《物理化学（下）》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Physical Chemistry | **课程代码** | 09041043 |
| **课程性质** | 大类基础课程 | **授课对象** | 材化部大三强化班 |
| **学 分** | 3 | **学 时** | 72 |
| **主讲教师** | 王勇 | **修订日期** | 2023.05.12 |
| **指定教材** | Atkins物理化学，Atkins’ Physical Chemistry，第7版影印版，高等教育出版社。 | | |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

物理化学是高等学校化学及相关专业必修的一门专业基础课程，是在物理和化学两大学科基础上发展起来的。它以丰富的化学现象和体系为研究对象，采纳并结合物理学的理论，探索、归纳和研究物质变化的基本规律、热力学和动力学行为，构成本学科的理论基础。实际上，物理化学既是化学专业知识结构中重要的学科，又是后续专业课程（化工原理、界面化学、电化学、催化原理等）的理论基础。该课程对培养学生创新能力和科学思维，以及综合素质的培养与提高起着关键的作用，同时在人才培养中处于比较重要的地位。

随着全球一体化的快速发展，对高等教育国际化的需求也更加迫切。2001年教育部颁布的《关于加强高等学校本科教学工作提高教学质量的若干意见》提出，要在生物技术、信息技术、以及金融、法律等、国家发展急需的专业，开展使用英语等外语进行公共课和专业课教学，“力争在三年内英语教学课程要达到所开课程的5%至10%”。这是为了提高高校教学质量，培养参与国际竞争需要的“专业+外语”复合型人才，以更好地适应全球经济一体化，在与国际接轨、适应教育国际化方面做出的具有历史和现实意义的重大举措。全英文教学是高校人才培养模式改革的一个重要组成部分。因此，开展全英文授课及学习，也是培养国际化人才的重要补充。

（二）课程目标：

本课程共设72个授课学时， 54个实验学时。以英文原版教材为蓝本，通过多媒体全英语教学完成教学任务。整个学年的教学将按照专题章节知识结构分层递进的方式展开，与实验结合进行理论课程学习采用浅显易懂的英语表达进行讲授并拓展物理化学基本知识。并与前沿科技领域结合，为学生将来的科研深造和工作打下良好的基础。总之，在提高学生的全英文课程学习的积极性和主动性的同时，进一步培养学生利用物理化学理论知识解决实际化学问题的能力。

**课程目标1：**

1．1 熟练掌握物理化学课程的基本概念和理论，以及对基础知识的理解。

1．2 能够独立推导物理化学的热力学和动力学等的公式和方程，掌握化学反应过程的热力学定律，从宏观和微观的角度理解热力学方程，并从量子化学的角度学会并理解原子和分子的结构与性质的关系。

**课程目标2：**

2．1 能够根据物理化学课程中知识的学习和理解，可以解释和分析化学反应中的热力学和动力学行为，并能够分析化学反应的本质。

2．2 通过公式的推导以及物理意义的掌握，理解其与实验之间的深切联系。

**课程目标3：**

3．1 通过课堂讨论与学生的独立讲解，加深对理论知识的学习和拓展，能够学会用物理化学的知识和理论独立分析化学反应的本质和动力学微观行为。

3．2 根据文献阅读和课程的学习设计物理化学实验，并开展初步的科学研究。

（要求参照《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》，对应各类专业认证标准，注意对毕业要求支撑程度强弱的描述，与“课程目标对毕业要求的支撑关系表一致）（五号宋体）

（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 | 1.1 | 反应动力学、电化学、统计热力学、分子运动、量子化学基础 | 毕业要求1和2 |
| 1.2 | 反应动力学、电化学、统计热力学、分子运动、量子化学基础 | 毕业要求1、2、3 |
| 课程目标2 | 2.1 | 反应动力学、电化学、统计热力学、分子运动、量子化学基础 | 毕业要求2 |
| 2.2 | 反应动力学、电化学、统计热力学、分子运动、量子化学基础 | 毕业要求1、2、3、4 |
| 课程目标3 | 3.1 | 反应动力学、电化学、统计热力学、分子运动、量子化学基础 | 毕业要求3、5、8、9 |
| 3.2 | 反应动力学、电化学、统计热力学、分子运动、量子化学基础 | 毕业要求6、7、10、11、12 |

**三、教学内容**

**1. 结构**

**Part 1. Structure**

In Part 1 we examine the structures and properties of individual atoms and molecules from the viewpoint of quantum mechanics and explain how their structures are determined spectroscopically. The two viewpoints, the macroscopic and the microscopic, where we show how structural data are used to predict and explain the bulk thermodynamic properties encountered in Part 1.

