《无机化学（下）》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Inorganic Chemistry | **课程代码** | 09041032 |
| **课程性质** | 大类基础课程 | **授课对象** | 材化部强化班 |
| **学 分** | 3 | **学 时** | 72 |
| **主讲教师** | 胡传江 | **修订日期** | 2021.5.31 |
| **指定教材** | Chang等编著《General Chemistry –The Essential Concepts》,McGRAW-Hill,2014, 第7版 |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

《无机化学》是材化部化学系本科生的大类基础课程。课程为本科生大学第一门化学专业课程，旨在为学生提供一个理解学科全貌的入门介绍，使学生能够对本学科形成整体认识，了解学科的基本内容、研究领域和主要问题，熟悉专业的学科知识体系，掌握化学的一些基础知识和基本概念，为专业学习和后续课程的学习打下必要的专业基础。在专业态度上养成良好的学习意识，并产生对化学学科及其细分专业的兴趣，并在一定程度上明确今后专业学习的方向和良好的学习目标，为个人专业的职业发展提供导向。

（二）课程目标：

《无机化学（下）》旨在进一步帮助学生对化学学科的核心概念、研究对象、主要研究问题、相应的基本理论及研究方法有个全面的框架性理解。要求学生能够了解化学发展的基本历史；理解化学概念的内涵与范畴；掌握教化学理论基础；能结合对化学实验技能的培养和训练，提升其学科认同度，产生相应的研究兴趣，为后续课程学习打下基础。

**课程目标1：**系统掌握化学及其他学科相关的基础理论和基础知识。

**课程目标2：**初步认识化学研究的意义和基本过程，感受并认同化学在社会发展中的积极作用，保持和增强对化学现象的好奇心和探究欲，发展学习化学的兴趣，能够提出问题，分析问题，并进行初步的探究活动。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1 |  | Chapter 1-13 | 毕业要求1 |
| 课程目标2 |  | Chapter 1-13 | 毕业要求2 |

毕业要求1：基础知识：能够熟练掌握与化学相关的自然科学学科相关基础理论；系统掌握化学基础理论和基础知识。

毕业要求2：问题分析：能够应用数学、物理和化学学科的基本原理解释和分析化学反应现象和理解反应本质；熟练掌握获取专业信息的方法和渠道，并用以分析化学问题；能够通过对特定专业课程学习深度分析出专业知识的发展方向和明确其应用前景

**三、教学内容**

**Chapter 1 (chapter 17 in textbook) Solubility and Complex-Ion Equilibria**

1.教学目标

（1）理解溶度积和配合物平衡的基本概念。

（2）掌握溶度积和配合物平衡的相关计算。

（3）初步理解分步沉淀和阳离子定性分析方法。

2.教学重难点

包含溶度积和配合物平衡等多种平衡体系的相关计算。

3.教学内容

(1) The Solubility Product Constant, *K*sp

(2) The Relationship Between Solubility and *K*sp

(3) The Common-Ion Effect in Solubility Equilibria

(4) Limitations of the *K*sp Concept

(5) Criteria for Precipitation and Its Completeness

(6) Solubility and pH

(7) Fractional Precipitation

(8) Qualitative Cation Analysis

(9) Equilibria Involving Complex Ions

4.教学方法

（1）讲授法：讲授溶解平衡和配合物平衡的相关概念。

（2）研讨法：分步沉淀的内容教学采用翻转课堂模式进行。要求学生在课前观看微课，并完成相应的教学预习和问题思考。课堂教学以师生研讨、学生展示为主要的教学活动。

5.教学评价

回答下列问题：

1. Of the compounds CaF2, CaCl2, AgF and AgCl, which would be considered insoluble? Explain.
2. Which will be affected more by the addition of a strong acid or a strong base: the solubility of CaF2 or the solubility of CaCl2. Explain.
3. Determine [Mg2+] in a saturated solution of Mg(OH)2 at (a) pH= 10.00 and (b) pH = 5.00. Is each of these a plausible quantity? Explain.

