

江西理工大学

2015 年硕士研究生入学考试试题

考试科目代码及名称：814 & 环境化学

要求：答案一律写在考点发放的答题纸上，写在试题上无效。

需配备工具：科学计算器

一、填空题（每空 1 分，共 20 分）

- 1、环境化学是一门研究有害物质在环境介质中的(①)、(②)、行为、效应及其控制的化学原理和方法的科学。
- 2、我国酸雨的关键性离子组分为 SO_4^{2-} 、(③) 和 (④)。
- 3、辅酶 Q 是一种(⑤)酶的辅酶。
- 4、大气颗粒物的去除方式有(⑥)和(⑦)。
- 5、在一般天然水体中，决定电位物质是(⑧)，而在有机物累积的厌氧环境中，决定电位物质是(⑨)。
- 6、PAN、POPs 和 THMs 分别代表的化学污染物是：(⑩)、(⑪)和(⑫)。
- 7、土壤酸度可分为两大类，即(⑬)和(⑭)。
- 8、土壤中两个最活跃的组分是(⑮)和(⑯)。
- 9、2012 年，我国颁布的《环境空气质量标准》中规定 PM_{2.5} 的年平均浓度限值为 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，那么 1m^3 空气中将含有的颗粒物个数为(⑰)（密度按照 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 计算）。
- 10、在生物氧化有机物的过程中，以细胞内的分子氧为直接受氢体的氧化过程称为(⑱)。
- 11、农药在土壤中的迁移主要通过(⑲)和(⑳)两个过程。

二、选择题：（每小题 3 分，共 15 分）

- 1、下列几种物质中，在对流层中存在时间最长的是(①)
A CH_4 ； B CCl_2F_2 ； C NO_2^* ； D SO_2
- 2、两毒物的联合作用中，符合 $M > M_1 + M_2$ 的是(②)
A 协同作用 B 相加作用 C 独立作用 D 拮抗作用
- 3、震惊世界的日本水俣病事件是由于食用含有烷基汞的鱼引起的，究其可能根源是工厂排放的无机汞，在环境生物作用下，受(③)催化，生成容易进入生物体内并富集的烷基汞。

江西理工大学

2015 年硕士研究生入学考试试题

A 辅酶 Q10; B 辅酶 FADH₂; C 维生素 B₁₂ 衍生物甲基钴氨素; D 维生素 B₆ 衍生物甲基钴氨素

4、下列现象中, 最终使土壤的碱性增加的是 (④)

A CO₂ 饱和水沥滤土壤; B 土壤中黄铁矿的氧化; C 施加(NH₄)₂SO₄;
D 施加 KNO₃

5、具有温室效应的气体是 (⑤)

A 甲烷、H₂O ; B 甲烷、SO₂; C O₃、CO ; D CO₂、SO₂

三、名词解释 (每小题 4 分, 共 32 分)

1、生物积累; 2、温室效应; 3、优先污染物; 4、湿沉降; 5、敏化光解; 6、Koc; 7、BCF; 8、超累积植物

四、简答题 (共 38 分)

1、(8 分) 什么是土壤的活性酸度与潜性酸度? 试用它们二者的关系讨论我国南方土壤酸度偏高的原因。

2、(8 分) 在离子型稀土残矿区的治理中, 种植桉树是目前较好的植被恢复之一, 简答植物对重金属污染产生耐性作用的主要机制是什么?

3、(8 分) 以汞为例图示或者简述污染物在环境各圈的迁移转化过程。

4、(6 分) 什么是专属吸附、离子交换吸附和表面吸附?

