2022 北京石景山高三（上）期末

化　　学

考生须知	**1.本试卷分为选择题和非选择题两部分，满分 100 分。考试时间 90 分钟。** **2.在答题卡上准确填写学校名称、姓名和准考证号。** **3.请将答案填在答题卡的相应位置。**

可能用到的相对原子质量：H-1　C-12　N-14　O-16　Cl-35.5　Ti-47.9　Fe-56

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 近几年首钢园成为北京文化创意产业的新高地。下列首钢园中所涉及的材料不属于金属材料的是

A	B	C	D
			
首钢园内的不锈钢雕塑	首钢滑雪大跳台的钢结构赛道	无人驾驶汽车的合金外壳	观赛区的塑料座椅

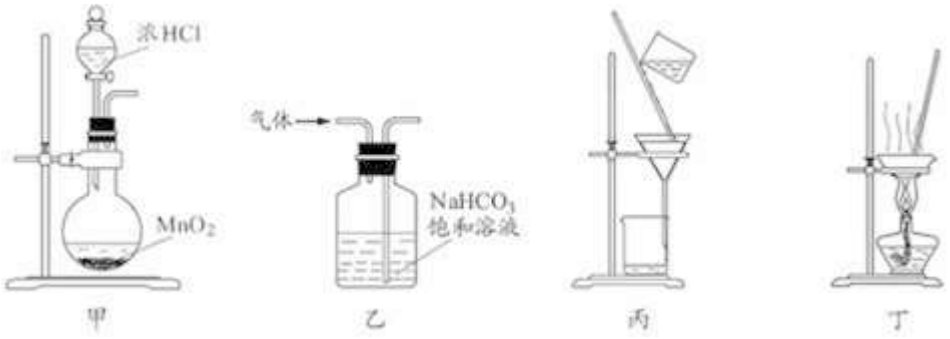
A. A　　B. B　　C. C　　D. D

2. 2021 年我国科学家首次合成新核素 $^{214}_{92}U$，$^{214}_{92}U$ 下列说法不正确的是

A. $^{214}_{92}U$ 原子核内质子数为 214　　B. $^{214}_{92}U$ 原子核内中子数为 122

C. $^{214}_{92}U$ 原子核外电子数为 92　　D. $^{214}_{92}U$ 和 $^{235}_{92}U$ 互为同位素

3. 下列装置应用于实验室制氯气并回收氯化锰的实验，能达到实验目的的是



A. 用装置甲制取氯气

B. 用装置乙除去氯气中的少量氯化氢

C. 用装置丙分离二氧化锰和氯化锰溶液

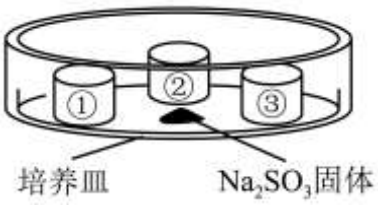
D. 用装置丁蒸干氯化锰溶液制 $MnCl_2·4H_2O$

4. 下列性质的比较，不能用元素周期律解释的是

A. 酸性：H_2SO_3<HCl　　B. 非金属性：Cl>Br

C. 碱性：NaOH>$Mg(OH)_2$　　D. 第一电离能：K<Ca

5. 某小组同学验证 SO_2 的性质。装置如图所示，培养皿中①、②、③三个塑料瓶盖内盛有不同物质。向 Na_2SO_3 固体上滴加适量 70%的 H_2SO_4，迅速用玻璃片将培养皿盖严，实验记录如表。下列说法不正确的是

实验装置	瓶盖	物质	实验现象
	①	酸性 $KMnO_4$ 溶液	紫色褪去
	②	蘸有品红溶液的棉花	红色褪去
	③	蒸馏水	无明显变化

A. Na_2SO_3 和 H_2SO_4 反应的化学方程式：$Na_2SO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+SO_2↑+H_2O$

B. 瓶盖①中的实验现象能证明 SO_2 具有还原性

C. 瓶盖②中的实验现象能证明 SO_2 具有漂白性

D. 瓶盖③中的实验现象能证明 SO_2 和水不反应

6. 下列方程式与所给事实相符的是

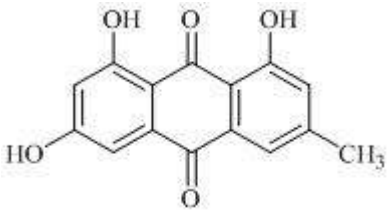
A. 向碳酸钠溶液中滴入酚酞溶液，溶液变红：$CO_3^{2-}+2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3+2OH^-$

B. $Fe(OH)_2$ 白色沉淀在空气中变为红褐色：$4Fe(OH)_2+O_2+2H_2O=4Fe(OH)_3$

C. 蒸馏水中加入碳酸钙粉末导电能力增强：$CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+}+CO_3^{2-}$

D. 钢铁发生吸氧腐蚀时，铁做负极被氧化：$Fe-3e^-=Fe^{3+}$

7. 大黄素是中药大黄的主要成分，有广泛的药理作用。下列有关大黄素的说法正确的是



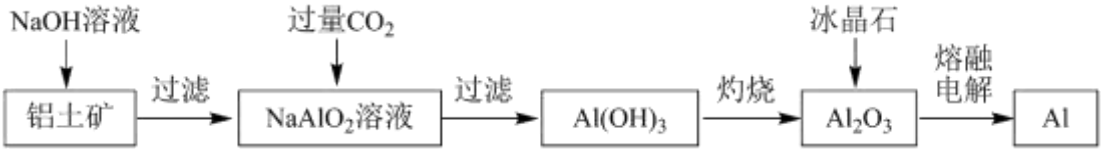
A. 分子中有 4 种官能团

B. 在空气中可发生氧化反应

C. 能与 $NaHCO_3$ 溶液反应

D. 常温下能与 Br_2 发生取代反应和加成反应

8. 从铝土矿(主要成分 Al_2O_3)中提取铝的工艺流程如图。下列说法不正确的是



A. 从 $NaAlO_2 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3$ 的转化过程中涉及的反应均为非氧化还原反应

B. Al_2O_3 与 NaOH 溶液反应的化学方程式：$Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$

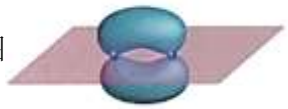
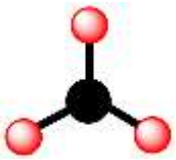
C. $NaAlO_2$ 生成 $Al(OH)_3$ 的离子方程式：$AlO_2^-+CO_2+2H_2O=Al(OH)_3\downarrow+HCO_3^-$

D. 电解熔融 Al_2O_3 阳极的电极反应式：$Al^{3+}+3e^-=Al$

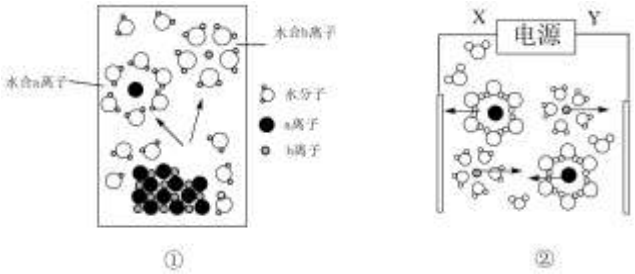
9. 下列化学用语或图示表达正确的是

A. NaCl 的电子式 $Na:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:$

B. SO_2 的 VSEPR 模型 

C. p—pσ 键电子云轮廓图  D. CO_3^{2-} 的空间结构模型 

10. NaCl 固体溶解过程及 NaCl 溶液导电的示意图如下。下列说法正确的是



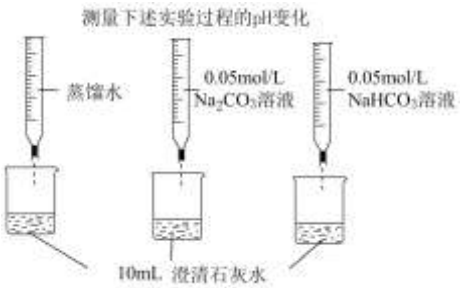
A. 图①中，a 离子为 Na^+，b 离子为 Cl^-

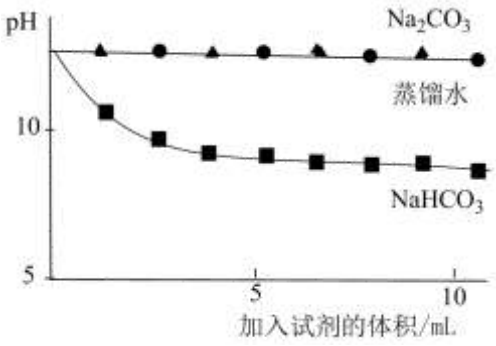
B. 通电后，NaCl 发生电离

C. 图②表示通电后，离子定向移动，推测 X 为电源正极

D. 金属导电是物理变化，电解质溶液导电也是物理变化

11. 实验小组利用传感器探究 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 性质，下列说法不正确的是





A. Na_2CO_3 溶液和澄清石灰水反应的离子方程式：$CO_3^{2-}+Ca^{2+}=CaCO_3\downarrow$

B. 滴加 Na_2CO_3 溶液的 pH 变化曲线与滴加蒸馏水的基本重合，说明 Na_2CO_3 溶液和澄清石灰水反应时 OH^- 未参与反应

C. 滴加 $NaHCO_3$ 溶液的 pH 变化与滴加 Na_2CO_3 溶液的有明显差异，原因是滴加 $NaHCO_3$ 溶液的烧杯中 HCO_3^- 消耗了 OH^-

D. $NaHCO_3$ 溶液和澄清石灰水反应的离子方程式：$HCO_3^- + OH^- = CO_3^{2-} + H_2O$

12. 在容积不变的密闭容器中发生反应：$CO(g)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$　$\Delta H<0$，830℃时反应的平衡常数是 1.0，下列说法正确的是

A. 容器内的压强不变时，说明反应达到平衡状态

B. 若平衡时移走 CO_2，则平衡向正反应方向移动，化学反应速率加快

C. 830℃时，充入 0.1molCO 和 0.3molH_2O 保持温度不变，CO 平衡转化率为 75%

D. 1000℃时，某时刻 CO_2、H_2、CO 和 H_2O 的浓度均为 0.05mol/L，此时平衡向正反应方向移动

13. 已知：$C(s,石墨)+O_2(g)=CO_2(g)$　$\Delta H_1=-393.5kJ/mol$

$CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=CO_2(g)$　$\Delta H_2=-283kJ/mol$

