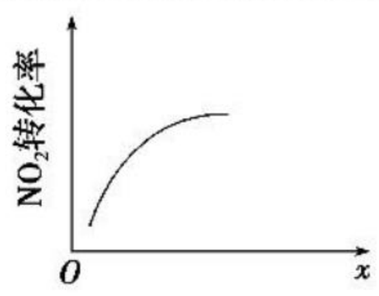
6. 如图曲线表示其他条件一定时，反应 $2NO+O_2\rightleftharpoons 2NO_2$（正反应为放热反应）达到平衡时 NO 的转化率与温度的关系曲线，图中标有 a、b、c、d 四点，其中表示未达到平衡状态，且 $v_{正}>v_{逆}$ 的点是　（　　）



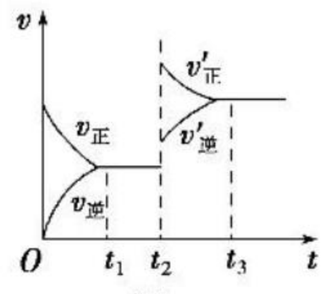
A. a 点　　B. b 点

C. c 点　　D. d 点

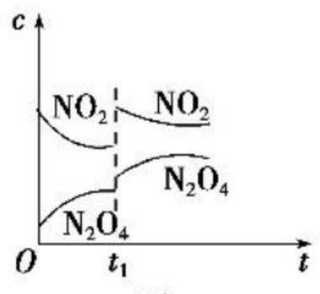
7. 臭氧是理想的烟气脱硝试剂，其脱硝反应为 $2NO_2(g)+O_3(g)\rightleftharpoons N_2O_5(g)+O_2(g)$，若反应在恒容密闭容器中进行，下列由该反应相关图象作出的判断正确的是　（　　）

A		升高温度，平衡常数减小
B		0～3 s 内，反应速率为 $v(NO_2)=0.2\ mol\cdot L^{-1}$
C		t_1 时仅加入催化剂，平衡正向移动
D		达平衡时，仅改变 x，则 x 为 $c(O_2)$

8. 已知图一表示的是可逆反应 $CO(g)+H_2(g)\rightleftharpoons C(s)+H_2O(g)$　$\Delta H>0$ 的化学反应速率（v）与时间（t）的关系，图二表示的是可逆反应 $2NO_2(g)\rightleftharpoons N_2O_4(g)$　$\Delta H<0$ 的浓度（c）随时间（t）的变化情况。下列说法中正确的是　（　　）



图一



图二

A. 若图一 t_2 时改变的条件是增大压强，则反应的 ΔH 增大

B. 图一 t_2 时改变的条件可能是升高了温度或增大了压强

C. 图二 t_1 时改变的条件可能是升高了温度或增大了压强

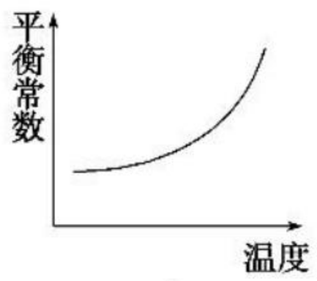
D. 若图二 t_1 时改变的条件是增大压强，则混合气体的平均相对分子质量将减小

9. N_2O_5 是硝酸的酸酐，它也是一种新型的绿色硝化剂。一定温度下 N_2O_5 有如下反应：

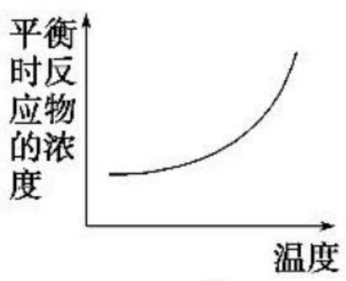
$2N_2O_5(g)\rightleftharpoons 4NO_2(g)+O_2(g)$　$\Delta H>0$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

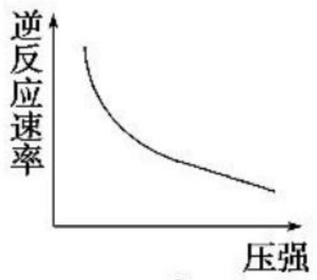
反应达平衡后，改变以下图象中横坐标所表示的条件，其变化情况正确的是　（　）



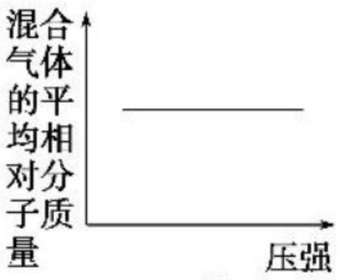
A



B

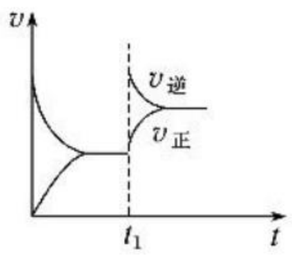


C

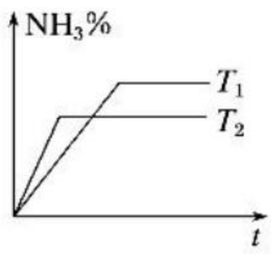


D

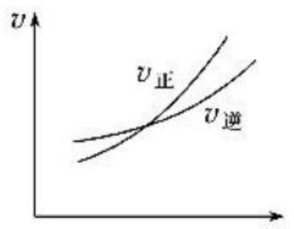
10. 某化学科研小组研究合成氨：$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$　$\Delta H<0$，在其他条件不变时，改变某一条件时对化学平衡的影响，得到如下图象，以下对应选项中正确的是　（　）



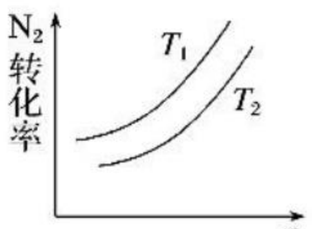
甲



乙



丙



丁

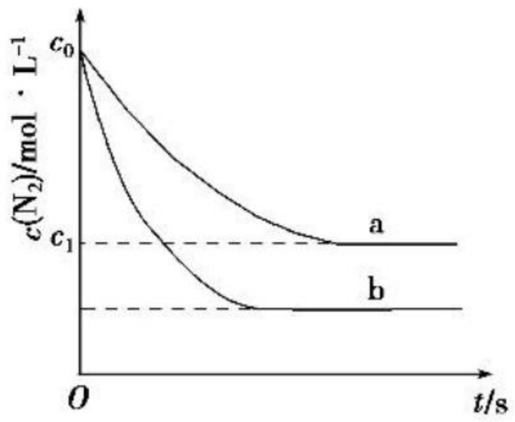
A. 甲对应的是在 t_1 时恒压条件下，通入 NH_3

B. 乙对应的是氨气在恒容不同温度下的百分含量

C. 丙对应的是在恒容条件下，反应速率与温度的关系

D. 丁对应的是 N_2 转化率与温度（$T_1>T_2$）、压强的关系

11. 汽车尾气中 NO 产生的反应为 $N_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)$。一定条件下，等物质的量的 $N_2(g)$ 和 $O_2(g)$ 在恒容密闭容器中反应，如图曲线 a 表示该反应在温度 T 下 N_2 的浓度随时间的变化，曲线 b 表示该反应在某一起始反应条件改变时 N_2 的浓度随时间的变化。下列叙述正确的是　（　）



A. 温度 T 下，该反应的平衡常数 $K=\dfrac{4(c_0-c_1)^2}{c_1^2}$

B. 温度 T 下，随着反应的进行，混合气体的密度减小

C. 曲线 b 对应的条件改变可能是加入了催化剂

D. 若曲线 b 对应的条件改变的是温度，可判断该反应的 $\Delta H<0$

12. 在温度相同、容积均为 2 L 的 3 个恒容密闭容器中，按不同方式投入反应物，保持恒温，测得反应达到平衡时的有关数据如下。下列说法正确的是　（　）

已知 $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$　$\Delta H=-92.4\ kJ\cdot mol^{-1}$

容器	甲	乙	丙
反应物投入量	1 mol N_2、3 mol H_2	2 mol N_2、6 mol H_2	2 mol NH_3
NH_3 的浓度/mol·L^{-1}	c_1	c_2	c_3
反应的能量变化	放出 Q_1 kJ	放出 Q_2 kJ	吸收 Q_3 kJ
体系压强/Pa	p_1	p_2	p_3
反应物转化率	α_1	α_2	α_3

A. $2p_1=2p_3<p_2$

B. 达到平衡时丙容器中 NH_3 的体积分数最大

C. $\alpha_2+\alpha_3<1$

D. $Q_1+Q_3=92.4$

13. 将一定体积的 $SO_3(g)$ 充入恒容的密闭容器中，发生反应 $2SO_3(g)\rightleftharpoons 2SO_2(g)+O_2(g)$ 并达到平衡；保持温度不变，再充入相同体积的 $SO_3(g)$，达到新平衡后，与原平衡相比，下列值减小的是　（　）

A. 平均相对分子质量

B. $SO_3(g)$ 的转化率

C. $c(SO_3)/c(SO_2)$

D. $c^2(SO_3)/[c^2(SO_2)\cdot c(O_2)]$

14. 已知 $2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$　$\Delta H=-197\ kJ\cdot mol^{-1}$。向同温、同体积的三个密闭容器中分别充入气体：(甲)2 mol SO_2 和 1 mol O_2；(乙)1 mol SO_2 和 0.5 mol O_2；(丙)2 mol SO_3。恒温、恒容下反应达平衡时，下列关系一定正确的是　（　）

A. 容器内压强 p：$p_{甲}=p_{丙}>2p_{乙}$

B. SO_3 的质量 m：$m_{甲}=m_{丙}>2m_{乙}$

C. $c(SO_2)$ 与 $c(O_2)$ 之比为 k：$k_{甲}=k_{丙}>k_{乙}$

D. 反应放出或吸收热量的数值 Q：$Q_{甲}=Q_{丙}>2Q_{乙}$

层级二　应试提能练

1. 有甲、乙两容器，甲容器容积固定，乙容器容积可变。一定温度下，在甲中加入 2 mol N_2、3 mol H_2，反应 $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ 达到平衡时生成 NH_3 的物质的量为 m mol。

(1)相同温度下，在乙中加入 4 mol N_2、6 mol H_2，若乙的压强始终与甲的压强相等，乙中反应达到平衡时，生成 NH_3 的物质的量为_____ mol(从下列各项中选择，只填字母，下同)；若乙的容积与甲的容积始终相等，乙中反应达到平衡时，生成 NH_3 的物质的量为_____ mol。

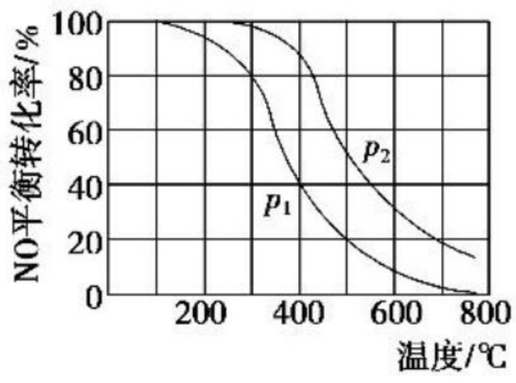
A. 小于 m　　B. 等于 m

C. 在 m～$2m$ 之间　　D. 等于 $2m$

E. 大于 $2m$

(2)相同温度下，保持乙的容积为甲的一半，并加入 1 mol NH_3，要使乙中反应达到平衡时，各物质的体积分数与上述甲容器中达到平衡时相同，则起始时应加入_____ mol N_2 和_____ mol H_2。

2. (1)对于反应：$2NO(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$，在其他条件相同时，分别测得 NO 的平衡转化率在不同压强（p_1、p_2）下温度变化的曲线(如图)。

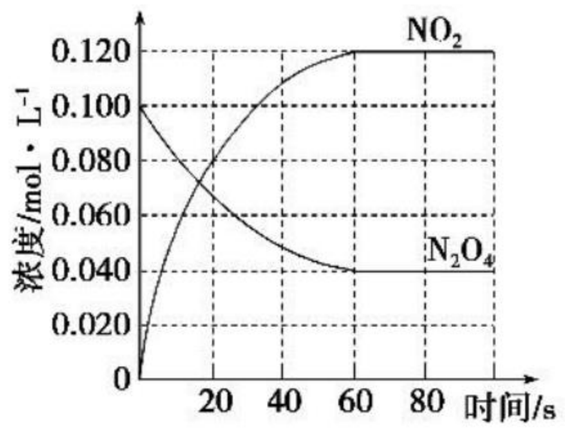


关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

①比较 p_1、p_2 的大小关系：_____。

②随温度升高，该反应平衡常数变化的趋势是_____（填“增大”或“减小”）。

(2)在容积为 1.00 L 的容器中，通入一定量的 N_2O_4，发生反应 $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$，随温度升高，混合气体的颜色变深。



回答下列问题：

①反应的 ΔH _____（填“大于”或“小于”）0；100 ℃时，体系中各物质浓度随时间变化如图所示。在 0～60 s 时段，反应速率 $v(N_2O_4)$ 为_____ $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$；反应的平衡常数 K_1 为_____。

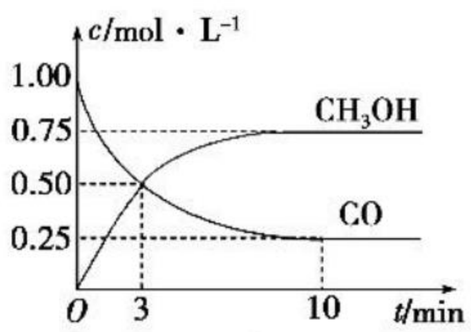
②100 ℃时达平衡后，改变反应温度为 T，$c(N_2O_4)$ 以 0.002 0 $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$ 的平均速率降低，经 10 s 又达到平衡。

a. T _____（填“大于”或“小于”）100 ℃，判断理由是_____。

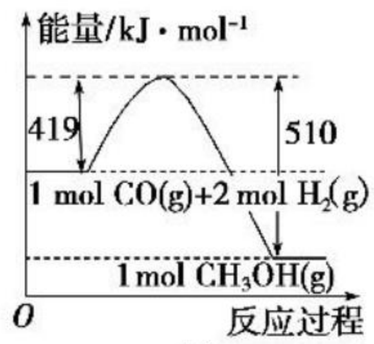
b. 列式计算温度 T 时反应的平衡常数 K_2：_____。

③温度 T 时反应达平衡后，将反应容器的容积减少一半，平衡向_____（填“正反应”或“逆反应”）方向移动，判断理由是_____。

3. 高炉炼铁产生的废气中的 CO 可进行回收，使其在一定条件下与 H_2 反应制备甲醇：$CO(g)+2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$。请根据图示回答下列问题：



甲



乙

(1)从反应开始到平衡，用 H_2 浓度变化表示平均反应速率 $v(H_2)$=_____。

(2)若在温度和容器相同的三个密闭容器中，按不同方式投入反应物，测得反应达到平衡时的有关数据如表：

容器	反应物投入的量	反应物的转化率	CH_3OH 的浓度	能量变化（Q_1、Q_2、Q_3 均大于 0）
甲	1 mol CO 和 2 mol H_2	α_1	c_1	放出 Q_1 kJ 热量
乙	1 mol CH_3OH	α_2	c_2	吸收 Q_2 kJ 热量
丙	2 mol CO 和 4 mol H_2	α_3	c_3	放出 Q_3 kJ 热量

则下列关系正确的是_____（填字母）。

A. $c_1=c_2$　　B. $2Q_1=Q_3$

C. $2\alpha_1=\alpha_3$　　D. $\alpha_1+\alpha_2=1$

E. 该反应若生成 1 mol CH_3OH，则放出（Q_1+Q_2）kJ 热量

(3)若在一体积可变的密闭容器中充入 1 mol CO、2 mol H_2 和 1 mol CH_3OH，达到平衡时测得混合气体的密度是同温同压下起始的 1.6 倍，则该反应向_____（填“正”或“逆”）反应方向移动。

4. 甲醇可以利用合成气（主要成分为 CO、CO_2 和 H_2）在催化剂作用下合成，发生的主要反应如下：

①$CO(g)+2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$　$\Delta H_1=-99\ kJ \cdot mol^{-1}$

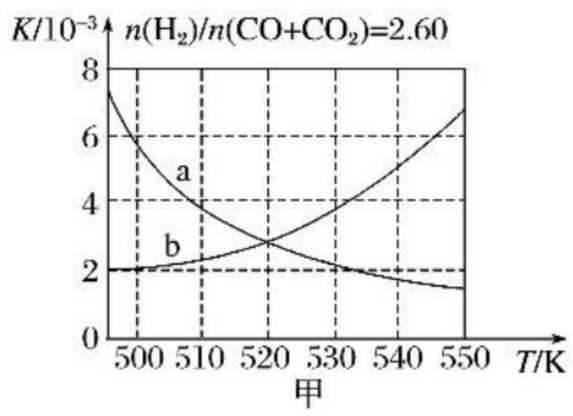
②$CO_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)+H_2O(g)$　$\Delta H_2=-58\ kJ \cdot mol^{-1}$

③$CO_2(g)+H_2(g) \rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$　ΔH_3

回答下列问题：

(1)ΔH_3=_____。

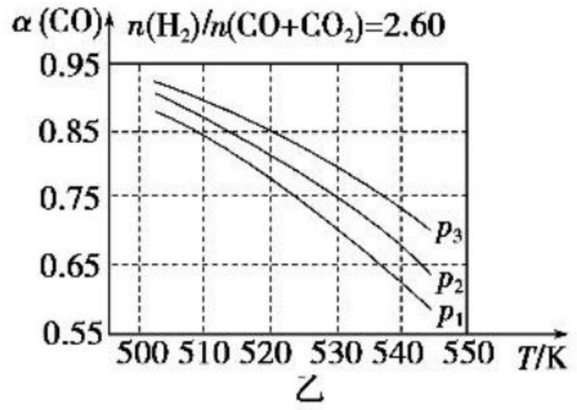
(2)反应①的化学平衡常数 K 表达式为_____；图甲中能正确反映平衡常数 K 随温度变化关系的曲线为_____（填曲线标记字母），其判断理由是_____。



甲

(3)合成气组成 $\frac{n(H_2)}{n(CO+CO_2)}=2.60$ 时，体系中的 CO 平衡转化率（α）与温度和压强的关系如图乙所示。$\alpha(CO)$ 值随温度升高而_____（填“增大”或“减小”），其原因是_____；

图乙中的压强由大到小为_____，其判断理由是_____。



乙

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第四节　化学反应进行的方向

1. 了解自发过程和化学反应的自发性。
2. 通过“有序”和“无序”的对比，了解熵和熵变的概念。
3. 了解焓变和熵变对化学反应方向的影响，能用焓变和熵变说明化学反应的方向。

[晨背重点语句]

1. 从焓变(能量)角度：$\Delta H<0$，有利于反应自发进行；反应焓变是与反应能否自发进行有关的一个因素，但不是唯一因素。

2. 从熵变角度：$\Delta S>0$，有利于反应自发进行；反应熵变是与反应能否自发进行有关的一个因素，但也不是唯一因素。

3. $\Delta G=\Delta H-T\Delta S<0$　反应能自发进行；
$\Delta G=\Delta H-T\Delta S=0$　反应达到平衡状态；
$\Delta G=\Delta H-T\Delta S>0$　反应不能自发进行。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　自发过程和自发反应

知识梳理

1. 自发过程

(1)含义：在一定条件下，不用借助于[1]_____就可以[2]_____的过程。

(2)特点：体系趋向于从[3]_____状态转变为[4]_____状态。在密闭条件下，体系有从[5]_____自发转变为[6]_____的倾向。

2. 自发反应：在给定条件下，可以[7]_____地进行到显著程度的化学反应。

3. 非自发反应：不能自发地进行，必须借助某种外力才能进行的反应。

[归纳总结]

自发反应
- 含义：在给定条件下可以自发进行的反应
- 特征：具有方向性。即反应的某个方向在一定条件下是自发的，而其逆方向在该条件下是非自发的
- 应用：自发反应可被用来完成有用功；非自发反应要想发生，必须对它做功

对点训练

1. (双选)下列现象的发生，你认为是自发过程的是　(　　)
A. 水由高处往低处流
B. 气温升高冰雪融化
C. 室温下，水自动结成冰
D. 生锈的铁变光亮

2. 有下列化学反应：
①白磷自燃
②氯化氢分解
③煤气燃烧
④钠与水反应
⑤酸碱中和反应
其中属于能自发进行的化学反应(简称自发反应)的是_____；属于放热反应的是_____。

知识点二　化学反应进行方向与焓变的关系

知识梳理

1. 分析下列反应进行的方向与 ΔH 之间的关系：

(1)$NaOH(aq)+HCl(aq)=\!=\!=NaCl(aq)+H_2O(l)$，酸碱中和反应是[8]_____热反应，$\Delta H$[9]_____0，常温下[10]_____自发进行。

(2)$2Na(s)+2H_2O(l)=\!=\!=2NaOH(aq)+H_2(g)$，该反应是[11]_____热反应，$\Delta H$[12]_____0，常温下[13]_____自发进行。

(3)$NH_4HCO_3(s)+CH_3COOH(aq)=\!=\!=CO_2(g)+CH_3COONH_4(aq)+H_2O(l)$　$\Delta H>0$，该反应在常温下[14]_____自发进行。

(4)$CaCO_3(s)=\!=\!=CaO(s)+CO_2(g)$　$\Delta H>0$，该反应在常温下[15]_____自发进行，但在较高温度下[16]_____自发进行。

2. 自发反应与焓变的关系

多数自发进行的化学反应是[17]_____反应，但也有很多[18]_____反应能自发进行，因此，反应焓变是与反应进行的方向有关的因素之一，但不是决定反应能否自发进行的唯一因素。

[归纳总结]

从焓变(能量)角度，$\Delta H<0$ 有利于反应自发进行；有部分 $\Delta H>0$ 的反应也能自发进行。

对点训练

3. 下列关于焓变与反应方向的叙述中正确的是　(　　)
A. 化学反应的焓变与其反应的方向无关
B. 化学反应的焓变直接决定了反应的方向
C. 反应焓变为正值时不利于反应自发进行
D. 焓变为负值的反应都能自发进行

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

4. 下列自发反应可用焓判据来解释的是　　(　　)
A. $2N_2O_5(g)=\!=\!=4NO_2(g)+O_2(g)$　$\Delta H=+56.7\ kJ\cdot mol^{-1}$
B. $(NH_4)_2CO_3(s)=\!=\!=NH_4HCO_3(s)+NH_3(g)$　$\Delta H=+74.9\ kJ\cdot mol^{-1}$
C. $2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(l)$　$\Delta H=-571.6\ kJ\cdot mol^{-1}$
D. $CaCO_3(s)=\!=\!=CaO(s)+CO_2(g)$　$\Delta H=+178.2\ kJ\cdot mol^{-1}$

知识点三　化学反应进行方向的熵判据

知识梳理

1. 熵
用来量度体系[19]_____程度的物理量。熵值越大，[20]_____程度越大。符号为[21]_____。

2. 影响熵大小的因素
(1)同一条件下，不同的物质熵值[22]_____。
(2)同一物质的熵与其聚集状态及外界条件有关，如对同一种物质不同状态时熵值大小为 $S(g)$[23]_____$S(l)$[24]_____$S(s)$。
(3)气体物质的物质的量越大，分子数越多，熵值越[25]_____。

3. 熵判据
反应熵变是与反应进行的方向有关的因素之一，但不是决定反应能否自发进行的唯一因素。

[归纳总结]
(1)从焓变(能量)角度：$\Delta H<0$，有利于反应自发进行。
(2)从熵变角度：$\Delta S>0$，有利于反应自发进行。
(3)在实际的化学反应中，若 ΔH 与 ΔS 符号相同时，对化学反应的方向的影响作用出现矛盾，因此，在分析一个具体化学反应自发进行的方向时，不能孤立地使用焓判据或熵判据来分析，否则，可能会得出错误的结论。

对点训练

5. 下列过程属于熵增加的是　　(　　)
A. 一定条件下，水由气态变为液态
B. 高温高压条件下使石墨转化为金刚石
C. $2N_2O_5(g)=\!=\!=4NO_2(g)+O_2(g)$
D. 散落的火柴的无序排列

6. 碳铵(NH_4HCO_3)在室温下就能自发地分解产生氨气，对其说法中正确的是　　(　　)
A. 碳铵分解是因为生成了易挥发的气体，使体系的熵增大
B. 碳铵分解是因为外界给予了能量
C. 碳铵分解是吸热反应，根据能量判据不能自发分解
D. 碳酸盐都不稳定，都能自发分解

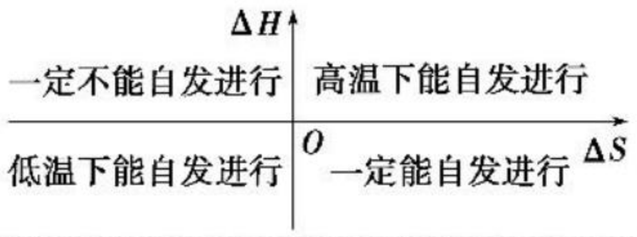
知识点四　化学反应进行的方向与复合判据的关系

知识梳理

体系的自由能变化(符号为 ΔG，单位为 kJ/mol)综合考虑了焓变和熵变对体系的影响，可用作判断化学反应能否自发进行的判据，$\Delta G=\Delta H-T\Delta S$。

$\Delta G=\Delta H-T\Delta S<0$	反应[26]_____自发进行
$\Delta G=\Delta H-T\Delta S=0$	反应[27]_____
$\Delta G=\Delta H-T\Delta S>0$	反应[28]_____自发进行

[归纳总结]
关于复合判据与温度关系



对点训练

7. 已知吸热反应 $2CO(g)=\!=\!=2C(s)+O_2(g)$，设 ΔH 和 ΔS 不随温度而变，下列说法中正确的是　　(　　)
A. 低温下能自发进行
B. 高温下能自发进行
C. 任何温度下都能自发进行
D. 任何温度下都不能自发进行

8. 某化学反应其 ΔH 为 $-122\ kJ\cdot mol^{-1}$，ΔS 为 $-231\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$，则此反应在下列哪种情况下可能自发进行　　(　　)
A. 在任何温度自发进行
B. 在任何温度下都不自发进行
C. 仅在高温下自发进行
D. 仅在低温下自发进行

2 课后提能·层级练　KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列说法中不正确的是　　(　　)
A. 体系有序性越高，熵值就越低
B. 自发过程可能导致体系的熵增大
C. 吸热反应不可以自发进行
D. 同种物质气态时熵值最大

2. (**2019·葫芦岛三中高二月考**)下列过程是非自发的是　　(　　)
A. 水由高处向低处流　　B. 天然气的燃烧
C. 铁在潮湿空气中生锈　　D. 室温下水结成冰

3. 下列说法完全正确的是　　(　　)
A. 自发进行的反应均是放热反应
B. ΔS 为正值的反应均能自发进行 C. 物质的量增加的反应，ΔS 为正值
D. $CaCO_3(s)$受热分解为 $CaO(s)$和 $CO_2(g)$：$\Delta S>0$

4. 以下自发反应不可用熵判据来解释的是　　(　　)
A. $CaCO_3(s)+2HCl(aq)=\!=\!=CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$
B. $NH_4Cl(s)=\!=\!=NH_3(g)+HCl(g)$
C. $2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(l)$
D. $2C(s)+O_2(g)=\!=\!=2CO(g)$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

5. 已知在等温等压条件下，化学反应方向的判据为
$\Delta H-T\Delta S<0$　反应能自发进行
$\Delta H-T\Delta S=0$　反应达到平衡状态
$\Delta H-T\Delta S>0$　反应不能自发进行
设反应 A ═══ D＋E　$\Delta H-T\Delta S=(-4\ 500+11T)\ J\cdot mol^{-1}$，要防止反应发生，温度必须　（　）
A. 高于 409 K
B. 低于 136 K
C. 高于 136 K 而低于 409 K
D. 低于 409 K

6. 25 ℃和 1.01×10^5 Pa 时，反应 $2N_2O_5(g)═══4NO_2(g)+O_2(g)$　$\Delta H=+56.7\ kJ\cdot mol^{-1}$，自发进行的原因是　（　）
A. 是吸热反应　　B. 是放热反应
C. 是熵减少的反应　　D. 熵增大效应大于能量效应

7. 用“＞”或“＜”填空：
(1)溶解少量蔗糖于水中，ΔS _____ 0。
(2)纯碳和氧气反应生成 CO(g)，ΔS _____ 0。
(3)液态水蒸发变成水蒸气，ΔS _____ 0。
(4)$CaCO_3(s)$加热分解生成 CaO(s)和 $CO_2(g)$，ΔS _____ 0。

8. 已知反应：$2NO(g)+2CO(g)═══N_2(g)+2CO_2(g)$ 在 298 K、101 kPa 的条件下，其 $\Delta H=-113.0\ kJ\cdot mol^{-1}$，$\Delta S=-145.3\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$。该反应 _____（填“能”或“不能”）用于消除汽车尾气中的 NO，理由为 _____。

层级二　应试提能练

1. 能用焓判据判断下列过程方向的是　（　）
A. 湿的衣服经过晾晒变干
B. 硝酸铵溶于水
C. 100 ℃时的水蒸气凝结成水
D. 25 ℃、101 kPa 时 $2N_2O_5(g)═══4NO_2(g)+O_2(g)$　$\Delta H=+56.7\ kJ\cdot mol^{-1}$能自发进行

2. 反应 2AB(g)═══C(g)＋3D(g)在高温时能自发进行，反应后体系中物质的总能量升高，则该反应的 ΔH、ΔS 应为　（　）
A. $\Delta H<0$，$\Delta S>0$　　B. $\Delta H<0$，$\Delta S<0$
C. $\Delta H>0$，$\Delta S>0$　　D. $\Delta H>0$，$\Delta S<0$

3. 下列反应中，一定不能自发进行的是　（　）
A. $2KClO_3(s)═══2KCl(s)+3O_2(g)$　$\Delta H=-78.03\ kJ\cdot mol^{-1}$　$\Delta S=+1\ 110\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$
B. $CO(g)═══C(石墨,s)+\frac{1}{2}O_2(g)$　$\Delta H=+110.5\ kJ\cdot mol^{-1}$　$\Delta S=-89.36\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$
C. $4Fe(OH)_2(s)+2H_2O(l)+O_2(g)═══4Fe(OH)_3(s)$　$\Delta H=-444.3\ kJ\cdot mol^{-1}$　$\Delta S=-280.1\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$
D. $NH_4HCO_3(s)+CH_3COOH(aq)═══CO_2(g)+CH_3COONH_4(aq)+H_2O(l)$　$\Delta H=+37.3\ kJ\cdot mol^{-1}$　$\Delta S=+184.0\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$

4. 下列内容与结论相对应的是　（　）

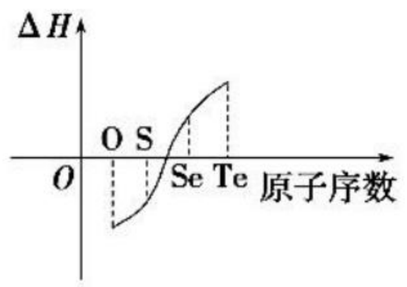
选项	内容	结论
A	$H_2O(g)$变成 $H_2O(l)$	$\Delta S>0$
B	硝酸铵溶于水可自发进行	因为 $\Delta S>0$
C	一个反应的 $\Delta H>0$，$\Delta S>0$	反应一定不自发进行
D	$H_2(g)+F_2(g)═══2HF(g)$　$\Delta H=-271\ kJ\cdot mol^{-1}$　$\Delta S=+8\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$	反应在任意外界条件下均可自发进行

5. 汽车尾气（含烃类、CO、NO 与 SO_2 等）是城市主要污染源之一，治理的办法之一是在汽车排气管上装催化转化器，它使 NO 与 CO 反应生成可参与大气生态循环的无毒气体，其反应原理是 $2NO(g)+2CO(g)═══N_2(g)+2CO_2(g)$。由此可知，下列说法中正确的是　（　）
A. 该反应是熵增大的反应
B. 该反应不能自发进行，因此需要合适的催化剂
C. 该反应能自发进行，高温和催化剂条件只是加快反应的速率
D. 该反应能自发进行，因为正反应是吸热反应

6. 灰锡结构松散，不能用于制造器皿，而白锡结构坚固，可以制造器皿。现把白锡制成的器皿放在 0 ℃、100 kPa 的室内存放，它是否会变成灰锡而不能再继续使用。
（已知在 0 ℃、100 kPa 条件下白锡转化为灰锡的反应焓变和熵变分别为 $\Delta H=-2\ 180.9\ J\cdot mol^{-1}$，$\Delta S=-6.61\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$，当 $\Delta H-T\Delta S<0$ 时能自发反应）　（　）
A. 会　　B. 不会
C. 不能确定　　D. 升高温度才会

7. (**2019・遵化高二检测**)二氧化碳捕集、存储和转化是当今化学研究的热点问题之一。
(1)用钌的配合物作催化剂，一定条件下可直接光催化分解 CO_2，发生反应：$2CO_2(g)═══2CO(g)+O_2(g)$，该反应的 ΔH _____ 0，ΔS _____ 0（填“＞”“＜”或“＝”），在低温下，该反应 _____（填“能”或“不能”）自发进行。
(2)CO_2 转化途径之一是利用太阳能或生物质能分解水制 H_2，然后将 H_2 与 CO_2 转化为甲醇或其他化学品。你认为该方法需要解决的技术问题有 _____。
a. 开发高效光催化剂
b. 将光催化制取的氢气从反应体系中有效分离，并与 CO_2 发生催化转化
c. 二氧化碳及水资源的供应

8. 某化学兴趣小组专门研究了氧族元素及其某些化合物的部分性质。所查资料信息如下：
①酸性：$H_2SO_4>H_2SeO_4>H_2TeO_4$；
②氧、硫、硒与氢气化合越来越难，碲与氢气不能直接化合；
③由元素的单质生成等物质的量的氢化物的焓变情况如图。



请回答下列问题：
(1)H_2 与硫化合的反应 _____（填“放出”或“吸收”）热量。
(2)已知 H_2Te 分解反应的 $\Delta S>0$，请解释为什么 Te 和 H_2 不能直接化合。
(3)上述资料信息中能够说明硫元素非金属性强于硒元素的是 _____（填序号）。

9. 电子工业中清洗硅片上的 $SiO_2(s)$的反应是 $SiO_2(s)+4HF(g)═══SiF_4(g)+2H_2O(g)$　$\Delta H(298.15\ K)=-94.0\ kJ\cdot mol^{-1}$，$\Delta S(298.15\ K)=-75.8\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$
设 ΔH 和 ΔS 不随温度变化而变化，试求此反应自发进行的温度条件。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

章末复习　第二章　化学反应速率和化学平衡

一、外界条件对化学反应速率的影响规律

影响化学反应速率的因素包括内因和外因。内因是指反应物本身的性质；外因包括浓度、温度、压强、催化剂、反应物颗粒大小等。这些外界条件对化学反应速率影响的规律和原理如下：

1. 浓度

(1)浓度增大，单位体积内活化分子数增多(活化分子百分数不变)，有效碰撞的几率增加，化学反应速率增大。

(2)浓度改变，可使气体间或溶液中的化学反应速率发生改变。固体或纯液体的浓度可视为常数，它们的物质的量的变化不会引起反应速率的变化，但固体颗粒的大小会导致接触面积的变化，故影响化学反应速率。

2. 压强

改变压强，对化学反应速率产生影响的根本原因是引起浓度的改变。对于有气体参加的反应体系，有以下几种情况：

(1)恒温时：体积缩小$\xrightarrow{\text{引起}}$压强增大$\xrightarrow{\text{引起}}$浓度增大$\xrightarrow{\text{引起}}$反应速率增大。

(2)恒容时

①充入气体反应物$\xrightarrow{\text{引起}}$反应物浓度增大$\xrightarrow{\text{引起}}$总压强增大$\xrightarrow{\text{引起}}$反应速率增大。

②充入“稀有气体”$\xrightarrow{\text{引起}}$总压强增大，但各物质的浓度不变，反应速率不变。

(3)恒压时：充入“稀有气体”$\xrightarrow{\text{引起}}$体积增大$\xrightarrow{\text{引起}}$各物质浓度减小$\xrightarrow{\text{引起}}$反应速率减小。

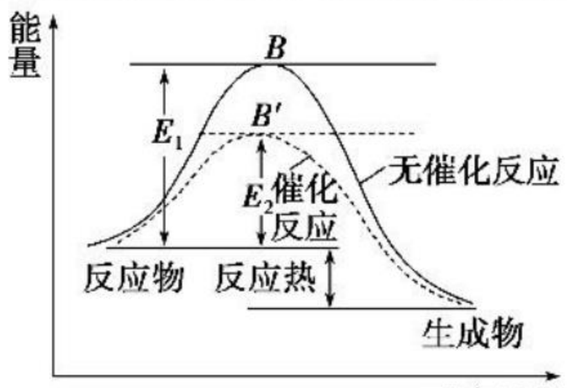
3. 温度

(1)温度升高，活化分子百分数提高，分子间的有效碰撞频率提高，化学反应速率增大。

(2)温度升高，吸热反应和放热反应的速率都增大。实验测得，温度每升高 10 ℃，化学反应速率通常增大为原来的 2～4 倍。

4. 催化剂

(1)催化剂对反应过程的影响通常可用下图表示(加入催化剂，B 点降低)。催化剂能改变反应路径、降低活化能、增大活化分子百分数、加快反应速率，但不影响反应的 ΔH。



(2)催化剂只有在适宜的温度下活性最大，反应速率才达到最大。

(3)对于可逆反应，催化剂能够同等程度地改变正、逆反应速率，对化学平衡状态无影响，生产过程中使用催化剂主要是为了提高生产效率。

[特别提醒]

在分析多个因素(如浓度、温度、反应物颗粒大小、催化剂、压强等)对反应速率的影响规律时，逐一改变一个因素而保证其他因素相同，通过实验分析得出该因素影响反应速率的结论，这种方法叫控制变量法。

【例 1】 某探究小组用 HNO_3 与大理石反应过程中质量减小的方法，研究影响反应速率的因素，所用 HNO_3 浓度为 1.00 mol·L^{-1}、2.00 mol·L^{-1}，大理石有细颗粒与粗颗粒两种规格，实验温度为 298 K、308 K。

请完成以下实验设计表，并在实验目的一栏中填出对应的实验编号：

实验编号	T(K)	大理石规格	HNO_3 浓度(mol·L^{-1})	实验目的
①	298	粗颗粒	2.00	(Ⅰ)实验①和②探究 HNO_3 浓度对该反应速率的影响； (Ⅱ)实验①和_____探究温度对该反应速率的影响； (Ⅲ)实验①和_____探究大理石规格(粗、细)对该反应速率的影响
②	—	——	———	
③	—	粗颗粒	———	
④	—	——	———	

[解析]　考查影响反应速率的因素的实验设计。实验①和②探究 HNO_3 浓度对反应速率的影响，故大理石规格和反应温度应相同，而 HNO_3 浓度不同；同理，①和③应选择不同的温度、①和④应选择不同的规格的大理石，而另外 2 个条件相同。

[答案]　②298　粗颗粒　1.00　③308　2.00　④298　细颗粒　2.00　(Ⅱ)③　(Ⅲ)④

二、化学平衡状态的特征及其判断方法

1. 化学平衡状态具有的“五大特征”

(1)逆：指化学平衡状态只适用于可逆反应，同一可逆反应，在同一条件下，无论反应从正反应方向开始还是从逆反应方向开始，或同时从正、逆反应方向开始，以一定的配比投入反应物或生成物，则可以达到相同的平衡状态。

(2)动：指动态平衡，即化学反应处于平衡状态时，正、逆反应并未停止，仍在进行，只是正、逆反应速率相等。

(3)等：指“$v_{正}=v_{逆}\neq0$”。即某一物质在单位时间内消耗的物质的量浓度和生成的物质的量浓度相等，也可以用不同物质的化学反应速率表示该反应的正、逆反应速率相等。

(4)定：指参加反应的各组分的含量保持不变，即各组分的浓度、质量分数、体积分数(有气体参加的可逆反应)、反应物的转化率等均保持不变。

(5)变：指平衡移动。可逆反应的平衡状态是相对的、暂时的，当外界某一条件改变时，原平衡被破坏，化学平衡向着减弱这种改变的方向移动，在新的条件下达到新的平衡状态。

[特别提醒]

“一定条件”、“可逆反应”是前提，“相等”是实质，“保持不变”是标志。

【例 2】 一定温度下，向某容积恒定的密闭容器中充入 1 mol N_2、3 mol H_2，经充分反应后达到如下平衡：$N_2(g)+3H_2(g)\underset{\text{催化剂}}{\overset{\text{高温、高压}}{\rightleftharpoons}}2NH_3(g)$，下列有关说法中正确的是　(　　)

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

A. 达平衡后再加入一定量的 N_2，体系内各物质含量不变

B. N_2、H_2、NH_3 的浓度一定相等

C. 反应没有达到平衡时，NH_3 会不断地分解，达到平衡时则不会再分解

D. 平衡时，N_2、H_2 物质的量之比为 1∶3

[解析]　化学平衡是一种相对平衡，条件改变后原来的平衡状态就会被破坏，A 错误；化学平衡又是一种动态平衡，平衡时正、逆反应仍在进行，C 错误；平衡时体系内各物质浓度或百分含量保持不变（不是相等），B 错误；D 中因反应中消耗 N_2、H_2 的物质的量之比为 1∶3，而 N_2、H_2 的起始量之比也是 1∶3，故平衡时仍是 1∶3，D 正确。

[答案]　D

2. 化学平衡状态判断的“四大依据”

(1)对于普通可逆反应，以 $2SO_2(g)+O_2(g)\overset{\text{催化剂}}{\underset{\triangle}{\rightleftharpoons}}2SO_3(g)$ 为例：

若各组分的物质的量浓度不发生变化，则反应已达到平衡状态。若用反应速率关系表示化学平衡状态，式中既要有正反应速率，又要有逆反应速率，且两者之比等于化学计量数之比，就达到化学平衡状态。

(2)对于有有色气体存在的反应体系，如 $2NO_2(g)\rightleftharpoons N_2O_4(g)$ 等，若体系的颜色不再发生改变，则反应已达平衡状态。

(3)对于有气体存在且反应前后气体的物质的量发生改变的反应，如 $N_2(g)+3H_2(g)\overset{\text{高温、高压}}{\underset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}}2NH_3(g)$，恒温恒容条件下若反应体系的压强不再发生变化、平均相对分子质量不再变化，则说明反应已达平衡状态。

对反应产物都为气体、且反应前后气体物质的量不发生改变的反应，反应过程中的任何时刻体系的压强、气体的总物质的量、平均相对分子质量都不变，故压强、气体的总物质的量、平均相对分子质量不变均不能说明反应已达平衡状态。

(4)从微观的角度分析，如反应 $N_2(g)+3H_2(g)\overset{\text{高温、高压}}{\underset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}}2NH_3(g)$，下列各项均可说明该反应达到了平衡状态。

①断裂 1 mol N≡N 键的同时生成 1 mol N≡N 键。

②断裂 1 mol N≡N 键的同时生成 3 mol H—H 键。

③断裂 1 mol N≡N 键的同时断裂 6 mol N—H 键。

④生成 1 mol N≡N 键的同时生成 6 mol N—H 键。

[特别提醒]

(1)从反应速率的角度来判断反应是否达到平衡时，速率必须是一正一逆（不能同是 $v_{正}$ 或 $v_{逆}$），且反应速率之比等于化学计量数之比。

(2)在可逆反应中，能发生变化的物理量（如各组分的浓度、反应物的转化率、混合气体密度、颜色、平均摩尔质量等），若保持不变，说明可逆反应达到了平衡状态。

【例 3】　在一定温度下的定容容器中，当下列哪些物理量不再发生变化时，表明反应 $A(g)+2B(g)\rightleftharpoons C(g)+D(g)$ 已达到平衡状态的是（　　）

①混合气体的压强　②混合气体的密度　③B 的物质的量浓度　④混合气体的总物质的量　⑤混合气体的平均相对分子质量　⑥$v(C)$ 与 $v(D)$ 的比值　⑦混合气体的总质量　⑧混合气体的总体积　⑨C、D 的分子数之比为 1∶1

A. ①②③④⑤⑥⑦⑧　　B. ①③④⑤

C. ①②③④⑤⑦　　D. ①③④⑤⑧⑨

[解析]　要理解化学平衡状态的特点“等、动、定”的含义，在判断化学平衡状态时还要注意反应前后气体体积是否相等。题给反应是一个反应前后气体体积不相等的反应，因此在定容容器中，若①混合气体的压强、③B 的物质的量浓度、④混合气体的总物质的量、⑤混合气体的平均相对分子质量不再变化，均能证明该反应达到化学平衡状态。而②中 $\rho=\frac{m(g)}{V(容)}$ 始终不变化，⑥中没指明反应进行的方向，⑦$m(g)$ 始终不变化，⑧在定容容器中，混合气体的总体积不能作为判断依据，⑨反应未达到平衡时，C、D 气体的分子数之比也为 1∶1。

[答案]　B

三、化学平衡移动及其移动方向的判断

1. 化学平衡移动的分析判断方法

改变条件 {
- 速率不变：如容积不变时充入稀有气体　平衡不移动
- 速率改变 {
  - $v_{正}=v_{逆}$ {使用催化剂或气体体积前后无变化的反应改变压强} 平衡不移动
  - $v_{正}\neq v_{逆}$ {浓度、压强、温度} 平衡移动
}

应用上述规律分析问题时应注意：

(1)不要把 $v_{正}$ 增大与平衡向正反应方向移动等同，只有 $v_{正}>v_{逆}$ 时，才使平衡向正反应方向移动。

(2)不要把平衡向正反应方向移动与原料转化率的提高等同。当反应物总量不变时，平衡向正反应方向移动，反应物转化率才提高；当增大一种反应物的浓度，使平衡向正反应方向移动，会使另一种反应物的转化率提高。

2. 化学平衡移动原理（移动方向的判断方法）

外界条件对化学平衡的影响可根据勒夏特列原理：如果改变影响平衡的一个条件（如浓度、压强或温度等），平衡就向着能够减弱这种改变的方向移动。

(1)对原理中“减弱这种改变”的正确理解应当是升高温度时，平衡向吸热反应方向移动；增加反应物，平衡向反应物减少的方向移动；增大压强，平衡向压强减小的方向移动。

(2)移动的结果只是减弱了外界条件的变化，而不能完全抵消外界条件的变化，达到新平衡时此物理量更靠近改变的方向。如增大反应物 A 的浓度，平衡正移，但达到新平衡时，A 的浓度仍比原平衡时大；同理，若改变温度、压强等，其变化也相似。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

3. 实例分析

反应实例	条件变化与平衡移动方向	达到新平衡时转化率变化情况
$2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$ $\Delta H<0$	增大 O_2 浓度，平衡右移	SO_2 的转化率增大，O_2 的转化率减小
	增大 SO_3 浓度，平衡左移	从逆反应角度看，SO_3 的转化率减小
	升高温度，平衡左移	SO_2、O_2 的转化率都减小
	增大压强，平衡右移	SO_2、O_2 的转化率都增大
$2NO_2(g)\rightleftharpoons N_2O_4(g)$	体积不变时，充入 NO_2，平衡右移	NO_2 的转化率增大
	体积不变时，充入 N_2O_4，平衡左移	NO_2 的转化率增大
$2HI(g)\rightleftharpoons H_2(g)+I_2(g)$	增大 H_2 的浓度，平衡左移	从逆反应角度看，H_2 的转化率减小，I_2 的转化率增大
	增大 HI 的浓度，平衡右移	HI 的转化率不变
	增大压强，平衡不移动	转化率不变

【例 4】 一定条件下，向一带活塞的密闭容器中充入 2 mol SO_2 和 1 mol O_2，发生下列反应：$2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$达到平衡后改变下述条件，$SO_3(g)$平衡浓度不改变的是（　　）

A. 保持温度和容器体积不变，充入 1 mol $SO_3(g)$

B. 保持温度和容器内压强不变，充入 1 mol $SO_3(g)$

C. 保持温度和容器内压强不变，充入 1 mol $O_2(g)$

D. 保持温度和容器内压强不变，充入 1 mol Ar(g)

[**解析**] 根据勒夏特列原理可知，在恒容状态下，A 中充入 1 mol $SO_3(g)$，$SO_3(g)$的平衡浓度比原来大。C 中在保持恒压状态下充入 O_2，必导致容器体积增大，根据勒夏特列原理，$SO_3(g)$的平衡浓度比原来小，同理可知在选项 D 条件下，$SO_3(g)$的平衡浓度也比原来小。

[**答案**] B

四、化学平衡计算——“三段式法”

1. 计算模式

化学平衡计算的最基本的方法模式是“平衡三段式法”。具体步骤是在化学方程式下写出有关物质起始时的物质的量、发生转化的物质的量、平衡时的物质的量（也可以是物质的量浓度或同温同压下气体的体积），再根据题意列式求解。

	$mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$			
n(起始)/mol	a	b	0	0
n(转化)/mol	mx	nx	px	qx
n(平衡)/mol	$a-mx$	$b-nx$	px	qx

起始、转化、平衡是化学平衡计算的“三步曲”。

2. 计算公式

(1)$v(A):v(B):v(C):v(D)=m:n:p:q$（未达到平衡时，用于确定化学方程式中未知的化学计量数）。

(2)$K=\dfrac{c^p(C)\cdot c^q(D)}{c^m(A)\cdot c^n(B)}=\dfrac{(px/V)^p\cdot(qx/V)^q}{[(a-mx)/V]^m\cdot[(b-nx)/V]^n}$

若用任意状态的生成物浓度幂之积与反应物浓度幂之积的比值称为浓度商，用 Q 表示。则其与 K 比较，当 $Q>K$，$v_{正}<v_{逆}$；$Q<K$，$v_{正}>v_{逆}$。

(3)$c(A)_{平}=\dfrac{n(A)_{平}}{V}=\dfrac{a-mx}{V}$。

(4)$\alpha(A)=\dfrac{n(A)_{消耗}}{n(A)_{起始}}\times100\%=\dfrac{mx}{a}\times100\%$。

(5)$\varphi(A)=\dfrac{n(A)_{平}}{n_{总}}\times100\%=\dfrac{mx}{a-mx+b-nx+px+qx}\times100\%$。

(6)平衡时与起始时的压强比$\dfrac{p_{平}}{p_{始}}=\dfrac{n_{平}}{n_{始}}=\dfrac{a+b+(p+q-m-n)x}{a+b}$（同 T、V 时），混合气体的密度比$\dfrac{\rho_1}{\rho_2}=\dfrac{\overline{M_1}}{\overline{M_2}}$（同 T、ρ 时），$\dfrac{\rho_1}{\rho_2}=\dfrac{V_2}{V_1}$（同质量的气体时）等。

(7)混合气体的密度$\bar{\rho}(混)=\dfrac{m_{总}}{V}=\dfrac{a\cdot M(A)+b\cdot M(B)}{V}$（$g\cdot L^{-1}$）（$T$、$V$ 不变时，$\bar{\rho}$ 不变）。

(8)混合气体的平均摩尔质量$\overline{M}=\dfrac{m_{总}}{n_{总}}=\dfrac{a\cdot M(A)+b\cdot M(B)}{a+b+(p+q-m-n)x}$（$g\cdot mol^{-1}$）。

【例 5】 已知可逆反应：$M(g)+N(g)\rightleftharpoons P(g)+Q(g)$ $\Delta H>0$，请回答下列问题。

(1)某温度下，反应物的起始浓度分别为 $c(M)=1\ mol\cdot L^{-1}$，$c(N)=2.4\ mol\cdot L^{-1}$；达到平衡后，M 的转化率为 60%，此时 N 的转化率为_____。

(2)若反应温度不变，反应物的起始浓度分别为 $c(M)=4\ mol\cdot L^{-1}$，$c(N)=a\ mol\cdot L^{-1}$；达到平衡后，$c(P)=2\ mol\cdot L^{-1}$，则 $a=$_____。

(3)若反应温度不变，反应物的起始浓度为 $c(M)=c(N)=b\ mol\cdot L^{-1}$，达到平衡后，M 的转化率为_____。

[**解析**] 用“三段式法”，借助平衡常数来串联计算：

(1)

	$M(g)+N(g)\rightleftharpoons P(g)+Q(g)$			
起始($mol\cdot L^{-1}$)	1	2.4	0	0
变化($mol\cdot L^{-1}$)	0.6	0.6	0.6	0.6
平衡($mol\cdot L^{-1}$)	0.4	1.8	0.6	0.6

$\alpha(N)=\dfrac{0.6}{2.4}\times100\%=25\%$，$K=\dfrac{0.6\times0.6}{0.4\times1.8}=0.5$。

(2)

起始($mol\cdot L^{-1}$)	4	a	0	0
平衡($mol\cdot L^{-1}$)	2	$a-2$	2	2

由 $K=\dfrac{2\times2}{2\times(a-2)}=0.5$，解得 $a=6$。

(3)

起始($mol\cdot L^{-1}$)	b	b	0	0
平衡($mol\cdot L^{-1}$)	$b(1-x)$	$b(1-x)$	bx	bx

由 $K=\dfrac{(bx)^2}{[b(1-x)]^2}=0.5$，解得 $x\approx41.4\%$。

[**答案**] (1)25%　(2)6　(3)41.4%

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

【例 6】 在 2 L 的密闭容器中，放入 0.4 mol A 和 0.6 mol B，在一定温度下，压强为 p，加入催化剂(体积忽略)，发生反应：$2A(g)+3B(g)\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}xC(g)+2D(g)$，保持温度不变，在 a min 后反应达到平衡状态，容器中 $c(D)=0.1\ mol\cdot L^{-1}$，容器内压强变为 $0.9p$，则：

(1)物质 B 的转化率是_____。

(2)化学反应速率 $v(C)$是_____。

(3)x 为_____。

[解析]

	2A(g)	+ 3B(g)	$\rightleftharpoons xC(g)$	+2D(g)
起始(mol)：	0.4	0.6	0	0
转化(mol)：	0.2	0.3	$0.1x$	0.2
平衡(mol)：	0.2	0.3	$0.1x$	0.2

$\alpha(B)=\dfrac{0.3\ mol}{0.6\ mol}\times100\%=50\%$。

同温同体积下气体的压强之比等于气体的物质的量之比，即$(0.6+0.4):(0.2+0.3+0.1x+0.2)=1:0.9$，解得 $x=2$，$v(C)=0.2\ mol/(2\ L\times a\ min)=0.1/a\ mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$。

[答案] (1)50%　(2)$0.1/a\ mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$　(3)2

五、化学反应速率和化学平衡图象题型与分析方法

1. 主要题型

(1)分析条件对化学反应速率及平衡的影响；

(2)由反应判断图象的正误；

(3)由图象判断反应特征(确定反应中各物质的化学计量数、判断热效应或气体物质化学计量数间的关系)；

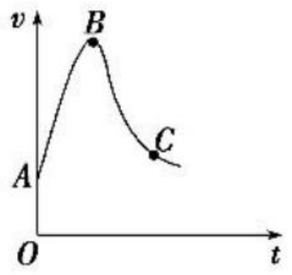
(4)由反应和图象判断图象或曲线的物理意义；

(5)由图象判断指定意义的化学反应；

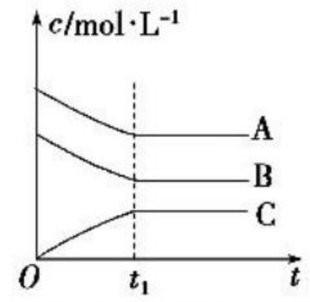
(6)由反应和图象判断符合图象变化的外界条件等。

化学反应速率和化学平衡图象，若按其图象特点、纵坐标与横坐标表示的意义可分为

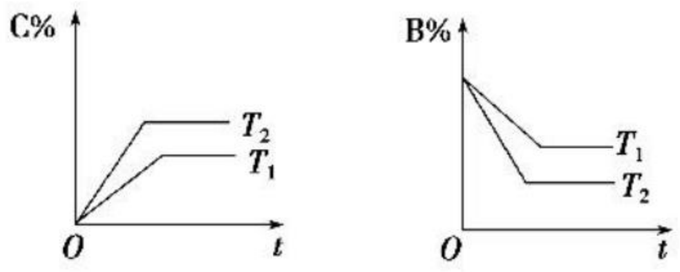
①全程速率—时间图



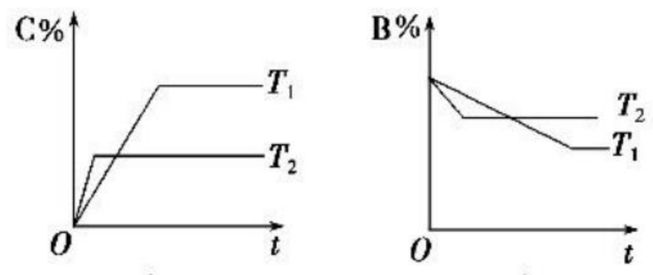
②浓度—时间图



③含量—时间—温度图(对于反应 A+B⇌C)

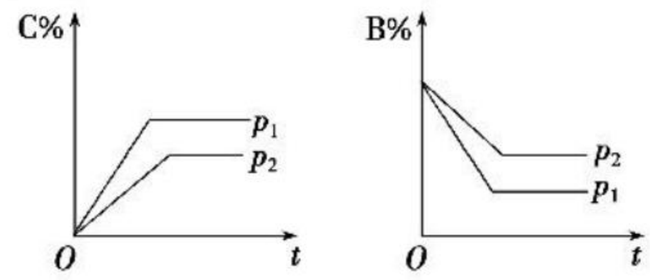


($T_2>T_1$，正反应为吸热反应)

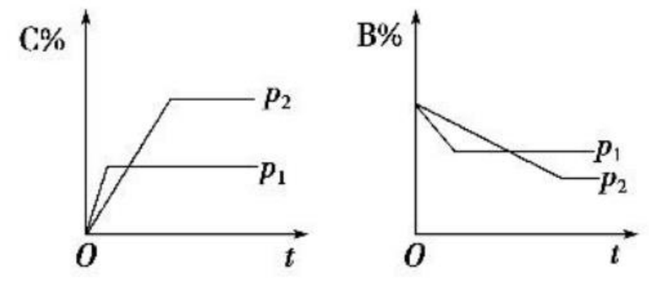


($T_2>T_1$，正反应为放热反应)

④含量—时间—压强图[对于反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$]

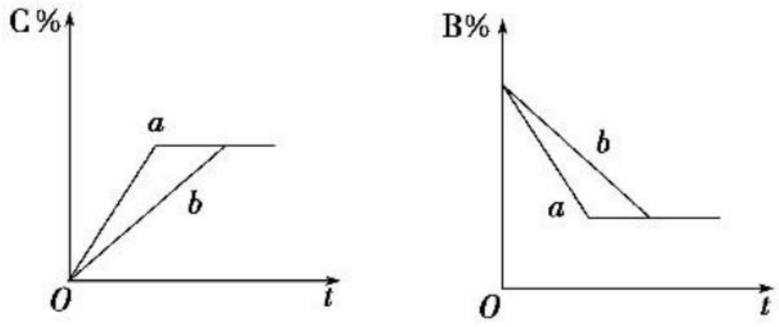


($p_1>p_2$，正反应为体积减小的反应)



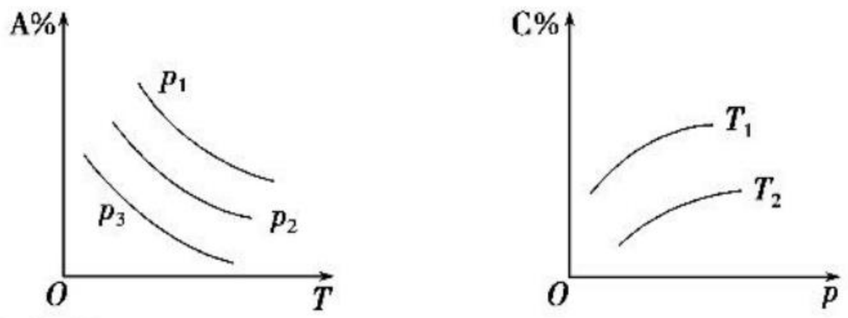
($p_1>p_2$，正反应为体积增大的反应)

⑤含量—时间—催化剂图(对于反应 A+B⇌C)



(a用催化剂，b不用催化剂)

⑥恒压(或恒温)线图[对于反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$]



2. 分析方法

分析解答化学反应速率和化学平衡图象题目的方法技巧可概括为

9 字步骤：看图象，想规律，作判断；

8 字技巧：定一议二，先拐先平。

(1)看图象

一看“面”(即看清横坐标和纵坐标)；二看“线”(即看线的走向、变化的趋势)；三看“点”(即起点、终点、转折点、拐点、交叉点)；四看辅助线(如等温线、等压线、平衡线等)；五看定量图象中有关量的多少。

(2)想规律

即联想外界条件的改变对化学反应速率和化学平衡的影响规律。

(3)作判断

依题意仔细分析，作出正确判断。特别值得注意的是：

①图象中有三个量时，应确定一个量不变，再讨论另两个量的关系，即“定一议二”。

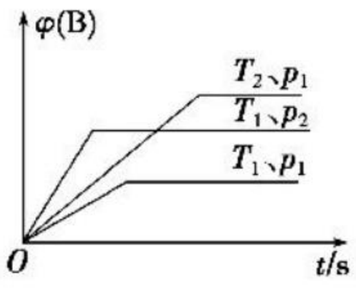
②曲线中先出现拐点的，该曲线所示条件下先出现平衡，该曲线所示的温度较高或压强较大或使用了催化剂，即“先拐先平”。

③如果曲线反映为达到平衡的时间不同但平衡状态相同，则可能是加入催化剂或对气体体积不变的反应改变压强使其速率发生变化但平衡不移动，或是几种等效平衡的曲线。

④化学反应速率在平衡图象中往往隐含出现，曲线斜率大的表示速率快，相应的条件可能是温度较高或压强较大或使用了催化剂。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

【例 7】　已知某可逆反应 $mA(g)+nB(g)\rightleftharpoons qC(g)$　ΔH 在密闭容器中进行。如图表示在不同时刻 t、温度 T 和压强 p 下 B 物质在混合气体中的体积分数 $\varphi(B)$ 的变化情况。下列推断中正确的是（　　）



A. $p_1>p_2$，$T_1<T_2$，$m+n>q$，$\Delta H<0$

B. $p_1<p_2$，$T_1>T_2$，$m+n>q$，$\Delta H>0$

C. $p_1>p_2$，$T_1<T_2$，$m+n<q$，$\Delta H<0$

D. $p_1<p_2$，$T_1>T_2$，$m+n<q$，$\Delta H>0$

［解析］　比较温度或压强的大小，就是要比较达到平衡所用的时间，时间越短，则温度或压强越高。比较 T_2、p_1 和 T_1、p_1 可知 $T_1>T_2$，由 $T_1\rightarrow T_2$，T 降低，$\varphi(B)$ 增大，平衡左移，则正反应为吸热反应，$\Delta H>0$；比较 T_1、p_1 和 T_1、p_2 可知 $p_2>p_1$，由 $p_1\rightarrow p_2$，p 升高，$\varphi(B)$ 增大，平衡左移，则 $m+n<q$。

［答案］　D

六、运用“化归思想”理解等效平衡原理

1. 用“化归思想”理解不同条件下等效平衡原理

(1)恒温恒容条件

①恒温恒容时，对一般可逆反应，不同的投料方式如果根据化学方程式中化学计量数之比换算到同一边时，反应物(或生成物)中同一组分的物质的量完全相同，即互为等效平衡。

②恒温恒容时，对于反应前后气体分子数不变的可逆反应，不同的投料方式如果根据化学方程式中化学计量数的之比换算到同一边时，只要反应物(或生成物)中各组分的物质的量的比例相同，即互为等效平衡。

(2)恒温恒压条件

在恒温恒压时，可逆反应以不同的投料方式进行反应，如果根据化学方程式中化学计量数之比换算到同一边时，只要反应物(或生成物)中各组分的物质的量的比例相同，即互为等效平衡。此时计算的关键是换算到一边后只需比例相同即可。

条件	等效条件	结果
恒温恒容：反应前后气体分子数不等的可逆反应	投料换算成相同物质表示的物质的量相同	两次平衡时各组分百分含量、n、c 均相同
恒温恒容：反应前后气体分子数相等的可逆反应	投料换算成相同物质表示的物质的量等比例	两次平衡时各组分百分含量相同，n、c 同比例变化
恒温恒压：所有可逆反应	投料换算成相同物质表示的物质的量等比例	两次平衡时各组分百分含量相同，n、c 同比例变化

2. 利用“一边倒法”判断等效平衡

判断等效平衡四步曲：第一步，看。观察可逆反应特点(物质状态、气体分子数)，判断反应前后气体分子数相等的可逆反应和反应前后气体分子数不等的可逆反应。第二步，挖。挖掘题目条件，区分恒温恒容和恒温恒压，注意密闭容器不等于恒容容器。第三步，倒。采用一边倒法，将起始物质转化成一边的物质。第四步，联。联系等效平衡判断依据，结合题目条件判断是否达到等效平衡。

【例 8】　已知 $H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)$　$\Delta H<0$，有相同容积的定容密闭容器甲和乙，甲中加入 H_2 和 I_2 各 0.1 mol，乙中加入 HI 0.2 mol，相同温度下分别达到平衡。欲使甲中 HI 的平衡浓度大于乙中 HI 的平衡浓度，应采取的措施是（　　）

A. 甲、乙提高相同温度

B. 甲中加入 0.1 mol He，乙不改变

C. 甲降低温度，乙不变

D. 甲增加 0.1 mol H_2，乙增加 0.1 mol I_2

［解析］　根据化学平衡只与始、终态有关，与路径无关。甲、乙能达到同一平衡状态，HI 浓度相等。升高温度 HI 浓度都减小，不能判断甲中 HI 的平衡浓度大于乙中 HI 的平衡浓度，A 选项错误；向甲中充入氦气，因为容积不变，各物质浓度不变，平衡不移动，甲、乙中 HI 的平衡浓度相等，B 选项错误；对甲降温，平衡向右移动，HI 浓度增大，乙中 HI 浓度不变，C 选项正确；甲增加 0.1 mol H_2，乙增加 0.1 mol I_2，甲、乙中 HI 浓度增大程度相等，使甲、乙中 HI 的平衡浓度相等，D 选项错误。

