

物理化学A课程教学大纲

课程代码：04125003-04125004

课程名称：物理化学 A/ Physical Chemistry A

开课学期：3、4

学分/学时：5/80

课程类别：必修课；专业基础类课程

适用专业/开课对象：化学工程与工艺、材料科学与工程、制药工程/二年级本科生

先修/后修课程：高等数学，大学物理，无机及分析化学，有机化学/化工原理，化工热力学

开课单位：生物与化学工程学院/轻工学院

团队负责人：张立庆

责任教授：张立庆

执笔人：张立庆

核准院长：王立军

一、课程的性质、目的和任务

本课程是研究化学变化、相变化及其有关的物理变化的基本原理，主要是平衡的规律和变化速率的规律。本课程是为化学工程与工艺、材料科学与工程、制药工程等专业大二学生开设的专业必修课，它是培养上述专业工程技术人才的整体知识结构及能力结构的重要组成部分，同时也是后继专业课程的基础，为学生毕业后从事化工相关领域的产品设计、生产等工作提供物理化学的专业知识。本课程主要介绍化学热力学、相平衡、化学动力学、电化学、界面现象、统计热力学、胶体化学等物理化学的原理与应用及在化学工程应用中应该注意的问题。通过本课程教学，学生应达到下列教学目标：①比较牢固地掌握物理化学基础理论知识，使学生明确物理化学的重要概念及基本原理，同时掌握物理化学的基本计算方法；②比较牢固地掌握物理化学的理论研究方法，特别是要掌握热力学方法，了解统计热力学方法；③应进一步得到一般科学方法的训练，增强分析和解决物理化学问题的能力，科学方法的训练应贯彻在本课程教学的整个过程中；④通过热力学和动力学学习，使学生进一步掌握从实验结果出发进行归纳和演绎的一般方法，熟悉由假设和模型上升为理论的方法；⑤具备根据具体条件应用物理化学理论解决实际问题的一般科学方法。

本课程重点支持以下毕业要求指标点：

1.4 具备化学工程与工艺专业基础知识，并能用于解决化学工程领域复杂工程问题。

体现在掌握化学热力学的基本知识，并能运用化学热力学知识对化学工程中所涉及的化学反应进行热力学分析与计算；掌握化学动力学的基本知识与基本原理，并能运用化学动力学知识解决化工过程中出现的反应速率与反应机理等问题。通过化学平衡分析、相平衡分析、电化学分析、界面现象分析、化学动力学分析、胶体化学分析来解决化学工程领域的复杂工程问题。

2.3 具有应用化学工程科学的基本原理，并通过文献研究对化学工程领域内复杂工程问题进行识别、分析、表达，以获得有效结论的能力。

体现在掌握热力学第一定律与热力学第二定律，能判断化学反应进行的方向；掌握化学平衡的基本原理，并能用于计算反应进行的程度；掌握化学动力学的基本理论与原理，并能对化学反应的速率进行计算与分析，具有对化学工程领域内复杂工程问题进行分析的能力。

3.1 针对化工产品或化工项目等复杂工程问题，具备设计满足特定需求的生产系统、操作单元或工艺流程的能力。

体现在掌握相平衡的基本知识与基本原理，掌握相律并能对相图进行分析，为设计化工过程中的分离与提纯操作单元打下理论基础。

4.1 具备基于化学化工科学原理对化工领域复杂工程问题进行实验设计的能力。

体现在掌握化学热力学的知识进行有关化学反应路线的设计；掌握化学动力学知识并运用到化工实验设计中；掌握相平衡知识进行物质的分离与提纯；具有运用这些知识用于科学设计实验的能力。体现在掌握化学反应速度的基本理论，具备将这些知识用于对化工领域复杂工程问题进行实验设计的能力。

4.3 掌握化学化工基础实验的基本原理和方法，能对实验数据进行采集和整理。

体现在掌握化学热力学、化学平衡、相平衡、电化学、界面现象、化学动力学的基本理论与原理，结合物理化学实验，具有对化学实验结果采集和整理的能力。

12.1 有积极向上的价值观，具备不断拓展知识面和终身学习、适应发展的能力。

体现在了解物理化学的发展过程，掌握系统学习法与结构学习法，认真进行预习与复习，认真进行课外学习，从而培养自主学习和终身学习的意识。

12.2 掌握良好的学习方法，具有一定的探索知识能力。

体现在掌握物理化学的学习方法，掌握逻辑结构学习法，能主动进行课外自学，采用以“问题”为核心的教学方法，使学生掌握良好的学习方法，并有一定的探索知识能力。

二、教学内容、教学基本要求及学时分配

1. 气体的 pVT 性质（4 学时）

通过本章的学习，要求学生掌握理想气体状态方程及模型，掌握 Dalton 定律与 Amagat 定律，理解真实气体的液化与临界性质，掌握理想气体模型及其理论解释，理解对应状态原理与压缩因子图及有关计算。

