

# 《物理化学》

## 课程教学大纲

### 一、课程基本信息

课程类型	总学时为学时数	<input checked="" type="checkbox"/> 理论课（含上机、实验学时）			
	总学时为周数	<input type="checkbox"/> 实习 <input type="checkbox"/> 课程设计 <input type="checkbox"/> 毕业设计			
课程编码	7266401	总学时	64	学分	4
课程名称	物理化学				
课程英文名称	Physical Chemistry				
适用专业	材料科学与工程				
先修课程	(7030701 和 7030702) 高等数学, (7016302 和 7016401) 大学物理				
开课部门	机械与材料工程学院材料科学与工程系				

### 二、课程性质与目标

本课程是材料科学与工程专业基础（必修）课程。物理化学是研究化学中的原理和方法，以及化学系统行为最一般规律和理论的课程，是化学的理论基础。通过本课程的学习，使学生牢固地掌握物理化学基础理论知识及其计算方法，得到一般科学方法的进一步训练，培养学生提出问题、分析问题和解决问题的能力，为继续学习相关专业课程打下必要的物理化学理论基础。

课程目标 1：建立正确的科学观。系统掌握物理化学的基础知识和基本原理，它们不仅是化学学科的理论基础，也是其它相关学科的理论基础，是自然界运行的基本规律；通过课程学习加深对自然现象的普遍规律及其本质的认识和理解；

课程目标 2：建立系统科学的思维方法。从实验现象及其结果出发，通过归纳和演绎，建立模型，进一步推导并最终揭示具有普遍意义的理论；

课程目标 3：同时掌握理论联系实际，分析和解决具体问题的方法，并进一步培养自主学习和创新能力。

课程思政目标：针对课程授课内容，结合物理化学领域相关前沿进展，加深学生理解物理化学基础知识在实践中的应用，进一步引导学生认真学好专业知识，树立正确的科学观、人生观和价值观，坚定为祖国科技进步贡献力量的信念。

### 三、课程教学基本内容及基本要求

#### (1) 气体的 PVT 关系

理解和运用理想气体状态方程，理解真实气体的范德华方程，理解饱和蒸汽压、

临界状态、临界参数、对比参数的概念；理解对应状态原理。

## (2) 热力学第一定律

理解热力学基本概念：平衡状态，状态函数，热力学标准态，可逆过程。理解热力学第一定律的叙述及数学表达式。掌握热力学能、焓以及标准摩尔燃烧焓、标准摩尔生成焓、标准摩尔反应焓等概念。掌握在物质的  $pVT$  变化、相变化和化学变化过程中计算热、功和状态函数变化值的原理和方法。

## (3) 热力学第二定律

理解热力学第二定律、第三定律的叙述和数学表达式；掌握熵、亥姆霍兹 (Helmholtz) 函数、吉布斯 (Gibbs) 函数、标准摩尔熵等概念；掌握  $pVT$  变化、相变和化学变化过程中  $\Delta S$ 、 $\Delta G$  的计算；掌握熵增原理和熵判据、亥姆霍兹函数判据、吉布斯函数判据；理解热力学基本方程和 Maxwell 关系；理解热力学公式的适用条件；会从相平衡条件推导 Clapeyron 和 Clapeyron-Clausius 方程，并能应用这些方程进行相关计算理解偏摩尔量和化学势的概念。

## (4) 多组分系统热力学

掌握 Raoult 定律和 Henry 定律以及它们的应用。理解理想系统(理想气体、理想液态混合物及理想稀溶液)中各组分化学势的表达式。理解逸度和活度的概念。了解逸度和活度的标准态和对组分活度因子的简单计算方法。

## (5) 化学平衡

掌握标准平衡常数的定义。掌握标准平衡常数和温度的关系。能利用热力学数据计算标准平衡常数。会分析温度、压力、组成对平衡的影响。

## (6) 相平衡

理解相律的推导和意义，会用相律分析系统的自由度；掌握单组分系统、二组分 (理想和实际)系统各种类型相图( $T-x-y$ 、 $p-x-y$ )的特点和应用；能用相律分析相图，并用杠杆规则进行计算。(指出各区、线、点的稳定相态、存在的平衡及自由度数)。