1.教学目标 （五号宋体）

从量子力学角度研究原子和分子的结构和性质，并如何通过波函数和能量的计算确定原子和分子的结构。同时，根据统计热力学的学习关联宏观和微观的热力学参数的推导，学习为何结构的信息能够用来预测和解释宏观的热力学性质，并掌握其微观的物理意义。

2.教学重难点

本部分主要涉及量子化学基础和统计热力学的学习，有宏观体系的数学方程，还有微观体系的薛定谔方程、波函数、以及统计理论的数学推导的学习，更重要的是概念的理解和掌握，都是难点。

3.教学内容

薛定谔方程和波函数，统计热力学中配分函数和热力学方程的微观推导。

4.教学方法

课堂讲授与分组讨论。

5.教学评价

通过平时作业、单元练习、章节小测和考试等方式检查学生的学习情况，并及时调整上课的进度和方法。

**2. 变化**

**Part 2. Change**

In Part 2 we consider the processes by which chemical change occurs and one form of matter is converted into another. We prepare the ground for a discussion of the rates of reactions by considering the motion of molecules in gases and in liquids. Then we establish the precise meaning of reaction rate and see how the overall rate, and the complex behaviour of some reactions, may be expressed in terms of elementary steps and the atomic events that take place when molecules meet. Of enormous importance in industry are reactions on solid surfaces, such as redox reactions at electrodes and various chemical transformations accelerated by solid catalysts.

1.教学目标

讨论涉及化学反应的定律和动力学信息，以及关于物质转化的过程。以分子在气体和液体中的运动来展开化学反应速率方程的学习，确定反应速率的准确定义，包括个别反应物和产物的反应速率和整体反应的速率方程。并且，学习关于复杂反应的动力学行为，涉及到基元反应、反应机理、及反应中分子相遇时发生的碰撞理论等。除此之外，涉及固体表面上的反应和动力学，还包含了电极上的氧化还原反应，以及由固体催化剂参与的异相催化反应。