主要内容：

- 1.1 理想气体状态方程
- 1.2 理想气体混合物
- 1.3 气体的液化与临界参数
- 1.4 真实气体状态方程
- 1.5 对应状态原理与普遍化压缩因子图

重点：

- 1) 理想气体状态方程及模型
- 2) Dalton 定律与 Amagat 定律
- 3) 真实气体的液化与临界性质

难点：

- 1) 真实气体的液化与临界性质
- 2) 对应状态原理与压缩因子图及有关计算

重点支持毕业要求指标点 1.4。

2. 热力学第一定律（10 学时）

通过本章的学习，要求学生理解下列热力学基本概念：平衡状态，状态函数，可逆过程等概念，掌握热力学第一定律的叙述及数学表达式。理解热力学能、焓、化学计量数、反应进度、标准摩尔反应焓、标准摩尔生成焓、热容、相变焓的定义并会应用。掌握在物质的 p 、 V 、 T 变化，相变化及化学变化过程中计算热、功和热力学能、焓变化值的原理和方法。将热力学一般关系式应用于特定系统时，会应用状态方程（主要是理想气体状态方程）及热力学数据（热容、相变焓等）。

主要内容：

- 2.1 热力学基本概念
- 2.2 热力学第一定律
- 2.3 恒容热、恒压热，焓

- 2.4 热容, 恒容变温过程, 恒压变温过程
- 2.5 焦耳实验, 理想气体的热力学能, 焓
- 2.6 气体可逆膨胀压缩过程, 理想气体绝热可逆过程方程式
- 2.7 相变化过程
- 2.8 化学计量数、反应进度和标准摩尔反应焓
- 2.9 计算标准摩尔反应焓
- 2.10 节流膨胀与焦耳-汤姆逊效应

重点:

- 1) 下列热力学基本概念: 平衡状态, 状态函数, 可逆过程
- 2) 热力学第一定律的叙述及数学表达式
- 3) 热力学能、焓、标准摩尔生成焓、相变焓的定义及应用。
- 4) 掌握在物质的 p 、 V 、 T 变化, 相变化及化学变化过程中计算热、功和热力学能、焓变化值的方法。

难点:

- 1) 热力学能、焓、标准生成焓、相变焓的定义及其应用
- 2) 在物质的 p 、 V 、 T 变化, 相变化及化学变化过程中计算热、功和热力学能、焓变化值的方法。

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、4.1、4.3。

3. 热力学第二定律 (12 学时)

通过本章的学习, 要求学生掌握热力学第二、第三定律的叙述及数学表达式。理解熵、吉布斯函数、亥姆霍兹函数、标准熵及标准生成吉布斯函数、饱和蒸汽压的定义并会应用。掌握在物质的 p 、 V 、 T 变化, 相变化及化学变化过程中计算熵、吉布斯函数、亥姆霍兹函数变化值的原理和方法, 理解并会用热力学基本方程, 了解麦克斯韦关系式的推导, 掌握热力学公式的适用条件, 掌握克拉贝龙方程, 理解熵增原理及平衡判据的一般准则。

主要内容:

- 3.1 卡诺循环与卡诺定理
- 3.2 热力学第二定律
- 3.3 熵、熵增原理
- 3.4 单纯 pVT 变化熵变的计算
- 3.5 相变过程熵变的计算
- 3.6 热力学第三定律和化学变化过程熵变的计算
- 3.7 亥姆霍兹函数和吉布斯函数
- 3.8 热力学基本方程
- 3.9 吉布斯-亥姆霍兹方程和麦克斯韦关系式
- 3.10 克拉佩龙方程

重点:

- 1) 热力学第二定律的叙述及数学表达式
- 2) 熵、吉布斯函数、亥姆霍兹函数、标准熵及标准生成吉布斯函数的定义并会应用。
- 3) 在物质的 p 、 V 、 T 变化, 相变化及化学变化过程中计算熵、吉布斯函数、亥姆霍兹函数变化值的原理和方法
- 4) 明确热力学公式的适用条件, 掌握熵增原理及平衡判据的一般准则。
- 5) 克拉佩龙方程和克拉佩龙-克劳修斯方程, 能应用这些方程进行有关的计算