## (7) 电化学

理解导电性质的物理量(电导率、摩尔电导率、离子迁移数)。了解相间电势差。理解电解质溶液的离子的平均活度和平均活度因子。理解离子强度的概念和德拜-休克尔极限公式。理解可逆电池的概念。掌握能斯特方程。掌握电池电动势的计算及其应用。了解电解概念，理解超电势和电极极化概念。

## (8) 界面现象

理解表面张力及表面吉布斯函数的概念及其与接触角、润湿、铺展的联系。理解弯曲液面对热力学性质的影响。理解拉普拉斯公式及开尔文公式并会应用。了解介稳状态与新相生成的关系。理解溶液界面上的吸附及表面活性物质的作用。了解吉布斯吸附公式。理解物理吸附和化学吸附的含义和区别。掌握兰缪尔单分子层吸附理论。

#### (9) 化学动力学

掌握化学反应速率、反应速率常数、反应级数、元反应、反应分子数的概念。掌握一级、二级和零级反应速率方程和应用。理解通过实验建立反应速率方程的方法。理解典型复合反应(平行反应、对行反应和连串反应)的特点。了解稳态近似法、平衡近似法和反应速率决定步骤概念及应用。理解链反应的特点。掌握阿仑尼乌斯方程并会应用。理解活化能和指前因子的定义。了解催化作用、光化学反应、溶液中反应的基本特征。了解有效碰撞理论和过渡状态理论的基本思想、有关概念及基本公式。

#### 四、 课程学时分配

教学内容	讲授	实验	上机	课内学时小计	课外学时
(1) 绪论气体的 PVT 关系	3	0	0	3	0
(2) 热力学第一定律	6	0	0	6	0
(3) 热力学第二定律	8	0	0	8	0
(4) 多组分系统热力学	6	4	0	10	0
(5) 化学平衡	6	0	0	6	0
(6) 相平衡	8	4	0	12	0
(7) 电化学	8	0	0	8	0
(8) 界面现象	5	0	0	5	0
(9) 化学反应动力学	6	0	0	6	0
合计	56	8	0	64	0

#### 五、 实践性教学内容的安排与要求

课程包括 8 个课内实验学时，安排两个验证性实验，培养学生的实践技能和数据处理能力。具体安排如下：

(1) 实验 1：凝固点降低法测定相对分子质量。采用环己烷作溶剂、萘作溶质，绘制时间-温度图，外推确定凝固点，根据凝固点降低值计算溶质的相对分子质量。加深对溶液依数性的理解与认识。

(2) 实验 2：金属相图的绘制。绘制 Pb-Sn 金属不同组成下的步冷曲线，由步冷曲线绘制金属相图。加深对步冷曲线及相图相变过程的理解。

#### 六、 教学设计与教学组织

课程授课过程中，会及时布置相应的课外作业和课外练习。课外作业和课外练习主要是针对课程理论学习部分的理解和深入。课外作业是课程学习内容的基本要求，需要提交并作为平时考评依据；课外练习是对课程学习内容的深入，供学有余力的同学选做，提供参考答案，不做硬性要求。

## 七、 教材及教学参考书

### 1.教材

《物理化学》，天津大学物理化学教研室 编 高等教育出版社，2010年，第一版；

### 2.教学参考书

《物理化学学习指导》，冯霞等编 高等教育出版社，2012年，第一版。

## 八、 课程考核方式与成绩评定标准

本课程成绩为百分制，理论课考试占60%，课堂出勤及平时作业占20%，实验操作及实验报告占20%。具体如下：

考核方式	分值	成绩评定标准
平时作业	100	主要考核学生对每节课知识点的理解和掌握程度，计算全部作业的加权平均成绩，再按20%计入总成绩。
课内实验	100	根据每个实验的实操完成情况，实验报告和实验结果的整理质量，再将全部实验成绩求平均值，最后按照20%计入总成绩。
期末考试	100	主要通过考试的形式考核所学课程中基础概念、方法和理论知识的掌握程度，按照卷面成绩的60%计入课程总成绩。

