





# 2015年北京市高考化学试卷

参考答案与试题解析

## 一、选择题

1. 下列我国古代的技术应用中，其工作原理不涉及化学反应的是（ ）

A. 火药使用	B. 粮食酿酒	C. 转轮排字	D. 铁的冶炼
			

A. A

B. B

C. C

D. D

【考点】1B：真题集萃；G6：金属冶炼的一般原理；IO：生活中的有机化合物。

【分析】化学反应的根本标志是有新物质生成，发生化学变化，题中火药使用、粮食酿酒以及铁的冶炼都发生化学变化，而转轮排字不涉及化学反应。

【解答】解：A. 火药使用涉及反应为  $2\text{KNO}_3 + \text{S} + 3\text{C} = \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2\uparrow + 3\text{CO}_2\uparrow$ ，发生化学反应，故 A 不选；

B. 粮食酿酒为淀粉在酒曲酶的作用下生成乙醇，发生化学反应，故 B 不选；

C. 转轮排字为印刷操作，没有涉及化学反应，故 C 选；

D. 铁的冶炼涉及  $3\text{CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ ，发生化学反应，故 D 不选。

故选：C。

【点评】本题为 2015 年北京考题，涉及化学反应与生活、生产的考查，为高频考点，侧重于学生的分析能力的考查，有利于培养学生良好的科学素养，提高学习的积极性，难度不大。

2. 下列有关性质的比较，不能用元素周期律解释的是（ ）

A. 酸性： $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_3\text{PO}_4$

B. 非金属性： $\text{Cl} > \text{Br}$

C. 碱性:  $\text{NaOH} > \text{Mg}(\text{OH})_2$       D. 热稳定性:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$

【考点】1B: 真题集萃; 77: 元素周期律的作用.

【分析】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;

B. 同主族元素从上到下非金属性依次减弱;

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;

D. 碳酸氢盐易分解, 碳酸盐难分解.

【解答】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, 非金属性:  $\text{S} > \text{P}$ , 则酸性:  $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_3\text{PO}_4$ , 能用元素周期律解释, 故 A 不选;

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

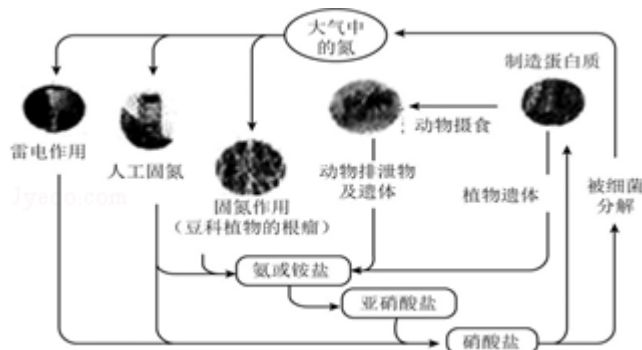
C. 元素的金属性越强, 对应的最高价氧化物的水化物的碱性越强, 金属性:  $\text{Na} > \text{Mg}$ , 则碱性:  $\text{NaOH} > \text{Mg}(\text{OH})_2$ , 能用元素周期律解释, 故 C 不选;

D. 碳酸氢盐易分解, 碳酸盐难分解, 所以热稳定性:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ , 不能用元素周期律解释, 故 D 选.

故选: D.

【点评】本题考查了元素周期律的理解与应用, 注意把握元素周期律的递变规律以及相关知识的积累, 难度不大.

3. 下列关于自然界中氮循环(如图)的说法不正确的是 ( )



A. 氮元素均被氧化

B. 工业合成氨属于人工固氮

- C. 含氮无机物和含氮有机物可相互转化
- D. 碳、氢、氧三种元素也参加了氮循环

**【考点】** 1B: 真题集萃; 28: 氮的固定.

**【分析】** A. 根据 N 元素的化合价升高被氧化, N 元素的化合价降低被还原结合各反应中氮元素的化合价的变化分析;

B. 人工固氮是人为的条件下将氮元素的单质转化为化合物的过程;

C. 根据氮循环中物质的分类进行解答;

D. 碳、氢、氧三种元素也参加了氮循环, 如大气中的氮气转化氮的氧化物, 氧元素参与, 转化为铵盐, 氢元素参加.

**【解答】** 解: A. 硝酸盐中氮元素的化合价为+5 价, 被细菌分解变成大气中氮单质, 氮元素由+5→0, 属于被还原, 故 A 错误;

B. 工业合成氨是将  $N_2$  与  $H_2$  在一定条件下反应生成  $NH_3$ , 属于人工固氮, 故 B 正确;

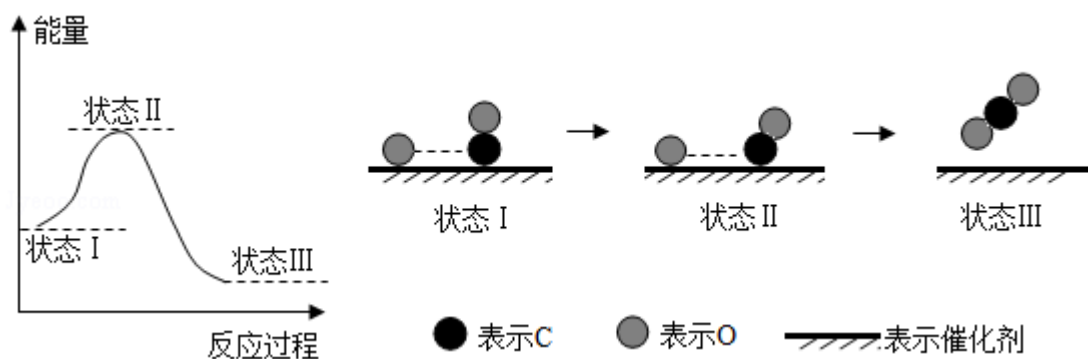
C. 氮循环中铵盐和蛋白质可相互转化, 铵盐属于无机物, 蛋白质属于有机物, 含氮无机物和含氮有机物可相互转化, 故 C 正确;