［答案］　C

［练 后 归 纳］

化学平衡与起始反应物投料有关，与路径无关。采用“一边倒法”，将产物全部转化成反应物，在等温等容条件下，只要起始物质浓度相等，都能达到同一平衡状态。

章末提能·拔高练 ZHANGMOTINENGBAGAOLIAN——培优提能提素养、练综合

1. 对于可逆反应 $H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)$，在温度一定下由 $H_2(g)$ 和 $I_2(g)$ 开始反应，下列说法正确的是（　　）

A. $H_2(g)$ 的消耗速率与 $HI(g)$ 的生成速率之比为 2∶1

B. 反应进行的净速率是正、逆反应速率之差

C. 正、逆反应速率的比值是恒定的

D. 达到平衡时，正、逆反应速率相等

2. 在恒容密闭容器中，可以作为 $2NO_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)+O_2(g)$ 达到平衡状态的标志是①单位时间内生成 n mol O_2 的同时生成 $2n$ mol NO_2；②单位时间内生成 n mol O_2 的同时生成 $2n$ mol NO；③混合气体的颜色不再改变；④混合气体的密度不再改变的状态；⑤混合气体的平均相对分子质量不再改变的状态；⑥混合气体中 NO 与 O_2 的物质的量之比保持恒定；⑦混合气体中 NO 与 NO_2 的物质的量之比保持恒定（　　）

A. ①③⑤⑦　　B. ②④⑤

C. ①③④　　D. ①②③④⑤

3. 对于 $X+Y\rightleftharpoons Z$ 的平衡，若增大压强，Y 的转化率增大，则 X 和 Z 可能的状态是（　　）

A. X 为液态，Z 为气态　　B. X 为固态，Z 为气态

C. X 为气态，Z 为气态　　D. 无法确定

4. 从植物花汁中提取的一种有机物，可简化表示为 HIn，在水溶液中因存在下列平衡，故可用作酸、碱指示剂：

$$HIn(溶液)\rightleftharpoons H^+(溶液)+In^-(溶液)$$
（红色）　　（黄色）

在上述溶液中加入下列物质，最终能使指示剂显黄色的是（　　）

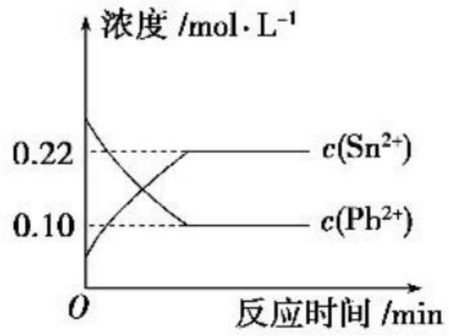
A. 盐酸　　B. $NaHCO_3$ 溶液

C. $NaHSO_4$ 溶液　　D. Na_2O_2(固体)

5. 25 ℃时，在含有 Pb^{2+}、Sn^{2+} 的某溶液中，加入过量金属锡(Sn)，发生反应：$Sn(s)+Pb^{2+}(aq)\rightleftharpoons Sn^{2+}(aq)+Pb(s)$，体系中 $c(Pb^{2+})$ 和 $c(Sn^{2+})$ 变化关系如图所示。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

下列判断正确的是　　(　　)



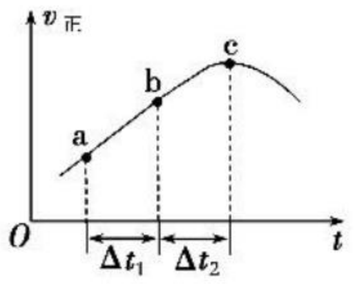
A. 往平衡体系中加入金属铅后，$c(Pb^{2+})$增大

B. 往平衡体系中加入少量 $Sn(NO_3)_2$ 固体后，$c(Pb^{2+})$变小

C. 升高温度，平衡体系中 $c(Pb^{2+})$增大，说明该反应 $\Delta H>0$

D. 25 ℃时，该反应的平衡常数 $K=2.2$

6. 向绝热恒容密闭容器中通入 SO_2 和 NO_2，一定条件下使反应 $SO_2(g)+NO_2(g)\rightleftharpoons SO_3(g)+NO(g)$达到平衡，正反应速率随时间变化的示意图如图所示。由图可得出的正确结论是　　(　　)



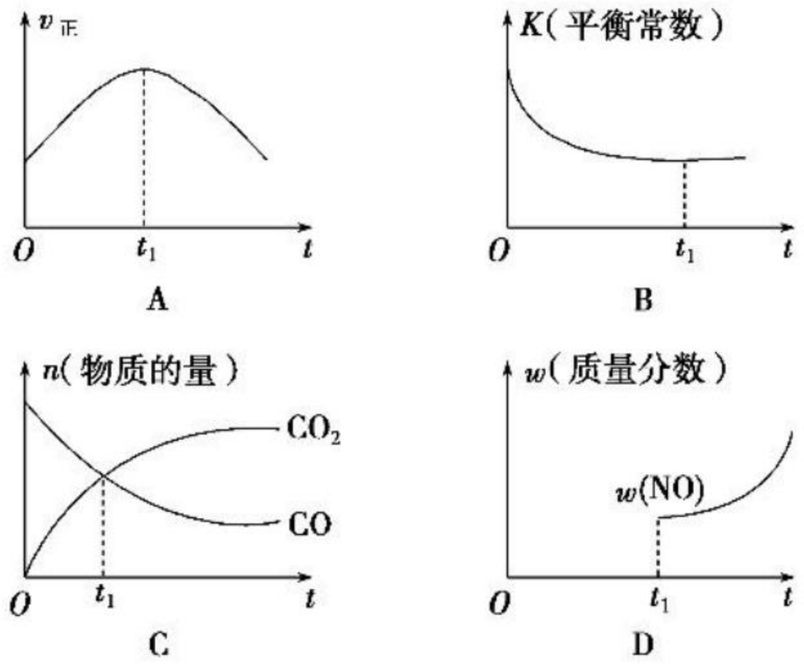
A. 反应在 c 点达到平衡状态

B. 反应物浓度：a 点小于 b 点

C. 反应物的总能量低于生成物的总能量

D. $\Delta t_1=\Delta t_2$ 时，SO_2 的转化率：a～b 段小于 b～c 段

7. 汽车净化的主要原理为 $2NO(g)+2CO(g)\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}2CO_2(g)+N_2(g)$　$\Delta H<0$。若该反应在绝热、恒容的密闭体系中进行，下列示意图正确且能说明反应在进行到 t_1 时刻达到平衡状态的是　　(　　)



8. 700 ℃时，向容积为 2 L 的密闭容器中充入一定量的 CO 和 H_2O，发生反应：$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$。

反应过程中测定的部分数据如表(表中 $t_2>t_1$)：

反应时间/min	$n(CO)$/mol	$n(H_2O)$/mol
0	1.20	0.60
t_1	0.80	
t_2		0.20

下列说法正确的是　　(　　)

A. 反应在 t_1 min 内的平均速率为 $v(H_2)=\frac{0.40}{t_1}$ mol·L^{-1}·min^{-1}

B. 保持其他条件不变，起始时向容器中充入 0.60 mol CO 和 1.20 mol H_2O，达到平衡时 $n(CO_2)=0.40$ mol

C. 保持其他条件不变，向平衡体系中再通入 0.20 mol H_2O，与原平衡相比，达到新平衡时 CO 转化率不变，H_2O 的体积分数不变

D. 温度升高至 800 ℃，上述反应平衡常数为 0.64，则正反应为吸热反应

9. (**2018·福建南安一中高二检测**)相同温度下，体积均为 0.25 L 的两个恒容密闭容器中发生可逆反应：$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$　$\Delta H=-92.6$ kJ/mol。实验测得起始、平衡时的有关数据如表：

容器编号	起始时各物质物质的量/mol			达平衡时体系能量的变化
	N_2	H_2	NH_3	
①	1	3	0	放出热量：23.15 kJ
②	0.9	2.7	0.2	放出热量：Q

下列叙述错误的是　　(　　)

A. 容器①②中反应的平衡常数相等

B. 平衡时，两个容器中 NH_3 的体积分数相等

C. 容器②中达平衡时放出的热量 Q=23.15 kJ

D. 若容器①体积为 0.5 L，则平衡时放出的热量小于 23.15 kJ

10. 恒温下，容积均为 2 L 的密闭容器 M、N 中，分别有以下两种起始投料建立的可逆反应 $3A(g)+2B(g)\rightleftharpoons 2C(g)+xD(s)$的化学平衡状态，相关数据如下：

M：3 mol A、2 mol B，2 min 达到平衡，生成 D 1.2 mol，测得从反应开始到平衡 C 的反应速率为 0.3 mol·L^{-1}·min^{-1}；N：2 mol C、y mol D，达到平衡时 $c(A)=0.6$ mol·L^{-1}。下列结论中不正确的是　　(　　)

A. $x=2$

B. 平衡时 M 中 $c(A)=0.6$ mol·L^{-1}

C. $y<0.8$

D. M 中 B 的转化率与 N 中 C 的转化率之和为 1

11. (**2018·黄埔区高二检测**)某化学反应 $2A\rightleftharpoons B+D$ 在四种不同条件下进行，B、D 起始浓度(mol/L)为 0，反应物 A 的浓度(mol/L)随反应时间(min)的变化情况如表：

实验序号	浓度/温度 \ 时间	0	10	20	30	40	50	60
1	800 ℃	1.0	0.80	0.67	0.57	0.50	0.50	0.50
2	800 ℃	c_2	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	800 ℃	c_3	0.92	0.75	0.63	0.60	0.60	0.60
4	820 ℃	1.0	0.40	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

根据上述数据，完成下列填空：

(1)在实验 1 中，反应在 10 至 20 分钟时间内平均速率为_____ mol/(L·min)。

(2)在实验 2 中，A 的初始浓度 c_2 = _____ mol/L，反应经 20 min 就达到平衡，可推测实验 2 中还隐含的条件是_____。

(3)设实验 3 的反应速率为 v_3，实验 1 的反应速率为 v_1，则 v_3 _____(填“>”“=”或“<”)v_1，且 c_3 _____(填“>”“=”或“<”)1.0 mol/L。

(4)比较实验 4 和实验 1，可推测该反应是_____(填“吸热”或“放热”)反应。理由是_____。

12.(**2019·深圳六校高二联考**)科学研究发现纳米级的 Cu_2O 可作为太阳光分解水的催化剂。用 Cu_2O 进行催化分解水的实验。

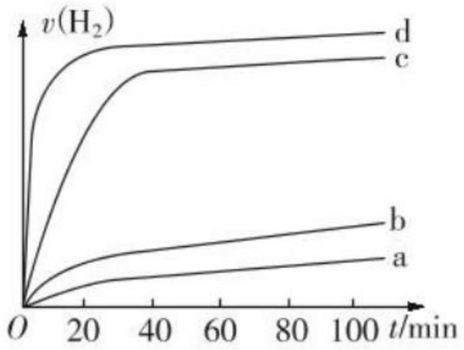
(1)一定温度下，在 2 L 密闭容器中加入纳米级 Cu_2O 并通入 0.10 mol 水蒸气，发生反应：$2H_2O(g) \xrightleftharpoons[Cu_2O]{光照} 2H_2(g)+O_2(g)$　$\Delta H=+484$ kJ/mol，不同时段产生 O_2 的量见表：

时间/min	20	40	60	80
$n(O_2)$/mol	0.001 0	0.001 6	0.002 0	0.002 0

计算：

前 20 min 的反应速率 $v(H_2O)$ = _____；该反应的平衡常数表达式 K = _____。

(2)用 Cu_2O 在某相同条件下分别对水催化分解，产生氢气的速率 v 随时间 t 变化如图所示。下列叙述正确的是_____。



A. c、d 方法中的 Cu_2O 催化效率相对较高

B. d 方法中的 Cu_2O 作催化剂时，水的平衡转化率最高

C. 催化效果与 Cu_2O 颗粒的粗细、表面活性等有关

D. Cu_2O 催化水分解时，需要适宜的温度

13. 某研究小组在实验室探究氨基甲酸铵(NH_2COONH_4)分解反应平衡常数和水解反应速率的测定。

将一定量纯净的氨基甲酸铵固体置于特制的密闭真空容器中(假设容器体积不变，固体试样体积忽略不计)，在恒定温度下使其达到分解平衡：$NH_2COONH_4(s) \rightleftharpoons 2NH_3(g)+CO_2(g)$

实验测得不同温度下的平衡数据列于下表：

温度/℃	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0
平衡总压强/kPa	5.7	8.3	12.0	17.1	24.0
平衡气体总浓度/mol·L^{-1}	2.4×10^{-3}	3.4×10^{-3}	4.8×10^{-3}	6.8×10^{-3}	9.4×10^{-3}

(1)可以判断该分解反应已经达到平衡的是_____(填字母序号)。

A. $2v(NH_3)=v(CO_2)$

B. 密闭容器中总压强不变

C. 密闭容器中混合气体的密度不变

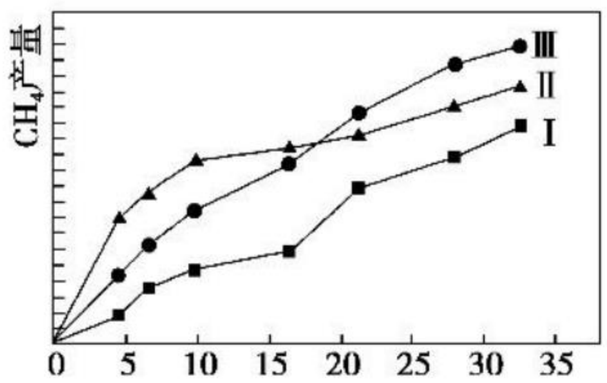
D. 密闭容器中氨气的体积分数不变

(2)根据表中数据，列式计算 25.0 ℃时的分解平衡常数：_____。

(3)取一定量的氨基甲酸铵固体放在一个带活塞的密闭真空容器中，在 25.0 ℃下达到分解平衡。若在恒温下压缩容器体积，氨基甲酸铵固体的质量将_____(填“增加”“减少”或“不变”)。

(4)氨基甲酸铵分解反应的焓变 ΔH _____ 0(填“>”“=”或“<”，下同)，熵变 ΔS _____ 0。

14. 利用光能和光催化剂，可将 CO_2 和 $H_2O(g)$转化为 CH_4 和 O_2。紫外光照射时，在不同催化剂(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)作用下，CH_4 产量随光照时间的变化如图所示。



(1)在 0～30 小时内，CH_4 的平均生成速率 $v_Ⅰ$、$v_Ⅱ$、$v_Ⅲ$ 从大到小的顺序为_____；反应开始后的 12 小时内，在第_____种催化剂作用下，收集的 CH_4 最多。

(2)将所得 CH_4 与 $H_2O(g)$通入聚焦太阳能反应器，发生反应：$CH_4(g)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g)+3H_2(g)$。该反应 $\Delta H=+206$ kJ·mol^{-1}。

①在下列坐标图中，画出反应过程中体系能量变化图(进行必要标注)。



②将等物质的量的 CH_4 和 $H_2O(g)$充入 1 L 恒容密闭反应器，某温度下反应达平衡，平衡常数 $K=27$，此时测得 CO 的物质的量为 0.10 mol，求 CH_4 的平衡转化率(计算结果保留两位有效数字)。

(3)已知：$CH_4(g)+2O_2(g)=\!=\!=CO_2(g)+2H_2O(g)$　$\Delta H=-802$ kJ·mol^{-1}

写出由 CO_2 生成 CO 的热化学方程式：_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第三章　水溶液中的离子平衡

第一节　弱电解质的电离

第一课时　强弱电解质

1. 能准确判断强电解质和弱电解质。
2. 能正确书写弱电解质的电离方程式。
3. 了解电解质的导电能力与溶解性及电解质强弱的关系。

[晨背重点语句]

1. 强电解质是指在水溶液中能够全部电离的电解质，如六大强酸（HCl、H_2SO_4、HNO_3、HBr、HI、$HClO_4$），四大强碱[$NaOH$、KOH、$Ca(OH)_2$、$Ba(OH)_2$]及绝大多数盐。
2. 弱电解质是指在水溶液中只能部分电离的电解质，如弱酸、弱碱和水。
3. 离子化合物电离的条件：熔融状态或溶于水；共价化合物只有在溶于水时发生电离。
4. 区分离子化合物型电解质与共价化合物型电解质的方法：看熔融状态下是否导电，导电的是离子型化合物电解质，不能导电的是共价化合物型电解质。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　强电解质与弱电解质

知识梳理

1. 电解质和非电解质

电解质→在水溶液里或熔融状态下能导电的[1]_____。

非电解质→在水溶液里和熔融状态下都不导电的[2]_____。

2. 强电解质和弱电解质

	强电解质	弱电解质
概念	溶于水后能完全电离的电解质	溶于水后只有部分电离的电解质
化合物类型	[3]_____	[4]_____
电离程度	[5]_____	[6]_____
溶液中存在的微粒（水分子不计）	只有电离出的阴、阳离子，不存在[7]_____	既有电离出的阴、阳离子，又有[8]_____
实例	大多数盐、强酸、强碱	弱酸、弱碱、水

[归纳总结]

1. 电解质与非电解质

（1）单质和混合物既不是电解质，也不是非电解质；

（2）必须是由本身电离出离子的化合物才是电解质；

（3）酸、碱、盐、活泼金属氧化物是电解质。

2. 强电解质和弱电解质

（1）常见的强电解质：

①强酸：如 HNO_3、H_2SO_4、HCl、HBr、HI、$HClO_4$ 等。

②强碱：如 $NaOH$、KOH、$Ca(OH)_2$、$Ba(OH)_2$ 等。

③绝大多数盐：如 $NaCl$、$BaSO_4$、NH_4Cl 等。

④活泼金属氧化物：如 Na_2O、CaO 等。

（2）常见的弱电解质：

①弱酸：如 $HClO$、H_2CO_3 等。

②弱碱：如 $NH_3\cdot H_2O$、$Fe(OH)_3$ 等。

③个别盐：如 $(CH_3COO)_2Pb$ 等。

④水。

（3）电解质的强弱与溶解性无关：某些盐如 $BaSO_4$、$CaCO_3$ 等，虽难溶于水却是强电解质；而如 CH_3COOH、$NH_3\cdot H_2O$ 尽管易溶于水，却部分电离，是弱电解质。

对点训练

1. 现有如下各化合物：①酒精，②氯化铵，③氢氧化钡，④氨水，⑤蔗糖，⑥高氯酸，⑦氢硫酸，⑧硫酸氢钾，⑨磷酸，⑩硫酸。请用物质的序号填写下列空白。

（1）属于电解质的有：_____；

（2）属于强电解质的有：_____；

（3）属于弱电解质的有：_____。

2. $BaCO_3$ 属于_____（填“酸”“碱”“盐”或“氧化物”），属于_____（填“电解质”“非电解质”或“既不是电解质又不是非电解质”），属于_____（填“强电解质”或“弱电解质”）。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点二　电离方程式的书写

知识梳理

类型		电离方程式的特点	典型例子
强电解质		完全电离，电离方程式写[9]_____	H_2SO_4[10]_____ NaOH[11]_____ $NaHSO_4$[12]_____
弱电解质	一元弱酸或弱碱	不完全电离，电离方程式写[13]_____	CH_3COOH[14]_____ $NH_3 \cdot H_2O$[15]_____
	多元弱酸	分步电离，以第一步为主，电离方程式写[16]_____	H_2CO_3[17]_____（主） HCO_3^-[18]_____（次）
	多元弱碱	用一步电离表示，且电离方程式写[19]_____	$Cu(OH)_2$[20]_____

［归纳总结］

(1)溶于水是所有共价化合物型电解质电离的条件；

(2)熔融状态是离子化合物型电解质电离的另一条件。

对点训练

3. 下列电解质在熔融状态下不能电离的是　（　）

A. $MgCl_2$　　B. Al_2O_3

C. NaOH　　D. CH_3COOH

4. 写出下列条件下 $NaHSO_4$ 的电离方程式

(1)溶于水_____；

(2)熔融状态_____。

知识点三　电解质的导电能力与溶解性及电解质强弱的关系

知识梳理

1. 电解质在溶于水或熔化状态下，因为发生电离，溶液中或熔融态有能自由移动的离子，因而导电，即电解质因[21]_____而导电。

2. 电解质溶液的导电能力与[22]_____和[23]_____以及离子所带电荷数有关，温度一定时离子浓度越大，离子所带电荷越多，导电能力[24]_____。

［归纳总结］

(1)电解质的强弱与溶液的导电性没有必然联系。

(2)溶液导电能力的强弱由溶液中自由离子的浓度大小决定，很稀的强电解质溶液导电性很弱，浓度较大的弱电解质溶液导电性可能较强，弱电解质溶液的导电能力不一定弱。

对点训练

5. 下列说法正确的是　（　）

A. 极性键形成的化合物不一定是强电解质

B. 强电解质溶液的导电能力一定比弱电解质溶液强

C. NaCl 溶液在电流的作用下电离成钠离子和氯离子

D. 氯化钠晶体不导电是由于氯化钠晶体中不存在离子

6. 把 0.05 mol NaOH 固体分别加入到 100 mL 下列液体中，溶液的导电能力变化最小的是　（　）

A. 自来水

B. 0.5 mol·L^{-1} 盐酸

C. 0.5 mol·L^{-1} 醋酸

D. 0.5 mol·L^{-1} KCl 溶液

2 课后提能·层级练　KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 强弱电解质的本质区别是　（　）

A. 导电能力　　B. 相对分子质量

C. 电离程度　　D. 溶解度

2. 下列电离方程式中，错误的是　（　）

A. $Al_2(SO_4)_3 = 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-}$

B. $HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$

C. $HI \rightleftharpoons H^+ + I^-$

D. $CaCO_3 = Ca^{2+} + CO_3^{2-}$

3. (双选) 某固体化合物 R 不导电，但熔化或溶于水都能完全电离。下列关于物质 R 的说法中，正确的是　（　）

A. R 为非电解质　　B. R 是强电解质

C. R 是离子晶体　　D. R 是弱电解质

4. 下列物质中属于电解质，但在给定条件下不能导电的是　（　）

A. 液态氯化钠　　B. 液态溴化氢

C. 铝　　D. 蔗糖

5. 下列叙述中正确的是　（　）

A. 物质的溶解过程，实质上就是其电离过程

B. 二氧化硫的水溶液能导电，所以二氧化硫是电解质

C. 1 L 0.1 mol·L^{-1} 的 H_2SO_4 溶液中含有 0.2 mol 的 H^+

D. 1 L 0.2 mol·L^{-1} 的 H_2SO_3 溶液中含有 0.2 mol 的 H^+

6. 下列叙述中正确的是　（　）

A. 氯化钠溶液中，氯化钠在电流的作用下电离成钠离子和氯离子

B. 溶于水后能电离出氢离子的化合物都是酸

C. 硫酸钡难溶于水，但硫酸钡是强电解质

D. CO_2 溶于水后部分电离，故 CO_2 属于弱电解质

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

7. 写出下列电解质在水溶液中的电离方程式

(1)$HClO_4$：_____；

(2)HClO：_____；

(3)$NaHCO_3$：_____。

8. 下列物质中，A. KI(s)　B. C_2H_5OH(l)　C. Cl_2(g)　D. CH_3COOH(l)　E. $BaSO_4$(s)　F. $NaHSO_4$(s)　G. 石墨(s)　H. 蔗糖(s)　I. NaOH(l)

(1)属于非电解质的是_____，属于强电解质的是_____，属于弱电解质的是_____。

(2)能直接导电的是_____，能溶于水且水溶液能导电的是_____。

层级二　应试提能练

1. (**2019 · 合肥高二质检**)下列各组关于强电解质、弱电解质、非电解质的归类，完全正确的是　(　　)

选项 / 类别	A	B	C	D
强电解质	Fe	NaCl	$CaCO_3$	HNO_3
弱电解质	CH_3COOH	NH_3	H_3PO_4	$Fe(OH)_3$
非电解质	蔗糖	$BaSO_4$	酒精	H_2O

2. 下列电离方程式中正确的是　(　　)

A. $NaHSO_4$ 溶于水：$NaHSO_4 \rightleftharpoons Na^+ + H^+ + SO_4^{2-}$

B. 次氯酸电离：$HClO \rightleftharpoons ClO^- + H^+$

C. HF 溶于水：$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$

D. NH_4Cl 溶于水：$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$

3. (**2018 · 南京三校高二联检**)下列叙述中，能证明某物质是弱电解质的是　(　　)

A. 水溶液的导电能力很弱

B. 稀溶液中已电离的离子和未电离的分子共存

C. 在水溶液中，存在分子

D. 熔化状态时不导电

4. (**2018 · 西安一中高二检测**)下列溶液中导电性最强的是　(　　)

A. 1 L 0.1 mol/L 醋酸

B. 0.1 L 0.1 mol/L H_2SO_4 溶液

C. 0.5 L 0.1 mol/L 盐酸

D. 2 L 0.1 mol/L H_2SO_3 溶液

5. $PbSO_4$ 难溶于水，易溶于醋酸钠溶液，反应的化学方程式为 $PbSO_4 + 2CH_3COONa = Na_2SO_4 + (CH_3COO)_2Pb$。则下列关于 $(CH_3COO)_2Pb$ 的说法中正确的是　(　　)

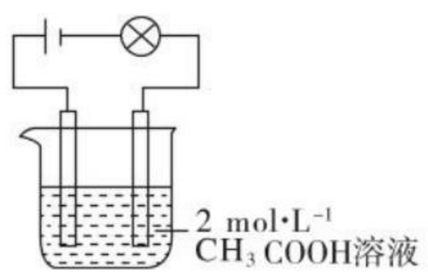
A. $(CH_3COO)_2Pb$ 为强电解质

B. $(CH_3COO)_2Pb$ 为易挥发性物质

C. $(CH_3COO)_2Pb$ 为离子化合物

D. $(CH_3COO)_2Pb$ 为弱电解质

6. (**2019 · 嘉善一中高二月考**)如图所示，烧杯中的溶液为 2 mol · L^{-1} CH_3COOH 溶液，接通直流电源，分别向烧杯中加入下列物质(保持溶液温度不变)，灯泡变暗的是　(　　)



A. 加入固体 NaOH　　B. 加水稀释

C. 加入金属 Na　　D. 通入 HCl 气体

7. 从物质结构的观点来看，强电解质是具有_____键的_____化合物和某些具有_____键的_____化合物，弱电解质是某些具有　　键的　　化合物；从电离平衡的观点来看，强电解质在溶液中_____电离，弱电解质在溶液中_____电离，存在_____。从物质的类别来看，一般地说，强电解质为_____、_____和_____，弱电解质为_____和_____等。

8. 有下列物质的溶液 ① CH_3COOH；② HCl；③ H_2SO_4；④ $NaHSO_4$。

(1)若四种溶液的物质的量浓度相同，其 $c(H^+)$ 的大小比较为_____(用序号表示，下同)。

(2)若四种溶液的 $c(H^+)$ 相同，其物质的量浓度的大小比较为_____。

第二课时　弱电解质的电离平衡

1. 会描述弱电解质的电离平衡，会分析电离平衡的移动。
2. 知道电离平衡常数的意义及应用。

[晨背重点语句]

1. 升温、加水稀释均能使弱电解质的电离程度增大。
2. 相同条件下，弱酸的电离常数越大，酸性越强。
3. K_a 或 K_b 只与温度有关，温度升高 K 增大。
4. 弱酸水溶液稀释时，弱酸的电离平衡向正向移动，电离度增大，溶液中氢离子的物质的量增加，但氢离子浓度减小。
5. 同一弱电解质，溶液浓度越大电离度越小，反之，溶液浓度越小电离度越大。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　弱电解质的电离平衡

知识梳理

1. 电离平衡状态的建立

醋酸电离过程中体系各粒子浓度的变化，填写下表

	$c(H^+)$	$c(CH_3COO^-)$	$c(CH_3COOH)$
CH_3COOH 初溶于水时	[1]	[2]	[3]
达到平衡前	[4]	[5]	[6]
达到平衡时	[7]	[8]	[9]

2. 弱电解质的电离平衡

在一定条件下，当[10]＿＿＿＿＿＿＿＿和[11]＿＿＿＿＿＿＿＿相等时，电离过程就达到了平衡状态。

3. 影响电离平衡的因素

(1)内因：电解质本身的性质决定了其电离程度的大小，电解质越弱，电离程度[12]＿＿＿＿。

(2)外因

①温度：电离是吸热过程，升高温度使电离平衡向[13]＿＿＿＿的方向移动。

②浓度：稀释弱电解质溶液，电离平衡向[14]＿＿＿＿的方向移动，因为离子相互碰撞结合为分子的几率减小。

③相同离子的影响：在弱电解质溶液中加入与弱电解质有相同离子的强电解质时，电离平衡向[15]＿＿＿＿＿＿的方向移动。

[归纳总结]

以醋酸的电离平衡 $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ 为例。

项目	平衡移动方向	$c(H^+)$	H^+ 数目	导电能力
加水稀释	向右	减小	增多	减弱
升高温度	向右	增大	增多	增强
加 NaOH	向右	减小	减少	增强
加 H_2SO_4	向左	增大	增多	增强
加 $CH_3COONH_4(s)$	向左	减小	减少	增强
加金属 Mg	向右	减小	减少	增强

对点训练

1. 下列说法正确的是　(　　)

A. 根据溶液中有 CH_3COOH、CH_3COO^- 和 H^+ 即可证明 CH_3COOH 达到电离平衡状态

B. 根据溶液中 CH_3COO^- 和 H^+ 的物质的量浓度相等可证明 CH_3COOH 达到电离平衡状态

C. 当 $NH_3 \cdot H_2O$ 达到电离平衡时，溶液中 $NH_3 \cdot H_2O$、NH_4^+ 和 OH^- 的浓度相等

D. H_2CO_3 是分步电离的，电离程度依次减弱

2. 在氨水中存在下列电离平衡：$NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$，下列情况能引起电离平衡向正向移动的有(　　)

①加 NH_4Cl 固体　②加 NaOH 溶液　③通 HCl　④加 CH_3COOH 溶液　⑤加水　⑥加压

A. ①③⑤　　B. ①④⑥

C. ③④⑤　　D. ①②④

知识点二　电离常数

知识梳理

1. 概念：在一定温度下，当[16]＿＿＿＿＿＿在水溶液中达到电离平衡时，[17]＿＿＿＿＿＿与[18]＿＿＿＿＿＿的比值是一个常数。

2. 表达式

一元弱碱：$BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$

$K_b =$ [19]＿＿＿＿＿＿；

一元弱酸：$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$　$K_a =$ [20]＿＿＿＿＿＿；

多元弱酸：$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$、$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$，其电离常数表达式分别为

$K_{a1} =$ [21]＿＿＿＿＿＿、$K_{a2} =$ [22]＿＿＿＿＿＿。

3. 意义：表示弱电解质的电离能力。相同温度(T)下，用 K 的大小来衡量弱电解质的相对强弱。

(1)同一类型的弱电解质在相同温度下，K 越大，弱电解质的电离能力越[23]＿＿＿＿。

(2)多元弱酸分步电离，K_{a1} [24]＿＿＿＿ K_{a2} [25]＿＿＿＿ K_{a3}……，酸的酸性强弱由[26]＿＿＿＿决定。

[归纳总结]

(1)电离常数的大小由物质本身的性质决定，同一温度下，不同弱电解质的电离常数不同，K 值越大，电离程度越大。

(2)同一弱电解质在同一温度下改变浓度时，其电离常数不变。

(3)电离常数 K 只随温度的变化而变化，升高温度，K 值增大。

(4)多元弱酸电离常数：$K_{a1} \gg K_{a2} \gg K_{a3}$，其酸性主要由第一步电离决定，$K$ 值越大，相应酸的酸性越强。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

对点训练

3. 已知下面三个数据：7.2×10^{-4}、4.6×10^{-4}、4.9×10^{-10} 分别是三种酸的电离平衡常数，若已知这些酸可发生如下反应：①$NaCN+HNO_2=\!=\!=HCN+NaNO_2$，②$NaCN+HF=\!=\!=HCN+NaF$，③$NaNO_2+HF=\!=\!=HNO_2+NaF$。由此可判断下列叙述中不正确的是（　　）

A. HF 的电离平衡常数为 7.2×10^{-4}

B. HNO_2 的电离平衡常数为 4.9×10^{-10}

C. 根据①③两个反应即可知三种酸的相对强弱

D. HNO_2 的电离平衡常数比 HCN 大，比 HF 小

4. 已知 $K_a(CH_3COOH)=1.75\times10^{-5}$，计算 0.1 mol·L^{-1} CH_3COOH 溶液中 H^+ 的浓度。

知识点三　一元强酸与一元弱酸的比较

知识梳理

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

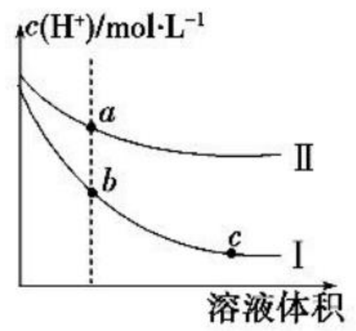
比较项目 / 一元酸	$c(H^+)$	酸性	中和碱的能力	与足量活泼金属反应产生 H_2 的总量	与同一金属反应时的起始反应速率
一元强酸	27 ____	28 ____	31 ____	32 ____	33 ____
一元弱酸	29 ____	30 ____			34 ____

2. 相同体积、相同 $c(H^+)$ 的一元强酸与一元弱酸的比较

比较项目 / 一元酸	c(酸)	酸性	中和碱的能力	与足量活泼金属反应产生 H_2 的总量	与同一金属反应时的起始反应速率
一元强酸	35 ____	37 ____	38 ____	39 ____	42 ____
一元弱酸	36 ____		40 ____	41 ____	

对点训练

5. 某温度下，等体积、$c(H^+)$ 相同的盐酸和醋酸溶液分别加水稀释，溶液中的 $c(H^+)$ 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

6. 在 a、b 两支试管中，分别装入形态相同、质量相等的锌粒，然后向两试管中分别加入足量的相同物质的量浓度、相同体积的稀盐酸和稀醋酸。填写下列空白：

(1)a、b 两支试管中产生气泡的速率 _____，原因是 _____。

(2)反应完毕后 a、b 两支试管中生成气体的总体积是 V(a) _____ V(b)，原因是 _____。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 在醋酸溶液中，CH_3COOH 的电离达到平衡的标志是（　　）

A. 溶液显电中性

B. 溶液中无醋酸分子

C. 氢离子浓度恒定不变

D. 溶液中 CH_3COOH 和 CH_3COO^- 共存

2. 向 0.1 mol·L^{-1} CH_3COOH 溶液中加入少量的 CH_3COONa 晶体时，会引起（　　）

A. 溶液的 $c(CH_3COO^-)$ 增大

B. 溶液中的 $c(H^+)$ 增大

C. 溶液的导电能力减弱

D. 醋酸的电离平衡正移

3. 在 100 mL 0.1 mol·L^{-1} 的醋酸溶液中，欲使醋酸的电离程度增大，H^+ 浓度减小，可采用的方法是（　　）

A. 加热

B. 加入 100 mL 0.1 mol·L^{-1} 的醋酸溶液

C. 加入少量的 0.5 mol·L^{-1} 的硫酸

D. 加入少量的 1 mol·L^{-1} 的 NaOH 溶液

4. 将浓度为 0.1 mol·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(HF)

C. $c(F^-)/c(H^+)$　　D. $c(H^+)/c$(HF)

5. 下表是常温下某些一元弱酸的电离常数：

弱酸	HCN	HF	CH_3COOH	HNO_2
电离常数	6.2×10^{-10}	6.8×10^{-4}	1.8×10^{-5}	6.4×10^{-6}

则 0.1 mol/L 的下列溶液中，$c(H^+)$ 最大的是（　　）

A. HCN　　B. HF

C. CH_3COOH　　D. HNO_2

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

6. 根据下表提供的数据可知，在溶液中能大量共存的微粒是　　（　　）

化学式	电离常数
CH_3COOH	$K=1.7\times10^{-5}$
HCN	$K=4.9\times10^{-10}$
H_2CO_3	$K_1=4.3\times10^{-7}$，$K_2=5.6\times10^{-11}$

A. H_2CO_3、HCO_3^-、CH_3COO^-、CN^-
B. HCO_3^-、CH_3COOH、CN^-、CO_3^{2-}
C. HCN、HCO_3^-、CN^-、CO_3^{2-}
D. HCN、HCO_3^-、CH_3COO^-、CN^-

7. 将 6 g CH_3COOH 溶于水配成 1 L 溶液，此溶液的物质的量浓度为　　，经测定溶液中含 CH_3COO^- 为 1.4×10^{-3} mol·L^{-1}，此温度下醋酸的电离常数：$K_a=$　　，温度升高 K_a 将　　（填“变大”“变小”或“不变”）。

8. 试用简单的实验证明在醋酸溶液中存在着 $CH_3COOH\rightleftharpoons CH_3COO^-+H^+$ 的电离平衡（要求写出简要操作、实验现象及实验能说明的问题）。

层级二　应试提能练

1. 将 1 mol 冰醋酸加入到一定量的蒸馏水中最终得到 1 L 溶液。下列各项中，表明已达到电离平衡状态的是　　（　　）
A. 醋酸的浓度达到 1 mol·L^{-1}
B. H^+ 的浓度达到 0.5 mol·L^{-1}
C. 醋酸分子的浓度、醋酸根离子的浓度、H^+ 的浓度均为 0.5 mol·L^{-1}
D. 醋酸分子电离成离子的速率和离子重新结合成醋酸分子的速率相等

2. （**2019·长郡中学高二检测**）(1) $Al(OH)_3$ 的电离方程式为 $Al(OH)_3\rightleftharpoons AlO_2^-+H^++H_2O$（酸式电离）、$Al(OH)_3\rightleftharpoons Al^{3+}+3OH^-$（碱式电离）
(2)无水 $AlCl_3$ 晶体的沸点为 182.9 ℃，溶于水的电离方程式为 $AlCl_3=\!=\!=Al^{3+}+3Cl^-$
(3) $PbSO_4$ 难溶于水，易溶于醋酸钠溶液，反应的化学方程式为 $PbSO_4+2CH_3COONa=\!=\!=Na_2SO_4+(CH_3COO)_2Pb$
则下列关于 $Al(OH)_3$、$AlCl_3$ 和 $(CH_3COO)_2Pb$ 的说法中正确的是　　（　　）
A. 均为强电解质　　B. 均为弱电解质
C. 均为离子化合物　　D. 均为共价化合物

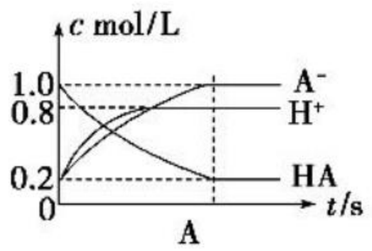
3. 化合物 HIn 在水溶液中因存在以下电离平衡：

$$\underset{\text{（红色）}}{HIn(\text{溶液})}\rightleftharpoons\underset{\text{（溶液）}}{H^+}+\underset{\text{（黄色）}}{In^-(\text{溶液})}$$

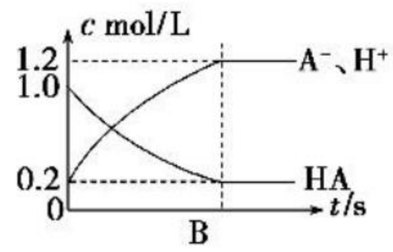
故可用作酸碱指示剂。现有浓度为 0.02 mol·L^{-1} 的下列各溶液：①盐酸　②石灰水　③NaCl 溶液　④$NaHSO_4$ 溶液　⑤$NaHCO_3$ 溶液　⑥氨水，其中能使指示剂显红色的是　　（　　）
A. ①④⑤　　B. ②⑤⑥
C. ①④　　D. ②③⑥

4. 已知 25 ℃ 下，醋酸溶液中存在下述关系：$K_a=\dfrac{c(H^+)\cdot c(CH_3COO^-)}{c(CH_3COOH)}=1.75\times10^{-5}$，其中 K_a 的数值是该温度下醋酸的电离平衡常数。有关 K_a 的下列说法正确的是　　（　　）
A. 当向该溶液中加入一定量的硫酸时，K_a 值增大
B. 升高温度，K_a 值增大
C. 向醋酸溶液中加水，K_a 值增大
D. 向醋酸溶液中加氢氧化钠，K_a 值增大

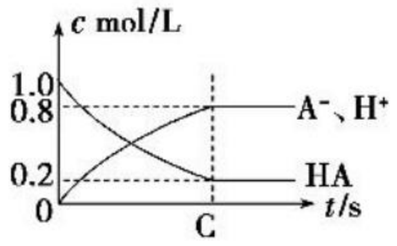
5. 一元弱酸 HA(aq) 中存在下列电离平衡：$HA\rightleftharpoons H^++A^-$，如图将 1.0 mol HA 分子加入 1.0 L 水中，溶液中 HA、H^+、A^- 的物质的量浓度随时间而变化的曲线正确的是　　（　　）



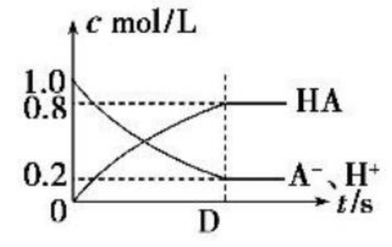
A



B



C



D

6. H^+ 浓度相同的等体积的两份溶液 A 和 B，A 为盐酸，B 为醋酸，分别和锌反应，若最后仅有一份溶液中存在锌，且放出的氢气的体积相等，则下列说法正确的是　　（　　）
①反应所需要的时间 B>A
②开始反应时的速率 A>B
③参加反应的锌的物质的量 A=B
④反应过程的平均速率 B>A
⑤盐酸里有锌剩余
⑥醋酸里有锌剩余
A. ③④⑤　　B. ③④⑥
C. ②③⑤　　D. ②③⑥

7. 如表所示是几种弱酸常温下的电离平衡常数：

CH_3COOH	H_2CO_3	H_2S	H_3PO_4
1.8×10^{-5}	$K_{a1}=4.3\times10^{-7}$ $K_{a2}=5.6\times10^{-11}$	$K_{a1}=9.1\times10^{-8}$ $K_{a2}=1.1\times10^{-12}$	$K_{a1}=7.5\times10^{-3}$ $K_{a2}=6.2\times10^{-8}$ $K_{a3}=2.2\times10^{-13}$

(1) CH_3COOH、H_2CO_3、H_2S、H_3PO_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原因是　　。
(3)同浓度的 CH_3COO^-、HCO_3^-、CO_3^{2-}、S^{2-} 结合 H^+ 的能力由强到弱的顺序为　　。

8. 一定温度下有：a. 盐酸　b. 硫酸　c. 醋酸三种酸。
(1)当其物质的量浓度相同时，$c(H^+)$ 由大到小的顺序是　　。
(2)同体积、同物质的量浓度的三种酸，中和 NaOH 能力的顺序是　　。
(3)当其 $c(H^+)$ 相同时，物质的量浓度由大到小的顺序为　　。
(4)当其 $c(H^+)$ 相同、体积相同时，分别加入足量锌，相同状况下产生气体的体积由大到小的顺序为　　。
(5)当 $c(H^+)$ 相同、体积相同时，同时加入锌，若产生相同体积的 H_2（相同状况），则开始时的反应速率　　，反应所需时间　　。
(6)将 $c(H^+)$ 相同的三种酸均稀释 10 倍后，$c(H^+)$ 由大到小的顺序是　　。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第二节　水的电离和溶液的酸碱性

第一课时　水的电离

1. 了解水的电离。
2. 理解酸、碱等外界条件对水电离平衡的影响。
3. 理解水的离子积常数。

[晨背重点语句]

1. 水是极弱的电解质，其电离方程式为 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$。
2. 常温下，水的离子积常数 $K_w = c(H^+) \cdot c(OH^-) = 1.0 \times 10^{-14}$。
3. K_w 只受温度的影响，不受溶液酸、碱性的影响，温度不变，K_w 不变。
4. 升高温度能促进水的电离，水的离子积常数增大。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　水的电离

知识梳理

1. 水是一种极弱的电解质，电离方程式为①_____，简写为 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$。

2. 影响水电离平衡的因素

改变条件	水的电离平衡	溶液中 $c(H^+)$	溶液中 $c(OH^-)$
升高温度	②_____	③_____	④_____
加入酸	⑤_____	⑥_____	⑦_____
加入碱	⑧_____	⑨_____	⑩_____
加入活泼金属(如 Na)	⑪_____	⑫_____	⑬_____

[归纳总结]

(1)抑制水电离的方法：①外加酸或碱；②加入强酸的酸式盐固体(如 $NaHSO_4$)；③通入酸性气体(如 CO_2)或碱性气体(如 NH_3)；④降温。

(2)促进水电离的方法：①升温；②加入活泼金属(如 Na、K 等)。

对点训练

1. 下列物质溶于水时会破坏水的电离平衡，且属于电解质的是　(　　)
   A. 氯气　　B. 二氧化碳
   C. 碘化钾　　D. 醋酸
2. 能影响水的电离平衡，并使溶液中的 $c(H^+) > c(OH^-)$ 的措施是　(　　)
   A. 向纯水中投入一小块金属钠
   B. 将水加热煮沸
   C. 向水中通入 SO_2
   D. 向水中加入 NaCl

知识点二　水的离子积常数

知识梳理

1. 表达式：K_w = ⑭_____；25 ℃ 时，K_w = ⑮_____。

2. 影响因素：水的离子积 K_w，只受温度的影响，温度升高，K_w ⑯_____。

3. 适用范围：K_w 不仅适用于纯水，还可适用于稀的电解质水溶液。

[归纳总结]

(1)推导水的离子积常数：由精确的实验可知，25 ℃ 时，1 L 纯水(55.6 mol)只有 1×10^{-7} mol H_2O 电离，而 $c(H_2O)$ 几乎不变，可视为常数，又因为 $K_{电离}$ 为常数，所以 $c(H^+) \cdot c(OH^-) = K_{电离} \cdot c(H_2O)$ 为一常数，记为 K_w。

(2)K_w 不仅适用于纯水，还适用于酸、碱及盐的稀溶液，且由水电离的 $c_{水}(H^+) = c_{水}(OH^-)$。

对点训练

3. 关于水的离子积常数，下列说法不正确的是　(　　)
   A. 蒸馏水中，$c(H^+) \cdot c(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$
   B. 纯水中，25 ℃时，$c(H^+) \cdot c(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$
   C. 25 ℃ 时，任何以水为溶剂的稀溶液中，$c(H^+) \cdot c(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$
   D. K_w 值随温度升高而增大
4. 某温度时，测得纯水中 $c(H^+) = 2.4 \times 10^{-7}$ mol·L^{-1}，则 $c(OH^-)$ 为　(　　)
   A. 2.4×10^{-7} mol·L^{-1}　　B. 1.0×10^{-7} mol·L^{-1}
   C. $\frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.4 \times 10^{-7}}$ mol·L^{-1}　　D. 无法确定

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

5. 常温下，0.1 mol·L^{-1}的NaOH溶液中由水电离出的OH$^-$的物质的量浓度为（　　）

A. 0.1 mol·L^{-1}　　B. 1.0×10^{-13} mol·L^{-1}

C. 1.0×10^{-7} mol·L^{-1}　　D. 无法确定

6. 25 ℃时，在0.01 mol·L^{-1}的硫酸溶液中，水电离出的H$^+$的物质的量浓度是（　　）

A. 5×10^{-13} mol·L^{-1}　　B. 0.02 mol·L^{-1}

C. 1×10^{-7} mol·L^{-1}　　D. 1×10^{-12} mol·L^{-1}

[练后归纳]

K_w表达式中，$c(H^+)$、$c(OH^-)$均表示溶液中总浓度。一般情况下有：

(1)酸溶液中$K_w=c(H^+)_{酸}\cdot c(OH^-)_{水}$（忽略水电离出的H$^+$的浓度）。

(2)碱溶液中$K_w=c(H^+)_{水}\cdot c(OH^-)_{碱}$（忽略水电离出的OH$^-$的浓度）。

(3)水电离出的$c(H^+)$与水电离出的$c(OH^-)$一定相等。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列微粒或条件不能使水的电离平衡发生移动的是（　　）

A. HSO_4^-　　B. 升温

C. Na$^+$　　D. OH$^-$

2. 下列说法正确的是（　　）

A. HCl溶液中无OH$^-$

B. NaOH溶液中无H$^+$

C. NaCl溶液中既无OH$^-$也无H$^+$

D. 常温下，任何物质的水溶液中都有H$^+$和OH$^-$，且$K_w=1\times10^{-14}$

3. 如果25 ℃时$K_w=1\times10^{-14}$，t ℃（$t>25$）时$K_w=1\times10^{-12}$，这说明（　　）

A. t ℃时水的电离程度较大

B. 前者$c(H^+)$较后者大

C. 水的电离过程是一个放热过程

D. K_w和T（温度）无直接关系

4. 25 ℃时，把1 mL 0.1 mol·L^{-1}的H_2SO_4加水稀释制成2 L溶液，在此溶液中由水电离产生的H$^+$，接近于（　　）

A. 1×10^{-4} mol·L^{-1}　　B. 1×10^{-8} mol·L^{-1}

C. 1×10^{-11} mol·L^{-1}　　D. 1×10^{-10} mol·L^{-1}

5. 在相同温度下，0.01 mol·L^{-1}NaOH溶液和0.01 mol·L^{-1}的盐酸相比，下列说法正确的是（　　）

A. 由水电离出的$c(H^+)$相等

B. 由水电离出的$c(H^+)$都是1.0×10^{-12} mol·L^{-1}

C. 由水电离出的$c(OH^-)$都是0.01 mol·L^{-1}

D. 两者都促进了水的电离

6. 室温下，某溶液中由水电离产生的$c(H^+)$等于10^{-10} mol·L^{-1}，该溶液的溶质不可能是（　　）

A. $NaHSO_4$　　B. NaCl

C. HCl　　D. $Ba(OH)_2$

7. (1)某温度(t ℃)时，水的$K_w=1\times10^{-12}$，则该温度_____(填“>”“<”或“=”)25 ℃，其理由是_____。

(2)该温度下，在$c(H^+)=1\times10^{-7}$ mol/L的NaOH溶液中，由水电离出的$c(OH^-)=$_____ mol/L。

8. 温度t ℃时，某NaOH稀溶液中$c(H^+)=10^{-a}$ mol·L^{-1}，$c(OH^-)=10^{-b}$ mol·L^{-1}，已知$a+b=12$，请回答下列问题：

(1)该温度下水的离子积常数$K_w=$_____。

(2)该NaOH溶液中NaOH的物质的量浓度为_____，该NaOH溶液中由水电离出的$c(OH^-)$为_____。

(3)给该NaOH溶液加热，pH_____(填“变大”“变小”或“不变”)。

层级二　应试提能练

1. 室温下，若溶液中由水电离产生的$c(OH^-)=1\times10^{-14}$ mol·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. Al^{3+}、Na$^+$、NO_3^-、Cl$^-$　　B. K$^+$、Na$^+$、Cl$^-$、NO_3^-

C. K$^+$、Na$^+$、Cl$^-$、AlO_2^-　　D. K$^+$、NH_4^+、SO_4^{2-}、NO_3^-

2. (**2019·南平高二检测**)下列关于水的离子积常数的叙述中，正确的是（　　）

A. 因为水的离子积常数的表达式为$K_w=c(H^+)\cdot c(OH^-)$，所以K_w随溶液中H$^+$和OH$^-$浓度的变化而变化

B. 水的离子积常数K_w与水的电离平衡常数$K_{电离}$是同一个物理量

C. 水的离子积常数仅仅是温度的函数，随温度的变化而变化

D. 水的离子积常数K_w与水的电离平衡常数$K_{电离}$是两个没有任何关系的物理量

3. 在100 ℃时，100 mL蒸馏水中$c(OH^-)=1\times10^{-6}$ mol·L^{-1}，当改变下列条件之一时，$c(OH^-)$仍然等于1×10^{-6} mol·L^{-1}的是（　　）

①温度降低到25 ℃　②加入10^{-6} mol NaOH固体，保持100 ℃　③加入10^{-6} mol NaCl，保持100 ℃　④蒸发掉50 mL水，保持100 ℃

A. ①②　　B. ③④

C. ①③　　D. ②④

4. 25 ℃时，在等体积的：①0.5 mol/L的H_2SO_4溶液中　②0.05 mol/L $Ba(OH)_2$溶液中　③1 mol/L NaCl溶液中　④纯水中，发生电离的水的物质的量之比是（　　）

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∶2×10^7∶2

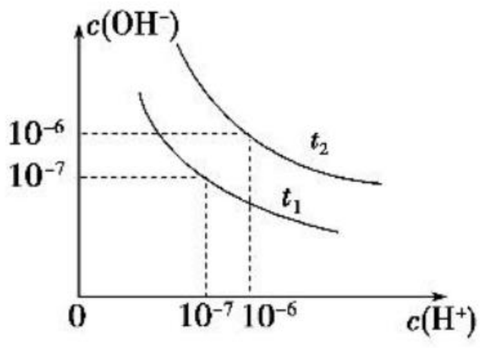
5. (**2019·福建莆田高二检测**)一定温度下，用水稀释0.1 mol/L的一元弱酸HA，随稀释进行，下列数值一定增大的是(K_w表示水的离子积，K_a表示HA的电离常数)（　　）

A. K_w　　B. $\frac{c(H^+)}{K_a}$

C. $\frac{c(HA)}{c(A^-)}$　　D. $c(OH^-)$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

6. 已知在 t_1、t_2 温度下水的电离平衡曲线如图所示，则下列说法中不正确的是（　　）



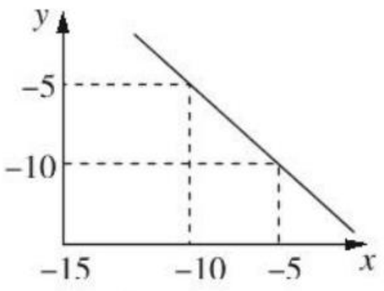
A. $t_1 < t_2$

B. 一定温度下，改变水溶液中 $c(H^+)$ 或 $c(OH^-)$ 的浓度，K_w 不会发生变化

C. t_2 温度 pH 为 2 的 HCl 溶液中，水电离出的 $c(H^+) = 1\times10^{-10}\ mol\cdot L^{-1}$

D. 将 t_1 温度下 0.1 $mol\cdot L^{-1}$ 的盐酸稀释，溶液中所有离子的浓度均相应减小

7. 在某温度下的水溶液中，$c(H^+) = 10^x\ mol/L$，$c(OH^-) = 10^y\ mol/L$，x 与 y 的关系如图所示：



(1) 该温度下，水的离子积为_____。

(2) 该温度下，0.01 mol/L NaOH 溶液中 $c(H^+)$ 为_____。

8. 某同学为探究 K_w 的影响因素，做了以下实验：

(1) 查阅资料，不同温度下水的离子积常数。

t/℃	0	10	20	25	40	50	90	100
$K_w/10^{-14}$	0.134	0.292	0.681	1.01	2.92	5.47	38.0	55.0

由此推出：随着温度的升高，K_w 的值_____；水的电离程度_____；水的电离平衡向_____移动，水的电离过程是_____过程。

(2) 取三支烧杯 A、B、C，分别加入适量水，再向 B、C 烧杯中分别加入适量盐酸和 NaOH，并分析下表：

	纯水	加少量盐酸	加少量 NaOH
$c(H^+)$	1.0×10^{-7} mol/L	增大	
$c(OH^-)$	1.0×10^{-7} mol/L		增大
$c(H^+)$ 和 $c(OH^-)$ 大小比较	$c(H^+) = c(OH^-)$	$c(H^+)$_____$c(OH^-)$	$\frac{c(H^+)}{c(OH^-)}$
水的电离平衡移动方向	不移动		
K_w 值	1.0×10^{-14}		

综上所述，可得出如下结论：

①温度、_____、_____均能影响水的电离平衡。

②K_w 只受_____的影响，而与其他因素无关。

第二课时　溶液的酸碱性与 pH

1. 理解溶液的 $c(H^+)$、pH 与溶液酸碱性的关系。
2. 了解 pH 的概念及测定方法。
3. 知道溶液 pH 的调控在工农业生产和科学研究中的重要应用。
4. 学会计算溶液 pH 的方法。

[晨背重点语句]

1. 溶液酸碱性判断“两依据”

(1) $c(H^+)$ 与 $c(OH^-)$ 相对大小。

(2) 25 ℃时比较 pH 与 7 的相对大小。

2. 溶液的稀释规律“两情况”

(1) 酸稀释，pH 增大，强酸（或弱酸）每稀释至 10^n 倍，其 pH 增大（或增大不到）n 个单位。

(2) 碱稀释，pH 减小，强碱（或弱碱）每稀释 10^n 倍，其 pH 减小（或减小不到）n 个单位。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　溶液的酸碱性与 pH

知识梳理

1. 溶液的酸碱性与 $c(H^+)$、$c(OH^-)$ 的关系

	$c(H^+)$ 与 $c(OH^-)$ 的关系	$c(H^+)$ 的范围（25 ℃）
中性溶液	$c(OH^-)$ [1]_____ $c(H^+)$	$c(H^+)$ [2]_____ 1.0×10^{-7}
酸性溶液	$c(OH^-)$ [3]_____ $c(H^+)$	$c(H^+)$ [4]_____ 1.0×10^{-7}
碱性溶液	$c(OH^-)$ [5]_____ $c(H^+)$	$c(H^+)$ [6]_____ 1.0×10^{-7}

2. 溶液的酸碱性与 pH

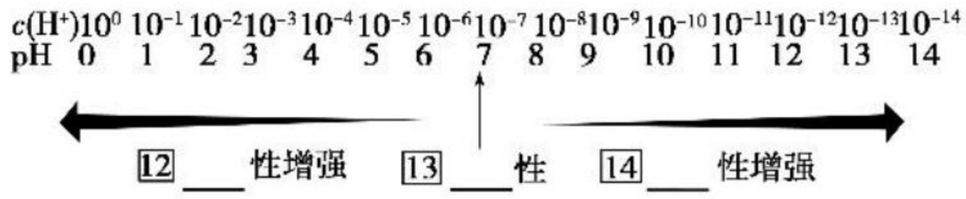
(1) pH

①定义：$c(H^+)$ 的[7]_____，pH = [8]_____。

②意义：pH 越大，溶液的碱性[9]_____；pH 越小，溶液的酸性[10]_____。

③适用范围：[11]_____的溶液。

(2) 常温下，溶液的酸碱性与 pH 的关系



关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

(3)pH 的测定方法

①pH 试纸法：把小片试纸放在⑮_____上，用⑯_____蘸取待测液滴在干燥的 pH 试纸上，试纸变色后，与⑰_____对比，即可确定溶液的 pH。

②pH 计测量法：pH 计也叫酸度计，可用于⑱_____测量溶液 pH。

[归纳总结]

(1)$c(H^+)=10^{-pH}$。

(2)pH 一般适用于表示 $c(H^+)$ 或 $c(OH^-)$ 小于等于 1 $mol\cdot L^{-1}$ 的溶液。

(3)不能用 pH 试纸测量氯水的 pH，因氯水具有漂白性。

对点训练

1. 用 pH 试纸测定某无色溶液的 pH 时，规范的操作是　(　)

A. 将 pH 试纸放入溶液中观察其颜色的变化，跟标准比色卡比较

B. 将溶液倒在 pH 试纸上，跟标准比色卡比较

C. 用干燥洁净的玻璃棒蘸取溶液，滴到 pH 试纸上，跟标准比色卡比较

D. 在试管内放入少量溶液，煮沸，把 pH 试纸放在管口，观察颜色变化，跟标准比色卡比较

2. 下列溶液一定显酸性的是　(　)

A. 溶液中 $c(OH^-)>c(H^+)$

B. 常温时滴加紫色石蕊试液后变红色的溶液

C. 溶液中 $c(H^+)=10^{-6}\ mol\cdot L^{-1}$

D. pH>7 的溶液

3. 某溶液的 pH=6，则该溶液一定显酸性吗？同样，某溶液的 pH=7，则该溶液一定显中性吗？

知识点二　溶液 pH 的计算

学通典例

1. 单一溶液 pH 的计算

【例 1】　计算常温时下列溶液的 pH。

(1)0.005 $mol\cdot L^{-1}$ 的稀硫酸的 pH=_____。

(2)0.005 $mol\cdot L^{-1}$ 的 $Ba(OH)_2$ 溶液的 pH=_____。

[归纳总结]

强酸、强碱溶液中 pH 的计算思路

(1)强酸：$c(酸)\xrightarrow{电离}c(H^+)\longrightarrow pH$。

(2)强碱：$c(碱)\xrightarrow{电离}c(OH^-)\xrightarrow{K_w}c(H^+)\longrightarrow pH$。

2. 溶液稀释时 pH 的计算

【例 2】　常温下，计算下列溶液稀释时的 pH。

(1)pH=3 的盐酸稀释到原来的 10 倍，pH=_____；再稀释 100 倍，pH=_____。

(2)pH=11 的氢氧化钠溶液稀释到原来的 10 倍，pH=_____；再稀释 10 倍，pH=_____；再稀释 100 倍，pH _____。

[归纳总结]

溶液的稀释规律

酸碱溶液无限稀释，pH 只能接近于 7，酸溶液的 pH 不可能大于 7，碱溶液的 pH 不可能小于 7。

3. 溶液混合时 pH 的计算

【例 3】　常温下，计算下列溶液混合时的 pH。已知 lg 5=0.7。

(1)pH=1 的盐酸和 pH=3 的硫酸溶液等体积混合，pH=_____。

(2)pH=9 和 pH=11 的两种氢氧化钠溶液等体积混合，pH=_____。

(3)pH=3 的盐酸和 pH=11 的氢氧化钠溶液等体积混合，pH=_____。

(4)pH=3 的盐酸和 pH=12 的氢氧化钠溶液体积比为_____时，混合后 pH=9。

[归纳总结]

(1)两强酸混合：先求出混合液的 H^+ 浓度，根据 $pH=-\lg c(H^+)_{混}$ 求出溶液的 pH。

(2)两强碱混合：先求出混合液的 OH^- 浓度，通过 K_w 求出 $c(H^+)_{混}$，根据 $pH=-\lg c(H^+)_{混}$ 求出溶液的 pH。

(3)强酸与强碱混合：首先判断是否过量，恰好中和时，溶液呈中性；非完全中和，则依据酸碱反应的相对量，求出混合溶液中过量的 $c(H^+)$ 或 $c(OH^-)$，若是酸过量，则根据 $pH=-\lg c(H^+)_{混}$ 求出溶液的 pH；若是碱过量，通过 K_w 求出 $c(H^+)_{混}$，根据 $pH=-\lg c(H^+)_{混}$ 求出溶液的 pH。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 喷墨打印机墨汁的 pH 为 7.5～9.0。当墨汁喷在纸上时，与酸性物质作用生成不溶于水的固体。由此可知　（　）

①墨汁偏碱性　②墨汁偏酸性　③纸张偏酸性　④纸张偏碱性

A. ①③　　B. ②④

C. ①④　　D. ②③

2. 下列说法正确的是　（　）

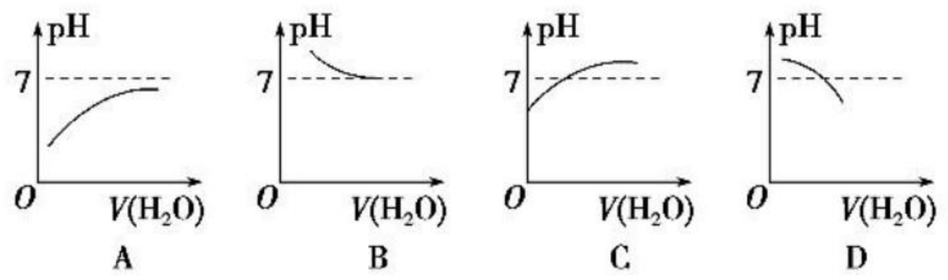
A. pH＝7 的溶液一定显中性

B. pH＝6 的溶液一定显酸性

C. $c(H^+)<c(OH^-)$ 的溶液一定显碱性

D. $c(OH^-)=1\times10^{-6}$ mol/L 的溶液一定显酸性

3. 如图所示，能表示人体大量喝水时，胃液的 pH 变化的图象是　（　）



4. 等浓度的下列稀溶液：①乙酸　②盐酸　③碳酸　④硫酸，它们的 pH 由小到大排列正确的是　（　）

A. ①②③④　　B. ③①②④

C. ④②③①　　D. ④②①③

5. 常温下，将 10 mL pH＝1 的 CH_3COOH 加水稀释至 100 mL 后，溶液的 pH 为　（　）

A. pH＝2　　B. 2＜pH＜7

C. 1＜pH＜2　　D. 无法判断

6. 常温下，将 pH＝8 的 NaOH 溶液与 pH＝10 的 NaOH 溶液等体积混合后，溶液中 $c(H^+)$ 最接近　（　）

A. $(10^{-8}+10^{-10})$ mol·L^{-1}

B. $(10^{-4}+10^{-6})$ mol·L^{-1}

C. 2×10^{-8} mol·L^{-1}

D. 2×10^{-10} mol·L^{-1}

7. 有一学生甲测某溶液的 pH 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；学生乙对学生甲的操作的评价为：操作错误，测定结果一定有误差。学生丙对学生甲操作的评价为：操作错误，但测定结果不一定有误差。

(1)你支持_____(填“乙”或“丙”)同学的观点，原因是_____。

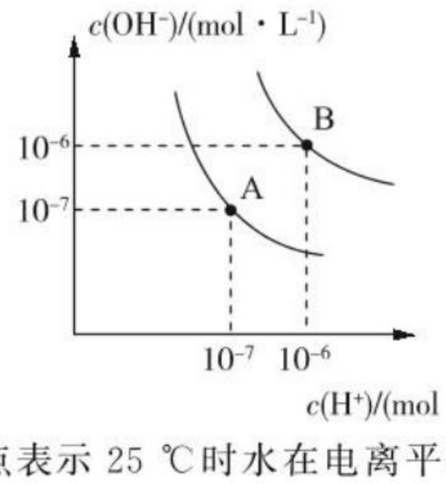
(2)若用此法分别测定 $c(H^+)$ 相等的盐酸和醋酸溶液的 pH，误差较大的是_____溶液，原因是_____。