## 九、 大纲制(修)订说明

任课教师可根据学生掌握情况，对内容和学时分配做适当调整。

大纲执笔人：焦志伟

大纲审核人：朱远志

开课系主任：崔岩

开课学院教学副院长：刘东

制（修）订日期：2022年02月

# Physical chemistry

## Course Syllabus

### 1. Basic Course Information

Course Type	Total Hours	<input checked="" type="checkbox"/> Theoretical Course			
	Total Weeks	<input type="checkbox"/> Practice <input type="checkbox"/> Course Design <input type="checkbox"/> Graduation Design			
Course Code	7266401	Total Hours	64	Credit	4
Course Name	Physical Chemistry				
Applicable Major	Materials Science and Engineering				
Prerequisite Course	( 7030701 and 7030702 ) Higher Mathematics , ( 7016302 and 7016401 ) College Physics				
Department of Course	School of Mechanical and Materials Engineering Materials Science and Engineering				

### 2. Course Goals

This course is a basic course in materials science and engineering, and is also a compulsory course for students. Physical chemistry is the principle and method of research chemistry, as well as the most general law and theory of chemical system behavior, and is the theoretical basis of chemistry. Through the study of this course, students will firmly grasp the basic theoretical knowledge of physical chemistry and its calculation methods, get further training of general scientific methods, and cultivate students' ability to find problems, analyze problems and solve problems. Its goals include:

- (1) Systematically understanding the basic knowledge and principles of physical chemistry;
- (2) Based on the experimental phenomena and the results, learn to analyze and solve problems;
- (3) Cultivating the ability of independent learning and innovation.

### 3. The contents and requirements of the course

(1) The relationship between gas pressure, volume and temperature  
Understand and apply the ideal gas state equation, understand the van der Waals equation of real gas, understand the concept of saturated vapor pressure, critical state, critical parameters, and contrast parameters; understand the principle of corresponding state.

(2) The First law of thermodynamics  
Understand the basic concepts of thermodynamics: equilibrium state, state function, thermodynamic standard state, reversible process. Understand the narrative and mathematical expressions of the first law of thermodynamics. Master thermodynamic properties, enthalpy and standard molar combustion enthalpy, standard molar formation

enthalpy, standard molar reaction enthalpy and other concepts. Master the principles and methods for calculating changes in heat, work, and state functions during pressure, volume, and temperature changes, phase changes, and chemical changes in matter.

### (3) The Second law of thermodynamics

Understand the second law of thermodynamics, the narrative and mathematical expression of the third law; master the concepts of entropy, Helmholtz function, Gibbs function, standard molar entropy, etc.; master the calculation of  $\Delta S$  and  $\Delta G$  in pressure volume temperature change, phase change and chemical change; Master the entropy increase principle and entropy criterion, Helmholtz function criterion, Gibbs function criterion; understand the basic equation of thermodynamics and Maxwell relationship; understand the applicable conditions of thermodynamic formula; deduct Clapeyron and Clapeyron-Clausius from phase equilibrium conditions Equations, and can apply these equations for correlation calculations to understand the concepts of partial molarity and chemical potential.

### (4) Multicomponent system thermodynamics

Master Raoult's Law and Henry's Law and their applications. Understand the expression of the chemical potential of each component in an ideal system (ideal gas, ideal liquid mixture, and ideal dilute solution). Understand the concept of fugacity and activity. Understand the standard state of fugacity and activity and the simple calculation method of component activity factor.

### (5) Chemical equilibrium

Master the definition of the standard equilibrium constant. Master the relationship between standard equilibrium constants and temperature. Thermodynamic data can be used to calculate the standard equilibrium constant. It will analyze the effects of temperature, pressure, and composition on the balance.