理论上 2mol 石墨不充分燃烧，生成等物质的量的 CO(g)和 CO_2(g)放出的热量是

A. 676.5kJ　　B. 504kJ　　C. 283kJ　　D. 110.5kJ

14. 在常温下，有关下列 4 种溶液的叙述中不正确的是

编号	①	②	③	④
溶液	氨水	氢氧化钠溶液	醋酸	盐酸
pH	11	11	3	3

A. 在溶液①和②中分别加入适量的氯化铵晶体后，两种溶液的 pH 均减小

B. 分别取 1 mL 稀释至 10 mL，4 种溶液的 pH：①＞②＞④＞③

C. 将溶液②和③等体积混合，所得溶液中：$c(CH_3COO^-)>c(Na^+)>c(OH^-)>c(H^+)$

D. 将 a L 溶液②和 b L 溶液④混合后，若所得溶液的 pH=4，则 a：b=9：11

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

15. CO_2是一种自然界大量存在的“碳源”化合物，借助零碳能源(太阳能等)制得的H_2可将CO_2转化为燃料，能缓解温室效应和解决能源危机问题。

（1）硅太阳能电池可实现太阳能向电能的转化，Si在元素周期表中的位置____。

（2）电解水制H_2，阴极电极反应式是____。

（3）聚乙烯亚胺捕获CO_2并原位氢化　甲醇，反应历程如图1所示。

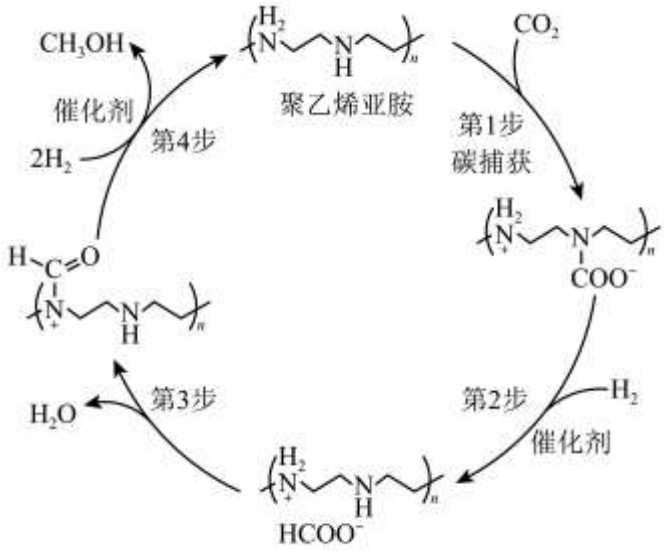


图1

①写出CO_2的电子式____。

②写出生成甲醇的总反应_____。

（4）微生物电解池能将CO_2转化为CH_4，其工作原理如图2所示，写出所有生成CH_4的反应_____。

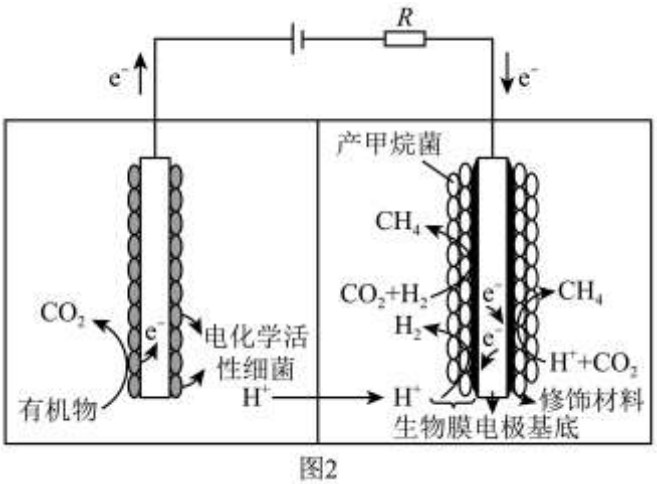
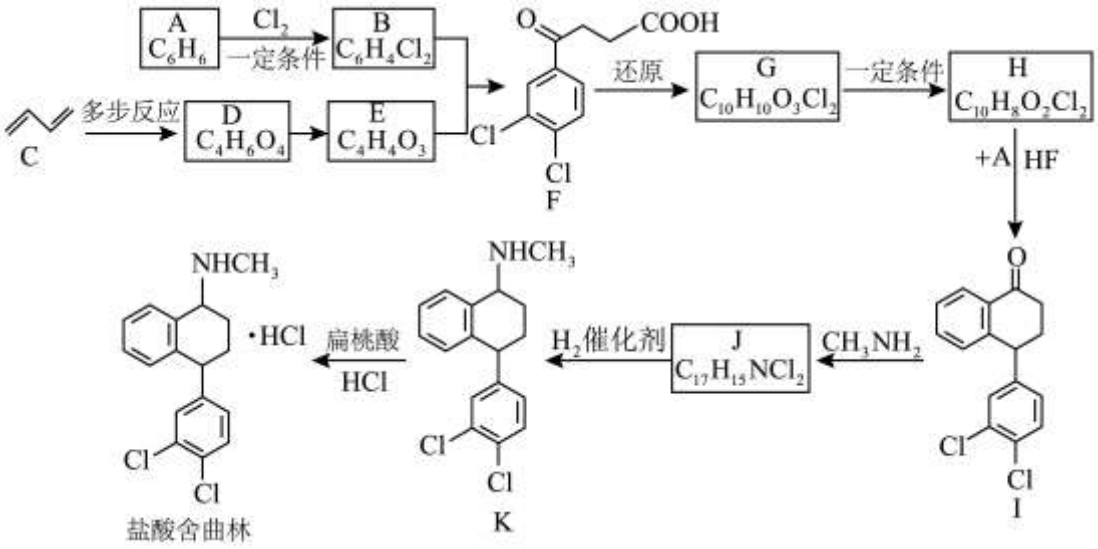
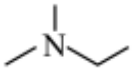


图2

16. 盐酸舍曲林是一种精神类药物，一种合成盐酸舍曲林的路线如图。



已知：有机化合物的结构可用键线式表示，如$(CH_3)_2NCH_2CH_3$的键线式为。

（1）A→B 的反应类型是____。

（2）C 中所含官能团的名称_____。

（3）D 属于二元羧酸，E 含有五元环，E 的核磁共振氢谱只有 1 组吸收峰。E 的键线式是____。

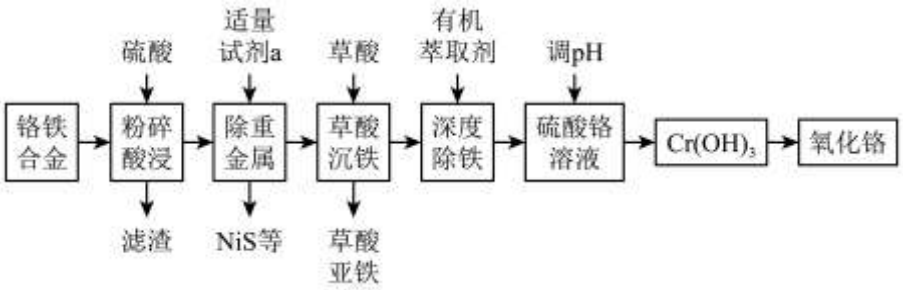
（4）H 含有 1 个苯环和 1 个五元环，G→H 的化学方程式是_____。

（5）J 的结构简式是____。

（6）A 的一种同系物的分子式是 C_7H_8，其二氯代物有____种，写出其中一种含有亚甲基(—CH_2—)的结构简式_____。

（7）以 C()为起始原料，选用必要的无机试剂合成 D，写出合成路线(用结构简式或键线式表示有机化合物，用箭头表示转化关系，箭头上注明试剂和反应条件)_____。

17. 我国科学家以铬铁合金(主要成分铬、铁、镍)为原料，提出了制备氧化铬的“铬铁—三价铬冶金化工联合法”，彻底解决了传统铬生产工艺中六价铬的污染问题，其工艺流程示意图如图。



已知：整个工艺流程，溶液中的铬元素均为+3 价。

（1）写出酸浸时的离子方程式____(至少写 2 个)。

（2）硫化铬属于难溶电解质，FeS 和 NiS 的溶度积如表所示，试剂 a 为____。将 NiS 固体加入 0.1mol/L$FeSO_4$溶液中，分析是否有 FeS 生成____(简述计算过程，$\sqrt{28}$≈5.3)。

硫化物	K_{sp}
FeS	6.3×10^{-18}
NiS	2.8×10^{-21}

（3）加入草酸($H_2C_2O_4$)生成草酸亚铁的化学方程式____。

（4）为满足冶金及颜料级铬绿的要求，氧化铬产品中铁的质量分数应低于 0.03%。一种测定氧化铬中铁含量的操作如下：

i.称取 mg 氧化铬产品，用酸溶解；

ii.多步操作分离铁和铬；

iii.取含有 Fe^{3+}的溶液，调 pH，加入指示剂，用 cmol/L 的无色 EDTA—2Na 溶液滴定，共消耗 EDTA—2Na 标准液 VmL。

资料：EDTA—2Na 和 Fe^{3+}按物质的量 1：1 反应，低浓度时产物无明显颜色。

①指示剂是____，滴定终点的现象为____。

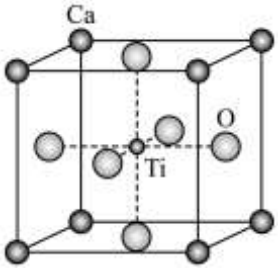
②氧化铬产品中铁　质量分数是____。

18. d 区金属元素钛有“太空金属”“未来金属”等美誉，在航空航天、海洋产业等行业有重要作用。回答下列问题：

（1）基态钛原子的核外电子排布式为____。

（2）原子中运动的电子有两种相反的自旋状态，若一种自旋状态用+$\frac{1}{2}$表示，与之相反的则用-$\frac{1}{2}$表示，称为电子的自旋磁量子数。对于基态钛原子，其价电子自旋磁量子数的代数和为____。