D. 碳、氢、氧三种元素也参加了氮循环, 如蛋白质的制造需要碳元素, 又如  $N_2$  在放电条件下与  $O_2$  直接化合生成无色且不溶于水的一氧化氮气体,  $N_2+O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$ , 氧元素参与, 二氧化氮易与水反应生成硝酸 ( $HNO_3$ ) 和一氧化氮,  $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ , 氢元素参加, 故 D 正确。

故选: A。

**【点评】** 本题主要考查了氮以及化合物的性质, 理解还原反应、人工固氮等知识点是解答的关键, 题目难度不大.

4. 最新报道: 科学家首次用 X 射线激光技术观察到 CO 与 O 在催化剂表面形成化学键的过程. 反应过程的示意图如下:



下列说法正确的是 ( )

- A. CO 和 O 生成 CO<sub>2</sub> 是吸热反应
- B. 在该过程中, CO 断键形成 C 和 O
- C. CO 和 O 生成了具有极性共价键的 CO<sub>2</sub>
- D. 状态I→状态III表示 CO 与 O<sub>2</sub> 反应的过程

**【考点】** 1B: 真题集萃; BB: 反应热和焓变.

**【分析】** 由图可知反应物总能量大于生成物总能量, 为放热反应, CO 与 O 在催化剂表面形成 CO<sub>2</sub>, 不存在 CO 的断键过程, 以此解答该题。

**【解答】** 解: A. 由图可知反应物总能量大于生成物总能量, 为放热反应, 故 A 错误;

B. 由图可知不存在 CO 的断键过程, 故 B 错误;

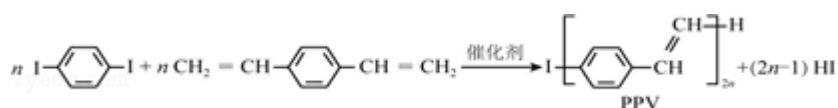
C. CO 与 O 在催化剂表面形成 CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 含有极性共价键, 故 C 正确;

D. 状态I→状态III表示 CO 与 O 反应的过程, 而不是与氧气反应, 故 D 错误。

故选: C。

**【点评】** 本题为 2015 年考题, 侧重于化学反应原理的探究的考查, 题目着重于考查学生的分析能力和自学能力, 注意把握题给信息, 难度不大。

5. 合成导电高分子材料 PPV 的反应:



下列说法正确的是 ( )

- A. 合成 PPV 的反应为加聚反应

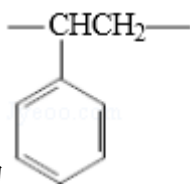
B. PPV 与聚苯乙烯具有相同的重复结构单元

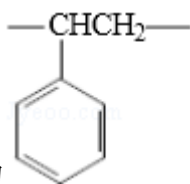
C.  $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH} = \text{CH}_2$  和苯乙烯互为同系物

D. 通过质谱法测定 PPV 的平均相对分子质量，可得其聚合度

【考点】L1：有机高分子化合物的结构和性质。

【分析】A. 缩聚反应，是一类有机化学反应，是具有两个或两个以上官能团的单体，相互反应生成高分子化合物，同时产生有简单分子（如  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HX}$ 、醇等）的化学反应；

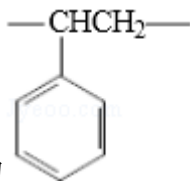


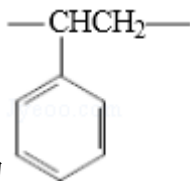
B. 聚苯乙烯的重复结构单元为 ，不含碳碳双键，而该高聚物的结构单元中含有碳碳双键；

C. 同系物所含官能团数目相同；

D. 质谱仪能记录分子离子、碎片离子的相对质量。

【解答】解：A. 合成 PPV 通过缩聚反应生成，同时有小分子物质  $\text{HI}$  生成，不属于加聚反应，故 A 错误；



B. 聚苯乙烯的重复结构单元为 ，不含碳碳双键，而该高聚物的结构单元中含有碳碳双键，所以不相同，故 B 错误；

C.  $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH} = \text{CH}_2$  有两个碳碳双键，而苯乙烯有一个碳碳双键，结构不同，二者不是同系物，故 C 错误；

D. 质谱仪能记录分子离子、碎片离子的相对质量，质谱图中数值最大的即是该分子的相对分子质量，故 D 正确。

故选：D。

【点评】本题主要考查聚合反应原理、有机物结构与性质，题目难度不大，注意明确聚合反应原理，选项 B 为易错点，找准链节是解题的关键。

6. 某消毒液的主要成分为 NaClO，还含有一定量的 NaOH。下列用来解释事实的方程式中，不合理的是（已知：饱和 NaClO 溶液的 pH 约为 11）（ ）
- A. 该消毒液可用 NaOH 溶液吸收 Cl<sub>2</sub> 制备： $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
- B. 该消毒液的 pH 约为 12： $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$  □
- C. 该消毒液与洁厕灵（主要成分为 HCl）混用，产生有毒 Cl<sub>2</sub>： $2\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{ClO}^- = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- D. 该消毒液加白醋生成 HClO，可增强漂白作用： $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{ClO}^- = \text{HClO} + \text{CH}_3\text{COO}^-$  □

【考点】49：离子方程式的书写。

【专题】522：卤族元素。

【分析】某消毒液的主要成分为 NaClO，还含有一定量的 NaOH，应为氯气和氢氧化钠反应生成，为 84 消毒液，含有 NaClO，可在酸性条件下与氯离子发生氧化还原反应生成氯气，以此解答该题。