### (6) Phase equilibrium

Understand the derivation and significance of the phase law, use the phase law to analyze the degree of freedom of the system; master the characteristics and applications of various types of phase diagrams (T-x-y, p-x-y) of one-component systems, two-component (ideal and actual) systems; The phase diagram is analyzed by phase and calculated using the leverage rule. (Indicates the stable phase of each zone, line, point, the balance of existence and the number of degrees of freedom).

### (7) Electrochemistry

Understand the physical quantities of electrical conductivity (conductivity, molar conductivity, ion mobility). Understand the phase difference between the phases. Understand the average activity and average activity factor of the ions of the electrolyte solution. Understand the concept of ionic strength and the Debye-Huckel limit formula. Understand the concept of a reversible battery. Master the Nernst equation. Master the calculation and application of battery electromotive force. Understand the concept of electrolysis and understand the concepts of overpotential and electrode polarization.

### (8) Interface phenomenon

Understand the concept of surface tension and surface Gibbs function and its connection to contact angle, wetting, and spreading. Understand the effects of bending fluids on thermodynamic properties. Understanding the Laplace formula and the Kelvin

formula will apply. Understand the relationship between metastable state and new phase generation. Understand the adsorption at the solution interface and the role of surface active substances. Learn about the Gibbs adsorption formula. Understand the meaning and difference of physical adsorption and chemisorption. Master the Langmuir monolayer adsorption theory.

(9) Chemical dynamics

Master the concepts of chemical reaction rate, reaction rate constant, reaction order, elemental reaction, and number of reactive molecules. Master the first, second and zero order reaction rate equations and applications. Understand the method of establishing a reaction rate equation by experiment. Understand the characteristics of typical composite reactions (parallel reactions, parallel reactions, and series reactions). Master the concepts and applications of steady-state approximation, equilibrium approximation, and reaction rate determination steps. Understand the characteristics of the chain reaction. Master the Arrhenius equation and apply it. Understand the definition of activation energy and pre-exponential factors. Understand the basic characteristics of catalysis, photochemical reactions, and reactions in solution. Understand the basic ideas, related concepts and basic formulas of effective collision theory and transition state theory.

**4. Arrangement and Requirements of Practical Teaching**

	Content and requirements	Contact hours
1	Determination of relative molecular weight by freezing point reduction method	4
2	Drawing of a metal phase diagram	4

**5. Academic hours assignment of each chapter (section) of the course: (academic hours: 64)**

Chapter	Content	Total class hours	Academic hours	Experimental hours
Chapter I	Introduction The relationship between gas pressure, volume and temperature	3	3	0
Chapter II	The First law of thermodynamics	6	6	0
Chapter III	The Second law of thermodynamics	8	8	0
Chapter IV	Multicomponent system thermodynamics	10	6	4
Chapter V	Chemical equilibrium	6	6	0

Chapter VI	Phase equilibrium	12	8	4
Chapter VII	Electrochemistry	8	8	0
Chapter VIII	Interface phenomenon	5	5	0
Chapter IX	Chemical dynamics	6	6	0
Summation		64	56	8

## 6. Teaching and Learning Strategy

This course is based on classroom explanations and courseware demonstrations, supplemented by practical teaching, teaching students the basic theoretical knowledge of physical chemistry, and cultivating students' practical ability.

## 7. Text and Learning Support books

### 1. Text book

Physical Chemistry, Department of Physical Chemistry, Tianjin University, etc. Higher Education Press, 2010, 1st edition.

### 2. Learning Support book

Physical Chemistry Study Guide, Feng Xia, etc. Higher Education Press, 2012, 1st edition.