(3)只从下列试剂中选择实验所需的物品，你_____(填“能”或“不能”)区分 0.1 mol·L^{-1} 的硫酸和 0.01 mol·L^{-1} 的硫酸。若能，简述操作过程：_____。

A. 紫色石蕊试液　　B. 蒸馏水

C. $BaCl_2$ 溶液　　D. pH 试纸

8. 水的电离平衡曲线如图所示。



(1)若以 A 点表示 25 ℃时水在电离平衡时的离子浓度，当温度变为 100 ℃时，水的电离平衡状态到 B 点，则此时水的离子积从_____增加到_____。

(2)常温下，将 pH＝10 的 $Ba(OH)_2$ 溶液与 pH＝5 的稀 HCl 混合，然后保持 100 ℃的恒温，欲使混合溶液 pH＝7，则 $Ba(OH)_2$ 与盐酸的体积比为_____。

层级二　应试提能练

1. (**2018·朝阳区高二检测**)甲溶液的 pH 是 4，乙溶液的 pH 是 5，甲溶液与乙溶液的 $c(H^+)$ 之比为　（　）

A. 10∶1　　B. 1∶10

C. 2∶1　　D. 1∶2

2. 25 ℃时，向 V mL pH＝a 的盐酸中，滴加 pH＝b 的 NaOH 溶液 $10V$ mL 时，溶液中的 Cl^- 和 Na^+ 的物质的量相等，则 $a+b$ 的值是　（　）

A. 13　　B. 14

C. 15　　D. 不能确定

3. 常温下，有 pH＝a 和 pH＝b 的两种氢氧化钠溶液，已知 $b=a+2$，将两种溶液等体积混合后，所得溶液的 pH 接近于　（　）

A. $a-\lg 2$　　B. $b-\lg 2$

C. $a+\lg 2$　　D. $b+\lg 2$

4. (**2019·合肥高二检测**)常温下 pH 为 2 的盐酸，下列叙述正确的是　（　）

A. 将 10 mL 该溶液稀释至 100 mL 后，pH 小于 3

B. 向该溶液中加入等体积 pH 为 12 的氨水恰好完全中和

C. 该溶液中盐酸电离出的 $c(H^+)$ 与水电离出的 $c(H^+)$ 之比为 10^{10}∶1

D. 该溶液中由水电离出的 $c(H^+)_{水}\times c(OH^-)_{水}=1\times10^{-14}$

5. 下列叙述正确的是　（　）

A. 95 ℃纯水的 pH＜7，说明加热可导致水呈酸性

B. pH＝3 的醋酸溶液，稀释至 10 倍后 pH＝4

C. 0.2 mol·L^{-1} 的盐酸，与等体积水混合后 pH＝1

D. pH＝3 的醋酸溶液与 pH＝11 的氢氧化钠溶液等体积混合后 pH＝7

6. 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

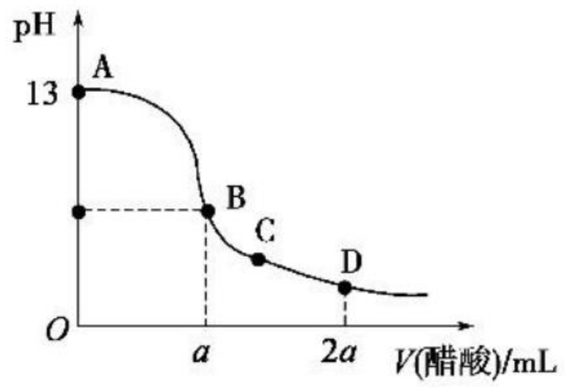
B. 加入 10 mL 的水进行稀释

C. 加入 10 mL 0.01 mol/L 的 NaOH 溶液

D. 加入 10 mL 0.01 mol/L 的 HCl 溶液

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

7. 在 25.00 mL 氢氧化钠溶液中逐滴加入 0.200 0 mol·L^{-1}醋酸溶液，滴定曲线如图所示。



(1)写出氢氧化钠溶液与醋酸溶液反应的离子方程式_____。

(2)该氢氧化钠溶液的物质的量浓度为_____mol·L^{-1}。

(3)设在 B 点时酸碱恰好中和，则 a=_____。

(4)若所加入的酸为 0.200 0 mol·L^{-1}的盐酸，则 D 点时溶液的 $c(H^+)$=_____。

8.(**2018·山东青州高二检测**)如表是不同温度下水的离子积数据：

温度/℃	25	t_1	t_2
水的离子积 K_w	1×10^{-14}	a	1×10^{-12}

试回答以下问题：

(1)若 $25<t_1<t_2$，则 a _____(填“>”“<”或“=”)1×10^{-14}，作此判断的理由是_____。

(2)25 ℃下，某 Na_2SO_4 溶液中 $c(SO_4^{2-})=5\times10^{-4}$ mol·L^{-1}，取该溶液 1 mL 加水稀释至 10 mL，则稀释后溶液中 $c(Na^+):c(OH^-)$=_____。

(3)在 t_2℃下 pH=10 的 NaOH 溶液中，水电离产生的 OH^- 的浓度为_____。

(4)t_2℃下，将 pH=11 的苛性钠溶液 V_1 L 与 pH=1 的稀硫酸 V_2 L 混合(设混合后溶液的体积为原两溶液体积之和)，所得混合溶液的 pH=2，则 $V_1:V_2$=_____。

第三课时　酸碱中和滴定

1. 理解酸碱中和滴定的原理。
2. 初步了解酸碱中和滴定的操作方法。
3. 掌握有关酸碱中和滴定的误差分析。

[晨背重点语句]

1. 酸碱中和滴定实验选用的指示剂为酚酞或甲基橙、一般不选用石蕊试液作指示剂。
2. 进行中和滴定的实验时，滴定管一定要润洗，而锥形瓶不能润洗。
3. 中和滴定操作口诀：
   左手塞，右手瓶；一边滴，一边摇；眼向下，别上瞧；颜色变，等等看；半分钟，记数据。
4. 滴定管读数时，仰视读数，视线偏低，读数偏大；俯视读数，视线偏高，读数偏小。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　酸碱中和滴定

知识梳理

1. 酸碱中和滴定概念：用[1]_____的酸(或碱)来测定[2]_____的碱(或酸)的方法叫做酸碱中和滴定。

2. 滴定的原理：n 元酸与 n'元碱恰好完全中和时：[3]_____=[4]_____。如果用 A 代表一元酸，用 B 代表一元碱，可以利用下列关系式来计算未知碱(或酸)的物质的量浓度：$c_B=\frac{c_AV_A}{V_B}$。

3. 实验关键

(1)准确测定参加反应酸、碱的[5]_____。

(2)准确判断[6]_____。

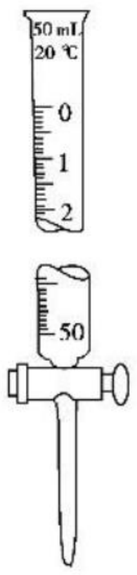
4. 主要仪器及使用

(1)仪器

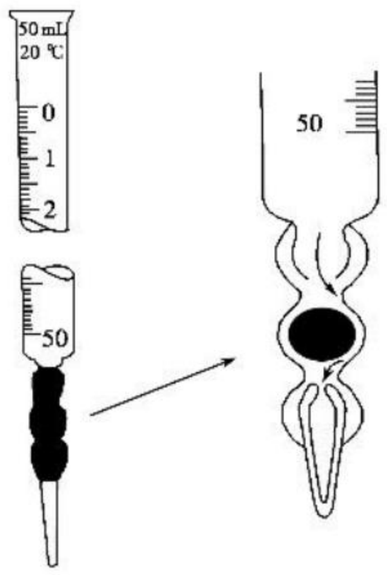
[7]_____　如图 a

[8]_____　如图 b、c

[9]_____、[10]_____、[11]_____、[12]_____



a



b　　c

5. 主要试剂

待测液、标准液、指示剂(一般用[13]_____或[14]_____)。

指示剂	变色范围		
石蕊	pH<5[15]_____	5～8 紫色	>8[16]_____
酚酞	pH<8[17]_____	8～10[18]_____	>10[19]_____
甲基橙	pH<3.1[20]_____	3.1～4.4[21]_____	>4.4[22]_____

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

6. 滴定操作(以标准盐酸滴定待测 NaOH 溶液为例)

(1)查:检查两滴定管是否漏水和堵塞;

(2)洗:先用[23]_____洗涤两滴定管,然后用[24]_____润洗 2～3 遍;

(3)盛、调:分别将酸、碱溶液注入酸、碱滴定管中,使液面位于滴定管刻度"[25]_____"以上 2～3 厘米处,并将滴定管固定在滴定管夹上,然后赶走滴定管内部[26]_____,调节滴定管中液面高度处于某一刻度,并记下读数。

(4)取:从碱式滴定管中放出 25.00 mL 氢氧化钠溶液于[27]_____中,滴入[28]_____试液,将锥形瓶置于酸式滴定管下方,并在瓶底衬一张白纸。

(5)滴定:左手[29]_____,右手[30]_____,边滴入盐酸,边不断摇动锥形瓶,眼睛注视着[31]_____。

(6)记:当看到加一滴盐酸时,锥形瓶中溶液红色突变为无色时,停止滴定,且半分钟内不恢复原来的颜色,准确记下盐酸读数,并准确求得滴定用去的盐酸体积。

(7)算:整理数据进行计算。

[归纳总结]

(1)实验前的准备工作:

滴定管——检漏 → 水洗 → 润洗 → 注液 → 赶气泡 → 调液面 → 初始读数

锥形瓶——水洗 → 装待测液 → 加指示剂

(2)滴定:

左手——控制滴定管活塞

右手——轻轻摇动锥形瓶

眼睛——注视锥形瓶内溶液颜色的变化

对点训练

1. 一只规格为 a mL 的滴定管,其尖嘴部分充满溶液,管内液面在 m mL 处,当液面降到 n mL 处时,下列判断正确的是 (　　)

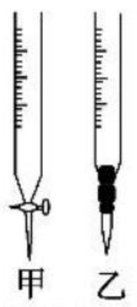
A. 流出溶液的体积为($m-n$)mL

B. 流出溶液的体积为($n-m$)mL

C. 管内溶液体积等于($a-n$)mL

D. 管内溶液体积多于 n mL

2. (双选)用已知浓度的 NaOH 溶液测定某 H_2SO_4 溶液的浓度,如图甲、乙,从下表中选出正确选项 (　　)

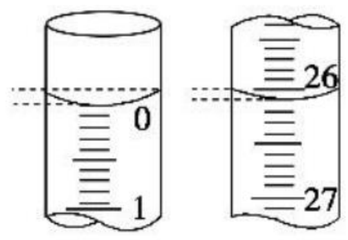


	锥形瓶中溶液	滴定管中溶液	选用指示剂	选用滴定管
A	碱	酸	石蕊	甲
B	酸	碱	酚酞	甲
C	碱	酸	甲基橙	甲
D	酸	碱	酚酞	乙

3. 某学生用已知物质的量浓度的盐酸来测定未知物质的量浓度的 NaOH 溶液时,选择甲基橙作指示剂。请填写下列空白:

(1)用标准的盐酸滴定待测的 NaOH 溶液时,左手握酸式滴定管的活塞,右手摇动锥形瓶,眼睛注视_____,直到因加入一滴盐酸后,溶液由黄色变为橙色,并_____为止。

(2)若滴定开始和结束时,酸式滴定管中的液面如图所示,则起始读数为_____mL,终点读数为_____mL,所用盐酸溶液的体积为_____mL。



(3)某学生根据 3 次实验分别记录有关数据如表:

滴定次数	待测 NaOH 溶液的体积/mL	0.100 0 mol·L^{-1}盐酸的体积/mL		
		滴定前刻度	滴定后刻度	溶液体积/mL
第一次	25.00	0.00	26.11	26.11
第二次	25.00	1.56	30.30	28.74
第三次	25.00	0.22	26.31	26.09

依据表中数据列式计算该 NaOH 溶液的物质的量浓度。

知识点二　中和滴定实验的误差分析

知识梳理

误差分析依据(一元酸、碱的中和滴定):中和滴定实验中,产生误差的途径主要有操作不当,读数不准等,分析误差要根据计算式分析,$c_{待测}=\dfrac{c_{标准}\cdot V_{标准}}{V_{待测}}$,当用标准酸溶液滴定待测碱溶液时,$c_{标准}$、$V_{待测}$ 均为定值,$c_{待测}$ 的大小取决于[32]_____的大小。

【例】 下列实验操作不会引起误差的是 (　　)

A. 酸碱中和滴定时,用待测液润洗锥形瓶

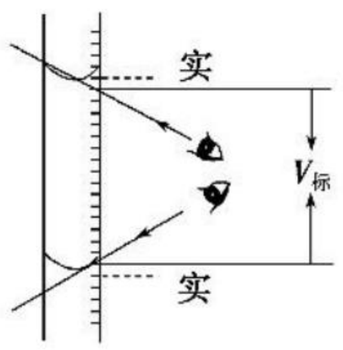
B. 酸碱中和滴定时,用冲洗干净的滴定管盛装标准溶液

C. 用 NaOH 标准溶液测定未知浓度的盐酸时,选用酚酞作指示剂,实验时不小心多加了几滴

D. 用标准盐酸测定未知浓度 NaOH 溶液结束实验时,酸式滴定管尖嘴部分有气泡,开始实验时无气泡

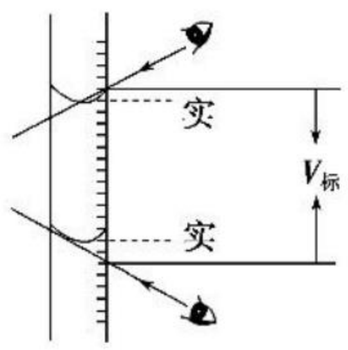
[归纳总结]

读数误差可以用画图的形式来理解和记忆。如开始读数仰视,滴定完毕读数俯视,如图Ⅰ;开始读数俯视,滴定完毕读数仰视,如图Ⅱ。



(图Ⅰ)

($V_{标}$偏小,结果偏低)



(图Ⅱ)

($V_{标}$偏大,结果偏高)

关注微信公众号"教辅资料站"获取更多学习资料

对点训练

4. 以用标准盐酸滴定待测 NaOH 溶液为例，填写下表：

步骤	操作	c(NaOH)
洗涤	未用标准溶液润洗滴定管	_____
	锥形瓶用待测溶液润洗	_____
	未用待测溶液润洗取用待测液的滴定管	_____
	锥形瓶洗净后瓶内还残留有少量蒸馏水	_____
读数	滴定前仰视读数或滴定后俯视读数	_____
	滴定前俯视读数或滴定后仰视读数	_____
操作不当	滴定完毕后立即读数，半分钟后颜色又褪去	_____
	滴定前滴定管尖嘴部分有气泡滴定后气泡消失	_____
	滴定过程中振荡时有液滴溅出	_____
	滴定过程中，锥形瓶内加少量蒸馏水	_____

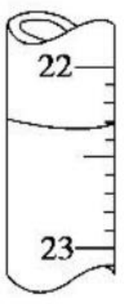
2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENGJILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列叙述，仪器“0”刻度位置正确的是（　　）
   A. 在量筒的上端
   B. 在滴定管的上端
   C. 在托盘天平标尺的正中
   D. 在托盘天平标尺的右端

2. 准确量取 25.00 mL 高锰酸钾溶液，可选用的仪器是（　　）
   A. 500 mL 量筒　　B. 10 mL 量筒
   C. 50 mL 酸式滴定管　　D. 50 mL 碱式滴定管

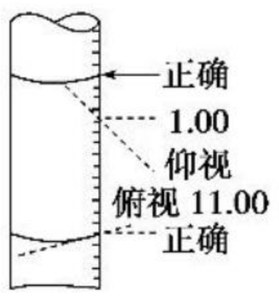
3. 用 0.102 6 mol·L^{-1}的盐酸滴定 25.00 mL 未知浓度的氢氧化钠溶液，滴定达终点时，滴定管中的液面如图所示，正确的读数为（　　）



   A. 22.30 mL　　B. 22.35 mL
   C. 23.65 mL　　D. 23.70 mL

4. 下列有关滴定操作的顺序正确的是（　　）
   ①用标准溶液润洗滴定管　②往滴定管内注入标准溶液　③检查滴定管是否漏水　④滴定　⑤洗涤
   A. ⑤①②③④　　B. ③⑤①②④
   C. ⑤②③①④　　D. ②①③⑤④

5. 某学生用碱式滴定管量取 0.1 mol·L^{-1}的 NaOH 溶液，开始时仰视液面，读数为 1.00 mL。取出部分溶液后，俯视液面，读数为 11.00 mL，该同学在操作中实际取出的液体为（　　）

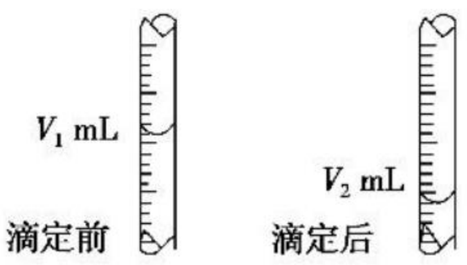


   A. 大于 10.00 mL
   B. 小于 10.00 mL
   C. 等于 10.00 mL
   D. 等于 11.00 mL

6. (**2018·石家庄高二检测**)下列说法不正确的是（　　）
   A. 使用滴定管时，滴定管必须用待装液润洗 2～3 次
   B. 滴定操作中，若用待测液润洗锥形瓶，将导致测定结果偏高
   C. 用 10 mL 的量筒量取 8.58 mL 0.10 mol·L^{-1}的稀盐酸
   D. 稀释浓硫酸时，将浓硫酸缓缓加入水中，并不断用玻璃棒搅拌

7. 现用物质的量浓度为 a mol·L^{-1}的标准 NaOH 溶液去滴定 V mL 盐酸的物质的量浓度，请填写下列空白：
   (1)碱式滴定管用蒸馏水洗净后，接下来应该进行的操作是_____。
   (2)用标准 NaOH 溶液滴定时，应将标准 NaOH 溶液注入_____(填“甲”或“乙”)中。

   (3)如图是碱式滴定管中液面在滴定前后的读数，c(HCl)=_____ mol·L^{-1}。



8. (**2019·东北师大附中高二检测**)某学生用物质的量浓度为 a mol/L 的标准 NaOH 溶液去测定 V mL HCl 溶液的物质的量浓度，回答下列问题：
   (1)实验前应先检查滴定管_____，实验过程中眼睛注视锥形瓶内溶液颜色变化，直至滴定终点。
   (2)若在滴定前碱式滴定管尖嘴部分留有气泡，滴定后滴定管尖嘴部分气泡消失，则测定的盐酸的物质的量浓度会_____(填“偏大”“偏小”或“不变”，下同)。
   (3)实验前先用待测液润洗锥形瓶，则测定结果会_____。

层级二　应试提能练

1. 下列有关化学实验的叙述正确的是（　　）
   A. 用待测液润洗滴定用的锥形瓶
   B. 一定不能用标准液润洗滴定用的滴定管
   C. 用稀盐酸洗涤盛放过石灰水的试剂瓶
   D. NaOH 溶液保存在带玻璃塞的试剂瓶中

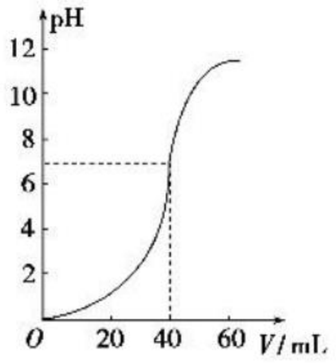
2. 下列与滴定实验有关的说法中正确的是（　　）
   A. 用 NaOH 滴定盐酸时，只能用酚酞作指示剂
   B. 用 $KMnO_4$ 滴定亚硫酸钠溶液的实验中不需要另外加入指示剂
   C. 用滴定管准确量取 20.0 mL 盐酸
   D. 用 NaOH 滴定盐酸时，若滴定结束时俯视刻度，会导致测定结果偏高

3. 用滴定法测定 Na_2CO_3(含 NaCl 杂质)的质量分数，下列操作会引起测定值偏高的是（　　）
   A. 试样中加入酚酞作指示剂，用标准酸液进行滴定
   B. 滴定管用蒸馏水洗涤后，直接注入标准酸液进行滴定
   C. 锥形瓶用蒸馏水洗涤后，直接加入待测溶液进行滴定
   D. 滴定管用蒸馏水洗涤后，直接注入待测液，取 20.00 mL进行滴定

4. (双选)用标准的 KOH 溶液滴定未知浓度的盐酸，若测定结果偏低，其原因可能是（　　）
   A. 配制标准溶液的固体 KOH 中混有 NaOH 杂质
   B. 滴定终点读数时，俯视滴定管的刻度，其他操作正确
   C. 盛装未知液的锥形瓶用蒸馏水洗过后再用未知液润洗
   D. 滴定到终点读数时，发现滴定管尖嘴处悬挂一滴溶液

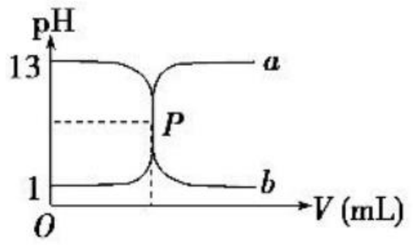
关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

5. 用 1.0 mol·L^{-1} NaOH 溶液中和某浓度硫酸溶液时，其 pH 和所加 NaOH 溶液的体积 V 关系如图所示。原硫酸溶液的物质的量浓度和反应后溶液的总体积是（　　）



A. 1 mol·L^{-1}　60 mL
B. 0.5 mol·L^{-1}　80 mL
C. 0.5 mol·L^{-1}　60 mL
D. 1 mol·L^{-1}　80 mL

6. （**2019·洛阳模拟**）如图曲线 a 和 b 是盐酸与氢氧化钠相互滴定的滴定曲线，下列叙述正确的是（　　）



A. 盐酸的物质的量浓度为1 mol/L
B. P 点时恰好完全反应，溶液呈中性
C. 曲线 a 是盐酸滴定氢氧化钠的滴定曲线
D. 酚酞不能用作本实验的指示剂

7. (1)取体积相同(0.025 L)的两份 0.10 mol/L NaOH 溶液，把其中一份放在空气中一段时间后，溶液的 pH _____（填“增大”“减小”或“不变”），其原因是_____。

(2)用已知浓度的硫酸溶液中和上述两份 NaOH 溶液，若中和第一份(在空气中放置一段时间)所消耗硫酸溶液的体积为 V_A，另一份消耗硫酸溶液的体积为 V_B，则：
①以甲基橙为指示剂时，V_A 与 V_B 的关系是_____；
②以酚酞为指示剂时，V_A 与 V_B 的关系是_____。

8. （**2018·杭州高二质检**）食醋分为酿造醋和配制醋两种。国家规定酿造食醋含量不得低于 3.5 g/100 mL。
(1)某研究小组利用滴定分析法测定某品牌醋中醋酸的含量，下列说法正确的是_____。
a. 用 NaOH 溶液滴定时反应的离子方程式为：$H^+ + OH^- = H_2O$
b. 食醋试样需稀释一定倍数后进行滴定
c. 用 NaOH 溶液滴定食醋，可使用酚酞或甲基橙作指示剂
d. 若测得该品牌食醋的物质的量浓度为 0.75 mol·L^{-1}，则该食醋的总酸量为 4.5 g·100 mL^{-1}

(2)常温下，用 0.100 0 mol·L^{-1} NaOH 溶液分别滴定 20.00 mL 0.100 0 mol·L^{-1} HCl 溶液和 20.00 mL 0.100 0 mol·L^{-1} CH_3COOH 溶液，得到 2 条滴定曲线，如图所示。

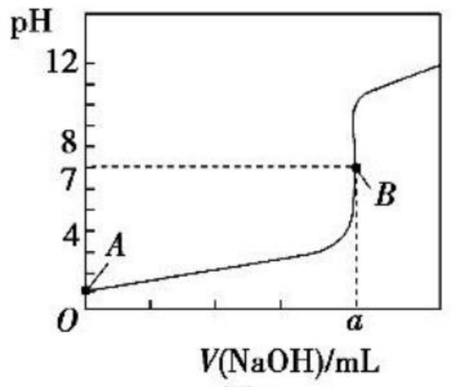


图 1

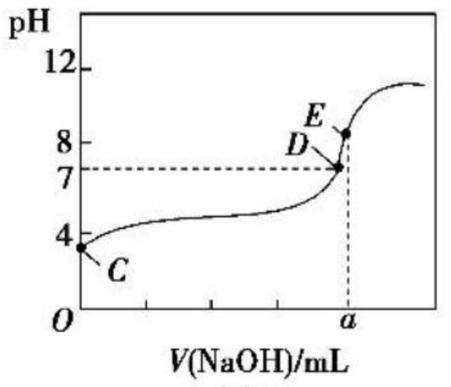


图 2

①滴定醋酸溶液的曲线是_____(填“图 1”或“图 2”)；滴定曲线中 a = _____ mL。
②E 点溶液 pH = 8，呈_____性，该溶液中的溶质是_____。

9. 为准确测定氢氧化钡晶体中 $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$(相对分子质量为 315)的含量进行了如下实验：
(1)配制 250 mL 约 0.1 mol·L^{-1} $Ba(OH)_2$ 溶液：准确称取 w 克试样，置于烧杯中，加适量蒸馏水，_____，将溶液转入_____中，洗涤，定容，摇匀。
(2)滴定：准确量取 25.00 mL 所配 $Ba(OH)_2$ 溶液于锥形瓶中，滴加指示剂，将_____(填“0.020”“0.05”“0.198 0”或“1.5”) mol·L^{-1} 盐酸装入 50 mL 酸式滴定管，滴定至终点，记录数据。重复滴定 2 次，平均消耗盐酸 V mL。
(3)计算：$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 的质量分数 = _____(只列出算式，不做运算)。

第四课时　弱电解质电离平衡及溶液酸碱性知识整合

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　利用分类思想辨析电解质、非电解质、强电解质和弱电解质

知识梳理

- 物质
  - 混和物
  - 纯净物
    - 单质
    - 化合物
      - 电解质
        - 强电解质：强酸、强碱、绝大多数金属氧化物和盐。如 HCl、NaOH、NaCl、$BaSO_4$
        - 弱电解质：弱酸、弱碱和水。如 HClO、$NH_3 \cdot H_2O$、$Cu(OH)_2$、H_2O……
      - 非电解质：大多数非金属氧化物和有机物。如 SO_3、CO_2、$C_6H_{12}O_6$、CCl_4、$CH_2=CH_2$

1. 判断电解质和非电解质
(1)先剔除混合物和单质，二者既不是电解质又不是非电解质，注意盐酸等无氧酸属于混合物。
(2)再依据物质分类判断：酸、碱、盐、水、氧化铝等离子化合物型氧化物，均属于电解质，其他化合物属于非电解质。
(3)自身在水溶液里不能电离的化合物为非电解质。

2. 判断强电解质和弱电解质
(1)强电解质：强酸、强碱、中学绝大多数盐和离子型氧化物。
(2)弱电解质：弱酸、弱碱、醋酸铅和水。

3. 导电的物质
(1)导体：金属、石墨。
(2)含自由移动离子的溶液或熔融体。

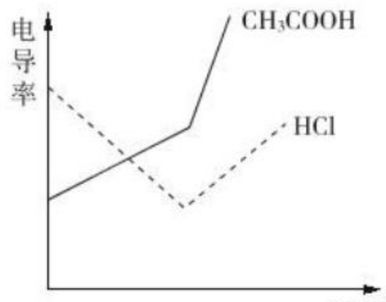
[归纳总结]

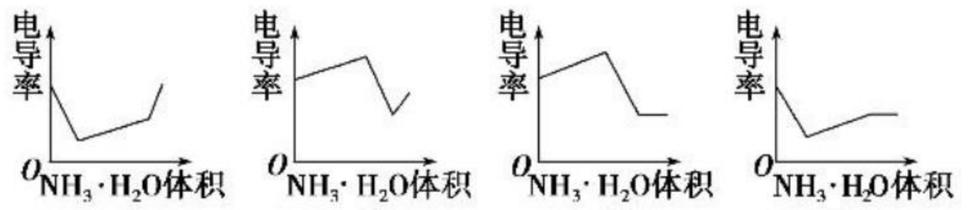
判断强电解质、弱电解质的唯一标准是电解质在水溶液中能否完全电离。而溶液的导电性取决于溶液中离子的浓度和离子所带的电荷，要注意二者的区别。判断一种物质是电解质还是非电解质时，要注意物质溶于水时有没有和水发生反应。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

对点训练

1. 电导率是衡量电解质溶液导电能力大小的物理量。根据溶液电导率变化可以确定滴定反应的终点。如图是用 KOH 溶液分别滴定 HCl 溶液和 CH_3COOH 溶液的滴定曲线示意图。下列示意图中，能正确表示用 $NH_3 \cdot H_2O$ 溶液滴定 HCl 和 CH_3COOH 混合溶液的滴定曲线的是（　　）





A　B　C　D

2. 有下列物质：①氨气　②氨水　③盐酸　④CH_3COOH　⑤硫酸钡　⑥氯化银　⑦氯化钠　⑧二氧化碳　⑨醋酸铵　⑩氢气

(1)属于强电解质的是_____(均填序号)；

(2)属于弱电解质的是_____；

(3)属于非电解质的是_____。

知识点二　强酸与弱酸的比较

知识梳理

1. 强酸(HA)与弱酸(HB)的区别

(1)溶液的物质的量浓度相同时，pH(HA)[1]_____pH(HB)；

(2)pH 相同时，溶液的浓度 c(HA)[2]_____c(HB)；

(3)pH 相同时，加水稀释同等倍数后，pH(HA)[3]_____pH(HB)。

2. 通过实验判定强、弱电解质的方法(以 CH_3COOH 为例)

(1)溶液导电性对比实验；

(2)测 0.01 mol/L CH_3COOH 溶液的 pH>2；

(3)测 pH=a 的 CH_3COOH 稀释 100 倍后所得溶液 pH<a+2；

(4)中和 10 mL pH=1 的 CH_3COOH 溶液消耗 pH=13 的 NaOH 溶液的体积大于 10 mL；

(5)比较物质的量浓度相同的 CH_3COOH 溶液与盐酸分别与同样的锌粒反应产生气体的速率。

对点训练

3. 对室温下 pH 相同、体积相同的醋酸和盐酸两种溶液分别采取下列措施，有关叙述正确的是（　　）

A. 加适量的醋酸钠晶体后，两溶液的 pH 均增大

B. 使温度都升高 20 ℃，两溶液的 pH 均不变

C. 加水稀释 2 倍后，两溶液的 pH 均减小

D. 加足量的锌充分反应后，两溶液中产生的氢气一样多

4. pH 相同的盐酸(甲)和醋酸(乙)，用“>”“=”或“<”填写：

(1)溶液中 $c(H^+)$：甲_____乙；溶液的物质的量浓度：甲_____乙。

(2)同体积的两种溶液稀释成相同 pH 的溶液，需加入水的体积：甲_____乙。

知识点三　依据勒夏特列原理分析影响弱电解质电离平衡的因素

知识梳理

1. 水电离平衡：$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

(1)抑制因素：酸、碱和降温。

(2)促进因素：升温、加入金属钠或过氧化钠等。

2. 弱电解质的电离平衡(以 $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ 为例)

(1)影响因素：温度、浓度、酸、碱、可溶性醋酸盐等。

(2)稀释时平衡移动方向的判断方法

①利用勒夏特列原理判断：稀释时微粒总浓度减小，平衡向着微粒总浓度增加的正向移动。

②利用 Q_c 与 K_a 的关系判断：若稀释 1 倍，$Q_c = \dfrac{\frac{1}{2}c(H^+) \cdot \frac{1}{2}c(CH_3COO^-)}{\frac{1}{2}c(CH_3COOH)} = \dfrac{1}{2}K_a$，电离平衡向正向移动。

(3)醋酸的浓度与醋酸电离度的关系：醋酸浓度越大，电离度越小；反之，电离度越大。

对点训练

5. 在 100 mL 0.1 mol·L^{-1} CH_3COOH 溶液中，欲使 CH_3COOH 的电离程度和溶液的 $c(H^+)$ 都增大，其方法是（　　）

A. 加入少量的 1 mol·L^{-1} NaOH 溶液

B. 加入少量的 1 mol·L^{-1} HCl 溶液

C. 加入等体积水

D. 进行微热

6. 下列叙述正确的是（　　）

A. 无论是纯水，还是酸性、碱性或中性稀溶液，在常温下，其 $c(H^+) \cdot c(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$

B. $c(H^+)$ 等于 1×10^{-7} mol·L^{-1} 的溶液一定是中性溶液

C. 0.2 mol·L^{-1} CH_3COOH 溶液中的 $c(H^+)$ 是 0.1 mol·L^{-1} CH_3COOH 溶液中的 $c(H^+)$ 的 2 倍

D. 任何浓度的溶液都可以用 pH 来表示其酸性的强弱

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点四　电离平衡常数及其相关计算

知识梳理

电离平衡常数只受温度的影响，因电离是吸热过程，因此升高温度，K 值[4]_____，多元弱酸的各级电离常数的大小关系是[5]_____，因此其酸性取决于第一步。

对点训练

7. 弱酸溶液中存在电离平衡。室温下，几种弱酸的电离常数如下：

①醋酸　$K_a=1.8\times10^{-5}$

②草酸　$K_{a1}=5.9\times10^{-2}$，$K_{a2}=6.4\times10^{-5}$

③硼酸　$K_a=5.8\times10^{-10}$

④邻苯二甲酸　$K_{a1}=1.1\times10^{-3}$，$K_{a2}=3.9\times10^{-6}$

(1)25 ℃时，0.1 mol/L 的上述四种酸溶液，pH 由小到大的顺序是_____(用序号表示)。

(2)25 ℃时，0.1 mol/L 醋酸溶液的 pH＝_____(lg 1.8＝0.26)。已知：弱电解质在溶液中达到电离平衡时，溶液中已经电离的电解质分子数占原来电解质总分子数的百分数叫电离度。将 0.1 mol/L 醋酸溶液稀释 10 倍，其电离度变为原来的_____倍(用代数式表示)。

(3)$Na_2C_2O_4$ 第一步水解反应的平衡常数表达式是_____，室温下，向 0.01 mol/L$Na_2C_2O_4$ 溶液中滴加盐酸至 pH＝1 时，溶液中 $HC_2O_4^-$ 与 $H_2C_2O_4$ 物质的量浓度之比为_____。

8. 在 25 ℃下，将 a mol·L^{-1} 的氨水与 0.01 mol·L^{-1} 的盐酸等体积混合，反应平衡时溶液中 $c(NH_4^+)=c(Cl^-)$，则溶液显_____(填“酸”“碱”或“中”)性；用含 a 的代数式表示 $NH_3\cdot H_2O$ 的电离常数 K_b＝_____。

知识点五　多角度计算溶液的 pH

知识梳理

pH 计算类试题的基本计算公式，pH＝[6]_____，若溶液显碱性，则先求出 $c(OH^-)$，再结合离子积常数 K_w＝[7]_____得出 $c(H^+)$再计算 pH。

pH 计算试题常见类型有①单一溶液 pH 计算，②稀释溶液 pH 计算，③混合溶液 pH 计算。

注意：①当溶液中 $c(H^+)$或 $c(OH^-)$极小时，不能忽略水的电离。

②只有常温时，$K_w=10^{-14}$，其他温度时，K_w 由题意计算得出。

对点训练

9. 25 ℃时，若 pH＝a 的 10 体积某强酸溶液与 pH＝b 的 1 体积某强碱溶液混合后溶液呈中性，则混合之前该强酸的 pH 与强碱的 pH 之间应满足的关系　(　　)

A. $a+b=14$　　B. $a+b=13$

C. $a+b=15$　　D. $a+b=7$

10. 已知 lg 2＝0.3，电离度＝$\frac{\text{已电离的分子数}}{\text{已电离的分子数+未电离的分子数}}\times100\%$，$NH_3\cdot H_2O$ 的电离度 $\alpha=1\%$。求常温时下列溶液的 pH：

(1)0.005 mol·L^{-1} 的 H_2SO_4 溶液；

(2)已知 CH_3COOH 的电离常数 $K_a=1.8\times10^{-5}$，0.1 mol·L^{-1} 的 CH_3COOH 溶液；

(3)0.1 mol·L^{-1} 的 $NH_3\cdot H_2O$ 溶液。

2 课后提能·层级练　KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列关于强弱电解质的叙述中正确的是　(　　)

A. 强电解质都是离子化合物，弱电解质都是共价化合物

B. 强电解质都是可溶性化合物，弱电解质都是难溶性化合物

C. 强电解质的水溶液中无溶质分子，弱电解质的水溶液中有溶质分子

D. 强电解质的导电能力强，弱电解质的导电能力弱

2. (**2019·绵阳高二诊断**)25 ℃时，水的电离达到平衡：$H_2O\rightleftharpoons H^++OH^-$　$\Delta H>0$，下列叙述正确的是　(　　)

A. 向水中加入稀氨水，平衡逆向移动，$c(OH^-)$减小

B. 向水中加入少量固体硫酸氢钠，$c(H^+)$增大，K_w 不变

C. 降温，平衡逆向移动，$c(H^+)$减小，溶液呈碱性

D. 将水加热，K_w 增大，pH 不变

3. 已知 25 ℃，醋酸溶液中各微粒存在下述关系：$K=\frac{c(CH_3COO^-)\cdot c(H^+)}{c(CH_3COOH)}=1.75\times10^{-5}$，下列有关说法可能成立的是　(　　)

A. 25 ℃条件下，向该溶液中加入一定量的盐酸时，$K=8\times10^{-5}$

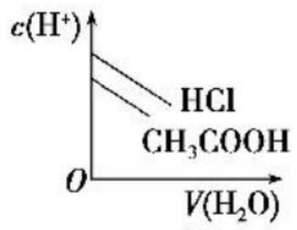
B. 25 ℃条件下，向该溶液中加入一定量的盐酸时，$K=2\times10^{-4}$

C. 标准状况下，醋酸溶液中 $K=1.75\times10^{-5}$

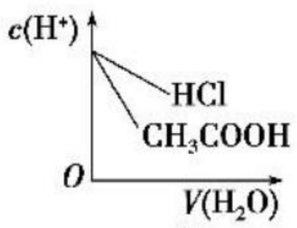
D. 升高到一定温度，$K=7.2\times10^{-5}$

4. 0.1 mol·L^{-1} 的醋酸与 0.1 mol·L^{-1} 的盐酸，分别稀释相同的倍数，随着水的加入，溶液中 $c(H^+)$的变化曲线(如图)正确的是　(　　)

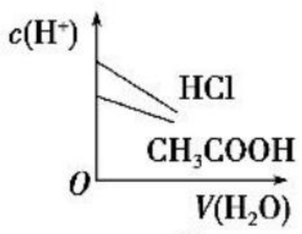
关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料



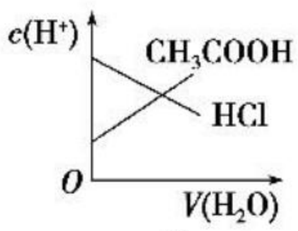
A



B



C



D

5. 下列叙述中正确的是　　(　　)

A. 盐酸的导电能力一定比醋酸强

B. 因为醋酸是弱电解质，盐酸是强电解质，因而中和等体积等物质的量浓度的醋酸和盐酸时，中和盐酸消耗的氢氧化钠比中和醋酸多

C. 足量铁分别和等体积、等物质的量浓度的醋酸和盐酸反应，产生 H_2 的量相等，放出 H_2 的速率不等

D. 物质的量浓度相同的磷酸钠溶液和磷酸溶液中，PO_4^{3-} 物质的量浓度相同

6. 25 ℃时有甲、乙两杯醋酸溶液，甲的 pH＝2，乙的 pH＝3，下列判断正确的是　　(　　)

A. 甲中由水电离出来的 H^+ 的物质的量浓度是乙中由水电离出来的 H^+ 的物质的量浓度的 $\frac{1}{10}$

B. 甲、乙两杯溶液的物质的量浓度之间的关系为 c(甲)＝10c(乙)

C. 中和等物质的量的 NaOH，需甲、乙两杯醋酸的体积(V)之间的关系为 10V(甲)＞V(乙)

D. 甲中的 $c(OH^-)$ 为乙中的 $c(OH^-)$ 的 10 倍

7. (1)常温下，将 a mol·L^{-1} CH_3COONa 溶于水配成溶液，向其中滴加等体积的 b mol·L^{-1} 的盐酸使溶液呈中性(不考虑盐酸和醋酸的挥发)，用含 a 和 b 的代数式表示醋酸的电离常数 K_a＝_____。

(2)在一定条件下可用甲醇与 CO 反应生成醋酸消除 CO 污染。常温下，将 a mol·L^{-1} 的醋酸与 b mol·L^{-1} $Ba(OH)_2$ 溶液等体积混合，充分反应后，溶液中存在 $2c(Ba^{2+})=c(CH_3COO^-)$，则该混合溶液中醋酸的电离常数 K_a＝_____(用含 a 和 b 的代数式表示)。

8. 用中和滴定的方法测定 NaOH 和 Na_2CO_3 的混合液中 NaOH 含量时，可先在混合液中加入过量的 $BaCl_2$ 溶液，使 Na_2CO_3 完全变成 $BaCO_3$ 沉淀，然后用标准盐酸滴定(用酚酞做指示剂)，试回答：

(1)滴定时 $BaCO_3$ 能否溶解？理由是_____。

(2)如用甲基橙作指示剂，则测定的结果_____(填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

层级二　应试提能练

1. 在 100 ℃时，NaCl 溶液中 $c(H^+)=1\times10^{-6}$ mol·L^{-1}，下列说法中不正确的是　　(　　)

A. 该 NaCl 溶液显酸性

B. 该 NaCl 溶液显中性

C. 随着温度的升高，水的离子积增大

D. 该 NaCl 溶液中 $K_w=c(H^+)\cdot c(OH^-)=1\times10^{-12}$

2. 用我们日常生活中的食用白醋(醋酸浓度约为 1 mol·L^{-1})进行下列实验，能证明醋酸为弱电解质的是　　(　　)

A. 白醋中滴入石蕊试液呈红色

B. 白醋加入豆浆中有沉淀产生

C. 蛋壳浸泡在白醋中有气体放出

D. 经检验白醋中 $c(H^+)$ 约为 0.01 mol·L^{-1}

3. 常温下，0.1 mol·L^{-1} 醋酸溶液的 pH＝a，下列能使溶液 pH＝a＋1 的措施是　　(　　)

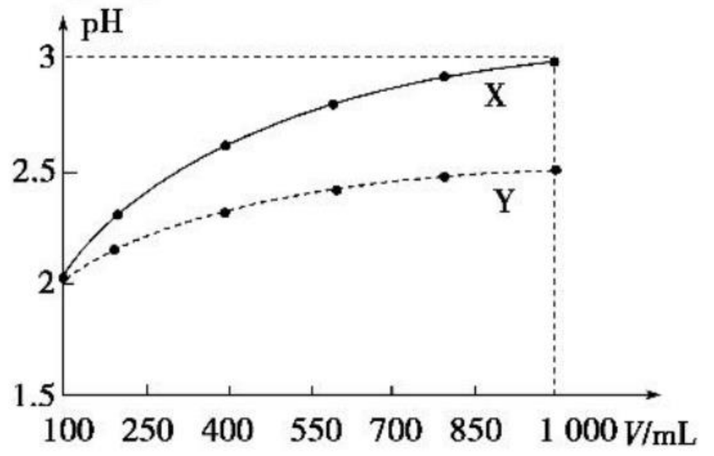
A. 将溶液稀释到原体积的 10 倍

B. 加入适量的醋酸钠固体

C. 加入等体积的 0.2 mol·L^{-1} 盐酸

D. 提高溶液的温度

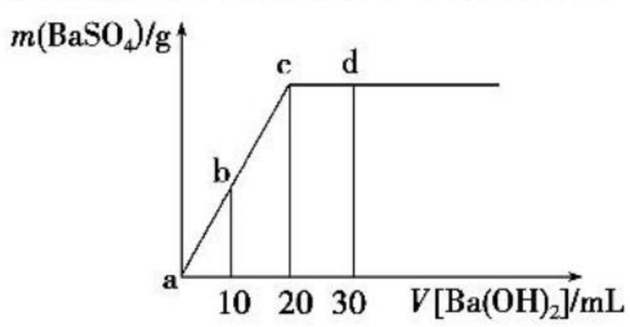
4. pH＝2 的两种一元酸 X 和 Y 的溶液，体积均为 100 mL，稀释过程中 pH 与溶液体积的关系如图所示。分别滴加 NaOH 溶液(c＝0.1 mol/L)至 pH＝7，消耗 NaOH 溶液的体积为 V_X、V_Y，则　　(　　)



A. X 为弱酸，$V_X<V_Y$　　B. X 为强酸，$V_X>V_Y$

C. Y 为弱酸，$V_X<V_Y$　　D. Y 为强酸，$V_X>V_Y$

5. 常温下，向 0.1 mol·L^{-1} 的硫酸溶液中逐滴加入物质的量浓度相同的氢氧化钡溶液，生成沉淀的量与加入氢氧化钡溶液的体积关系如图所示，a、b、c、d 分别表示实验时不同阶段的溶液，下列有关说法中不正确的是　　(　　)



A. 溶液的 pH：a＜b＜c＜d

B. 溶液的导电能力：a＞b＞d＞c

C. a、b 溶液呈酸性

D. c、d 溶液呈碱性

6. 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 H_2SO_4 溶液加水稀释 100 倍，溶液中由水电离产生的 $c(H^+)=1\times10^{-6}$ mol·L^{-1}

C. 将 1 L 0.1 mol·L^{-1} 的 $Ba(OH)_2$ 溶液稀释为 2 L，pH＝13

D. pH＝8 的 NaOH 溶液稀释 100 倍，其 pH＝6

7. (**2019·开封四校高二联考**)已知在 25 ℃时，1 mol·L^{-1} 氨水中 $NH_3\cdot H_2O$ 的电离度为 0.42%，则 $NH_3\cdot H_2O$ 的电离常数 K_b 为_____。

8. 25 ℃时，若体积为 V_a，pH＝a 的某一元强酸与体积为 V_b，pH＝b 的某一元强碱混合，恰好中和，且已知 $V_a<V_b$ 和 $a=0.5b$，请填写下列空白：

(1)a 值可否等于 3_____(填“可”或“否”)，其理由是_____。

(2)a 值可否等于 5_____(填“可”或“否”)，其理由是_____。

(3)a 的取值范围是_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第三节　盐类的水解

第一课时　探究盐溶液的酸碱性　盐类水解原理及水解方程式的书写

1. 了解盐类水解的原理。
2. 掌握盐类水解的方程式。

[晨背重点语句]

1. 盐类水解的规律：有弱才水解，越弱越水解，谁强显谁性，同强显中性。

2. 水解离子方程式书写“两规则”
(1)多元弱酸阴离子是分步水解的，以第一步水解为主。
(2)多元弱碱阳离子水解复杂，可一步写出。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　探究盐溶液的酸碱性

知识梳理

1. 盐的类型及盐溶液的酸碱性

盐溶液	酸碱性	盐类型
NaCl	中性	[1]
Na_2CO_3	碱性	[2]
$NaHCO_3$	碱性	[3]
NH_4Cl	酸性	[4]
Na_2SO_4	中性	[5]
CH_3COONa	碱性	[6]
$(NH_4)_2SO_4$	酸性	[7]

2. 盐的类型与盐溶液酸碱性的关系

强酸弱碱盐：溶液呈[8]_____性；

强酸强碱盐：溶液呈[9]_____性；

强碱弱酸盐：溶液呈[10]_____性。

[归纳总结]

(1)常见的强酸：HCl、H_2SO_4、HNO_3、HBr、HI、$HClO_4$ 等；常见的强碱：NaOH、KOH、$Ca(OH)_2$、$Ba(OH)_2$。

(2)常见的弱酸：HCOOH(甲酸)、醋酸(CH_3COOH)、HClO、H_2CO_3、H_2SiO_3、HF、H_2SO_3、H_3PO_4、H_2S 等；常见的弱碱：$NH_3\cdot H_2O$、$Fe(OH)_3$、$Cu(OH)_2$ 等。

对点训练

1. 从酸碱强弱的角度分析 CH_3COONH_4 属于_____盐。
2. 有下列盐溶液：①KNO_3　②$CuSO_4$　③NaClO，呈酸性的是_____，呈碱性的是_____，呈中性的是_____。

知识点二　盐类水解的原理

知识梳理

1. 盐溶液酸、碱性的理论分析

(1)NH_4Cl 溶液

理论解释	[11]_____和[12]_____结合生成弱电解质[13]_____，使水的电离平衡向[14]_____的方向移动
平衡时酸碱性	使溶液中 $c(H^+)$[15]_____ $c(OH^-)$，溶液呈酸性
总离子方程式	[16]_____

(2)CH_3COONa 溶液

理论解释	[17]_____和[18]_____结合生成弱电解质[19]_____，使水的电离平衡向[20]_____的方向移动
平衡时酸碱性	使溶液中 $c(H^+)$[21]_____ $c(OH^-)$，溶液呈碱性
总的离子方程式	[22]_____

(3)NaCl 溶液

溶液中盐电离出的 Na^+ 和 Cl^- 离子不能与 H_2O 电离出的 H^+ 或 OH^- 生成[23]_____，对水的电离平衡[24]_____，$c(H^+)$[25]_____ $c(OH^-)$，呈中性。

2. 盐类的水解

(1)概念：在溶液中，由盐电离出来的离子跟水电离出来的[26]_____结合生成[27]_____的反应。

(2)实质：生成弱酸或弱碱，使水的电离平衡被破坏而建立起新的平衡。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

(3)表示方法：

①用化学方程式表示：盐＋水⇌酸＋碱。

如 NH_4Cl 水解：28 _____。

②用离子方程式表示：

如 $AlCl_3$ 的水解：29 _____。

[归纳总结]

(1)盐的水解促进了水的电离，使水的电离程度增大。

(2)盐类水解离子方程式的书写方法：

①盐类水解的离子方程式一般应用“⇌”连接，且一般不标“↑”“↓”等状态符号。

②多元弱酸根离子水解的离子方程式应分步书写，水解是以第一步水解为主，如 CO_3^{2-} 水解的离子方程式为：$CO_3^{2-}+H_2O \rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$。

③多元弱碱阳离子的水解比较复杂，一般一步写出，如 Al^{3+} 水解的离子方程式为：$Al^{3+}+3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3+3H^+$。

对点训练

3. 下列有关盐类水解的说法不正确的是 (　　)

A. 盐类水解过程破坏了纯水的电离平衡

B. 盐类水解反应是酸碱中和反应的逆反应

C. 盐类水解的结果使溶液不一定呈中性

D. Na_2S 溶液中 $c(Na^+)$ 是 $c(S^{2-})$ 的 2 倍

4. 下列各式中，水解反应的离子方程式正确的是 (　　)

A. $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O + H^+$

B. $S^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons H_2S + 2OH^-$

C. $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$

D. $CH_3COOH + OH^- \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_2O$

5. 物质的量浓度相同的三种盐 NaX、NaY 和 NaZ 的溶液，其 pH 依次为 8、9、10，则 HX、HY、HZ 的酸性由强到弱的顺序是 (　　)

A. HX、HZ、HY　　B. HZ、HY、HX

C. HX、HY、HZ　　D. HY、HZ、HX

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列物质属于强碱弱酸盐的是 (　　)

A. $BaCl_2$　　B. NH_4Cl

C. NH_4HCO_3　　D. K_2SO_3

2. “84”消毒液在日常生活中被广泛使用。该消毒液无色，pH 大于 7，对某些有色物质有漂白作用。你认为它可能的有效成分是 (　　)

A. SO_2　　B. Na_2CO_3

C. $KMnO_4$　　D. NaClO

3. (**2018·沈阳高二检测**)下列各组离子中，每种离子都能影响水的电离平衡的一组是 (　　)

A. Ag^+、HCO_3^-、PO_4^{3-}、SO_4^{2-}

B. Br^-、Al^{3+}、H^+、CO_3^{2-}

C. Fe^{2+}、SO_3^{2-}、CH_3COO^-、S^{2-}

D. ClO^-、OH^-、Cu^{2+}、Ba^{2+}

4. (**2019·沙市高二检测**)pH＝4 的醋酸和氯化铵溶液中，水的电离程度的关系前者与后者比较 (　　)

A. 大于　　B. 小于

C. 等于　　D. 无法确定

5. 下列关于盐溶液呈酸碱性的说法错误的是 (　　)

A. 盐溶液呈酸碱性的原因是破坏了水的电离平衡

B. NH_4Cl 溶液呈酸性是由于溶液中 $c(H^+)>c(OH^-)$

C. 在 CH_3COONa 溶液中，由水电离的 $c(OH^-)\neq c(H^+)$

D. 水电离出的 H^+ 和 OH^- 与盐中弱离子结合，造成盐溶液呈酸碱性

6. 常温下，一定浓度的某碱性溶液，由水电离出的 $c(OH^-)=10^{-4}\ mol\cdot L^{-1}$，则该溶液中的溶质可能是 (　　)

A. $Al_2(SO_4)_3$　　B. CH_3COONa

C. NaOH　　D. $KHSO_4$

7. 常温下，有两种溶液：

①0.1 $mol\cdot L^{-1}$ CH_3COOH

②0.1 $mol\cdot L^{-1}$ CH_3COONa

(1)溶液①的 pH _____(填“＞”“＜”或“＝”)7，溶液中离子的电荷守恒的关系式是_____。

(2)溶液②呈_____(填“酸”“碱”或“中”)性。其原因是_____(用离子方程式和适当的叙述说明)。

8. (**2019·温州高二检测**)按要求回答下列问题：

(1)$KHSO_4$ 溶液显_____(填“酸”“碱”或“中”)性。其原因是(用电离方程式表示)_____。

(2)$KHCO_3$ 溶液显_____(填“酸”“碱”或“中”)性，其原因是(用离子方程式表示)_____。

(3)将上述两溶液混合，离子反应方程式为_____。

(4)常温下，0.1 mol/L 的下列五种溶液：①CH_3COOH ②NaClO ③NH_4Cl ④NaCl ⑤CH_3COONa，其 pH 由大到小的排列顺序是_____。

层级二　应试提能练

1. NH_4Cl 溶于重水(D_2O)后，产生的一水合氨和水合氢离子均正确的是 (　　)

A. $NH_2D\cdot H_2O$ 和 D_3O^+

B. $NH_3\cdot D_2O$ 和 HD_2O^+

C. $NH_3\cdot HDO$ 和 D_3O^+

D. $NH_2D\cdot HDO$ 和 H_2DO^+

2. 25 ℃时，浓度均为 0.2 mol/L 的 $NaHCO_3$ 和 Na_2CO_3 溶液中，下列判断不正确的是 (　　)

A. 酸根阴离子均存在电离平衡和水解平衡

B. 存在的粒子种类相同

C. $c(OH^-)$ 前者小于后者

D. 分别加入 NaOH 固体，恢复到原温度，$c(CO_3^{2-})$ 均增大

3. 将 0.1 mol 下列物质置于 1 L 水中充分搅拌后，溶液中阴离子数最多的是 (　　)

A. KCl　　B. $Mg(OH)_2$

C. Na_2CO_3　　D. $MgSO_4$

4. (**2018·宜昌高二检测**)A、B、C、D 四种无色溶液，它们分别是 CH_3COONa 溶液、NH_4Cl 溶液、$NaHSO_4$ 溶液和 $BaCl_2$ 溶液中的一种，已知 A、B 溶液的 pH 相同，A、C 溶液混合后溶液变浑浊。下列说法正确的是 (　　)

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

A. D 溶液的 pH＜7
B. C 溶液中的溶质溶于水促进了水的电离
C. 溶液 A 滴入到碳酸氢钠溶液中产生气体
D. 溶液 B 进行焰色反应呈黄色

5. 物质的量浓度相同的下列溶液中，按 pH 由小到大的顺序排列的是（　　）
A. Na_2CO_3、$NaHCO_3$、NaCl、NH_4Cl
B. Na_2CO_3、$NaHCO_3$、NH_4Cl、NaCl
C. $(NH_4)_2SO_4$、NH_4Cl、$NaNO_3$、Na_2S
D. NH_4Cl、$(NH_4)_2SO_4$、Na_2S、$NaNO_3$

6. 由一价离子组成的四种盐：AC、BD、AD、BC 的 1 mol·L^{-1}的溶液，在室温下，前两种溶液的 pH＝7，第三种溶液 pH＞7，最后一种溶液 pH＜7，则（　　）

	A	B	C	D
碱性	AOH＞BOH	AOH＜BOH	AOH＞BOH	AOH＜BOH
酸性	HC＞HD	HC＞HD	HC＜HD	HC＜HD

7. 现有 S^{2-}、SO_3^{2-}、NH_4^+、Al^{3+}、HPO_4^{2-}、Na^+、SO_4^{2-}、AlO_2^-、Fe^{3+}、HCO_3^-、Cl^-等离子，请按要求填空：
(1)在水溶液中，离子水解呈碱性的是_____。
(2)在水溶液中，离子水解呈酸性的是_____。
(3)既能在酸性较强的溶液里大量存在，又能在碱性较强的溶液里大量存在的离子有_____。
(4)既不能在酸性较强的溶液里大量存在，又不能在碱性较强的溶液里大量存在的离子有_____。

8. 按要求书写离子方程式。
(1)NH_4Cl 溶于 D_2O 中：_____。
(2)将 $NaHCO_3$ 溶液与 $AlCl_3$ 溶液混合：_____。
(3)实验室制备 $Fe(OH)_3$ 胶体：_____。
(4)NaHS 溶液呈碱性的原因：_____。
(5)对于易溶于水的正盐 MnRm 溶液，若 pH＞7，其可能原因是_____。
若 pH＜7，其可能原因是_____。
(用离子方程式说明)

第二课时　影响盐类水解的主要因素和盐类水解反应的利用

1. 掌握外界条件对盐类水解平衡的影响。
2. 了解盐类水解在生产、生活及化学实验中的应用。

[晨背重点语句]

1. 影响盐类水解的因素有：温度、浓度、外加酸碱、外加盐。
2. 水解性盐溶液，越稀水解程度越大，越浓水解程度越小。
3. 盐溶液配制“一方法”
配制能水解的强酸弱碱盐（如 $FeCl_3$）溶液时，通常先将盐溶液溶于相应的酸（盐酸）中，然后再加水稀释到相应浓度。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　影响盐类水解的主要因素

知识梳理

1. **内因**：组成盐的离子对应酸或碱越弱，盐的水解程度越[1]_____。
2. **外因**

因素	对盐类水解程度的影响
温度	升高温度能够[2]_____水解
浓度	盐溶液浓度越小，水解程度越[3]_____
外加酸碱	水解显酸性的盐溶液，加碱会[4]_____水解，加酸会[5]_____水解，反之亦然
外加盐	加入与盐水解性质相反的盐会[6]_____盐的水解，反之，抑制盐的水解

3. 以 $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O + H^+$ 为例，归纳并填写下表：

条件	平衡移动方向	水解程度	$c(NH_4^+)$	pH
升温	[7]_____	[8]_____	[9]_____	[10]_____
加水	[11]_____	[12]_____	[13]_____	[14]_____
加 HCl	[15]_____	[16]_____	[17]_____	[18]_____
加 NaOH(s)	[19]_____	[20]_____	[21]_____	[22]_____
加 NH_4Cl(s)	[23]_____	[24]_____	[25]_____	[26]_____
通入 NH_3	[27]_____	[28]_____	[29]_____	[30]_____

[归纳总结]

水解相互促进且能进行到底的反应

(1)熟记下列因水解相互促进且能进行到底反应的离子组合

① Al^{3+} 与 HCO_3^-、CO_3^{2-}、AlO_2^-、SiO_3^{2-}、HS^-、S^{2-}、ClO^-。

②Fe^{3+} 与 HCO_3^-、CO_3^{2-}、AlO_2^-、SiO_3^{2-}、ClO^-。

③NH_4^+ 与 SiO_3^{2-}、AlO_2^-。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

(2)书写水解相互促进且能进行到底反应方程式的模板

【模板】 用一个离子方程式表示 $FeCl_3$ 溶液与 Na_2CO_3 溶液混合时发生的反应

第一步:写出发生反应的两种离子及对应的产物。不溶性物质加“↓”,易分解的物质写分解产物。$Fe^{3+}+CO_3^{2-}$——$Fe(OH)_3\downarrow+CO_2\uparrow$。

第二步:配平电荷。$2Fe^{3+}+3CO_3^{2-}$——$2Fe(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$。

第三步:确定水的位置。因产物 $Fe(OH)_3$ 中含有 H,反应物中无 H,故 H_2O 为反应物。$2Fe^{3+}+3CO_3^{2-}+H_2O$——$2Fe(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$。

第四步:根据质量守恒定律配平。$2Fe^{3+}+3CO_3^{2-}+3H_2O$═══$2Fe(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$。

【例】 用一个离子方程式表示下列溶液混合时发生的反应。

(1)$FeCl_3$ 溶液与 NaClO 溶液混合:_____。

(2)明矾溶液与 $NaHCO_3$ 溶液混合:_____。

对点训练

1. 室温下,将碳酸钠溶液加热至 70 ℃,其结果是　(　)

A. 溶液中 $c(CO_3^{2-})$ 增大　B. 水的电离程度不变

C. K_w 将变小　D. 溶液的碱性增强

2. 在一定浓度的 $FeCl_3$ 溶液中,存在如下水解平衡:$Fe^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+$,在此溶液中滴入饱和的 $FeCl_3$ 溶液,下列哪个变化的说法正确　(　)

A. 水解平衡不移动

B. 水解平衡向逆反应方向移动

C. 溶液中 H^+ 浓度增大

D. Fe^{3+} 的水解程度增大

3. 在一定条件下,Na_2CO_3 溶液存在水解平衡:$CO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$。下列说法正确的是　(　)

A. 稀释溶液,水解平衡常数增大

B. 通入 CO_2,平衡向正反应方向移动

C. 升高温度,$\frac{c(HCO_3^-)}{c(CO_3^{2-})}$ 减小

D. 加入 NaOH 固体,溶液 pH 减小

4. (1)取 5 mL pH=5 的 NH_4Cl 溶液,加水稀释至 50 mL,则 $c(H^+)$_____(填“>”“<”或“=”)10^{-6} mol·L^{-1},$\frac{c(NH_4^+)}{c(H^+)}$_____(填“增大”“减小”或“不变”)。

(2)已知在室温条件下,pH 均为 5 的 H_2SO_4 溶液和 NH_4Cl 溶液,回答下列问题:各取 5 mL 上述溶液,分别加水稀释至 50 mL,pH 较大的是_____溶液。

知识点二　盐类水解的应用

知识梳理

(1)用纯碱溶液清洗油污时,[31]_____可增强去污能力。

(2)化肥的施用:草木灰与铵态氮肥不能混合施用,否则会使肥效损耗,这是两种盐发生水解相互促进反应放出[32]_____的缘故。

(3)盐溶液的配制:配制 $FeCl_3$ 或 $SnCl_2$ 溶液时应加入少量盐酸,目的是[33]_____。

(4)用盐作净水剂:利用 $FeCl_3$ 或明矾在水溶液中发生水解产生的[34]_____,能吸附水中悬浮的杂质形成沉淀,起到净水的作用。

(5)泡沫灭火器原理:$Al_2(SO_4)_3$ 溶液与小苏打溶液发生水解相互促进反应,产生[35]_____,将燃烧物质与空气隔离开来。离子方程式为 $Al^{3+}+3HCO_3^-$ ═══$Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$。

(6)利用水解反应来制纳米材料(氢氧化物可变为氧化物)。

[归纳总结]

盐溶液蒸干所得产物的判断

(1)易挥发性强酸的弱碱盐溶液蒸干得到氢氧化物,灼烧得到氧化物。

(2)难挥发性强酸的弱碱盐溶液蒸干仍得到原溶质。

(3)弱酸强碱盐溶液蒸干后得到原物质。

(4)易分解盐溶液蒸干、灼烧后得到分解产物。

【例】 把 $FeCl_3$ 溶液蒸干、灼烧,最后得到的主要固体产物是_____,原因是_____。

对点训练

5. (**2019·杭州高二检测**)下列过程或现象与盐类水解无关的是　(　)

A. 纯碱溶液去油污

B. 粗盐在空气中易潮解

C. 加热氯化铁溶液颜色变深

D. 浓硫化钠溶液有臭味

6. 下面的问题中,与盐类水解有关的是　(　)

①为保存 $FeCl_3$ 溶液,要在溶液中加入少量盐酸;②实验室盛放 Na_2CO_3、Na_2SiO_3 等溶液的试剂瓶应用橡胶塞;③在 NH_4Cl 或 $AlCl_3$ 溶液中加入镁条会产生气泡;④长期使用硫酸铵,土壤酸性增强。

A. ①④　B. ②③

C. ③④　D. 全部

7. 将下列物质的溶液在蒸发皿中加热蒸干并灼烧(400 ℃),可以得到该物质的固体的是　(　)

A. $AlCl_3$　B. $NaHCO_3$

C. $MgSO_4$　D. $KMnO_4$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点三　$K_a(K_b)$、K_w、K_h 三者的关系及其应用

知识梳理

水解平衡常数：在一定温度下，能水解的盐（强碱弱酸盐、强酸弱碱盐或弱酸弱碱盐）在水溶液中达到水解平衡时，生成的弱酸（或弱碱）浓度和氢氧根离子（或氢离子）浓度之积与溶液中未水解的弱酸根阴离子（或弱碱的阳离子）浓度之比是一个常数，该常数就叫水解平衡常数。