【解答】解：A. 消毒液的主要成分为 NaClO，还含有一定量的 NaOH，应为氯气和氢氧化钠反应生成，故 A 正确；

B. 饱和 NaClO 溶液的 pH 约为 11，而消毒液的 pH 约为 12，因此溶液的 pH 主要不是由 ClO<sup>-</sup> 的水解造成的，氢氧化钠过量，为溶液呈碱性的主要原因，故 B 错误；

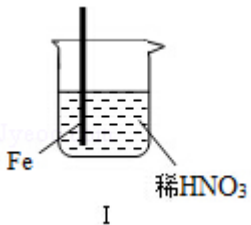
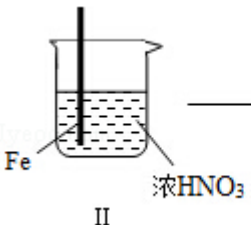
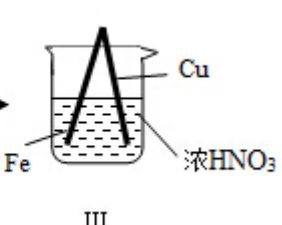
C. 在酸性条件下与氯离子发生氧化还原反应生成氯气，发生  $2\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{ClO}^- = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，故 C 正确；

D. 由于 HClO 酸性较弱，则 NaClO 可与醋酸反应生成 HClO，漂白性增强，故 D 正确。

故选：B。

【点评】本题为 2015 年北京考题，以氯气为载体综合考查元素化合物知识，侧重于化学与生活、生产的考查，有利于培养学生良好的科学素养，提高学习的积极性，难度不大。

7. 在通风橱中进行下列实验：

步骤			
现象	Fe 表面产生大量无色气泡，液面上方变为红棕色	Fe 表面产生少量红棕色气泡后，迅速停止	Fe、Cu 接触后，其表面均产生红棕色气泡

下列说法不正确的是 ( )

- A. I中气体由无色变红棕色的化学方程式： $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$
- B. II中的现象说明 Fe 表面形成致密的氧化层，阻止 Fe 进一步反应
- C. 对此I、II中现象，说明稀  $\text{HNO}_3$  的氧化性强于浓  $\text{HNO}_3$
- D. 针对III中现象，在 Fe、Cu 之间连接电流计，可判断 Fe 是否被氧化

**【考点】** 1B: 真题集萃; B1: 氧化还原反应; EG: 硝酸的化学性质.

**【分析】** A. 硝酸具有强氧化性，与 Fe 反应生成 NO，NO 遇空气变为二氧化氮;

B. 浓硝酸具有强氧化性，Fe 表面形成致密的氧化层，发生钝化现象;

C. 对比 I、II 的现象，Fe 与稀硝酸反应生成 NO，而 Fe 与浓硝酸反应生成二氧化氮且迅速被钝化，说明浓硝酸的氧化性强于稀硝酸;

D. 根据 III 中现象，说明构成原电池，在 Fe、Cu 之间连接电流计，通过电流计指针偏转，可以判断原电池的正负极.

**【解答】** 解：A. 稀硝酸具有酸性与强氧化性，与 Fe 反应生成 NO，NO 遇空气变为二氧化氮，I 中气体由无色变红棕色的化学方程式： $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ ，故 A 正确;

B. II 的现象是因为铁发生了钝化，Fe 表面形成致密的氧化层，阻止 Fe 进一步反应，故 B 正确;

C. 对比 I、II 的现象，Fe 与稀硝酸反应生成 NO，而 Fe 与浓硝酸反应生成二氧化氮且迅速被钝化，说明浓硝酸的氧化性强于稀硝酸，故 C 错误;

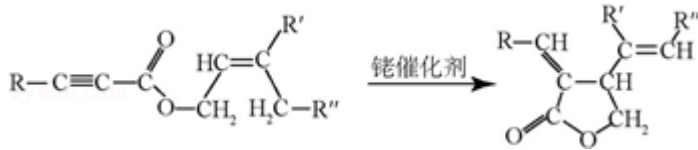
D. 根据 III 中现象，说明构成原电池，在 Fe、Cu 之间连接电流计，通过电流计指针偏转，可以判断原电池的正负极，进而判断 Fe 是否被氧化，故 D 正确，

故选：C。

【点评】本题考查硝酸的化学性质、原电池原理，难度不大，侧重考查学生分析问题解决问题的能力。

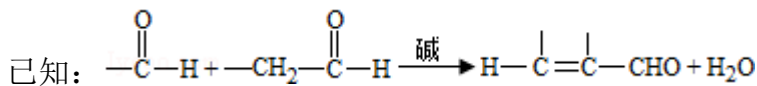
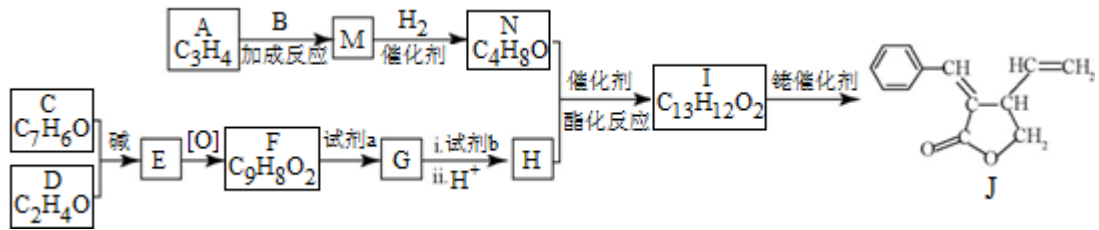
## 二、解答题

8. “张 - 烯炔环异构化反应”被《Name Reactions》收录，该反应可高效构筑五元环状化合物：



(R、R'、R'' 表示氢、烷基或芳基)