难点:

- 1) 熵、吉布斯函数、亥姆霍兹函数、标准熵及标准生成吉布斯函数的定义并会应用

2) 在物质的 p 、 V 、 T 变化, 相变化及化学变化过程中计算各种状态函数变化值的原理和方法

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、4.1、4.3。

4. 多组分系统热力学 (6 学时)

通过本章的学习, 要求学生理解偏摩尔量及化学势的概念, 理解拉乌尔定律及亨利定律并会应用。理解理想液态混合物、理想稀溶液, 了解活度和活度因子、逸度和逸度因子的概念。了解理想液态混合物及理想稀溶液中各组分化学势的表达式。掌握稀溶液的依数性, 能够应用稀溶液依数性公式进行有关计算。

主要内容:

4.1 偏摩尔量

4.2 化学势

4.3 气体组分的化学势

4.4 拉乌尔定律和亨利定律

4.5 理想液态混合物

4.6 理想稀溶液

4.7 稀溶液的依数性

4.8 逸度与逸度因子

4.9 活度与活度因子

重点:

1) 偏摩尔量及化学势的概念

2) 拉乌尔定律及亨利定律并会应用

3) 理想系统 (理想液态混合物及理想稀溶液) 中各组分化学势的表达式

4) 稀溶液的依数性

难点:

1) 偏摩尔量及化学势的概念

2) 活度与逸度的有关计算

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、4.1、4.3。

5. 化学平衡 (4 学时)

通过本章的学习, 要求学生掌握标准常数的定义。掌握标准平衡常数和温度的关系, 理解化学反应等温方程的推导并会应用。能利用热力学数据计算平衡常数及平衡组成。能判断一定条件下化学反应可能进行的方向。会分析温度、压力、组成等因素对平衡的影响。

主要内容:

5.1 化学反应的等温方程

5.2 理想气体化学反应的标准平衡常数

5.3 温度对标准平衡常数的影响

5.4 其他因素对理想气体化学平衡的影响

5.5 同时反应平衡组成的计算

重点:

1) 标准常数的定义

2) 化学反应等温方程

3) 利用热力学数据计算平衡常数及平衡组成

4) 判断一定条件下化学反应可能进行的方向

5) 温度、压力、组成等因素对平衡的影响

难点:

- 1) 利用热力学数据计算平衡常数及平衡组成
- 2) 同时平衡及其有关计算

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、4.1、4.3。

6. 相平衡 (8 学时)

通过本章的学习,要求学生理解相律的意义并会应用,了解相律的推导,掌握单组分系统及二组分系统典型相图的特点和运用,能用杠杆规则进行分析与计算,了解由实验数据绘制相图的方法。

主要内容:

- 6.1 相律
- 6.2 杠杆规则
- 6.3 单组分系统的相图
- 6.4 二组分理想液态混合物的气-液平衡相图
- 6.5 二组分真实液态混合物的气-液平衡相图
- 6.6 精馏原理
- 6.7 二组分液态部分互溶系统及完全不互溶系统的气-液平衡相图
- 6.8 二组分固态不互溶系统液-固平衡相图
- 6.9 二组分固态互溶系统液-固平衡相图
- 6.10 生成化合物的二组分凝聚平衡相图

重点:

- 1) 相律的意义并会应用
- 2) 单组分系统及二组分系统典型相图的特点和运用。
- 3) 运用杠杆规则进行分析与计算的方法
- 4) 由实验数据绘制相图的方法

难点:

- 1) 相律的意义及其应用
- 2) 二组分系统典型相图的特点和运用

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、3.1、4.1、4.3。

7. 电化学 (10 学时)

通过本章的学习,要求学生理解表征电解质溶液导电性质的物理量(电导率、摩尔电导率、离子迁移数),理解离子平均活度及平均活度因子的定义,理解离子强度的定义,理解离子氛的概念及德拜-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,理解极化作用和超电势的概念。

主要内容:

- 7.1 电解质溶液的导电机理及法拉第定律
- 7.2 离子的迁移数
- 7.3 电导、电导率、摩尔电导率
- 7.4 电解质的平均离子平均活度因子及德拜-休克尔极限公式
- 7.5 可逆电池及其电动势的测定
- 7.6 原电池的热力学
- 7.7 电极电势和液体接界电势
- 7.8 电极的种类
- 7.9 原电池的设计
- 7.10 分解电压
- 7.11 极化作用