**Chapter 2 (chapter 18 in textbook) Spontaneous Change: Entropy and Free Energy**

1.教学目标

（1）理解焓、自由能、热力学第二、第三定律等基本概念。

（2）掌握自由能变化与平衡常数的关系及其相关计算。

2.教学重难点

熵的热力学含义及其计算

3.教学内容

(1) Spontaneity: The Meaning of Spontaneous Change

(2) The Concept of Entropy

(3) Evaluating Entropy and Entropy Changes Criteria for Spontaneous Change: The Second Law of Thermodynamics

(4) Standard Fee Energy Change, ΔG°

(5) Free Energy Change and Equilibrium

(6) ΔG° and Keq as Functions of Temperature

(7) Coupled Reactions

4.教学方法

（1）讲授法：焓、自由能、热力学第二、第三定律等基本概念。

（2）研讨法：讨论ΔG°和Keq的相关计算。

5.教学评价

回答下列问题：

1. What are the definition of entropy and Gibbs free energy?
2. What are the relationship between ΔG° and Keq ?.
3. What is the Criteria for Spontaneous Change?

**Chapter 3 (chapter 19 in textbook) Electrochemistry**

1.教学目标

（1）理解电化学中原电池、电极电势、电解池等基本概念。

（2）掌握原电池的符号表达式的书写，E, ΔG和Keq的相关计算。

2.教学重难点

E, ΔG,和Keq的相关计算,能斯特方程的使用。

3.教学内容

(1) Electrode Potentials and Their Measurement

(2) Standard Electrode Potentials

(3) Ecell, ΔG, and Keq

(4) Ecell as a Function of Concentration

(5) Batteries: Producing Electricity Through Chemical Reactions.

(6) Corrosion: Unwanted Voltaic Cells

(7) Electrolysis: Causing Non-spontaneous Reactions to Occur

(8) Industrial Electrolysis Processes

 4.教学方法

（1）讲授法：电极电势、电解池、原电池等基本概念。

（2）研讨法：Nernst方程的内容教学采用翻转课堂模式进行。要求学生在课前观看微课，并完成相应的教学预习和问题思考。课堂教学以师生研讨、学生展示为主要的教学活动。

5.教学评价

回答下列问题：

1. How do you understand that some electrode potential or cell voltages are pH dependent?
2. What are the differences between galvanic cells and electrolytic cells?
3. How to calculate the electrode potentials involving precipitation or complex ions.

**Chapter 4 Group 18 The Noble Gases**

1.教学目标

（1）理解惰性气体元素的基本性质。

（2）掌握其氟化物氧化物的典型反应。

2.教学重难点

其氟化物的水解类型

3.教学内容

(1) General properties

(2) Elements

(3) Compounds

4.教学方法

（1）讲授法：惰性气体元素的基本性质介绍。

（2）研讨法：通过实际反应的例子讨论其氟化物的水解。

5.教学评价

回答下列问题：

1. A 22.3 g sample of acetone (see the model here) is dissolved in enough water to produce 1.25 L of solution. What is the molarity of acetone in this solution? Use VSEPR theory to predict the probable geometric structures of the molecules (a) O2XeF2 **(b)** O3XeF2 **(c)** OXeF4 .
2. Write a chemical equation for the hydrolysis of XeF4，that yields Xe, and HF as products.
3. Despite the fact that it has the higher molecular mass, XeO4 exists as a gas at 298 K, whereas XeO3 is a solid. Give a plausible explanation for this observation.

**Chapter 5 Group 17: The Halogens**

1.教学目标

（1）理解卤族元素的基本性质和第二第四周期元素的反常性。

（2）掌握歧化反应的原理，卤酸性质的规律性和卤族化合物的典型反应。

2.教学重难点

卤酸性质的规律性

3.教学内容

(1)General properties

(2) Elements

(3) Compounds

4.教学方法

（1）讲授法：卤族元素的基本性质和第二第四周期元素的反常性。

（2）研讨法：讨论如何运用电化学知识判断歧化反应的自发性。

5.教学评价

回答下列问题：

(1) Predict the geometric structures of (a) BrF3 (b)IF5 (c)Cl3*I*F- *(I is central atom)*

(2) Write down the name for the following species. (a) KBrO3 b) I3- c) NaClO

(3) Freshly prepared solutions containing iodide ion are colorless, but over time they usually turn yellow. Describe a plausible chemical reaction (or reactions) to account for this observation.