合成五元环有机化合物 J 的路线如下：

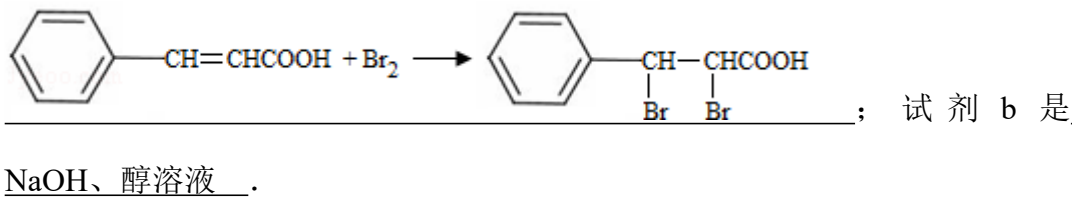


(1) A 属于炔烃，其结构简式是 CH<sub>3</sub>C≡CH。

(2) B 由碳、氢、氧三种元素组成，相对分子质量是 30。B 的结构简式是 HCHO。

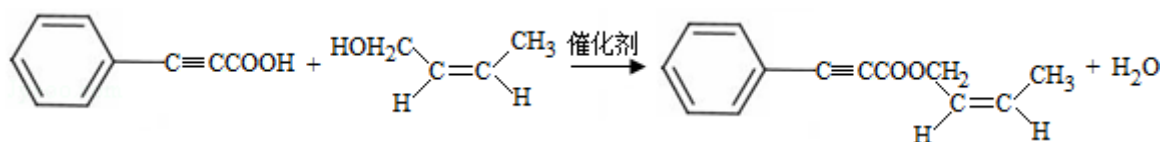
(3) C、D 含有与 B 相同的官能团，C 是芳香族化合物。E 中含有的官能团是 碳碳双键、醛基。

(4) F 与试剂 a 反应生成 G 的化学方程式是



(5) M 和 N 均为不饱和醇。M 的结构简式是 CH<sub>3</sub>C≡CCH<sub>2</sub>OH。

(6) N 为顺式结构，写出 N 和 H 生成 I (顺式结构) 的化学方程式：

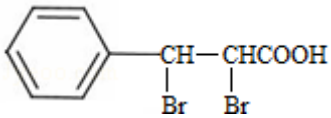


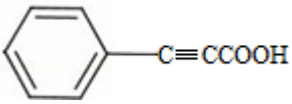
【考点】1B：真题集萃；HB：有机物的推断。

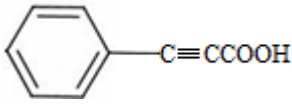
【分析】由合成流程可知，A为炔烃，结构为 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ ，B由碳、氢、氧三种元素组成，相对分子质量是30，B为 $\text{HCHO}$ ，A与B发生加成反应生成M为 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{OH}$ ，M和N均为不饱和醇，则M与氢气发生加成反应生成N为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{OH}$ ；C、D含有与B相同的官能团，C是芳香族化合物，

则C为 ，D为 $\text{CH}_3\text{CHO}$ ，由信息可知生成E为

，E氧化生成F为 ，试剂a为溴

水，生成G为 ，试剂b为 $\text{NaOH}$ /醇溶液，G发生消去

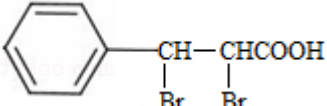
反应生成H，则H ， $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{OH}$ 与

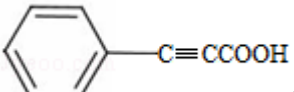
发生酯化反应生成I，最后I发生“张-烯炔环异构化反应”生成J，以此来解答。

【解答】解：由合成流程可知，A为炔烃，结构为 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ ，B由碳、氢、氧三种元素组成，相对分子质量是30，B为 $\text{HCHO}$ ，A与B发生加成反应生成M为 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{OH}$ ，M和N均为不饱和醇，则M与氢气发生加成反应生成N为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{OH}$ ；C、D含有与B相同的官能团，C是芳香族化合物，

则C为 ，D为 $\text{CH}_3\text{CHO}$ ，由信息可知生成E为

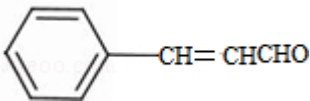
，E氧化生成F为 ，试剂a为溴

水，生成 G 为 ，试剂 b 为 NaOH/醇溶液，G 发生消去

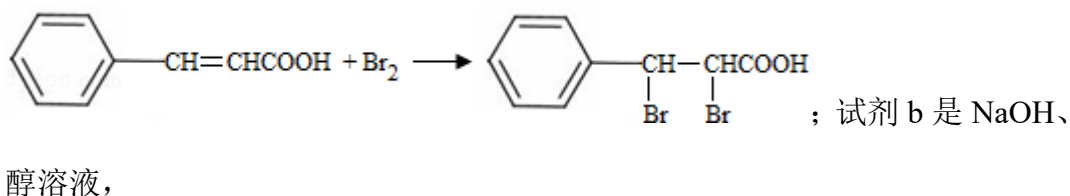
反应生成 H，则 H 为 ，

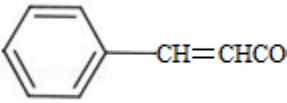
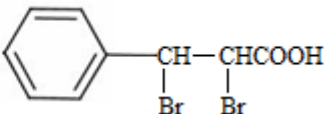
(1) A 属于炔烃，其结构简式是  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ ，故答案为： $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ ；

(2) B 的结构简式是  $\text{HCHO}$ ，故答案为： $\text{HCHO}$ ；

(3) E 为 ，含有的官能团是碳碳双键、醛基，故答案为：  
碳碳双键、醛基；

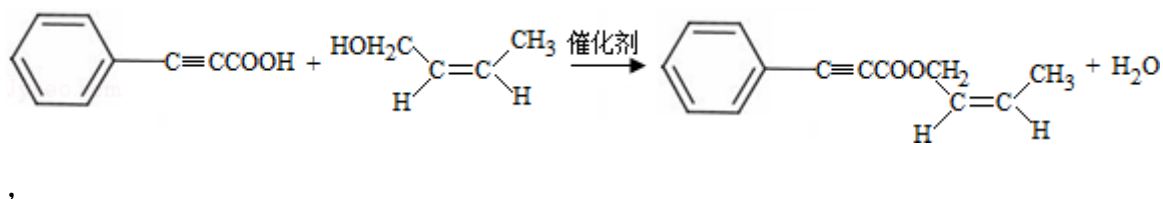
(4) F 与试剂 a 反应生成 G 的化学方程式是



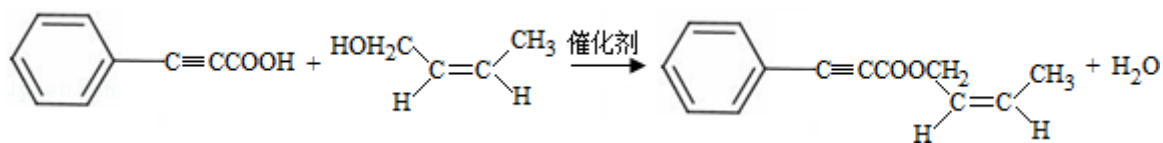
故答案为： +  $\text{Br}_2 \longrightarrow$  ；NaOH、醇溶液；