［归纳总结］

（1）强碱弱酸盐：如 CH_3COONa 溶液 $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$

$$K_h=\frac{c(CH_3COOH)\cdot c(OH^-)}{c(CH_3COO^-)}$$

$$=\frac{c(CH_3COOH)\cdot c(OH^-)\cdot c(H^+)}{c(CH_3COO^-)\cdot c(H^+)}$$

$$=\frac{c(OH^-)\cdot c(H^+)}{\frac{c(CH_3COO^-)\cdot c(H^+)}{c(CH_3COOH)}}=\frac{K_w}{K_a}$$

即 $K_h=\frac{K_w}{K_a}$。

（2）强酸弱碱盐：如 NH_4Cl 溶液 $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O + H^+$

$$K_h=\frac{c(NH_3\cdot H_2O)\cdot c(H^+)}{c(NH_4^+)}$$

$$=\frac{c(NH_3\cdot H_2O)\cdot c(H^+)\cdot c(OH^-)}{c(NH_4^+)\cdot c(OH^-)}$$

$$=\frac{c(H^+)\cdot c(OH^-)}{\frac{c(NH_4^+)\cdot c(OH^-)}{c(NH_3\cdot H_2O)}}=\frac{K_w}{K_b}$$

即 $K_h=\frac{K_w}{K_b}$。

对点训练

8. 25 ℃时，$H_2SO_3 \rightleftharpoons HSO_3^- + H^+$ 的电离常数 $K_a=1\times10^{-2}\ mol\cdot L^{-1}$，则该温度下 $NaHSO_3$ 水解反应的平衡常数 $K_h=$ _____。

9. 已知 25 ℃时，$NH_3\cdot H_2O$ 的电离平衡常数 $K_b=1.8\times10^{-5}$，该温度下 1 mol/L 的 NH_4Cl 溶液中 $c(H^+)=$ _____ $mol\cdot L^{-1}$。（已知 $\sqrt{5.56}\approx2.36$）

10. 常温下，用 NaOH 溶液吸收 SO_2 得到 pH=9 的 Na_2SO_3 溶液，吸收过程中水的电离平衡 _____（填“向左”“向右”或“不”）移动。试计算溶液中 $\frac{c(SO_3^{2-})}{c(HSO_3^-)}=$ _____。（常温下 H_2SO_3 的电离平衡常数 $K_{a1}=1.0\times10^{-2}$，$K_{a2}=6.0\times10^{-8}$）

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 在 $Al^{3+}+3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3+3H^+$ 的平衡体系中，要使平衡向水解的方向移动，且使溶液的 pH 增大，应采取的措施是（　　）

A. 加热　　B. 通入 HCl 气体

C. 加入适量的 NaOH 溶液　　D. 加固体 $AlCl_3$

2. 向三份 0.1 $mol\cdot L^{-1}$ CH_3COONa 溶液中分别加入少量 NH_4NO_3、Na_2SO_3、$FeCl_3$ 固体（忽略溶液体积变化），则 CH_3COO^- 浓度的变化依次为（　　）

A. 减小、增大、减小　　B. 增大、减小、减小

C. 减小、增大、增大　　D. 增大、减小、增大

3. 为了配制 NH_4^+ 的浓度与 Cl^- 的浓度比为 1∶1 的溶液，可在 NH_4Cl 溶液中加入（　　）

①适量的 HCl　②适量的 NaCl　③适量的氨水　④适量的 NaOH

A. ①②　　B. ③　　C. ③④　　D. ④

4. 实验室有下列试剂，其中必须用带橡胶塞的试剂瓶保存的是（　　）

①NaOH 溶液　②Na_2CO_3 溶液　③NH_4Cl 溶液　④浓 HNO_3

A. ①③　　B. ①②　　C. ③④　　D. ②③

5.（双选）下列各组离子，在水溶液中不能大量共存的是（　　）

A. H^+、K^+、Cl^-、NO_3^-　　B. K^+、Al^{3+}、Cl^-、AlO_2^-

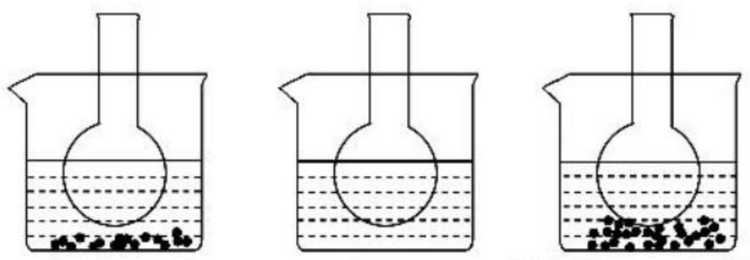
C. Fe^{3+}、K^+、CO_3^{2-}、NO_3^-　　D. Al^{3+}、Cu^{2+}、SO_4^{2-}、Cl^-

6. 为了除去 $MgCl_2$ 酸性溶液中的 Fe^{3+}，可在加热搅拌的条件下加入一种试剂，过滤后，再加入适量的盐酸，这种试剂是（　　）

A. 氨水　　B. NaOH

C. Na_2CO_3　　D. $MgCO_3$

7. 如图所示三个烧瓶中分别装入含酚酞的 0.01 $mol\cdot L^{-1}$ CH_3COONa 溶液，并分别放置在盛有水的烧杯中，然后向烧杯①中加入生石灰，向烧杯③中加入 NH_4NO_3 晶体，烧杯②中不加任何物质。



①加入生石灰　②室温　③加入NH_4NO_3晶体

（1）含酚酞的 0.01 $mol\cdot L^{-1}$ CH_3COONa 溶液显浅红色的原因为 _____。

（2）实验过程中发现烧瓶①中溶液红色变深，烧瓶③中溶液红色变浅，则下列叙述正确的是 _____。

A. 水解反应为放热反应

B. 水解反应为吸热反应

C. NH_4NO_3 溶于水时放出热量

D. NH_4NO_3 溶于水时吸收热量

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

8.(1)在 Na_2SO_3 溶液中滴入酚酞试液，溶液变红。若在该溶液中再滴入过量的 $BaCl_2$ 溶液，所观察到的现象是_____，其原因是_____（用离子方程式和简要文字说明）。

(2)已知常温下 CN^- 的水解常数 $K_h=1.61\times10^{-5}$。常温下，含等物质的量浓度的 HCN 与 NaCN 的混合溶液显_____（填“酸”“碱”或“中”）性，$c(CN^-)$_____（填“>”“<”或“=”）$c(HCN)$。

9.(1)碳酸钾溶液蒸干得到的固体物质是_____，原因是_____。

(2)$KAl(SO_4)_2$ 溶液蒸干得到的固体物质是_____，原因是_____。

(3)碳酸氢钡溶液蒸干得到的固体物质是_____，原因是_____。

(4)亚硫酸钠溶液蒸干得到的固体物质是_____，原因是_____。

(5)氯化铝溶液蒸干得到的固体物质是_____，原因是_____。

(6)盐酸与硫酸各 1 mol·L^{-1} 的混合酸 10 mL，加热浓缩至 1 mL，最后的溶液为_____，原因是_____。

层级二　应试提能练

1.(**2018·北京海淀区期末练习**)下列根据反应原理设计的应用，不正确的是（　　）

A. $CO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$　热的纯碱溶液清洗油污

B. $Al^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Al(OH)_3$(胶体)$+3H^+$　明矾净水

C. $TiCl_4+(x+2)H_2O$(过量)$\rightleftharpoons TiO_2\cdot xH_2O\downarrow+4HCl$　用 $TiCl_4$ 制备 TiO_2

D. $SnCl_2+H_2O\rightleftharpoons Sn(OH)Cl+HCl$　配制氯化亚锡溶液时加入氢氧化钠

2.将下列固体物质溶于水，再将其溶液加热，蒸发结晶、再灼烧，得到化学组成与原固体物质相同的是（　　）

①胆矾　②氯化铝　③硫酸铝　④氯化铜

A.③　　B.①④

C.①②③　　D.全部

3.为了使 Na_2S 溶液中 $c(Na^+)/c(S^{2-})$ 的比值变小，可采取的措施是（　　）

①适量盐酸　②适量 NaOH(s)　③适量 KOH(s)　④适量 KHS(s)　⑤加水　⑥通 H_2S(g)　⑦加热

A.②③④　　B.①②⑤⑥⑦

C.②③　　D.③④

4.下列实验操作能达到目的的是（　　）

①用 Na_2S 溶液和 $Al_2(SO_4)_3$ 溶液反应制取 Al_2S_3 固体

②用加热蒸发 K_2CO_3 溶液的方法获得 K_2CO_3 晶体

③用 Na_2S 溶液和 $CuSO_4$ 溶液反应制取 CuS 固体

④加热 $MgCl_2$ 溶液制取 $MgCl_2$ 固体

A.①②　　B.②③　　C.③④　　D.①③

5.同时对农作物施用含 N、P、K 的三种化肥，现有下列化肥：①K_2CO_3、②KCl、③$Ca(H_2PO_4)_2$、④$(NH_4)_2SO_4$、⑤$NH_3\cdot H_2O$，其中最合理的组合方式是（　　）

A.①③④　　B.②③④　　C.①③⑤　　D.②③⑤

6.有①Na_2CO_3 溶液　②CH_3COONa 溶液　③NaOH 溶液各 25 mL，物质的量浓度均为 0.1 mol·L^{-1}，下列说法正确的是（　　）

A. 3 种溶液 pH 的大小顺序是 ③>②>①

B.若将 3 种溶液稀释相同倍数，pH 变化最大的是②

C.若分别加入 25 mL 0.1 mol·L^{-1} 盐酸后，pH 最大的是①

D.若 3 种溶液的 pH 均为 9，则物质的量浓度的大小顺序是③>①>②

7.已知常温下，浓度均为 0.1 mol/L 的四种溶液：①Na_2CO_3 溶液；②$NaHCO_3$ 溶液；③盐酸；④氨水。试回答下列问题：

(1)上述溶液中有水解反应发生的是_____（填编号，下同），溶液中溶质存在电离平衡的是_____。

(2)比较①②溶液，pH 较大的是_____。

(3)在溶液④中加入少量 NH_4Cl 固体，此时 $\dfrac{c(NH_4^+)}{c(OH^-)}$ 的值将_____（填“变小”“变大”或“不变”）。

8.已知 25 ℃时 0.01 mol·L^{-1} 醋酸溶液的 pH 约为 3，向其中加入少量醋酸钠晶体，待晶体溶解后发现溶液的 pH 增大。对上述现象有两种不同的解释：甲同学认为醋酸钠水解呈碱性，增大了 $c(OH^-)$，因而溶液的 pH 增大；乙同学认为醋酸钠溶于水电离出大量醋酸根离子，抑制了醋酸的电离，使 $c(H^+)$ 减小，因此溶液的 pH 增大。你认为上述两种解释中_____（填“甲”或“乙”）正确。

(1)为了验证上述哪种解释正确，继续做如下实验，向 0.01 mol·L^{-1} 的醋酸溶液中加入少量下列物质，然后测定溶液的 pH（　　）

A.固体 NaOH　　B.固体 CH_3COONH_4

C.气体 NH_3　　D.固体 $NaHCO_3$

(2)若_____（填“甲”或“乙”）的解释正确，溶液的 pH 应_____（填“增大”“减小”或“不变”）。(已知：25 ℃时，0.01 mol·L^{-1} 的氨水和醋酸的电离程度相同)

9.(**2019·修武高二检测**)25 ℃时，如果取 0.1 mol·L^{-1} HA 溶液与 0.1 mol·L^{-1} NaOH 溶液等体积混合(混合后溶液体积的变化不计)，测得混合溶液的 pH=8，试回答以下问题：

(1)混合溶液的 pH=8 的原因(用离子方程式表示)：_____。

(2)混合溶液中由水电离出的 $c(H^+)$_____（填“<”“>”或“=”）0.1 mol·L^{-1} NaOH 溶液中由水电离出的 $c(H^+)$。

(3)已知 NH_4A 溶液为中性，又知将 HA 溶液加到 Na_2CO_3 溶液中有气体放出，试推断 $(NH_4)_2CO_3$ 溶液的 pH_____（填“<”“>”或“=”）7。

(4)将相同温度下相同浓度的五种溶液：

①$(NH_4)_2CO_3$　②$NH_3\cdot H_2O$　③$(NH_4)_2SO_4$　④NH_4Cl　⑤CH_3COONH_4

按 $c(NH_4^+)$ 由大到小的顺序排列_____（填序号）。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第三课时　溶液中粒子浓度大小比较

1. 掌握溶液中电荷守恒、物料守恒、质子守恒。
2. 能应用弱电解质的电离平衡和盐类的水解平衡分析溶液中某些离子浓度的大小关系。

[晨背重点语句]

比较粒子浓度大小的“五大依据”

(1)电离平衡

①弱电解质的电离是微弱的。

②多元弱酸分步电离，逐级减弱。

(2)水解平衡

①盐类的水解是微弱的。

②多元弱酸根逐步水解，逐级减弱。

③弱酸弱碱盐的水解，弱酸酸性相对较强时，溶液呈酸性。弱酸酸性相对较弱时，溶液呈碱性。

(3)原子守恒

在电解质溶液中，无论微粒的表现形式怎样变化，但各元素的原子个数保持不变。

(4)电荷守恒

在电解质溶液中，阳离子所带的正电荷总数与阴离子所带的负电荷总数相等，溶液呈电中性。

(5)质子守恒

是指在电离或水解过程中，会发生质子(H^+)转移，但质子转移过程中其数量保持不变。质子守恒的关系式也可以由电荷守恒式与物料守恒式推导得到。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识梳理

一、抓住 3 种守恒，建立粒子浓度的定量关系

1. 电荷守恒

电解质溶液中，不论存在多少种离子，溶液总是呈电中性，即阴离子所带负电荷总数一定等于阳离子所带正电荷总数，如 Na_2CO_3 溶液中存在的离子有[1]_____、[2]_____、[3]_____；分子有[4]_____。

电荷守恒关系：[5]_____。

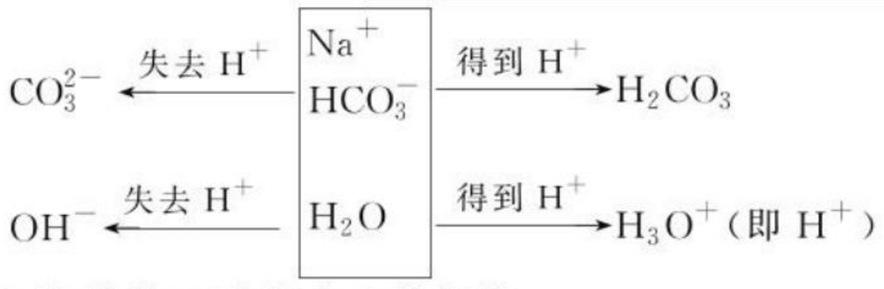
2. 物料守恒

电解质溶液中，由于某些离子能水解或电离，离子种类增多，但原子总数是守恒的，如 Na_2CO_3 溶液中 CO_3^{2-} 能水解，故碳元素以[6]_____、[7]_____、[8]_____三种形式存在，它们之间的物料守恒关系为：$\frac{1}{2}c(Na^+)=$[9]_____+[10]_____+[11]_____。

3. 质子守恒

在电解质溶液中，由于电离、水解等过程的发生，往往存在质子(H^+)的得失，但得到的质子数等于失去的质子数。

如 $NaHCO_3$ 溶液中：[12]_____。



二、比较粒子浓度大小的规律

1. 多元弱酸溶液

根据分步电离分析。例如：在 H_2CO_3 的溶液中，[13]_____>[14]_____≫[15]_____。

2. 多元弱酸的正盐溶液

根据弱酸根的分步水解分析。例如：Na_2CO_3 溶液中，[16]_____>[17]_____>[18]_____>[19]_____>[20]_____。

3. 多元弱酸的酸式盐溶液

要考虑酸根离子的电离程度与水解程度的相对大小。如 HCO_3^- 以水解为主，$NaHCO_3$ 溶液中 $c(Na^+)>c(HCO_3^-)>c(OH^-)>c(H^+)>c(CO_3^{2-})$；而 HSO_3^- 以电离为主，$NaHSO_3$ 溶液中 $c(Na^+)>c(HSO_3^-)>c(H^+)>c(OH^-)>c(SO_3^{2-})$。

4. 不同溶液中同一离子浓度的比较

要考虑溶液中其他离子对其影响的因素。例如：在相同物质的量浓度的下列溶液中：a. NH_4Cl，b. CH_3COONH_4，c. NH_4HSO_4，$c(NH_4^+)$由大到小的顺序是[21]_____>[22]_____>[23]_____。

5. 混合溶液中各离子浓度的大小比较

根据电离程度、水解程度的相对大小分析。

(1)分子的电离大于相应离子的水解

例如：等物质的量浓度的 NH_4Cl 与 $NH_3\cdot H_2O$ 混合溶液，[24]_____>[25]_____>[26]_____>[27]_____。

(2)分子的电离小于相应离子的水解

例如：在 0.1 mol·L^{-1} 的 NaCN 和 0.1 mol·L^{-1} 的 HCN 溶液的混合液中，各离子浓度的大小顺序为[28]_____。

三、典例导悟，分类突破

(一)单一溶质溶液中离子浓度的关系

【例 1】 0.1 mol·L^{-1} 的 NH_4Cl 溶液

(1)粒子种类：_____。

(2)离子浓度大小关系：_____。

(3)物料守恒：_____。

[归纳总结]

质子守恒式可以由电荷守恒式和物料守恒式推导出来

以 KHS 溶液为例，电荷守恒式为 $c(K^+)+c(H^+)=c(OH^-)+c(HS^-)+2c(S^{2-})$①，物料守恒式为 $c(K^+)=c(HS^-)+c(S^{2-})+c(H_2S)$②，由①－②得质子守恒式。

(二)混合溶液(缓冲液)中粒子浓度大小比较

【例 2】 含物质的量相同的 CH_3COOH 和 CH_3COONa 混合溶液中：

(1)写出所有电离、水解离子方程式：_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

(2)粒子浓度由大到小顺序为_____。

(3)电荷守恒_____。

(4)物料守恒_____。

(三)酸、碱中和型粒子浓度大小比较



【例 3】 比较下列几种溶液混合后各离子浓度的大小。

(1)CH_3COOH 和 NaOH 等浓度等体积混合，离子浓度大小顺序为_____。

(2)NaOH 和 CH_3COOH 等浓度按 1∶2 体积比混合后 pH＜7，离子浓度大小顺序为_____。

(四)盐与酸(碱)混合型

首先考虑是否反应，若不反应，分析盐的水解程度和酸(碱)的电离程度的大小；若能反应，则按反应后混合组成综合考虑水解和电离两种因素。

【例 4】 用物质的量都是 0.1 mol 的 CH_3COOH 和 CH_3COONa 配成 1 L 混合溶液，已知其中 $c(CH_3COO^-)>c(Na^+)$，对该溶液的下列判断正确的是 (　　)

A. $c(H^+)>c(OH^-)$

B. $c(CH_3COO^-)=0.1\ mol\cdot L^{-1}$

C. $c(CH_3COOH)>c(CH_3COO^-)$

D. $c(CH_3COO^-)+c(OH^-)=0.1\ mol\cdot L^{-1}$

[归纳总结]

规避等量关系中的 2 个易失分点

(1)电荷守恒式中不只是各离子浓度的简单相加。如 $2c(CO_3^{2-})$ 的化学计量数 2 代表一个 CO_3^{2-} 带 2 个负电荷，不可漏掉。

(2)物料守恒式中，离子浓度系数不能漏写或颠倒。如 Na_2S 溶液中的物料守恒式 $c(Na^+)=2[c(S^{2-})+c(HS^-)+c(H_2S)]$ 中，"2"表示 $c(Na^+)$ 是溶液中各种硫元素存在形式的硫原子总浓度的 2 倍。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 物质的量浓度相同的下列溶液中，NH_4^+ 浓度最大的是 (　　)

A. NH_4Cl　　B. NH_4HSO_4

C. CH_3COONH_4　　D. NH_4HCO_3

2. 常温下，将甲酸与 NaOH 溶液混合，所得溶液的 pH＝7，则此溶液中 (　　)

A. $c(HCOO^-)>c(Na^+)$

B. $c(HCOO^-)<c(Na^+)$

C. $c(HCOO^-)=c(Na^+)$

D. 无法确定 $c(HCOO^-)$ 与 $c(Na^+)$ 的大小关系

3. 在 $0.1\ mol\cdot L^{-1}$ 的 NH_4HSO_4 溶液中，下列关于微粒物质的量浓度的关系式不正确的是 (　　)

A. $c(H^+)>c(SO_4^{2-})>c(NH_4^+)$

B. $c(NH_4^+)+c(H^+)=2c(SO_4^{2-})+c(OH^-)$

C. $c(H^+)=c(NH_4^+)+c(NH_3\cdot H_2O)+c(OH^-)$

D. 常温下向该溶液中滴加 NaOH 溶液至中性后：$c(Na^+)>c(SO_4^{2-})>c(NH_4^+)>c(OH^-)=c(H^+)$

4. 关于小苏打水溶液的表述正确的是 (　　)

A. 存在的电离平衡为：$HCO_3^-+H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3+OH^-$

B. $c(Na^+)+c(H^+)=c(HCO_3^-)+c(CO_3^{2-})+c(OH^-)$

C. HCO_3^- 的电离程度大于 HCO_3^- 的水解程度

D. $c(Na^+)=c(HCO_3^-)+c(CO_3^{2-})+c(H_2CO_3)$

5. 下列对常温下 pH 为 2 的盐酸的叙述正确的是 (　　)

A. $c(H^+)<c(Cl^-)+c(OH^-)$

B. 与等体积的 pH＝12 的氨水混合后，所得溶液显酸性

C. 由水电离出的 $c(H^+)=1.0\times10^{-12}\ mol\cdot L^{-1}$

D. 与等体积的 $0.01\ mol\cdot L^{-1}$ 的乙酸钠溶液混合后，所得溶液中 $c(Cl^-)=c(CH_3COO^-)$

6. 硫化氢的水溶液中存在平衡：$H_2S\rightleftharpoons H^++HS^-$；$HS^-\rightleftharpoons H^++S^{2-}$；$H_2O\rightleftharpoons H^++OH^-$。在物质的量浓度为 $0.1\ mol\cdot L^{-1}$ 的 H_2S 溶液中，下列各离子浓度的关系正确的是 (　　)

A. $c(H^+)=c(HS^-)+2c(S^{2-})+c(OH^-)$

B. $2c(H^+)=2c(HS^-)+c(S^{2-})+2c(OH^-)$

C. $c(H^+)=c(HS^-)+2c(S^{2-})$

D. $c(H^+)=2c(S^{2-})+c(OH^-)$

7. 比较下列几组溶液中指定离子浓度的大小。

(1)浓度均为 $0.1\ mol\cdot L^{-1}$ 的①H_2S、②NaHS、③Na_2S、④H_2S 和 NaHS 混合液，溶液 pH 从大到小的顺序是_____。

(2)相同浓度的下列溶液中：①CH_3COONH_4、②CH_3COONa、③CH_3COOH 中，$c(CH_3COO^-)$ 由大到小的顺序是_____。

(3)$c(NH_4^+)$ 相等的①$(NH_4)_2SO_4$ 溶液、②NH_4HSO_4 溶液、③$(NH_4)_2CO_3$ 溶液、④NH_4Cl 溶液，其物质的量浓度由大到小的顺序为_____。

8. 已知在 $0.1\ mol\cdot L^{-1}$ 的 $NaHSO_3$ 溶液中有关微粒浓度由大到小的顺序为 $c(Na^+)>c(HSO_3^-)>c(SO_3^{2-})>c(H_2SO_3)$。

(1)该溶液中 $c(H^+)$_____(填"＞""＜"或"＝")$c(OH^-)$，简述理由：_____。

(2)现向 NH_4HSO_3 溶液中，逐滴加入少量含有酚酞的 NaOH 溶液，可观察到的现象是_____；写出该反应的离子方程式_____。

层级二　应试提能练

1. 等物质的量浓度、等体积的氢氧化钠溶液和醋酸溶液完全反应后，溶液中有关离子浓度之间不存在的关系是 (　　)

A. $c(H^+)\cdot c(OH^-)=K_w$

B. $c(Na^+)>c(CH_3COO^-)>c(OH^-)>c(H^+)$

C. $c(Na^+)=c(CH_3COO^-)+c(OH^-)$

D. $c(Na^+)+c(H^+)=c(CH_3COO^-)+c(OH^-)$

关注微信公众号"教辅资料站"获取更多学习资料

2. 把 0.02 mol·L^{-1} CH_3COOH 溶液和 0.01 mol·L^{-1} NaOH 溶液等体积混合，混合溶液中粒子浓度关系正确的是（　　）

A. $c(CH_3COO^-)>c(Na^+)$

B. $c(CH_3COOH)>c(CH_3COO^-)$

C. $2c(H^+)=c(CH_3COO^-)-c(CH_3COOH)$

D. $c(CH_3COOH)+c(CH_3COO^-)=0.02\ mol\cdot L^{-1}$

3. 0.02 mol·L^{-1} 的 HCN 溶液与 0.02 mol·L^{-1} NaCN 溶液等体积混合，已知混合溶液中 $c(CN^-)<c(Na^+)$，则下列关系中，正确的是（　　）

A. $c(Na^+)>c(CN^-)>c(H^+)>c(OH^-)$

B. $c(HCN)+c(CN^-)=0.04\ mol\cdot L^{-1}$

C. $c(Na^+)+c(H^+)=c(CN^-)+c(OH^-)$

D. $c(CN^-)>c(HCN)$

4. 在 25 ℃时，将 pH＝11 的 NaOH 溶液与 pH＝3 的 CH_3COOH 溶液等体积混合后，下列关系式中正确的是（　　）

A. $c(Na^+)=c(CH_3COO^-)+c(CH_3COOH)$

B. $c(H^+)=c(CH_3COO^-)+c(OH^-)$

C. $c(Na^+)>c(CH_3COO^-)>c(OH^-)>c(H^+)$

D. $c(CH_3COO^-)>c(Na^+)>c(H^+)>c(OH^-)$

5. 用 0.10 mol·L^{-1} 的盐酸滴定 0.10 mol·L^{-1} 的氨水，滴定过程中不可能出现的结果是（　　）

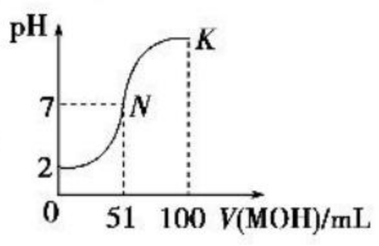
A. $c(NH_4^+)>c(Cl^-)$，$c(OH^-)>c(H^+)$

B. $c(NH_4^+)=c(Cl^-)$，$c(OH^-)=c(H^+)$

C. $c(Cl^-)>c(NH_4^+)$，$c(OH^-)>c(H^+)$

D. $c(Cl^-)>c(NH_4^+)$，$c(H^+)>c(OH^-)$

6. 常温下，向 100 mL 0.01 mol·L^{-1} 的 HA 溶液中逐滴加入 0.02 mol·L^{-1} 的 MOH 溶液，图中所示曲线表示混合溶液的 pH 的变化情况，下列说法正确的是（　　）



A. HA 为弱酸

B. 在 N 到 K 间任意一点对应的溶液中：$c(M^+)+c(H^+)=c(OH^-)+c(A^-)$

C. K 点对应的溶液中：$c(M^+)+c(MOH)=c(A^-)$

D. 常温下，MA 溶液的 pH＞7

7. 常温下，用 0.1 mol·L^{-1} 的盐酸和 25.00 mL 0.1 mol·L^{-1} 氨水混合。

(1)当加入 10.00 mL 稀盐酸时，溶液中的溶质是_____(填化学式)，溶液的 pH _____(填“＞”“＜”或“＝”)7。

(2)当某一时刻溶液中 $c(NH_4^+)=c(Cl^-)$，此时溶液的 pH _____(填“＞”“＜”或“＝”)7。所加的盐酸体积 V 是不是等于 25.00 mL？_____(填“是”或“不是”)，其原因是_____。

(3)某一时刻溶液中会不会存在：$c(Cl^-)>c(NH_4^+)$，且 $c(OH^-)>c(H^+)$ 的关系？_____(填“会”或“不会”)。其原因是_____。

(4)当盐酸过量时，下列离子浓度的大小关系是：$c(Cl^-)$ _____ $c(NH_4^+)$，$c(OH^-)$ _____ $c(H^+)$。(填“＞”“＜”或“＝”)

8. 将 0.2 mol·L^{-1} HA 溶液与 0.1 mol·L^{-1} NaOH 溶液等体积混合，测得混合溶液中 $c(Na^+)>c(A^-)$，则：

(1)混合溶液中 $c(A^-)$ _____(填“＞”“＜”或“＝”，下同)$c(HA)$。

(2)混合溶液中 $c(HA)+c(A^-)$ _____ 0.1 mol·L^{-1}。

(3)混合溶液中，由水电离出的 $c(OH^-)$ _____ 0.2 mol·L^{-1} HA 溶液中由水电离出的 $c(H^+)$。

(4)25 ℃时，如果取 0.2 mol·L^{-1} HA 溶液与 0.1 mol·L^{-1} NaOH 溶液等体积混合，测得混合溶液的 pH＜7，则 HA 的电离程度_____NaA 的水解程度。

第四课时　《盐类水解》习题课

题组一　盐类水解原理

1. 下列说法正确的是（　　）

A. 盐溶液都是中性的

B. 盐溶液的酸碱性与盐的类型无关

C. 碳酸钠溶液显碱性，是因为溶液中 $c(OH^-)>c(H^+)$

D. $NaHCO_3$ 溶液显酸性

2. 下列水解化学方程式或水解离子方程式正确的是（　　）

A. $CH_3COO^-+H_2O\rightleftharpoons CH_3COOH+OH^-$

B. $NH_4^++H_2O\rightleftharpoons NH_4OH+H^+$

C. $CH_3COOH+NaOH\rightleftharpoons CH_3COONa+H_2O$

D. $NaCl+H_2O\rightleftharpoons NaOH+HCl$

3. 常温下，等物质的量浓度的下列物质的溶液：①NaCl ②CH_3COONa ③NH_4Cl ④$AlCl_3$ ⑤$Ba(OH)_2$ ⑥Na_2CO_3 ⑦$NaHCO_3$ ⑧$NaHSO_4$ ⑨NaOH ⑩H_2SO_4。其 pH 由大到小的顺序是_____。

题组二　盐类水解的应用

4. 把三氯化铁溶液蒸干灼烧，最后得到固体产物是（　　）

A. 无水三氯化铁　　B. 氢氧化铁

C. 氧化亚铁　　D. 三氧化二铁

5. 下列哪组离子能在水溶液中大量共存（　　）

A. K^+、CO_3^{2-}、HS^-、S^{2-}、Al^{3+}、AlO_2^-

B. MnO_4^-、Na^+、SO_4^{2-}、Fe^{3+}、NH_4^+

C. SO_4^{2-}、Ag^+、SO_3^{2-}、S^{2-}、AlO_2^-、K^+

D. Fe^{2+}、Cl^-、H^+、NO_3^-

6. 下列各组离子能在溶液中大量共存的是（　　）

A. Na^+、Mg^{2+}、AlO_2^-、Br^-　　B. H^+、Fe^{2+}、SO_4^{2-}、NO_3^-

C. K^+、NH_4^+、CO_3^{2-}、OH^-　　D. Ca^{2+}、Al^{3+}、NO_3^-、Cl^-

7. 下列各组溶液混合后，溶液显碱性的是（　　）

A. 10 mL 0.1 mol·L^{-1} $NH_3\cdot H_2O$ 与 10 mL 0.1 mol·L^{-1} HCl

B. 10 mL 0.1 mol·L^{-1} K_2S 与 10 mL 0.1 mol·L^{-1} K_2SO_4

C. 10 mL 0.1 mol·L^{-1} KOH 与 10 mL 0.1 mol·L^{-1} $KHCO_3$，再加入 10 mL 0.1 mol·L^{-1} $BaCl_2$

D. 10 mL 0.1 mol·L^{-1} NaOH 与 5 mL 0.1 mol·L^{-1} H_2SO_4

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

8. 为了得到比较纯净的物质，下列使用的方法恰当的是（　　）
   A. 向 Na_2CO_3 饱和溶液中，通入过量的 CO_2 后，加热蒸发得 $NaHCO_3$ 晶体
   B. 加热蒸发 $CuCl_2$ 饱和溶液得纯净的 $CuCl_2$ 晶体
   C. 向 $FeBr_2$ 溶液中加入过量的氯水，加热蒸发得 $FeCl_3$ 晶体
   D. 向 $FeCl_3$ 溶液里加入足量 NaOH 溶液，经过滤、洗涤沉淀，再充分灼烧沉淀得 Fe_2O_3
9. 下列四种肥料可以与草木灰（主要成分是 K_2CO_3）混合施用的是（　　）
   A. 硫酸铵　　B. 氯化铵
   C. 硝酸钾　　D. 硝酸铵
10. 把 NH_4Cl 晶体溶入水中，得到饱和 NH_4Cl 溶液。若在该溶液中加入镁条，观察到有气泡产生，点燃有爆鸣声，此气体是_____，产生该气体的原因是_____，（用离子方程式表示），微热后，能放出有刺激性气味的气体，它能使湿润的红色石蕊试纸变蓝，该气体是_____，产生该气体的原因是_____，总的反应离子方程式为_____。

题组三　溶液中粒子浓度大小比较

11. 在 0.1 mol/L 的 Na_2CO_3 溶液中，下列关系正确的是（　　）
   A. $c(Na^+)=2c(CO_3^{2-})$
   B. $c(OH^-)=2c(H^+)$
   C. $c(HCO_3^-)>c(H_2CO_3)$
   D. $c(Na^+)<c(CO_3^{2-})+c(HCO_3^-)$
12. 某酸性溶液中只有 Na^+、CH_3COO^-、H^+、OH^- 四种离子。则下列描述正确的是（　　）
   A. 该溶液由 pH=3 的 CH_3COOH 与 pH=11 的 NaOH 溶液等体积混合而成
   B. 该溶液由等物质的量浓度、等体积的 NaOH 溶液和 CH_3COOH 溶液混合而成
   C. 加入适量 NaOH，溶液中离子浓度为 $c(CH_3COO^-)>c(Na^+)>c(OH^-)>c(H^+)$
   D. 加入适量氨水，$c(CH_3COO^-)$ 一定大于 $c(Na^+)$、$c(NH_4^+)$ 之和
13. 草酸是二元中强酸，草酸氢钠溶液显酸性。常温下，向 10 mL 0.01 mol·L^{-1} $NaHC_2O_4$ 溶液中滴加 0.01 mol·L^{-1} NaOH 溶液，随着 NaOH 溶液体积的增加，溶液中离子浓度关系正确的是（　　）
   A. $V(NaOH)=0$ 时，$c(H^+)=1\times10^{-2}$ mol·L^{-1}
   B. $V(NaOH)<10$ mL 时，不可能存在 $c(Na^+)=2c(C_2O_4^{2-})+c(HC_2O_4^-)$
   C. $V(NaOH)=10$ mL 时，$c(H^+)=1\times10^{-7}$ mol·L^{-1}
   D. $V(NaOH)>10$ mL 时，$c(Na^+)>c(C_2O_4^{2-})>c(HC_2O_4^-)$
14. 下列各溶液中，粒子的物质的量浓度关系正确的是（　　）
   A. 0.1 mol·L^{-1} Na_2CO_3 溶液：$c(OH^-)=c(H^+)+c(HCO_3^-)+2c(H_2CO_3)$
   B. 0.1 mol·L^{-1} NH_4Cl 溶液：$c(NH_4^+)=c(Cl^-)$
   C. 向醋酸钠溶液中加入适量醋酸，得到酸性的混合溶液：$c(Na^+)>c(CH_3COO^-)>c(H^+)>c(OH^-)$
   D. 向硝酸钠溶液中滴加稀盐酸得到 pH=5 的混合溶液：$c(Na^+)=c(NO_3^-)+c(Cl^-)$
15. 已知：$6C_6H_5OH+Fe^{3+}\rightleftharpoons[Fe(C_6H_5O)_6]^{3-}+6H^+$；$CH_3COOH+SO_3^{2-}=\!=\!=CH_3COO^-+HSO_3^-$；$CO_3^{2-}+2HSO_3^-=\!=\!=CO_2\uparrow+H_2O+2SO_3^{2-}$。现有下列电解质溶液：$Na_2SO_3$、NaOH、$CH_3COONa$、$C_6H_5ONa$、$Na_2CO_3$、$NaHCO_3$。
   (1)向六种溶液中分别逐渐加入氯化铁溶液时，溶液中先产生红褐色沉淀，后沉淀完全消失的是_____。
   (2)将物质的量浓度均为 0.5 mol·L^{-1} 的上述六种溶液稀释相同的倍数，其 pH 变化最大的是_____。
   (3)露置于空气中相当一段时间后（不考虑水分的蒸发），溶液的 pH 近似为 7，这种电解质为_____。
   (4)当六种溶液的 pH 相同时，其物质的量浓度由大到小的顺序是_____。
16. 常温下，将某一元酸 HA 和 NaOH 溶液等体积混合，两种溶液的浓度和混合后所得溶液的 pH 如表：

实验编号	HA 物质的量浓度（mol·L^{-1}）	NaOH 物质的量浓度（mol·L^{-1}）	混合溶液的 pH
甲	0.2	0.2	a
乙	c_1	0.2	7
丙	0.2	0.1	7
丁	0.1	0.1	9

请回答：
(1)不考虑其他组的实验结果，单从甲组情况分析，如何用 a（混合溶液的 pH）来说明 HA 是强酸还是弱酸_____。
(2)不考虑其他组的实验结果，单从乙组情况分析，c_1 是否一定等于 0.2 mol·L^{-1}_____（填“是”或“否”），混合溶液中离子浓度 $c(A^-)$ 与 $c(Na^+)$ 的大小关系是_____。
A. 前者大　　B. 后者大
C. 二者相等　　D. 无法判断
(3)从丙组实验结果分析，HA 是_____（填“强”或“弱”）酸，该混合溶液中离子浓度由大到小的顺序是_____。
(4)丁组实验所得混合溶液中由水电离出的 $c(OH^-)=$_____ mol·L^{-1}，写出该混合溶液中下列算式的精确结果（不用做近似计算）。
$c(Na^+)-c(A^-)=$_____ mol·L^{-1}。
$c(OH^-)-c(HA)=$_____ mol·L^{-1}。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第四节　难溶电解质的溶解平衡

第一课时　难溶电解质的溶解平衡

1. 学会用平衡移动原理分析生成沉淀的离子反应进行的方向及反应进行的程度。
2. 了解溶度积和离子积的关系，并由此学会判断反应进行的方向。

[晨背重点语句]

1. 溶度积“三要素”
   (1)含义：难溶电解质溶液中离子浓度的幂之积。
   (2)影响因素：K_{sp}只与温度有关。
   (3)意义：K_{sp}反映难溶电解质的溶解能力，相同类型的难溶电解质，K_{sp}越小，溶解能力越小。
2. 溶度积规则
   (1)当 $Q_c > K_{sp}$，有沉淀析出。
   (2)当 $Q_c = K_{sp}$，溶液饱和，沉淀和溶解处于平衡状态。
   (3)当 $Q_c < K_{sp}$，溶液未饱和，无沉淀析出。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　Ag^+和Cl^-的反应真能进行到底吗？

知识梳理

1. 生成沉淀的离子反应之所以能够发生的原因

生成沉淀的离子反应之所以能够发生，在于[1]_____；尽管生成物的溶解度很小，但不会等于 0。

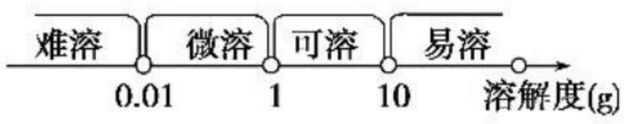
2. 沉淀溶解平衡概念：在一定温度下，当[2]_____和[3]_____的速率相等时，即达到溶解平衡状态。

3. 实例：AgCl 沉淀体系中的溶解平衡可表示为：

$AgCl(s) \underset{\text{沉淀}}{\overset{\text{溶解}}{\rightleftharpoons}} Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$。

4. 生成难溶电解质的离子反应的限度

(1)25 ℃时，溶解性与溶解度的关系



(2)生成难溶电解质的离子反应的限度

对于常量的化学反应来说，化学上通常认为残留在溶液中的离子浓度小于[4]_____时，沉淀就达完全。

[归纳总结]

(1)常温下，将溶解度小于 0.01 g 的电解质称为难溶电解质。

(2)溶液中的离子浓度小于 1×10^{-5} mol/L 时，可视为沉淀完全。

对点训练

1. 对“$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$”的理解正确的是（　　）
   A. 说明 AgCl 没有完全电离，AgCl 是弱电解质
   B. 说明溶解的 AgCl 已完全电离，是强电解质
   C. 说明 Ag^+与 Cl^-反应不能完全进行到底
   D. 说明 Ag^+与 Cl^-反应可以完全进行到底
2. 现向含 AgBr 的饱和溶液中：
   (1)加入固体 $AgNO_3$，则 $c(Ag^+)$_____（填“变大”“变小”或“不变”，下同）。
   (2)加入更多的 AgBr 固体，则 $c(Ag^+)$_____。
   (3)加入 AgCl 固体，则 $c(Br^-)$_____，$c(Ag^+)$_____。
   (4)加入 Na_2S 固体，则 $c(Br^-)$_____，$c(Ag^+)$_____。

知识点二　溶度积

知识梳理

1. 表达式

对于下列沉淀溶解平衡 $M_mA_n(s) \rightleftharpoons mM^{n+}(aq) + nA^{m-}(aq)$　K_{sp} = [5]_____。

2. 意义：K_{sp}表示难溶电解质在溶液中的[6]_____。

3. 规则：通过比较溶度积与溶液中有关离子浓度幂的乘积——离子积 Q_c 的相对大小，可以判断在给定条件下沉淀能否生成或溶解：

(1)Q_c[7]_____ K_{sp}，溶液过饱和，有沉淀析出，直至溶液饱和，达到新的平衡。

(2)Q_c[8]_____ K_{sp}，溶液饱和，沉淀与溶解处于平衡状态。

(3)Q_c[9]_____ K_{sp}，溶液未饱和，无沉淀析出，若加入过量难溶电解质，难溶电解质溶解直至溶液饱和。

[归纳总结]

(1)K_{sp}只与难溶电解质的性质和温度有关，而与沉淀的量和溶液中离子浓度无关。

(2)同温条件时，对于同类型物质，K_{sp}数值越大，难溶电解质在水中的溶解能力越强。如由 K_{sp}数值可知，溶解能力：$AgCl > AgBr > AgI$，$Cu(OH)_2 < Mg(OH)_2$。

(3)不同类型的物质，K_{sp}差距不大时不能直接作为比较依据。

如常温下：$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$，$K_{sp} = 1.8\times10^{-10}$，

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

$Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$，$K_{sp}=1.8\times10^{-11}$，

虽然 $Mg(OH)_2$ 的 K_{sp} 较小，但不能认为 $Mg(OH)_2$ 比 AgCl 更难溶。

对点训练

3. 下列说法正确的是　　(　　)

A. 难溶电解质的溶度积 K_{sp} 越小，则它的溶解度越小

B. 任何难溶物在水中都存在沉淀溶解平衡，溶解度大小都可以用 K_{sp} 表示

C. 溶度积常数 K_{sp} 与温度有关，温度越高，溶度积越大

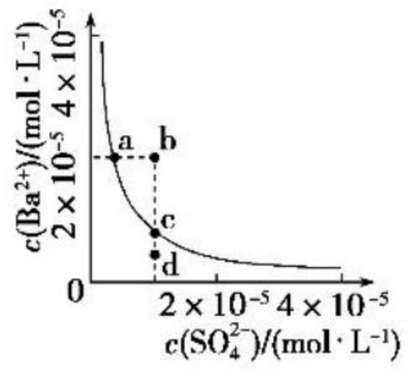
D. 升高温度，某沉淀溶解平衡逆向移动，说明它的溶解度是减小的，K_{sp} 也变小

4. 在 100 mL 0.01 mol·L^{-1} KCl 溶液中，加入 1 mL 0.01 mol·L^{-1} $AgNO_3$ 溶液，下列说法正确的是（AgCl 的 $K_{sp}=1.8\times10^{-10}$）　　(　　)

A. 有 AgCl 沉淀析出　　B. 无 AgCl 沉淀

C. 无法确定　　D. 有沉淀但不是 AgCl

5. 某温度时，$BaSO_4$ 在水中的沉淀溶解平衡曲线如图所示。下列说法正确的是　　(　　)



A. 加入 Na_2SO_4 可以使溶液由 a 点变到 b 点

B. 通过蒸发可以使溶液由 d 点变到 c 点

C. d 点无 $BaSO_4$ 沉淀生成

D. a 点对应的 K_{sp} 大于 c 点对应的 K_{sp}

6. 在 0.10 mol·L^{-1} 硫酸铜溶液中加入氢氧化钠稀溶液充分搅拌，有浅蓝色氢氧化铜沉淀生成，当溶液的 pH=8 时，$c(Cu^{2+})=$ _____ mol·L^{-1}（$K_{sp}[Cu(OH)_2]=2.2\times10^{-20}$）。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. $CaCO_3$ 在下列哪种液体中，溶解度最大　　(　　)

A. H_2O　　B. Na_2CO_3 溶液

C. $CaCl_2$ 溶液　　D. 乙醇

2. 溶度积常数表达式符合 $K_{sp}=c^2(A^{x+})\cdot c(B^{y-})$ 的是(　　)

A. $AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq)+Cl^-(aq)$

B. $Na_2S=2Na^++S^{2-}$

C. $Ag_2S(s) \rightleftharpoons 2Ag^+(aq)+S^{2-}(aq)$

D. $PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq)+2I^-(aq)$

3. 下列有关 AgCl 沉淀的溶解平衡说法正确的是　　(　　)

A. AgCl 沉淀生成和沉淀溶解达平衡后不再进行

B. AgCl 难溶于水，溶液中没有 Ag^+ 和 Cl^-

C. 升高温度，AgCl 沉淀的溶解度增大

D. 向 AgCl 沉淀中加入 NaCl 固体，AgCl 沉淀的溶解度不变

4. 已知：$K_{sp}(AgCl)=1.8\times10^{-10}$，$K_{sp}(AgI)=1.5\times10^{-16}$，$K_{sp}(Ag_2CrO_4)=2.0\times10^{-12}$，则下列难溶盐的饱和溶液中，$Ag^+$ 浓度大小顺序正确的是　　(　　)

A. AgCl>AgI>Ag_2CrO_4　　B. AgCl>Ag_2CrO_4>AgI

C. Ag_2CrO_4>AgCl>AgI　　D. Ag_2CrO_4>AgI>AgCl

5. 下列说法正确的是　　(　　)

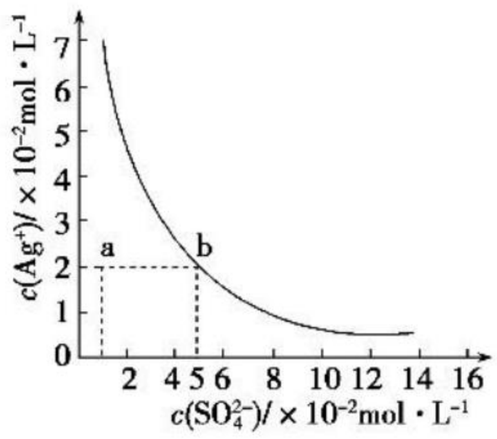
A. 在一定温度下 AgCl 水溶液中，Ag^+ 和 Cl^- 浓度的乘积是一个常数

B. AgCl 的 $K_{sp}=1.8\times10^{-10}$，在任何含 AgCl 固体的溶液中，$c(Ag^+)=c(Cl^-)$ 且 Ag^+ 与 Cl^- 浓度的乘积等于 1.8×10^{-10}

C. 温度一定时，当溶液中 Ag^+ 和 Cl^- 浓度的乘积等于 K_{sp} 值时，此溶液为 AgCl 的饱和溶液

D. 向饱和 AgCl 水溶液中加入盐酸，K_{sp} 值变大

6. 某温度时，Ag_2SO_4 在水中的沉淀溶解平衡曲线如图所示。该温度下，下列说法正确的是　　(　　)



A. 含有大量 SO_4^{2-} 的溶液中肯定不存在 Ag^+

B. 0.02 mol·L^{-1} 的 $AgNO_3$ 溶液与 0.02 mol·L^{-1} 的 Na_2SO_4 溶液等体积混合不会生成沉淀

C. Ag_2SO_4 的溶度积常数（K_{sp}）为 1×10^{-3}

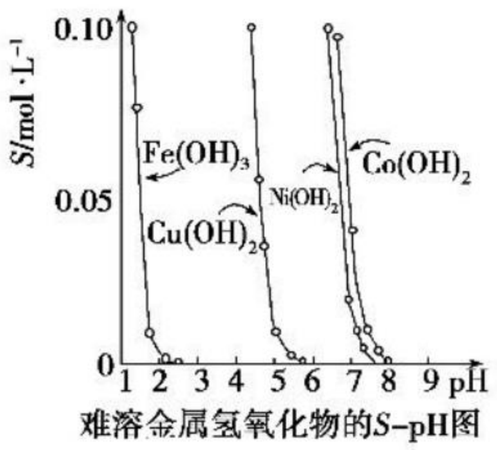
D. a 点表示 Ag_2SO_4 的不饱和溶液，蒸发可以使溶液由 a 点变到 b 点

7. 在有固态 $Mg(OH)_2$ 存在的饱和溶液中，存在着如下平衡：$Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$

(1) 向该饱和溶液中加入固体 CH_3COONa 时，固态 $Mg(OH)_2$ _____，理由是 _____。

(2) 向该饱和溶液中加入固体 NH_4Cl 时，固态 $Mg(OH)_2$ _____，理由是 _____。

8. 金属氢氧化物在酸中溶解度不同，因此可以利用这一性质，控制溶液的 pH，达到分离金属离子的目的。难溶金属的氢氧化物在不同 pH 下的溶解度（S/mol·L^{-1}）如图所示。



难溶金属氢氧化物的 S-pH 图

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

(1)pH=3 时溶液中铜元素的主要存在形式是_____。

(2)若要除去 $CuCl_2$ 溶液中的少量 Fe^{3+}，应该控制溶液的 pH 为_____。

A. <1　　B. 4 左右　　C. >6

(3)在 $Ni(OH)_2$ 溶液中含有少量的 Co^{2+} 杂质，_____(填“能”或“不能”)通过调节溶液 pH 的方法来除去，理由是_____。

层级二　应试提能练

1. 一定温度下，将足量的 AgCl 分别加入下列物质中，AgCl 的溶解度由大到小的排列顺序是　　(　　)

①20 mL 0.01 mol·L^{-1} KCl；②30 mL 0.02 mol·L^{-1} $CaCl_2$ 溶液；③40 mL 0.03 mol·L^{-1} HCl 溶液；④10 mL 蒸馏水；⑤50 mL 0.05 mol·L^{-1} $AgNO_3$ 溶液。

A. ①>②>③>④>⑤　　B. ④>①>③>②>⑤

C. ⑤>④>②>①>③　　D. ④>③>⑤>②>①

2. 除了酸以外，某些盐也能溶解沉淀。利用表中三种试剂进行试验，相关分析不正确的是　　(　　)

编号	①	②	③
分散质	$Mg(OH)_2$	HCl	NH_4Cl
备注	悬浊液	1 mol·L^{-1}	1 mol·L^{-1}

A. 向①中加入酚酞显红色说明物质的“不溶性”是相对的

B. 分别向少量 $Mg(OH)_2$ 沉淀中加入适量等体积②③均能使沉淀快速彻底溶解

C. ①③混合后发生反应：$Mg(OH)_2(s)+2NH_4^+ \rightleftharpoons Mg^{2+}+2NH_3\cdot H_2O$

D. 向①中加入②，$c(OH^-)$减小，$Mg(OH)_2$ 溶解平衡正向移动

3. 已知如下物质的溶度积常数：FeS：$K_{sp}=6.3\times10^{-18}$；CuS：$K_{sp}=6.3\times10^{-36}$。下列说法正确的是　　(　　)

A. 同温度下，CuS 的溶解度大于 FeS 的溶解度

B. 同温度下，向饱和 FeS 溶液中加入少量 Na_2S 固体后，$K_{sp}(FeS)$变小

C. 向含有等物质的量的 $FeCl_2$ 和 $CuCl_2$ 的混合溶液中逐滴加入 Na_2S 溶液，最先出现的沉淀是 FeS

D. 除去工业废水中的 Cu^{2+}，可以选用 FeS 作沉淀剂

4. 已知 25 ℃时，电离常数 $K_a(HF)=3.6\times10^{-4}$ mol·L^{-1}，溶度积常数 $K_{sp}(CaF_2)=1.46\times10^{-10}$ $mol^3\cdot L^{-3}$。现向 1 L 0.2 mol·L^{-1} HF 溶液中加入 1 L 0.2 mol·L^{-1} $CaCl_2$ 溶液，则下列说法中，正确的是　　(　　)

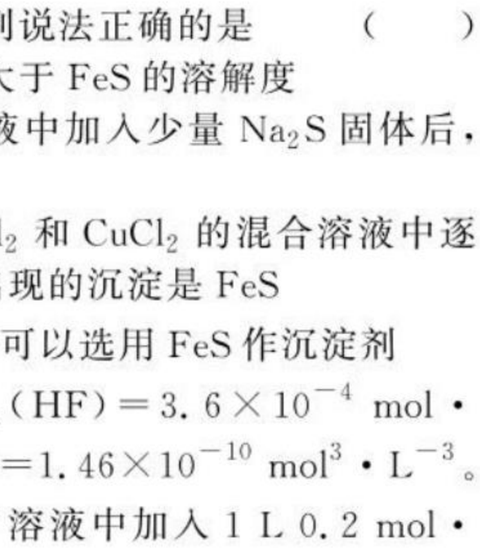
A. 25 ℃时，0.1 mol·L^{-1} HF 溶液中 pH=1

B. $K_{sp}(CaF_2)$随温度和浓度的变化而变化

C. 该体系中，$K_{sp}(CaF_2)=\dfrac{1}{K_a(HF)}$

D. 该体系中有 CaF_2 沉淀产生

5. 已知：$pAg=-\lg c(Ag^+)$，$K_{sp}(AgCl)=1\times10^{-12}$。如图是向 10 mL $AgNO_3$ 溶液中逐渐加入 0.1 mol·L^{-1} 的 NaCl 溶液时，溶液的 pAg 随着加入 NaCl 溶液的体积变化的图象(实线)。根据图象所得下列结论正确的是[提示：$K_{sp}(AgCl)>K_{sp}(AgI)$]　　(　　)



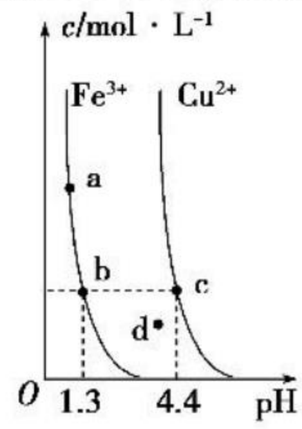
A. 原 $AgNO_3$ 溶液的物质的量浓度为 0.1 mol·L^{-1}

B. 图中 x 点的坐标为(100,6)

C. 图中 x 点表示溶液中 Ag^+ 被恰好完全沉淀

D. 把 0.1 mol·L^{-1} 的 NaCl 换成 0.1 mol·L^{-1} NaI，则图象在终点后变为虚线部分

6. 某温度下，$Fe(OH)_3(s)$、$Cu(OH)_2(s)$分别在溶液中达到沉淀溶解平衡后，改变溶液 pH，金属阳离子浓度的变化如图所示。据图分析，下列判断错误的是　　(　　)



A. $K_{sp}[Fe(OH)_3]<K_{sp}[Cu(OH)_2]$

B. 加适量 NH_4Cl 固体可使溶液由 a 点变到 b 点

C. c、d 两点代表的溶液中 $c(H^+)$与 $c(OH^-)$乘积相等

D. $Fe(OH)_3$、$Cu(OH)_2$ 分别在 b、c 两点代表的溶液达到饱和

7. (**2018·宁德八校高二联考**)某兴趣小组为探究沉淀溶解平衡的原理并测定某温度下 PbI_2 溶度积常数，设计如下实验。

Ⅰ. 取 100 mL 蒸馏水，加入过量的 PbI_2 固体(黄色)，搅拌，静置，过滤到洁净的烧杯中，得到滤液。

(1)搅拌的目的是_____。

(2)取少量滤液于试管中，向其中滴加几滴 0.1 mol·L^{-1} KI 溶液，观察到的现象是_____，溶液中 $c(Pb^{2+})$_____(填“增大”“减小”或“不变”)。

Ⅱ. 准确量取 10.00 mL 滤液，与离子交换树脂(RH)发生反应：$2RH+Pb^{2+}\rightleftharpoons R_2Pb+2H^+$，交换完成后，流出溶液用中和滴定法测得 $n(H^+)=3.000\times10^{-5}$ mol。

(3)在此实验温度下，PbI_2 的溶度积常数 $K_{sp}=$_____。

(4)若步骤Ⅰ盛装滤液的烧杯中有少量蒸馏水，K_{sp}测定结果将会_____(填“偏大”“偏小”或“无影响”)。

8. 向 50 mL 0.018 mol·L^{-1} 的 $AgNO_3$ 溶液中加入 50 mL 0.020 mol·L^{-1} 的盐酸，生成沉淀。溶度积为 $K_{sp}=c(Ag^+)\cdot c(Cl^-)=1\times10^{-10}$，试求：

(1)沉淀生成后溶液中 $c(Ag^+)$为_____。

(2)沉淀生成后溶液的 pH 是_____。

9. 已知在 25 ℃的水溶液中，AgX、AgY、AgZ 均难溶于水，且 $K_{sp}(AgX)=1.8\times10^{-10}$，$K_{sp}(AgY)=1.0\times10^{-12}$，$K_{sp}(AgZ)=8.7\times10^{-17}$。

(1)根据以上信息，判断 AgX、AgY、AgZ 三者的溶解度(已被溶解的溶质的物质的量/1 L 溶液)S(AgX)、S(AgY)、S(AgZ)的大小顺序为_____。

(2)若向 AgY 的饱和溶液中加入少量的 AgX 固体，则 $c(Y^-)$_____(填“增大”“减小”或“不变”)。

(3)在 25 ℃时，若取 0.188 g 的 AgY(相对分子质量 188)固体放入 100 mL 水中(忽略溶液体积的变化)，则溶液中 Y^- 的物质的量浓度为_____。

(4)由上述 K_{sp} 判断，在上述(3)的体系中，能否实现 AgY 向 AgZ 的转化，_____(填“能”或“不能”)，理由为_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第二课时　沉淀反应的应用

1. 了解沉淀反应的应用。
2. 知道沉淀转化的实质。

[晨背重点语句]

1. 沉淀生成的主要方法有调节pH法和加沉淀剂法。
2. 沉淀的溶解：根据平衡移动原理，对于在水中难溶的电解质，只要不断减少溶解平衡体系中的相应离子，平衡就向沉淀溶解的方向移动，从而使沉淀溶解。
3. 沉淀转化的实质就是沉淀溶解平衡的移动。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　沉淀的生成

知识梳理

1. 沉淀生成的方法

(1)调节pH法：如工业原料氯化铵中含杂质氯化铁，使其溶解于水，再加入氨水调节pH至7～8，可使Fe^{3+}转变为[1]_____沉淀而除去。反应如下：

$Fe^{3+}+3NH_3\cdot H_2O=\!=\!=Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4^+$。

(2)加沉淀剂法：如以Na_2S、H_2S等作沉淀剂，使某些金属离子，如Cu^{2+}、Hg^{2+}等生成极难溶的硫化物CuS、HgS等沉淀，也是分离、除去杂质常用的方法。反应如下：

$Cu^{2+}+S^{2-}=\!=\!=$[2]_____，

$Cu^{2+}+H_2S=\!=\!=$[3]_____，

$Hg^{2+}+S^{2-}=\!=\!=$[4]_____，

$Hg^{2+}+H_2S=\!=\!=$[5]_____。

2. 沉淀生成的应用

在涉及[6]_____、[7]_____的生产、科研、[8]_____等领域中，常利用[9]_____来达到分离或除去某些离子的目的。

[归纳总结]

(1)利用生成沉淀分离或除去某种离子，首先要使生成沉淀的反应能够发生；其次希望沉淀生成的反应进行的越完全越好。

(2)选择沉淀剂的要求是除去溶液中的某种离子，又不能影响其他离子的存在，并且由沉淀剂引入溶液的杂质离子还要便于除去。如沉淀Ca^{2+}时选用CO_3^{2-}而不选用SO_4^{2-}。

对点训练

1. 在$BaSO_4$饱和溶液中加入少量$BaCl_2$溶液时产生沉淀，若以K_{sp}表示$BaSO_4$的溶度积常数，则平衡后溶液中　(　　)

A. $c(Ba^{2+})=c(SO_4^{2-})=(K_{sp})^{1/2}$

B. $c(Ba^{2+})\cdot c(SO_4^{2-})=K_{sp}$，$c(Ba^{2+})>c(SO_4^{2-})$

C. $c(Ba^{2+})\cdot c(SO_4^{2-})>K_{sp}$，$c(Ba^{2+})=c(SO_4^{2-})$

D. $c(Ba^{2+})\cdot c(SO_4^{2-})\neq K_{sp}$，$c(Ba^{2+})<c(SO_4^{2-})$

2. 要使工业废水中的重金属Pb^{2+}沉淀，可用硫酸盐、碳酸盐、硫化物等作沉淀剂，已知Pb^{2+}与这些离子形成的化合物的溶解度如下：

化合物	$PbSO_4$	$PbCO_3$	PbS
溶解度/g	1.03×10^{-4}	1.81×10^{-7}	1.84×10^{-14}

由上述数据可知，选用的沉淀剂最好为　(　　)

A. 硫化物　　B. 硫酸盐

C. 碳酸盐　　D. 以上沉淀剂均可

3. 牙齿表面有一层硬的成分为$Ca_5(PO_4)_3OH$的物质保护，它在唾液中存在下列平衡：$Ca_5(PO_4)_3OH(s)\rightleftharpoons5Ca^{2+}(aq)+3PO_4^{3-}(aq)+OH^-(aq)$。已知$Ca_5(PO_4)_3F(s)$的溶解度比$Ca_5(PO_4)_3OH(s)$更小，为了保护牙齿，世界各地均采用了不同的措施。以下措施中不能保护牙齿的是　(　　)

A. 饮用纯净水

B. 在牙膏中添加适量的Ca^{2+}或PO_4^{3-}

C. 在饮用水中加入适量的氟化物添加剂

D. 在牙膏中加入氟化物添加剂

知识点二　沉淀的溶解

知识梳理

1. $Mg(OH)_2$溶解性

$Mg(OH)_2$[10]_____溶于水；[11]_____溶于盐酸，反应的离子方程式为$Mg(OH)_2+2H^+=\!=\!=Mg^{2+}+2H_2O$；[12]_____溶于$NH_4Cl$溶液反应的离子方程式为$Mg(OH)_2+2NH_4^+=\!=\!=Mg^{2+}+2NH_3\cdot H_2O$。

2. 沉淀溶解的原理

根据平衡移动原理，对于在水中难溶的电解质，如果能设法不断地移去溶解平衡体系中的[13]_____，使平衡向[14]_____的方向移动，就可以使沉淀溶解。

3. 溶解沉淀的试剂类型

(1)主要类型：用[15]_____溶解。例如，溶解$CaCO_3$、FeS、$Al(OH)_3$、$Cu(OH)_2$等难溶电解质。

(2)用某些盐溶液溶解。例如：$Mg(OH)_2$沉淀可溶于NH_4Cl溶液，化学方程式为$Mg(OH)_2+2NH_4Cl=\!=\!=MgCl_2+2NH_3\cdot H_2O$。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

[归纳总结]

沉淀溶解常用的方法

(1)酸溶解法：如 $CaCO_3$ 溶于盐酸，$Al(OH)_3$、$Cu(OH)_2$ 溶于强酸等；

(2)盐溶解法：如 $Mg(OH)_2$ 可溶于 NH_4Cl 溶液中；

(3)生成配合物法：如 AgCl 可溶于氨水；

(4)氧化还原法：如 CuS、HgS 等可溶于 HNO_3 中。

对点训练

4. 当氢氧化镁固体在水中达到溶解平衡 $Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$ 时，为使 $Mg(OH)_2$ 固体的量减少，须加入少量的　(　)

A. $MgCl_2$　　B. NaOH

C. $MgSO_4$　　D. $NaHSO_4$

5. 下列关于沉淀的叙述不正确的是　(　)

A. 生产、科研中常利用生成沉淀来达到分离或除杂的目的

B. 沉淀的溶解只能通过酸碱中和反应来实现

C. 沉淀转化的实质就是沉淀溶解平衡的移动

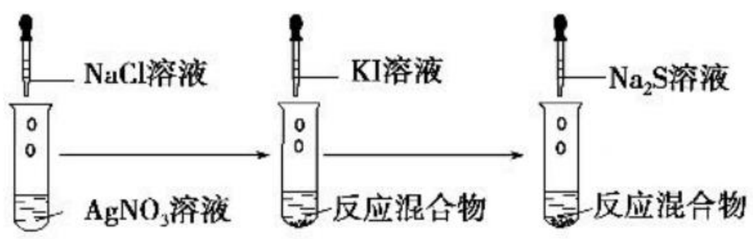
D. 一般来说，溶解度小的沉淀转化成溶解度更小的沉淀容易实现

知识点三　沉淀的转化

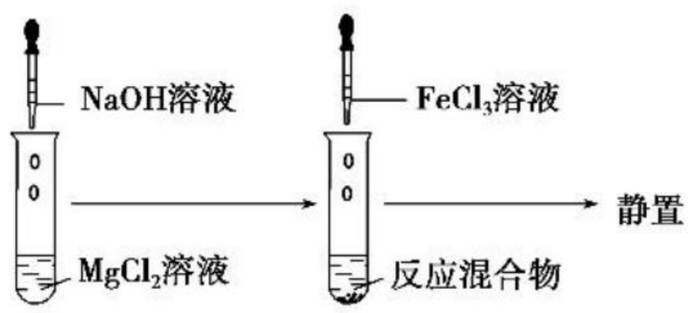
知识梳理

1. 实验探究

(1)Ag^+ 的沉淀物的转化

实验步骤			
实验现象	有白色沉淀生成	白色沉淀变为黄色	黄色沉淀变为黑色
化学方程式	$AgNO_3+NaCl=AgCl\downarrow+NaNO_3$	$AgCl+KI=AgI+KCl$	$2AgI+Na_2S=Ag_2S+2NaI$
实验结论	[16]_____的沉淀可以转化成[17]_____的沉淀		