5、(8 分) 大气中 HO· 和 HO₂· 主要来源有哪些? 写出相关方程式。

五、计算题 (共 33 分)

1、(8 分) 一个有毒化合物排入至 pH=8.4, T=25℃ 的水体中, 80% 的有毒化合物被悬浮物所吸着, 已知酸性水解速率常数 $K_a=0$, 碱性水解速率常数 $K_b=4.9 \times 10^{-7} \text{L}/(\text{d} \cdot \text{mol})$, 中性水解速率常数 $K_n=1.6 \text{d}^{-1}$ 。请计算化合物的水解速率常数 K_h 。

2、(10 分) O₃ 的键能为 101.2 kJ/mol, 计算可以使 O₃ 分子光化学反应裂解成 O 和 O₂ 的最大波长。(光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$, 普朗克常数 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}/\text{光量}$, 阿伏加德罗常数 $N_0 = 6.02 \times 10^{23}$)。

3、(15 分) 在稀土矿开采过程中产生的氨氮废水中, Ca²⁺ 离子往往为干扰离子影响水体特性。因此了解钙离子及水体的特性是非常重要的, 在天然水体中

江西理工大学

2015 年硕士研究生入学考试试题

(25°C, 1atm), 当水体中的 CO_2 和 CaCO_3 沉淀以及大气中的 CO_2 达到平衡时, 请计算 $[\text{CO}_2]$ 、 $[\text{Ca}^{2+}]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 的浓度及溶液pH。(已知在干空气中的 CO_2 含量为0.039%, 水的饱和蒸汽压为0.0317atm, $K_{a1}=4.45\times 10^{-7}$, $K_{a2}=4.69\times 10^{-11}$, $K_H=3.38\times 10^{-2} \text{ mol/L}\cdot\text{atm}^{-1}$, $K_{sp}=4.47\times 10^{-9}$)。

六、论述题 (共 12 分)

试论述腐殖质从哪几个方面影响有机污染物的迁移转化和生态风险。

江西理工大学

2015 年硕士研究生入学考试试题 答案及评分标准

考试科目代码及名称： 814 & 环境化学

一、填空题（每空 1 分，共 20 分）

- 1、① 存在、② 化学特性 答案顺序可交换
- 2、③ Ca^{2+} 、④ NH_4^+ 答案顺序可交换
- 3、⑤ 氧化还原酶
- 4、⑥ 干沉降、⑦ 湿沉降 答案顺序可交换
- 5、⑧ 溶解氧、⑨ 有机物
- 6、⑩ 过氧乙酰硝酸酯、⑪ 持久性有机污染物、⑫ 三卤甲烷
- 7、⑬ 活性酸度、⑭ 潜性酸度 答案顺序可交换
- 8、⑮ 土壤微生物、⑯ 土壤胶体 答案顺序可交换
- 9、⑰ 4.28×10^6
- 10、⑱ 有氧氧化
- 11、⑲ 质体流动、⑳ 扩散 答案顺序可交换

二、选择题：（每小题 3 分，共 15 分）

- ① B； ② A； ③ C； ④ D； ⑤ A

三、名词解释（每小题 4 分，共 32 分）

- 1、**生物积累**：生物从周围环境(水、土壤、大气)和食物链蓄积某种元素或难降解物质，使其在机体内的浓度超过周围环境中浓度的现象。
- 2、**温室效应**：像 CO_2 如温室的玻璃一样，它允许来自太阳的可见光射到地，也能阻止地面中的 CO_2 吸收了地面辐射出来的红外光，把能量截留于大气之中，从而使大气温度升高，这种现象称为温室效应。
- 3、**优先污染物**：在众多污染物中筛选出潜在危险大的作为优先研究和控制对象，称之为优先污染物。
- 4、**湿沉降**：通过降雨降雪等使大气中的颗粒物从大气中去除的过程，一些吸附或者富集在颗粒物上的污染物随之从大气环境中去除。
- 5、**敏化光解**：一个光吸收分子可能将它的过剩能量转移到一个接受体分子，导致接受体反应，造成水中有机污染物降解，称为敏化光解。
- 6、**Koc**：为标化分配系数有机毒物在沉积物与水之间的分配比率用分配系数表示，分配系数与沉积物中有机碳的质量分数的比值称为标化分配系数。
- 7、**BCF**：为生物浓缩系数，即某种元素或化合物在生物体内的浓度与其在的环境中的浓度的比值。
- 8、**超积累植物**：所谓超积累植物，是指对重金属的吸收量超过一般植物 100 倍以上的植物，超积累植物积累的 Cr、Co、Ni、Cu、Pb 含量一般在 $110\text{mg}/\text{kg}$ (干重) 以上，积累的 Mn、Zn 含量一般在 $10\text{mg}/\text{kg}$ (干重)以上。