（3）如图所示的晶体结构是一种基础无机介电材料的最小结构单元(晶胞)，这种晶体材料的化学式为_____。



（4）我国科学家用 Mg_3N_2 和 $TiCl_4$ 制备超导材料 TiN，理论分析可能的反应为：

$Mg_3N_2+2TiCl_4=2TiN+3MgCl_2+Cl_2\uparrow$ I

$4Mg_3N_2+6TiCl_4=6TiN+12MgCl_2+N_2\uparrow$ II

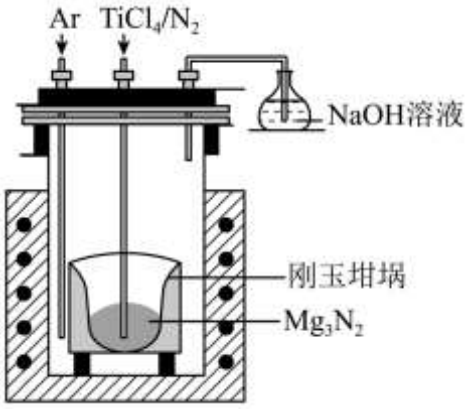
已知：i.部分物质的熔沸点

	Mg_3N_2	$TiCl_4$	$MgCl_2$	TiN
熔点/℃	800(分解)	-25	714	2950
沸点/℃	700(升华)	136.4	1412	(略)

ii.$TiCl_4$ 能和 NaOH 溶液反应。

制备 TiN 的关键步骤如下：600℃时，将 $TiCl_4$ 按 0.2L/min 的速率通入盛有 Mg_3N_2 的刚玉坩埚内，当 $TiCl_4$ 适当过量后停止通入，在 N_2 中冷却至室温。

科学家通过测定不同时间段尾气处理装置中钛和氯的质量百分含量，进而确定生成 TiN 反应的化学方程式。



①$TiCl_4$ 属于____晶体。

②结合图，判断制备 TiN 的反应是“I”还是“II”，并说明判断依据_____。

19. 某小组通过实验探究 NO　某些性质。

（1）从氮元素的价态角度分析，NO 有_____性。

（2）以 Cu 和 HNO_3 为原料制备 NO，反应的化学方程式为_____。

（3）设计实验探究 NO 的氧化性。

实验I：用排水法收集一瓶 NO，将其倒扣在盛有碱性 Na_2SO_3 溶液的水槽中，振荡，观察到集气瓶中液面上升。

资料：i.NO 与碱性 Na_2SO_3 溶液会发生氧化还原反应，NO 被还原为 $N_2O_2^{2-}$ 。

ii.Ag^+与 $N_2O_2^{2-}$ 反应生成黄色沉淀。

①检验 SO_3^{2-} 的氧化产物。取少量实验I反应后集气瓶中的溶液，_____(填操作和实验现象)。

②某同学认为，需通过进一步实验验证 NO 的氧化性，补充以下实验：

实验II：取饱和 Na_2SO_4 溶液，加入少量冰醋酸，再滴加 5 滴 0.1mol/L 的 $AgNO_3$ 溶液，无明显变化。

实验III：取少量实验I反应后集气瓶中的溶液，加入少量冰醋酸，再滴加 5 滴 0.1mol/L 的 $AgNO_3$ 溶液，_____(填实验现象)。

上述实验证明 NO 有氧化性。

实验II的目的是_____。

③写出 NO 与碱性 Na_2SO_3 溶液反应的离子方程式_____。

④从电极反应角度分析 NO 与碱性 Na_2SO_3 溶液的反应。

还原反应：$2NO+2e^-=N_2O_2^{2-}$

氧化反应：_____。

实验IV：用排水法收集两瓶 NO，将其分别倒扣在饱和 Na_2SO_3 溶液和加有 NaOH 的饱和 Na_2SO_3 溶液中，后者集气瓶中液面上升更快。

根据上述实验所得结论：_____。

（4）某同学结合所学知识设计处理工业废气中 SO_2 和 NO　实验方案，达到消除污染，保护环境的目的。

①先用饱和纯碱溶液吸收废气中的 SO_2，反应的化学方程式是_____。

②再向生成的溶液中加入一定量_____，以此溶液来吸收 NO 气体。

参考答案

考生须知	**1.本试卷分为选择题和非选择题两部分，满分 100 分。考试时间 90 分钟。** **2.在答题卡上准确填写学校名称、姓名和准考证号。** **3.请将答案填在答题卡的相应位置。**

可能用到的相对原子质量：H-1　C-12　N-14　O-16　Cl-35.5　Ti-47.9　Fe-56

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 近几年首钢园成为北京文化创意产业的新高地。下列首钢园中所涉及的材料不属于金属材料的是

A	B	C	D
			
首钢园内的不锈钢雕塑	首钢滑雪大跳台的钢结构赛道	无人驾驶汽车的合金外壳	观赛区的塑料座椅

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A．首钢园内的不锈钢雕塑属于铁合金，属于合金材料，A 不符合题意；

B．首钢滑雪大跳台的钢结构赛道是铁合金属于合金材料，B 不符合题意；

C．无人驾驶汽车的合金外壳是合金材料，C 不符合题意；

D．观赛区的塑料座椅是有机合成材料，不属于合金材料，D 符合题意；

故合理选项是 D。

2. 2021 年我国科学家首次合成新核素 $^{214}_{92}U$，$^{214}_{92}U$ 下列说法不正确 是

A. $^{214}_{92}U$ 原子核内质子数为 214

B. $^{214}_{92}U$ 原子核内中子数为 122

C. $^{214}_{92}U$ 原子核外电子数为 92

D. $^{214}_{92}U$ 和 $^{235}_{92}U$ 互为同位素

【答案】A

【解析】

【详解】A． $^{214}_{92}U$ 原子核内质子数为 92，质量数为 214，A 错误；

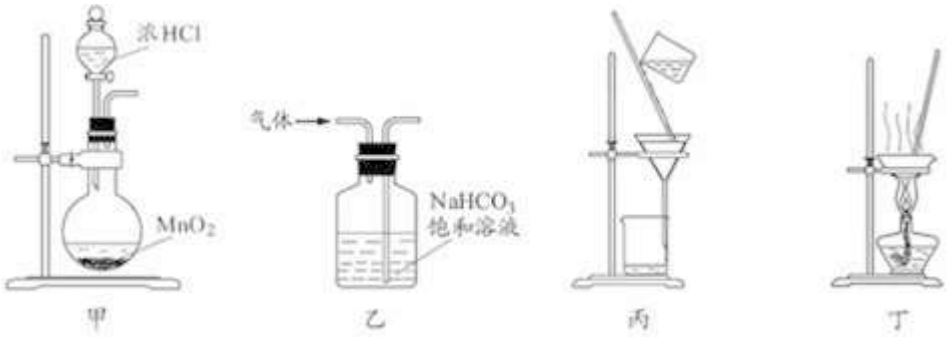
B． $^{214}_{92}U$ 原子核内中子数为 214-92=122，B 正确；

C． $^{214}_{92}U$ 原子质子数=核外电子数=92，C 正确；

D． $^{214}_{92}U$ 和 $^{235}_{92}U$ 是质子数相同中子数不同的不同核素、二者互为同位素，D 正确；

答案选 A。

3. 下列装置应用于实验室制氯气并回收氯化锰的实验，能达到实验目的的是



A. 用装置甲制取氯气

B. 用装置乙除去氯气中的少量氯化氢

C. 用装置丙分离二氧化锰和氯化锰溶液

D. 用装置丁蒸干氯化锰溶液制 $MnCl_2·4H_2O$

【答案】C

【解析】

【详解】A、二氧化锰与浓盐酸需要在加热的条件下反应制取氯气，A 不正确；

B、用装置乙除去氯气中的少量氯化氢应该用饱和氯化钠溶液，且气体是长口进短口出，B 不正确；

C、二氧化锰不溶于水，因此分离二氧化锰和氯化锰溶液需要过滤，装置丙是过滤装置，C 正确；

D、锰离子水解，水解吸热，因此不能直接加热蒸发氯化锰溶液制备 $MnCl_2·4H_2O$，应该在氯化氢的气氛中进行，D 不正确。

答案选 C。

4. 下列性质的比较，不能用元素周期律解释的是

A. 酸性：H_2SO_3<HCl　　B. 非金属性：Cl>Br

C. 碱性：NaOH>$Mg(OH)_2$　　D. 第一电离能：K<Ca

【答案】A

【解析】

【详解】A．元素的非金属性越强，对应的最高价氧化物的水化物的酸性越强，但 H_2SO_3 不是硫的最高价氧化物的水化物，HCl 也不是氯的最高价氧化物的水化物，不能用元素周期律解释，故 A 选；

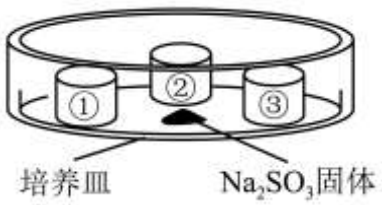
B．同主族元素从上到下非金属性依次减弱，则非金属性：Cl＞Br，能用元素周期律解释，故 B 不选；

C．元素的金属性越强，对应的最高价氧化物的水化物的碱性越强，金属性：Na＞Mg，则碱性：NaOH＞$Mg(OH)_2$，能用元素周期律解释，故 C 不选；

D．同周期元素第一电离能从左到右有增大的趋势，第一电离能：K<Ca，能用元素周期律解释，故 D 不选；

故选 A。

5. 某小组同学验证 SO_2 的性质。装置如图所示，培养皿中①、②、③三个塑料瓶盖内盛有不同物质。向 Na_2SO_3 固体上滴加适量 70%的 H_2SO_4，迅速用玻璃片将培养皿盖严，实验记录如表。下列说法不正确的是

实验装置	瓶盖	物质	实验现象
	①	酸性 $KMnO_4$ 溶液	紫色褪去
	②	蘸有品红溶液的棉花	红色褪去
	③	蒸馏水	无明显变化

A. Na_2SO_3 和 H_2SO_4 反应的化学方程式：$Na_2SO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+SO_2↑+H_2O$

B. 瓶盖①中的实验现象能证明 SO_2 具有还原性

C. 瓶盖②中的实验现象能证明 SO_2 具有漂白性

D. 瓶盖③中的实验现象能证明 SO_2 和水不反应

【答案】D

【解析】

【详解】A．H_2SO_3 的酸性比 H_2SO_4 弱、H_2SO_3 易分解，则 Na_2SO_3 和 H_2SO_4 能发生复分解反应，化学方程式：$Na_2SO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+SO_2\uparrow+H_2O$，A 正确；