(2)$Mg(OH)_2$ 与 $Fe(OH)_3$ 的转化

实验步骤		
实验现象	产生白色沉淀	产生红褐色沉淀
化学方程式	$MgCl_2+2NaOH=Mg(OH)_2\downarrow+2NaCl$	$3Mg(OH)_2+2FeCl_3=2Fe(OH)_3+3MgCl_2$
实验结论	$Fe(OH)_3$ 比 $Mg(OH)_2$[18]_____	

2. 沉淀转化的方法

对于一些用酸或其他方法也不能溶解的沉淀，可以先将其转化为[19]_____或其他方法能溶解的沉淀。

3. 沉淀转化的实质

沉淀转化的实质就是[20]_____。一般说来，[21]_____的沉淀转化成[22]_____的沉淀容易实现。

两种沉淀的溶解度差别[23]_____，沉淀转化越容易。

4. 沉淀转化的应用

沉淀的转化在科研和生产中具有重要的应用价值。

(1)锅炉除水垢

水垢[$CaSO_4(s) \xrightarrow{Na_2CO_3\ 溶液} CaCO_3 \xrightarrow{盐酸} Ca^{2+}(aq)$]

其反应方程式是 $CaSO_4+Na_2CO_3 \rightleftharpoons CaCO_3+Na_2SO_4$，$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2\uparrow$。

(2)对一些自然现象的解释

在自然界也发生着溶解度小的矿物转化为溶解度更小的矿物的现象。例如，各种原生铜的硫化物经氧化、淋滤作用后可变成 $CuSO_4$ 溶液，并向深部渗透，遇到深层的闪锌矿(ZnS)和方铅矿(PbS)时，便慢慢地使之转变为铜蓝(CuS)。其反应如下：

$CuSO_4+ZnS=$[24]_____，

$CuSO_4+PbS=$[25]_____。

[归纳总结]

沉淀转化的一般原则

(1)溶解度较小的沉淀易转化成溶解度更小的沉淀。

(2)当一种试剂能沉淀溶液中的几种离子时，生成沉淀所需试剂离子浓度越小的越先沉淀。

(3)如果生成各种沉淀所需试剂离子的浓度相差较大，就能分步沉淀，从而达到分离离子的目的。

对点训练

6. 向 5 mL NaCl 溶液中滴入一滴 $AgNO_3$ 溶液，出现白色沉淀，继续滴加一滴 KI 溶液并振荡，沉淀变为黄色，再滴入一滴 Na_2S 溶液并振荡，沉淀又变成黑色，根据上述变化过程，分析此三种沉淀物的溶解度关系为　(　)

A. $AgCl=AgI=Ag_2S$　　B. $AgCl<AgI<Ag_2S$

C. $AgCl>AgI>Ag_2S$　　D. $AgI>AgCl>Ag_2S$

7. (**2019·亳州三中高一月考**)在 100 mL 0.10 mol·L^{-1} 的 $AgNO_3$ 溶液中加入 100 mL 溶有 2.08 g $BaCl_2$ 的溶液，再加入 100 mL 溶有 0.010 mol $CuSO_4\cdot5H_2O$ 的溶液，充分反应。下列说法正确的是　(　)

A. 最终得到白色沉淀和无色溶液

B. 最终得到的白色沉淀等物质的量的两种化合物的混合物

C. 在最终得到的溶液中，Cl^- 的物质的量为 0.02 mol

D. 在最终得到的溶液中，Cu^{2+} 的物质的量浓度为0.01 mol·L^{-1}

8. 常温下 $K_{sp}(PbS)=8\times10^{-28}$，$K_{sp}(PbI_2)=4\times10^{-9}$，向 PbI_2 的悬浊液中加入 Na_2S 溶液，反应 $PbI_2(s)+S^{2-}(aq) \rightleftharpoons PbS(s)+2I^-(aq)$ 的化学平衡常数为_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG_JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1.（双选）（**2018·海淀区高二检测**）石灰乳中存在下列平衡：$Ca(OH)_2(s)\rightleftharpoons Ca^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$；加入下列溶液，可使 $Ca(OH)_2$ 明显减少的是（　　）

A. Na_2CO_3 溶液　　B. KCl 溶液

C. NaOH 溶液　　D. $CaCl_2$ 溶液

2. 常温下几种难溶电解质的溶度积如表所示：

物质名称	硫化亚铁	硫化铜	硫化锌
溶度积	6.3×10^{-18}	6.3×10^{-36}	1.6×10^{-24}

向含有等物质的量浓度的 $FeCl_2$、$CuSO_4$、$ZnSO_4$ 混合溶液中滴加 0.01 mol·L^{-1} Na_2S 溶液时 Fe^{2+}、Cu^{2+}、Zn^{2+} 沉淀的先后顺序为（　　）

A. Fe^{2+}、Zn^{2+}、Cu^{2+}　　B. Cu^{2+}、Zn^{2+}、Fe^{2+}

C. Zn^{2+}、Fe^{2+}、Cu^{2+}　　D. Cu^{2+}、Fe^{2+}、Zn^{2+}

3. 已知同温度下的溶解度：$Zn(OH)_2>ZnS$，$MgCO_3>Mg(OH)_2$；就溶解或电离出 S^{2-} 的能力而言，$FeS>H_2S>CuS$，则下列离子方程式错误的是（　　）

A. $Mg^{2+}+2HCO_3^-+2Ca^{2+}+4OH^-=\!=\!=Mg(OH)_2\downarrow+2CaCO_3\downarrow+2H_2O$

B. $Cu^{2+}+H_2S=\!=\!=CuS\downarrow+2H^+$

C. $Zn^{2+}+S^{2-}+2H_2O=\!=\!=Zn(OH)_2\downarrow+H_2S\uparrow$

D. $FeS+2H^+=\!=\!=Fe^{2+}+H_2S\uparrow$

4. 已知：$K_{sp}(ZnS)>K_{sp}(CuS)$，在有白色固体 ZnS 存在的饱和溶液中滴加适量 $CuSO_4$ 溶液，产生的实验现象是（　　）

A. 固体逐渐溶解，最后消失

B. 固体由白色变为黑色

C. 固体颜色变化但质量不变

D. 固体逐渐增多，但颜色不变

5. 下列化学原理的应用，主要用沉淀溶解平衡原理来解释的是（　　）

①热纯碱溶液的洗涤油污能力强　②误将钡盐[$BaCl_2$、$Ba(NO_3)_2$]当作食盐混用后，常用 0.5% 的 Na_2SO_4 溶液解毒　③溶洞、珊瑚的形成　④碳酸钡不能作“钡餐”而硫酸钡则能　⑤泡沫灭火器灭火的原理

A. ②③④　　B. ①②③

C. ③④⑤　　D. ①②③④⑤

6. 实验：①0.1 mol·L^{-1} $AgNO_3$ 溶液和 0.1 mol·L^{-1} NaCl 溶液等体积混合得到浊液 a，过滤得到滤液 b 和白色沉淀 c；

②向滤液 b 中滴加 0.1 mol·L^{-1} KI 溶液，出现浑浊；

③向沉淀 c 中滴加 0.1 mol·L^{-1} KI 溶液，沉淀变为黄色。

下列分析不正确的是（　　）

A. 浊液 a 中存在沉淀溶解平衡：$AgCl(s)\rightleftharpoons Ag^+(aq)+Cl^-(aq)$

B. 滤液 b 中不含有 Ag^+

C. ③中颜色变化说明 AgCl 转化为 AgI

D. 实验可以证明 AgI 比 AgCl 更难溶

7.“除钙、镁”是将溶液中 Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 转化为 MgF_2、CaF_2 沉淀。已知 $K_{sp}(MgF_2)=7.35\times10^{-11}$，$K_{sp}(CaF_2)=1.05\times10^{-10}$。当加入过量 NaF 后，所得滤液 $c(Mg^{2+})/c(Ca^{2+})=$_____。

8. 已知 25 ℃ 时，$K_{sp}[Fe(OH)_3]=8\times10^{-39}$。

(1)该温度下反应 $Fe(OH)_3+3H^+\rightleftharpoons Fe^{3+}+3H_2O$ 的平衡常数为_____（列式并计算）。

(2)向 0.001 mol·L^{-1} $FeCl_3$ 溶液中通入氨气（体积变化忽略不计），开始沉淀时溶液的 pH 为_____（lg 5=0.7）。

9. 试用平衡移动原理解释下列事实：

(1)$BaCO_3$ 不溶于水，为什么不能作钡餐？

(2)分别用等体积的蒸馏水和 0.01 mol·L^{-1} 的盐酸洗涤 AgCl 沉淀，用水洗涤造成 AgCl 的损失大于用稀盐酸洗涤的损失量。

层级二　应试提能练

1. 已知：$K_{sp}(AgCl)=1.8\times10^{-10}$，$K_{sp}(AgBr)=7.8\times10^{-13}$。现将 AgCl 与 AgBr 的饱和溶液等体积混合，再加入足量浓 $AgNO_3$ 溶液，发生的反应为（　　）

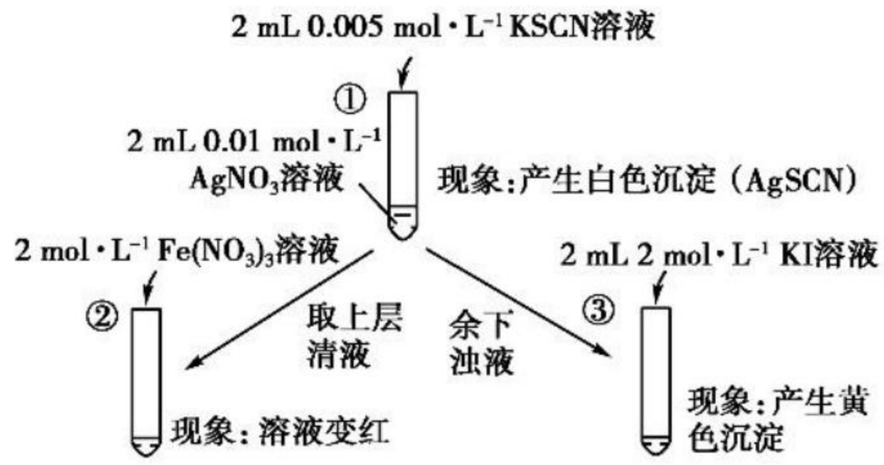
A. 只有 AgBr 沉淀

B. AgCl 和 AgBr 沉淀等量生成

C. AgCl 和 AgBr 沉淀都有，但以 AgCl 沉淀为主

D. AgCl 和 AgBr 沉淀都有，但以 AgBr 沉淀为主

2. 为研究沉淀的生成及转化，某小组进行如下实验。关于该实验的分析不正确的是（　　）



A. ①浊液中存在平衡：$AgSCN(s)\rightleftharpoons Ag^+(aq)+SCN^-(aq)$

B. ②中颜色变化说明上层清液中含有 SCN^-

C. ③中颜色变化说明有 AgI 生成

D. 该实验可以证明 AgI 比 AgSCN 更难溶

3. 化工生产中常用 MnS 作为沉淀剂除去工业废水中 Cu^{2+}：$Cu^{2+}(aq)+MnS(s)\rightleftharpoons CuS(s)+Mn^{2+}(aq)$，下列说法错误的是（　　）

A. MnS 的 K_{sp} 比 CuS 的 K_{sp} 大

B. 该反应达平衡时 $c(Mn^{2+})=c(Cu^{2+})$

C. 往平衡体系中加入少量 $CuSO_4$ 固体后，$c(Mn^{2+})$ 变大

D. 该反应的平衡常数 $K=\dfrac{K_{sp}(MnS)}{K_{sp}(CuS)}$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

4. 已知：25 ℃时，$K_{sp}[Mg(OH)_2]=5.61\times10^{-12}$，$K_{sp}(MgF_2)=7.42\times10^{-11}$。下列说法正确的是　　(　　)
A. 25 ℃时，饱和 $Mg(OH)_2$ 溶液与饱和 MgF_2 溶液相比，前者的 $c(Mg^{2+})$大
B. 25 ℃时，在 $Mg(OH)_2$ 的悬浊液中加入少量的 NH_4Cl 固体，$c(Mg^{2+})$增大
C. 25 ℃时，$Mg(OH)_2$ 固体在 20 mL 0.01 mol·L^{-1}氨水中的 K_{sp}比在 20 mL 0.01 mol·L^{-1} NH_4Cl 溶液中的 K_{sp}小
D. 25 ℃时，在 $Mg(OH)_2$ 的悬浊液中加入 NaF 溶液后，$Mg(OH)_2$不可能转化成为 MgF_2

5. (**2019·天津河西区高二检测**)已知 $K_{sp}(BaSO_4)=1.1\times10^{-10}$，$K_{sp}(BaCO_3)=2.5\times10^{-9}$。下列说法中不正确的是　　(　　)
A. $BaSO_4$ 比 $BaCO_3$ 溶解度小，所以 $BaCO_3$ 可以转化为 $BaSO_4$
B. $BaCO_3$、$BaSO_4$ 均不溶于水，所以都可以做钡餐试剂
C. 向 Na_2CO_3 溶液中加入 $BaCl_2$ 和 Na_2SO_4，当两种沉淀共存时，$c(SO_4^{2-})/c(CO_3^{2-})=4.4\times10^{-2}$
D. 常温下，$BaCO_3$ 若要在 Na_2SO_4 溶液中开始转化为 $BaSO_4$，则 Na_2SO_4 的浓度必须不低于 2.2×10^{-6} mol·L^{-1}

6. (**2019·太原五中高二检测**)在某溶液中有浓度均为 0.01 mol·L^{-1}的 Fe^{3+}、Cr^{3+}、Zn^{2+}、Mg^{2+}等离子，已知 25 ℃时，$K_{sp}[Fe(OH)_3]=4.0\times10^{-38}$，$K_{sp}[Cr(OH)_3]=7.0\times10^{-31}$，$K_{sp}[Zn(OH)_2]=1.0\times10^{-17}$，$K_{sp}[Mg(OH)_2]=1.8\times10^{-11}$。当下列离子以氢氧化物的形式开始沉淀时，所需的 pH 最小的是　　(　　)
A. Fe^{3+}　　B. Cr^{3+}
C. Zn^{2+}　　D. Mg^{2+}

7. 已知 AgCl 为难溶于水和酸的白色固体，Ag_2S 为难溶于水和酸的黑色固体。向 AgCl 和水形成的悬浊液中加入足量的 Na_2S 溶液并振荡，结果白色固体完全转化为黑色固体：
(1)写出白色固体转化为黑色固体的离子方程式：_____。
(2)简要说明白色固体转化为黑色固体的原因_____。

8. 某学习小组欲探究 $CaSO_4$ 沉淀转化为 $CaCO_3$ 沉淀的可能性，查得 25 ℃时如下资料：

难溶电解质	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$MgCO_3$	$Mg(OH)_2$
K_{sp}	2.8×10^{-9}	9.1×10^{-6}	6.8×10^{-6}	1.8×10^{-12}

实验步骤如下：
①往 100 mL 0.1 mol·L^{-1}的 $CaCl_2$ 溶液中加入 100 mL 0.1 mol·L^{-1}的 Na_2SO_4 溶液，立即有白色沉淀生成。
②向上述悬浊液中加入固体 Na_2CO_3 3 g，搅拌，静置，沉淀后弃去上层清液。
③再加入蒸馏水搅拌，静置，沉淀后再弃去上层清液。
④_____。
(1)由题中信息知 K_{sp}越大，表示电解质的溶解度越_____(填“大”或“小”)。
(2)写出第②步发生反应的化学方程式：_____。
(3)设计第③步的目的是_____。
(4)请补充第④步操作及发生的现象：_____。

9. 已知 $K_{sp}(AgCl)=1.8\times10^{-10}$，$K_{sp}(Ag_2CrO_4)=1.9\times10^{-12}$，现在向 0.001 mol·$L^{-1}$ K_2CrO_4 和 0.01 mol·L^{-1} KCl 混合液中滴加 0.01 mol·L^{-1} $AgNO_3$ 溶液，通过计算回答：
(1)Cl^-、CrO_4^{2-} 谁先沉淀？
(2)刚出现 Ag_2CrO_4 沉淀时，溶液中 Cl^- 浓度是多少？(设混合溶液在反应中体积不变)

章末复习　第三章　水溶液中的离子平衡

一、判断弱电解质的三个思维角度

角度一：弱电解质的定义，即弱电解质不能完全电离，如测 0.1 mol·L^{-1}的 CH_3COOH 溶液的 pH>1。

角度二：弱电解质溶液中存在电离平衡，条件改变，平衡移动，如 pH=1 的 CH_3COOH 加水稀释 10 倍后，1<pH<2。

角度三：弱电解质形成的盐类能水解，如判断 CH_3COOH 为弱酸可用下面两个现象：
(1)配制某浓度的醋酸钠溶液，向其中加入几滴酚酞溶液。现象：溶液变为浅红色。
(2)用玻璃棒蘸取一定浓度的醋酸钠溶液滴在 pH 试纸上，测其 pH。现象：pH>7。

【例 1】 为了证明醋酸是弱电解质，甲、乙、丙、丁四人分别选用下列试剂进行实验：0.1 mol·L^{-1}醋酸溶液、0.1 mol·L^{-1}盐酸、pH=3 的盐酸、pH=3 的醋酸、CH_3COONa 晶体、NaCl 晶体、CH_3COONH_4 晶体、蒸馏水、锌粒、pH 试纸、酚酞、NaOH 溶液等。

(1)甲取出 10 mL 0.1 mol·L^{-1}的醋酸溶液，用 pH 试纸测出其 pH=a，确定醋酸是弱电解质，则 a 应该满足的关系是_____，理由是_____。

(2)乙分别取 pH=3 的醋酸和盐酸各 1 mL，分别用蒸馏水稀释到 100 mL，然后用 pH 试纸分别测定两溶液的 pH，则可认定醋酸是弱电解质，判断的依据是_____。

(3)丙分别取 pH=3 的盐酸和醋酸各 10 mL，然后加入质量相同的锌粒，醋酸放出 H_2 的速率快，则认定醋酸是弱电解质，你认为这一方法正确吗？_____，请说明理由：_____。

(4)丁用 CH_3COONa 晶体、NaCl 晶体、蒸馏水和酚酞做实验，也论证了醋酸是弱酸的事实，该同学的实验操作和现象是_____。

[**答案**] (1)$a>1$　因醋酸是弱酸，不能完全电离
(2)盐酸的 pH=5，醋酸的 3<pH<5
(3)正确　由于醋酸是弱酸，随着反应的进行，醋酸不断电离，$c(H^+)$变化小，产生 H_2 的速率醋酸比盐酸快
(4)将 CH_3COONa 晶体、NaCl 晶体分别溶于适量水配成溶液，再分别滴入酚酞溶液，CH_3COONa 溶液变浅红色，NaCl 溶液不变色

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

二、酸碱中和反应的两种常见情况分析

1. 等体积、等物质的量浓度的酸 HA 与碱 MOH 混合

HA	MOH	$c(H^+)_{酸}$与$c(OH^-)_{碱}$关系	溶液酸碱性	离子浓度大小顺序
强	强	=	中性	$c(A^-)=c(M^+)>c(OH^-)=c(H^+)$
强	弱	>	酸性	$c(A^-)>c(M^+)>c(H^+)>c(OH^-)$
弱	强	<	碱性	$c(M^+)>c(A^-)>c(OH^-)>c(H^+)$

[归纳总结]

谁强显谁性，同强显中性。

2. 常温下，等体积的酸 HA 和碱 MOH 混合（$pH_{酸}+pH_{碱}=14$）

HA	MOH	c(HA)与c(MOH)关系	溶液酸碱性	离子浓度大小顺序
强	强	=	中性	$c(A^-)=c(M^+)>c(OH^-)=c(H^+)$
强	弱	<	碱性(一般)	$c(M^+)>c(A^-)>c(OH^-)>c(H^+)$
弱	强	>	酸性(一般)	$c(A^-)>c(M^+)>c(H^+)>c(OH^-)$

【例 2】 在某温度时，测得 0.01 mol·L^{-1}的 NaOH 溶液的 pH=11。

(1)该温度下水的离子积常数 K_w=_____。

(2)在此温度下，将 pH=a 的 NaOH 溶液 V_a L 与 pH=b 的硫酸 V_b L 混合。

①若所得混合液为中性，且 $a=12$，$b=2$，则 $V_a:V_b$=_____。

②若所得混合液为中性，且 $a+b=12$，则 $V_a:V_b$=_____。

[解析] (1)由题意知，溶液中 $c(H^+)=10^{-11}$ mol·L^{-1}，$c(OH^-)=0.01$ mol·L^{-1}，故 $K_w=c(H^+)\cdot c(OH^-)=10^{-13}$。

(2)①根据中和反应：$H^++OH^-=\!=\!=H_2O$，$c(H^+)\cdot V_b=c(OH^-)\cdot V_a$，

$10^{-2}\cdot V_b=\frac{10^{-13}}{10^{-12}}\cdot V_a$，$\frac{V_a}{V_b}=\frac{10^{-2}}{10^{-1}}=1:10$。

②根据中和反应 $H^++OH^-=\!=\!=H_2O$，$c(H^+)\cdot V_b=c(OH^-)\cdot V_a$，

$10^{-b}\cdot V_b=\frac{10^{-13}}{10^{-a}}\cdot V_a$，$\frac{V_a}{V_b}=\frac{10^{-b}}{10^{a-13}}=10^{13-(a+b)}=10$，即 $V_a:V_b=10:1$。

[答案] (1)10^{-13}　(2)①1∶10　②10∶1

[归纳总结]

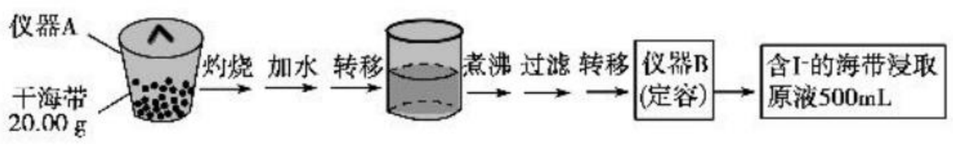
强酸与强碱混合呈中性时，“$V_{酸}:V_{碱}$”与“$pH_{酸}+pH_{碱}$”的关系(常温)

$V_{酸}:V_{碱}$	$c(H^+):c(OH^-)$	$pH_{酸}+pH_{碱}$
10∶1	1∶10	15
1∶1	1∶1	14
1∶10	10∶1	13
$m:n$	$n:m$	$14+\lg m/n$

三、氧化还原滴定法

1. 滴定曲线的绘制和应用

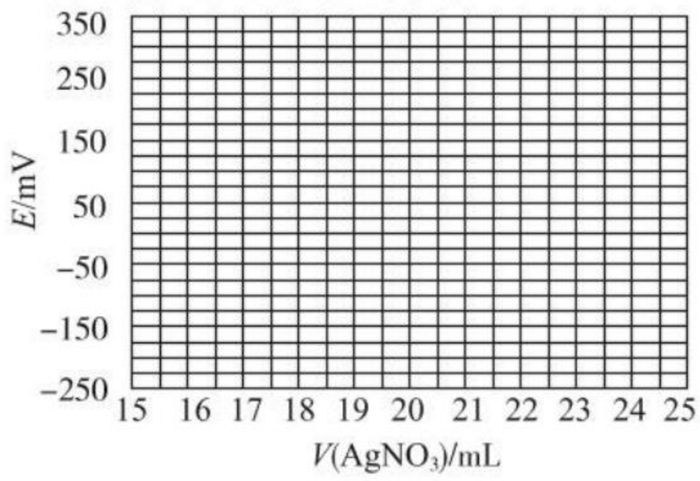
【例 3】 海带中碘含量的测定



取 0.010 0 mol·L^{-1}的 $AgNO_3$ 标准溶液装入滴定管，取 100.00 mL 海带浸取原液至滴定池，用电势滴定法测定碘含量。测得的电动势(E)反映溶液中 $c(I^-)$的变化，部分数据如表：

$V(AgNO_3)$/mL	15.00	19.00	19.80	19.98	20.00	20.02	21.00	23.00	25.00
E/mV	−225	−200	−150	−100	50.0	175	275	300	325

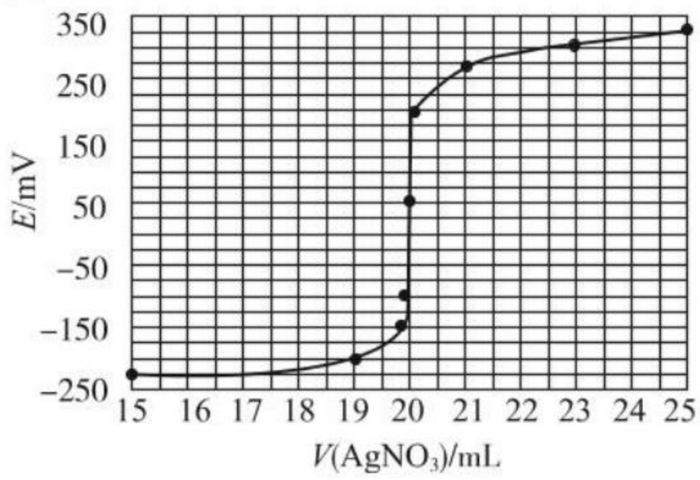
(1)根据表中数据绘制滴定曲线：



(2)该次滴定终点时用去 $AgNO_3$ 溶液的体积为_____mL，计算得海带中碘的百分含量为_____%。

[解析] 实验到滴定终点时，消耗的 $AgNO_3$ 标准溶液为 20.00 mL，若设所得海带浸取原液中 I^- 浓度为 x mol·L^{-1}，则 $0.010\ 0\times20=100x$，$x=0.002\ 0$，原样品中碘的物质的量为 0.002 0 mol·$L^{-1}\times500\times10^{-3}$ L$=1\times10^{-3}$ mol；质量为 127 g·$mol^{-1}\times1\times10^{-3}$ mol$=0.127$ g；百分含量为$\frac{0.127\ g}{20.00\ g}\times100\%=0.635\%$。

[答案] (1)



(2)20.00　0.635

2. 氧化还原滴定法

滴定操作不仅适用于酸碱中和反应，也可迁移应用于氧化还原反应进行物质含量的测定，计算方法主要用“关系式”法。

(1)原理

以氧化剂或还原剂为滴定剂，直接滴定一些具有还原性或氧化性的物质。

(2)实例

①酸性 $KMnO_4$ 溶液滴定 $H_2C_2O_4$ 溶液

原理：$2MnO_4^-+6H^++5H_2C_2O_4=\!=\!=10CO_2\uparrow+2Mn^{2+}+8H_2O$。

指示剂：酸性 $KMnO_4$ 溶液本身呈紫色，不用另外选择指示剂，当滴入最后一滴酸性 $KMnO_4$ 溶液后，溶液由无色变浅红色，且半分钟内不褪色，说明到达滴定终点。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

②$Na_2S_2O_3$ 溶液滴定碘液

原理：$2Na_2S_2O_3+I_2=\!=\!=Na_2S_4O_6+2NaI$。

指示剂：用淀粉作指示剂，当滴入最后一滴 $Na_2S_2O_3$ 溶液后，溶液的蓝色褪去，且半分钟内不恢复原色，说明到达滴定终点。

【例 4】 $KMnO_4$ 是一种用途广泛的氧化剂，可由软锰矿（主要成分为 MnO_2）通过下列方法制备：

a. 软锰矿与过量 KOH、$KClO_3$ 固体熔融生成 K_2MnO_4；

b. 溶解、过滤后将滤液酸化，使 K_2MnO_4 完全转化为 MnO_2 和 $KMnO_4$；

c. 滤去 MnO_2，将滤液浓缩、结晶得到深紫色的 $KMnO_4$ 产品。

(1)溶液酸化时，K_2MnO_4 转变为 MnO_2 和 $KMnO_4$ 的离子方程式是_____；

(2)测定 $KMnO_4$ 产品的纯度可用标准 $Na_2S_2O_3$ 溶液进行滴定。

①配制 250 mL 0.100 mol·L^{-1} 标准 $Na_2S_2O_3$ 溶液，需准确称取 $Na_2S_2O_3$ 固体的质量为_____g；

②取上述制得的 $KMnO_4$ 产品 0.600 0 g，酸化后用 0.100 mol·L^{-1} 标准 $Na_2S_2O_3$ 溶液进行滴定，滴定至终点消耗 $Na_2S_2O_3$ 溶液 20.00 mL。计算该 $KMnO_4$ 产品的纯度（写出计算过程）。

（有关离子方程式为 $MnO_4^-+S_2O_3^{2-}+H^+\longrightarrow SO_4^{2-}+Mn^{2+}+H_2O$ 未配平）

[**解析**] (1)由滤液酸化后，K_2MnO_4 转变为 MnO_2 和 $KMnO_4$，则反应的离子方程式为 $3MnO_4^{2-}+4H^+=\!=\!=MnO_2\downarrow+2MnO_4^-+2H_2O$。

(2)①$n=cV=0.100\ mol\cdot L^{-1}\times0.250\ L=0.025\ mol$，$m=nM=0.025\ 0\ mol\times158\ g\cdot mol^{-1}=3.950\ g$；②由化学方程式：$8MnO_4^-+5S_2O_3^{2-}+14H^+=\!=\!=10SO_4^{2-}+8Mn^{2+}+7H_2O$，设样品中 $KMnO_4$ 物质的量为 n mol，可知 $8KMnO_4\sim5S_2O_3^{2-}$，

所以 $n(KMnO_4)=\frac{8}{5}\times0.100\ mol\cdot L^{-1}\times20.00\ mL\times10^{-3}\ L=3.2\times10^{-3}\ mol$，

所以 $m(KMnO_4)=nM=3.2\times10^{-3}\ mol\times158\ g\cdot mol^{-1}=0.505\ 6\ g$，$KMnO_4$ 产品的纯度为 $\frac{0.505\ 6}{0.600\ 0}\times100\%\approx84.27\%$。

[**答案**] (1)$3MnO_4^{2-}+4H^+=\!=\!=MnO_2\downarrow+2MnO_4^-+2H_2O$

(2)①3.950　②见解析

四、25 ℃时水电离出的 $c(H^+)$ 或 $c(OH^-)$ 的 5 种类型的计算方法

1. 中性溶液：$c(H^+)=c(OH^-)=1.0\times10^{-7}$ mol/L。

2. 溶质为酸的溶液：H^+ 来源于酸电离和水电离，而 OH^- 只来源于水，故有 $c(OH^-)_{水}=c(H^+)_{水}=c(OH^-)_{溶液}$。

3. 溶质为碱的溶液：OH^- 来源于碱电离和水电离，而 H^+ 只来源于水，故有 $c(H^+)_{水}=c(OH^-)_{水}=c(H^+)_{溶液}$。

4. 水解呈酸性的盐溶液：$c(H^+)_{水}=c(H^+)_{溶液}$。

5. 水解呈碱性的盐溶液：$c(OH^-)_{水}=c(OH^-)_{溶液}$。

【例 5】 计算下列溶液中 H_2O 电离的 $c(H^+)$ 和 $c(OH^-)$。

(1)pH=2 的 H_2SO_4 溶液：$c(H^+)=$_____，$c(OH^-)=$_____。

(2)pH=10 的 NaOH 溶液：$c(H^+)=$_____，$c(OH^-)=$_____。

(3)pH=2 的 NH_4Cl 溶液：$c(H^+)=$_____。

(4)pH=10 的 Na_2CO_3 溶液：$c(OH^-)=$_____。

[**答案**] (1)10^{-12} mol·L^{-1}　10^{-12} mol·L^{-1}

(2)10^{-10} mol·L^{-1}　10^{-10} mol·L^{-1}

(3)10^{-2} mol·L^{-1}

(4)10^{-4} mol·L^{-1}

五、溶液中离子能否大量共存的判断

1. 看离子间是否生成难溶（或微溶）的物质。若能生成，这些离子就不能大量共存，如 Fe^{3+} 和 OH^-、Ba^{2+} 和 SO_4^{2-}、Ca^{2+} 和 CO_3^{2-} 等。

2. 看离子间是否生成气体或挥发性物质，若能生成，这些离子就不能大量共存，如 H^+ 和 CO_3^{2-}、H^+ 和 S^{2-} 等。

3. 若离子间能生成弱电解质，这些离子就不能大量共存，如 H^+ 和 F^-、NH_4^+ 和 OH^-、H^+ 和 OH^- 等。

4. 若离子间能发生氧化还原反应，这些离子就不能大量共存。如 Fe^{3+} 和 S^{2-}、MnO_4^- 和 I^-、S^{2-} 和 ClO^- 等。

5. 看离子间在水溶液中能否发生完全双水解反应，若能发生，则离子不能大量共存，如 Al^{3+} 和 AlO_2^-、NH_4^+ 和 SiO_3^{2-}、Fe^{3+} 和 CO_3^{2-} 等。

6. 看离子间能否发生络合反应，如 Fe^{3+} 和 SCN^-，此外还需要注意外加条件的暗示，如无色透明溶液即不含有色离子，如 Fe^{3+}、Fe^{2+}、Cu^{2+}、MnO_4^- 等，pH=1 的溶液含有大量 H^+ 等。

【例 6】 用一个离子方程式表示下列溶液混合时发生的反应。

(1)明矾溶液与 $NaHCO_3$ 溶液混合：_____。

(2)明矾溶液与 Na_2CO_3 溶液混合：_____。

(3)$FeCl_3$ 溶液与 NaClO 溶液混合：_____。

[**答案**] (1)$Al^{3+}+3HCO_3^-=\!=\!=Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$

(2)$2Al^{3+}+3CO_3^{2-}+3H_2O=\!=\!=2Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$

(3)$Fe^{3+}+3ClO^-+3H_2O=\!=\!=Fe(OH)_3\downarrow+3HClO$

【例 7】 在下列给定条件的溶液中，一定能大量共存的离子组是（　）

A. 无色溶液：Ca^{2+}、H^+、Cl^-、HSO_3^-

B. 能使 pH 试纸呈红色的溶液：Na^+、NH_4^+、I^-、NO_3^-

C. $FeCl_2$ 溶液：K^+、Na^+、SO_4^{2-}、AlO_2^-

D. $\frac{K_w}{c(H^+)}=0.1$ mol/L 的溶液：Na^+、K^+、SiO_3^{2-}、NO_3^-

[**解析**] A 项中离子都是无色的，但 H^+ 和 HSO_3^- 因生成 H_2SO_3（$H_2SO_3\rightleftharpoons SO_2+H_2O$）而不能大量共存；B 项能使 pH 试纸呈红色，说明溶液显酸性，溶液中相当于有 HNO_3 存在，I^- 易被氧化而不能大量共存；C 项中 AlO_2^- 和 Fe^{2+} 在溶液中发生完全双水解反应生成 $Al(OH)_3$ 和 $Fe(OH)_2$[最终转化成 $Fe(OH)_3$]而不能大量共存；D 项即 $c(OH^-)=0.1$ mol/L，溶液显强碱性，四种离子均能大量共存。

[**答案**] D

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

[归纳总结]

解答离子共存题时要做到“两看”：首先看隐含条件（包括溶液的颜色、溶液的性质、一定或可能等）；其次看选项中不符合要求的离子，从而对某些选项进行排除。

高考试题中常考的隐含条件有：

(1)NO_3^- 遇到 H^+ 会使还原性离子(S^{2-}、I^-、Fe^{2+}等)不能存在。

(2)ClO^- 有强氧化性，不仅与 H^+ 不能大量共存，也不能与 S^{2-} 等还原性强的离子共存。

(3)与 Al 反应放出 H_2，则表明溶液呈强酸性或强碱性，但该溶液中不会同时存在 OH^- 和 H^+。

(4)溶液无色时，可排除 Fe^{3+}(棕黄色)、Fe^{2+}(浅绿色)、Cu^{2+}(蓝色)、MnO_4^-(紫红色)等有色离子的存在。

六、K_{sp}的计算及应用

【例 8】 按要求回答下列问题。

(1)将 $AgNO_2$ 和 AgCl 的饱和溶液等体积混合后，加入足量的硝酸银溶液，生成的沉淀 $n(AgNO_2)$_____(填“大于”“小于”或“等于”)$n(AgCl)$。[该温度下 $K_{sp}(AgNO_2)=2\times10^{-8}$；$K_{sp}(AgCl)=1.8\times10^{-10}$]

(2)已知 25 ℃时 $K_{sp}[Fe(OH)_3]=4.0\times10^{-38}$，此温度下若在实验室中配制 5 mol·L^{-1} 100 mL $FeCl_3$ 溶液，为使配制过程中不出现浑浊现象，则至少需要加入_____mL 2 mol·L^{-1}的盐酸(忽略加入盐酸体积)。

(3)Na_2SO_3 溶液与 $CaCl_2$ 溶液混合会生成难溶的 $CaSO_3$($K_{sp}=3.1\times10^{-7}$)，现将等体积的 $CaCl_2$ 溶液与 Na_2SO_3 溶液混合，若混合前 Na_2SO_3 溶液的浓度为 2×10^{-3} mol·L^{-1}，则生成沉淀所需 $CaCl_2$ 溶液的最小浓度为_____。

(4)汽车尾气中的 SO_2 可用石灰水来吸收，生成亚硫酸钙浊液。常温下，测得某纯 $CaSO_3$ 与水形成的浊液 pH 为 9，已知 $K_{a1}(H_2SO_3)=1.8\times10^{-2}$，$K_{a2}(H_2SO_3)=6.0\times10^{-9}$，忽略 SO_3^{2-} 的第二步水解，则 $K_{sp}(CaSO_3)=$_____。

[解析] (2)若不出现浑浊现象，则 $c(Fe^{3+})\cdot c^3(OH^-)\leqslant K_{sp}$，代入有关数据后可求出 $c(OH^-)\leqslant2\times10^{-13}$ mol·L^{-1}，$c(H^+)\geqslant5\times10^{-2}$ mol·L^{-1}，故至少要加入 2.5 mL 相应的盐酸。

(3)根据 $CaSO_3$ 的 $K_{sp}=3.1\times10^{-7}$，生成沉淀所需 $CaCl_2$ 溶液的最小浓度为 $\frac{3.1\times10^{-7}}{\frac{2\times10^{-3}}{2}}\times2$ mol·L$^{-1}=6.2\times10^{-4}$ mol·L^{-1}。

(4)常温下，测得某纯 $CaSO_3$ 与水形成的浊液 pH 为 9，溶液中主要存在两个平衡 $CaSO_3\rightleftharpoons Ca^{2+}+SO_3^{2-}$，$K_{sp}(CaSO_3)=c(Ca^{2+})\cdot c(SO_3^{2-})$，$SO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HSO_3^-+OH^-$，$K_h=\frac{c(HSO_3^-)\cdot c(OH^-)}{c(SO_3^{2-})}=\frac{(10^{-5})^2}{c(SO_3^{2-})}=\frac{K_w}{K_{a2}(H_2SO_3)}=\frac{10^{-14}}{6.0\times10^{-9}}=\frac{1}{6}\times10^{-5}$，得 $c(SO_3^{2-})=6\times10^{-5}$ mol·L^{-1}，$K_{sp}(CaSO_3)=c(Ca^{2+})\cdot c(SO_3^{2-})=3.6\times10^{-9}$。

[答案] (1)大于　(2)2.5　(3)6.2×10^{-4} mol·L^{-1}　(4)3.6×10^{-9}

章末提能·拔高练 ZHANGMOTINENGBAGAOLIAN——培优提能提素养、练综合

1.(2019·青岛一中高二检测)下列事实中不能证明 CH_3COOH 是弱电解质的是(　)

A. 常温下某 CH_3COONa 溶液的 pH=8

B. 常温下 0.1 mol·L^{-1} CH_3COOH 溶液的 pH=2.8

C. CH_3COONa 溶液与稀盐酸反应生成 CH_3COOH 和 NaCl

D. CH_3COOH 属于共价化合物

2. 在下列条件下，能大量共存的微粒组是(　)

化学式	HClO	H_2CO_3
电离常数(25 ℃)	$K_1=3.0\times10^{-8}$	$K_{a1}=4.3\times10^{-7}$ $K_{a2}=5.6\times10^{-11}$

A. $c(H^+)=1\times10^{-14}$ mol·L^{-1} 的溶液：K^+、Na^+、AlO_2^-、$S_2O_3^{2-}$

B. 根据表中提供的数据判断：HClO、HCO_3^-、ClO^-、CO_3^{2-}

C. 能与 Al 反应生成 H_2 的溶液：NH_4^+、Ca^{2+}、NO_3^-、I^-

D. 中性溶液中：CO_3^{2-}、Na^+、SO_4^{2-}、AlO_2^-

3. 在 pH 均为 9 的 NaOH 和 CH_3COONa 两种溶液中，假设由水电离产生的 OH^- 离子浓度分别为 A mol/L 与 B mol/L，则 A 和 B 关系为(　)

A. $A>B$　　B. $A=10^{-4}B$

C. $B=10^{-4}A$　　D. $A=B$

4. 将大小相同、质量相等的镁条放入下列溶液中，反应速率按由大到小顺序排列正确的是(　)

①2 mol/L H_3PO_4　②2 mol/L CH_3COOH　③2 mol/L 的 CH_3COOH 中加入少量的 CH_3COONa 固体　④2 mol/L的盐酸

A. ①③②④　　B. ④①②③

C. ④①③②　　D. ①④③②

5. 氯气溶于水达到平衡后，若其他条件不变，只改变某一条件，下列叙述正确的是(　)

A. 再通入少量氯气，$c(H^+)/c(ClO^-)$减小

B. 通入少量 SO_2，溶液漂白性增强

C. 加入少量固体 NaOH，一定有 $c(Na^+)=c(Cl^-)+c(ClO^-)$

D. 加入少量水，水的电离平衡向正反应方向移动

6. 室温时，下列溶液与 1.0×10^{-5} mol·L^{-1} 的 NaOH 溶液的 pH 相同的是(　)

A. 把 pH=6 的盐酸稀释 1 000 倍

B. 把 pH=10 的 $Ba(OH)_2$ 溶液稀释 10 倍

C. 把 pH=8 和 pH=10 的 NaOH 溶液等体积混合

D. 把 pH=8 的 NaOH 溶液稀释 10 倍

7. pH=5 和 pH=3 的两种盐酸以 1∶2 的体积比混合，该混合溶液的 pH 为(　)

A. 3.2　　B. 4.0

C. 4.2　　D. 5.0

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

8.（双选）室温下，下列溶液等体积混合后，所得溶液的 pH 一定大于 7 的是（　　）

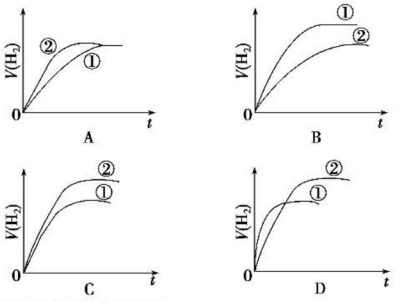
A. 0.1 mol·L^{-1} 的盐酸和 0.1 mol·L^{-1} 的氢氧化钠溶液

B. 0.1 mol·L^{-1} 的盐酸和 0.1 mol·L^{-1} 的氢氧化钡溶液

C. pH=4 的醋酸溶液和 pH=10 的氢氧化钠溶液

D. pH=4 的盐酸和 pH=10 的氨水

9. 相同体积、相同 pH 的某一元强酸溶液①和某一元中强酸溶液②分别与足量的锌粉发生反应，下列关于氢气体积（V）随时间（t）变化的示意图正确的是（　　）



10. 下列浓度关系正确的是（　　）

A. 氯水中：$c(Cl_2)=2[c(ClO^-)+c(Cl^-)+c(HClO)]$

B. 氯水中：$c(Cl^-)>c(H^+)>c(OH^-)>c(ClO^-)$

C. 等体积等浓度的氢氧化钠与醋酸混合：$c(Na^+)=c(CH_3COO^-)$

D. Na_2CO_3 溶液中：$c(Na^+)>c(CO_3^{2-})>c(OH^-)>c(HCO_3^-)>c(H^+)$

11.（**2018·河北廊坊高二期末**）常温下，有下列四种溶液：①0.1 mol·L^{-1} 的盐酸　②pH=3 的盐酸　③0.1 mol·L^{-1} 的氨水　④pH=11 的氨水，下列说法正确的是（　　）

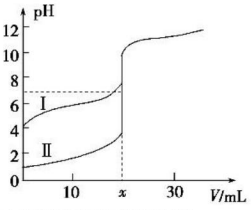
A. 由水电离出的 $c(H^+)$：①>③

B. ③稀释到原来的 100 倍后，pH 与④相同

C. ①与③混合，若溶液 pH=7，则 V（盐酸）>V（氨水）

D. ②与④混合，若溶液显碱性，则所得溶液中离子浓度可能为：$c(NH_4^+)>c(OH^-)>c(Cl^-)>c(H^+)$

12. 室温下，用 0.1 mol·L^{-1} 氨水分别滴定 20.0 mL 0.1 mol·L^{-1} 的盐酸和醋酸，曲线如图所示，下列说法正确的是（　　）



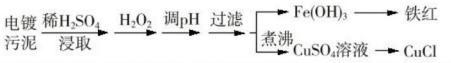
A. 曲线Ⅰ表示的是滴定盐酸的曲线

B. $x=20$

C. 滴定过程中 $\dfrac{c(NH_4^+)}{c(NH_3\cdot H_2O)}$ 的值逐渐减小

D. 当曲线Ⅰ和曲线Ⅱ pH 均为 7 时，一溶液中的 $c(Cl^-)$ 等于另一溶液中的 $c(CH_3COO^-)$

13. 某工厂的电镀污泥中含有铜、铁等金属化合物。为实现资源的回收利用并有效防止环境污染，设计如下工艺流程：



沉淀物	$Fe(OH)_3$	$Fe(OH)_2$	$Cu(OH)_2$
开始沉淀的 pH	2.3	7.6	4.4
完全沉淀的 pH	3.2	9.7	6.4

（1）酸浸后加入 H_2O_2 的目的是_____，调 pH 的最适宜范围为_____。

（2）调 pH 过程中加入的试剂最好是_____。

A. NaOH　　B. CuO

C. $NH_3\cdot H_2O$　　D. $Cu_2(OH)_2CO_3$

（3）煮沸 $CuSO_4$ 溶液的原因是_____。

向 $CuSO_4$ 溶液中加入一定量的 NaCl、Na_2SO_3，可以生成白色的 CuCl 沉淀，写出该反应的化学方程式_____。

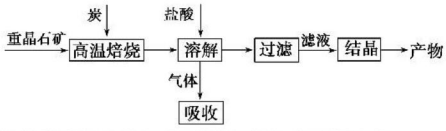
14. 在 25 ℃时，有 pH 为 x 的盐酸和 pH 为 y 的 NaOH 溶液，取 V_x L 该盐酸用该 NaOH 溶液恰好完全中和，需 V_y L NaOH 溶液。问：

（1）若 $x+y=14$，则 $\dfrac{V_x}{V_y}=$_____（填数值）；

（2）若 $x+y=13$，则 $\dfrac{V_x}{V_y}=$_____（填数值）；

（3）若 $x+y>14$，则 $\dfrac{V_x}{V_y}=$_____（填表达式），且 V_x_____（填“>”“<”或“=”）V_y。

15. 工业上制备 $BaCl_2$ 的工艺流程如图：



（1）气体用过量的 NaOH 溶液吸收，得到硫化钠。Na_2S 水解的离子方程式为_____。

（2）向 $BaCl_2$ 溶液中加入 $AgNO_3$ 和 KBr，当两种沉淀共存时，$\dfrac{c(Br^-)}{c(Cl^-)}=$_____。[$K_{sp}(AgBr)=5.4\times10^{-13}$，$K_{sp}(AgCl)=2.0\times10^{-10}$]

16. 为了测定碳酸氢钠中杂质氯元素（离子状态）的含量，先称取 a g 试样用蒸馏水溶解，再用足量稀硝酸酸化，配成 100 mL溶液，取出 20 mL 注入锥形瓶中，然后用 c mol·L^{-1} $AgNO_3$ 标准溶液滴定 Cl^-，K_2CrO_4 溶液为指示剂。已知：常温下 $K_{sp}(AgCl)=2\times10^{-10}$，$K_{sp}(Ag_2CrO_4)=1.12\times10^{-12}$，$Ag_2CrO_4$ 为砖红色。

（1）当 Cl^- 恰好沉淀完全即溶液中残余 $c(Cl^-)=1.0\times10^{-5}$ mol·L^{-1}，则此时溶液中的 $c(CrO_4^{2-})$ 为_____ mol·L^{-1}。

（2）滴定过程中，使用棕色滴定管的原因是_____；当观察到出现_____时停止滴定，若此时消耗了 $AgNO_3$ 标准溶液 V mL，则碳酸氢钠样品中杂质氯元素的质量分数表达式为_____。

（3）下列情况会造成实验测定结果偏低的是_____。

a. 盛放 $AgNO_3$ 溶液的滴定管水洗后未用标准液润洗

b. 滴定管滴定前尖嘴部分有气泡，滴定后消失

c. 滴定前仰视读数，滴定后俯视读数

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第四章　电化学基础

第一节　原电池

1. 了解原电池的工作原理和构成原电池的条件。
2. 能正确书写电极反应式和电池反应方程式。
3. 能设计简单的原电池。

[晨背重点语句]

1. 原电池构成“三条件”：①正、负两个电极；②电解质溶液；③形成闭合回路。
2. 原电池正、负极判断“四方法”
   (1)负极：①活泼性较强的金属；②流出电子的一极；③发生氧化反应的一极；④阴离子移向的一极。
   (2)正极：①活泼性较弱的金属或导电的非金属(碳棒)；②流入电子的一极；③发生还原反应的一极；④阳离子移向的一极。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　原电池的工作原理

知识梳理

1. 原电池：利用[1]_____反应原理将[2]_____能转化为电能的装置。

2. 原电池工作原理(以锌铜原电池为例)

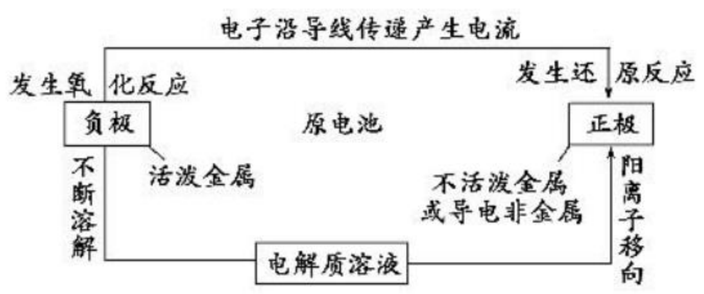
装置现象	 锌片[3]_____，铜片上有[4]_____，电流表指针发生[5]_____	
电极名称	Zn 电极—[6]_____极	Cu 电极—[7]_____极
得失电子	[8]_____电子	[9]_____电子
电子流向	[10]_____	[11]_____
反应类型	[12]_____反应	[13]_____反应
电极反应式	[14]_____	[15]_____
总反应式	[16]_____	

3. 原电池构成条件

条件
- 两个活泼性不同的电极，较活泼的作[17]_____极
- [18]_____溶液
- 形成[19]_____回路
- 能自发地发生[20]_____反应

[归纳总结]

(1)原电池工作原理图示如下：

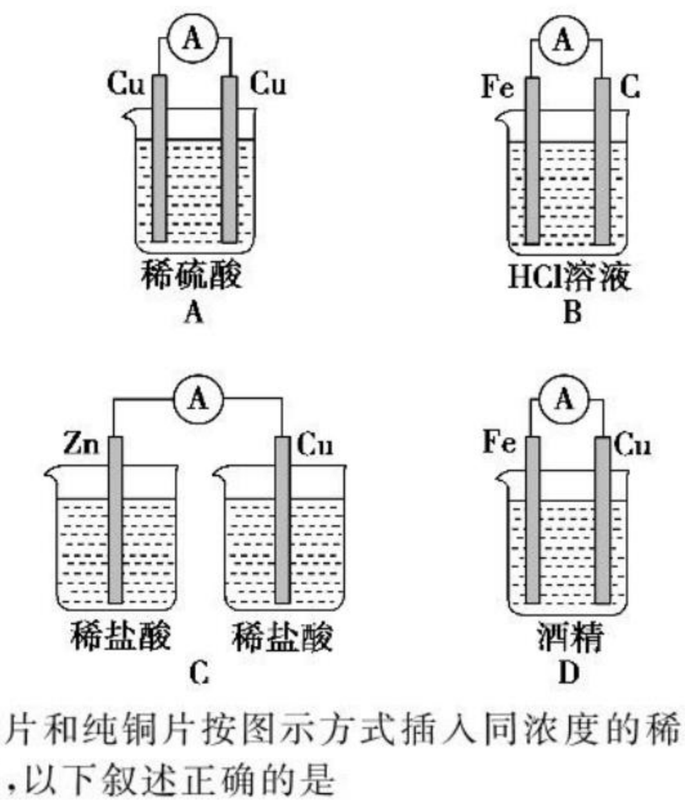


(2)用温度计测量溶液的温度，其变化是溶液的温度略有升高，原因是还有 Cu^{2+} 直接在锌电极上得电子被还原，部分化学能转化成热能。

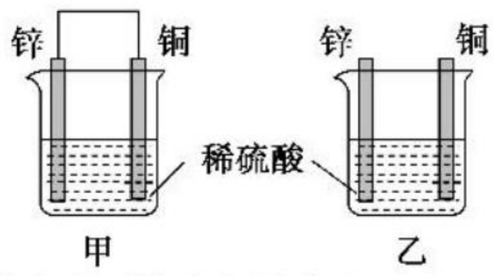
对点训练

1. 下列反应不可用于设计原电池的是 (　　)
   A. $NaOH+HCl=NaCl+H_2O$
   B. $2CH_3OH+3O_2 \longrightarrow 2CO_2+4H_2O$
   C. $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\uparrow$
   D. $4Al+3O_2+6H_2O=4Al(OH)_3$

2. 如图所示的装置能构成原电池产生电流的是 (　　)



3. 将纯锌片和纯铜片按图示方式插入同浓度的稀硫酸中一段时间，以下叙述正确的是 (　　)



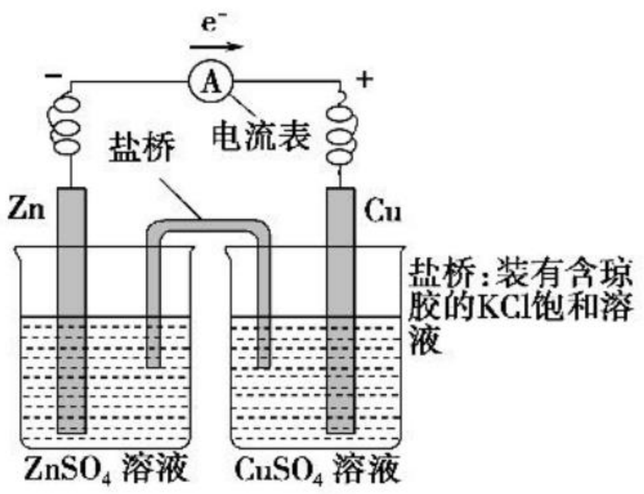
A. 两烧杯中铜片表面均无气泡产生
B. 甲中铜片是正极，乙中铜片是负极
C. 两烧杯中溶液的 pH 均增大
D. 产生气泡的速率甲比乙慢

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点二　盐桥原电池(或双液原电池)

知识梳理

1. 实验过程中,能观察到的实验现象:



(1)锌片21_____,铜片22_____;

(2)电流表指针23_____;

(3)硫酸铜溶液的颜色24_____。

2. 离子移动方向

(1)$ZnSO_4$ 溶液中:Zn^{2+} 向25_____移动;

(2)$CuSO_4$ 溶液中:Cu^{2+} 向26_____移动;

(3)盐桥中:K^+ 移向27_____区($CuSO_4$ 溶液),Cl^- 移向28_____区($ZnSO_4$ 溶液)。

3. 若取出装置中的盐桥,电流表的指针不偏转,原因是取出盐桥,该装置29_____,不能形成原电池。

[归纳总结]

1. 原电池中盐桥的作用

(1)构成闭合回路,形成原电池。

(2)避免电极与电解质溶液直接反应,有利于最大程度地将化学能转化为电能。

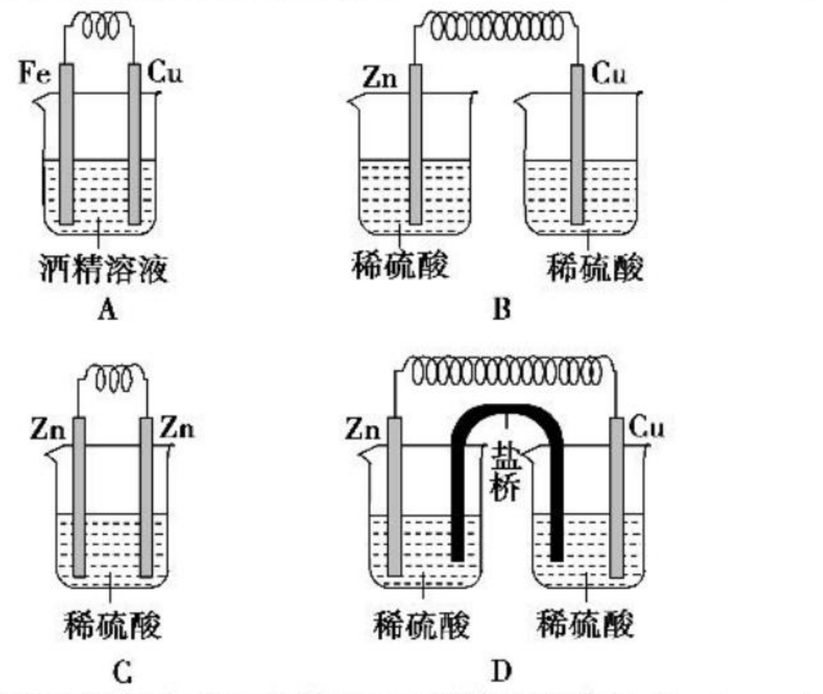
(3)盐桥中的阴、阳离子定向迁移,使溶液保持电中性,反应持续进行,能长时间稳定放电。

2. 原电池正极和负极的判断依据

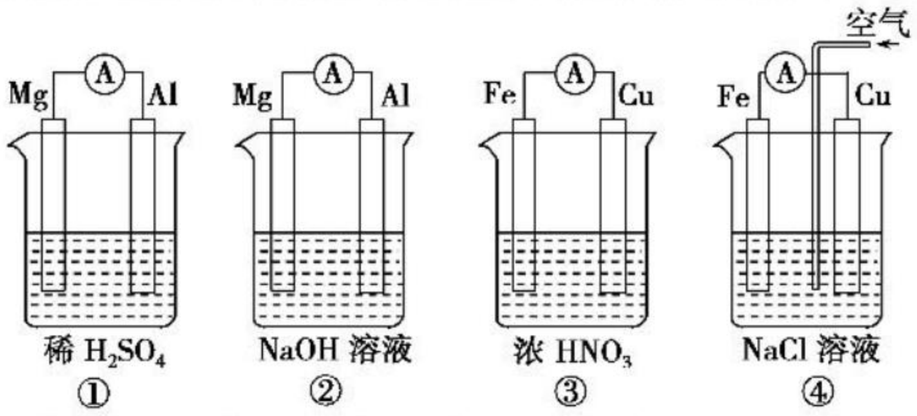
判断依据	正极	负极
电极材料	不活泼金属或非金属	活泼金属
电子流向	电子流入	电子流出
电极反应	还原反应	氧化反应
电极常见现象	电极增重或产生气体	电极减轻
离子移向	阳离子移向	阴离子移向

对点训练

4. 下列装置中,能构成原电池的是　(　　)



5. 分析如图所示的四个原电池装置,下列结论正确的是　(　　)



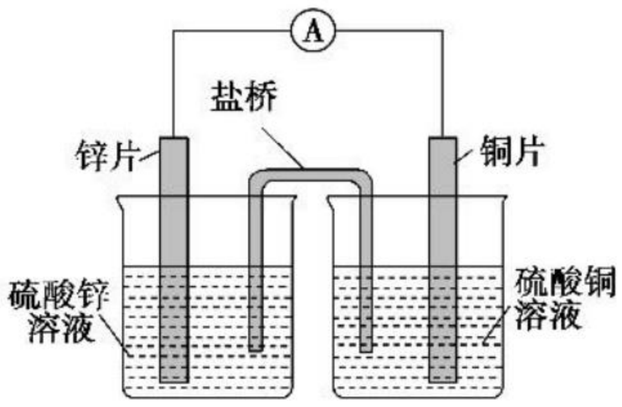
A. ①②中 Mg 作负极,③④中 Fe 作负极

B. ②中 Mg 作正极,电极反应式为 $6H_2O+6e^-=\!=\!=6OH^-+3H_2\uparrow$

C. ③中 Fe 作负极

D. ④中 Cu 作正极,电极反应式为 $2H^++2e^-=\!=\!=H_2\uparrow$

6. 关于图中所示的原电池,下列说法正确的是　(　　)



A. 电子从锌电极通过电流表流向铜电极

B. 盐桥中的阴离子向硫酸铜溶液中迁移

C. 铜电极发生还原反应,其电极反应是 $2H^++2e^-=\!=\!=H_2\uparrow$

D. 取出盐桥后,电流表仍会偏转,铜电极在反应前后质量不变

知识点三　设计原电池

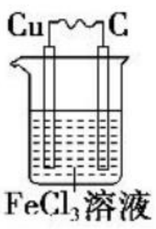
知识梳理

1. 理论上,任何一个自发的氧化还原反应,都可以设计成原电池。

2. 设计示例

设计思路	实例
以自发进行的氧化还原反应为基础	$2FeCl_3+Cu=\!=\!=2FeCl_2+CuCl_2$
把氧化还原反应分解为氧化反应和还原反应两个半反应,从而确定电极反应	氧化反应(负极):30_____ 还原反应(正极):31_____
以两极反应为原理,确定电极材料及电解质溶液	负极材料:32_____; 正极材料:33_____; 电解质溶液:34_____

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

画出示意图	

[归纳总结]

(1)设计原电池的思维模型——“两极一液一连线”。

(2)含盐桥原电池的设计方法：因两个半反应分别在两个烧杯中进行，则两极中的电解质溶液应有与电极材料相同的阳离子，用于提高电池效率，例如，在锌、铜和电解质溶液构成的原电池中，锌极应置于可溶性锌盐(如 $ZnSO_4$)中，铜极应置于可溶性铜盐(如 $CuSO_4$)中。

对点训练

7. 一个原电池反应的离子方程式是 $Zn+Cu^{2+}=\!=\!=Zn^{2+}+Cu$，该原电池的正确组成是　(　)

选项	A	B	C	D
正极	Zn	Cu	Cu	Zn
负极	Cu	Zn	Zn	Cu
电解质溶液	$CuCl_2$ 溶液	H_2SO_4 溶液	$CuSO_4$ 溶液	$CuCl_2$ 溶液

8. 根据电极材料 Fe、Cu、石墨，电解质溶液 $CuCl_2$ 溶液、$FeCl_3$ 溶液、NaOH 溶液，选择合适的材料和溶液，运用原电池原理设计实验装置，验证 Cu^{2+}、Fe^{3+} 的氧化性的强弱。

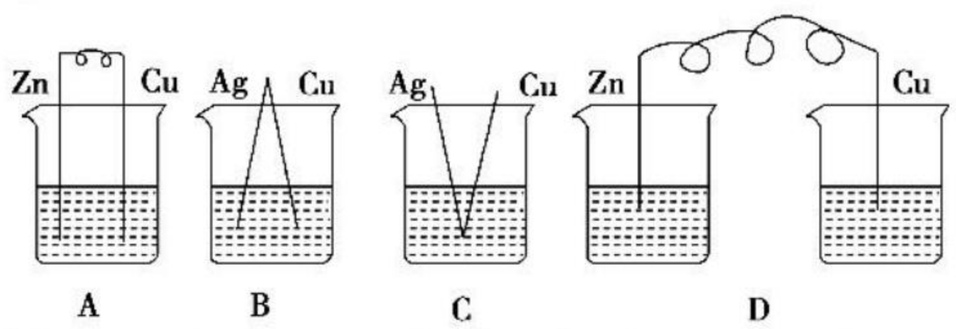
(1)利用哪个反应证明氧化性：$Fe^{3+}>Cu^{2+}$？

(2)请画出相关的原电池装置图(含盐桥)。

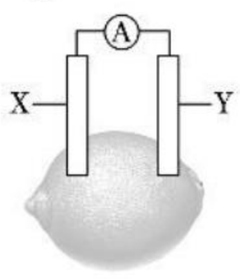
2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列烧杯中盛放的都是稀硫酸，在铜电极上能产生气泡的是　(　)



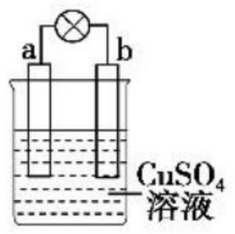
2. 在如图所示的水果电池中，外电路上的电流从 X 电极流向 Y 电极。若 X 为铁，则 Y 可能是　(　)



A. 锌　　B. 石墨

C. 银　　D. 铜

3. 如图，两电极上发生的电极反应 a 极：$Cu^{2+}+2e^-=\!=\!=Cu$；b 极：$Fe-2e^-=\!=\!=Fe^{2+}$。下列说法中不正确的是　(　)



A. 该装置为原电池

B. a 极上发生还原反应

C. 电子由 b→a

D. 该过程中能量的转换一定是化学能转化为电能

4. 银锌电池广泛用作各种电子仪器的电源，它的电池反应是：$Zn+Ag_2O+H_2O=\!=\!=2Ag+Zn(OH)_2$，则负极上发生反应的物质是　(　)