四、简答题（共 38 分）

- 1、(8 分) 什么是土壤的活性酸度与潜性酸度？试用它们二者的关系讨论我国南方土壤酸度偏高的原因。
(1)活性酸度：土壤的活性酸度是土壤溶液中氢离子浓度的直接反映，又称有效酸度，通常用 pH 表示。(2'
(2) 潜性酸度：土壤潜性酸度的来源是土壤胶体吸附的可代换性 H^+ 和 Al^{3+} 。当这些离子处于吸附状态时，

江西理工大学

2015 年硕士研究生入学考试试题 答案及评分标准

是不显酸性的，但当它们经离子交换作用进入土壤溶液后，即可增加土壤溶液的 H^+ 浓度，使土壤 pH 值降低。(2')

(3) 土壤的活性酸度和潜性酸度是同一个平衡体系的两种酸度。两者可以相互转化，在一定条件下处于暂时平衡状态。土壤活性酸度是土壤酸度的根本起点和现实表现。潜性酸度是活性酸度的储备。(2')

(4) 南方土壤中岩石或成土母质的晶格被不同程度破坏，导致晶格中 Al^{3+} 释放出来，变成代换性 Al^{3+} ，增加了土壤的潜性酸度，在一定条件下转化为土壤活性酸度，表现为 pH 值减小，酸度偏高。(2')

2、(8 分) 在离子型稀土矿区的治理中，种植桉树是目前较好的植被恢复之一，简答植物对重金属污染产生耐性作用的主要机制是什么？

不同种类的植物对重金属的耐性不同，同种植物由于其分布和生长的环境各异可能表现出对某种重金属有明显的耐性。

(1) 植物根系通过改变根系化学性状、原生质泌溢等作用限制重金属离子的跨膜吸收。(2')

(2) 重金属与植物的细胞壁结合，而不能进入细胞质影响细胞代谢活动，使植物对重金属表现出耐性。(2')

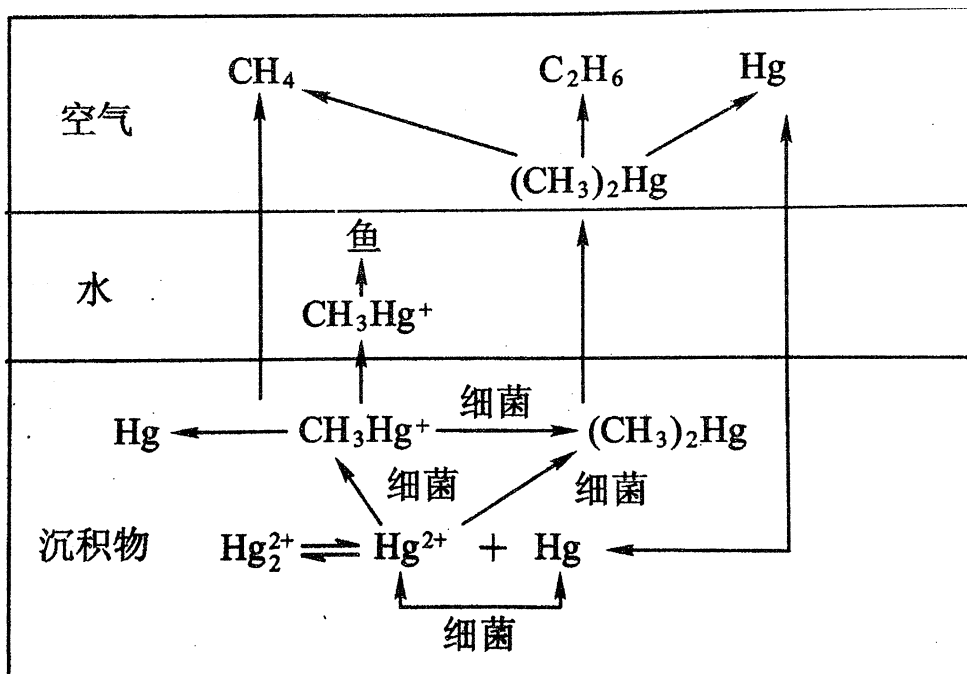
(3) 酶系统的作用。耐性植物中酶活性在重金属含量增加时仍能维持正常水平，此外在耐性植物中还发现另一些酶可被激活，从而使耐性植物在受重金属污染时保持正常代谢过程。(2')