**Chapter 6 Group 16: The Oxygen Family-Chalcogens**

1.教学目标

（1）理解氧族元素的基本性质。

（2）掌握氧族化合物的典型反应和含氧酸的酸度与分子结构的关系。

2.教学重难点

含氧酸的酸度与分子结构的关系。

3.教学内容

(1) General properties

(2) Oxygen and its compounds

(3) Sulfur and its elements

(4) Other elements and their compounds

4.教学方法

（1）讲授法：氧族元素的基本性质。

（2）研讨法：通过实例讨论如何含氧酸的酸度与分子结构的关系。

5.教学评价

回答下列问题：

1. Compare the oxidizing ability, boiling points, polarity and magnetism between O3 and O2.
2. Explain why Fe3+ can catalyze the decomposition of H2O2.
3. Explain the bonding in SO42-.

**Chapter 7 Group 15: The Nitrogen Family**

1.教学目标

（1）理解氮族元素的基本性质。

（2）掌握氮族化合物的基本性质和相关反应。

2.教学重难点

硝酸盐和亚硝酸盐的相关性质和对比。

3.教学内容

(1) General properties

(2) Nitrogen and its compounds

(3) Phosphorus and its compounds

(4) Other elements and their compounds

4.教学方法

（1）讲授法：讲授氮族元素的基本性质。

（2）讨论法：根据实例讨论氮族化合物的基本性质和相关反应。

5.教学评价

回答下列问题：

1. Why do these bond distances have the following order？ d(NO+)< d(NO) < d(NO-).
2. Arrange the basicity for the following base. NH2OH NH3 N2H4 PH3 AsH3
3. Why the bond energy E(N-N)（167kJ.mol-1）is greater than E(P-P)（201 kJ.mol-1）, and E（N≡N） （942 kJ.mol-1）is greater than E(P≡P)（481 kJ.mol-1）？
4. Establish the electrode potential Eo for the reduction of N2O4 to NO in an acidic solution. Eo(N2O4/HNO2) = 1.065 V, Eo(HNO2/NO) = 0.996 V.

**Chapter 8 Group 14 : Carbon Family Elements**

1.教学目标

（1）理解碳族元素的基本性质。

（2）掌握碳族化合物的基本性质和相关反应。

2.教学重难点

碳酸类盐的分解和溶解度的相关规律。

3.教学内容

(1)General properties

(2)Elements

(3)Compounds

4.教学方法

（1）讲授法：碳族元素的基本性质。

（2）讨论法：具体讨论碳酸盐的分解规律。

5.教学评价

回答下列问题：

1. Why NaHCO3 is less soluble than Na2CO3 in water ?

(2) Explain the difference between diamond and graphite.

(3) Why halides of silicon can hydrolyze, but halides of carbon can not?

**Chapter 9: Group 13 The Boron Family Elements**

1.教学目标

（1）理解硼碳族元素的基本性质。

（2）掌握硼族化合物的基本性质和相关反应和成键特点。

2.教学重难点

硼烷类化合物的成键

3.教学内容

(1) General properties

(2) Elements and Compounds of Boron

(3) Elements and Compounds of Aluminum

(4) Elements and Compounds of others

4.教学方法

（1）讲授法：硼碳族元素的基本性质。

（2）研讨法：通过硼烷化合物讨论三中心键。

5.教学评价

回答下列问题：

(1)What is the “three center bond” theory? How do you explain the bonding in B2H6?

(2) Why can BF3 exists, but not BH3 ？

(3)Why it is very difficult to produce Aluminum metal by electrolysis of Al2O3, how scientists solve this problem?