(5) M 的结构简式是  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{OH}$ ，故答案为： $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{OH}$ ；

(6) N 为顺式结构，N 和 H 生成 I（顺式结构）的化学方程式为



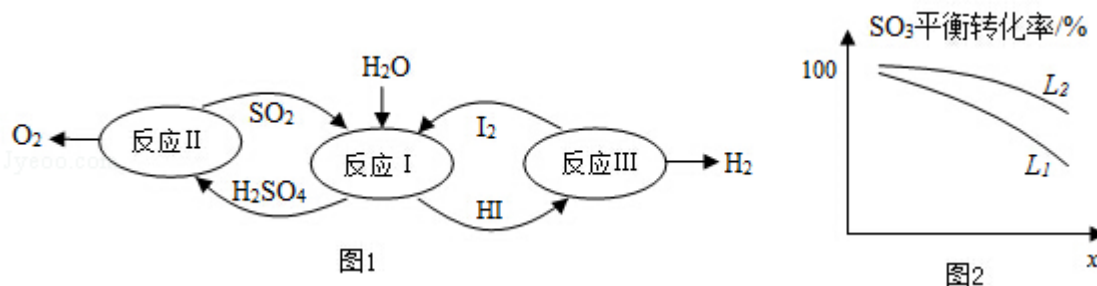
故 答 案 为 ：



**【点评】** 本题考查有机物的合成及推断，为高频考点，为 2015 年高考真题，把

握合成流程中官能团的变化、反应条件、碳链变化推断物质为解答的关键，侧重分析与推断能力综合考查，题目难度中等。

9. 氢能是一种极具发展潜力的清洁能源。以太阳光为热源，热化学硫碘循环分解水是一种高效、无污染的制氢方法。其反应过程如图 1 所示：



(1) 反应I的化学方程式是  $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$ 。

反应I得到的产物用  $\text{I}_2$  进行分离。该产物的溶液在过量  $\text{I}_2$  的存在下会分成两层——含低浓度  $\text{I}_2$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  层和含高浓度  $\text{I}_2$  的  $\text{HI}$  层。

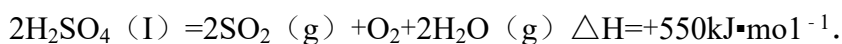
(2) ①根据上述事实，下列说法正确的是 ac (选填序号)。

- a. 两层溶液的密度存在差异
- b. 加  $\text{I}_2$  前， $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液和  $\text{HI}$  溶液不互溶
- c.  $\text{I}_2$  在  $\text{HI}$  溶液中比在  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中易溶

②辨别两层溶液的方法是 观察颜色，颜色深的为  $\text{HI}$  层，颜色浅的为硫酸层。

③经检测， $\text{H}_2\text{SO}_4$  层中  $c(\text{H}^+) : c(\text{SO}_4^{2-}) = 2.06 : 1$ 。其比值大于 2 的原因是 硫酸层中含少量的  $\text{I}_2$ ， $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HI} + \text{HIO}$ ，且  $\text{HI}$  电离出氢离子。

(3) 反应II:



它由两步反应组成:

- i.  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l}) = \text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ,  $\Delta H = +177 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;
- ii.  $\text{SO}_3(\text{g})$  分解。

$L$  ( $L_1, L_2$ ),  $X$  可分别代表压强或温度。图 2 表示  $L$  一定时，ii 中  $\text{SO}_3(\text{g})$  的平衡转化率随  $X$  的变化关系。

①  $X$  代表的物理量是 压强。

② 判断  $L_1, L_2$  的大小关系，并简述理由:  $L_1 < L_2$ ，分解反应为吸热反应，温

度高，转化率大。

**【考点】** 1B: 真题集萃; BB: 反应热和焓变; CB: 化学平衡的影响因素; CP: 化学平衡的计算。

**【分析】** (1) 由图可知，反应 I 为二氧化硫与碘发生氧化还原反应生成硫酸和 HI;

(2) ①分成两层，与溶解性、密度有关;

②两层的颜色不同;

③ $\text{H}_2\text{SO}_4$  中  $c(\text{H}^+) : c(\text{SO}_4^{2-}) = 2: 1$ ，且 HI 电离出氢离子;

(3) ①由图可知，X 越大，转化率越低;

②分解反应为吸热反应，温度高，转化率大。

**【解答】** 解：(1) 由图可知，反应 I 为二氧化硫与碘发生氧化还原反应生成硫酸和 HI，该反应为  $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$ ，故答案为： $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$ ;

(2) ①a. 两层溶液的密度存在差，才出现上下层，故 a 正确;

b. 加  $\text{I}_2$  前， $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液和 HI 溶液互溶，与分层无关，故 b 错误;

c.  $\text{I}_2$  在 HI 溶液中比在  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中易溶，则碘在不同溶剂中溶解性不同，类似萃取，与分层有关，故 c 正确;

故答案为：ac;

②辨别两层溶液的方法是观察颜色，颜色深的为 HI 层，颜色浅的为硫酸层，故答案为：观察颜色，颜色深的为 HI 层，颜色浅的为硫酸层;