重点:

- 1) 表征电解质溶液导电性质的物理量
- 2) 能斯特方程及其有关计算
- 3) 电池电动势的计算及其应用

难点:

- 1) 离子平均活度及平均活度因子的定义
- 2) 原电池的设计

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、4.1、4.3。

8. 统计热力学初步 (8 学时)

通过本章的学习,要求学生理解统计热力学的基本假设。了解系统的概念,理解玻耳兹曼分布的意义和应用,理解配分函数的意义,理解热力学函数与配分函数的关系。

主要内容:

- 8.1 粒子各运动形式的能级及能级的简并度
- 8.2 能级分布的微态数及系统的总微态数
- 8.3 最概然分布与平衡分布
- 8.4 玻耳兹曼分布
- 8.5 粒子配分函数的计算
- 8.6 系统的热力学性质与配分函数的关系

重点:

- 1) 玻耳兹曼分布的意义和应用
- 2) 配分函数的意义
- 3.热力学性质与配分函数的关系

难点:

- 1) 配分函数的计算
- 2) 热力学函数与配分函数的关系及其有关计算

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3。

9. 界面现象和胶体化学 (10 学时)

通过本章的学习,要求学生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,理解拉普拉斯公式及开尔文公式并会应用。了解亚稳状态与新相生成的关系,理解溶液界面的吸附及表面活性物质的作用,理解吉布斯吸附公式的含义并会应用,理解物理吸附与化学吸附的含义和区别,掌握兰格缪尔单分子层吸附理论和吸附等温式,了解 BET 多分子层吸附理论和吸附等温式。理解分散系统的分类及胶体的定义。理解溶胶的性质,理解溶胶的稳定和破坏的原因。

主要内容:

- 9.1 界面张力
- 9.2 弯曲表面的附加压力
- 9.3 固体表面
- 9.4 液-固界面
- 9.5 溶液表面
- 9.6 胶体系统的光学性质
- 9.7 胶体系统的动力性质
- 9.8 溶胶系统的电学性质
- 9.9 溶胶的稳定与聚沉

重点:

- 1) 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
- 2) 溶液界面的吸附
- 3) 兰格缪尔单分子层吸附理论和吸附等温式
- 4) 胶体系统的光学性质与动力性质
- 5) 溶胶系统的电学性质

难点:

- 1) 弯曲液面对热力学性质的影响和拉普拉斯公式及开尔文公式的应用
- 2) 溶胶系统的电学性质

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、4.1、4.3。

10. 化学动力学 (8 学时)

通过本章的学习, 要求学生掌握化学反应速率、反应速率系统、反应级数、基元反应、反应分子数的概念。掌握通过实验建立速率方程的方法, 掌握一级和二级反应的速率方程及其应用, 理解典型复杂反应的特征。了解处理对行反应、平行反应和连串反应的动力学处理方法, 掌握稳态近似法、平衡近似法及控制步骤的概念。

主要内容:

- 10.1 化学反应的反应速率及速率方程
- 10.2 速率方程的积分形式
- 10.3 速率方程的确定
- 10.4 温度对反应速率的影响, 活化能
- 10.5 典型复合反应
- 10.6 复合反应速率的近似处理法

重点:

- 1) 化学反应速率、反应速率常数及反应级数的概念
- 2) 一级和二级反应的速率方程及其应用
- 3) 复杂反应的特征, 了解处理对行反应、平行反应和连串反应的动力学方法。

难点:

- 1) 通过实验建立速率方程的方法
- 2) 复杂反应的特征及其有关计算

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、4.1、4.3。

三、教学方法

本课程是化学工程与工艺、材料科学与工程、制药工程专业的核心课程。课程的基本理论部分采用进行系统讲授。讲课的内容要注意内容的系统性和逻辑的严密性。讲课时要求做到概念准确, 重点突出, 板书清楚, 层次清晰, 条理分明, 并能承前启后, 适当介绍实际应用的科研与工程实例。

本课程的教学形式采用 CAI 课件与黑板讲授相结合的教学方式, 合理运用问题教学或项目教学的教学方法。每次课都确定一个或几个需要解决的问题, 然后围绕“问题”展开教学。每一章都进行复习与总结。