B． 瓶盖①中二氧化硫使酸性高锰酸钾褪色，则高锰酸钾中锰元素化合价降低、发生还原反应、能证明 SO_2 具有还原性，B 正确；

C． 品红是有机色质、瓶盖②中二氧化硫使品红褪色，证明 SO_2 具有漂白性，C 正确；

D． 有些反应无明显现象，瓶盖③中蒸馏水没有明显变化，不能证明 SO_2 和水不反应，D 错误；

答案选 D。

6. 下列方程式与所给事实相符的是

A. 向碳酸钠溶液中滴入酚酞溶液，溶液变红：$CO_3^{2-}+2H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3+2OH^-$

B. $Fe(OH)_2$ 白色沉淀在空气中变为红褐色：$4Fe(OH)_2+O_2+2H_2O=4Fe(OH)_3$

C. 蒸馏水中加入碳酸钙粉末导电能力增强：$CaCO_3\rightleftharpoons Ca^{2+}+CO_3^{2-}$

D. 钢铁发生吸氧腐蚀时，铁做负极被氧化：$Fe-3e^-=Fe^{3+}$

【答案】B

【解析】

【详解】A．碳酸钠溶液因水解呈碱性，向碳酸钠溶液中滴入酚酞溶液，溶液变红：$CO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$，A 错误；

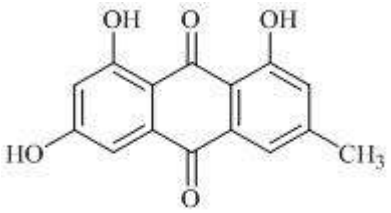
B． $Fe(OH)_2$ 白色沉淀在空气中被氧化为氢氧化铁、故沉淀由白色最终变为红褐色：$4Fe(OH)_2+O_2+2H_2O=4Fe(OH)_3$，B 正确；

C． 蒸馏水中加入碳酸钙粉末导电能力变化有所增强、但 $CaCO_3$ 难溶，虽然溶于水中的碳酸钙完全电离，故溶液中 Ca^{2+} 与 CO_3^{2-} 浓度较小，故导电能力增强不大，沉淀溶解平衡为 $CaCO_3(s)\rightleftharpoons Ca^{2+}(aq)+CO_3^{2-}(aq)$，$CaCO_3$ 的电离方程式为 $CaCO_3=Ca^{2+}+CO_3^{2-}$，C 错误；

D． 钢铁发生吸氧腐蚀时，铁做负极被氧化为亚铁离子：$Fe-2e^-=Fe^{2+}$，D 错误；

答案选 B。

7. 大黄素是中药大黄的主要成分，有广泛的药理作用。下列有关大黄素的说法正确的是



A. 分子中有 4 种官能团

B. 在空气中可发生氧化反应

C. 能与 $NaHCO_3$ 溶液反应

D. 常温下能与 Br_2 发生取代反应和加成反应

【答案】B

【解析】

【详解】A．根据物质结构简式可知：该物质分子中含有羟基、羰基两种官能团，A 错误；

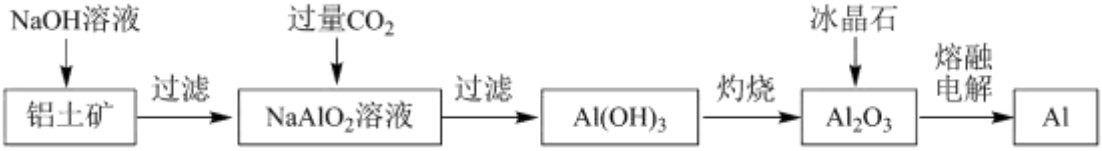
B．该物质分子中含有酚羟基，容易被空气中的氧气氧化，因而能发生氧化反应，B 正确；

C．由于碳酸的酸性比苯酚酸性强，所以该物质不能与 $NaHCO_3$ 溶液反应，C 错误；

D．在常温下该物质能与 Br_2 发生取代反应，但是不能与其发生加成反应，D 错误；

故合理选项是 B。

8. 从铝土矿(主要成分 Al_2O_3)中提取铝的工艺流程如图。下列说法不正确的是



A. 从 $NaAlO_2 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3$ 的转化过程中涉及的反应均为非氧化还原反应

B. Al_2O_3 与 NaOH 溶液反应的化学方程式：$Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$

C. $NaAlO_2$ 生成 $Al(OH)_3$ 的离子方程式：$AlO_2^- +CO_2+2H_2O=Al(OH)_3\downarrow+HCO_3^-$

D. 电解熔融 Al_2O_3 阳极的电极反应式：$Al^{3+}+3e^-=Al$

【答案】D

【解析】

【详解】A．向 $NaAlO_2$ 溶液中通入 CO_2 气体，发生反应 $Al(OH)_3$，$Al(OH)_3$ 不稳定，受热分解产生 Al_2O_3，在上述转化过程中元素化合价都不变，因此涉及的反应均为非氧化还原反应，A 正确；

B．Al_2O_3 是两性氧化物，与 NaOH 溶液反应产生 $NaAlO_2$ 和水，反应的化学方程式为：$Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$，B 正确；

C．由于 $Al(OH)_3$ 是两性物质，能够与强酸、强碱发生反应，为避免 $NaAlO_2$ 与强酸反应时产生的 $Al(OH)_3$ 被过量的强酸溶解变为可溶性铝盐，根据酸性：$H_2CO_3>Al(OH)_3$，向 $NaAlO_2$ 溶液中通入过量 CO_2 气体，反应产生 $Al(OH)_3$、$NaHCO_3$，该反应的离子方程式为：$AlO_2^- +CO_2+2H_2O=Al(OH)_3\downarrow+HCO_3^-$，C 正确；

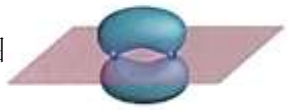
D．电解熔融 Al_2O_3 时，阴极上 Al^{3+} 得到电子被还原产生 Al 单质，故阴极的电极反应式：$Al^{3+}+3e^-=Al$；阳极上是 O^{2-} 失去电子变为 O_2，阳极的电极反应式为：$2O^{2-}-4e^-=O_2\uparrow$，D 错误；

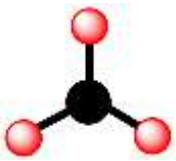
故合理选项是 D。

9. 下列化学用语或图示表达正确的是

A. NaCl 的电子式 $Na:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:$

B. SO_2 的 VSEPR 模型 

C. p—pσ 键电子云轮廓图 

D. CO_3^{2-} 的空间结构模型 

【答案】D

【解析】

【详解】A．NaCl 是离子化合物，Na^+ 与 Cl^- 之间以离子键结合，其电子式为：$Na^+\ [:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:]^-$，A 错误；

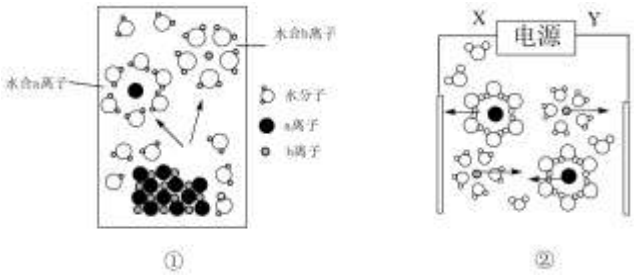
B．SO_2 中的中心 S 原子的价电子对数为 $2+\frac{6-2\times2}{2}=3$，含有 1 对孤电子对，S 原子为 sp^2 杂化，VSEPR 模型为平面三角形，不是 V 形，B 错误；

C．上述电子云轮廓图表示的是 p-pπ 键，该电子云轮廓图为未参与杂化的 p 电子通过肩并肩的方式形成的 π 键时，原子轨道的重叠部分对等地分布在包括键轴在内的平面上、下两侧，形状相同，并不具有 p—pσ 键电子云“头碰头”的特点，C 错误；

D．CO_3^{2-} 的中心 C 原子的价电子对数为 3+$\frac{4+2-2\times3}{2}$ =3，C 原子上不含有孤电子对，其空间结构模型是平面三角形，D 正确；

故合理选项是 D。

10. NaCl 固体溶解过程及 NaCl 溶液导电的示意图如下。下列说法正确的是



A. 图①中，a 离子为 Na^+，b 离子为 Cl^-

B. 通电后，NaCl 发生电离

C. 图②表示通电后，离子定向移动，推测 X 为电源正极

D. 金属导电是物理变化，电解质溶液导电也是物理变化

【答案】C

【解析】

【详解】A．水分子中 O 原子显负电性，会吸引钠离子，且钠离子的半径小于氯离子，所以 b 离子为 Na^+，c 离子为 Cl^-，A 错误；

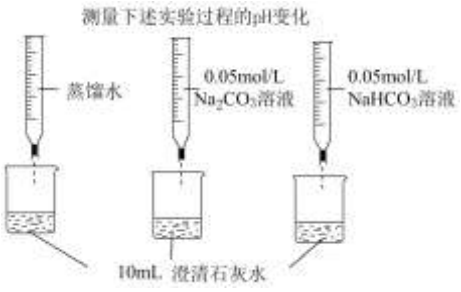
B．通电后，NaCl 发生电解，电离不需要通电，B 错误；

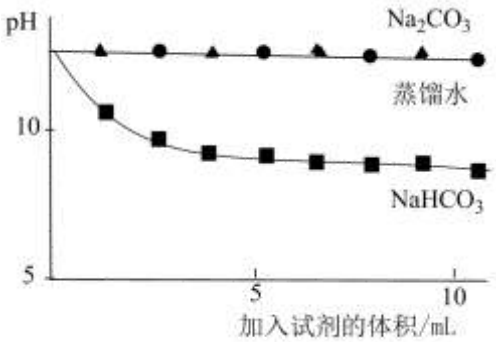
C．通电后为电解池，水和氯离子显负电，向阳极移动，所以 X 为电源正极，C 正确；

D．电解质溶液导电的过程即电解过程，有新物质生成，为化学变化，D 错误；

综上所述答案为 C。

11. 实验小组利用传感器探究 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 的性质，下列说法不正确的是





A. Na_2CO_3溶液和澄清石灰水反应的离子方程式：$CO_3^{2-}+Ca^{2+}=CaCO_3\downarrow$

B. 滴加Na_2CO_3溶液的pH变化曲线与滴加蒸馏水的基本重合，说明Na_2CO_3溶液和澄清石灰水反应时OH^-未参与反应

C. 滴加$NaHCO_3$溶液的pH变化与滴加Na_2CO_3溶液的有明显差异，原因是滴加$NaHCO_3$溶液的烧杯中HCO_3^-消耗了OH^-

D. $NaHCO_3$溶液和澄清石灰水反应的离子方程式：$HCO_3^-+OH^-=CO_3^{2-}+H_2O$

【答案】D

【解析】

【详解】A．Na_2CO_3溶液和澄清石灰水反应生成碳酸钙和氢氧化钠，反应的离子方程式为$CO_3^{2-}+Ca^{2+}=CaCO_3\downarrow$，A正确；

