

物理化学 (A)

physical chemistry (A)

课程编号: 0426609B

课程类别: 专业基础课

课程性质: 必修课

适用专业: 化学工程与工艺、材料科学与工程专业

学时数: 102 (理论学时: 102 实验学时: 0 课外学时: 204) 学分数: 6

要求先修课程: 高等数学、普通物理、无机及分析化学、有机化学

执笔人: 张立庆

一、课程性质与地位

物理化学研究化学变化、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。物理化学课程是化学工程与工艺、材料科学与工程等专业的一门必修的专业基础课, 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。

二、课程教学目标

1、通过本课程的学习, 学生应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、通过本课程的学习, 学生应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, 初步了解统计热力学方法。

3、通过本课程的学习, 学生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, 特别是要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, 并具备根据具体条件应用理论解决实际问题的一般科学方法。

三、教学内容、基本要求及学时分配

绪 论

了解物理化学的研究内容, 理解物理化学的研究方法, 了解物理化学的建立与发展和近代物理化学的发展趋势和特点, 掌握物理化学课程的学习方法

主要内容:

0.1 物理化学课程的内容

0.2 学习物理化学的要求及方法

重点:

1. 物理化学的目的和内容

2. 物理化学的研究方法

3. 物理化学课程的学习方法

难点:

1. 物理化学的研究方法

第一章 气体的 pVT 性质

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
4. 对应状态原理与压缩因子图

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

第二章 热力学第一定律

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。

第三章 热力学第二定律

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, 掌握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 克拉佩龙方程
- 3.10 吉布斯-亥姆霍兹方程和麦克斯韦关系式

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。
- 6. 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
- 3. 熵增原理及平衡判据的一般准则

第四章 多组分系统热力学

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、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. 拉乌尔定律及亨利定律
- 3. 活度与逸度的有关计算

第五章 化学平衡

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
- 5.6 真实气体反应的化学平衡

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

第六章 相平衡

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
3. 运用杠杆规则进行分析与计算的方法

第七章 电化学

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-许克尔极限公式, 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. 可逆电池的概念
3. 能斯特方程及其有关计算
4. 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. 极化作用和超电势的概念
3. 原电池的设计

第八章 统计热力学初步

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。能利用配分函数计算简单系统的热力学函数。

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 系统的热力学能与配分函数的关系
- 8.7 系统的摩尔定容热容与配分函数的关系
- 8.8 系统的熵与配分函数的关系
- 8.9 其它热力学函数与配分函数的关系
- 8.10 理想气体反应的标准平衡常数

重点:

1. 统计热力学的基本假设
2. 玻耳兹曼分布的意义和应用
3. 配分函数的意义
4. 热力学函数与配分函数的关系

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

第九章 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

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

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

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. 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
3. 溶液界面的吸附
4. 兰格缪尔单分子层吸附理论和吸附等温式

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. 亚稳状态与新相生成的关系

第十章 化学动力学

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,理解链反应的动力学特点。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;了解催化剂和催化作用的概念、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;了解酶催化作用。

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
- 10.7 链反应
- 10.8 气体反应的碰撞理论
- 10.9 势能面与过渡状态理论
- 10.10 溶液中反应
- 10.11 多相反应
- 10.12 光化学
- 10.13 催化作用的通性

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。
4. 掌握阿仑尼乌斯方程及应用。
5. 有效碰撞理论和过渡状态理论的基本公式及有关概念

难点:

1. 通过实验建立速率方程的方法
2. 稳态近似法、平衡近似法及控制步骤的概念及其运用

3. 复杂反应的特征及其有关计算
4. 有效碰撞理论和过渡状态理论的基本公式及有关概念

第十一章 胶体化学

理解分散系统的分类及胶体的定义。理解溶胶的性质，理解双电层结构的斯特恩模型，理解溶胶的稳定和破坏的原因。了解乳状液的类型与稳定性。

主要内容：

- 11.1 胶体系统的制备
- 11.2 胶体系统的光学性质
- 11.3 胶体系统的动力性质
- 11.4 溶胶系统的电学性质
- 11.5 溶胶的稳定与聚沉
- 11.6 悬浮液
- 11.7 乳状液

重点：

1. 分散系统的分类及胶体的定义
2. 胶体系统的光学性质与动力性质
3. 溶胶系统的电学性质
4. 乳状液的类型与稳定性

难点：

1. 胶体系统的光学性质与动力性质
2. 溶胶系统的电学性质

学时分配：总学时 102。分配如下：

序号	授课内容	学时
1	绪论与气体的 pVT 行为	4
2	热力学第一定律	12
3	热力学第二定律	12
4	多组分系统热力学	8
5	化学平衡	8
6	相平衡	8
7	电化学	10
8	统计热力学初步	10
9	表面现象	8
10	化学动力学	16
11	胶体化学	6

四、教学环节安排与考核办法

(一) 课堂讲授

- 1、讲课：课程的基本理论部分应进行系统讲授。

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。

2、习题课（含讨论课）的目的在于提高学生对基本概念的深刻理解和增强基础理论的应用能力。习题课选题要精、目的性要强。习题课中要注意引导和启发学生思维，展开讨论，以培养学生分析

问题和解决问题的能力。

3、辅导：针对目前学生学习情况，建议每章安排答疑时间，具体形式：(a)通过网络答疑；(b)课后答疑

4、教学方法：具体的教学形式由教师根据教学内容、教学对象、教学条件和各自的教学经验而定，原则上建议采用 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

重视教书育人，在教学的各个环节都要对学生严格要求。要结合课程的学习，对学生进行学习目的和学风教育。

(二) 作业要求和作业量

学生独立地按时完成作业是学好物理化学课程的关键之一。必须教育和督促学生重视这一教学环节。要求学生先复习，消化讲课内容后再做习题，以达到巩固课堂教学的目的。

1、对学生的要求：要求学生按时交作业。对迟交、不交作业和抄袭作业的学生要用适当的方式进行批评教育。

2、对教师的要求：

每次作业全部批改，批改作业应有记录，作为期末评分中平时成绩的依据之一。

3、作业量与题型

作业量要适宜，平均每 2 学时课布置 3-5 题。

习题题型一般为计算题、问答题、证明题等

(三) 课外学习

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。

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。

本课程要求学生进行研究性学习，并完成研究性学习报告 (term paper)。

(四) 考核办法

1、本课程为考试课程，期末考试形式为闭卷。

2、期末考试采用国家试题库统一命题，统一阅卷

3、总评成绩以期末考试为主，占 80%，平时作业，研究性学习报告和平时学习情况占 20%。

五、建议使用教材及教学参考书

1、《物理化学》天津大学编（第四版），高等教育出版社，2001.12

2、《物理化学》付献彩编，（第四版）高等教育出版社，2003.2

3、《物理化学简明教程》印永嘉编（第四版），高等教育出版社，2007.1

4、《物理化学核心教程》沈文霞编，科学出版社，2005.6

5、《物理化学习题解答》金继红等编，华中科技大学出版社，2005.1