A. Ag　　B. $Zn(OH)_2$

C. Ag_2O　　D. Zn

5. 用铜片、银片、$Cu(NO_3)_2$ 溶液、$AgNO_3$ 溶液、导线和盐桥(装有琼脂—KNO_3 的 U 形管)构成一个原电池。以下有关该原电池的叙述正确的是　(　)

①在外电路中，电流由铜电极流向银电极

②正极反应为：$Ag^++e^-=\!=\!=Ag$

③实验过程中取出盐桥，原电池仍继续工作

④将铜片浸入 $AgNO_3$ 溶液中发生的化学反应与该原电池反应相同

A. ①②　　B. ②③

C. ②④　　D. ③④

6. 有 A、B、C、D 四块金属片，进行如下实验：

①A、B 用导线相连后，同时浸入稀硫酸溶液中，A 为负极；

②C、D 用导线相连后，同时浸入稀硫酸溶液中，电流由 D→导线→C；

③A、C 相连后，同时浸入稀硫酸溶液中，C 极产生大量气泡；

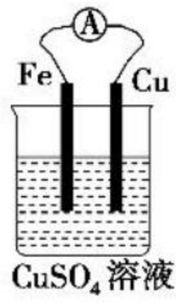
④B、D 用导线相连后，同时浸入稀硫酸溶液中，D 极发生氧化反应。

据此，判断四种金属的活动性顺序是　(　)

A. A>B>C>D　　B. A>C>D>B

C. C>A>B>D　　D. B>D>C>A

7. 如图是一个原电池装置，请按要求填空。



(1)正极材料是_____，负极材料是_____。

(2)电流的方向是：由_____经外电路流向_____。

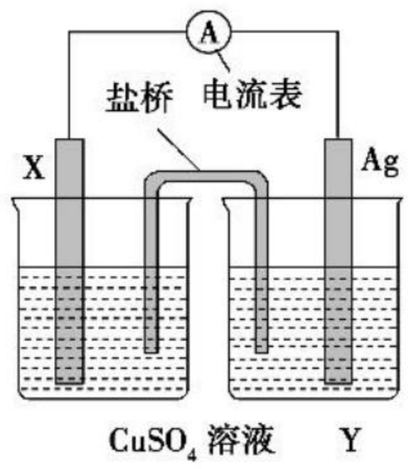
(3)反应过程中，铁片质量_____，铜片质量_____。

(4)写出电极反应式：

负极：_____，正极_____。

(5)该电流中发生的总反应方程式为_____。

8. 依据氧化还原反应：$2Ag^+(aq)+Cu(s)=\!=\!=Cu^{2+}(aq)+2Ag(s)$设计的原电池，如图所示。



请回答下列问题：

(1)电极 X 的材料是_____；电解质溶液 Y 是_____。

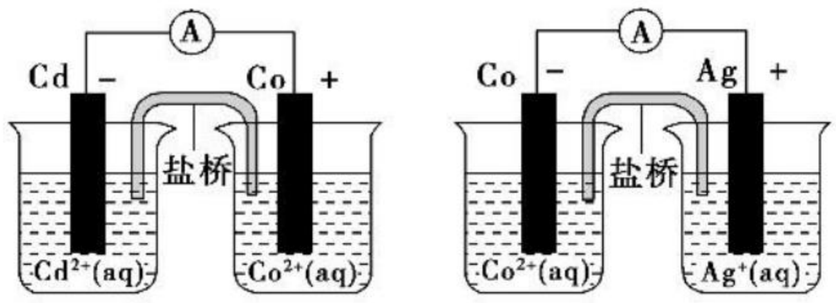
(2)银电极为电池的_____极，发生的电极反应为_____。X 电极上发生的电极反应为_____。

(3)外电路中的电子是从_____极流向_____极。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

层级二　应试提能练

1. 根据图示，可判断出下列离子方程式中错误的是　（　　）



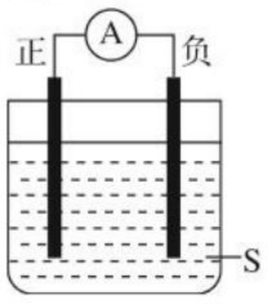
A. $2Ag(s)+Cd^{2+}(aq)\xlongequal{}2Ag^{+}(aq)+Cd(s)$

B. $Co^{2+}(aq)+Cd(s)\xlongequal{}Co(s)+Cd^{2+}(aq)$

C. $2Ag^{+}(aq)+Cd(s)\xlongequal{}2Ag(s)+Cd^{2+}(aq)$

D. $2Ag^{+}(aq)+Co(s)\xlongequal{}2Ag(s)+Co^{2+}(aq)$

2. 如图所示，电流计的指针发生偏转，正极变粗，负极变细，符合这种情况的是　（　　）



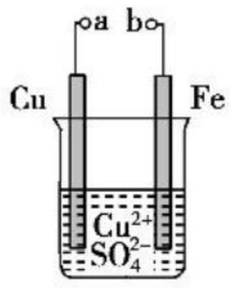
A. 正极 Cu，负极 Zn，S 为稀 H_2SO_4

B. 正极 Zn，负极 Cu，S 为 $CuSO_4$ 溶液

C. 正极 Ag，负极 Zn，S 为 $AgNO_3$ 溶液

D. 正极 Fe，负极 Cu，S 为 $AgNO_3$ 溶液

3. 某小组为研究电化学原理，设计了如图所示装置。下列叙述不正确的是　（　　）



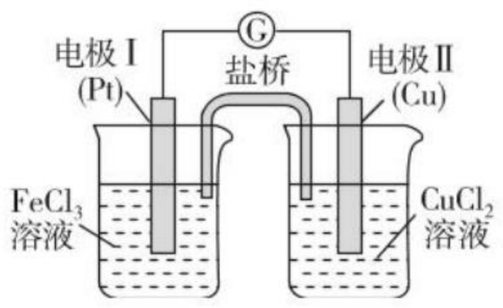
A. a 和 b 不连接时，铁片上会有金属铜析出

B. a 和 b 用导线连接时，铜片上发生的反应为 $Cu^{2+}+2e^{-}\xlongequal{}Cu$

C. 无论 a 和 b 是否连接，铁片均会溶解，溶液均从蓝色逐渐变成浅绿色

D. a 和 b 用导线连接后，电流由铁电极经导线流向铜电极

4. （**2019·梅县高二检测**）如图是某同学设计的原电池装置，下列叙述中正确的是　（　　）



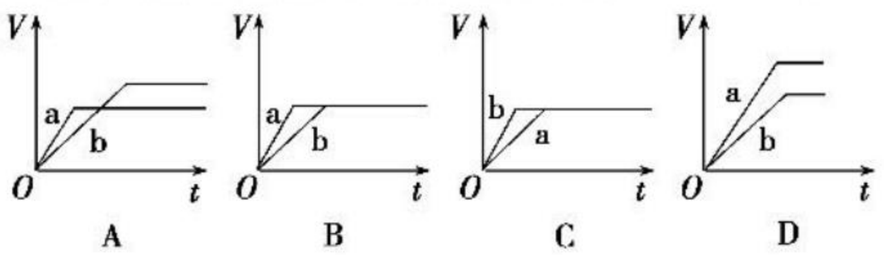
A. 电极Ⅰ上发生还原反应，作原电池的负极

B. 电极Ⅱ的电极反应式为 $Cu^{2+}+2e^{-}\xlongequal{}Cu$

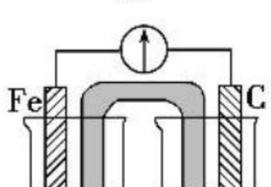
C. 该原电池的总反应为 $2Fe^{3+}+Cu\xlongequal{}Cu^{2+}+2Fe^{2+}$

D. 盐桥中装有含氯化钾的琼脂，其作用是传递电子

5. 向等质量的两份锌粉 a、b 中分别加入过量的稀硫酸，同时向 a 中加少量的 $CuSO_4$ 溶液，产生 H_2 的体积 V(L)与时间 t(min)的关系如图所示，正确的是　（　　）



6. 如图所示的装置中，在产生电流时，以下说法不正确的是　（　　）



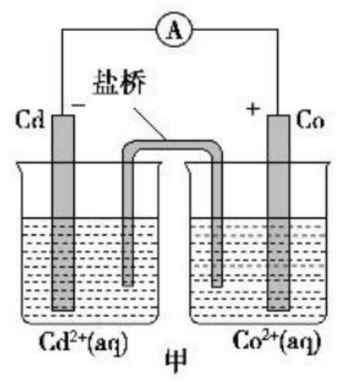
A. Fe 是负极，C 是正极

B. 负极反应式为 $Fe-3e^{-}\xlongequal{}Fe^{3+}$

C. 内电路中阴离子移向 $FeCl_2$ 溶液

D. 电流由石墨电极流向 Fe 电极

7. 图中甲和乙均是双液原电池装置。判断下列说法不正确的是　（　　）



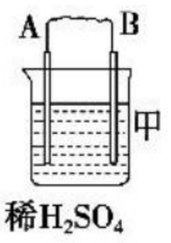
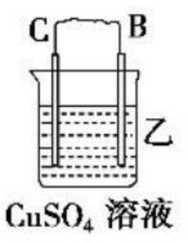
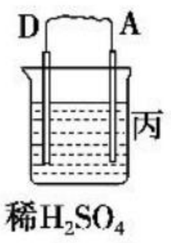
A. 甲中电池总反应的离子方程式为 $Cd(s)+Co^{2+}(aq)\xlongequal{}Co(s)+Cd^{2+}(aq)$

B. 反应 $2Ag(s)+Cd^{2+}(aq)\xlongequal{}Cd(s)+2Ag^{+}(aq)$能够发生

C. 盐桥的作用是形成闭合回路，并使两边溶液保持电中性

D. 乙电池中有 1 mol 电子通过外电路时，正极有 108 g Ag 析出

8. 由 A、B、C、D 四种金属按表中的装置图进行实验。

装置	 稀H_2SO_4	 $CuSO_4$ 溶液	 稀H_2SO_4
现象	二价金属 A 不断溶解	C 的质量增加	A 上有气体产生

根据实验现象回答下列问题：

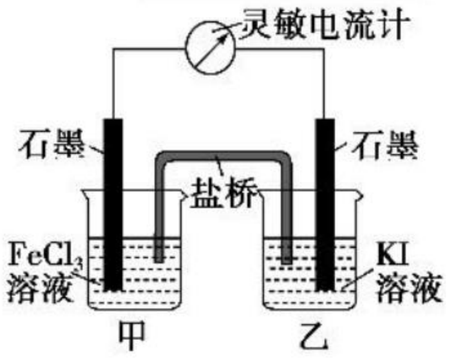
(1)装置甲中负极的电极反应式是_____。

(2)装置乙中正极的电极反应式是_____。

(3)装置丙中溶液的 pH_____(填“变大”“变小”或“不变”)。

(4)四种金属活泼性由强到弱的顺序是_____。

9. 控制适合的条件，将反应 $2Fe^{3+}+2I^{-}\rightleftharpoons 2Fe^{2+}+I_2$ 设计成如图所示的原电池。



回答下列问题：

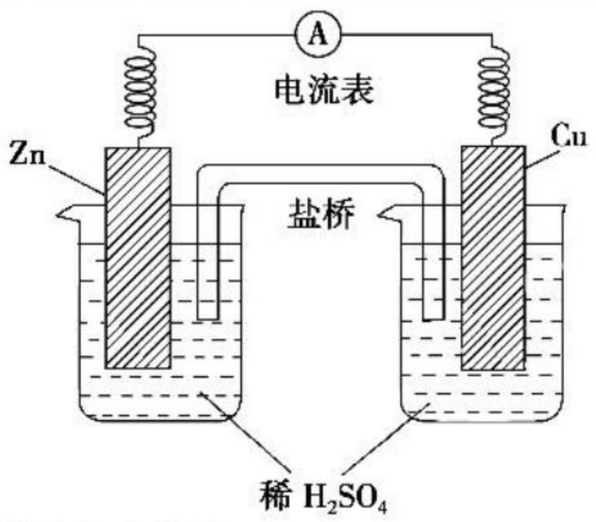
(1)反应开始时，乙中石墨电极上发生_____(填“氧化”或“还原”)反应，盐桥中的阴离子移向_____(填“甲”或“乙”)烧杯。

(2)反应开始时，甲中石墨电极上的电极反应式为_____。

(3)反应达到化学平衡状态时，电流计指针_____(填“是”或“否”)偏转。

(4)反应达到平衡状态后，在甲中溶入 $FeCl_2$ 固体，乙中石墨电极为_____极。

10. 由锌片、铜片和 200 mL 稀 H_2SO_4 组成的原电池如图所示。



(1)原电池的负极反应是_____，正极反应是_____。

(2)电流的方向是_____。

(3)一段时间后，当在铜片上放出 1.68 L(标准状况)气体时，H_2SO_4 恰好消耗一半。则产生这些气体的同时，共消耗_____g 锌，有_____个电子通过了导线，原硫酸的物质的量浓度是_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第二节　化学电源

第一课时　化学电源

1. 知道化学电源的分类方法。
2. 熟悉几种常见化学电源的组成和工作原理。
3. 了解化学电源广泛的应用及废旧电池对环境的危害，设想其处理方法。
4. 正确书写有关电池的电极反应式和电池反应式。

[晨背重点语句]

1. 碱性锌锰电池的负极是 Zn，正极是 MnO_2，电解质溶液是 KOH。
2. 铅蓄电池是最常见的二次电池，正极是 PbO_2，负极是 Pb，电解质溶液是 H_2SO_4 溶液。
3. 氢氧燃料电池两类型
   (1)酸性氢氧燃料电池：
   负极反应式：$2H_2-4e^-=\!=\!=4H^+$；正极反应式：$O_2+4H^++4e^-=\!=\!=2H_2O$。
   (2)碱性氢氧燃料电池：
   负极反应式：$2H_2+4OH^--4e^-=\!=\!=4H_2O$；正极反应式：$2H_2O+O_2+4e^-=\!=\!=4OH^-$。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　化学电池

知识梳理

1. 概念：是将[1]_____直接转化为[2]_____的装置。化学电池的主要部分是[3]_____溶液和浸在溶液中的[4]_____极和[5]_____极，使用时将两极用导线接通，就有电流产生，因而获得电能。

2. 类型：请你举出生活中常见的电池，并将其分类填入下表。

种类	特点(分类依据)	实例
一次电池	[6]_____	普通锌锰电池、碱性锌锰电池
二次电池	[7]_____	铅蓄电池、镍氢电池
燃料电池	可通过[8]__________，连续使用	氢氧燃料电池、CH_4 燃料电池

[归纳总结]

1. 判断电池优劣的主要标准
(1)比能量：即单位质量或单位体积所能输出电能的大小，单位(W·h)/kg 或(W·h)/L。
(2)比功率：即单位质量或单位体积所能输出功率的多少，单位 W/kg 或 W/L。
(3)电池的可储存时间的长短。
2. 废弃电池中含有汞、镉、铬、铅等大量的重金属和酸碱等有害物质，随处丢弃会给土壤、水源等造成严重的污染。废弃电池要进行回收利用。

对点训练

1. 下列说法中，不正确的是（　　）
   A. 化学电池是将化学能转变成电能的装置
   B. 化学电池的种类包括一次电池、二次电池和燃料电池等
   C. 化学电池供能稳定可靠，可以制成各种形状和大小，使用方便，易于维护
   D. 废旧电池可以随意丢弃
2. **(2019·辽宁葫芦岛高二期中)**下列说法正确的是（　　）
   A. 流水、风力是一级能源，电力、蒸汽是二级能源
   B. 普通锌锰电池是一次电池，碱性锌锰电池是二次电池
   C. 铅蓄电池是一次电池，锂离子电池是二次电池
   D. 燃料电池的能量转化率可达 100%

知识点二　常见的化学电池

知识梳理

1. 一次电池(碱性锌锰电池)

(1)构成：负极[9]_____，正极[10]_____，电解质溶液[11]_____。

(2)电极反应

负极：[12]_____，

正极：$2MnO_2+2H_2O+2e^-=\!=\!=2MnO(OH)+2OH^-$，

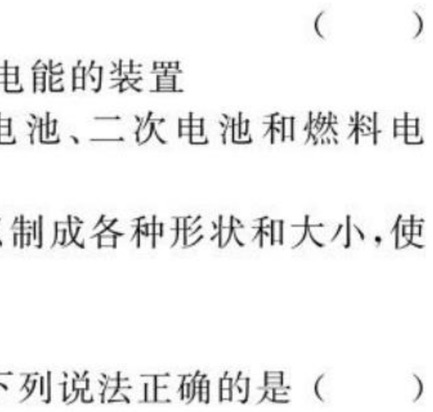
总反应：[13]_____。



(3)碱性锌锰干电池克服了普通锌锰干电池的缺点，单位质量所输出的电能多且储存时间长，适用于大电流和连续放电。

2. 二次电池

铅蓄电池是常见的二次电池，其负极是[14]_____，正极是[15]_____，电解质溶液是[16]_____。已知铅蓄电池的放电反应和充电反应表示如下：



关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

$Pb(s)+PbO_2(s)+2H_2SO_4(aq)\underset{充电}{\overset{放电}{\rightleftharpoons}}2PbSO_4(s)+2H_2O(l)$

(1)请写出铅蓄电池放电时的电极反应式

负极：17 _____；

正极：18 _____

_____。

(2)放电过程中，电解质溶液的 pH 变19 _____，理由是20 _____。

(3)二次电池在充电时，电池的正极应与充电电源的21 _____极相连接，电池的负极应与充电电源的22 _____极相连接。

(4)铅蓄电池的优缺点

①优点：铅蓄电池具有电压稳定，性能良好，价格低廉，使用方便，安全可靠，可循环使用。

②缺点：铅蓄电池的缺点是比能量低，废弃的电池污染环境。

3. 燃料电池

(1)氢氧燃料电池用 Pt 作电极，不断充入燃料(H_2)和氧化剂(O_2)，分别在两极发生氧化反应和还原反应，电池总反应式是23 _____。

(2)氢氧燃料电池在不同介质中的电极反应

介质	负极反应式	正极反应式
酸性	24 _____	25 _____
中性	26 _____	27 _____
碱性	28 _____	29 _____

(3)燃料电池的优点

①能量转化率高，燃料电池的能量转换率超过 80%，远高于普通燃烧过程。

②污染小。

[归纳总结]

(1)一次电池：活泼金属作负极，参与电极反应，放电完成后，不能再使用。

(2)二次电池：两电极都参与电极反应，可充电、放电，循环使用。

(3)燃料电池：两电极都不参与电极反应，不断充入的物质分别在两极发生反应，可连续使用。

对点训练

3. 人造卫星用到的一种高能电池——银锌电池，其电极反应式为：$Zn+2OH^- -2e^- \xlongequal{} Zn(OH)_2$，$Ag_2O+H_2O+2e^- \xlongequal{} 2Ag+2OH^-$。根据反应式判断氧化银是(　　)

A. 负极　被氧化　　B. 正极　被还原

C. 负极　被还原　　D. 正极　被氧化

4. 铅蓄电池的两极分别为 Pb、PbO_2，电解质溶液为 H_2SO_4，工作时的电池反应为 $Pb+PbO_2+2H_2SO_4 \xlongequal{} 2PbSO_4+2H_2O$。下列结论正确的是(　　)

A. Pb 为正极被氧化

B. 溶液的 pH 不断减小

C. SO_4^{2-} 只向 PbO_2 处移动

D. 电解质溶液的密度不断减小

5. 氢氧燃料电池用于航天飞机，电极反应产生的水，经冷凝后可作为航天员的饮用水，其电极反应如下：负极：$2H_2+4OH^- -4e^- \xlongequal{} 4H_2O$；正极：$O_2+2H_2O+4e^- \xlongequal{} 4OH^-$；当得到 1.8 L 饮用水时，电池内转移电子的物质的量约为(　　)

A. 1.8 mol　　B. 3.6 mol

C. 100 mol　　D. 200 mol

知识点三　常见燃料电池电极反应式和电池反应式的书写

知识梳理

(1)烃类燃料电池

①CH_4 燃料电池(电解质溶液为 KOH 溶液)

负极：30 _____；

正极：31 _____；

总反应式：32 _____。

②甲烷燃料电池(固体电解质)

一个电极通入空气，另一电极通入甲烷，电池的电解质为掺杂了 Y_2O_3(三氧化二钇)的 ZrO_2(二氧化锆)晶体，它在高温下能传导 O^{2-}。该电池的电极反应式为

负极：33 _____；

正极：34 _____；

总反应式：35 _____。

(2)醇类燃料电池

①CH_3OH 燃料电池(电解质溶液为 KOH 溶液)

负极：36 _____；

正极：37 _____；

总反应式：38 _____。

②CH_3OH 燃料电池(电解质溶液为 H_2SO_4 溶液)

负极：39 _____；

正极：40 _____；

总反应式：41 _____。

[归纳总结]

给出总反应式，电极反应式的书写

分析反应中的氧化反应或还原反应(即分析有关元素的化合价变化情况)→选择一个简单的变化情况去写电极反应式→另一极的电极反应直接写出或将各反应式看作数学中的代数式，用总反应式减去已写出的电极反应式，即得结果。

【例】 一种新型熔融盐燃料电池具有高发电效率。现用 Li_2CO_3 和 Na_2CO_3 的熔融混合物作电解质，一极通 CO 气体，另一极通 O_2 和 CO_2 混合气体，其总反应为 $2CO+O_2 \xlongequal{} 2CO_2$。则下列说法中正确的是(　　)

A. 通 CO 的一极是电池的正极

B. 负极发生的电极反应是 $O_2+2CO_2+4e^- \xlongequal{} 2CO_3^{2-}$

C. 负极发生的电极反应是 $CO+CO_3^{2-}-2e^- \xlongequal{} 2CO_2$

D. 正极发生氧化反应

对点训练

6. 碱性电池具有容量大、放电电流大的特点，故得到广泛应用。锌锰碱性电池以 KOH 溶液为电解液，电池总反应式为 $Zn(s)+2MnO_2(s)+2H_2O(l) \xlongequal{} Zn(OH)_2(s)+2MnO(OH)(s)$。下列说法错误的是(　　)

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

A. 电池工作时，锌失去电子

B. 电池正极的电极反应式为：$2MnO_2(s)+2H_2O(l)+2e^-=\!=\!=2MnO(OH)(s)+2OH^-(aq)$

C. 电池工作时，电子由正极通过外电路流向负极

D. 外电路中每通过 0.2 mol 电子，锌的质量理论上减小 6.5 g

7. 研究人员最近发明了一种“水”电池，这种电池能利用淡水与海水之间含盐量差别进行发电，在海水中电池总反应可表示为：$5MnO_2+2Ag+2NaCl=\!=\!=Na_2Mn_5O_{10}+2AgCl$。下列“水”电池在海水中放电时的有关说法正确的是（　　）

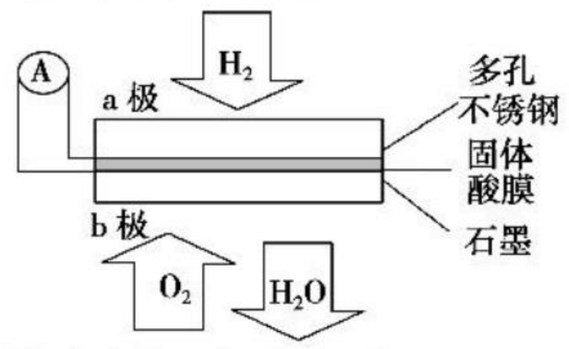
A. 正极反应式：$Ag+Cl^--e^-=\!=\!=AgCl$

B. 每生成 1 mol $Na_2Mn_5O_{10}$ 转移 2 mol 电子

C. Na^+ 不断向“水”电池的负极移动

D. AgCl 是还原产物

8. 某固体酸燃料电池以 $CsHSO_4$ 固体为电解质传递 H^+，其基本结构如图，电池总反应可表示为：$2H_2+O_2=\!=\!=2H_2O$，下列有关说法正确的是（　　）



A. 电子通过外电路从 b 极流向 a 极

B. b 极上的电极反应式为：$O_2+2H_2O+4e^-=\!=\!=4OH^-$

C. 每转移 0.1 mol 电子，消耗 1.12 L 的 H_2

D. H^+ 由 a 极通过固体酸电解质传递到 b 极

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 随着人们生活质量的不断提高，废电池必须进行集中处理的问题被提到议事日程，其首要原因是（　　）

A. 利用电池外壳的金属材料

B. 防止电池中汞、镉和铅等重金属离子对土壤和水源的污染

C. 不使电池中渗漏的电解液腐蚀其他物品

D. 回收其中石墨电极

2. 电池是人类生产和生活中的重要能量来源，各式各样电池的发明是化学对人类的一项重大贡献，下列有关电池的叙述正确的是（　　）

A. 锌锰干电池工作一段时间后碳棒变细

B. 氢氧燃料电池可将热能直接转变为电能

C. 氢氧燃料电池工作时氢气在负极被氧化

D. 太阳能电池的主要材料是高纯度的二氧化硅

3. 下列电池工作时，O_2 在正极放电的是（　　）



A. 锌锰电池



B. 氢燃料电池



C. 铅蓄电池



D. 镍镉电池

4. （**2019·缙云一中高二月考**）目前，市场上的手提应急灯主要是“无液干粉”铅酸蓄电池，其原理是将有腐蚀性的浓硫酸灌注到硅胶凝胶中去，使电解质溶液不易发生泄漏，大大改善了电池的性能。所用的原料仍然是铅—二氧化铅—硫酸。下列关于该铅酸蓄电池的说法正确的是（　　）

A. 该应急灯在照明时，电池能将电能转变为化学能

B. “无液干粉”铅酸蓄电池彻底改变了原来的铅酸蓄电池的原理

C. 放电时，在铅酸蓄电池的负极发生还原反应

D. 照明时，电池上标有“－”的极发生氧化反应

5. Mg-AgCl 电池是一种能被海水激活的一次性贮备电池，电池反应方程式为：$2AgCl+Mg=\!=\!=Mg^{2+}+2Ag+2Cl^-$。有关该电池的说法正确的是（　　）

A. Mg 为电池的正极

B. 负极反应为 $AgCl+e^-=\!=\!=Ag+Cl^-$

C. 不能被 KCl 溶液激活

D. 可用于海上应急照明供电

6. 锂电池是新一代高能电池，目前已研发出多种锂电池。某种锂电池的总反应式为：$Li+MnO_2=\!=\!=LiMnO_2$。下列说法中正确的是（　　）

A. Li 是正极，MnO_2 是负极

B. 放电时负极的反应：$Li-e^-=\!=\!=Li^+$

C. 放电时正极的反应：$MnO_2^-+e^-=\!=\!=MnO_2$

D. 电池放电时，产生高锰酸根离子

7. 阿波罗宇宙飞船使用的是氢氧燃料电池，其电极反应为：

$2H_2+4OH^--4e^-=\!=\!=4H_2O$

$O_2+2H_2O+4e^-=\!=\!=4OH^-$

(1)在负极发生反应的物质是_____，负极发生的是_____（填“氧化”或“还原”）反应。

(2)在正极发生反应的物质是_____，正极发生的是_____（填“氧化”或“还原”）反应。

(3)电池总反应式是_____。

8. 镉镍可充电电池在现代生活中有着广泛的应用，它的充、放电反应如下：

$$Cd+2NiO(OH)+2H_2O\underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}}Cd(OH)_2+2Ni(OH)_2$$

请回答下列问题：

(1)上述反应式中左边物质的总能量_____（填“大于”“小于”或“等于”）右边物质的总能量。

(2)放电时负极发生反应的物质是_____，放电时正极的反应式为_____。

(3)镉镍废旧电池必须进行回收并集中处理，最主要的原因是_____。

层级二　应试提能练

1. 下列说法中正确的是（　　）

A. 碱性锌锰电池是二次电池

B. 铅蓄电池是一次电池

C. 二次电池又叫蓄电池，它放电后可以再充电使活性物质获得再生

D. 燃料电池的活性物质储存在电池内

2. 茫茫黑夜中，航标灯为航海员指明了方向。航标灯的电源必须长效、稳定。我国科技工作者研制出以铝合金、Pt-Fe合金网为电极材料的海水电池。在这种电池中（　　）

①铝合金是阳极　②铝合金是负极　③海水是电解液　④铝合金电极发生还原反应

A. ②③　　B. ②④　　C. ①②　　D. ①④

3. 微型纽扣电池在现代生活中有广泛应用。有一种锌—银电池，其电极分别是 Ag_2O 和 Zn，电解质为 KOH，电极反应为 $Zn+2OH^--2e^-=\!=\!=Zn(OH)_2$；$Ag_2O+H_2O+2e^-=\!=\!=2Ag+2OH^-$。根据上述反应式，判断下列叙述中正确的是（　　）

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

A. 在使用过程中，电池负极区溶液的 pH 增大

B. 在使用过程中，电子由 Ag_2O 极经外电路流向 Zn 极

C. Zn 电极发生还原反应，Ag_2O 电极发生氧化反应

D. Zn 是负极，Ag_2O 是正极

4. 最近，科学家研制出一种纸质电池，这种“软电池”采用薄层纸片作为载体和传导体，在一边附着锌，在另一边附着二氧化锰。电池总反应为 $Zn+2MnO_2+H_2O=\!=\!=ZnO+2MnO(OH)$。下列说法不正确的是　（　）

A. 该电池 Zn 为负极，MnO_2 为正极

B. 该电池的正极反应为 $MnO_2+e^-+H_2O=\!=\!=MnO(OH)+OH^-$

C. 导电时外电路电子由 Zn 流向 MnO_2，内电路电子由 MnO_2 流向 Zn

D. 电池工作时水分子和 OH^- 都能通过薄层纸片

5. 锂电池是新型高能电池，它以质量轻、能量高而受到了普遍重视，目前已研制成功多种锂电池。某种锂电池的总反应为 $Li+MnO_2=\!=\!=LiMnO_2$，下列说法正确的是　（　）

A. 锂是正极，电极反应为 $Li-e^-=\!=\!=Li^+$

B. 锂是负极，电极反应为 $Li-e^-=\!=\!=Li^+$

C. 锂是负极，电极反应为 $MnO_2+e^-=\!=\!=MnO_2^-$

D. 锂是负极，电极反应为 $Li-2e^-=\!=\!=Li^{2+}$

6. 燃料电池是燃料（例如 CO、H_2、CH_4 等）跟氧气或空气起反应，将此反应的化学能转化为电能的装置，电解质溶液通常是 KOH 溶液。下列关于甲烷燃料电池的说法不正确的是　（　）

A. 负极反应式为 $CH_4+10OH^--8e^-=\!=\!=CO_3^{2-}+7H_2O$

B. 正极反应式为 $2O_2+4H_2O+8e^-=\!=\!=8OH^-$

C. 随着不断放电，电解质溶液碱性不变

D. 甲烷燃料电池的能量利用率比甲烷燃烧的能量利用率大

7. (1)根据氧化还原反应 $2H_2+O_2=\!=\!=2H_2O$，设计成燃料电池，负极通的气体应是_____，正极通的气体应是_____。

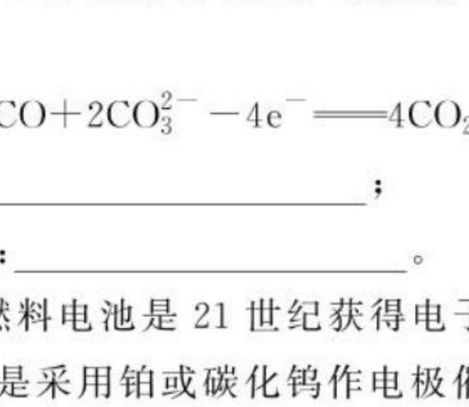
(2)根据选择电解质溶液的不同，填写下表：

电解质溶液	H_2SO_4 溶液	KOH 溶液
负极反应式		
正极反应式		
溶液的 pH 变化		

(3)若把 H_2 改为 CH_4，KOH 作电解质，则正极反应式为_____。

8. 原电池是化学对人类的一项重大贡献。

(1)如图是甲烷燃料电池原理示意图，回答下列问题：



①电池的负极是_____（填“a”或“b”）电极，该极的电极反应式为_____。

②电池工作一段时间后电解质溶液的 pH _____（填“增大”“减小”或“不变”）。

(2)熔融盐燃料电池具有很高的发电效率，因而受到重视。可用 Li_2CO_3 和 Na_2CO_3 的熔融盐混合物作电解质，CO 为负极燃气，空气与 CO_2 的混合气为正极助燃气，制得在 650 ℃下工作的燃料电池。请完成有关的电池反应式：

负极反应式：$2CO+2CO_3^{2-}-4e^-=\!=\!=4CO_2$；

正极反应式：_____；

总电池反应式：_____。

9. 科学家预言，燃料电池是 21 世纪获得电子的重要途径。甲醇燃料电池是采用铂或碳化钨作电极催化剂，在硫酸电解液中直接加入纯化后的甲醇，同时向一个电极通入空气。试回答以下问题：

(1)配平电池放电时发生的化学反应方程式：

_____ CH_3OH + _____ O_2 ⟶ _____ CO_2 + _____ H_2O。

(2)在硫酸电解液中，CH_3OH 失去电子，此电池的正极发生的反应是_____，负极发生的反应是_____。

(3)电解液中的 H^+ 向_____极移动，向外电路释放电子的电极是_____。

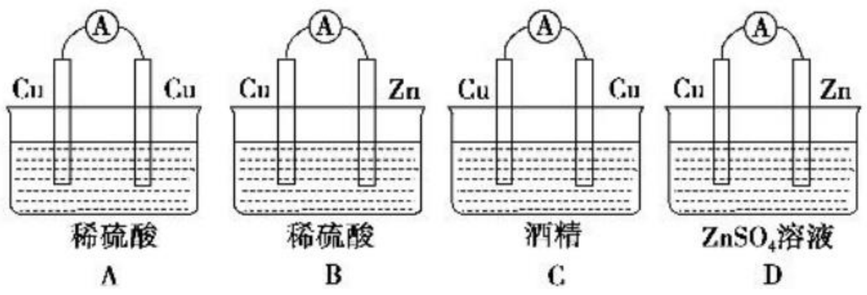
(4)比起直接燃烧燃料产生电力，使用燃料电池有许多优点，其中主要有两点：首先燃料电池的能量转换效率高，其次是_____。

(5)甲醇燃料电池与氢氧燃料电池相比，其主要缺点是甲醇燃料电池的输出功率较低，但其主要优点是_____。

第二课时　《原电池　化学电源》习题课

题组一　原电池原理及简单应用

1. 下图中能组成原电池产生电流的是　（　）



2. (双选)下列变化中属于原电池反应的是　（　）

A. 在空气中金属铝表面迅速氧化成保护层

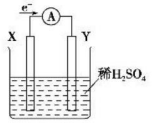
B. 镀锌铁表面有划损时，仍然能阻止铁被氧化

C. 红热的铁丝与冷水接触，表面形成蓝黑色的保护层

D. 锌与稀硫酸反应时，加入少量的 $CuSO_4$ 溶液可使反应加快

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

3. 如图所示的原电池装置中，X、Y 为两电极，电解质溶液为稀硫酸，外电路中的电子流向如图所示，则对此装置的下列说法正确的是（　　）



A. 外电路的电流方向为 X→外电路→Y

B. 若两电极分别为 Zn 棒和碳棒，则 X 为碳棒，Y 为 Zn 棒

C. 若两电极都是金属，则它们的活动性为 X>Y

D. X 极上发生的是还原反应，Y 极上发生的是氧化反应

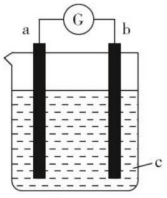
4. X、Y、Z、W 四块金属分别用导线两两相连浸入稀硫酸中，组成原电池。X、Y 相连时，X 为负极；Z、W 相连时，电流方向是 W→Z；X、Z 相连时，Z 极上产生大量气泡；W、Y 相连时，W 极发生氧化反应。据此判断四种金属的活泼性顺序是（　　）

A. X>Z>W>Y　　B. Z>X>Y>W

C. W>X>Y>Z　　D. Y>W>Z>X

题组二　原电池的设计

5. 如图所示装置中，电流表 A 发生偏转，a 极逐渐变粗，同时 b 极逐渐变细，c 为电解质溶液，则 a、、c 应是下列各组中的（　　）



A. a 是 Zn、b 是 Cu、c 为稀 H_2SO_4

B. a 是 Cu、b 是 Zn、c 为稀 H_2SO_4

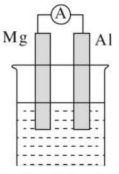
C. a 是 Fe、b 是 Ag、c 为 $AgNO_3$ 溶液

D. a 是 Ag、b 是 Fe、c 为 $AgNO_3$ 溶液

6. 利用反应 $Zn+2Fe^{3+}=\!=\!=Zn^{2+}+2Fe^{2+}$ 设计一个原电池，在下边方框内画出实验装置图，并指出正极为_____，电极反应式为_____；负极为_____，电极反应式为_____。

题组三　电极反应式、电池反应式的书写

7. 据图回答下列问题：

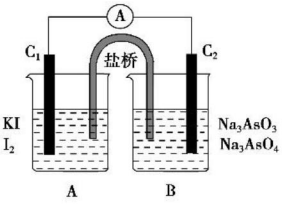


Ⅰ.(1)若烧杯中溶液为稀硫酸，则观察到的现象是_____。负极反应式为：_____。

(2)若烧杯中溶液为氢氧化钠溶液，则负极为_____(填“Mg”或“Al”)，总反应化学方程式为_____。

Ⅱ. 由 Al、Cu、浓硝酸组成原电池，其正极的电极反应式为_____。

8. 有人研究反应 $AsO_4^{3-}+2I^-+2H^+=\!=\!=AsO_3^{3-}+I_2+H_2O$ 时，认为该反应是可逆反应，为了验证该想法，他根据平衡移动原理设计出如图所示的实验装置(装置中盐桥的作用是使整个装置形成一个闭合回路)。



(1)请你参与探究：用实验证明他的观点。

①假设该反应是可逆反应，反应的离子方程式为_____。

②该实验中 C_1 和 C_2 两电极可以是同种材料吗？_____。查阅有关资料得知 Fe 的还原性比 I^- 和 AsO_3^{3-} 都强，在 Zn、Al、Pt、C 棒几种材料中，可用于该实验的电极材料是_____。

③实验开始时，按图组装好实验装置，向 A 烧杯中加入适量 2 mol/L KI 溶液，向 B 烧杯中加入适量 1 mol/L Na_3AsO_4 溶液，再向 B 烧杯中逐滴加入浓盐酸，发生的现象是电流表_____；A 中_____。此过程中，C_1 棒发生的反应为_____。

(2)若要证明反应可逆向进行，在 40% NaOH 溶液、4% NaOH 溶液、碘水、Na_3AsO_3 溶液几种试剂中，必须向 B 烧杯中滴加_____溶液。

①证明该反应是可逆反应的事实是_____。

②操作过程中，C_2 棒的电极反应式为_____。

题组四　原电池综合应用

9. 下列叙述正确的是（　　）

A. 反应 $AlCl_3+4NaOH=\!=\!=NaAlO_2+3NaCl+2H_2O$，可以设计成原电池

B. Zn 和稀硫酸反应时，加入少量 $CuSO_4$ 溶液能加快产生 H_2 的速率

C. 把 Fe 片和 Cu 片放入稀硫酸中，并用导线把二者相连，观察到 Cu 片上产生大量气泡，说明 Cu 与 H_2SO_4 能发生反应而 Fe 被钝化

D. Zn-Cu 原电池工作过程中，溶液中 H^+ 向负极作定向移动

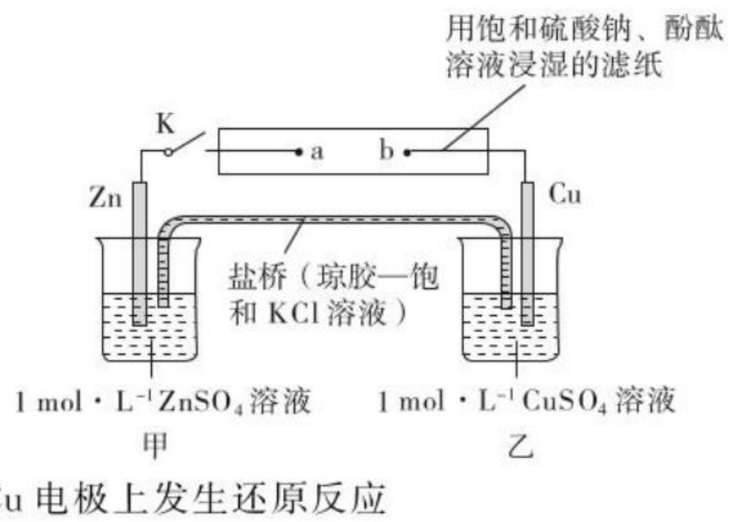
10. 锂电池是新一代的高能电池，它以质轻、能量高而受到普遍重视。目前已经研制成功了多种锂电池。某种锂电池的总反应可表示为 $Li+MnO_2=\!=\!=LiMnO_2$。若该电池提供 5 库仑(C)电荷量(其他损耗忽略不计)，则消耗的正极材料的质量约为(电子电荷量取 1.60×10^{-19} C)（　　）

A. 3.6×10^{3} g　　B. 7×10^{-4} g

C. 4.52×10^{-3} g　　D. 4.52×10^{-2} g

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

11.（**2019・陵川一中月考**）将如图所示实验装置的 K 闭合，下列判断正确的是　（　）



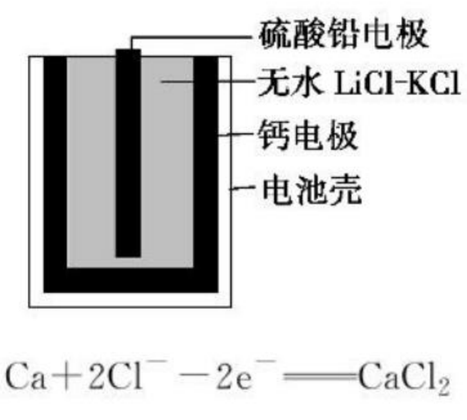
A. Cu 电极上发生还原反应

B. 电子沿 Zn→a→b→Cu 路径流动

C. 片刻后甲池中 $c(SO_4^{2-})$ 增大

D. 片刻后可观察到滤纸 b 点变红色

12. 热激活电池可用作火箭、导弹的工作电源。一种热激活电池的基本结构如图所示，其中作为电解质的无水 LiCl-KCl 混合物受热熔融后，电池即可瞬间输出电能。该电池总反应为 $PbSO_4+2LiCl+Ca=\!=\!=CaCl_2+Li_2SO_4+Pb$。下列有关说法正确的是　（　）



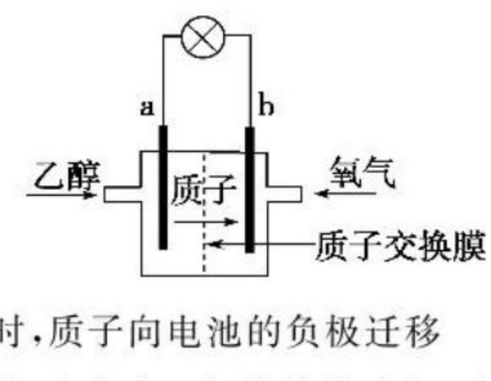
A. 正极反应：$Ca+2Cl^- -2e^-=\!=\!=CaCl_2$

B. 放电过程中，Li^+ 向负极移动

C. 每转移 0.1 mol 电子，理论上生成 20.7 g Pb

D. 常温时，在正负极间接上电流表或检流计，指针不偏转

13. 乙醇燃料电池中采用磺酸类质子溶剂，在 200 ℃左右时供电，电池总反应式为 $C_2H_5OH+3O_2=\!=\!=2CO_2+3H_2O$，电池示意图如下，下列说法中正确的是　（　）



A. 电池工作时，质子向电池的负极迁移

B. 电池工作时，电流由 b 极沿导线流向 a 极

C. a 极上发生的电极反应是 $C_2H_5OH+3H_2O+12e^-=\!=\!=2CO_2+12H^+$

D. b 极上发生的电极反应是 $2H_2O+O_2+4e^-=\!=\!=4OH^-$

14. 有一种新型的锂电池，其制作是利用了金属锂和石墨作电极，其电解质溶液是四氯合铝酸锂（$LiAlCl_4$）溶解在二氯亚硫酰（其化学式是 $SOCl_2$）中形成的，原电池的电极总反应式是 $8Li+3SOCl_2=\!=\!=6LiCl+Li_2SO_3+2S$，下列关于这种新型电池的说法中错误的是　（　）

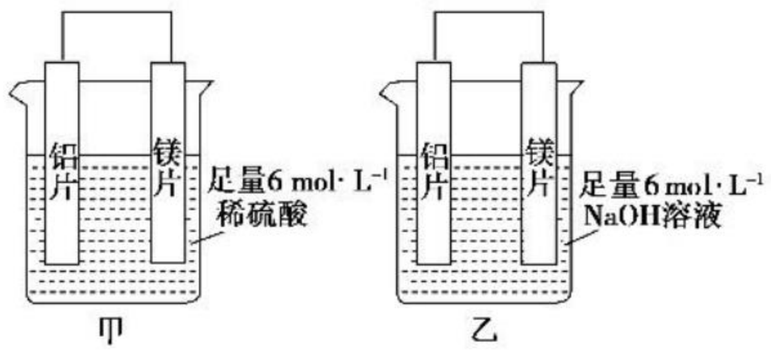
A. 电池工作过程中，$SOCl_2$ 被还原为 Li_2SO_3

B. 锂作为电池的负极，石墨作电池的正极

C. 该电池内环境应该是无水环境，否则影响电池的寿命

D. 电池工作时，锂提供的电子的物质的量与析出硫的物质的量之比是 4∶1

15. 有甲、乙两位同学均想利用原电池反应验证金属的活动性顺序，并探究产物的有关性质，分别设计了如图所示的原电池，请完成下列问题：



(1)甲池中正极上的实验现象是_____。

(2)乙池中总反应的离子方程式为_____。

(3)上述实验证明了“利用金属活动性顺序表可直接判断原电池正负极”，这种作法_____（“可靠”或“不可靠”），如不可靠，请你提出另一种判断原电池正负极的可行的方案_____（若你认为可靠，此空可不作答）。

(4)一段时间后，乙学生将乙池两极取出，然后取少许乙池溶液逐滴滴加 6 mol・L^{-1} 稀硫酸直至过量，可能观察到的现象是_____，

_____，

各阶段对应的离子方程式分别是_____

_____。

16. 据报道，最近摩托罗拉公司研发了一种由甲醇和氧气以及强碱做电解质溶液的新型手机电池，电量是现在镍氢电池和锂电池的 10 倍，可连续使用一个月才充电一次。假定放电过程中，甲醇完全氧化产生二氧化碳被充分吸收生成 CO_3^{2-}。

(1)该电池反应的离子方程式为_____。

(2)甲醇在_____（填“正”或“负”）极发生反应，电池中放电过程中溶液 pH 将_____（填“下降”“上升”或“不变”）；若有 16 克甲醇蒸气被完全氧化产生电能，并利用该过程中释放的电能电解足量的硫酸铜溶液，假设能量利用率为 80%，则将产生标准状况下氧气_____L。

(3)放电时固体电解质里的 O^{2-} 离子的移动方向是向_____（填“正”或“负”）极移动。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第三节　电解池

第一课时　电解原理

1. 了解电解、电解池的概念。
2. 理解电解池的工作原理；了解电解反应的一般规律。
3. 能够正确书写电解池的电极反应方程式。（难点）

[晨背重点语句]

1. 离子放电“两顺序”
阳极：活性电极（除 Pt、Au、石墨之外的电极）$>S^{2-}>I^->Br^->Cl^->OH^-$。
阴极：$Ag^+>Fe^{3+}>Cu^{2+}>H^+$（酸）$>Sn^{2+}>Fe^{2+}>Zn^{2+}>H^+$（$H_2O$）$>Al^{3+}$。

2. 电解池组成“三条件”
（1）外接电源；（2）电解质溶液；（3）闭合回路。

3. 电解池阴、阳极“四特点”
阳极：外接直流电源正极——流出电子——发生氧化反应——阴离子移向。
阴极：外接直流电源负极——流入电子——发生还原反应——阳离子移向。

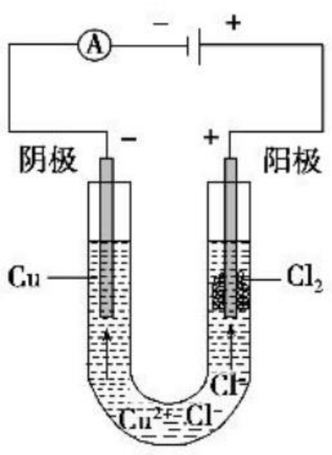
1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　电解 $CuCl_2$ 溶液

知识梳理

1. 实验操作

如图所示，在 U 形管中注入 $CuCl_2$ 溶液，插入两根石墨棒作电极，把湿润的 KI-淀粉试纸放在与直流电源正极相连的电极（阳极）附近。接通直流电源。



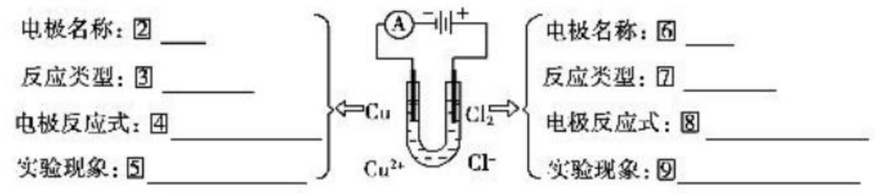
2. 实验现象

阴极石墨棒上逐渐覆盖一层红色物质，阳极石墨棒上有气泡逸出，并可闻到刺激性的气味，同时看到湿润的 KI-淀粉试纸变蓝色。

3. 原理分析

（1）通电前，$CuCl_2$ 溶液中存在的离子有[1]_____。

（2）工作原理



①总反应：[10]_____。

②电流方向：电源正极→[11]_____→[12]_____→电源负极。

③电子流向：[13]_____极→电源正极，电源负极→[14]_____极。

4. 实验结论

$CuCl_2$ 溶液导电过程就是在阴、阳两极发生氧化还原反应的过程，就是 $CuCl_2$[15]_____的过程。

[归纳总结]

溶液中含有 Cu^{2+}、H^+ 为什么是 Cu^{2+} 去阴极得电子，而不是 H^+ 呢？

[提示]　阴极上的物质，发生还原反应，本身是氧化剂应具有氧化性，而氧化性 $Cu^{2+}>H^+$，故 Cu^{2+} 先得电子。

对点训练

1. 用氧化还原反应的观点判断下列各组微粒具有的性质，填写下表。

组别	微粒	性质	强弱顺序
第 1 组	①Zn^{2+}、②Na^+、③Cu^{2+}、④H^+		
第 2 组	①Cu、②Fe、③OH^-、④Cl^-		

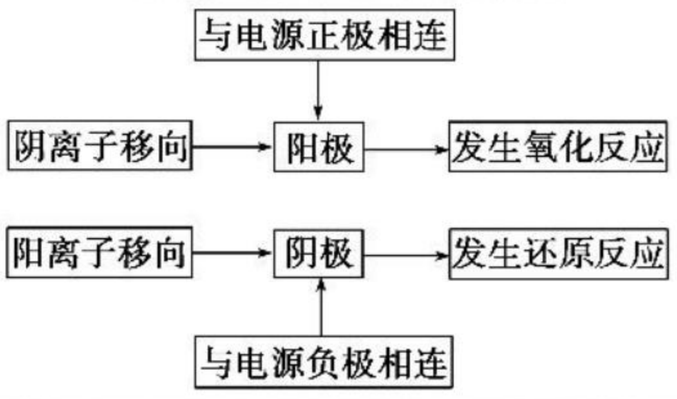
知识点二　电解原理

知识梳理

1. **电解**：使电流通过电解质溶液而在阴、阳两极引起[16]_____反应的过程。
2. **电解池**：在外加电源的作用下，将[17]_____转变成[18]_____的装置。
3. **电解池的两极**：阳极——与电源[19]_____相连，发生[20]_____反应。阴极——与电源[21]_____相连，发生[22]_____反应。
4. **构成电解池的条件**：①直流电源；②两个电极；③电解质溶液或熔融态电解质；④形成闭合回路。
5. **离子的定向移动**：阴离子移向[23]_____；阳离子移向[24]_____。
6. **电子的流向**：电源负极→[25]_____极；阳极→电源[26]_____极。

[归纳总结]

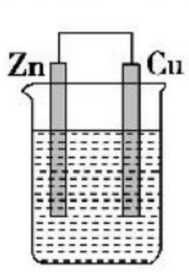
电解池的电极和电极反应



关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

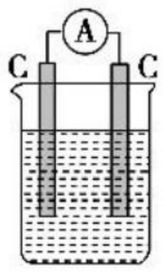
对点训练

2. 如图所示装置中，属于电解池的是　（　　）



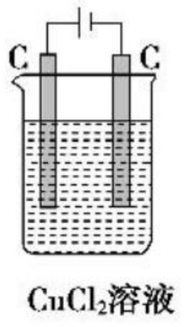
H_2SO_4溶液

A



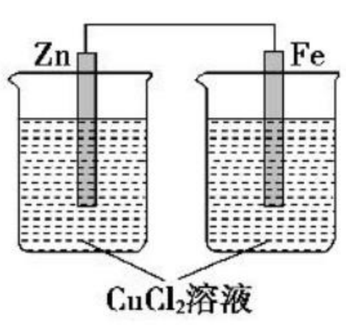
$CuSO_4$溶液

B



$CuCl_2$溶液

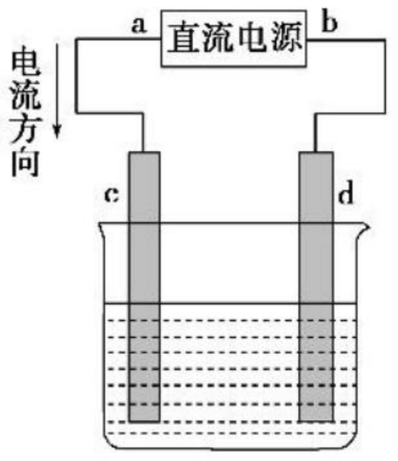
C



$CuCl_2$溶液

D

3. 如图是电解 $CuCl_2$ 溶液的装置，其中 c、d 为石墨电极，则下列有关判断正确的是　（　　）



A. a 为负极，b 为正极

B. a 为阳极，b 为阴极

C. 电解过程中，d 电极质量增加

D. 电解过程中，氯离子浓度不变

4. 下列说法正确的是　（　　）

①电解是把电能转变成化学能的过程

②电解是化学能转变成电能的过程

③电解质溶液导电是化学变化，金属导电是物理变化

④不能自发进行的氧化还原反应，通过电解的原理可以实现

⑤任何溶液被电解时，必然导致氧化还原反应的发生

A. ①②③④　　B. ②③⑤

C. ③④　　D. ①③④⑤

知识点三　电解规律

知识梳理

1. 阴、阳两极放电顺序

(1)电极分类

惰性电极：27 _____ 等电极；活性电极：除 28 _____ 以外的电极。

(2)阳极放电顺序：29 _____。

阴极放电顺序：30 _____。

2. 用惰性电极电解酸、碱、盐溶液，填写下表：

电解质及类别		电极反应式	电解物质	pH 变化	溶液复原方法
电解水型	H_2SO_4 含氧酸	阳极：31 _____ 阴极：32 _____	H_2O	33 _____ 34 _____ 35 _____	36 _____
	NaOH 强碱				
	Na_2SO_4 活泼金属的含氧酸盐				
电解电解质型	HCl 无氧酸	阳极：37 _____ 阴极：38 _____	39 _____	40 _____	41 _____
	$CuCl_2$ 不活泼金属的无氧酸盐	阳极：42 _____ 阴极：43 _____	44 _____		45 _____
放 H_2 生碱型	NaCl 活泼金属的无氧酸盐	阳极：46 _____ 阴极：47 _____	48 _____	49 _____	50 _____
放 O_2 生酸型	$CuSO_4$ 不活泼金属的含氧酸盐	阳极：51 _____ 阴极：52 _____	53 _____	54 _____	55 _____

[归纳总结]

分析电解问题的思维模型

(1)首先判断阴、阳极，分析阳极材料是惰性电极还是活泼电极。

(2)再分析通电前溶液中含有哪些阴、阳离子(包括水电离出的 H^+ 和 OH^-)。

(3)然后根据通电后，阴离子移向阳极，阳离子移向阴极，结合放电顺序分析谁先在电极放电。

(4)判断电极产物，正确书写电极反应式要注意遵循原子守恒和电荷守恒。

(5)若阴极为 H^+ 放电，则阴极区 $c(OH^-)$ 增大；若阳极区 OH^- 放电，则阳极区 $c(H^+)$ 增大；若阴、阳极分别同时有 H^+、OH^- 放电，相当于电解水，电解质溶液浓度增大(饱和溶液例外)。

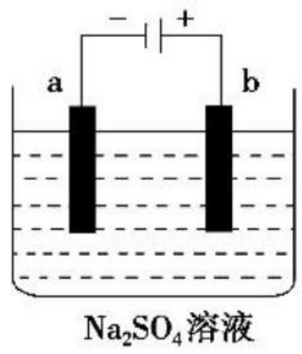
对点训练

5. 用石墨作电极，分别电解下列各物质的溶液：①$CuCl_2$ ②$CuSO_4$ ③NaCl ④$NaNO_3$ ⑤盐酸 ⑥H_2SO_4 ⑦KOH。其中只有水被电解的有　（　　）

A. ①②⑤　　B. ②④⑥⑦

C. ④⑥⑦　　D. ③⑤⑥⑦

6. 如图为直流电源电解稀 Na_2SO_4 溶液的装置。通电后在石墨电极 a 和 b 附近分别滴加一滴石蕊溶液。下列实验现象中正确的是　（　　）



Na_2SO_4溶液

A. a 电极附近呈红色，b 电极附近呈蓝色

B. a 电极附近呈蓝色，b 电极附近呈红色

C. 逸出气体的体积，a 极的小于 b 极的

D. 一电极逸出无味气体，另一电极逸出刺激性气味气体

7. 用惰性电极电解足量的下列溶液，一段时间后，再加入一定量的另一种物质(方括号内)，不能使溶液与原来溶液一样的是　（　　）

A. $CuCl_2$[$CuCl_2$]　　B. NaOH[H_2O]

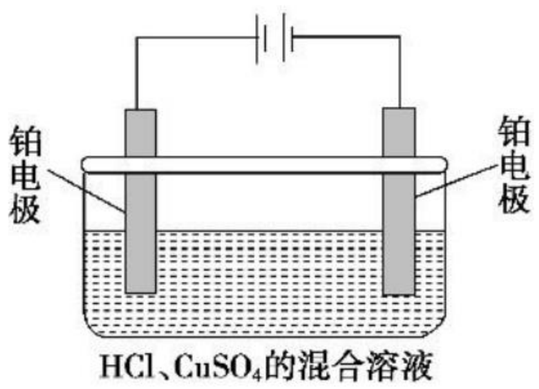
C. NaCl[HCl]　　D. $CuSO_4$[$Cu(OH)_2$]

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点四　电解混合溶液时电极反应式的书写

知识梳理

【例】 现用 Pt 电极电解 1 L 浓度均为 0.1 mol/L 的 HCl、$CuSO_4$ 的混合溶液，装置如图，下列说法正确的是（　　）



A. 电解开始时阴极有 H_2 放出

B. 电解开始时阳极上发生：$Cu^{2+}+2e^-=\!=\!=Cu$

C. 当电路中通过电子的量超过 0.1 mol 时，此时阴极放电的离子发生了变化

D. 整个电解过程中，SO_4^{2-} 不参与电极反应

对点训练

8. 按要求书写电极反应式和总反应方程式：

(1)用惰性电极电解 $MgCl_2$ 溶液

阳极：_____；阴极：_____；总反应离子方程式：_____。

(2)用 Al 作电极电解 NaOH 溶液

阳极：_____；阴极：_____；总反应离子方程式：_____。

9. 某水溶液中含有等物质的量浓度的 $Cu(NO_3)_2$ 和 NaCl，以惰性电极对该溶液进行电解，分阶段写出电解反应的化学方程式。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 电解池中，阳极的电极材料一定（　　）

A. 发生氧化反应　　B. 与电源正极相连

C. 是铂电极　　D. 得电子

2. 同一溶液中的下列离子，在电解过程中最容易失去电子的是（　　）

A. OH^-　　B. I^-

C. Cl^-　　D. SO_4^{2-}

3. 电解下列物质的水溶液时，在阳极无气体放出的是（　　）

A. $AgNO_3$　　B. $CuCl_2$

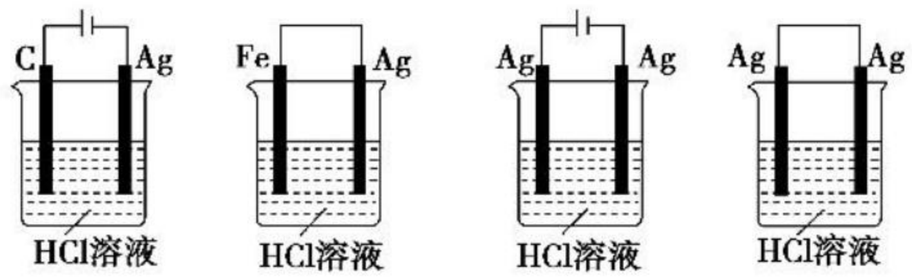
C. NaOH　　D. Na_2S

4. (双选)用铂电极电解下列溶液时，阴极和阳极上的主要产物分别是 H_2 和 O_2 的是（　　）

A. 稀 NaOH 溶液　　B. 盐酸

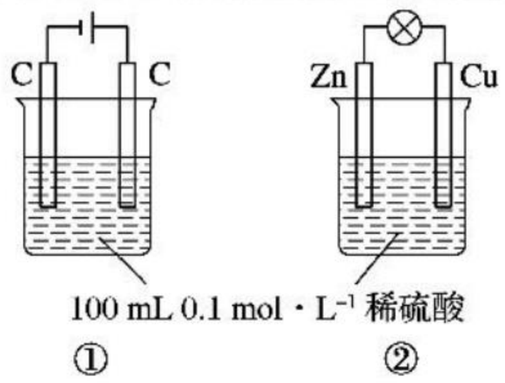
C. $MgSO_4$ 溶液　　D. $AgNO_3$ 溶液

5. 某同学为了使反应 $2HCl+2Ag=\!=\!=2AgCl+H_2\uparrow$ 能进行，设计了下列四个实验，如图所示，你认为可行的方案是（　　）



A　　B　　C　　D

6. 关于如图所示①②两个装置的叙述，正确的是（　　）



A. 装置名称：①是原电池，②是电解池

B. 硫酸浓度变化：①增大，②减小

C. 电极反应式：①中阳极：$4OH^- - 4e^-=\!=\!=2H_2O+O_2\uparrow$，②中正极：$Zn-2e^-=\!=\!=Zn^{2+}$

D. 离子移动方向：①中 H^+ 向阴极方向移动，②中 H^+ 向负极方向移动

7. 用惰性电极电解下列电解质溶液，请你写出下列反应式(注意得失电子的顺序)。

(1)$CuCl_2$ 溶液

阴极：_____；阳极：_____；总方程式：_____。

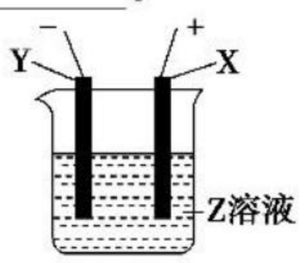
(2)HCl 溶液

阴极：_____；阳极：_____；总方程式：_____。

(3)$CuSO_4$ 溶液

阴极：_____；阳极：_____；总方程式：_____。

8. 根据如图所示装置回答：



(1)当 X 为 Pt，Y 为 Fe，Z 为 $AgNO_3$ 时：

阳极反应式为_____，

阴极反应式为_____，

电解反应式为_____。

(2)当 X 为 Cu，Y 为 Fe，Z 为 $CuSO_4$ 时：

阳极反应式为_____，

阴极反应式为_____。

层级二　应试提能练

1. 电解 $CuCl_2$ 与 NaCl 的混合溶液，阴极上和阳极上最先析出的物质为（　　）

A. H_2 和 Cl_2　　B. Cu 和 Cl_2

C. H_2 和 O_2　　D. Cu 和 O_2

2. 用阳极 X 和阴极 Y 电解 Z 的水溶液，电解一段时间后，再加入 W，能使溶液恢复到电解前的状态，符合题意的一组是（　　）

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

选项	X	Y	Z	W
A	C	Fe	NaCl	H_2O
B	Pt	Cu	$Cu(NO_3)_2$	$Cu(NO_3)_2$ 溶液
C	C	C	H_2SO_4	H_2O
D	Ag	Fe	$AgNO_3$	$AgNO_3$ 晶体

3. 用惰性电极实现电解，下列说法正确的是　（　）

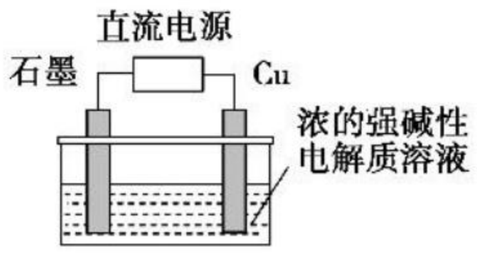
A. 电解稀硫酸溶液，实质上是电解水，故溶液 pH 不变

B. 电解稀氢氧化钠溶液，要消耗 OH^-，故溶液 pH 减小

C. 电解硫酸钠溶液，在阴极上和阳极上析出产物的物质的量之比为 1∶2

D. 电解氯化铜溶液，在阴极上和阳极上析出产物的物质的量之比为 1∶1

4. Cu_2O 可由电解制取，如图所示，电解总反应：$2Cu+H_2O \xlongequal{} Cu_2O+H_2\uparrow$。下列说法正确的是　（　）



A. 石墨电极上产生氢气

B. 铜电极发生还原反应

C. 铜电极接直流电源的负极

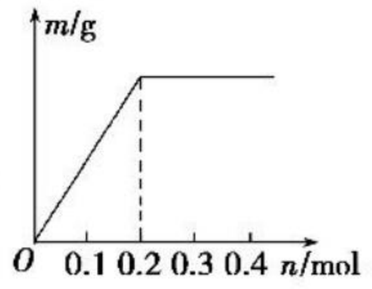
D. 该反应也可设计为原电池

5. 在水中加入等物质的量的 Ag^+、Na^+、Ba^{2+}、NO_3^-、Cl^-、SO_4^{2-}，用惰性电极进行电解，一段时间后，在两极上得到的氧化产物和还原产物的质量之比为　（　）