B．滴加Na_2CO_3溶液的pH变化曲线与滴加蒸馏水的基本重合，即溶液中氢氧根的浓度变化基本一致，因此可以说明Na_2CO_3溶液和澄清石灰水反应时OH^-未参与反应，B正确；

C．滴加$NaHCO_3$溶液的pH变化与滴加Na_2CO_3溶液的有明显差异，且前者pH小于后者，说明前者氢氧根的浓度小于后者，因此原因是滴加$NaHCO_3$溶液的烧杯中HCO_3^-消耗了OH^-，导致氢氧根浓度减小，pH增大，C正确；

D．澄清石灰水中滴加碳酸氢钠发生$Ca(OH)_2+NaHCO_3=CaCO_3\downarrow+H_2O+NaOH$，因此反应的离子方程式为$Ca^{2+}+HCO_3^-+OH^-=CaCO_3\downarrow+H_2O$，D错误；

答案选D。

12. 在容积不变的密闭容器中发生反应：$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$　$\Delta H<0$，830℃时反应的平衡常数是1.0，下列说法正确的是

A. 容器内的压强不变时，说明反应达到平衡状态

B. 若平衡时移走CO_2，则平衡向正反应方向移动，化学反应速率加快

C. 830℃时，充入 0.1molCO 和 0.3molH_2O 保持温度不变，CO 平衡转化率为 75%

D. 1000℃时，某时刻 CO_2、H_2、CO 和 H_2O 的浓度均为 0.05mol/L，此时平衡向正反应方向移动

【答案】C

【解析】

【详解】A．一定温度下容积不变时，体系压强与物质的量成正比。该反应气体分子总数始终不变、故压强也始终不变，则当体系压强不随时间变化时不能说明反应达到平衡状态，A 错误；

B．若平衡时移走 CO_2，则减少了产物浓度、平衡向正反应方向移动，但化学反应速率减小，B 错误；

C． 830℃时，充入 0.1molCO 和 0.3molH_2O 保持温度不变，

	$H_2O(g)$	$+CO(g)\rightleftharpoons$	$H_2(g)$	$+CO_2(g)$
起始(mol)	0.3	0.1	0	0
转化(mol)	x	x	x	x
平衡(mol)	0.3-x	0.1-x	x	x

，

$K=\frac{c(H_2)\cdot c(CO_2)}{c(H_2O)\cdot c(CO)}=\frac{(\frac{x}{V})^2}{\frac{0.3-x}{V}\cdot\frac{0.1-x}{V}}=1$，得 x=0.075mol，则 CO 平衡转化率为 75%，C 正确；

D．$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$　$\Delta H<0$，830℃时反应的平衡常数是 1.0，1000℃时，平衡左移，则 K＜1，某时刻 CO_2、H_2、CO 和 H_2O 的浓度均为 0.05mol/L，$Q_c=\frac{c(H_2)\cdot c(CO_2)}{c(H_2O)\cdot c(CO)}=1>K$，则此时平衡向逆反应方向移动，D 错误；

答案选 C。

13. 已知：$C(s,石墨)+O_2(g)=CO_2(g)$　$\Delta H_1=-393.5kJ/mol$

$CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=CO_2(g)$　$\Delta H_2=-283kJ/mol$

理论上 2mol 石墨不充分燃烧，生成等物质的量的 CO(g)和 CO_2(g)放出的热量是

A. 676.5kJ　　B. 504kJ　　C. 283kJ　　D. 110.5kJ

【答案】B

【解析】

【详解】已知反应①：$C(s,石墨)+O_2(g)=CO_2(g)$　$\Delta H_1=-393.5kJ/mol$

反应②$CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=CO_2(g)$ $\Delta H_2=-283kJ/mol$，按盖斯定律反应①-②得

$C(石墨，s)+\frac{1}{2}O_2(g)=CO(g)\Delta H=-110.5kJ\cdot mol^{-1}$，则理论上 2mol 石墨不充分燃烧，生成等物质的量的 CO(g)和 $CO_2(g)$放出的热量是 393.5kJ/mol×1mol+110.5kJ/mol×1mol=504kJ，B 满足；

答案选 B。

14. 在常温下，有关下列 4 种溶液的叙述中不正确的是

编号	①	②	③	④
溶液	氨水	氢氧化钠溶液	醋酸	盐酸
pH	11	11	3	3

A. 在溶液①和②中分别加入适量的氯化铵晶体后，两种溶液的 pH 均减小

B. 分别取 1 mL 稀释至 10 mL，4 种溶液的 pH：①＞②＞④＞③

C. 将溶液②和③等体积混合，所得溶液中：$c(CH_3COO^-)>c(Na^+)>c(OH^-)>c(H^+)$

D. 将 a L 溶液②和 b L 溶液④混合后，若所得溶液的 pH=4，则 a：b=9：11

【答案】C

【解析】

【分析】①②是碱溶液，溶液中 $c(OH^-)=10^{-3}$ mol/L；③④是酸，溶液中 $c(H^+)=10^{-3}$ mol/L。①③是弱电解质，部分电离，存在电离平衡，电解质浓度大于溶液中离子浓度 10^{-3} mol/L，而②④是强电解质，电解质浓度等于溶液中离子浓度 10^{-3} mol/L。

【详解】A．在①中存在电离平衡：$NH_3\cdot H_2O\rightleftharpoons NH_4^+ +OH^-$，向其中加入 NH_4Cl 固体后，溶液中 $c(NH_4^+)$增大，电离平衡逆向移动，导致溶液中 $c(OH^-)$减小，因而加入盐后溶液 pH 减小；向等 pH 的 NaOH 溶液中加入 NH_4Cl 固体后，盐 NH_4Cl 电离产生的 NH_4^+ 与溶液中 OH^-结合形成 $NH_3\cdot H_2O$，导致溶液中 $c(OH^-)$减小，因而 NaOH 溶液 pH 也减小，A 正确；

B．①③是弱电解质，存在电离平衡，加水促进弱电解质的电离，使溶液中离子浓度在稀释的基础上又有所增大，而②④是强电解质，稀释使溶液的离子浓度减小，所以分别取 1 mL 稀释至 10 mL，稀释 10 倍后，溶液中 $c(H^+)$：③＞④，则 pH：③＜④＜7，溶液中 $c(OH^-)$：①＞②，则溶液 pH：①＞②＞7，所以这四种溶液 pH 大小为：①＞②＞④＞③，B 正确；

C．②NaOH 是强碱，③CH_3COOH 是弱酸，当二者等体积混合后，溶液为 CH_3COONa 与 CH_3COOH 的混合溶液，CH_3COOH 电离产生 H^+使溶液显酸性，$c(H^+)>c(OH^-)$；CH_3COOH 电离产生 CH_3COO^-使溶液中 $c(CH_3COO^-)>c(Na^+)$，且盐电离产生的 Na^+浓度大于弱电解质 CH_3COOH 电离产生的 H^+的浓度，故溶液中离子浓度大小关系为：$c(CH_3COO^-)>c(Na^+)>c(H^+)>c(OH^-)$，C 错误；

D．将 a L 溶液②与 b L 溶液④混合后，若所得溶液的 pH=4，则混合溶液中 $c(H^+)=\frac{0.001(b-a)}{a+b}mol/L=10^{-4}mol/L$ 解得 a：b=9：11，D 正确；

故合理选项是 C。

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

15. CO_2 是一种自然界大量存在的“碳源”化合物，借助零碳能源(太阳能等)制得的 H_2 可将 CO_2 转化为燃料，能缓解温室效应和解决能源危机问题。

（1）硅太阳能电池可实现太阳能向电能的转化，Si 在元素周期表中的位置____。

（2）电解水制 H_2，阴极电极反应式是____。

（3）聚乙烯亚胺捕获 CO_2 并原位氢化为甲醇，反应历程如图 1 所示。

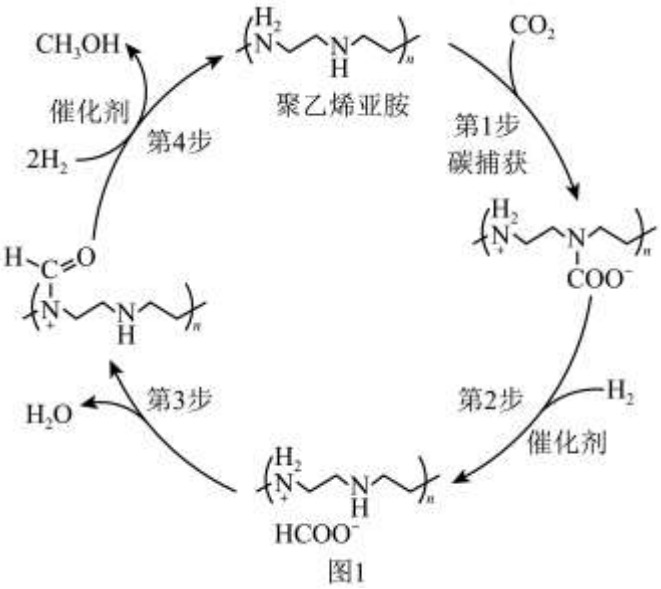


图1

①写出 CO_2 的电子式____。

②写出生成甲醇的总反应_____。

（4）微生物电解池能将 CO_2 转化为 CH_4，其工作原理如图 2 所示，写出所有生成 CH_4 的反应_____。

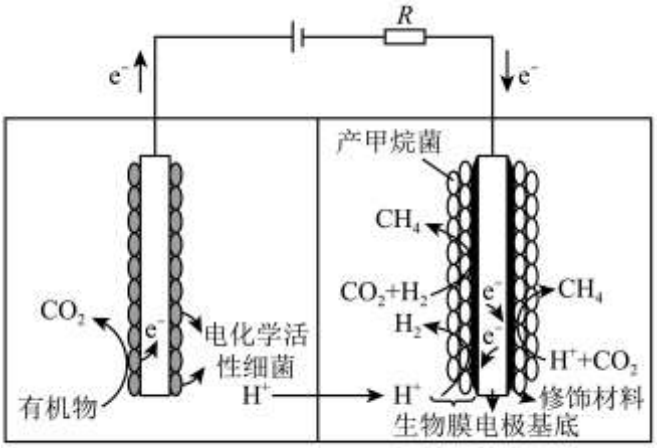


图2

【答案】（1）第三周期IVA 族

（2）$2H_2O+2e^-=2OH^-+H_2\uparrow$或 $2H^++2e^-=H_2\uparrow$

（3） ①. $\ddot{O}::C::\ddot{O}$ ②. $CO_2+3H_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{聚乙烯亚胺}} CH_3OH+H_2O$