**Chapter 10: Group 1 Alkali metals**

1.教学目标

（1）理解碱金属元素的基本性质。

（2）掌握碱金属化合物的基本性质和相关反应。

2.教学重难点

氧化物，过氧化物，超氧化物的特点。

3.教学内容

(1) Physical Properties

(2) Elements

(3) Compounds

4.教学方法

（1）讲授法：碱金属元素的基本性质。

（2）研讨法：讨论不同类氧化物的特点。

5.教学评价

回答下列问题：

(1) Why the melting points decrease with increase atomic numbers in group 1?

(2) Why the reaction of different alkali metals with O2 leads to different products?

(3) Describe the Hou's process to produce NaHCO3.

**Chapter 11: Group 2 Alkaline Earth Metals**

1.教学目标

（1）理解碱土金属元素的基本性质。

（2）掌握碱土金属化合物的基本性质和相关反应。

2.教学重难点

金属晶体的性质及成键特点

3.教学内容

(1) Physical Properties

(2) Diagonal relationships

(3) Elements

(4) Compounds：Oxides, hydroxides, Halides, salts of oxoacids

(5) Hard Water

4.教学方法

（1）讲授法：碱土金属元素的基本性质。

（2）研讨法：根据实例讨论对角线规则。

5.教学评价

回答下列问题：

(1) Why do alkaline earth metals have higher melting point and hardness than alkali metals, and why do not their melting points show any pattern？

(2)Describe how Stalactites and Stalagmites are formed.

(3)Explain Diagonal Relationships.

**Chapter 12: The Chemistry of Coordination Compounds**

1.教学目标

（1）理解配合物的结构特点、命名，了解价键理论。

（2）掌握晶体场理论、配位平衡的相关计算。

2.教学重难点

晶体场理论的应用。

3.教学内容

(1) Werner’s Theory of Coordination Compounds: An Overview

(2) Ligands

(3)Nomenclature

(4)Coordination Number

(5)Isomerism

(6)Bonding in Complex Ions: Crystal Field Theory

(7)Magnetic Properties of Coordination Compounds and Crystal Field Theory

(8)Color and the Colors of Complexes

(9)Aspects of Complex-Ion Equilibria

(10)Acid-Base Reactions of Complex Ions

(11) Some Kinetic Considerations

(12) Applications of Coordination Chemistry

4.教学方法

（1）讲授法：讲授配位化学的基本概念。

（2）研讨法：Crystal field theory的内容教学采用翻转课堂模式进行。要求学生在课前观看微课，并完成相应的教学预习和问题思考。课堂教学以师生研讨、学生展示为主要的教学活动。

5.教学评价

回答下列问题：

(1) According to crystal field theory, which type of interaction is between metal and ligand?

(2) How do the energies of d orbitals split in octahedral complexes? Why?

(3) What is the crystal field splitting value （∆)? (4) How do we measure ∆ experimently?

(5) What is the spectrochemical series? What are strong field ligands, weak field ligands?

(6) What are the factors affecting crystal field splitting values （∆）?

(7) What are the high-spin state and the low-spin state? What cause the different spin state?

**Chapter 13: Transition Metals**

1.教学目标

（1）理解过渡金属元素的基本性质。

（2）初步掌握过渡金属化合物的基本性质和相关反应。

2.教学重难点

各种过渡金属离子的鉴定和分离。

3.教学内容

(1) General Properties

(2) Principles of Extractive Metallurgy

(3) First-Row Transition Elements: Scandium to Manganese.

(4) The Iron Triad: Iron, Cobalt and Nickel

(5) Group 11: Copper, Silver and Gold

(6) Group 12: Zinc, Cadmium and Mercury

4.教学方法

（1）自主学习法：过渡金属元素的学习以学生自主学习的方式进行。学生在教师正确引导下的自觉主动学习。学生分组，参与提出和确定相关过渡金属元素，小组制定学习计划，查阅文献资料，总结制备相应内容的ppt, 课堂上进行口头汇报并讨论。

5.教学评价

回答下列问题：

(1)What is Lanthanides Contraction?