A. 8∶1　　B. 2∶27

C. 35.5∶108　　D. 108∶35.5

6. 用 Pt 电极电解含有 0.1 mol Cu^{2+} 和 0.1 mol X^{3+} 的溶液，阴极析出固体物质的质量 m(g)与电路中通过电子的物质的量 n(mol)的关系如图所示。则离子的氧化能力由大到小的排列正确的是　（　）



A. $Cu^{2+}>X^{3+}>H^+$　　B. $H^+>X^{3+}>Cu^{2+}$

C. $X^{3+}>H^+>Cu^{2+}$　　D. $Cu^{2+}>H^+>X^{3+}$

7. 从 NO_3^-、SO_4^{2-}、H^+、Cu^{2+}、Ba^{2+}、Ag^+、Cl^- 等离子中选出适当的离子组成电解质，采用惰性电极对其溶液进行电解。

(1)两极分别放出 H_2 和 O_2 时，电解质的化学式可能是_____。

(2)若阴极析出金属，阳极放出 O_2，电解质的化学式可能是_____。

(3)两极分别放出气体，且体积比为 1∶1，电解质的化学式可能是_____。

8. 某温度下，取一定质量的硫酸铜溶液，用石墨作电极进行电解，当阳极产生标准状况下气体 1.12 L 时，$CuSO_4$ 恰好被完全电解，得到密度为 1.2 g·cm^{-3} 的溶液 200 mL。请回答下列问题：

(1)阴极的电极反应式为_____；

总反应的离子方程式为_____。

(2)电解后所得溶液的 pH 为_____。

(3)若要使电解后所得溶液恢复至电解前的原状态，需要加入何种物质(只要求写出一种)，其化学式为_____，加入物质的质量为_____g。

第二课时　电解原理的应用

1. 掌握电解饱和食盐水的原理。(重点)
2. 了解电镀、金属精炼、电冶金等方面的应用。(重点)
3. 掌握电解的有关计算。

[晨背重点语句]

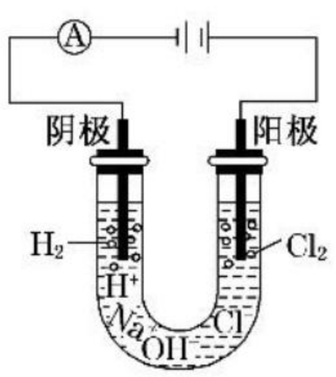
1. 电解饱和食盐水的化学方程式为 $2NaCl+2H_2O \xlongequal{电解} 2NaOH+H_2\uparrow+Cl_2\uparrow$。
2. 电镀时，待镀的金属制品作阴极，镀层金属作阳极，用含镀层金属离子的溶液作电镀液。
3. 电解精炼铜时，用纯铜作阴极，粗铜作阳极，用 $CuSO_4$ 溶液作电解液。
4. 电解熔融 Al_2O_3 制取铝，电解熔融 NaCl 制取钠，电解熔融 $MgCl_2$ 制取镁。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　电解饱和食盐水制烧碱、氯气和氢气

知识梳理

1. 装置



2. 电极反应

通电前，食盐溶液中含有的离子：[1]_____。通电时[2]_____移向阴极，[3]_____放电，[4]_____移向阳极，[5]_____放电。

阳极：[6]_____([7]_____反应)；

阴极：[8]_____([9]_____反应)。

3. 电解总反应

化学方程式：[10]_____；

离子方程式：[11]_____。

工业上习惯把电解饱和食盐水叫做[12]_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

[归纳总结]

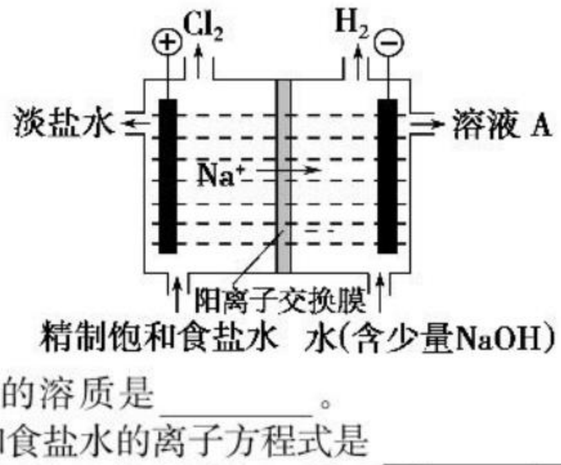
(1)电解饱和食盐水阴极区溶液呈碱性的原因

电解饱和食盐水过程中，因离子放电顺序为 $H^+ > Na^+$，所以 H^+ 在阴极上得电子而生成 H_2，破坏了水的电离平衡，促进了水的电离，使阴极区溶液中 $c(OH^-) > c(H^+)$，所以阴极区溶液呈碱性。

(2)氯碱工业上电解饱和食盐水通常以石墨作阳极，涂镍碳钢网作阴极。

对点训练

1. 工业上电解食盐水的阴极区产物是　　(　　)
   A. 氯气　　B. 氢气和氯气
   C. 氢气和氢氧化钠　　D. 氯气和氢氧化钠
2. 下列关于电解氯化钠水溶液(铁作阴极、石墨作阳极)的叙述正确的是　　(　　)
   A. 若在阴极附近的溶液中滴入酚酞溶液，溶液呈无色
   B. 若在阳极附近的溶液中滴入 KI 溶液，溶液呈黄褐色
   C. 电解时在阳极得到氯气，在阴极得到金属钠
   D. 电解一段时间后，将全部电解液转移到烧杯中，充分搅拌后溶液呈中性
3. 氯碱工业中电解饱和食盐水的原理示意图如图所示。



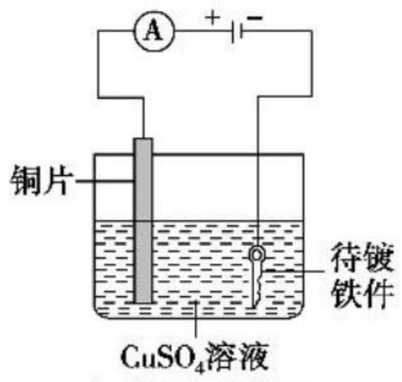
(1)溶液 A 的溶质是_____。
(2)电解饱和食盐水的离子方程式是_____。
(3)电解时用盐酸控制阳极区溶液的 pH 在 2～3。用化学平衡移动原理解释盐酸的作用_____。

知识点二　电镀　电解精炼铜及电冶金

知识梳理

1. 电镀

(1)根据如图，回答下列问题：



电镀铜实验装置

①电极反应式
阳极：13_____；
阴极：14_____。
②可观察到的现象是铁件表面镀上了15_____，铜片16_____。
③硫酸铜溶液浓度的变化是17_____。
(2)定义：应用电解原理，在某些金属表面镀上一薄层18_____或19_____的方法。
(3)电镀池的组成：待镀的金属制品作20_____极，镀层金属作21_____极，含有22_____的溶液作电解质溶液(即电镀液)。

2. 电解精炼铜

粗铜中比铜活泼的金属 Zn、Fe 等失去电子，产生的阳离子残留在溶液中；比铜不活泼的金属 Ag、Au 等以金属单质的形式沉积在电解槽的底部，形成28_____；粗铜中的铜在纯铜上析出。

3. 电冶金

(1)金属冶炼的本质：使矿石中的29_____获得电子，从它们的化合物中30_____出来。如 $M^{n+} + ne^- \xlongequal{} M$。
(2)电解法用于冶炼较活泼的金属如：K、Na、Mg、Al 等，但不能电解其盐溶液，应电解其熔融态。
(3)电解熔融的氯化钠可制取金属钠
阳极反应式：31_____；
阴极反应式：32_____；
总反应：33_____。

[归纳总结]

(1)电镀时，镀层金属作阳极，待镀金属作阴极，含镀层金属阳离子的溶液作电解液。电镀后，电解质溶液中的离子浓度保持不变。

(2)电解精炼铜时，电解液的浓度会减小，比需要精炼的金属活泼的杂质溶解，比需要精炼的金属不活泼的杂质会沉积(如精炼镍时 Cu 也会沉积)。

(3)①电解法制取钠、钾、镁、铝时不能电解含有这些金属阳离子的水溶液。

②工业上用电解熔融 $MgCl_2$ 而不是 MgO 的方法制 Mg(因为 MgO 熔点高，耗能大)，用电解熔融 Al_2O_3 而不是 $AlCl_3$ 的方法制 Al(因为 $AlCl_3$ 熔融状态不导电)。

对点训练

4. 在铁制品上镀一层一定厚度的锌层，以下方案设计正确的是　　(　　)
   A. 锌作阳极，镀件作阴极，溶液中含有锌离子
   B. 铂作阴极，镀件作阳极，溶液中含有锌离子
   C. 铁作阳极，镀件作阴极，溶液中含有亚铁离子
   D. 锌作阴极，镀件作阳极，溶液中含有亚铁离子
5. 利用电解法可将含有 Fe、Zn、Ag、Au 等杂质的粗铜提纯，下列叙述正确的是　　(　　)
   A. 电解时以纯铜作阳极
   B. 电解时阳极发生还原反应
   C. 纯铜连接电源负极，其电极反应式是 $Cu - 2e^- \xlongequal{} Cu^{2+}$
   D. 电解后，电解槽底部会形成含少量 Ag、Au 等金属的阳极泥
6. 下列金属：①Fe　②Na　③Ag　④Cu　⑤Ca　⑥Hg，只能采用电解法冶炼的是_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

知识点三　电解的有关计算

知识梳理

【例】 将两支惰性电极插入 $CuSO_4$ 溶液中，通电电解。

(1)当有 1.0×10^{-3} mol 的 OH^- 放电时，溶液显浅蓝色，则在阴极上析出铜的质量是_____。

(2)若溶液的体积为 1 L，忽略溶液体积变化，在标准状况下放出 5.6 mL O_2 时，溶液的 pH 是_____。

[归纳总结]

(1)得失电子守恒法计算：用于串联电路、通过阴阳两极的电量相同等类型的计算，其依据是电路上转移的电子数相等。

(2)总反应式计算：先写出电极反应式，再写出总反应式，最后根据总反应式列比例式计算。

(3)关系式计算：借得失电子守恒关系建立已知量与未知量之间的桥梁，建立计算所需的关系式。

对点训练

7. 把两支惰性电极插入 500 mL $AgNO_3$ 溶液中，通电电解。当电解液的 pH 从 6.0 变为 3.0 时(设电解时阴极没有氢气逸出，且电解液在电解前后体积变化可以忽略)，电极上应析出银的质量是 (　　)

A. 27 mg　　B. 54 mg

C. 108 mg　　D. 216 mg

8. 常温下用石墨作电极，电解 100 mL 0.1 mol·L^{-1} 的 $Cu(NO_3)_2$ 和 0.1 mol·L^{-1} 的 $AgNO_3$ 组成的混合溶液，当某一电极上生成的气体在标准状况下体积为 1.12 L 时，假设溶液体积不变，下列说法正确的是 (　　)

A. 阴极增重 1.4 g　　B. 所得溶液 pH<1

C. 阴极增重 0.64 g　　D. 所得溶液 pH>1

9. 用惰性电极电解 0.1 L $M(NO_3)_x$ 的水溶液，当阴极上增重 a g 时，在阳极上同时产生 b L(标准状况)O_2，从而可知 M 的相对原子质量是_____，溶液的 pH 是_____(均用含有 a、b、x 的代数式表示)。

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 下列描述中，不符合生产实际的是 (　　)

A. 电解熔融的氧化铝制取金属铝，用铁作阳极

B. 电解法精炼粗铜，用纯铜作阴极

C. 电解饱和食盐水制烧碱，用涂镍碳钢网作阴极

D. 在镀件上电镀锌，用锌作阳极

2. 关于镀铜和电解精炼铜，下列说法中正确的是 (　　)

A. 都用粗铜作阳极、纯铜作阴极

B. 电解液的成分都保持不变

C. 阳极反应都只有 $Cu-2e^-=\!=\!=Cu^{2+}$

D. 阴极反应都只有 $Cu^{2+}+2e^-=\!=\!=Cu$

3. 金属镍有广泛的用途，粗镍中含有少量的 Fe、Zn、Cu、Pt 等杂质，用电解法制备高纯度的镍，下列叙述中正确的是 (　　)

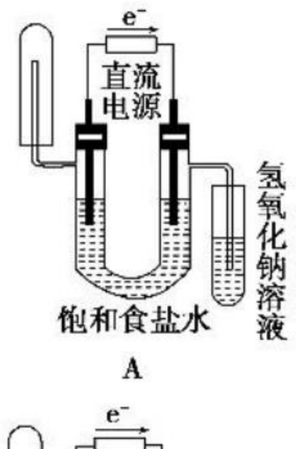
A. 阳极发生还原反应，其电极反应式为 $Ni^{2+}+2e^-=\!=\!=Ni$

B. 电解过程中，阳极减少的质量与阴极增加的质量相等

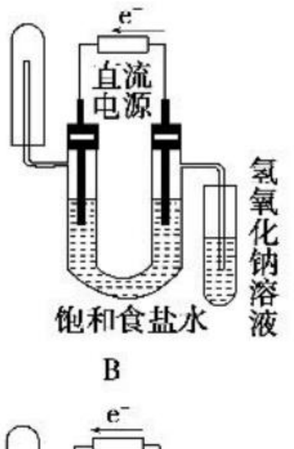
C. 电解后，溶液中存在的金属阳离子只有 Fe^{2+} 和 Zn^{2+}

D. 电解后，电解槽底部的阳极泥中只有 Cu 和 Pt

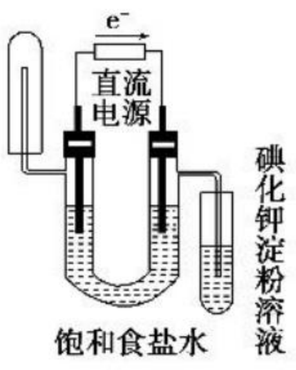
4. 如图中能验证氯化钠溶液(含酚酞)电解产物的装置是 (　　)



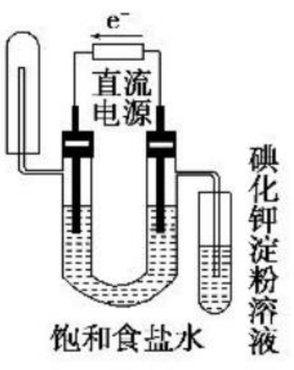
A



B

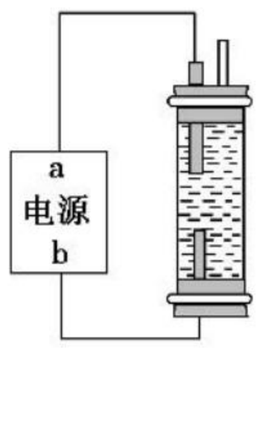


C



D

5. 某学生想制作一种家用环保型消毒液发生器，用石墨作电极电解饱和氯化钠溶液。通电时，为使 Cl_2 被完全吸收，制得有较强杀菌能力的消毒液，设计了如图的装置，则对电源电极名称和消毒液的主要成分判断正确的是 (　　)



A. a 为正极，b 为负极；NaClO 和 NaCl

B. a 为负极，b 为正极；NaClO 和 NaCl

C. a 为阳极，b 为阴极；HClO 和 NaCl

D. a 为阴极，b 为阳极；HClO 和 NaCl

6. 用惰性电极电解饱和食盐水，当电源提供 0.2 mol 电子时停止通电。若此溶液体积为 2 L，则所得电解液的 pH 是 (　　)

A. 1　　B. 8　　C. 13　　D. 14

7. 电解的应用比较广泛，回答下列问题：

(1)由下列物质冶炼相应金属时采用电解法的是_____(填字母，下同)。

a. Fe_2O_3　　b. NaCl

c. Cu_2S　　d. Al_2O_3

(2)用 $CuSO_4$ 溶液为电解质溶液进行粗铜(含 Al、Zn、Ag、Pt、Au 等杂质)的电解精炼，下列说法正确的是_____。

a. 电能全部转化为化学能

b. 粗铜接电源正极，发生氧化反应

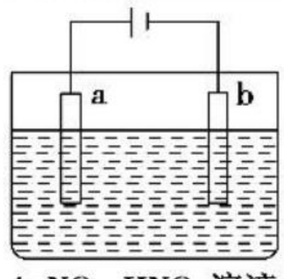
c. 溶液中 Cu^{2+} 向阳极移动

d. 利用阳极泥可回收 Ag、Pt、Au 等金属

e. 若阳极质量减少 64 g，则转移电子数为 $2N_A$ 个

f. SO_4^{2-} 的物质的量浓度不变(不考虑溶液体积变化)

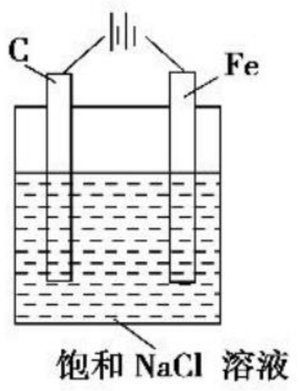
(3)如图为电解精炼银的示意图，_____(填“a”或“b”)极为含有杂质的粗银，若 b 极有少量红棕色气体生成，则生成该气体的电极反应式为_____。



$AgNO_3$-HNO_3 溶液

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

8. 对某滴有酚酞的饱和 NaCl 溶液在如图装置中进行电解，回答下列问题：



(1)C 极现象为_____，Fe 极(含其周围的溶液)现象为_____。

(2)若电解一段时间以后，将电源反接，C 极电极反应式为_____，溶液中可以观察到的现象是_____，再向该溶液中通入 O_2，又会观察到的现象是_____。

层级二　应试提能练

1. (**2019·青岛市黄岛区高二检测**)用铂电极电解相同浓度的盐酸和硫酸，电解一段时间后，下列说法可能正确的是(　　)

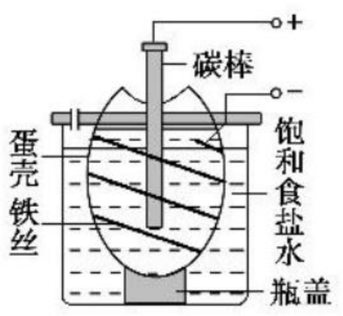
A. 盐酸和硫酸的浓度都增大

B. 盐酸和硫酸的浓度都减小

C. 盐酸的浓度减小，硫酸的浓度增大

D. 盐酸的浓度增大，硫酸的浓度减小

2. 如图为电解饱和食盐水的简单装置，下列有关说法正确的是(　　)



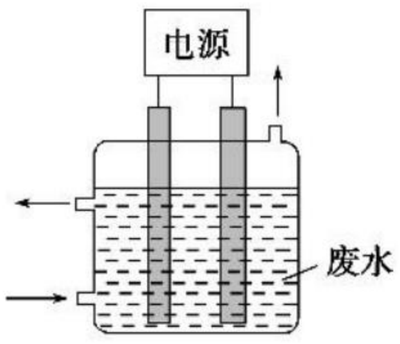
A. 电解一段时间后，向蛋壳内的溶液中滴加几滴酚酞，呈红色

B. 蛋壳表面缠绕的铁丝上发生氧化反应

C. 铁丝表面生成的气体能使湿润的淀粉碘化钾试纸变蓝

D. 蛋壳可阻止生成的氯气与氢气、氢氧化钠溶液接触

3. 用如图所示装置除去含 CN^-、Cl^- 废水中的 CN^- 时，控制溶液 pH 为 9～10，阳极产生的 ClO^- 将 CN^- 氧化为两种无污染的气体，下列说法不正确的是(　　)



A. 用石墨作阳极，铁作阴极

B. 阳极的电极反应式为 $Cl^- + 2OH^- - 2e^- = ClO^- + H_2O$

C. 阴极的电极反应式为 $2H_2O + 2e^- = H_2\uparrow + 2OH^-$

D. 除去 CN^- 的反应：$2CN^- + 5ClO^- + 2H^+ = N_2\uparrow + 2CO_2\uparrow + 5Cl^- + H_2O$

4. 电解法处理酸性含铬废水(主要含有 $Cr_2O_7^{2-}$)时，以铁板作阴、阳极，处理过程中存在反应 $Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ = 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$，最后 Cr^{3+} 以 $Cr(OH)_3$ 形式除去。下列说法不正确的是(　　)

A. 阳极反应为 $Fe - 2e^- = Fe^{2+}$

B. 电解过程中溶液 pH 不会变化

C. 过程中有 $Fe(OH)_3$ 沉淀生成

D. 电路中每转移 12 mol 电子，最多有 1 mol $Cr_2O_7^{2-}$ 被还原

5. 三氧化二镍(Ni_2O_3)可用于制造高能电池，其电解法制备过程如下：用 NaOH 调 $NiCl_2$ 溶液 pH 至 7.5，加入适量硫酸钠后进行电解。电解过程中产生的 Cl_2 在弱碱性条件下生成 ClO^-，把二价镍氧化为三价镍。以下说法不正确的是(　　)

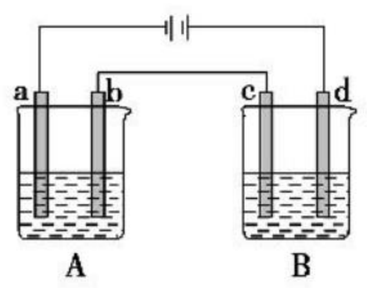
A. 可用铁作阳极材料

B. 电解过程中阴极附近溶液的 pH 升高

C. 阳极方程式为 $2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$

D. 1 mol 二价镍全部转化为三价镍时，外电路中通过了 1 mol 电子

6. 如图所示的 A、B 两个电解池中的电极均为铂，在 A 池中加入 0.05 mol·L^{-1} 的 $CuCl_2$ 溶液，B 池中加入0.1 mol·L^{-1}的 $AgNO_3$ 溶液，进行电解。a、b、c、d 四个电极上所析出的物质的物质的量之比是(　　)

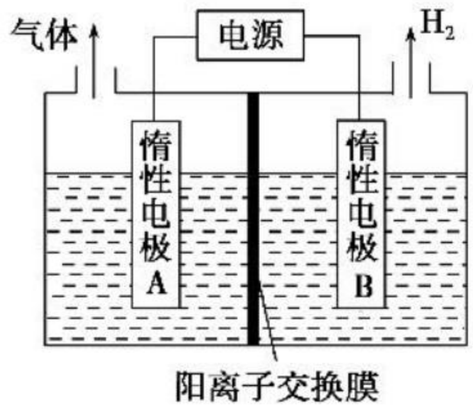


A. 2∶2∶4∶1　　B. 1∶1∶2∶1

C. 2∶1∶1∶1　　D. 2∶1∶2∶1

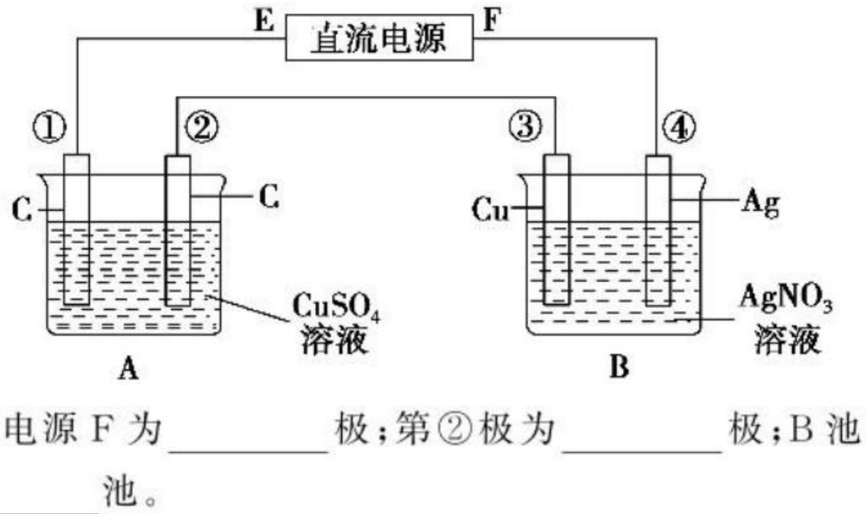
7. (1)以铝材为阳极，在 H_2SO_4 溶液中电解，铝材表面形成氧化膜，阳极电极反应式为_____；取少量废电解液，加入 $NaHCO_3$ 溶液后产生气泡和白色沉淀，产生沉淀的原因为_____。

(2)利用如图装置电解制备 LiOH，两电极区电解液分别为 LiOH 和 LiCl 溶液。



B 极区电解液为_____(填化学式)溶液，阳极电极反应式为_____，电解过程中 Li^+ 向_____(填“A”或“B”)电极迁移。

8. 如图所示，通电 5 min 后，第③极增重 2.16 g，此时 $CuSO_4$ 恰好电解完。设 A 池中原混合溶液的体积为 200 mL。



(1)电源 F 为_____极；第②极为_____极；B 池为_____池。

(2)A 池中第②极上的电极反应式为_____。

(3)通电前 A 池中原混合溶液 Cu^{2+} 的浓度为_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第三课时　《电解原理及其应用》习题课

题组一　电解池及电解原理

1. 下列有关电解池的说法正确的是　　(　　)

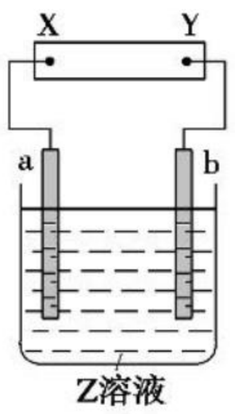
A. 在电解池中与外接电源负极相连的电极是阳极

B. 无论电解何种物质，阳极上失电子数都与阴极上得电子数相等

C. 电解氯化铜溶液时，在阴极上有气体生成

D. 电解 $NaCl$、$CuCl_2$ 两种溶液，参加反应的物质是相同的

2. 如图所示，X、Y 分别是直流电源的两极，通电后发现 a 极板质量增加，b 极板处有无色、无味气体放出。符合这一情况的是附表中的　　(　　)



	a 极板	b 极板	X 电极	Z 溶液
A	锌	石墨	负极	$CuSO_4$
B	石墨	石墨	负极	NaOH
C	银	铁	正极	$AgNO_3$
D	铜	石墨	负极	$CuCl_2$

3. 在 25 ℃时，将 2 个铜电极插入到一定的 Na_2SO_4 饱和溶液中，通直流电电解并不断搅拌，当阴极上收集到 a mol 气体时，溶液中析出了 b mol 的结晶水合物 $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$，若保持温度不变，则所剩溶液中溶质的质量分数是　　(　　)

A. $\frac{b}{b+18a}$　　B. $\frac{b}{b+36a}$

C. $\frac{71b}{161b+18a}$　　D. $\frac{71b}{161b+9a}$

4. 下列各组中，每种电解质溶液用惰性电极电解时只生成氢气和氧气的是　　(　　)

A. HCl、$CuCl_2$、$Ba(OH)_2$

B. NaOH、$CuSO_4$、H_2SO_4

C. NaOH、H_2SO_4、$Ba(OH)_2$

D. NaBr、H_2SO_4、$Ba(OH)_2$

题组二　电解原理的应用

5. 下列关于电化学知识的说法正确的是　　(　　)

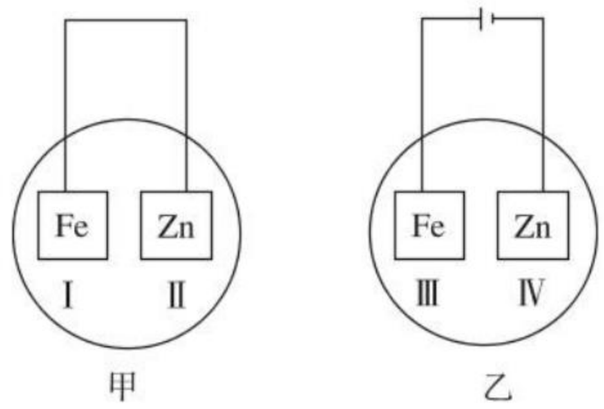
A. 电解饱和食盐水在阳极得到氯气，阴极得到金属钠

B. 电解精炼铜时，阳极质量的减少不一定等于阴极质量的增加

C. 电解 $AlCl_3$、$FeCl_3$、$CuCl_2$ 的混合溶液，在阴极上依次析出 Al、Fe、Cu

D. 电解 $CuSO_4$ 溶液一段时间后(Cu^{2+} 未反应完)，加入适量 $Cu(OH)_2$ 可以使溶液恢复至原状态

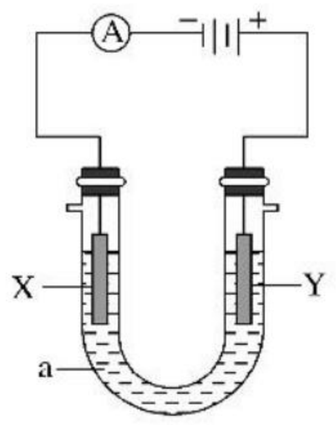
6. (**2019 · 滨海高二检测**)将 Fe 片和 Zn 片放在盛有 NaCl 溶液(其中滴入酚酞)的表面皿中，如图所示，最先观察到变红的区域是　　(　　)



A. Ⅰ和Ⅲ　　B. Ⅰ和Ⅳ

C. Ⅱ和Ⅲ　　D. Ⅱ和Ⅳ

7. 电解原理在化学工业中有广泛应用。如图表示一个电解池，装有电解液 a；X、Y 是两块电极板，通过导线与直流电源相连。请回答以下问题：



(1)若 X、Y 都是惰性电极，a 是饱和 NaCl 溶液，实验开始时，同时在两边各滴入几滴酚酞试液，则：

①电解池中 X 极上的电极反应式是 _____。

②Y 电极上的电极反应式 _____，检验该电极反应产物的方法是 _____。

③该反应的总反应方程式是 _____。

(2)如果用电解方法精炼粗铜，电解液 a 选用 $CuSO_4$ 溶液，则：

①X 电极的材料是 _____，电极反应式为 _____。

②Y 电极的材料是 _____，主要的电极反应式为 _____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

题组三　电解计算

8. 有三个烧杯，分别盛有氯化铜、氯化钾和硝酸银三种溶液，均以 Pt 作电极，将它们串联在一起电解一定时间，测得电极增重总和 2.8 g，这时产生的有色气体与无色气体的物质的量之比为（　　）

A. 4∶1　　B. 1∶1

C. 4∶3　　D. 3∶4

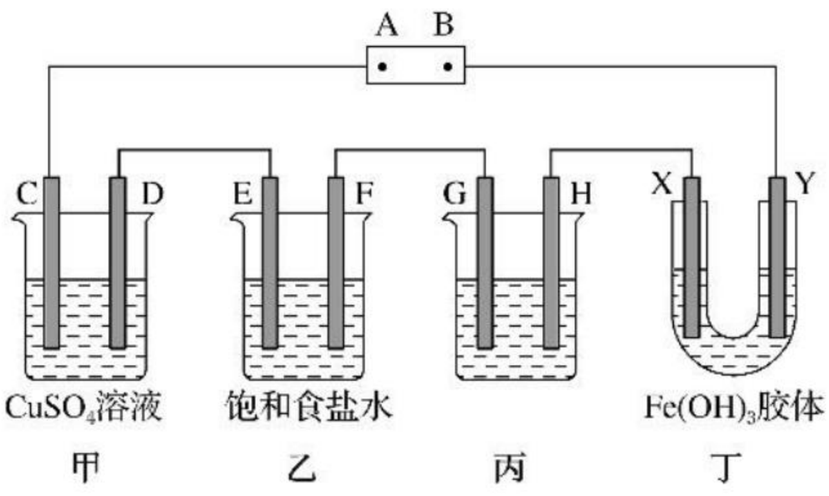
9. 甲、乙两个电解池均以铂为电极，且互相串联，甲池中盛有 $AgNO_3$ 溶液，乙池中盛有一定量的某盐溶液，通电一段时间后，测得甲池电极的质量增加 2.16 g，乙池电极上析出 0.24 g 金属，则乙池中的溶质可能是（　　）

A. $CuSO_4$　　B. $MgSO_4$

C. $Al(NO_3)_3$　　D. Na_2SO_4

题组四　多池电解

10. 某研究性学习小组将下列装置如图连接，C、D、E、F、X、Y 都是惰性电极。将电源接通后，向乙中滴入酚酞试液，在 F 极附近显红色。试回答下列问题：



(1)电源 A 极的名称是_____。

(2)甲装置中电解反应的总化学方程式：_____

_____。

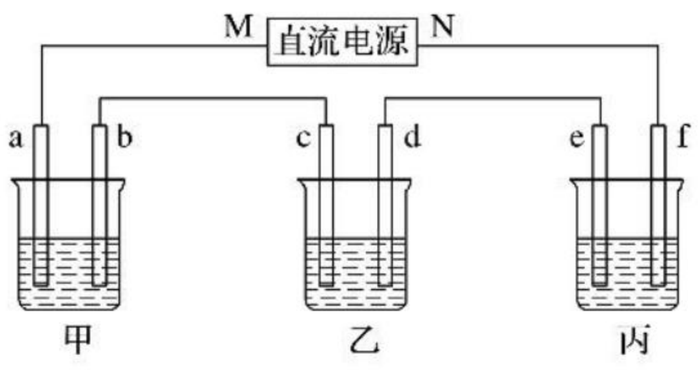
(3)如果收集乙装置中产生的气体，两种气体的体积比是_____。

(4)欲用丙装置给铜镀银，G 应该是_____（填“铜”或“银”），电镀液的主要成分是_____（填化学式）。

(5)装置丁中的现象是_____

_____。

11. 如图所示装置中，甲、乙、丙三个烧杯依次分别盛放 100 g 5.00% 的 NaOH 溶液、足量的 $CuSO_4$ 溶液和 100 g 10.00% 的 K_2SO_4 溶液，电极均为石墨电极。



接通电源，经过一段时间后，测得丙中 K_2SO_4 的质量分数为 10.47%，乙中 c 电极质量增加。据此回答问题：

(1)电源的 N 端为_____极。

(2)电极 b 上发生的电极反应式为_____

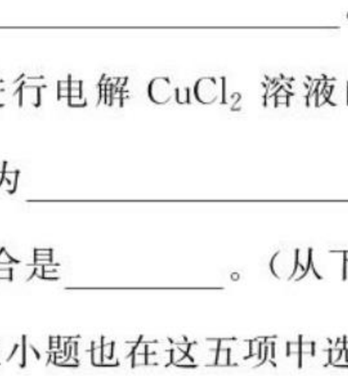
_____。

(3)列式计算电极 b 上生成的气体在标准状况下的体积：_____

_____。

(4)电极 c 的质量变化是_____g。

12. 某课外活动小组准备用如图所示的装置进行实验。现有甲、乙、丙三位同学分别选择了如下电极材料和电解质溶液：



	A 电极	B 电极	X 溶液
甲	Cu	Zn	H_2SO_4
乙	Pt	Pt	$CuCl_2$
丙	Fe	Cu	?

(1)甲同学在实验中将电键 K_5 闭合，Zn 电极上的电极反应式为_____。

(2)乙同学准备进行电解 $CuCl_2$ 溶液的实验，则电解时的总反应方程式为_____；实验时应闭合的电键组合是_____。（从下列五项中选择所有可能组合，第三小题也在这五项中选择）

A. K_1 和 K_2　　B. K_1 和 K_3

C. K_1 和 K_4　　D. K_2 和 K_3

E. K_2 和 K_4

(3)丙同学准备在 Fe 上镀 Cu，选择了某种盐来配制电镀液，则该盐的化学式为_____，实验时，应闭合的电键组合是_____（选项如上）。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

第四节　金属的电化学腐蚀与防护

1. 认识金属腐蚀的危害。
2. 了解金属电化学腐蚀的原因及反应原理。
3. 了解金属腐蚀的防护方法。

[晨背重点语句]

1. 钢铁在酸性环境中主要发生析氢腐蚀，放出氢气。
2. 钢铁在中性或弱酸性环境中主要发生吸氧腐蚀，最终生成铁锈。
3. 钢铁吸氧腐蚀的正极发生的电极反应：$2H_2O+O_2+4e^-$ ═══ $4OH^-$。
4. 金属电化学防护的方法有牺牲阳极的阴极保护法和外加电流的阴极保护法。

1 知识梳理·对点练 ZHISHISHULIDUIDIANLIAN——精梳细理点对点、练基础

知识点一　金属的腐蚀

知识梳理

1. 金属腐蚀

(1)概念：金属与周围的气体或液体物质发生氧化还原反应而引起损耗的现象。

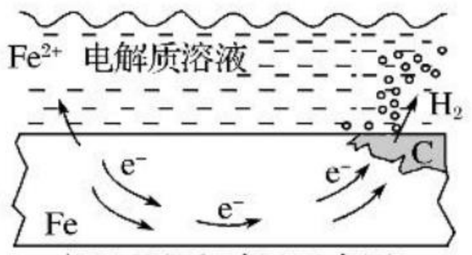
(2)根据与金属接触的气体或液体物质不同，金属腐蚀可分为两类

①化学腐蚀：金属与接触到的[1]_____气体(如 O_2、Cl_2、SO_2 等)或[2]_____液体(如石油)等直接发生化学反应而引起的腐蚀。腐蚀的速度随温度升高而[3]_____。

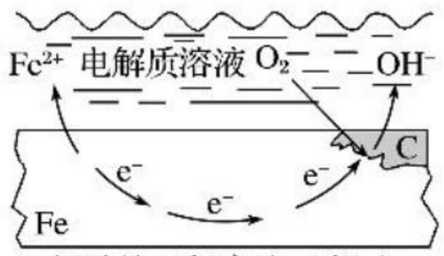
②电化学腐蚀：[4]_____的金属跟[5]_____溶液接触时，会发生[6]_____反应，比较[7]_____的金属[8]_____电子而被氧化。

2. 钢铁的电化学腐蚀

根据钢铁表面水溶液薄膜的酸碱性不同，钢铁的电化学腐蚀分为析氢腐蚀和吸氧腐蚀，如图所示：



钢铁的析氢腐蚀示意图



钢铁的吸氧腐蚀示意图

(1)钢铁的析氢腐蚀：当钢铁表面的电解质溶液[9]_____较强时，腐蚀过程中有[10]_____放出。Fe 是负极，C 是正极。发生的电极反应式及总反应式为

负极：[11]_____；

正极：[12]_____；

总反应：[13]_____。

(2)钢铁的吸氧腐蚀：当钢铁表面的电解质溶液呈[14]_____或呈[15]_____并溶有一定量的 O_2 时，将会发生吸氧腐蚀。发生的电极反应式及总反应式为

负极：[16]_____；

正极：[17]_____；

总反应：[18]_____。

铁锈($Fe_2O_3\cdot xH_2O$)的形成：[19]_____。

[归纳总结]

1. 金属腐蚀的本质：金属原子失去电子变为金属阳离子，金属发生氧化反应。

2. 金属腐蚀的类型

(1)化学腐蚀与电化学腐蚀

类型	化学腐蚀	电化学腐蚀
条件	金属跟非金属单质直接接触	不纯金属或合金跟电解质溶液接触
现象	无电流产生	有微弱电流产生
本质	金属被氧化	较活泼金属被氧化
联系	两者往往同时发生，电化学腐蚀更普遍	

(2)析氢腐蚀与吸氧腐蚀

类型		析氢腐蚀	吸氧腐蚀
条件		水膜酸性较强(pH≤4.3)	水膜酸性很弱或呈中性
电极反应	负极	$Fe-2e^-$ ═══ Fe^{2+}	
	正极	$2H^++2e^-$ ═══ $H_2\uparrow$	$O_2+2H_2O+4e^-$ ═══ $4OH^-$
总反应式		$Fe+2H^+$ ═══ $Fe^{2+}+H_2\uparrow$	$2Fe+O_2+2H_2O$ ═══ $2Fe(OH)_2$
联系		吸氧腐蚀更普遍	

[提示] (1)金属活动顺序表中氢之后的金属不能发生析氢腐蚀，只能发生吸氧腐蚀。

(2)金属活动顺序表中氢之前、镁之后金属的电化学腐蚀与钢铁的电化学腐蚀相似。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

对点训练

1. 下列有关金属腐蚀的说法中正确的是　　(　　)
   A. 金属腐蚀指不纯金属与接触到的电解质溶液进行化学反应而损耗的过程
   B. 电化学腐蚀指在外加电流的作用下不纯金属发生化学反应而损耗的过程
   C. 钢铁腐蚀最普遍的是吸氧腐蚀，负极吸收氧气，产物最终转化为铁锈
   D. 金属的电化学腐蚀和化学腐蚀本质相同，但电化学腐蚀伴有电流产生

2. (**2018·安徽皖北高二联考**)下列关于金属腐蚀的说法正确的是　　(　　)
   A. 金属在潮湿的空气中腐蚀的实质是：$M+nH_2O=\!=\!=M(OH)_n+\frac{n}{2}H_2\uparrow$
   B. 金属的化学腐蚀的实质是：$M-ne^-=\!=\!=M^{n+}$，电子直接转移给还原剂
   C. 金属的化学腐蚀必须在酸性条件下进行
   D. 在潮湿的中性环境中金属的电化学腐蚀主要是吸氧腐蚀

3. 如图装置中，小试管内为红墨水，具支试管内盛有 pH=4 的雨水和生铁片。观察到：开始导管内液面下降，一段时间后导管内液面回升，略高于小试管液面。以下有关解释合理的是　　(　　)



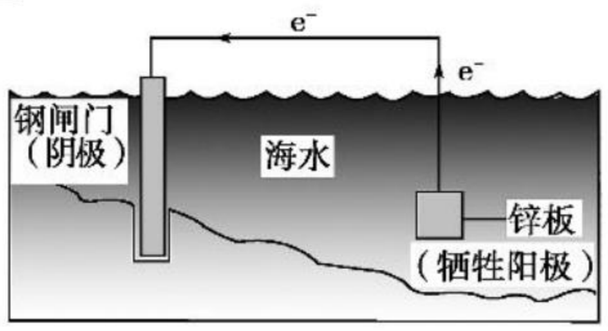
   A. 生铁片中的碳是原电池的负极，发生还原反应
   B. 雨水酸性较强，生铁片仅发生析氢腐蚀
   C. 墨水回升时，碳极反应式为 $O_2+2H_2O+4e^-=\!=\!=4OH^-$
   D. 具支试管中溶液 pH 逐渐减小

知识点二　金属的防护方法

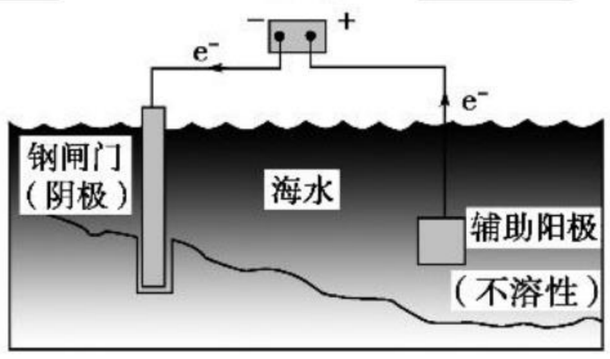
知识梳理

1. 金属的电化学防护

(1)牺牲阳极的阴极保护法：应用[20]_____原理，让被保护金属作[21]_____极，一种活泼性较强的金属作[22]_____极，用导线相连。



(2)外加电流的阴极保护法：利用[23]_____原理，把被保护的钢铁设备作为[24]_____极，用惰性电极作为辅助[25]_____极。两电极接外加[26]_____电源。



2. 金属的其他保护方法

(1)改变金属的内部结构，使金属性质改变，增强其本身的抗腐蚀能力，成为耐腐蚀金属。

(2)使金属与化学物质相互隔离，在金属表面覆盖油漆、镀层金属、氧化膜等保护层。

[归纳总结]

判断金属腐蚀快慢的方法

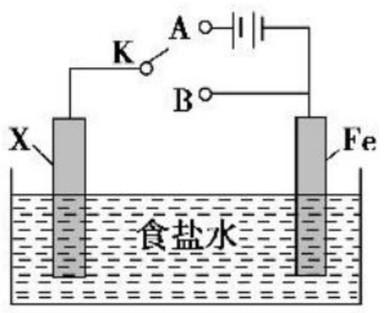
(1)同一金属在相同电解质溶液中，金属腐蚀的快慢是电解池的阳极＞原电池的负极＞化学腐蚀＞原电池的正极＞电解池的阴极。

(2)同一金属在相同电解质溶液中，电解质浓度越大，腐蚀越快。

(3)同一金属在不同电解质溶液中，金属腐蚀的快慢是强电解质溶液＞弱电解质溶液＞非电解质溶液。

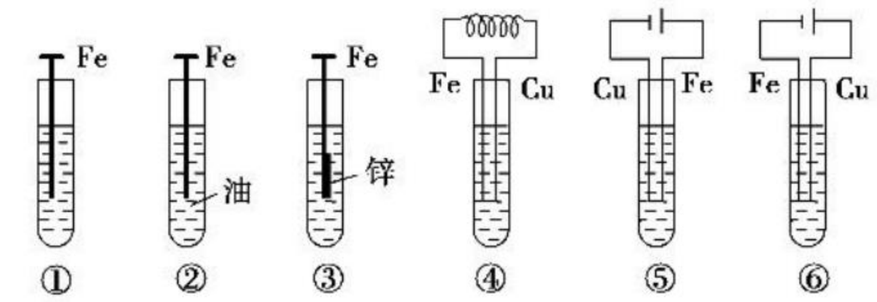
对点训练

4. 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，为牺牲阳极的阴极保护法
   D. 若 X 为碳棒，开关 K 置于 B 处时，铁电极上发生的反应为 $2H^++2e^-=\!=\!=H_2\uparrow$

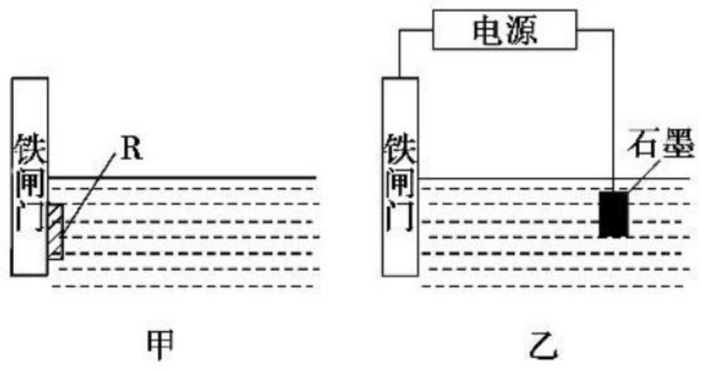
5. 如图中，铁腐蚀由快到慢的顺序为(电解质溶液为水)_____。



6. 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。

(1)钢铁腐蚀主要是吸氧腐蚀，该腐蚀过程中的电极反应式为_____。

(2)为了降低某水库的铁闸门被腐蚀的速率，可以采用如图甲所示的方案，其中焊接在铁闸门上的固体材料 R 可以采用_____。



A. 铜　　B. 钠　　C. 锌　　D. 石墨

(3)如图乙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。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2 课后提能·层级练 KEHOUTINENGCENG_JILIAN ——层级训练提能力、练知能

层级一　基础达标练

1. 钢铁发生吸氧腐蚀时，正极上发生的电极反应是　（　　）

A. $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$

B. $Fe^{2+} + 2e^- = Fe$

C. $2H_2O + O_2 + 4e^- = 4OH^-$

D. $Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$

2. 下列金属防腐的措施中，使用外加电流的阴极保护法的是　（　　）

A. 水中的钢闸门连接电源的负极

B. 金属护栏表面涂漆

C. 汽车底盘喷涂高分子膜

D. 地下钢管连接镁块

3. 下列有关金属的保护方法的说法中正确的是　（　　）

A. 常使用的快餐杯表面有一层搪瓷，若搪瓷层破损后仍能起到防止铁生锈的作用

B. 白铁(镀锌铁)镀层破损后，铁皮的腐蚀速率很慢

C. 轮船的船壳水线以下常装有一些锌块，这是利用了牺牲阴极的阳极保护法

D. 钢铁制造的暖气管道外常涂有一层沥青，这是钢铁的电化学保护法

4. 以下现象与电化学腐蚀无关的是　（　　）

A. 镀锡铁器比镀锌铁器表面破损时更易被腐蚀

B. 纯铁不容易生锈

C. 镶有相邻的银牙和金牙容易引起头痛

D. 输送氯气的钢管易被氯气腐蚀

5. 下列与金属腐蚀有关的说法，正确的是　（　　）

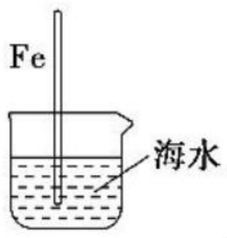


图1

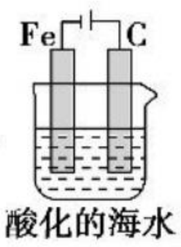


图2



图3

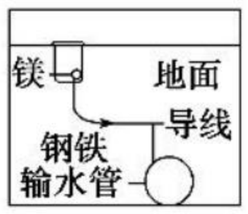


图4

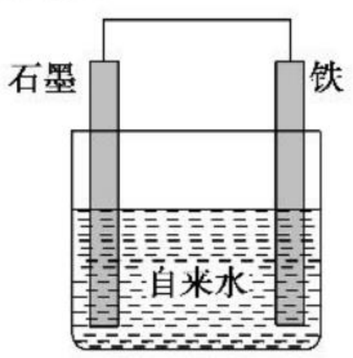
A. 图 1 中，插入海水中的铁棒，越靠近底端腐蚀越严重

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正极

6. 为探究钢铁的吸氧腐蚀原理设计了如图所示的装置，下列有关说法中错误的是　（　　）



A. 正极的电极反应方程式为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$

B. 将石墨电极改成 Mg 电极，难以观察到铁锈生成

C. 若向自来水中加入少量 NaCl(s)，可较快地看到铁锈

D. 分别向铁、石墨电极附近吹入 O_2，前者铁锈出现得快

7. 潜艇的金属外壳浸在海水中，在海水和空气的作用下会被腐蚀。

(1)若海水呈中性，一艘钢制外壳的潜艇在海水中发生腐蚀的电极反应式为：

正极：_____，

负极：_____。

(2)为有效地保护潜艇，下列措施中最好的是_____。

A. 采用纯铁制造潜艇外壳

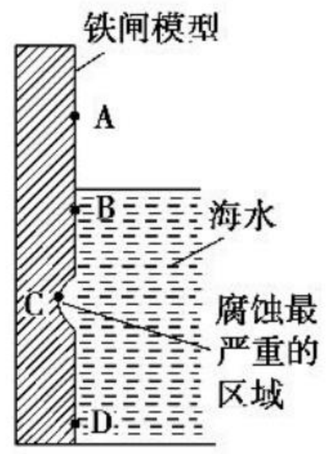
B. 采用耐腐蚀的合金制造潜艇外壳

C. 在潜艇外壳上涂一层油

D. 在潜艇外壳上装一定数量的锌块

8. 回答下列问题：

(1)如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。

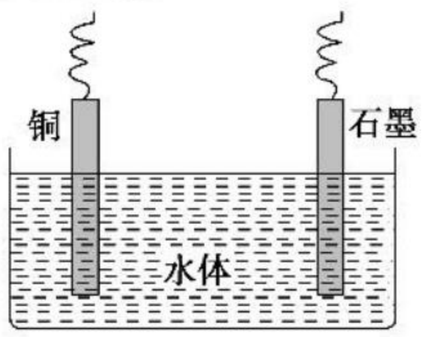


①该电化学腐蚀称为_____。

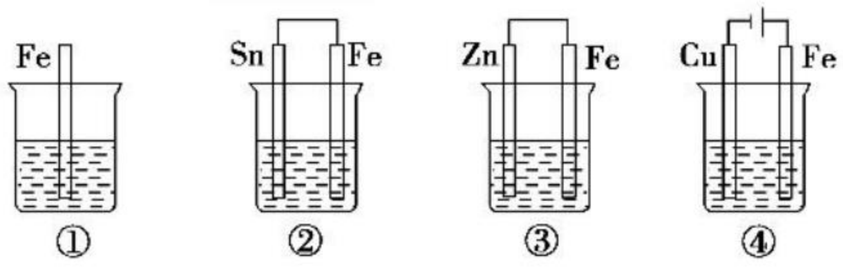
②图中 A、B、C、D 四个区域，生成铁锈最多的是_____(填字母)。

③以锌为负极，采用牺牲阳极的阴极保护法防止铁闸的腐蚀，图中锌块的固定位置最好应在_____处(填字母)。

(2)石墨可用于自然水体中铜件的电化学防腐，完成如图防腐示意图，并作相应标注：



(3)如图所示的各容器中盛有海水，铁在其中被腐蚀时由快到慢的顺序是_____。



层级二　应试提能练

1. 下列说法中正确的是　（　　）

①镀层破损后，白铁(镀锌的铁)比马口铁(镀锡的铁)更易被腐蚀

②钢铁表面常易锈蚀生成 $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$

③锌和铁构成原电池时，铁作负极

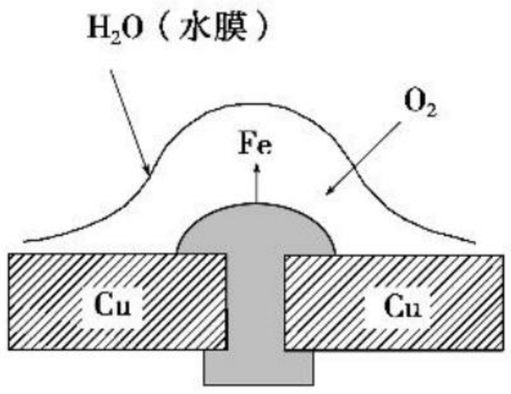
④铅蓄电池中铅作负极，PbO_2 作正极，两极浸到稀 H_2SO_4 中

A. 只有②④　　B. 只有①③

C. ①②③　　D. ①②③④

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

2. 铜板上铁铆钉处的吸氧腐蚀原理如图所示，下列有关说法不正确的是（　　）



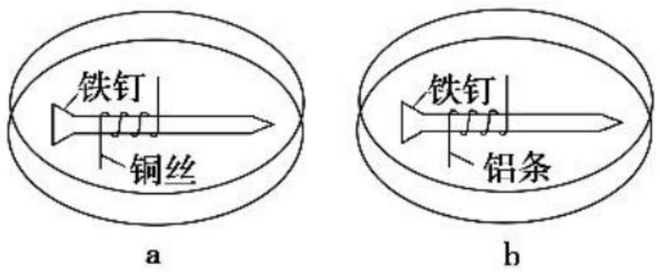
A. 正极的电极反应式为 $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$

B. 此过程中还涉及反应：$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$

C. 此过程中铜并不被腐蚀

D. 此过程中电子从 Fe 移向 Cu

3. 如图所示，将紧紧缠绕不同金属的铁钉放入培养皿中，再加入含有适量酚酞和 NaCl 的琼脂热溶液，冷却后形成琼胶（离子在琼胶内可以移动）。下列叙述正确的是（　　）



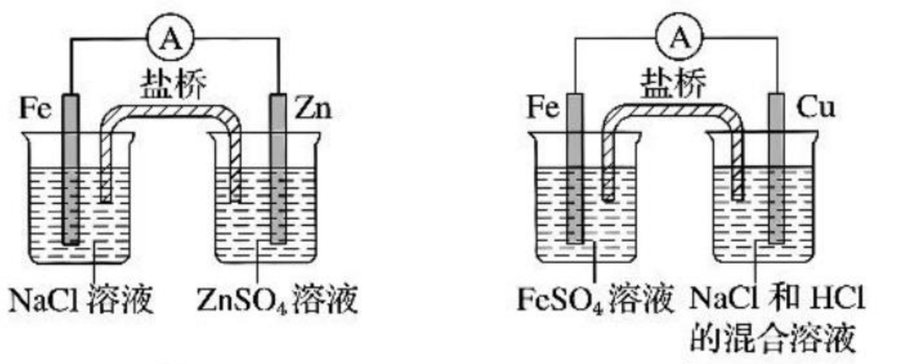
A. a 中铁钉附近呈现红色

B. b 中铁钉上发生还原反应

C. a 中铜丝上发生氧化反应

D. b 中铝条附近有气泡产生

4. 根据图示判断，下列说法正确的是（　　）



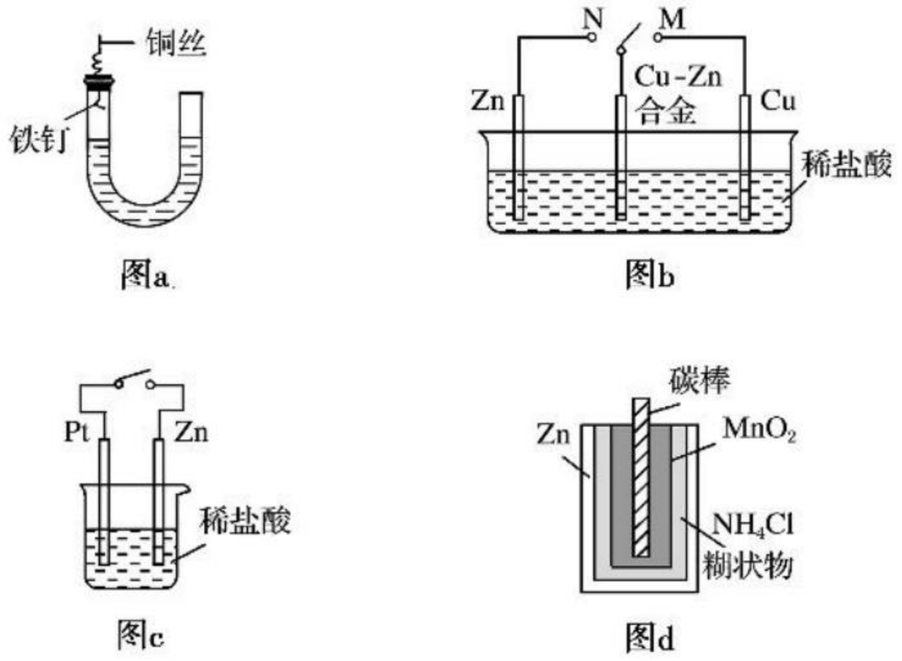
A. 装置Ⅰ和装置Ⅱ中负极反应均是 $Fe - 2e^- = Fe^{2+}$

B. 装置Ⅰ和装置Ⅱ中正极反应均是 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$

C. 装置Ⅰ和装置Ⅱ中盐桥中的阳离子均向右侧烧杯移动

D. 放电过程中，装置Ⅰ左侧烧杯和装置Ⅱ右侧烧杯中溶液的 pH 均增大

5. 下列与金属腐蚀有关的说法正确的是（　　）



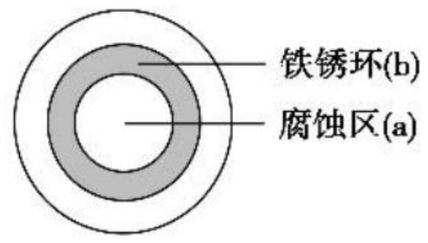
A. 图 a 中，铁钉易被腐蚀

B. 图 b 中，开关由 M 改置于 N 时，Cu-Zn 合金的腐蚀速率减小

C. 图 c 中，接通开关时 Zn 腐蚀速率增大，Zn 上放出气体的速率也增大

D. 图 d 中，$Zn\text{-}MnO_2$ 干电池自放电腐蚀主要是由 MnO_2 的氧化作用引起的

6. 将 NaCl 溶液滴在一块光亮清洁的铁板表面上，一段时间后发现液滴覆盖的圆圈中心区(a)已被腐蚀而变暗，在液滴外沿形成棕色铁锈环(b)，如图所示。导致该现象的主要原因是液滴之下氧气含量比边缘处少。下列说法正确的是（　　）



A. 液滴中的 Cl^- 由 a 区向 b 区迁移

B. 液滴边缘是正极区，发生的电极反应式为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$

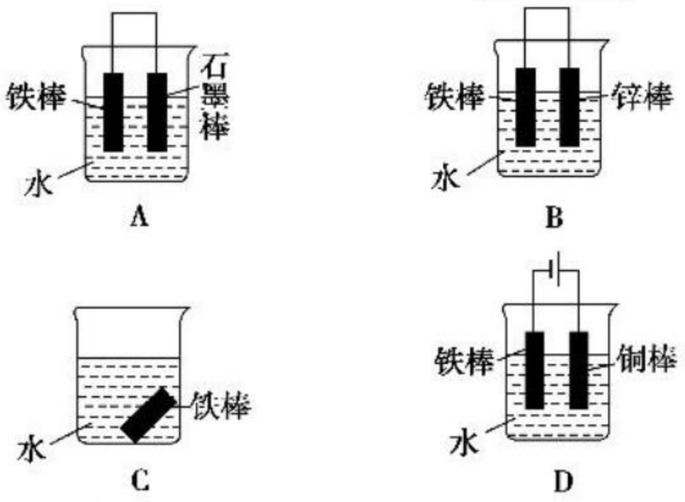
C. 液滴下的 Fe 因发生还原反应而被腐蚀，生成的 Fe^{2+} 由 a 区向 b 区迁移，与 b 区的 OH^- 形成 $Fe(OH)_2$，进一步氧化、脱水形成铁锈

D. 若改用嵌有一铜螺丝钉的铁板，在铜铁接触处滴加 NaCl 溶液，则负极发生的电极反应式为 $Cu - 2e^- = Cu^{2+}$

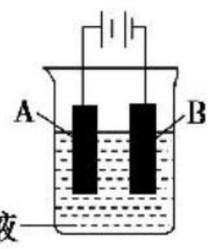
7. 钢铁工业是国家工业的基础。请回答钢铁腐蚀、防护过程中的有关问题。

(1)生产中可用盐酸来除铁锈，现将一生锈的铁片放入盐酸中，当铁锈被除尽后，发生的化合反应的化学方程式为_____。

(2)下列哪个装置可防止铁棒被腐蚀_____。



(3)在实际生产中，可在铁件的表面镀铜防止铁被腐蚀。装置如图所示：



请回答：

①A 电极对应的金属是_____（写元素符号），B 电极的电极反应是_____。

②若电镀前铁、铜两片金属质量相同，电镀完成后将它们取出洗净、烘干、称量，二者质量差为 5.12 g，则电镀时电路中通过的电子为_____ mol。

③镀层破损后，镀铜铁比镀锌铁更容易被腐蚀，请简要说明原因_____。

8. 如图所示是某研究性学习小组探究金属腐蚀条件的实验装置图，试分析实验并回答下列问题：



(1)若起始时甲、乙、丙三套装置的导管中液面高度相同，过一段时间后液面最高的是_____。铁粉腐蚀的速率由大到小的排列顺序为(用甲、乙、丙填写)_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

(2)通过甲、乙装置的对比说明钢铁中碳的含量越_____(填“高”或“低”)越易腐蚀。

(3)乙装置中发生电化学腐蚀时正极的电极反应式为_____。

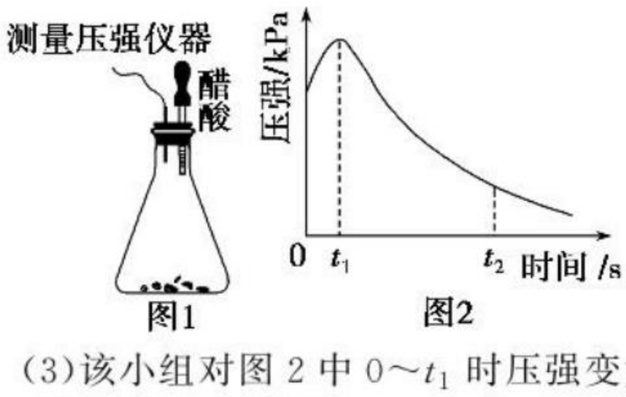
(4)针对乙、丙装置研究的结果分析,可采用何种防护措施来减缓金属的腐蚀:_____(写出一点即可)。

9. 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炭粉置于锥形瓶底部,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。

(1)请完成以下实验设计表(表中不要留空格):

编号	实验目的	炭粉/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,炭粉表面发生了_____(填“氧化”或“还原”)反应,其电极反应式是_____。



(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:_____。

章末复习　第四章　电化学基础

一、新型化学电源的考查角度及解题策略

1. 新型电池“放电”时正极、负极的判断

解题策略:在 Zn-Cu 原电池中,较活泼的金属材料作负极,较不活泼的金属材料或非金属材料作正极。负极:$Zn-2e^-=\!=\!=Zn^{2+}$;正极:$2H^++2e^-=\!=\!=H_2\uparrow$。

新型电池中 $\begin{cases}\text{负极材料}\begin{cases}\text{元素化合价升高的物质}\\\text{发生氧化反应的物质}\end{cases}\\\text{正极材料}\begin{cases}\text{元素化合价降低的物质}\\\text{发生还原反应的物质}\end{cases}\end{cases}$

2. 新型电池“放电”时正极、负极上电极反应式的书写

解题策略:首先分析得失电子情况,然后再考虑电极反应生成的物质是否跟电解质溶液中的离子发生反应。对于较为复杂的电极反应,可以利用总反应减去较简单一极电极反应式得到较复杂一极电极反应式的方法解决。

掌握铅蓄电池[Pb-PbO_2(H_2SO_4 溶液)]电极反应式的书写:

负极:①$Pb-2e^-=\!=\!=Pb^{2+}$;②$Pb^{2+}+SO_4^{2-}=\!=\!=PbSO_4$。把二者结合起来,即负极反应式:$Pb-2e^-+SO_4^{2-}=\!=\!=PbSO_4$。正极:$PbO_2$ 得电子变为 Pb^{2+},①$PbO_2+2e^-+4H^+=\!=\!=Pb^{2+}+2H_2O$;$Pb^{2+}$ 跟 SO_4^{2-} 结合生成 $PbSO_4$,②$Pb^{2+}+SO_4^{2-}=\!=\!=PbSO_4$。把二者结合起来,即正极反应式:$PbO_2+2e^-+4H^++SO_4^{2-}=\!=\!=PbSO_4+2H_2O$。总反应式=正极反应式+负极反应式,即 $PbO_2+Pb+4H^++2SO_4^{2-}=\!=\!=2PbSO_4+2H_2O$。