③ $\text{H}_2\text{SO}_4$  层中  $c(\text{H}^+) : c(\text{SO}_4^{2-}) = 2.06: 1$ 。其比值大于 2 的原因是硫酸层中含少量的  $\text{I}_2$ ， $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HI} + \text{HIO}$ ，且 HI 电离出氢离子，故答案为：硫酸层中含少量的  $\text{I}_2$ ， $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HI} + \text{HIO}$ ，且 HI 电离出氢离子;

(3) ①由图可知，X 越大，转化率越低，升高温度转化率增大，则 X 表示压强，故答案为：压强;

②由  $\text{SO}_3(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \Delta H > 0$ ，温度高，转化率大，图中等压强时  $L_2$  对应的转化率大，则  $L_1 < L_2$ ，故答案为： $L_1 < L_2$ ，分解反应为吸热反应，温度高，转化率大。

【点评】本题考查混合物分离提纯及化学平衡等，为高频考点，把握发生的反应、平衡影响因素为解答的关键，侧重分析与应用能力的综合考查，题目难度中等。

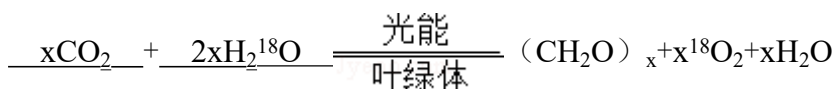
10. 研究  $\text{CO}_2$  在海洋中的转移和归宿，是当今海洋科学研究的前沿领域。

(1) 溶于海水的  $\text{CO}_2$  主要以 4 种无机碳形式存在。其中  $\text{HCO}_3^-$  占 95%。写出  $\text{CO}_2$  溶于水产生  $\text{HCO}_3^-$  的方程式： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ ， $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ 。

(2) 在海洋碳循环中，通过如图所示的途径固碳。

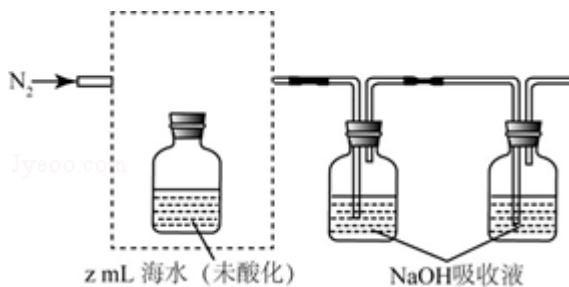
① 写出钙化作用的离子方程式： $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

② 同位素示踪法证实光合作用的化学方程式如下，将其补充完整：



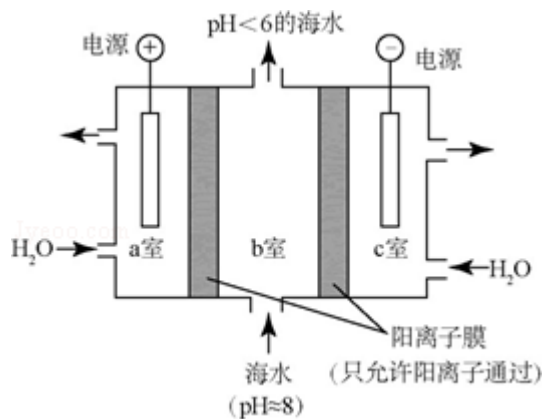
(3) 海水中溶解无机碳占海水总碳的 95% 以上，其准确测量是研究海洋碳循环的基础。测量溶解无机碳，可采用如下方法：

① 气提、吸收  $\text{CO}_2$ 。用  $\text{N}_2$  从酸化后的海水中吹出  $\text{CO}_2$  并用碱液吸收（装置示意图如下）。将虚线框中的装置补充完整并标出所用试剂。



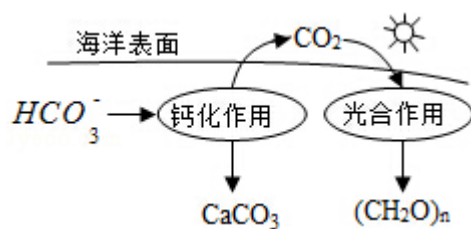
② 滴定。将吸收液吸收的无机碳转化为  $\text{NaHCO}_3$ ，再用  $x \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{HCl}$  溶液滴定，消耗  $y \text{ mL}$   $\text{HCl}$  溶液。海水中溶解无机碳的浓度 =  $\frac{x \cdot y}{z}$   $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(4) 利用如图所示装置从海水中提取  $\text{CO}_2$ ，有利于减少环境温室气体含量。



①结合方程式简述提取  $\text{CO}_2$  的原理：a 室： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ ，氢离子通过阳离子交换膜进入 b 室，发生反应： $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

②用该装置产生的物质处理室排出的海水，合格后排回大海。处理至合格的方法是 c 室： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$ ，用 c 室排出的碱液将从 b 室排出的酸性海水调节至装置入口海水的 pH。



**【考点】** 1B：真题集萃；BH：原电池和电解池的工作原理；E7：海水资源及其综合利用。

**【分析】** (1) 二氧化碳溶于水生成碳酸，碳酸为弱酸，部分电离生成碳酸氢根；

(2) ①由图可知：此过程碳酸氢根转化生成碳酸钙，据此书写方程式；

②光合作用是二氧化碳与水在太阳光作用下，在叶绿体中反应生成有机物、放出氧气的过程，氧气来源于水中的氧，据此解答；

(3) ①由题意可知，需从酸化后的海水中吹出二氧化碳，那么需要滴加稀酸酸化，且装置中应从长管吹入氮气，从短管吹出二氧化碳，据此解答即可；

②依据原理  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  解答即可；

(4) a 室接电源的正极，为阳极，水失去电子生成氧气和氢离子，氢离子通过阳离子交换膜进入 b 室，与 b 室中的碳酸氢根反应生成二氧化碳气体，据此解答即可；

②c 室连接电源的负极，为阴极，水得到电子生成氢气和氢氧根，a 室中产生氢

离子，用 c 室排除的碱液将从 b 室排出的酸性海水调节即可，据此解答。

**【解答】**解：（1）二氧化碳溶于水生成的碳酸为弱酸，部分电离生成碳酸氢根，有关方程式为： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ ， $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ，