## 8. Grading

Assessment	Weighting %	Type/Duration/Wordcount (indicative only)
Regular grade	20%	Class performance and assignment
Lab report	20%	Hand-written reports
Final Examination	60%	2 hours

**Program writer: Jiao Zhiwei**

**Program reviewer: Zhu Yuanzhi**

**Department leader: Cui Yan**

**Head of the school: Liu Dong**

**Date of revision: 2022.02**

# 《物理化学》

## 课程实验教学大纲

### 一、课程基本信息

课程类型	<input type="checkbox"/> 独立设置的实验课 <input checked="" type="checkbox"/> 课内实验						
课程编码	7266401	学分	4	总学时	64	实验学时	8
课程名称	物理化学						
课程英文名称	Physical Chemistry						
适用专业	材料科学与工程						
先修课程	(7030701 和 7030702) 高等数学, (7016302 和 7016401) 大学物理						
开课部门	机械与材料工程学院材料科学与工程系						

### 二、实验的性质与目标

物理化学实验是物理化学课程的课内实验, 主要目的是使学生初步了解物理化学的研究方法, 了解物理化学的基本实验技术和技能, 学会某些物理化学性能测定, 熟悉物理化学实验现象的观察和记录、实验条件的判断和选择、实验数据的测量和处理, 加深对部分物理化学基本理论的理解, 增强解决实际化学问题的能力。

- 1、通过实验, 使学生掌握凝固点降低法测分子量和金属相图绘制的基本理论和方法。
- 2、通过实验, 帮助学生加深对物理化学课程中相关理论的理解。
- 3、培养学生进行物理化学科学研究的能力。
- 4、培养学生严谨的、科学的实验态度和实验方法。

### 三、实验教学内容与学时分配

序号	实验名称	学时	实验类型
1	凝固点降低法测定相对分子质量	4	验证性试验
2	金属相图的绘制	4	验证性试验

### 四、实验安排与要求

1. 本课内实验主要是验证性实验, 整个实验过程包括预习、课前讨论、实验操作、实验报告等 4 个环节。
2. 实验 4 人 1 组, 每个实验要求在规定时间内由学生协作完成。碰到疑难问题,

学生要善于独立分析，力争自己解决；老师亦可提供指导，但不得包办代替。

3. 实验过程中，老师应在实验室进行巡视，及时纠正学生的错误操作，检查学生的实验记录和报告。学生若实验失败，应找出原因，经老师同意后才可重做实验。

4. 实验结束，学生应认真分析实验现象、整理实验结果、分析误差产生的原因，能对实验提出自己的改进意见或建议。老师检查实验结果后，学生方可离开实验室。

## 五、 实验教学与其它相关课程的联系与分工

本实验是在修完《物理化学》《大学物理》等课程的基础上进行，又为专业课程《材料科学基础》《材料腐蚀与防护》等课程打下良好的理论基础。

## 六、 实验教学设计与教学组织

本课程以实验操作为主，课件演示和课堂教学为辅，通过实验验证教学理论，培养学生动手能力。

## 七、 实验教材、实验指导书及教学参考资料

实验教材

《物理化学实验》（第二版），袁誉洪等，科学出版社，2021，9787030686251

## 八、 实验考核方法及成绩评定标准

实验成绩考核：每个实验成绩均以百分制给出，实验考核内容包括：预习、课前讨论、实验操作、实验报告等四个部分。原则上根据上述四个方面进行综合评定，其中预习和讨论 20%，实验操作 20%，实验报告占 60%。

90-100 分：准时到达实验室，实验预习全面认真，积极参加讨论，实验操作比较规范，实验报告书写工整、内容较完整、数据处理方法正确、结果分析与讨论正确，思考题回答正确。

70-90 分：基本准时到达实验室，实验预习较全面认真，讨论不发言或少发言，实验操作比较规范，实验报告书写较工整、内容较完整、数据处理方法基本正确、结果分析与讨论基本正确，思考题回答正确。

60-70 分：实验迟到，实验预习不认真，实验操作不太规范，实验报告书写不工整、内容相对完整、数据处理方法基本正确、有结果分析与讨论和思考题回答部分。

60 分以下：试验环节缺失或实验报告不完整。

## 九、 大纲制(修)订说明

无

大纲执笔人：焦志伟

大纲审核人：朱远志

开课系主任：崔 岩

开课学院教学副院长：刘 东

制（修）订日期：2022年02月