3. 新型电池“充电”时阴极、阳极的判断

解题策略:充电的实质就是把放电时发生的变化再复原的过程。如铅蓄电池:

放电时:负极:Pb → $PbSO_4$;正极:PbO_2 → $PbSO_4$

充电时:阴极:$PbSO_4$ → Pb;阳极:$PbSO_4$ → PbO_2

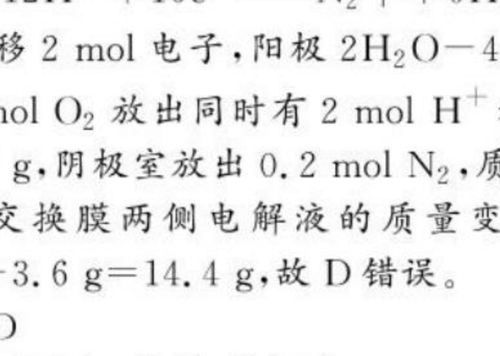
首先应该搞明白原电池放电时的正、负极,再根据电池充电时,阳极接正极,阴极接负极的原理,进行分析。

4. 新型电池充、放电时,电解质溶液中离子移动方向的判断

解题策略:原电池中,阳离子移向正极,阴离子移向负极,如 Zn-Cu(稀 H_2SO_4)电池中:H^+ 移向 Cu 极;SO_4^{2-} 移向 Zn 极。电解池中,阳离子移向阴极,阴离子移向阳极,符合带电微粒在电场中的运动规律。

首先应该分清楚电池是放电还是充电;再判断出正、负极或阴、阳极,进而即可确定离子的移动方向。

【例 1】 电化学降解 NO_3^- 的原理如图所示。下列说法中不正确的是(　　)



A. 铅蓄电池的 A 极为正极,电极材料为 PbO_2

B. 铅蓄电池工作过程中负极质量增加

C. 该电解池的阴极反应为 $2NO_3^-+12H^++10e^-=\!=\!=N_2\uparrow+6H_2O$

D. 若电解过程中转移 2 mol 电子,则交换膜两侧电解液的质量变化差($\Delta m_{左}-\Delta m_{右}$)为 10.4 g

[解析] 根据 Ag-Pt 电极上硝酸根离子发生还原反应,知该电极是阴极,所以铅蓄电池的 A 极为正极,电极材料为 PbO_2,故 A 正确;铅蓄电池工作过程中负极有硫酸铅生成,质量增加,故 B 正确;根据电解池的阴极发生还原反应得:$2NO_3^-+12H^++10e^-=\!=\!=N_2\uparrow+6H_2O$,故 C 正确;电解过程中转移 2 mol 电子,阳极 $2H_2O-4e^-=\!=\!=O_2\uparrow+4H^+$,有 0.5 mol O_2 放出同时有 2 mol H^+ 移向阴极,阳极室质量减少 18 g,阴极室放出 0.2 mol N_2,质量减少(5.6−2)g=3.6 g,交换膜两侧电解液的质量变化差($\Delta m_{左}-\Delta m_{右}$)=18 g−3.6 g=14.4 g,故 D 错误。

[答案] D

二、原电池、电解池、电镀池判定

若无外接电源,可能是原电池,然后依据原电池的形成条件分析判定,主要思路是“三看”。

先看电极:两极为导体且活泼性不同。

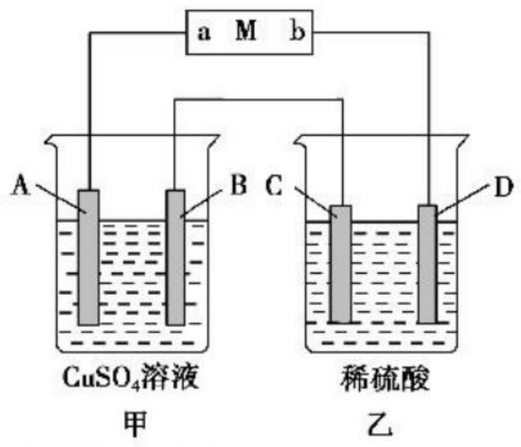
再看溶液:两极插入电解质溶液中。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

后看回路：形成闭合回路或两极接触。

若有外接电源，两极插入电解质溶液中，则可能是电解池或电镀池。当阳极金属与电解质溶液中的金属阳离子相同则多为电镀池。

【例 2】 如图，当线路接通时，发现 M（用石蕊溶液浸润过的滤纸）a 端显蓝色，b 端显红色，且知甲中电极材料是锌、银，乙中电极材料是铂、铜，且乙中两电极不发生变化。回答下列问题：



(1)甲、乙分别是什么装置_____、_____。

(2)写出 A、B、C、D 的电极名称以及电极材料和电极反应式_____。

[**解析**] 由于 a 端显蓝色，可推知 a 端附近呈碱性。显然滤纸上水电离的 H^+ 在 a 端获得电子发生反应，使该端 OH^- 浓度较大。由于锌活动性大于银，甲池为原电池。乙池中 Cu、Pt 不参与反应，故 C 极为 Pt，D 极为 Cu，显然乙池为电解池。电子从 A→a，b→D，C→B。滤纸上水电离的 OH^- 在 b 端反应，b 端 H^+ 浓度增大，使 b 端出现红色。

[**答案**] (1)原电池　电解池

(2)A 极（负极 Zn）：$Zn-2e^- \xlongequal{} Zn^{2+}$；

B 极（正极 Ag）：$Cu^{2+}+2e^- \xlongequal{} Cu$；

C 极（阳极 Pt）：$4OH^- -4e^- \xlongequal{} 2H_2O+O_2\uparrow$；

D 极（阴极 Cu）：$2H^+ +2e^- \xlongequal{} H_2\uparrow$

三、电解问题的解题步骤

1. 明确电极反应规律

(1)阴极：得电子，还原反应

①（一般）电极本身不参加反应；②一定是电解质溶液中阳离子“争”得电子。

(2)阳极：失电子，氧化反应

①若为活性（非惰性，Au、Pt 除外）电极，电极失电子；

②若为惰性电极，电解质溶液中阴离子“争”失电子。

2. 准确判断离子放电顺序

离子的放电顺序主要取决于离子的本性，还与离子的浓度、溶液的酸碱性有关。

(1)阳离子放电顺序

$\underbrace{Ag^+、Hg^{2+}、Fe^{3+}、Cu^{2+}、H^+}$ ‖

（水溶液中多考虑此部分）

$\underbrace{Pb^{2+}、Sn^{2+}、Fe^{2+}、Zn^{2+}}$、$\underbrace{Al^{3+}、Mg^{2+}、Na^+、Ca^{2+}、K^+}$

（浓度很大时排在 H^+ 前）　（只在熔融状态下放电）

上述顺序表明，在金属活动性顺序中，越活泼的金属，其阳离子越难结合电子，因 Fe^{3+} 氧化性较强，排在 Cu^{2+} 之前。

(2)阴离子放电顺序

$\underbrace{S^{2-}、I^-、Br^-、Cl^-、OH^-}$ ‖ 含氧酸根、F^-

（水溶液中只考虑此部分）

注意：若是活泼金属作阳极，因金属失电子能力强，阳极反应则是电极材料本身失电子被氧化，而不是阴离子放电。

3. 联系分析电解问题的基本思路模式

(1)通电前：电解质溶液中含有哪些阴、阳离子（包括水电离出的 H^+ 和 OH^-）。

(2)通电时：阴离子移向阳极，阳离子移向阴极，结合放电顺序分析谁优先放电。

(3)写电极反应式，并结合题目要求分析电解结果，如两极现象、水的电离平衡移动、离子浓度的变化、pH 的变化等。

4. 判断电解后溶液 pH 变化的方法

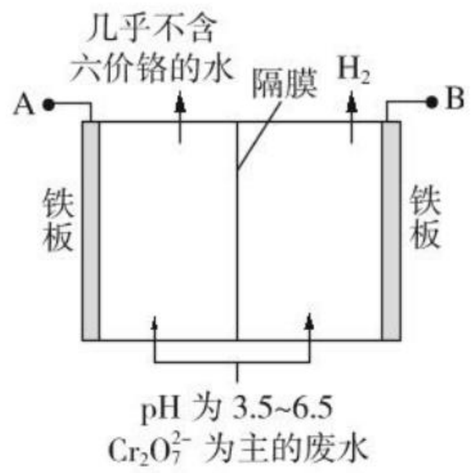
根据原溶液的酸、碱性和电极产物即可对电解后溶液 pH 的变化做出正确的判断，其方法如下：

(1)若电极产物只有 H_2 而无 O_2，则 pH 变大。

(2)若电极产物只有 O_2 而无 H_2，则 pH 变小。

(3)若电极产物既有 O_2 又有 H_2，原溶液呈酸性则 pH 变小，原溶液呈碱性则 pH 变大，原溶液呈中性则 pH 不变。

【例 3】 **（2019·海丰高二检测）**某工厂采用电解法处理含铬废水，耐酸电解槽用铁板作阴、阳极，槽中盛放含铬废水，原理示意图如下，下列说法不正确的是　（　）



A. A 接电源正极

B. 阳极区溶液中发生的氧化还原反应为 $Cr_2O_7^{2-}+6Fe^{2+}+14H^+ \xlongequal{} 2Cr^{3+}+6Fe^{3+}+7H_2O$

C. 阴极区附近溶液 pH 降低

D. 若不考虑气体的溶解，当收集到 H_2 13.44 L（标准状况）时，有 0.1 mol $Cr_2O_7^{2-}$ 被还原

[**解析**] 根据图示，阳极反应为 $Fe-2e^- \xlongequal{} Fe^{2+}$，然后 $Cr_2O_7^{2-}+6Fe^{2+}+14H^+ \xlongequal{} 2Cr^{3+}+6Fe^{3+}+7H_2O$，不含六价铬应是阳极区，A 为阳极，外接电源的正极，A、B 正确；阴极反应 $2H^+ +2e^- \xlongequal{} H_2\uparrow$，$c(H^+)$ 减小，pH 增大，C 错误；根据 $6H_2 \sim 6Fe^{2+} \sim Cr_2O_7^{2-}$ 得，当有 13.44 L（标准状况）H_2 放出时，应有 0.1 mol $Cr_2O_7^{2-}$ 被还原，D 正确。

[**答案**] C

四、电化学计算

1. 根据电子守恒法计算

用于串联电路、阴阳两极产物、正负两极产物、相同电量等类型的计算，其依据是电路上转移的电子数相等。

2. 根据总反应式中的计量关系进行计算

先写出电极反应式，再写出总反应式或直接运用总反应式，最后根据总反应式列比例式计算。

3. 根据关系式计算

借得失电子守恒定律关系建立已知量与未知量之间的桥梁，建立所需的关系式。如关系式：$O_2 \sim 4e^- \sim 4H^+ \sim 4OH^- \sim 4Ag \sim 2Cu$。

【例 4】 在 100 mL H_2SO_4 与 $CuSO_4$ 的混合液中，用石墨作电极电解，两极上均收集到 2.24 L 气体（标准状况），则原混合溶液中 Cu^{2+} 的物质的量浓度为　（　）

A. 1 mol·L^{-1}　　B. 2 mol·L^{-1}

C. 3 mol·L^{-1}　　D. 4 mol·L^{-1}

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

［解析］ 电解 H_2SO_4 和 $CuSO_4$ 的混合溶液，开始只有 Cu 和 O_2 生成。当 $CuSO_4$ 溶液电解完全时，实质为电解 H_2SO_4 溶液，由电解过程可知，实质为电解水，生成 H_2 和 O_2，在生成这两种气体时，H_2 和 O_2 的体积比应为 2∶1。由电极反应式：$4OH^- - 4e^- = 2H_2O + O_2\uparrow$，$2Cu^{2+} + 4e^- = 2Cu$，$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$ 知，Cu^{2+} 得电子数和 H^+ 得电子数总和与 OH^- 失去的电子数相等。即应有如下关系：$\frac{2.24\ L}{22.4\ L\cdot mol^{-1}}\times 4 = \frac{2.24\ L}{22.4\ L\cdot mol^{-1}}\times 2 + x\cdot 2$（$x$ 代表生成的 Cu 或消耗的 Cu^{2+} 的物质的量），$x = 0.1\ mol$，因此，原混合溶液中，铜离子的物质的量浓度为 $\frac{0.1\ mol}{0.1\ L} = 1\ mol\cdot L^{-1}$。

［答案］ A

五、氯碱工业生产中的离子交换膜

1. 阳离子交换膜的作用

电解饱和食盐水是氯碱工业的基础，能制得氯气、氢气、氢氧化钠等重要的化工原料。电解过程中，在电场的作用下，阳离子向阴极移动，而阴离子向阳极移动。由于在阳极氯离子失去电子生成氯气，若不采取措施，氢氧根离子会向阳极移动，从而与氯气发生反应，既减少了氯气的产量，又会使得到的氢氧化钠不纯。因此，必须阻止氢氧根离子向阳极移动。

目前，常用的隔膜有石棉隔膜和阳离子交换膜。石棉隔膜能阻止气体通过，但允许水分子及离子通过。由于氢氧根离子能透过隔膜，因此氯气会与氢氧根发生反应，导致制得的氢氧化钠不纯。阳离子交换膜只允许阳离子通过，而不允许阴离子及气体通过，也就是说，只允许钠离子通过，氯离子、氢氧根离子和氢气、氯气均不能通过。这样既可以防止阴极产生的氢气与阳极产生的氯气相混合，在一定条件下引起爆炸，又能避免氯气与氢氧化钠作用生成次氯酸钠而影响烧碱的质量。

2. 原料的精制

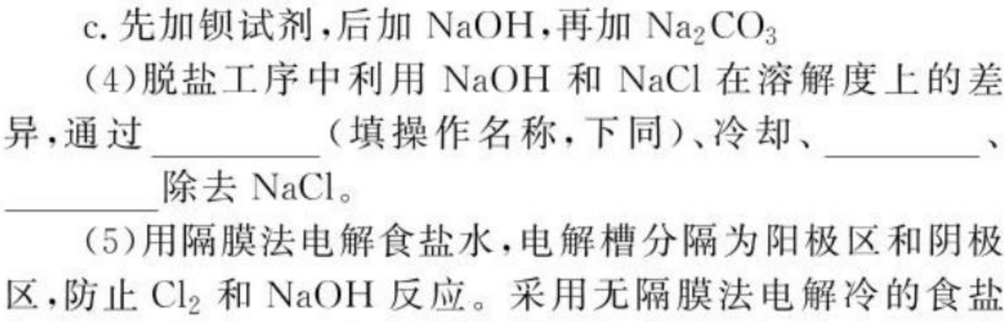
(1)粗盐的成分：粗盐中含有泥沙、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+}、SO_4^{2-} 等杂质，不符合电解要求，因此必须经过精制。

(2)杂质的危害：Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+} 等金属离子在碱性环境中会产生沉淀，损坏离子交换膜，此外，杂质的存在会使得到的产品不纯。

(3)除杂质的过程

粗盐水 $\xrightarrow[除\ SO_4^{2-}]{过量\ BaCl_2}$ $\xrightarrow[除\ Mg^{2+}、Fe^{3+}]{过量\ NaOH}$ $\xrightarrow[除\ Ca^{2+}、Ba^{2+}]{过量\ Na_2CO_3}$ $\xrightarrow[除泥沙及沉淀]{过滤}$ $\xrightarrow[除\ OH^-、CO_3^{2-}]{适量盐酸}$ 含少量 Ca^{2+}、Mg^{2+} $\xrightarrow[除\ Ca^{2+}、Mg^{2+}]{阳离子交换膜}$ 精制盐水

【例5】 氯碱厂电解饱和食盐水制取 NaOH 的工艺流程示意图如下：



依据上图，完成下列填空：

(1)在电解过程中，与电源正极相连的电极上所发生反应的电极反应式为_____，与电源负极相连的电极附近，溶液的 pH _____（填“不变”“升高”或“下降”）。

(2)如果精盐中 SO_4^{2-} 含量较高，必须添加钡试剂除去 SO_4^{2-}，该钡试剂可以是_____（填字母）。

a. $Ba(OH)_2$　　b. $Ba(NO_3)_2$　　c. $BaCl_2$

(3)为有效除去 Ca^{2+}、Mg^{2+}、SO_4^{2-}，加入试剂的合理顺序为_____（填字母）。

a. 先加 NaOH，后加 Na_2CO_3，再加钡试剂

b. 先加 NaOH，后加钡试剂，再加 Na_2CO_3

c. 先加钡试剂，后加 NaOH，再加 Na_2CO_3

(4)脱盐工序中利用 NaOH 和 NaCl 在溶解度上的差异，通过_____（填操作名称，下同）、冷却、_____、_____除去 NaCl。

(5)用隔膜法电解食盐水，电解槽分隔为阳极区和阴极区，防止 Cl_2 和 NaOH 反应。采用无隔膜法电解冷的食盐水时，Cl_2 与 NaOH 充分接触，产物仅是 NaClO 和 H_2，相应的化学方程式为_____。

［解析］ (1)电解饱和食盐水，阳极反应为 $2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$，阴极反应为 $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$，使 $c(OH^-)$ 增大，故阴极附近溶液 pH 升高。(2)除去 SO_4^{2-} 可选用 $Ba(OH)_2$ 和 $BaCl_2$，不能选用 $Ba(NO_3)_2$，因为会引入 NO_3^-。(3)为有效除去 Ca^{2+}、Mg^{2+}、SO_4^{2-}，所加试剂的顺序要保证后加试剂把前加过量试剂除去，故选 bc。(4)脱盐工序中利用 NaOH 和 NaCl 在溶解度上的差异，通过蒸发、冷却、结晶、过滤除去 NaCl。(5)采用无隔膜法电解冷的食盐水时，发生的反应有 $2NaCl + 2H_2O \xlongequal{电解} 2NaOH + Cl_2\uparrow + H_2\uparrow$，生成的 Cl_2 与 NaOH 会反应：$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaClO + H_2O$，所以工业上采用隔膜法电解食盐水，既防止 H_2 和 Cl_2 混合发生爆炸，又防止 Cl_2 和 NaOH 作用生成 NaClO 而影响 NaOH 的质量。

［答案］ (1)$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$　升高　(2)ac　(3)bc　(4)蒸发　结晶　过滤　(5)$2NaCl + 2H_2O \xlongequal{电解} 2NaOH + Cl_2\uparrow + H_2\uparrow$，$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaClO + H_2O$（或 $NaCl + H_2O \xlongequal{电解} NaClO + H_2\uparrow$）

章末提能·拔高练 ZHANGMOTINENGBAGAOLIAN——培优提能提素养、练综合

1. 化学用语是学习化学的重要工具，下列用来表示物质变化的化学用语中，正确的是（　　）

A. 电解饱和食盐水时，阳极的电极反应式：$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$

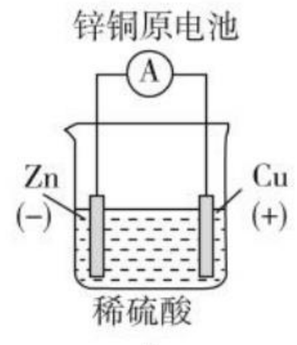
B. 氢氧燃料电池的负极反应式：$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$

C. 粗铜精炼时，与电源正极相连的是纯铜，电极反应式：$Cu - 2e^- = Cu^{2+}$

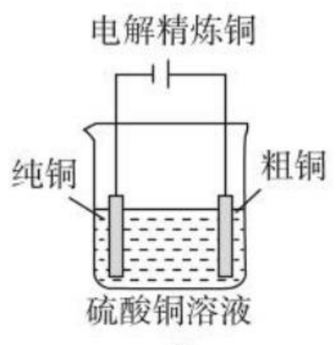
D. 钢铁发生电化学腐蚀的正极反应式：$Fe - 2e^- = Fe^{2+}$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

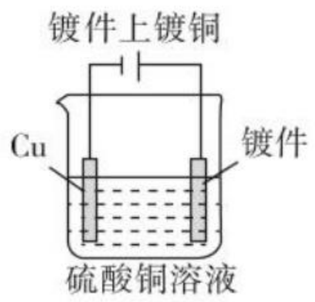
2.（**2019·正阳高二检测**）下列图示中关于铜电极的连接错误的是（　　）



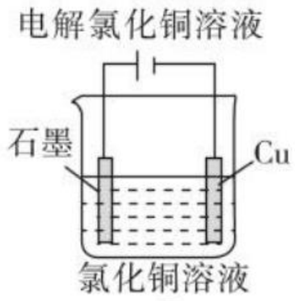
A



B

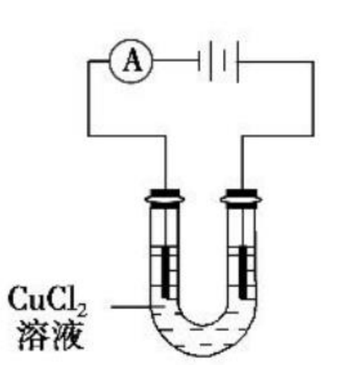


C



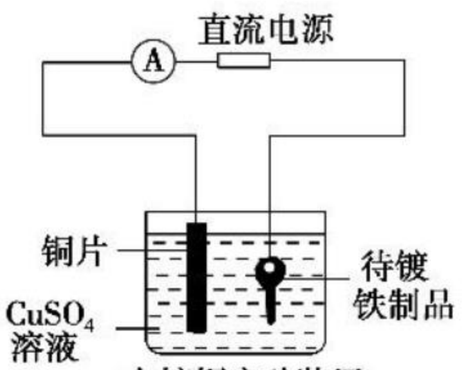
D

3. 关于各图的说法（其中①③④中均为惰性电极）正确的是（　　）



电解$CuCl_2$溶液装置

①



电镀铜实验装置

②

氢氧燃料电池示意图

③

离子交换膜法电解原理示意图

④

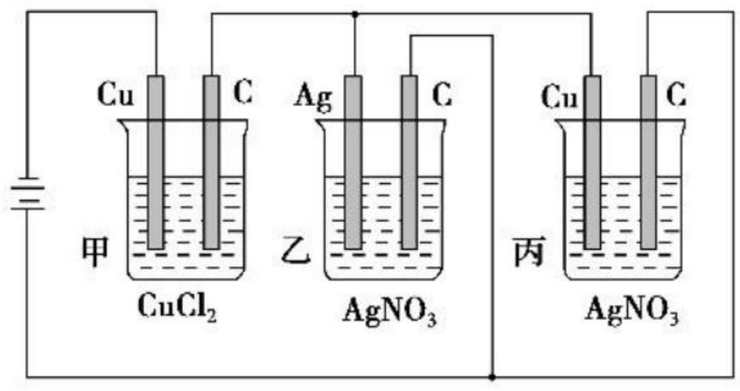
A. ①装置中阴极产生的气体能够使湿润淀粉 KI 试纸变蓝

B. ②装置中待镀铁制品应与电源正极相连

C. ③装置中电子由 b 极流向 a 极

D. ④装置中的离子交换膜可以避免生成的 Cl_2 与 NaOH 溶液反应

4. 甲、乙、丙三个电解槽如图所示（其中电极的大小、形状、间距均相同）。乙、丙中 $AgNO_3$ 溶液浓度和体积均相同，当通电一段时间后，若甲中铜电极的质量增加 0.128 g，则乙中电极上银的质量增加（　　）



A. 0.054 g　　B. 0.108 g

C. 0.216 g　　D. 0.432 g

5. 某溶液中含有两种溶质 NaCl 和 H_2SO_4，它们的物质的量之比为 3∶1。用石墨作电极电解该混合溶液时，根据电极产物，可明显分为三个阶段。下列叙述不正确的是（　　）

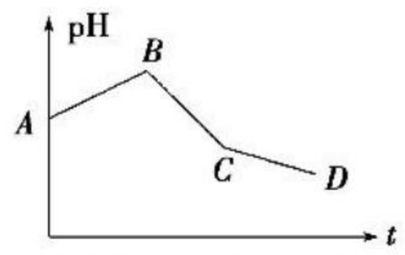
A. 阴极自始至终只逸出 H_2

B. 阳极先逸出 Cl_2，后逸出 O_2

C. 电解最后阶段为电解水

D. 溶液 pH 不断增大，最后为 7

6. 将 KCl 和 $CuSO_4$ 两种溶液等体积混合后，用石墨电极进行电解，电解过程中，溶液 pH 随时间 t 变化的曲线如图所示，则下列说法正确的是（　　）



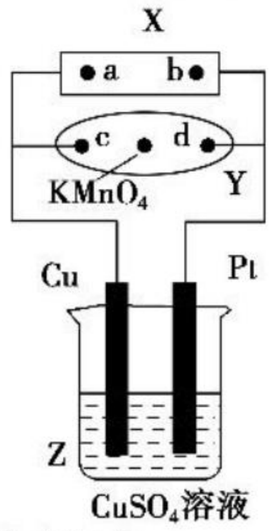
A. 整个过程中两电极反应 $2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$、$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$ 不可能同时发生

B. 电解至 C 点时，往电解质溶液中加入适量 $CuCl_2$ 固体，即可使电解质溶液恢复至原来的浓度

C. AB 段表示电解过程中 H^+ 被还原，pH 增大

D. 原混合溶液中 KCl 和 $CuSO_4$ 浓度之比恰好为 2∶1

7. 如图中 X 为电源，Y 为浸透饱和食盐水和酚酞试液的滤纸，滤纸中央滴有一滴 $KMnO_4$ 溶液，通电后 Y 中央的紫红色斑向 d 端扩散。下列判断正确的是（　　）



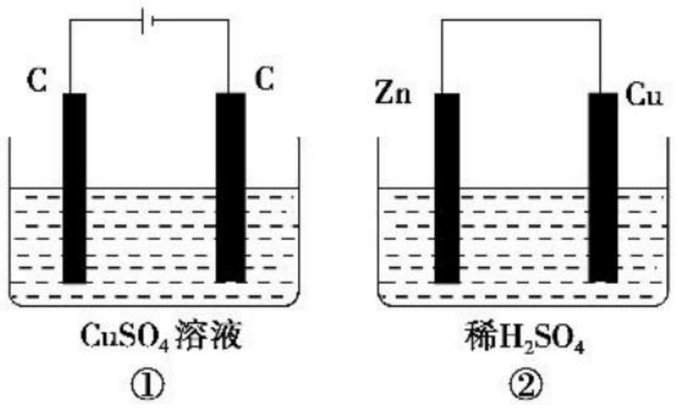
A. 滤纸上 c 点附近会变红色

B. Cu 电极质量减小，Pt 电极质量增大

C. Z 中溶液的 pH 先减小，后增大

D. Z 溶液中的 SO_4^{2-} 向 Cu 电极移动

8. 如图所示的两个实验装置中，溶液的体积均为 200 mL，开始时电解质溶液的浓度均为 0.1 mol·L^{-1}，工作一段时间后，测得两端导线中均通过 0.02 mol 电子，若不考虑盐的水解和溶液体积的变化，则下列叙述中正确的是（　　）



A. 产生气体的体积：①＞②

B. 电极上析出物质的质量：①＞②

C. 溶液的 pH 变化：①增大，②减小

D. 电极反应式①中阳极：$4OH^- - 4e^- = 2H_2O + O_2\uparrow$；②中阳极：$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

9. 500 mL KNO_3 和 $Cu(NO_3)_2$ 的混合溶液中 $c(NO_3^-)=6.0\ mol\cdot L^{-1}$，用石墨作电极电解此溶液，当通电一段时间后，两极均收集到 22.4 L 气体(标准状况)，假定电解后溶液体积仍为 500 mL，下列说法正确的是　(　　)

A. 原混合溶液中 $c(K^+)$为 $2\ mol\cdot L^{-1}$

B. 上述电解过程中共转移 2 mol 电子

C. 电解得到铜的物质的量为 0.5 mol

D. 电解后溶液中 $c(H^+)$为 $2\ mol\cdot L^{-1}$

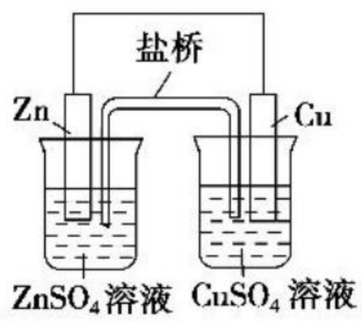
10. 下列叙述正确的是　(　　)

A. 电镀时，通常把待镀的金属制品作阳极

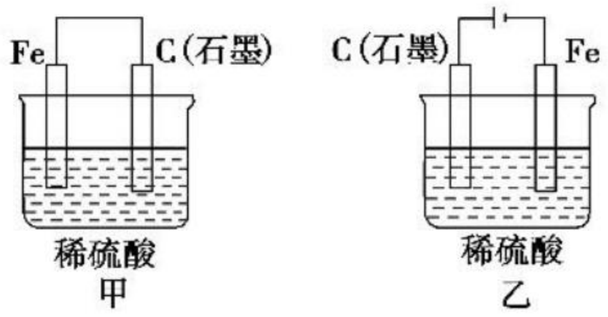
B. 氯碱工业中电解的是熔融 NaCl

C. 氢氧燃料电池(酸性电解质)中 O_2 通入正极，电极反应为 $O_2+4H^++4e^-=2H_2O$

D. 如图中电子由 Zn 极移向 Cu 极，盐桥中的 Cl^- 移向 $CuSO_4$ 溶液



11. 如图是化学能与电能相互转换的两套装置。下列对两套装置进行的实验分析正确的是　(　　)



A. 乙装置将化学能转化为电能

B. 两装置中石墨电极上产生的气体都是 H_2

C. 甲装置中的铁电极发生氧化反应

D. 两装置的原理都可以在现实生活中用来防止铁被腐蚀

12. 用电解质溶液为 KOH 溶液的氢氧燃料电池电解 Na_2CO_3 饱和溶液一段时间，假设电解时温度不变且用惰性电极，下列说法正确的是　(　　)

A. 当电池负极消耗 m g 气体时，电解池阳极同时有 m g 气体生成

B. 电池的负极反应为 $H_2-2e^-=2H^+$

C. 电解后 $c(Na_2CO_3)$不变，且溶液中有晶体析出

D. 电池中 $c(KOH)$不变，电解池中溶液的 pH 变大

13. (**2019·安阳一中高二段考**)某新型可充电电池能长时间保持稳定的放电电压，该电池的总反应为 $3Zn+2K_2FeO_4+8H_2O\underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}}3Zn(OH)_2+2Fe(OH)_3+4KOH$。

(1)放电时负极反应为_____。

(2)充电时 $Fe(OH)_3$ 发生_____反应。

(3)放电时电子由_____极流向_____(填“正”或“负”)极。

(4)放电时 1 mol K_2FeO_4 发生反应，转移电子数是_____。

14. 将洁净的金属片 Fe、Zn、A、B 分别与 Cu 用导线连接浸在合适的电解质溶液里。实验并记录电压表指针的移动方向和电压表的读数如下表所示。

金属	电子流动方向	电压/V
Fe	Fe→Cu	+0.78
Zn	Zn→Cu	+1.10
A	Cu→A	−0.15
B	B→Cu	+0.3

根据表中实验记录，回答下列问题：

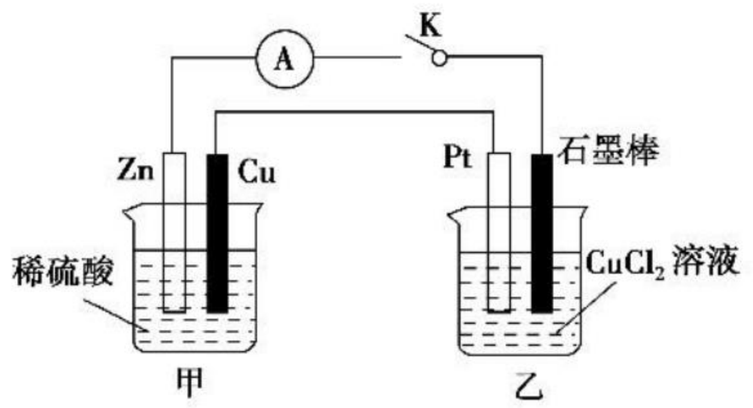
(1)构成两电极的金属活动性相差越大，电压表的读数越_____(填“大”或“小”)。

(2) Zn、A、B 三种金属活动性由强到弱的顺序是_____。

(3)Cu 与 A 构成的原电池中，_____为负极，此电极反应为_____。

(4)A、B 形成合金，露置在潮湿空气中，_____先被腐蚀。

15. 某化学兴趣小组的同学用如图所示装置研究有关电化学的问题。当闭合 K 时，观察到电流表的指针发生了偏移。



请回答下列问题：

(1)甲装置的名称是_____；乙装置的名称是_____；Zn 为_____极；Pt 为_____极。

(2)写出电极反应：Cu 极：_____；石墨棒极：_____。

(3)当甲中产生 0.1 mol 气体时，乙中析出铜的质量应为_____；乙中产生的气体在标准状况下的体积应为_____。

(4)若乙中溶液不变，将其电极都换成铜电极，闭合 K 一段时间后，乙中溶液的颜色_____(填“变深”“变浅”或“无变化”)。

(5)若乙中电极不变，将其溶液换成 NaCl 溶液，闭合 K 一段时间后，甲中溶液的 pH 将_____(填“增大”“减小”或“不变”，下同)；乙中溶液的 pH 将_____。

(6)若乙中电极不变，将其溶液换成饱和 Na_2SO_4 溶液，闭合 K 一段时间，当阴极上有 a mol 气体生成时，同时有 w g $Na_2SO_4\cdot10H_2O$ 析出，假设温度不变，剩余溶液中溶质的质量分数应为_____(用含 w、a 的表达式表示，不必化简)。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

准考证号 考场号 姓名 班级
密 封 线

章末质量评估卷(一)

第一章　化学反应与能量

(时间:90 分钟　满分:100 分)

一、选择题(本题包括 16 个小题,每小题 3 分,共48 分)

1. 我国二氧化碳的排放量位居世界第二,为减少二氧化碳这种温室气体的排放,下列措施不对的是　(　　)

A. 大力发展氢能源　　B. 充分利用太阳能

C. 使用含碳能源　　D. 提高能源利用率

2. (**2019·苏州高二调研**)下列说法正确的是　(　　)

A. 需要加热方能发生的反应一定是吸热反应

B. 若反应为放热反应,则该反应不必加热就可发生

C. 放热反应比吸热反应容易发生

D. 化学反应都伴随着能量的变化

3. 氢能是一种既高效又干净的新能源,发展前景良好,用氢作能源的燃料电池汽车备受青睐。我国拥有完全自主知识产权的氢燃料电池轿车"超越三号",已达到世界先进水平,并加快向产业化的目标迈进。氢能具有的优点包括　(　　)

①原料来源广　②易燃烧、热值高　③储存方便　④制备工艺廉价易行

A. ①②　　B. ①③

C. ③④　　D. ②④

4. 航天燃料从液态变为固态,是一项技术突破。铍是高效率的火箭材料,燃烧时放出巨大的能量,每千克的铍完全燃烧放出的热量为 62 700 kJ。则铍燃烧的热化学方程式正确的是　(　　)

A. $Be+\frac{1}{2}O_2=\!=\!=BeO$　$\Delta H=-564.3\ kJ/mol$

B. $Be(s)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=BeO(s)$　$\Delta H=+564.3\ kJ/mol$

C. $Be(s)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=BeO(s)$　$\Delta H=-564.3\ kJ/mol$

D. $Be(s)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=BeO(g)$　$\Delta H=-564.3\ kJ$

5. (**2018·长郡中学高二检测**)下列关于反应能量的说法正确的是　(　　)

A. $Zn(s)+CuSO_4(aq)=\!=\!=ZnSO_4(aq)+Cu(s)$　$\Delta H=-216\ kJ/mol$,则反应物总能量大于生成物总能量

B. 若一定条件下,A$=\!=\!=$B　$\Delta H<0$,说明 A 物质比 B 物质稳定

C. 101 kPa 时,$2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(l)$　$\Delta H=-571.6\ kJ/mol$,则 H_2 的燃烧热为 571.6 kJ/mol

D. $H^+(aq)+OH^-(aq)=\!=\!=H_2O(l)$　$\Delta H=-57.3\ kJ/mol$,含 1 mol NaOH 的溶液与含 0.5 mol H_2SO_4 的浓硫酸混合后放出 57.3 kJ 的热量

6. 油酸甘油酯(相对分子质量 884)在体内代谢时可发生如下反应:

$C_{57}H_{104}O_6(s)+80O_2(g)=\!=\!=57CO_2(g)+52H_2O(l)$

已知燃烧 1 kg 该化合物释放出热量 3.8×10^4 kJ,油酸甘油酯的燃烧热为　(　　)

A. $3.8\times10^4\ kJ\cdot mol^{-1}$　　B. $-3.8\times10^4\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $3.4\times10^4\ kJ\cdot mol^{-1}$　　D. $-3.4\times10^4\ kJ\cdot mol^{-1}$

7. (**2019·抚顺一中高二检测**)充分燃烧一定量的丁烷气体放出的热量为 Q。完全吸收它生成的 CO_2 气体生成正盐,需 5 $mol\cdot L^{-1}$ 的 NaOH 溶液 100 mL,则丁烷的燃烧热为　(　　)

A. $16Q$　　B. $8Q$

C. $4Q$　　D. $2Q$

关注微信公众号"教辅资料站"获取更多学习资料

8. 下列与化学反应能量变化相关的叙述正确的是 ( )

A. 生成物总能量一定低于反应物总能量

B. 等量 H_2 在 O_2 中完全燃烧生成 $H_2O(g)$与生成$H_2O(l)$,放出的能量相同

C. 应用盖斯定律,可计算某些难以直接测量的反应焓变

D. 同温同压下,$H_2(g)+Cl_2(g)$═══$2HCl(g)$在光照和点燃条件下的 ΔH 不同

9. 已知 H—H 键的键能为 436 kJ/mol,O═O 键的键能为 498 kJ/mol,根据热化学方程式 $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$═══$H_2O(l)$ $\Delta H=-286$ kJ/mol,判断 H_2O 分子中 O—H 键的键能为 ( )

A. 485.5 kJ/mol

B. 610 kJ/mol

C. 917 kJ/mol

D. 1 220 kJ/mol

10. (**2018·江西师大附中、临川一中高二联考**)下列关于热化学反应的描述中正确的是 ( )

A. HCl 和 NaOH 反应的中和热 $\Delta H=-57.3$ kJ/mol,则 H_2SO_4 和 $Ca(OH)_2$ 反应的中和热 $\Delta H=2\times(-57.3)$ kJ/mol

B. 碳与二氧化碳的反应既是吸热反应,又是化合反应

C. 热化学方程式中化学计量数可表示分子个数

D. 1 mol 甲烷燃烧生成气态水和二氧化碳所放出的热量是甲烷的燃烧热

11. 火电厂利用燃煤发电,煤燃烧中的热化学方程式有:

$C(s)+O_2(g)$═══$CO_2(g)$ $\Delta H_1=-393.5$ kJ/mol

$CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$═══$CO_2(g)$ $\Delta H_2=-283$ kJ/mol

$C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)$═══$CO(g)$ $\Delta H_3=?$

下列有关说法中不正确的是 ( )

A. CO 的燃烧热为 283 kJ/mol

B. 二氧化碳分解为一氧化碳和氧气的反应是吸热反应

C. $\Delta H_3=\Delta H_2-\Delta H_1=110.5$ kJ/mol

D. $\Delta H_3=\Delta H_1-\Delta H_2=-110.5$ kJ/mol

12. 常温下,已知:

$4Al(s)+3O_2(g)$═══$2Al_2O_3(s)$ ΔH_1

$4Fe(s)+3O_2(g)$═══$2Fe_2O_3(s)$ ΔH_2

下面关于 ΔH_1、ΔH_2 的比较正确的是 ( )

A. $\Delta H_1>\Delta H_2$

B. $\Delta H_1<\Delta H_2$

C. $\Delta H_1=\Delta H_2$

D. 无法计算

13. (双选)含 1 mol $Ba(OH)_2$ 的稀溶液与足量稀盐酸反应,放出热量 114.6 kJ。下列热化学方程式中正确的是 ( )

A. $Ba(OH)_2(aq)+2HCl(aq)$═══$BaCl_2(aq)+2H_2O(l)$ $\Delta H=+114.6$ kJ/mol

B. $Ba(OH)_2(aq)+2HCl(aq)$═══$BaCl_2(aq)+2H_2O(l)$ $\Delta H=-114.6$ kJ/mol

C. $\frac{1}{2}Ba(OH)_2(aq)+HCl(aq)$═══$\frac{1}{2}BaCl_2(aq)+H_2O(l)$ $\Delta H=-57.3$ kJ/mol

D. $\frac{1}{2}Ba(OH)_2(aq)+HCl(aq)$═══$\frac{1}{2}BaCl_2(aq)+H_2O(l)$ $\Delta H=+57.3$ kJ/mol

14. 下列说法中正确的是 ( )

A. 10 L 0.05 mol·L^{-1} $Ba(OH)_2$ 溶液与 10 L 0.05 mol·L^{-1} H_2SO_4 反应时的反应热是中和热

B. 由 $2H_2(g)+O_2(g)$═══$2H_2O(l)$ $\Delta H=-571.6$ kJ·mol^{-1}知,该反应的反应热为 571.6 kJ·mol^{-1}

C. 由 $2H_2(l)+O_2(l)$═══$2H_2O(g)$ $\Delta H=-482.6$ kJ·mol^{-1}知,H_2 的燃烧热为 482.6 kJ·mol^{-1}

D. 由 $C_3H_8(g)+5O_2(g)$═══$3CO_2(g)+4H_2O(l)$ $\Delta H=-2\ 221.5$ kJ·mol^{-1}知,气体 C_3H_8 的燃烧热为 2 221.5 kJ·mol^{-1}

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

15.（双选）以 N_A 代表阿伏加德罗常数，则关于热化学方程式 $C_2H_2(g)+\frac{5}{2}O_2(g)\text{═══}2CO_2(g)+H_2O(l)$ $\Delta H=-1\ 300\ kJ/mol$ 的说法中，正确的是（　　）

A. 当转移 $10N_A$ 个电子时，该反应放出 1 300 kJ 的能量

B. 当有 N_A 个水分子生成且为液体时，吸收 1 300 kJ 的能量

C. 当有 $2N_A$ 个碳氧共用电子对生成时，放出 1 300 kJ 的能量

D. 当有 $8N_A$ 个碳氧共用电子对生成时，放出 1 300 kJ 的能量

16.（双选）一些烷烃的燃烧热如表：

化合物	燃烧热/kJ/mol	化合物	燃烧热/kJ/mol
甲烷	891.0	正丁烷	2 878.0
乙烷	1 560.8	异丁烷	2 869.6
丙烷	2 221.5	异戊烷	3 531.3

下列表达正确的是（　　）

A. 正戊烷的燃烧热大于 3 531.3 kJ/mol

B. 稳定性：正丁烷＜异丁烷

C. 乙烷燃烧的热化学方程式为 $2C_2H_6(g)+7O_2(g)\text{═══}4CO_2(g)+6H_2O(g)\quad \Delta H=-1\ 560.8\ kJ/mol$

D. 相同质量的烷烃，碳的质量分数越大，燃烧放出的热量越多

二、非选择题（本题包括 6 个小题，共 52 分）

17.（4 分）（**2019·潍坊高二检测**）甲烷作为一种新能源在化学领域应用广泛，请回答下列问题：

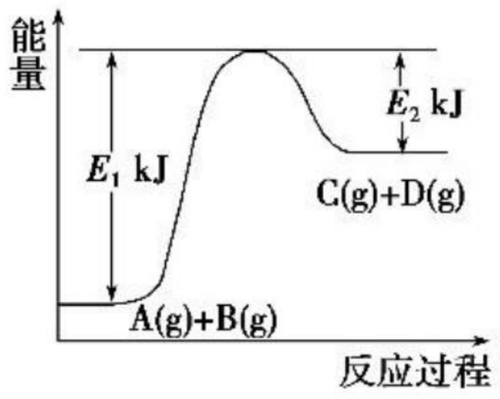
高炉冶铁过程中，甲烷在催化反应室中产生水煤气（CO 和 H_2）还原氧化铁，有关反应为：

$CH_4(g)+CO_2(g)\text{═══}2CO(g)+2H_2(g)\quad \Delta H=+260\ kJ/mol$

已知：$2CO(g)+O_2(g)\text{═══}2CO_2(g)\quad \Delta H=-566\ kJ/mol$

则 CH_4 与 O_2 反应生成 CO 和 H_2 的热化学方程式为_____。

18.（6 分）已知某反应 $A(g)+B(g)\rightleftharpoons C(g)+D(g)$ 过程中的能量变化如图所示，回答问题。



该反应是_____（填“吸热”或“放热”）反应，该反应的 $\Delta H=$_____ kJ/mol（用含 E_1、E_2 的代数式表示），1 mol 气体 A 和 1 mol 气体 B 具有的总能量比 1 mol 气体 C 和 1 mol 气体 D 具有的总能量_____（填“一定高”“一定低”或“高低不一定”）。

19.（14 分）已知下列热化学方程式：

①$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\text{═══}H_2O(l)\quad \Delta H=-285.8\ kJ/mol$

②$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\text{═══}H_2O(g)\quad \Delta H=-241.8\ kJ/mol$

③$C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)\text{═══}CO(g)\quad \Delta H=-110.5\ kJ/mol$

④$C(s)+O_2(g)\text{═══}CO_2(g)\quad \Delta H=-393.5\ kJ/mol$

回答下列问题：

(1)上述反应中属于放热反应的是_____。

(2)H_2 的燃烧热为_____，C 的燃烧热为_____。

(3)燃烧 10 g H_2 生成液态水，放出的热量为_____。

(4)CO 的燃烧热为_____，其热化学方程式为_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

20.(8 分)(1)若在常温常压下,1 克乙醇完全燃烧生成二氧化碳和液态水放热约为 30 kJ 的热量。写出乙醇燃烧热的热化学方程式_____。

(2)化学反应中放出的热能(焓变,ΔH)与反应物和生成物在反应过程中断键和形成新键过程中吸收和放出能量的大小关系。

已知:$H_2(g)+Cl_2(g)=\!=\!=2HCl(g)$ $\Delta H=-185$ kJ/mol,断裂 1 mol H—H 键吸收的能量为 436 kJ,断裂 1 mol Cl—Cl 键吸收的能量为 247 kJ,则形成 1 mol H—Cl 键放出的能量为_____ kJ。

(3)根据以下三个热化学方程式:

$2H_2S(g)+3O_2(g)=\!=\!=2SO_2(g)+2H_2O(l)$ $\Delta H=-Q_1$ kJ/mol

$2H_2S(g)+O_2(g)=\!=\!=2S(g)+2H_2O(l)$ $\Delta H=-Q_2$ kJ/mol

$2H_2S(g)+O_2(g)=\!=\!=2S(g)+2H_2O(l)$ $\Delta H=-Q_3$ kJ/mol

判断 Q_1、Q_2、Q_3 三者的大小关系:_____。

(4)用 CO_2 和氢气合成 CH_3OCH_3(甲醚)是解决能源危机的研究方向之一。

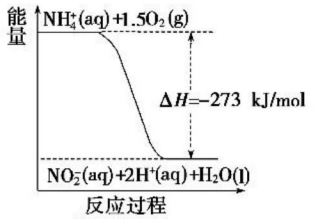
已知:$CO(g)+2H_2(g)=\!=\!=CH_3OH(g)$ $\Delta H=a$ kJ/mol

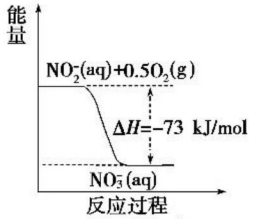
$2CH_3OH(g)=\!=\!=CH_3OCH_3(g)+H_2O(g)$ $\Delta H=b$ kJ/mol

$CO(g)+H_2O(g)=\!=\!=CO_2(g)+H_2(g)$ $\Delta H=c$ kJ/mol

则 CO_2 和氢气合成 $CH_3OCH_3(g)$ 的热化学方程式为_____。

21.(10 分)在微生物作用的条件下,NH_4^+ 经过两步反应被氧化成 NO_3^-。这两步的能量变化示意图如下:



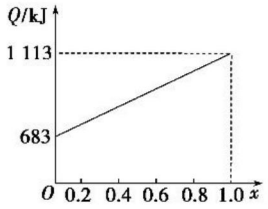


(1)第二步反应是_____(选填"放热"或"吸热")反应,判断依据是_____。

(2)1 mol $NH_4^+(aq)$ 全部氧化成 $NO_2^-(aq)$ 的热化学方程式是_____。

22.(10 分)某种优质燃油由甲、乙两种有机物混合而成,甲、乙两种物质含有 C、H、O 三种元素中的两种或三种。已知甲、乙及 CO、H_2 的燃烧热如表:

物质	甲	乙	CO	H_2
燃烧热/kJ/mol	1 366	5 518	283	286



取甲、乙按不同比例混合的燃油 23 g,在足量的 O_2 中燃烧时,放出的热量 Q 与混合物中乙的物质的量分数 x 的关系如图所示。试求:

(1)甲、乙的相对分子质量为 M_r(甲)=_____,M_r(乙)=_____。

(2)1 mol 由甲、乙以等物质的量混合而成的燃油在一定量的 O_2 中燃烧,放出热量 2 876 kJ,则反应中生成 CO _____ mol。

关注微信公众号"教辅资料站"获取更多学习资料

准考证号 考场号 姓名 班级
线 封 密

章末质量评估卷(二)

第二章　化学反应速率和化学平衡

(时间:90 分钟　满分:100 分)

一、选择题(本题包括 16 个小题,每小题 3 分,共48 分)

1. (**2018·济宁高二检测**)2010 年诺贝尔化学奖授予理查德·赫克等三位科学家,以表彰他们在“钯催化交叉偶联”方面的研究。下面关于催化剂的说法正确的是 (　　)

A. 催化剂只改变反应的正反应速率　　B. 催化剂通过升高反应的活化能来加快反应速率

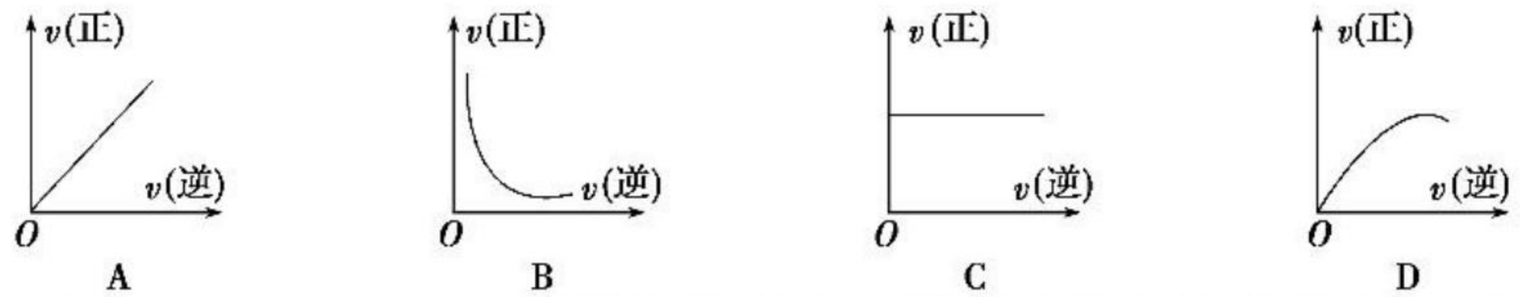
C. 催化剂能够改变反应的反应热　　D. 催化剂不能改变反应物的转化率

2. 关于下列过程熵变的判断不正确的是 (　　)

A. 溶解少量食盐于水中,$\Delta S>0$　　B. 纯碳和氧气反应生成 CO(g),$\Delta S>0$

C. $H_2O(g)$变成液态水,$\Delta S>0$　　D. $CaCO_3(s)$加热分解为 $CaO(s)$和 $CO_2(g)$,$\Delta S>0$

3. 对于某一可逆反应,在不同条件下的平衡状态中,正、逆反应速率的关系是 (　　)



4. 已知反应 $A(g)+3B(g)\!=\!=\!=2C(g)+D(g)$在某段时间内以 A 的浓度变化表示的化学反应速率为 1 mol/(L·min),则此段时间内以 C 的浓度变化表示的化学反应速率为 (　　)

A. 0.5 mol/(L·min)　　B. 1 mol/(L·min)

C. 2 mol/(L·min)　　D. 3 mol/(L·min)

5. (**2018·东北师大附中高二检测**)反应 $2A(g)\rightleftharpoons 2B(g)+E(g)\quad \Delta H>0$,达到平衡时,要使正反应速率降低,A 的浓度增大,应采取的措施是 (　　)

A. 加压　　B. 减压

C. 减少 E 的浓度　　D. 降温

6. 下列说法正确的是 (　　)

A. 一定温度下,反应 $MgCl_2(s)\!=\!=\!=Mg(s)+Cl_2(g)$的 $\Delta H>0$,$\Delta S<0$

B. 凡是放热反应都是自发的,凡是吸热反应都是非自发的

C. 常温下,$2H_2O\overset{\text{电解}}{=\!=\!=}2H_2\uparrow+O_2\uparrow$,即常温下水的分解反应是自发反应

D. 对于反应 $H_2O_2\!=\!=\!=2H_2O+O_2\uparrow$,加入 MnO_2 或升高温度都能加快 O_2 的生成速率

7. 现有下列各组溶液:

①10 ℃时 10 mL 0.1 mol·L^{-1}的 $Na_2S_2O_3$ 溶液和 50 mL 0.05 mol·L^{-1}的 H_2SO_4 溶液;

②10 ℃时 10 mL 0.05 mol·L^{-1}的 $Na_2S_2O_3$ 溶液和 10 mL 0.1 mol·L^{-1}的 H_2SO_4 溶液;

③30 ℃时 10 mL 0.05 mol·L^{-1}的 $Na_2S_2O_3$ 溶液和 10 mL 0.1 mol·L^{-1}的 H_2SO_4 溶液。

若同时将它们混合发生反应:$Na_2S_2O_3+H_2SO_4\!=\!=\!=Na_2SO_4+S\downarrow+SO_2\uparrow+H_2O$,则出现浑浊的先后顺序是 (　　)

A. ①②③　　B. ②①③

C. ③②①　　D. ①③②

8. (**2019·北京东城高二检测**)一定条件下的密闭容器中:

$4NH_3(g)+5O_2(g)\rightleftharpoons 4NO(g)+6H_2O(g)\quad \Delta H=-905.9\ kJ/mol$,下列叙述正确的是 (　　)

A. 4 mol NH_3 和 5 mol O_2 反应,达到平衡时放出的热量为 905.9 kJ

B. 平衡时 $v_{正}(O_2)=\frac{4}{5}v_{逆}(NO)$

C. 平衡后降低压强,混合气体平均摩尔质量增大

D. 平衡后升高温度,混合气体中 NO 含量降低

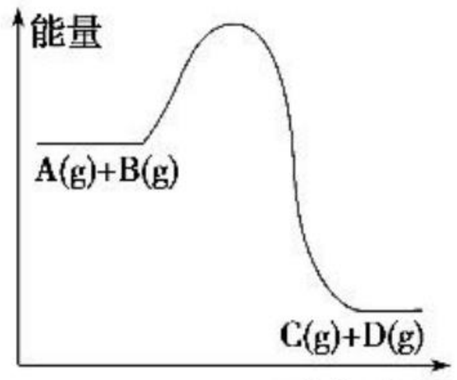
关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

9. 由丙烯合成正丁醛的反应：$CH_3CH{=}CH_2(g)+CO+H_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} CH_3CH_2CH_2CHO(l)$ 该反应为正向放热的可逆反应，为增大反应速率和提高原料气的转化率，你认为应该采用的适宜反应条件是（　　）

A. 低温、高压、催化剂　　B. 适当的温度、高压、催化剂

C. 常温、常压、催化剂　　D. 适当的温度、常压、催化剂

10. 反应 $A(g)+B(g) \rightleftharpoons C(g)+D(g)$ 过程中的能量变化如图所示，下列说法正确的是（　　）



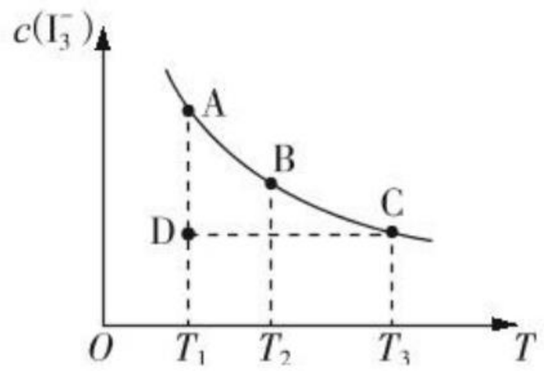
A. 该反应的正反应为吸热反应

B. 升高温度，利于 A 的转化率增大

C. 加入催化剂时，该反应的反应热发生改变

D. 增大压强，能够加快反应达到平衡状态的速率

11. **(2019·静海二中高二月考)** 已知，$I_2(aq)+I^-(aq) \rightleftharpoons I_3^-(aq)$。某 I_2、KI 溶液中，$c(I_3^-)$ 与温度（T）的关系如图所示（曲线上任何一点都表示平衡状态）。下列说法正确的是（　　）



A. 反应 $I_2(aq)+I^-(aq) \rightleftharpoons I_3^-(aq)$　$\Delta H>0$

B. 状态 A 的 $c(I_2)$ 比状态 D 的小

C. A 点对应的反应速率大于 C 点对应的反应速率

D. 其他条件不变，向溶液中加入 KI 固体，平衡由 C 点移动到 D 点

12. **(2018·北京西城区高二检测)** 将 4 mol A 和 2 mol B 放入 2 L 密闭容器中发生反应：$2A(g)+B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$；$\Delta H<0$，4 s 后反应达到平衡状态，此时测得 C 的浓度为 0.6 mol/L。下列说法正确的是（　　）

A. 4 s 内，$v(B)=0.075\ mol/(L\cdot s)$

B. 4 s 后平衡状态下，$c(A):c(C)=2:1$

C. 达到平衡状态时，若只升高温度，则 C 的物质的量浓度增大

D. 达到平衡状态后，若温度不变，缩小容器的体积，则 A 的转化率降低

13. 设反应①$Fe(s)+CO_2(g) \rightleftharpoons FeO(s)+CO(g)$　$\Delta H=a\ kJ/mol$，反应②$Fe(s)+H_2O(g) \rightleftharpoons FeO(s)+H_2(g)$　$\Delta H=b\ kJ/mol$，以上两反应的平衡常数分别为 K_1 和 K_2。在不同温度下，K_1、K_2 的值如表：

T/K	K_1	K_2
973	1.47	2.38
1 173	2.15	1.67

下列有关叙述正确的是（　　）

A. $b>0$　　B. 在 973 K 下增大压强，K_2 增大

C. $a>b$　　D. 在常温下反应①一定能自发进行

14. **(2019·潍坊高二检测)** 某温度下，在一个 2 L 的密闭容器中，加入 4 mol A 和 2 mol B 进行如下反应：$3A(g)+2B(g) \rightleftharpoons 4C(s)+D(g)$，反应 2 min 后达到平衡，测得生成 1.6 mol C，下列说法正确的是（　　）

A. 前 2 min，D 的平均反应速率为 $0.2\ mol/(L\cdot min)$

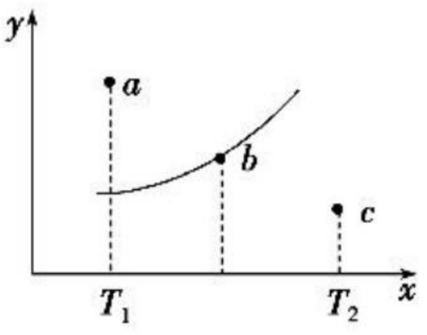
B. 此时，B 的平衡转化率是 40%

C. 增大该体系的压强，平衡不移动

D. 增加 B，平衡向右移动，B 的平衡转化率增大

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料

15.（**2018·东北师大附中高二检测**）有一反应：2A＋B⇌2C，其中A、B、C均为气体，图中的曲线是该反应在不同温度下的平衡曲线，x轴表示温度，y轴表示B的转化率，图中有a、b、c三点，如图所示，则下列描述正确的是（　　）



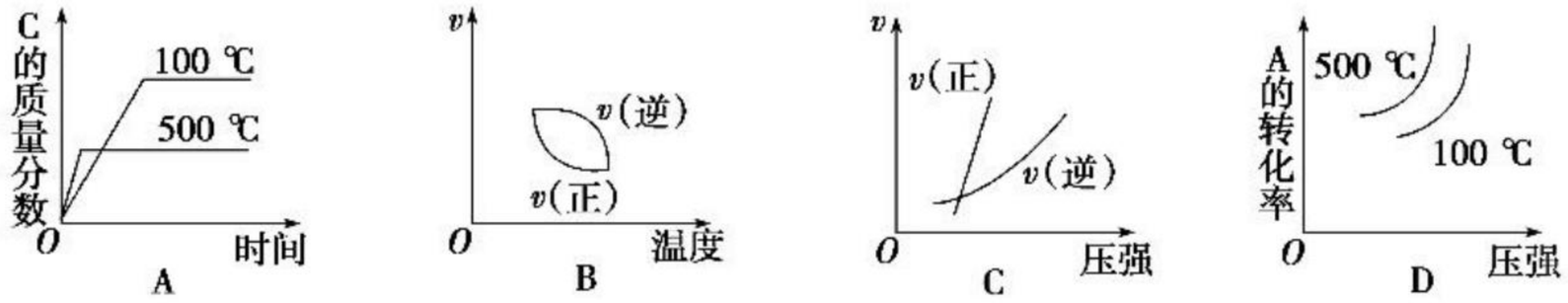
A. 该反应是放热反应

B. b点时混合气体的平均摩尔质量不再变化

C. T_1温度下若由a点达到平衡，可以采取增大压强的方法

D. c点：v(正)＜v(逆)

16.（双选）用来表示可逆反应2A(g)＋B(g)⇌2C(g)（正反应为放热反应）的正确图象为（　　）



二、非选择题（本题包括6个小题，共52分）

17.（6分）合成氨工业中，原料气（N_2、H_2及少量的CO、NH_3的混合气）在进入合成塔前常用醋酸二氨合铜（Ⅰ）溶液来吸收原料气中的CO，其反应是：

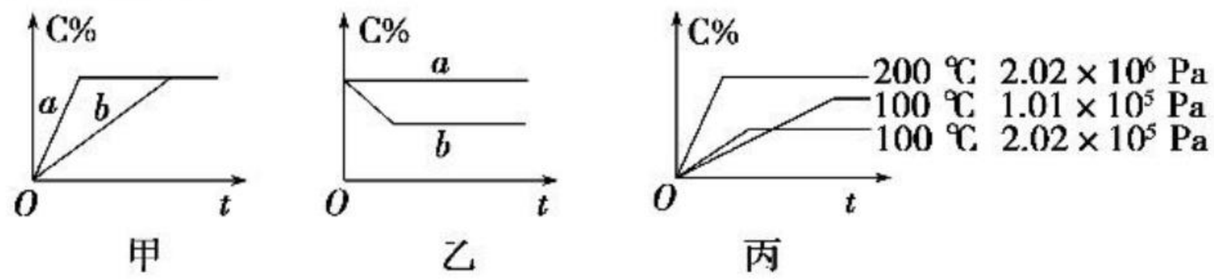
$[Cu(NH_3)_2CH_3COO]+CO+NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_3]CH_3COO \cdot CO$（正反应为放热反应）

(1)必须除去原料气中的CO的原因是_____。

(2)醋酸二氨合铜（Ⅰ）溶液吸收CO的适宜条件是_____。

(3)吸收CO后的醋酸铜氨溶液经过适当处理又可再生，恢复其吸收CO的能力以供循环使用，醋酸铜氨溶液再生的适宜条件是_____。

18.（8分）现有下列可逆反应：A(g)＋B(g)⇌xC(g)，在不同条件下生成物C在反应混合物中的质量分数(C%)和反应时间(t)的关系如图：



请根据图象回答下列问题：

(1)若甲图中两条曲线分别表示有催化剂和无催化剂的情况，则_____曲线表示无催化剂时的情况（填字母，下同）。

(2)若乙图表示反应达到平衡后分别在恒温恒压条件下和恒温恒容条件下向平衡混合气体中充入惰性（与反应体系中任一物质均不反应）气体后的情况，则_____曲线表示恒温恒容的情况。

(3)根据丙图可以判断该可逆反应的正反应是_____（填“吸”或“放”）热反应。

(4)化学计量数x的值_____（填取值范围）；判断的依据是_____。

19.（10分）一种“人工固氮”的新方法是在常温、常压、光照条件下，N_2在催化剂表面与水发生反应生成NH_3：

$$N_2+3H_2O \rightleftharpoons 2NH_3+\frac{3}{2}O_2$$

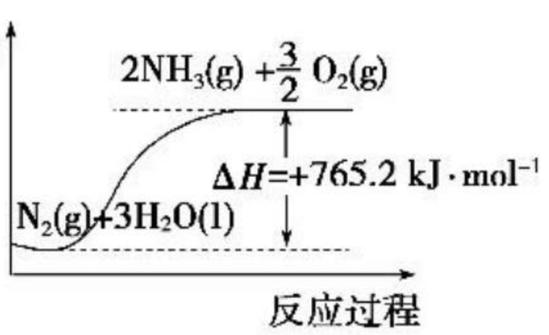
进一步研究NH_3生成量与温度的关系，部分实验数据如表所示（反应时间3 h）：

T/℃	30	40	50
生成NH_3量/(10^{-6} mol)	4.8	5.9	6.0

请回答下列问题：

(1)50 ℃时从开始到3 h内以O_2物质的量变化表示的平均反应速率为_____ mol·h^{-1}。

(2)该反应过程与能量关系可用如图表示，则反应的热化学方程式是_____。



(3)与目前广泛应用的工业合成氨方法相比，该方法中固氮反应速率较慢。请提出可提高其反应速率且增大NH_3生成量的建议：_____。

关注微信公众号“教辅资料站”获取更多学习资料