2.教学重难点

涉及到很多物理概念和方程，化学反应速率方程的推导以及大量数学公式的记忆与物理意义的掌握，都是挑战。

3.教学内容

分子运动，化学反应速率，复杂反应，链反应和光化学反应，固体表面。

4.教学方法

课堂讲授与分组讨论，同时需要学生加强自学和课堂上的互动。

5.教学评价

通过平时作业、单元练习、章节小测和考试等方式检查学生的学习情况，并及时调整上课的进度和方法。

**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 |
| 第十章 | **10 Equilibrium electrochemistry**  ***The thermodynamic properties of ions in solution***  10.1 Thermodynamic functions of formation  10.2 Ion activities  ***Electrochemical cells***  10.3 Half-reactions and electrodes  10.4 Varieties of cells  10.5 Standard potentials  ***Applications of standard potentials***  10.6 The electrochemical series  10.7 The measurement of pH and pKa  10.8 Thermodynamic functions | 8 |
| 第十一章 | **11 Quantum theory: introduction and principles**  ***The origins of quantum mechanics***  11.1 The failures of classical physics  11.2 Wave-particle duality  ***The dynamics of microscopic systems***  11.3 The Schr6dinger equation  11.4 The Born interpretation of the wavefunction  ***Quantum mechanical principles***  11.5 The information in a wavefunction  11.6 The uncertainty principle | 6 |
| 第十二章 | **12 Quantum theory: techniques and applications**  ***Translational motion***  12.1 A particle in a box  12.2 Motion in two and more dimensions  12.3 Tunnelling  ***Vibrational motion***  12.4 The energy levels  12.5 The wavefunctions  ***Rotational motion***  12.6 Rotation in two dimensions: the particle on a ring  12.7 Rotation in three dimensions: the particle on a sphere  12.8 Spin  ***Techniques of approximation***  12.9 Time-independent perturbation theory  12.10 Time-dependent perturbation theory | 8 |
| 第十九章 | **19 Statistical thermodynamics: the concepts**  ***The distribution of molecular states***  19.1 Configurations and weights  19.2 The molecular partition function  ***The internal energy and the entropy***  19.3 The internal energy  19.4 The statistical entropy  ***The canonical partition function***  19.5 The canonical ensemble  19.6 The thermodynamic information in the partition function  19.7 Independent molecules | 8 |
| 第二十章 | **20 Statistical thermodynamics: the machinery**  ***Fundamental relations***  20.1 The thermodynamic functions  20.2 The molecular partition function  ***Using statistical thermodynamics***  20.3 Mean energies  20.4 Heat capacities  20.5 Equations of state  20.6 Residual entropies  20.7 Equilibrium constants | 10 |
| 第二十四章 | **24 Molecules in motion**  ***Molecular motion in gases***  24.1 The kinetic model of gases  24.2 Collisions with walls and surfaces  24.3 The rate of effusion  24.4 Transport properties of a perfect gas  ***Molecular motion in liquids***  24.5 Experimental results  24.6 The conductivities of electrolyte solutions  24.7 The mobilities of ions  24.8 Conductivities and ion-ion interactions  ***Diffusion***  24.9 The thermodynamic view  24.10 The diffusion equation  24.11Diffusion probabilities  24.1 2 The statistical view | 4 |
| 第二十五章 | **25 The rates of chemical reactions**  ***Empirical chemical kinetics***  25.1 Experimental techniques  25.2 The rates of reactions  25.3 Integrated rate laws  25.4 Reactions approaching equilibrium  25.5 The temperature dependence of reaction rates  ***Accounting for the rate laws***  25.6 Elementary reactions  25.7Consecutive elementary reactions  25.8 Unimolecular reactions | 8 |
| 第二十六章 | **26 The kinetics of complex reactions**  ***Chain reactions***  26.1 The rate laws of chain reactions  26.2 Explosions  ***Polymerization kinetics***  26.3 Stepwise polymerization  26.4 Chain polymerization  **Homogeneous catalysis**  26.5 Features of homogeneous catalysis  26.6 Enzymes  **Oscillating reactions**  26.7 Autocatalysis  26.8 Autocatalytic mechanisms of oscillating reactions  26.9 Bistability  26.10 Chemical chaos  **Photochemistry**  26.11 Kinetics of photophysical and photochemical processes  26.12 Complex photochemical processes | 6 |
| 第二十七章 | **27 Molecular reaction dynamics**  ***Reactive encounters***  27.1 Collision theory  27.2 Diffusion-controlled reactions  27.3 The material balance equation  ***Activated complex theory***  27.4 The Eyring equation  27.5 Thermodynamic aspects  ***The dynamics of molecular collisions***  27.6 Reactive collisions  27.7 Potential energy surfaces  27.8 Some results from experiments and calculations | 6 |
| 第二十八章 | **28 Processes at solid surfaces**  ***The growth and structure of solid surfaces***  28.1 Surface growth  28.2 Surface composition  ***The extent of adsorption***  28.3 Physisorption and chemisorption  28.4 Adsorption isotherms  28.5 The rates of surface processes  ***Catalytic activity at surfaces***  28.6 Adsorption and catalysis  28.7 Examples of catalysis | 4 |
| 第二十九章 | **29 Dynamics of electron transfer**  ***Electron transfer in homogeneous systems***  29.1 Theory of electron transfer processes  29.2 Experimental results  ***Electron transfer in heterogeneous systems***  29.3 The electrode-solution interface  29.4 The rate of charge transfer  29.5 Voltammetry  29.6 Electrolysis  29.7 Working galvanic cells  29.8 Corrosion | 4 |

**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 | 2月 | Chapter 24 | Chapter 24 Molecules in motion | 4 | 掌握并熟悉基本概念；会推导公式 |  |
| 2-3 | 2-3月 | Chapter 24 & 25 | Chapter 24 Molecules in motion  Chapter 25 The rates of chemical reactions | 2+6 | 掌握并熟悉基本概念；会推导公式 |  |
| 4-6 | 3月 | Chapter 25 & 26 | Chapter 25 The rates of chemical reactions  Chapter 26 The kinetics of complex reactions | 4+8 | 掌握并熟悉基本概念；会推导公式 |  |
| 7-8 | 4月 | Chapter 26 & 27 | Chapter 26 The kinetics of complex reactions  Chapter 27 Molecular reaction dynamics | 2+6 | 掌握并熟悉基本概念；会推导公式 |  |
| 9-12 | 4-5月 | Chapter 27 & 10 | Chapter 27 Molecular reaction dynamics  Chapter 10 Equllibrium electrochemistry | 期中考试  4+12 | 掌握并熟悉基本概念；会推导公式 |  |
| 13-14 | 5月 | Chapter 19 | Chapter 19 Statistical thermodynamics: the concepts  Chapter 20 Statistical thermodynamics: the concepts | 2+6 | 掌握并熟悉基本概念；会推导公式 |  |
| 15-16 | 5-6月 | Chapter 20 & 11, 12 | Chapter 20 Statistical thermodynamics: the concepts  Chapter 11 Quantum theory: introduction and principles  Chapter 12 Quantum theory: techniques and applications | 2+6 | 掌握并熟悉基本概念；会推导公式 |  |
| 17 | 6月 |  | 期末考试 |  |  |  |