故答案为： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ ， $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ；

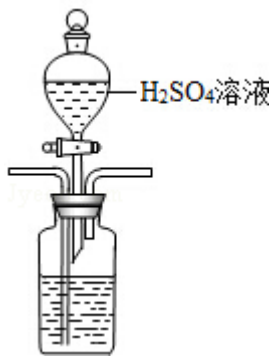
（2）①反应物中含有碳酸氢根，生成物为碳酸钙，依据元素守恒以及电荷守恒得出方程式为：



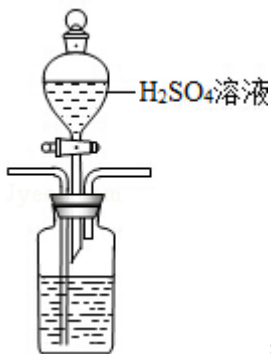
故答案为： $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

②光合作用产生的氧气来源于水，即水中的氧原子采用示踪法标记为  $^{18}\text{O}$ ，依据元素守恒配平应需要  $x\text{CO}_2$  和  $2x\text{H}_2^{18}\text{O}$ ，故答案为： $x\text{CO}_2$ ； $2x\text{H}_2^{18}\text{O}$ ；

（3）①酸化海水，可以使用试剂：稀硫酸，利用分液漏斗滴加，长管进气，短



管出气，故装置为：



故答案为：

②此反应原理为： $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，即碳酸氢钠与盐酸的物质的量之比为 1:1，那么海水中碳酸氢钠的浓度为 c，体积均为 mL，依据题意有  $c \times z = xy$ ，解  $c = \frac{x \cdot y}{z}$ ，故答案为： $\frac{x \cdot y}{z}$ ；

（4）a 室： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ ，氢离子通过阳离子交换膜进入 b 室，发生反应： $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，故答案为：a 室： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ ，氢离子通过阳离子交换膜进入 b 室，发生反应： $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

②c室： $2\text{H}_2\text{O}+2\text{e}^-=2\text{OH}^-+\text{H}_2\uparrow$ ，用c室排出的碱液将从b室排出的酸性海水调节至装置入口海水的pH，故答案为：c室： $2\text{H}_2\text{O}+2\text{e}^-=2\text{OH}^-+\text{H}_2\uparrow$ ，用c室排出的碱液将从b室排出的酸性海水调节至装置入口海水的pH。

【点评】本题主要考查的是海水的综合利用以及原电池和电解池的工作原理，充分理解所给信息是解决本题的关键，难度较大。

11. 为探讨化学平衡移动原理与氧化还原反应规律的联系，某同学通过改变浓度研究“ $2\text{Fe}^{3+}+2\text{I}^-\rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}+\text{I}_2$ ”反应中 $\text{Fe}^{3+}$ 和 $\text{Fe}^{2+}$ 的相互转化。实验如图1所示：

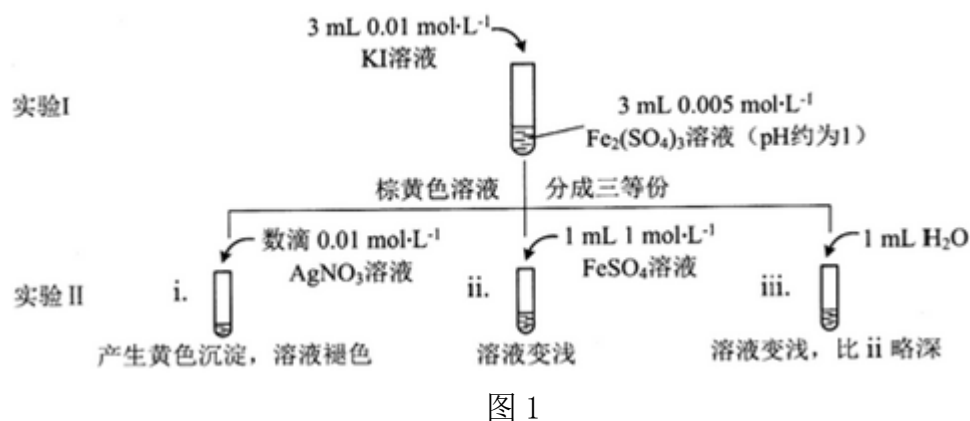


图 1

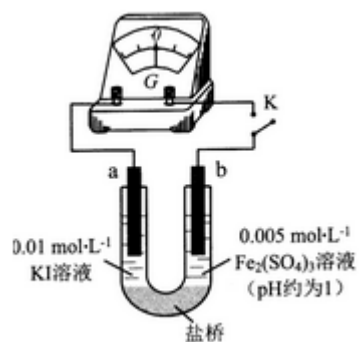


图 2

- (1) 待实验I溶液颜色不再改变时，再进行实验II目的是使实验I的反应到达化学平衡状态。
- (2) iii是ii的对比实验，目的是排除ii中溶液稀释对颜色的变化造成的影响。
- (3) i和ii的颜色变化表明平衡逆向移动， $\text{Fe}^{2+}$ 向 $\text{Fe}^{3+}$ 转化。用化学平衡移动原理解释原因： $\text{Ag}^+$ 与 $\text{I}^-$ 生成 $\text{AgI}$ 黄色沉淀， $\text{I}^-$ 浓度降低， $2\text{Fe}^{3+}+2\text{I}^-\rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}+\text{I}_2$ 平衡逆向移动。

(4) 根据氧化还原反应的规律, 该同学推测 I 中  $\text{Fe}^{2+}$  向  $\text{Fe}^{3+}$  转化的原因: 外加  $\text{Ag}^+$  使  $c(\text{I}^-)$  降低, 导致  $\text{I}^-$  的还原性弱于  $\text{Fe}^{2+}$ . 用图 2 装置 (a、b 均为石墨电极) 进行实验验证.