课内研讨内容由教师结合教学内容糅合在教学过程中进行 (可以分散在教学过程中进行)。

具体研讨式教学的主题:

1. 实验数据处理在科研中的应用;
2. 运用逻辑结构学习法进行化学热力学归纳与讨论;
3. 利用项目实验数据计算热力学函数, 判断过程的方向;

4. 稀溶液依数性的应用实例讨论（凝固点下降法测定溶质的摩尔质量）；
5. 采用项目实验数据进行有关化学平衡的计算与讨论；
6. 相平衡理论的应用实例讨论（化工产品的分离与提纯）；
7. 原电池设计的分析与总结；
8. 统计热力学函数的计算分析与应用；
9. 催化剂的比表面计算与测定；
10. 胶体聚沉理论的分析与应用实例讨论；

（11）利用有关实验数据计算化学反应速率，建立动力学方程。

重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、3.1、4.1、4.3、12.1、12.2。

四、课内外教学环节及基本要求

课内外理论教学环节及学时分配表见表 4-1。

表 4-1 课内外理论教学环节及学时分配表

序号	课程内容	课内学时	其中课内研讨学时	课外学时
1	绪论与气体的 pVT 行为	4	1.0	8
2	热力学第一定律	10	4.0	20
3	热力学第二定律	12	4.0	24
4	多组分系统热力学	6	2.0	12
5	化学平衡	4	1.0	8
6	相平衡	8	2.0	16
7	电化学	10	4.0	20
8	统计热力学初步	8	2.0	16
9	表面现象	6	2.0	12
10	胶体化学	4	1.0	8
11	化学动力学	8	2.0	16
合计		80	25	160

课外学习要求：

本课程教学内容中学生课外自主学习的内容及要求：课外学习包括作业、课外阅读和网络课程学习。本课程要求课内讲解学时和学生课外学习学时的比例为 1:2。每次课后要求学生根据授课的教学内容进行复习与总结，并进行预习；要求学生阅读教学参考书中的相关章节；针对教师布置的问题进行探究性学习，完成教师布置的课后作业。

作业包括二种形式，第一种形式的作业是教师根据讲课内容和课程重点难点布置的习题，第二种形式是进行网上在线测试。学生在课后应该根据作业内容，阅读教学参考书。要求每 1 次课（2 学时）的课内教学，学生课外进行网络课程学习或阅读教学参考书的相关章节 2.5 学时，完成作业 1.5 学时。

1. 本课程已建立物理化学课程网站与物理化学网络教学平台，学生可以在课外进行自主学习。

2. 本课程有全程物理化学课堂教学视频可供学生在课外学习。

3. 本课程为学生提供一套《物理化学测验题集》，学生可以在课外练习。

重点支持毕业要求指标点 12.1、12.2。

五、考核内容及方式

本课程成绩由平时成绩、期末考试组合而成，采用百分计分制。各部分所占比例如下：

平时成绩占 25%，平时成绩构成：考勤考纪（5）%；作业（10）%；网上测验（10）%，主要考查各章知识点的理解程度，学习态度，自主学习能力，利用现代工具获取所需信息和综合整理能力，课堂讨论时的沟通和表达能力。重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、3.1、4.1、4.3、12.1、12.2。

期末成绩占 75%，采用考试的考核方式，考试采用闭卷形式。题型为选择题、填空题、是非题、计算题、问答题、证明题、推导题等。重点支持毕业要求指标点 1.4、2.3、3.1、4.1、4.3。

六、持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、在线测试、实验及其数据处理软件的使用以及期中考试等情况和学生、教学督导等反馈，及时对教学中不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中改进提高，确保相应毕业要求指标点达成。

七、教材及参考资料

建议教材：

- [1] 天津大学. 物理化学（第五版）[M]. 北京：高等教育出版社，2009
- [2] 傅献彩. 物理化学[M]. 北京：高等教育出版社，2005

参考资料：

- [1] 胡英. 物理化学[M]. 北京：高等教育出版社，2014
- [2] 印永嘉. 物理化学简明教程[M]. 北京：高等教育出版社，2007
- [3] 沈文霞. 物理化学核心教程[M]. 北京：科学出版社，2005
- [4] 孙仁义. 物理化学[M]. 北京：化学工业出版社，2014
- [5] 吕德义. 物理化学[M]. 北京：化学工业出版社，2014
- [6] 边文思. 物理化学同步辅导及习题全解[M]. 北京：中国水利水电出版社，2010