**六、教材及参考书目**

1. 《物理化学》（上、下册 第五版）傅献彩、沈文霞、姚天杨编，高等教育出版社，2005

2.《物理化学》（上、下册 第六版）朱志昂、阮文娟，科学出版社，2018.3

3.《物理化学》白同春主编，南京大学出版社，2019

4.《物理化学解题指南》陈平初、詹正坤、万洪文编，高等教育出版社，2002.12

5. 《物理化学》（上、下册）孙世刚，厦门大学出版社，2008

6. Student’s solution manual to accompany Physical Chemistry by P. Atkins, C. Trapp, M. Cady, C. Giunta, Oxford University Press, 2006

7. Physical Chemistry: A Molecular Approach, Donald A. McQuarrie, John D. Simon, 1997.

**七、教学方法**

1、教师主讲及学生反馈的讨论式教学

课堂上长时间进行英语授课，容易使学生学习乏味，出现走神不认真情况。从而，导致学生对部分课程内容理解脱节，多次后容易造成对后续学习失去兴趣而厌学，从而很难达到理想的教学效果。因而，在课堂上完成一个或者多个相关知识点的讲授后，适时提出相关问题的讨论来调整课程节凑，并放缓新知识的传授，通过讨论及反馈来调动学生的学习兴趣，还可实现帮助学生检查或补漏所学知识的目的。同时，通过及时与学生交流，掌握或及时调整后续的教学节奏。

2、教师讲解结合学生汇报交流的新学习模式

在授课老师课堂讲解的基础上，根据教学大纲的要求和教学计划，考虑授课学时，科学地分配教学活动、课堂作业和讨论的时间，在教学活动中鼓励学生积极参与。学期初，参考教学和实验内容确定三个讨论主题。讨论主题的内容可以为书本上的某个知识点，或者专业中感兴趣的研究方向，鼓励学生通过查阅文献准备五分钟的讲演稿并制作幻灯片，学期中汇报交流。同时，对知识进行分析、归纳和总结，视情况提交文献综述报告或实验预习报告。如此这样，学生自主性地按照主题组织并进行讲述，能够较好地提高对课本知识的掌握和理解。经过多年的实践，我们发现学生参与教学活动的教学模式能够帮助学生学会文献检索并强化教学内容，调动了他们学习的主观能动性，同时也能满足学生学习中乐于表现的要求。因此，在日常教学中培养学生发现问题、解决问题的能力，也培养了学生在学习中阅读文献的能力，这无论在教学还是将来的科研中都具有重要的意义。

这种在课程学习中开展师生互动的教学方式，能够极大地调动并提高学生的学习主动性。另外，还可以结合课后作业，以及对作业中出现的问题，在课堂中展开讨论并完成相关知识点地学习。这样，通过授课、反馈、讨论、总结地互动教学，更有利于完成课程的积极学习并巩固教学效果。

**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 | **基本概念的掌握** | **小测验 + 考试（闭卷）** |
| 课程目标2 | **方程式的掌握与推导** | **小测验 + 考试（闭卷）** |
| 课程目标3 | **实验设计与个人汇报** | **开放式** |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

平时成绩：40%，期中考试：30%，期末考试30%

**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 | 0.8 | 1 | 1 | 课程目标1达成度={0.8ｘ平时目标1成绩+1ｘ期中目标1成绩+1ｘ期末目标1成绩}/目标1总分；  课程目标2达成度={0.8ｘ平时目标1成绩+1ｘ期中目标1成绩+1ｘ期末目标1成绩}/目标1总分  课程目标3达成度={0.2ｘ平时目标1成绩+1ｘ期中目标1成绩+1ｘ期末目标1成绩}/目标1总分。 |
| 课程目标2 | 0.8 | 1 | 1 |
| 课程目标3 | 0.2 | 1 | 1 |

**（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** | **A** |  |  |  |  |
| **课程目标2** | **A** |  |  |  |  |
| **课程目标3** |  | **B** |  |  |  |