（4）$CO_2+4H_2 \xrightarrow{\text{产甲烷菌}} CH_4+2H_2O$，$CO_2+8H^++8e^-= CH_4+2H_2O$

【解析】

【分析】电解池中，与电源正极相连的电极是阳极，与电源负极相连的电极是阴极，阴极上氧化剂得到电子发生还原反应，阳极上还原剂失去电子发生氧化反应；电解水时阴极上水电离产生的氢离子得电子变氢气。

【小问 1 详解】

硅原子序数为 14，核外电子分 3 层排布，依次为 2、8、4 个，Si 在元素周期表中的位置第三周期IVA 族。

【小问 2 详解】

电解水制 H_2，阴极上水电离产生的氢离子得电子变氢气，阴极电极反应式是 $2H_2O+2e^-=2OH^-+H_2\uparrow$或 $2H^++2e^-=H_2\uparrow$。

【小问 3 详解】

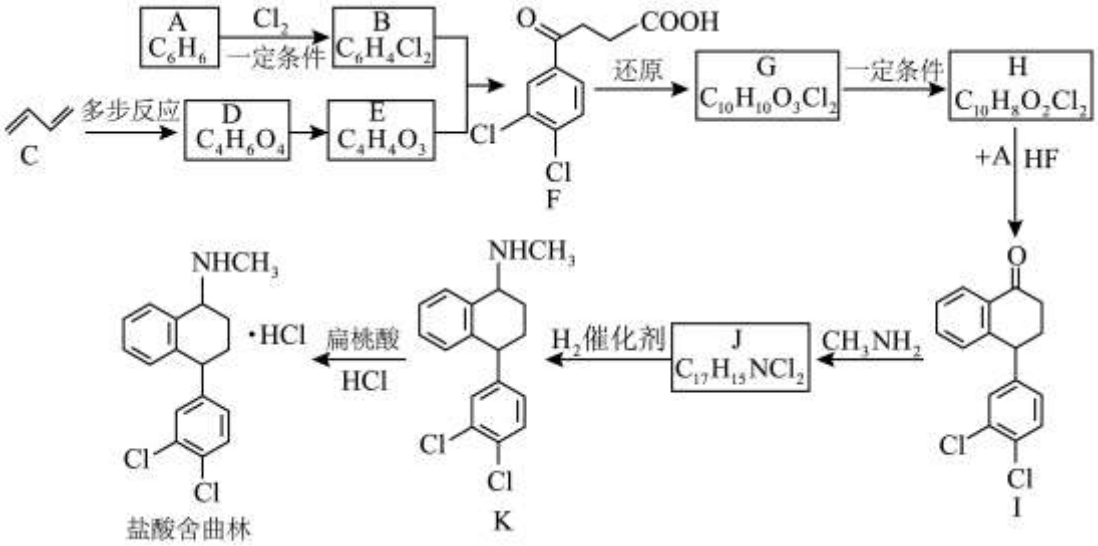
①CO_2　共价化合物，分子内每个氧原子和碳原子共用两对电子对、电子式$\ddot{O}::C::\ddot{O}$。

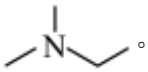
②由图知，CO_2 和 H_2 反应生成 CH_3OH 和 H_2O，在生成甲醇的反应中聚乙烯亚胺是催化剂，则生成甲醇的总反应为 $CO_2+3H_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{聚乙烯亚胺}} CH_3OH+H_2O$。

【小问 4 详解】

由图知，右侧电极上在产甲烷菌的作用下 CO_2 与 H_2 反应生成了 CH_4 和 H_2O，右侧为阴极区，CO_2 得电子被还原为 CH_4，则所有生成 CH_4 的反应为：$CO_2+4H_2 \xrightarrow{\text{产甲烷菌}} CH_4+2H_2O$，$CO_2+8H^++8e^-= CH_4+2H_2O$。

16. 盐酸舍曲林是一种精神类药物，一种合成盐酸舍曲林的路线如图。



已知：有机化合物的结构可用键线式表示，如$(CH_3)_2NCH_2CH_3$的键线式为 。

（1）A→B 的反应类型是____。

（2）C 中所含官能团的名称_____。

（3）D 属于二元羧酸，E 含有五元环，E 的核磁共振氢谱只有 1 组吸收峰。E 的键线式是____。

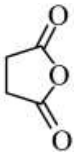
（4）H 含有 1 个苯环和 1 个五元环，G→H 的化学方程式是_____。

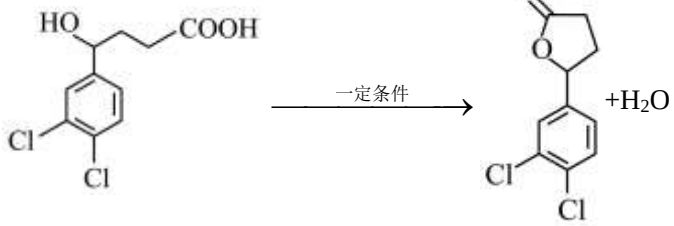
（5）J 的结构简式是____。

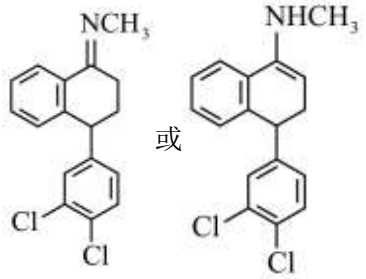
（6）A 的一种同系物的分子式是 C_7H_8，其二氯代物有____种，写出其中一种含有亚甲基(—CH_2—)的结构简式_____。

（7）以 C()为起始原料，选用必要的无机试剂合成 D，写出合成路线(用结构简式或键线式表示有机化合物，用箭头表示转化关系，箭头上注明试剂和反应条件)_____。

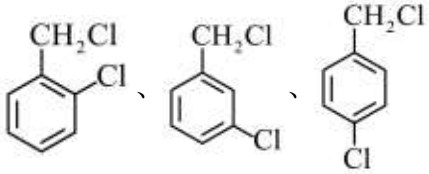
【答案】（1）取代反应

（2）碳碳双键　（3）

（4）

（5）

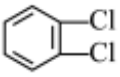
或

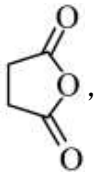
（6）　①. 10　②. 

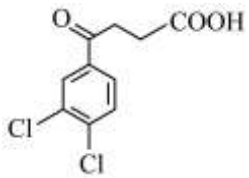
（7）$CH_2=CHCH=CH_2 \xrightarrow{Br_2} BrCH_2CH=CHCH_2Br \xrightarrow[\text{加热、催化剂}]{H_2} BrCH_2CH_2CH_2CH_2Br \xrightarrow[\text{加热}]{\text{NaOH溶液}}$

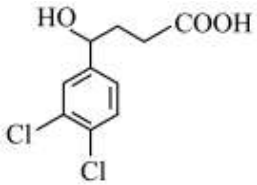
$OHCH_2CH_2CH_2CH_2OH \xrightarrow[\text{加热、催化剂}]{O_2} HOOCCH_2CH_2COOH$

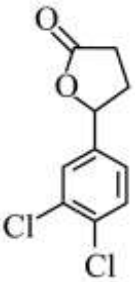
【解析】

【分析】A 是苯，结构简式是，苯与 Cl_2 在一定条件下发生取代反应产生 B 是

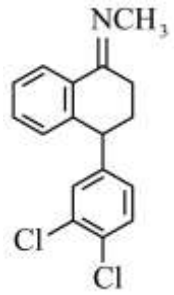
，C 是 CH_2=CH-CH=CH_2，C 发生多步反应产生的 D 是二元羧酸，E 含有五元环，E 的核磁共振氢谱只有 1 组吸收峰，则 D 是 HOOC-CH_2-CH_2-COOH，D 与浓硫酸共热，两个羧基脱去 1 分子 H_2O，形成环状化合物 E：

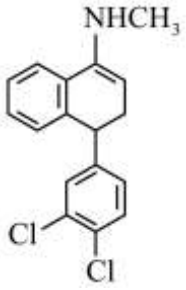
，B、E 发生取代反应产生 F：

，F 与 H_2 发生加成反应(还原反应)产生 G：

，G 分子中含有-COOH、-OH，与浓硫酸共热，发生分子内的酯化反应形成 H：

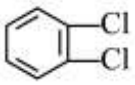
，H 与 A 及 HF 反应产生 I，I 与 NH_2-

CH_3发生反应产生分子式是$C_{17}H_{15}NCl_2$的 J：

或

，J 与 H_2发生加成反应(还原反应)产生 K，K 与 HCl 在扁桃酸作用下反应产生盐酸舍曲林。

【小问 1 详解】

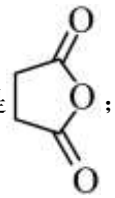
A 是苯，苯与 Cl_2在一定条件下发生取代反应产生 B：

，故 A→B 的反应类型是取代反应；

【小问 2 详解】

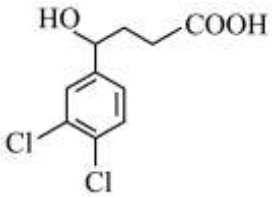
根据 C 的键线式结构可知 C 分子中所含官能团名称是碳碳双键；

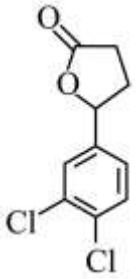
【小问 3 详解】

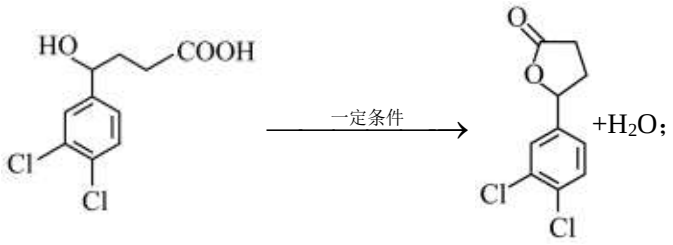
根据上述分析可知 E 是

；

【小问 4 详解】

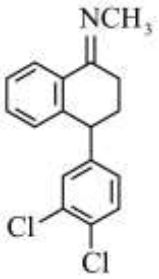
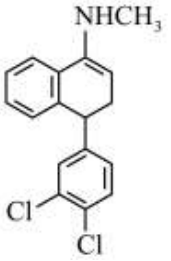
G 是