(2)What is Extractive Metallurgy?

(3)What is Zone Refining?

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 章节内容 | 学时分配 |
| Chapter 1 | Solubility and Complex-Ion Equilibria | 3 |
| Chapter 2 | Spontaneous Change: Entropy and Free Energy | 3 |
| Chapter 3 | Electrochemistry | 8 |
| Chapter 4 | Group 8A (18) The Noble Gases | 2 |
| Chapter 5 | Group 17: The Halogens | 7 |
| Chapter 6 | Group 16: The Oxygen Family-Chalcogens | 6 |
| Chapter 7 | Group 15: The Nitrogen Family | 7 |
| Chapter 8 | Group 14 : Carbon Family Elements | 4 |
| Chapter 9 | Group 13 The Boron Family Elements | 4 |
| Chapter 10 | Group 1 Alkali metals | 2 |
| Chapter 11 | Group 2 Alkaline Earth Metals | 2 |
| Chapter 12 | Coordination compound | 12 |
| Chapter 13 | Transition Metals | 8 |
| 总计 |  | 68 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 周次 | 日期 | 章节名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 1 |  | Chapter 1 | Solubility and Complex-Ion Equilibria | 3 | 作业：课后习题。要求：理解溶度积和配合物平衡的基本概念,掌握溶度积和配合物平衡的相关计算。 |  |
| 1-2 |  | Chapter 2 | Spontaneous Change: Entropy and Free Energy | 3 | 作业：课后习题。要求：理解热力学基本概念,掌握自由能变化与平衡常数的关系及其相关计算。 |  |
| 2-4 |  | Chapter 3 | Electrochemistry | 8 | 作业：课后习题。要求：理解电化学基本概念,掌握E, ΔG和Keq的相关计算。 |  |
| 4 |  | Chapter 4 | Group 8A (18) The Noble Gases | 2 | 作业：课后习题。要求：理解惰性气体元素的基本性质,掌握其氟化物氧化物的典型反应。 |  |
| 5-6 |  | Chapter 5 | Group 17: The Halogens | 7 | 作业：课后习题。要求：理解卤族元素的基本性质和第二第四周期元素的反常性，掌握歧化反应的原理，卤酸性质的规律性和卤族化合物的典型反应。 |  |
| 6-8 |  | Chapter 6 | Group 16: The Oxygen Family-Chalcogens | 6 | 作业：课后习题。要求：理解氧族元素的基本性质，掌握氧族化合物的典型反应和含氧酸的酸度与分子结构的关系。 |  |
| 8-9 |  | Chapter 7 | Group 15: The Nitrogen Family | 7 | 作业：课后习题。要求：理解氮族元素的基本性质，掌握氮族化合物的基本性质和相关反应。 |  |
| 10 |  | Chapter 8 | Group 14 : Carbon Family Elements | 4 | 作业：课后习题。要求：掌握元素的半径大小，电离能，亲合能的周期性。 |  |
| 11 |  | Chapter 9 | Group 13 The Boron Family Elements | 4 | 作业：课后习题。要求：理解硼碳族元素的基本性质，掌握硼族化合物的基本性质和相关反应和成键特点。 |  |
| 12 |  | Chapter 10 | Group 1 Alkali metals | 2 | 作业：课后习题。要求：理解碱金属元素的基本性质，掌握碱金属化合物的基本性质和相关反应。 |  |
| 12 |  | Chapter 11 | Group 2 Alkaline Earth Metals | 2 | 作业：课后习题。要求：理解碱土金属元素的基本性质，掌握碱土金属化合物的基本性质和相关反应。 |  |
| 13-15 |  | Chapter 12 | Coordination compound | 12 | 作业：课后习题。要求：理解配合物的结构特点、命名，了解价键理论，掌握晶体场理论、配位平衡的相关计算。 |  |
| 16-17 |  | Chapter 13 | Transition Metals | 8 | 作业：课后习题。要求：理解过渡金属元素的基本性质，初步掌握过渡金属化合物的基本性质和相关反应。 |  |