(4) 形成重金属硫蛋白或植物络合素，使重金属以不具生物活性的无毒螯合物形式存在，降低了重金属离子活性，从而减轻或解除其毒害作用。(2')

3、(8 分) 以汞为例图示或者简述污染物在环境各圈的迁移转化过程。

图示可以直接得 8' 或者没有图示直接按下面进行文字描述：

图示：



江西理工大学

2015 年硕士研究生入学考试试题 答案及评分标准

汞在环境中的存在形态有金属汞、无机汞化合物和有机汞化合物三种(2')。在好氧或厌氧条件下,水体底质中某些微生物能使二价无机汞盐转变为甲基汞和二甲基汞(2')。甲基汞脂溶性大,化学性质稳定,容易被鱼类等生物吸收,难以代谢消除,能在食物链中逐级放大(2')。甲基汞可进一步转化为二甲基汞。二甲基汞难溶于水,有挥发性,易散逸到大气中,容易被光解为甲烷、乙烷和汞,故大气中二甲基汞存在量很少(2')。在弱酸性水体(pH4~5)中,二甲基汞也可转化为一甲基汞。

4、(6分)什么是专属吸附、离子交换吸附和表面吸附?

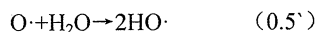
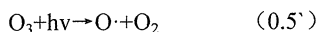
(1)表面吸附:由于胶体表面具有巨大的比表面和表面能,因此固液界面存在表面吸附作用.胶体表面积越大,吸附作用越强. (2')

(2)离子交换吸附:环境中大部分胶体带负电荷,容易吸附各种阳离子.胶体每吸附一部分阳离子,同时也放出等量的其他阳离子,这种作用称为离子交换吸附作用,属于物理化学吸附.该反应是可逆反应,不受温度影响,交换能力与溶质的性质,浓度和吸附剂的性质有关. (2')

(3)专属吸附:指在吸附过程中,除了化学键作用外,尚有加强的憎水键和范德化力或氢键作用.该作用不但可以使表面点荷改变符号,还可以使离子化合物吸附在同号电荷的表面上. (2')

5、(8分)大气中 HO· 和 HO₂· 主要来源有哪些? 写出相关方程式。

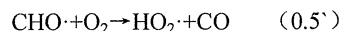
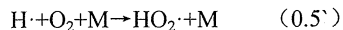
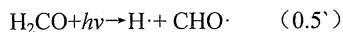
(1) 对于清洁大气, O₃ 的光解是大气中 HO· 自由基的重要来源: (1')



(2) 对于污染大气, HNO₂ 和 H₂O₂ 光解是大气中 HO 重要来源: (1')



(3) 大气中的 HO₂· 主要来源于醛的光解, 尤其是甲醛的光解 (1')



任何光解只要有 H· 或者 HCO· 自由基的生成, 它们都可以与空气中的 O₂ 结合而导致生成 HO₂·, 但其他醛类在大气中的含量远比甲醛低, 所以不如甲醛重要. (1.5')

五、计算题 (共 33 分)

1、(8分)

江西理工大学

2015 年硕士研究生入学考试试题 答案及评分标准

解: $K_h = [K_n + \alpha_w(K_a[H^+] + K_b[OH^-])] \quad (4')$

$$= 1.6 + (1-80\%) (0 + 4.9 \times 10^{-7} \times 10^{-5.6}) \quad (2')$$

$$= 1.6 d^{-1} \quad (2')$$

2、(10分)