，G 分子中含有-COOH、-OH，G 与浓硫酸共热，发生分子内的酯化反应形成 H 是

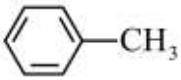
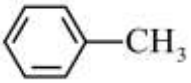
，同时产生水，该反应的化学方程式为：

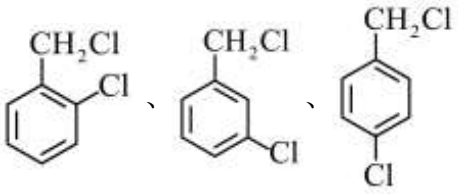
$+H_2O$；

【小问 5 详解】

J 与 H_2 发生加成反应产生 K，结合 K 的结构简式及 J 的分子式，可知 J 结构简式可能是  或 ；

【小问 6 详解】

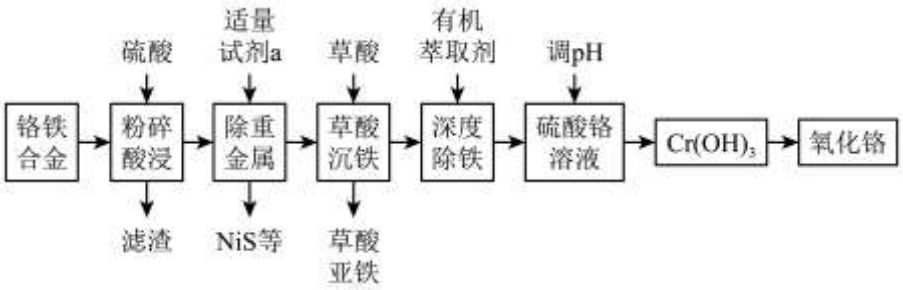
A 是苯，分子式是 C_6H_6，苯的同系物分子式是 C_7H_8，该物质是甲苯，结构简式是 ，在其二氯代物中，若 2 个 Cl 原子都在甲基上只有 1 种结构；若一个在甲基上，有 3 种不同结构；若 2 个 Cl 都在苯环上，有 6 种不同结构，故  的二氯代物种类有 1+3+6=10 种；其中一种含有亚甲基(—CH_2—)的结构简式为

；

【小问 7 详解】

C 是 CH_2=CHCH=CH_2，C 与 Br_2 发生 1，4-加成反应产生 $BrCH_2CH$=$CHCH_2Br$，$BrCH_2CH$=$CHCH_2Br$ 与 H_2 在催化剂存在的条件下加热发生加成反应产生 $BrCH_2CH_2CH_2CH_2Br$，$BrCH_2CH_2CH_2CH_2Br$ 与 NaOH 的水溶液共热发生取代反应产生 $HOCH_2CH_2CH_2CH_2OH$，$HOCH_2CH_2CH_2CH_2OH$ 发生催化氧化反应产生 $HOOCCH_2CH_2COOH$，故由 C 制取 D 的合成路线为 CH_2=CHCH=CH_2 $\xrightarrow{Br_2}$ $BrCH_2CH$=$CHCH_2Br$ $\xrightarrow[\text{加热、催化剂}]{H_2}$ $BrCH_2CH_2CH_2CH_2Br$ $\xrightarrow[\text{加热}]{\text{NaOH溶液}}$ $HOCH_2CH_2CH_2CH_2OH$ $\xrightarrow[\text{加热、催化剂}]{O_2}$ $HOOCCH_2CH_2COOH$。

17. 我国科学家以铬铁合金(主要成分铬、铁、镍)为原料，提出了制备氧化铬的“铬铁—三价铬冶金化工联合法”，彻底解决了传统铬生产工艺中六价铬的污染问题，其工艺流程示意图如图。



已知：整个工艺流程，溶液中的铬元素均为+3 价。

（1）写出酸浸时的离子方程式____(至少写 2 个)。

（2）硫化铬属于难溶电解质，FeS 和 NiS 的溶度积如表所示，试剂 a 为____。将 NiS 固体加入 0.1mol/L$FeSO_4$溶液中，分析是否有 FeS 生成____(简述计算过程，$\sqrt{28}$≈5.3)。

硫化物	K_{sp}
FeS	6.3×10^{-18}
NiS	2.8×10^{-21}

（3）加入草酸($H_2C_2O_4$)生成草酸亚铁的化学方程式____。

（4）为满足冶金及颜料级铬绿的要求，氧化铬产品中铁的质量分数应低于 0.03%。一种测定氧化铬中铁含量的操作如下：

i.称取 mg 氧化铬产品，用酸溶解；

ii.多步操作分离铁和铬；

iii.取含有 Fe^{3+}的溶液，调 pH，加入指示剂，用 cmol/L 的无色 EDTA—2Na 溶液滴定，共消耗 EDTA—2Na 标准液 VmL。

资料：EDTA—2Na 和 Fe^{3+}按物质的量 1：1 反应，低浓度时产物无明显颜色。

①指示剂是____，滴定终点的现象为____。

②氧化铬产品中铁的质量分数是____。

【答案】（1）$Fe+2H^+=Fe^{2+}+H_2\uparrow$；$Ni+2H^+=Ni^{2+}+H_2\uparrow$；$2Cr+6H^+=2Cr^{3+}+3H_2\uparrow$

（2） ①. Na_2S 溶液 ②. 根据 FeS 的溶度积，0.1mol/L 的 $FeSO_4$溶液中，当 $c(S^{2-})>6.3\times10^{-17}$mol/L 时，$Q>K_{sp}$，会生成 FeS 沉淀；NiS 饱和溶液中的 $c(S^{2-})\approx5.3\times10^{-11}$mol/L>>$6.3\times10^{-17}$mol/L，所以有 FeS 生成

（3）$H_2C_2O_4+FeSO_4=FeC_2O_4\downarrow+H_2SO_4$

（4） ①. KSCN 溶液 ②. 溶液由红色变为无色，且 30 秒无明显变化 ③. $\frac{56cV}{1000m}\times100\%$

【解析】

【分析】铬铁合金(主要成分铬、铁、镍)用硫酸酸浸时，金属与硫酸发生置换反应得到 Fe^{2+}、Ni^{2+}和 Cr^{3+}，过滤除去滤渣，滤液中加入适量 Na_2S 溶液使 Ni^{2+}生成 NiS 沉淀、经过滤除去，滤液中加入草酸($H_2C_2O_4$)生成草酸亚铁沉淀过滤除去、加入有机萃取剂进行深度除铁，分液后得硫酸铬溶液，调 pH 后得到氢氧化铬沉淀、进一步转变为氧化铬，据此回答；

【小问 1 详解】

酸浸时，铬、铁、镍与硫酸发生置换反应，离子方程式 $Fe+2H^+=Fe^{2+}+H_2\uparrow$；$Ni+2H^+=Ni^{2+}+H_2\uparrow$；
$2Cr+6H^+=2Cr^{3+}+3H_2\uparrow$(至少写 2 个)。

【小问 2 详解】

根据 FeS 的溶度积 $K_{sp}(FeS)=c(Fe^{2+})\cdot c(S^{2-})=6.3\times10^{-18}$，0.1mol/L 的 $FeSO_4$ 溶液中，当 $c(S^{2-})>6.3\times10^{-17}$mol/L 时，$Q>K_{sp}$，会生成 FeS 沉淀；根据 NiS 的溶度积 $K_{sp}(NiS)=c(Ni^{2+})\cdot c(S^{2-})=2.8\times10^{-21}$，NiS 饱和溶液中的 $c(S^{2-})\approx5.3\times10^{-11}$mol/L>>$6.3\times10^{-17}$mol/L，所以将 NiS 固体加入 0.1mol/L$FeSO_4$ 溶液中有 FeS 生成。

【小问 3 详解】

由流程知，硫酸亚铁溶液加入草酸($H_2C_2O_4$)生成草酸亚铁和硫酸，则化学方程式为：
$H_2C_2O_4+FeSO_4=FeC_2O_4\downarrow+H_2SO_4$。

【小问 4 详解】

测定氧化铬中铁含量：

①滴定时，EDTA—2Na 和 Fe^{3+}按物质的量 1:1 反应，低浓度时产物无明显颜色，而铁离子与 KSCN 溶液反应所得溶液呈血红色，则指示剂是 KSCN 溶液，滴定终点的现象为溶液由红色变为无色，且 30 秒无明显变化。

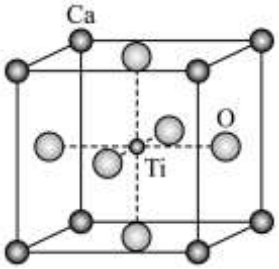
②EDTA—2Na 和 Fe^{3+}按物质的量 1:1 反应，消耗 EDTA—2Na 标准液 VmL×10^{-3}L/mL×cmol/L=$\frac{cV}{1000}$mol，则铁的物质的量为$\frac{cV}{1000}$mol，无色氧化铬产品中铁的质量分数是$\frac{56cV}{1000m}\times100\%$。

18. d 区金属元素钛有“太空金属”“未来金属”等美誉，在航空航天、海洋产业等行业有重要作用。回答下列问题：

（1）基态钛原子的核外电子排布式为____。

（2）原子中运动的电子有两种相反的自旋状态，若一种自旋状态用+$\frac{1}{2}$表示，与之相反的则用-$\frac{1}{2}$表示，称为电子的自旋磁量子数。对于基态钛原子，其价电子自旋磁量子数的代数和为____。

（3）如图所示的晶体结构是一种基础无机介电材料的最小结构单元(晶胞)，这种晶体材料的化学式为_____。



（4）我国科学家用 Mg_3N_2 和 $TiCl_4$ 制备超导材料 TiN，理论分析可能的反应为：

$Mg_3N_2+2TiCl_4=2TiN+3MgCl_2+Cl_2\uparrow$ I

$4Mg_3N_2+6TiCl_4=6TiN+12MgCl_2+N_2\uparrow$ II

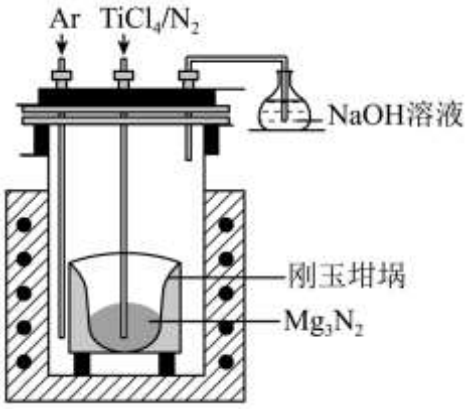
已知：i.部分物质的熔沸点

	Mg_3N_2	$TiCl_4$	$MgCl_2$	TiN
熔点/℃	800(分解)	-25	714	2950
沸点/℃	700(升华)	136.4	1412	(略)

ii.$TiCl_4$ 能和 NaOH 溶液反应。

制备 TiN 的关键步骤如下：600℃时，将 $TiCl_4$ 按 0.2L/min 的速率通入盛有 Mg_3N_2 的刚玉坩埚内，当 $TiCl_4$ 适当过量后停止通入，在 N_2 中冷却至室温。