**教材及参考书目**

1. Raymond Chang; Kenneth Goldsby，General Chemistry –The Essential Concepts, McGRAW-Hill, 7th Edition, 2014.
2. Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G. Inorganic Chemistry, 4nd Edition. Pearson Education Limited, 2012.
3. Miessler and Tarr，无机化学(第3版影印版)/“Inorganic Chemistry” 3rd Edition, 高等教育出版社, 2007.
4. Inorganic Chemistry, D. Shriver and P. Atkins, Freeman, 6th Edition, 2014.
5. Chemistry: The Molecular Science 4th Edition by John W. Moore, Peter C. Jurs, Conrad L. Stanitski Publisher: Brooks Cole; 4th edition, 2010.
6. 郎建平、陶建清，无机化学(上、下)，南京大学出版社，2014.
7. 北京师范大学等，《无机化学》，高等教育出版社，2005

**七、教学方法**

1.讲授法：例如讲授电子构型地章节，系统地介绍量子数，几种电子排布地规则，帮助学生了解并掌握相关知识。

2.研讨法：讲授能斯特方程时，采取翻转课堂的方式。先将资料参考书等布置给同学们，并提前提出部分问题，同学们课前学习。课上讨论解决相关问题，并进一步通过习题来巩固学习效果。

3.自主学习法：学生在教师正确引导下的自觉主动学习。学生分组，参与提出和确定相关过渡金属元素，小组制定学习计划，查阅文献资料，总结制备相应内容的ppt,课堂上进行口头汇报并讨论。

 **八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系**

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | **重要化学知识点的掌握** | **闭卷** |
| 课程目标2 | **对于实例和重要知识点的分析与汇报** | **书面或口头汇报** |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

平时成绩：30%（作业，考勤，提问，随堂测验，翻转课堂测验，APP预习等）

平时考试1：10% （闭卷）

平时考试2：10%（闭卷）

期中考试：20%（闭卷）

期末考试：30%（闭卷）。

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  **考核占比****课程目标** | **平时** | **期中** | **期末** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 50% | 20% | 30% | （例：课程目标1达成度={0.5ｘ平时目标1成绩+0.2ｘ期中目标1成绩+0.3ｘ期末目标1成绩}/目标1总分。按课程考核实际情况描述） |
| 课程目标2 | 100% | 0% | 0% |

**（三）评分标准**

| **课程****目标** | **评分标准** |
| --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| **课程****目标1** | 完全系统地掌握化学及其他学科相关的基础理论和基础知识。 | 较好系统地掌握化学及其他学科相关的基础理论和基础知识。 | 一般性地掌握化学及其他学科相关的基础理论和基础知识。 | 基本掌握化学及其他学科相关的基础理论和基础知识。 | 不能掌握化学及其他学科相关的基础理论和基础知识。 |
| **课程****目标2** | 完全初步认识化学研究的意义和基本过程，感受并认同化学在社会发展中的积极作用，保持和增强对化学现象的好奇心和探究欲，发展学习化学的兴趣，能够提出问题，分析问题，并进行初步的探究活动。 | 较好地初步认识化学研究的意义和基本过程，感受并认同化学在社会发展中的积极作用，保持和增强对化学现象的好奇心和探究欲，发展学习化学的兴趣，能够提出问题，分析问题，并进行初步的探究活动。 | 一般性地初步认识化学研究的意义和基本过程，感受并认同化学在社会发展中的积极作用，保持和增强对化学现象的好奇心和探究欲，发展学习化学的兴趣，能够提出问题，分析问题，并进行初步的探究活动。 | 基本初步认识化学研究的意义和基本过程，感受并认同化学在社会发展中的积极作用，保持和增强对化学现象的好奇心和探究欲，发展学习化学的兴趣，能够提出问题，分析问题，并进行初步的探究活动。 | 不能初步认识化学研究的意义和基本过程，感受并认同化学在社会发展中的积极作用，保持和增强对化学现象的好奇心和探究欲，发展学习化学的兴趣，能够提出问题，分析问题，并进行初步的探究活动。 |