

# 物理化学 (E)

## physical chemistry (E)

课程编号: 0526615B

课程类别: 专业基础课

课程性质: 必修

适用专业: 中德学院生物与化学工程专业

学时数: 80 (理论学时: 68 实验学时: 12) 学分数: 5

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: 姜华昌

### 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。物理化学课程是中德学院生物与化学工程专业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。

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及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

#### 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

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. 理想气体模型及其理论解释

## 2. 真实气体的液化与临界性质

## 3. 对应状态原理的有关计算

## 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 化学反应热效应和标准摩尔反应焓的计算

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, 掌握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。掌握克拉贝龙方程。

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 热力学基本方程和麦克斯韦关系式
- 3.9 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。
- 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于计算。理解理想液态混合物、理想稀溶液的概念。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

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于计算
- 3. 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

#### 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

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

## 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 简单二组分低共熔相图
- 6.8 生成化合物的二组分相图

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-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。

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 电极的极化\*

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. 原电池的设计

## 第八章 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。

主要内容:

- 8.1 界面张力
- 8.2 弯曲表面的附加压力
- 8.3 固体表面
- 8.4 液-固界面
- 8.5 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

## 第九章 化学动力学

掌握化学反应速率、反应速率系统、反应级数、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。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,了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。

主要内容:

- 9.1 化学反应的反应速率及速率方程
- 9.2 速率方程的积分形式
- 9.3 速率方程的确定
- 9.4 温度对反应速率的影响,活化能
- 9.5 典型复合反应
- 9.6 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. 了解复杂反应动力学处理方法。
4. 掌握阿仑尼乌斯方程及应用。

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

本课程课内授课总学时为 68 学时，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	6
5	化学平衡	4
6	相平衡	6
7	电化学	10
8	表面现象	6
9	化学动力学	8

#### 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) 物理化学课内实验教学大纲

##### (I) 本实验课程在培养实验能力中的地位及作用

本实验课程在物理化学课程教学中有着重要的地位。物理化学实验课程的教学方法是利用物理学的研究方法去探讨化学变化的规律性问题。即利用物理仪器和手段间接计算化学反应中所涉及的有关量的变化，从而解决化学反应中能量转化、方向和限度、化学反应速率等问题。在培养学生掌握基本科学研究方法，提高学生观察问题和解决问题的能力起到重要的作用。

##### (II) 应达到的实验能力标准：

1、学习、了解物理化学的研究方法，学习物理化学实验中的某些实验技能，培养学生观察、分析、解决问题的能力；

2、学会使用作图法和计算机法进行实验数据的处理，运用前修理论知识和实验课所学知识综合判断实验结果的可靠性及分析主要误差的来源；

3、验证物理化学主要理论的正确性，巩固和加深对这些理论的理解。

4、培养严肃认真、实事求是的科学态度和作风。

##### (III) 实验内容项目汇总

序号	实验项目名称	学时	本实验主要内容	实验类别	实验要求	每组学生数
1	恒温槽的装配与性能测试及液体粘度的测定	4	1、了解恒温槽的构造及其控温原理和方法，熟悉恒温槽的控制和使用。 2、恒温槽性能的测试。 3、了解粘度的物理意义，掌握乌氏粘度计的使用以及用乌氏粘度计测量氯化钠溶液等粘度的方法。	验证性	必修	2
2	液体饱和蒸汽压的测定	4	1 掌握减压、恒压系统的操作方法和原理。 2、掌握静态法测定单元系汽液平衡压力—温度关系的原理和方法，求乙醇在实验温度范围内的平均摩尔气化焓。 3、熟悉数字式低真空测压仪的使用。	验证性	必修	2
3	二元液系相图	4	1、了解恒压（大气压）下汽液平衡数据的测定方法，用沸点仪测定乙醇—环己烷汽液平衡数据并绘出 T~X 相图。 2、了解沸点仪的构造特点。 3、掌握阿贝折光仪的构造、原理和使用方法，并用阿贝折光仪测定溶液组成。	验证性	必修	2

##### (IV) 本课程实验所用的主要仪器设备

序号	设备名称	每个实验应 配合套数	现有台 套数	备注
1	玻璃缸、搅拌器、继电器、导电表、加热器、数字贝克曼温度计、乌氏粘度计、计算机。	8	8	
2	恒温槽、等压计、大气压力计、数字式低真空测压仪、不锈钢稳压包、真空泵。	8	8	
3	超级恒温槽、阿贝折光仪、沸点计、EF-03 型沸点测量仪。	8	8	

#### (五) 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 70%；平时作业，研究性学习报告和平时学习情况占 10%；实验成绩占 20%。

#### 五、建议使用教材与参考书

- 1、《物理化学核心教程》沈文霞编，科学出版社，2005.6
- 2、《物理化学简明教程》印永嘉编（第四版），高等教育出版社，2007.1
- 3、《物理化学》天津大学编（第四版），高等教育出版社，2001.12
- 4、《物理化学》付献彩编，（第四版）高等教育出版社，2003.2
- 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
- 6、《物理化学实验》罗澄源等编，高等教育出版社，（第四版）2003.12