①K 闭合时, 指针向右偏转, b 作 正 极.

②当指针归零 (反应达到平衡) 后, 向 U 型管左管中滴加  $0.01\text{mol/L AgNO}_3$  溶液. 产生的现象证实了其推测. 该现象是 左管出现黄色沉淀, 指针向左偏转.

(5) 按照 (4) 的原理, 该同学用图 2 装置进行实验, 证实了 ii 中  $\text{Fe}^{2+}$  向  $\text{Fe}^{3+}$  转化的原因.

①转化的原因是  $\text{Fe}^{2+}$  浓度增大, 还原性增强, 使  $\text{Fe}^{2+}$  还原性强于  $\text{I}^-$ .

②与 (4) 实验对比, 不同的操作是 向 U 型管右管中滴加  $0.01\text{mol/L FeSO}_4$  溶液.

(6) 实验 I 中, 还原性:  $\text{I}^- > \text{Fe}^{2+}$ ; 而实验 II 中, 还原性  $\text{Fe}^{2+} > \text{I}^-$ . 将 (3) 和 (4)、(5) 作对比, 得出的结论是 该反应为可逆的氧化还原反应, 在平衡时, 通过改变物质的浓度, 可以改变物质的氧化、还原能力, 并影响平衡移动.

**【考点】** 1B: 真题集萃; B1: 氧化还原反应; CB: 化学平衡的影响因素.

**【分析】** (1) 待实验 I 溶液颜色不再改变时, 再进行实验 II, 目的是使实验 I 的反应达到化学平衡状态;

(2) 根据实验 iii 和实验 ii 的对比可以看出是为了排除有 ii 中水造成溶液中离子浓度改变的影响;

(3)i. 加入  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Ag}^+$  与  $\text{I}^-$  生成  $\text{AgI}$  黄色沉淀,  $\text{I}^-$  浓度降低,  $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$  平衡逆向移动;

ii. 加入  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  浓度增大, 平衡逆移;

①K 闭合时, 指针向右偏转, 可知 b 极  $\text{Fe}^{3+}$  得到电子, 作正极;

②当指针归零 (反应达到平衡) 后, 向 U 型管左管中滴加  $0.01\text{mol/L AgNO}_3$  溶液, 若生成黄色沉淀, 可知  $\text{I}^-$  浓度降低,  $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$  平衡逆向移动;

(5) ① $\text{Fe}^{2+}$  浓度增大, 还原性增强;

②与(4)实验对比,不同的操作是当指针归零(反应达到平衡)后,向U型管右管中滴加0.01mol/L FeSO<sub>4</sub>溶液;

(6)将(3)和(4)、(5)作对比,可知氧化性、还原性与浓度有关.

**【解答】**解:(1)待实验I溶液颜色不再改变时,再进行实验II,目的是使实验I的反应达到化学平衡状态,否则干扰平衡移动的判断,故答案为:化学平衡状态;

(2)由实验iii和实验ii的对比可知,对比实验的目的是为了排除有ii中水造成溶液中离子浓度改变的影响,故答案为:溶液稀释对颜色的变化;

(3)i.加入AgNO<sub>3</sub>,Ag<sup>+</sup>与I<sup>-</sup>生成AgI黄色沉淀,I<sup>-</sup>浓度降低,2Fe<sup>3+</sup>+2I<sup>-</sup>⇌2Fe<sup>2+</sup>+I<sub>2</sub>平衡逆向移动,可知Fe<sup>2+</sup>向Fe<sup>3+</sup>转化,故答案为:Ag<sup>+</sup>与I<sup>-</sup>生成AgI黄色沉淀,I<sup>-</sup>浓度降低,2Fe<sup>3+</sup>+2I<sup>-</sup>⇌2Fe<sup>2+</sup>+I<sub>2</sub>平衡逆向移动;

ii.加入FeSO<sub>4</sub>,Fe<sup>2+</sup>浓度增大,平衡逆移;

①K闭合时,指针向右偏转,右侧为正极,可知b极Fe<sup>3+</sup>得到电子,则b作正极,故答案为:正;

②当指针归零(反应达到平衡)后,向U型管左管中滴加0.01mol/L AgNO<sub>3</sub>溶液,若生成黄色沉淀,I<sup>-</sup>浓度降低,2Fe<sup>3+</sup>+2I<sup>-</sup>⇌2Fe<sup>2+</sup>+I<sub>2</sub>平衡逆向移动,指针向左偏转,也可证明推测Fe<sup>2+</sup>向Fe<sup>3+</sup>转化,故答案为:左管出现黄色沉淀,指针向左偏转;

(5)①转化的原因为Fe<sup>2+</sup>浓度增大,还原性增强,使Fe<sup>2+</sup>还原性强于I<sup>-</sup>,故答案为:Fe<sup>2+</sup>浓度增大,还原性增强,使Fe<sup>2+</sup>还原性强于I<sup>-</sup>;

②与(4)实验对比,不同的操作是当指针归零(反应达到平衡)后,向U型管右管中滴加0.01mol/L FeSO<sub>4</sub>溶液,Fe<sup>2+</sup>向Fe<sup>3+</sup>转化,故答案为:向U型管右管中滴加0.01mol/L FeSO<sub>4</sub>溶液;

(6)将(3)和(4)、(5)作对比,得出的结论是该反应为可逆的氧化还原反应,在平衡时,通过改变物质的浓度,可以改变物质的氧化、还原能力,并影响平衡移动,

故答案为:该反应为可逆的氧化还原反应,在平衡时,通过改变物质的浓度,可以改变物质的氧化、还原能力,并影响平衡移动.

**【点评】**本题为2015年北京高考真题,侧重原电池、氧化还原反应及平衡移动

的综合考查，把握平衡移动的影响因素及物质的性质为解答的关键，对分析与实验能力要求较高，题目难度较大。