科学家通过测定不同时间段尾气处理装置中钛和氯的质量百分含量，进而确定生成 TiN 反应的化学方程式。



①$TiCl_4$ 属于____晶体。

②结合图，判断制备 TiN 的反应是“I”还是“II”，并说明判断依据_____。

【答案】（1）$1s^22s^22p^63s^23p^63d^24s^2$

（2）+1 或-1　（3）$CaTiO_3$

（4）　①. 分子晶体　②. 制备 TiN 的反应是II，经计算 n(Cl)：n(Ti)≈4：1，且不同时间段内 n(Cl)：n(Ti)不变，NaOH 溶液吸收的物质只有 $TiCl_4$

【解析】

【小问 1 详解】

钛元素是 22 号元素，按构造原理，基态钛原子的核外电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^24s^2$。

【小问 2 详解】

基态钛原子的价电子排布式为 $3d^24s^2$，$3d^2$ 是分占 2 个 d 轨道、自旋方向相同的 2 个电子，4s 轨道填了自旋方向相反的 2 个电子，则其价电子自旋磁量子数的代数和为 $2\times(+\frac{1}{2})=+1$ 或 $2\times(-\frac{1}{2})=-1$。

【小问 3 详解】

由晶胞结构可知，Ti 原子处于晶胞　体心，Ca 原子属于顶点、晶胞中含有 Ca 原子数目为$8\times\frac{1}{8}=1$，O 原子位于面心上，晶胞中含有 O 原子数目为$6\times\frac{1}{2}=3$，故化学式为 $CaTiO_3$。

【小问 4 详解】

①由表格知：与其它非金属氯化物或含钛化合物比，$TiCl_4$ 熔沸点低、则属于分子晶体。

②由表知，600℃时 $TiCl_4$ 呈气态，尾气中必定含 $TiCl_4$，若发生的是反应I，则尾气除用于冷却的氮气外、还有多余的 $TiCl_4$、还含反应生成的 Cl_2；若发生的是反应II，则尾气中不含氯气，则 2 种情况尾气中氯和钛的原子数目比不同。结合图中数据，可知制备 TiN 的反应是II，判断依据为：10min 时，$\frac{n(Cl)}{n(Ti)}=\frac{\frac{0.3}{35.5}}{\frac{0.1}{47.87}}=\frac{0.3\times47.87}{0.1\times35.5}=4.04$，20min 时，$\frac{n(Cl)}{n(Ti)}=\frac{\frac{0.63}{35.5}}{\frac{0.21}{47.87}}=\frac{0.63\times47.87}{0.21\times35.5}=4.04$，40min 时，$\frac{n(Cl)}{n(Ti)}=\frac{\frac{0.15}{35.5}}{\frac{0.5}{47.87}}=\frac{0.15\times47.87}{0.5\times35.5}=4.04$，经计算 n(Cl)：n(Ti)≈4：1，且不同时间段内 n(Cl)：n(Ti)不变，NaOH 溶液吸收的物质只有 $TiCl_4$。

19. 某小组通过实验探究 NO 的某些性质。

（1）从氮元素的价态角度分析，NO 有_____性。

（2）以 Cu 和 HNO_3 为原料制备 NO，反应的化学方程式为_____。

（3）设计实验探究 NO 的氧化性。

实验I：用排水法收集一瓶 NO，将其倒扣在盛有碱性 Na_2SO_3 溶液的水槽中，振荡，观察到集气瓶中液面上升。

资料：i.NO 与碱性 Na_2SO_3 溶液会发生氧化还原反应，NO 被还原 $N_2O_2^{2-}$。

ii.Ag^+ 与 $N_2O_2^{2-}$ 反应生成黄色沉淀。

①检验 SO_3^{2-} 的氧化产物。取少量实验I反应后集气瓶中的溶液，_____(填操作和实验现象)。

②某同学认为，需通过进一步实验验证 NO 的氧化性，补充以下实验：

实验II：取饱和 Na_2SO_4 溶液，加入少量冰醋酸，再滴加 5 滴 0.1mol/L 的 $AgNO_3$ 溶液，无明显变化。

实验III：取少量实验I反应后集气瓶中的溶液，加入少量冰醋酸，再滴加 5 滴 0.1mol/L 的 $AgNO_3$ 溶液，_____(填实验现象)。

上述实验证明 NO 有氧化性。

实验II的目的是_____。

③写出 NO 与碱性 Na_2SO_3 溶液反应的离子方程式_____。

④从电极反应角度分析 NO 与碱性 Na_2SO_3 溶液的反应。

还原反应：$2NO+2e^-=N_2O_2^{2-}$

氧化反应：_____。

实验IV：用排水法收集两瓶 NO，将其分别倒扣在饱和 Na_2SO_3 溶液和加有 NaOH 的饱和 Na_2SO_3 溶液中，后者集气瓶中液面上升更快。

根据上述实验所得结论：_____。

（4）某同学结合所学知识设计处理工业废气中 SO_2 和 NO 的实验方案，达到消除污染，保护环境的目的。

①先用饱和纯碱溶液吸收废气中的 SO_2，反应的化学方程式是_____。

②再向生成的溶液中加入一定量_____，以此溶液来吸收 NO 气体。

【答案】（1）氧化性和还原性

（2）$Cu+4HNO_3(浓)=Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$，$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ 或 $3Cu+8HNO_3(稀)=3Cu(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$

（3） ①. 先加盐酸酸化，再加入 $BaCl_2$ 溶液，出现白色沉淀 ②. 出现黄色沉淀 ③. 排除 SO_4^{2-} 对 Ag^+ 检验 $N_2O_2^{2-}$ 的干扰 ④. $2OH^-+2NO+SO_3^{2-}=N_2O_2^{2-}+SO_4^{2-}+H_2O$ ⑤. $SO_3^{2-}+2OH^--2e^-=SO_4^{2-}+H_2O$ ⑥. NO 和 SO_3^{2-} 反应体现了 NO 的氧化性，碱性增强反应更快

（4） ①. $SO_2+Na_2CO_3=CO_2+Na_2SO_3$ ②. NaOH

【解析】

【分析】要借助反应 $2OH^-+2NO+SO_3^{2-}=N_2O_2^{2-}+SO_4^{2-}+H_2O$、设计实验探究 NO 的氧化性。可通过检验 SO_3^{2-} 的氧化产物即硫酸根离子证明，检验硫酸根离子时要排除多余亚硫酸根离子等的干扰；也可通过检验还原产物 $N_2O_2^{2-}$ 的生成，进一步实验验证 NO 的氧化性，可利用信息：Ag^+ 与 $N_2O_2^{2-}$ 反应生成黄色沉淀，同时要防止硫酸根离子对实验的干扰，则需在实验步骤II的基础上再检验，据此回答。

【小问 1 详解】

N 元素最低-3 价，最高+5 价，+2 价 N 元素的化合价可以升高、可以降低，则从氮元素的价态角度分析，NO 有氧化性和还原性。

【小问 2 详解】

单质铜与稀硝酸反应生成硝酸铜、水和一氧化氮，可制取 NO，则以 Cu 和 HNO_3 为原料制备 NO 的化学方程式为：$Cu+4HNO_3(浓)=Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$，$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ 或 $3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$。

【小问 3 详解】

①SO_3^{2-} 的氧化产物为硫酸根离子，要检验 SO_3^{2-} 的氧化产物即硫酸根离子，要排除多余亚硫酸根离子等的干扰，故操作和实验现象为：取少量实验I反应后集气瓶中的溶液，先加盐酸酸化，再加入 $BaCl_2$ 溶液，出现白色沉淀。

②某同学认为，需通过进一步实验验证 NO 的氧化性，则需检验还原产物 $N_2O_2^{2-}$ 的生成，利用信息：Ag^+ 与 $N_2O_2^{2-}$ 反应生成黄色沉淀，同时要防止硫酸根离子对实验的干扰，则从实验步骤II、III的比较可知，实验II的目的是：排除 SO_4^{2-} 对 Ag^+ 检验 $N_2O_2^{2-}$ 的干扰，而实验III则是检验 $N_2O_2^{2-}$ 的生成，故实验III的现象是：出现黄色沉淀。

③据信息知，NO 与碱性 Na_2SO_3 溶液反应生成 $N_2O_2^{2-}$、SO_4^{2-} 和 H_2O，则离子方程式 $2OH^-+2NO+SO_3^{2-}=N_2O_2^{2-}+SO_4^{2-}+H_2O$。

④从该反应可知， NO 得电子转变为 $N_2O_2^{2-}$ 是还原反应：$2NO+2e^-=N_2O_2^{2-}$

SO_3^{2-} 在碱性环境下失去电子生成 SO_4^{2-}、H_2O 氧化反应：$SO_3^{2-}+2OH^--2e^-=SO_4^{2-}+H_2O$。

实验IV：用排水法收集两瓶 NO，将其分别倒扣在饱和 Na_2SO_3 溶液和加有 NaOH 的饱和 Na_2SO_3 溶液中，液面均上升，则 NO 和 SO_3^{2-} 发生了氧化还原反应，NO 体现了氧化性，而后者集气瓶中液面上升更快，是因为碱性增强反应更快。故根据上述实验所得结论：NO 和 SO_3^{2-} 反应体现了 NO 的氧化性，碱性增强反应更快。

【小问 4 详解】

可利用碱性条件下亚硫酸根离子和一氧化氮的氧化还原反应来吸收 SO_2 和 NO。因此可以先把二氧化硫和碳酸钠反应转变成亚硫酸钠、再继续加入一定量的氢氧化钠来吸收 NO：

①先用饱和纯碱溶液吸收废气中的 SO_2，反应的化学方程式是 $SO_2+Na_2CO_3=CO_2+Na_2SO_3$。

②再向生成的溶液中加入一定量 NaOH，以此溶液来吸收 NO 气体。