解: $E = N_0 h \nu = N_0 \frac{hc}{\lambda} \quad (3')$

$$\lambda = N_0 \frac{hc}{E} \quad (3')$$

$$\lambda = \frac{6.02 \times 10^{23} \times 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}}{101.2 \text{ kJ/mol} \times 10^3 \text{ J/kJ}} \quad (2')$$

$$= 1.183 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 1183 \text{ nm} \quad (2')$$

答: 使 O_3 分子裂解成 O 和 O_2 最大波长为 1183 nm。

3、(15分)

解: 根据亨利定律计算水体中溶解的 CO_2 :

$$[CO_2] = P_{CO_2} \times K_H \quad \dots\dots\dots ① \quad (2')$$

$$= (1-0.0317) \times 390 \times 10^{-6} \times 3.38 \times 10^{-2}$$

$$= 1.276 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

由碳酸在水体中的平衡 $CO_2(aq) + H_2O \leftrightarrow HCO_3^- + H^+$, $HCO_3^- \leftrightarrow CO_3^{2-} + H^+$ 可以计算:

$$K_{a1} = \frac{[HCO_3^-][H^+]}{[CO_2]} = 4.45 \times 10^{-7} \quad \dots\dots\dots ② \quad (2')$$

$$K_{a2} = \frac{[CO_3^{2-}][H^+]}{[HCO_3^-]} = 4.69 \times 10^{-11} \quad \dots\dots\dots ③ \quad (2')$$

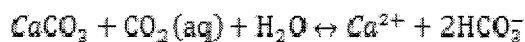
由碳酸钙在水中的溶解方程: $CaCO_3 \leftrightarrow Ca^{2+} + CO_3^{2-}$

$$\text{得到: } K_{sp} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = 4.47 \times 10^{-9} \quad \dots\dots\dots ④ \quad (2')$$

在二氧化碳饱和水体中会发生如下反应:

江西理工大学

2015 年硕士研究生入学考试试题 答案及评分标准



得到关系式 $K' = \frac{[\text{HCO}_3^-]^2[\text{Ca}^{2+}]}{[\text{CO}_2]} = \frac{K_{sp}K_{a1}}{K_{a2}} = 4.24 \times 10^{-5}$ ⑤ (2')

联立方程①-⑤可解得:

$$[\text{CO}_2] = 1.276 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 1.03 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 8.7 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 5.14 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}^+] = 5.54 \times 10^{-9} \text{ mol/L}, \text{pH} = 8.26. \quad (5', \text{ 每一个计算结果为 } 1')$$

六、论述题 (共 12 分)

试论述腐殖质从哪几个方面影响有机污染物的迁移转化和生态风险。

答: 腐殖质是一种带负电的高分子弱电解质, 其与环境中的有机物间的作用包括:

- (1) 吸附效应: 由于腐殖质特殊的结构和所含的功能基团它们几乎可与所有环境物质发生吸附反应。腐殖质对有机污染物的吸附, 降低了有机污染物的迁移性和生态风险。 (2')
- (2) 溶解效应: 溶解性有机质可以增加增水性有机污染物的溶解性, 从而增加其迁移性。 (2')
- (3) 催化作用: 腐殖质对一些有机污染物的水解反应具有催化作用, 加速污染物的转化。 (2')
- (4) 对生物有效性 (生物可利用性) 的影响: 腐殖质对有机污染物的生物有效性影响非常复杂, 一半认为大的吸附态有机质减弱污染物的生物有效性和迁移性; 而小分子有机质增加污染物溶解, 增加其生物有效性。 (2')
- (5) 光敏效应: 腐殖质中存在一些发色团, 这些基团吸收光能后, 将能量转移给目标污染物, 促进有机污染物的光降解过程。 (2')
- (6) 促灭效应: 腐殖质与自由基等活性粒子碰撞, 产生稳定中间产物, 影响有机污染物的光降解过程。 (2')