

《大学化学实验—基础化学实验 II —物理化学实验》课程教学大纲

一、课程说明

（一）课程名称、所属专业、课程性质、学分

课程名称：大学化学实验—基础化学实验 II—物理化学实验

所属专业：化学、功能材料

课程性质：专业基础课

学 分：4 学分（144 学时）

（二）课程简介、目标与任务、先修课与后续相关课程

课程简介：大学化学实验基础实验 II 之《物理化学实验》是每学年为近两百名化学化工学院化学专业三年级的本科生开设的一门必修的专业基础实验课程。该实验课程是紧接着大学化学基础实验 I（无机化学、分析化学及有机化学实验）之后，同时配合大学化学实验基础实验 II 中仪器分析实验和化工实验两部分内容开设的。物理化学实验以数据测量为主要内容，通过对实验数据的科学处理来研究物质的物理化学性质及化学反应的基本规律；是完成基本实验技能训练的重要环节。

目标与任务：该课程涉及化学热力学、电化学、动力学、表面现象和胶体、催化、物质结构等物理化学的各主要分支，可使学生了解化学各基本理论的研究方法，掌握物理化学的基本实验技术和技能；学会控温、真空操作等实验技能，熟悉物理化学实验现象的观察和记录、实验数据的测量和处理、实验结果的分析 and 归纳；系统地训练和培养学生良好的科学研究习惯，还培训学生基础化学研究思路和方法。此外，结合仪器分析实验和化工实验两部分的拓展内容，帮助学生更好地理论联系实际、初步培养学生分析、解决化学实际问题的能力。

先修课程与后续相关课程：

先修课程：物理化学、结构化学、无机化学、分析化学、有机化学等

后续相关课程：仪器分析、化工基础、高分子化学等

（三）教材与主要参考书

教材：兰州大学化学化工学院编著，大学化学实验基础化学实验 II，兰州大学出版社，2008。

主要参考书：

1. 复旦大学主编，物理化学实验，（第3版），高等教育出版社，2004。
2. 浙江大学化学系组编，中级化学实验，科学出版社，2005。
3. 孙尔康，徐维清，邱金恒编，物理化学实验，南京大学出版社，1999。

二、课程内容与安排

（一）教学方法与学时分配

- 实验一 恒温水浴的性能测试实验（6.5 学时）
- 实验二 酸碱中和热的测定实验（6.5 学时）
- 实验三 物质燃烧热的测定实验（6.5 学时）
- 实验四 双液系气-液平衡相图（6.5 学时）
- 实验五 差热分析实验（6.5 学时）
- 实验六 凝固点降低法测定摩尔质量（6.5 学时）
- 实验七 纯液体饱和蒸气压的测量实验（6.5 学时）
- 实验八 分解反应平衡常数的测定实验（6.5 学时）
- 实验九 偏摩尔体积的测定实验（6.5 学时）
- 实验十 气液色谱法测定无限稀活度系数（6.5 学时）
- 实验十一 物质偶极矩的测定（6.5 学时）
- 实验十二 络合物的磁化率测定（6.5 学时）
- 实验十三 Gaussian03 程序使用入门（6.5 学时）
- 实验十四 交流电桥法测定弱电解质溶液的电导（6.5 学时）
- 实验十五 原电池电动势及相关热力学性质的测定（6.5 学时）
- 实验十六 离子迁移数的测定实验（6.5 学时）
- 实验十七 旋光法测定蔗糖转化反应的速率常数（6.5 学时）
- 实验十八 乙酸乙酯皂化反应的动力学研究（6.5 学时）
- 实验十九 丙酮碘化反应动力学（6.5 学时）
- 实验二十 粘度法测量高聚物分子量（6.5 学时）
- 实验二十一 胶体的电泳（6.5 学时）

- 实验二十二 胶体的电渗 (6.5 学时)
- 实验二十三 色谱法测固体的表面性质 (6.5 学时)
- 实验二十四 最大泡压法测定溶液的表面张力 (6.5 学时)
- 实验二十五 过渡态法研究丙酮异构化的反应机理 (6.5 学时)
- 实验二十六 合金相图 (6.5 学时)
- 实验二十七 溶解度的测定 (6.5 学时)
- 实验二十八 三元系统的相互溶解度 (6.5 学时)
- 实验二十九 镍在硫酸溶液中的钝化 (6.5 学时)
- 实验三十 表面活性剂临界胶束浓度的测定 (6.5 学时)

(二) 内容及基本要求

实验名称	主要内容及实验目的	难点及注意事项
1. 恒温水浴的性能测试实验	<p>实验内容: 了解恒温水浴的构造、工作原理; 学会恒温水浴的装配技术; 学会测绘恒温水浴的灵敏曲线; 掌握数显热敏电阻温度计和数显贝克曼温度计的使用方法。</p> <p>实验目的: 1. 了解恒温装置的构造及恒温原理, 初步掌握装配和调试的基本技术; 2. 熟练掌握恒温装置的调节方法, 正确使用恒温装置控制一定温度; 3. 绘制恒温装置的灵敏度曲线, 计算恒温装置的灵敏度并分析恒温装置的恒温精度及各部件对恒温精度的影响。</p>	<p>难点: 学会恒温水浴的装配技术; 掌握数显热敏电阻温度计和数显贝克曼温度计使用方法。</p> <p>注意事项: 不同类型温度计的使用方法</p>
2. 酸碱中和热的测定实验	<p>实验内容: 通过学习微电脑量热装置的使用, 使学生掌握测量反应热效应的方法; 巩固恒压热容与恒容热容之间的转换关系, 及变温型恒压反应器的设计、使用。</p> <p>实验目的: 1. 学习用电热补偿法标定 HCl 与 NaOH 反应的中和热效应; 2. 掌握绝热型变温量热计的基本原理和使用方法; 3. 学习雷诺曲线法校正量热实验数据。</p>	<p>难点: 测量电路的连接及反应装置的设计; 微电脑量热软件的使用和无纸化数据处理; 补偿法标定反应热的原理和操作过程。</p> <p>注意事项: 微电脑量热计算软件的使用、热敏电阻温度计的正确使用以及标定反应热的原理和正确操作。</p>

3. 物质燃烧热的测定实验	<p>实验内容: 学习掌握氧弹量热计的使用和获取有效数据的方法; 巩固恒压热容与恒容热容之间的相互关系; 掌握氧气瓶与减压阀的使用; 学习雷诺曲线法校正量热实验数据。</p> <p>实验目的: 1. 明确燃烧热的定义, 掌握恒压与恒容燃烧热的差别; 2. 了解氧弹量热计的主要组成及作用, 掌握氧弹量热计的操作技术; 3. 学习雷诺图解温度校正法, 准确测定温度实际改变值。</p>	<p>难点: 氧弹量热计的设计原理和正确使用方法; 恒压热容与恒容热容的关系。</p> <p>注意事项: 氧气瓶与减压阀的正确使用; 雷诺曲线法校正量热数据的处理过程。</p>
4. 双液系气-液平衡相图	<p>实验内容: 采用加热回流法, 利用沸点测定仪测定几种不同组成二元双液系的沸点及气、液平衡相组成; 通过标准溶液的浓度曲线定浓, 完成有最低恒沸点的完全互溶双液系气-液平衡相图的绘制任务。</p> <p>实验目的: 1. 绘制在定压下环己烷-乙醇双液体系的气-液平衡相图, 了解相图和相律的基本概念; 2. 掌握测定双组分流体的沸点及正常沸点的方法; 3. 掌握用折光率确定二元液体组成的方法。</p>	<p>难点: 恒温槽、沸点测定仪、数显阿贝折光仪的正确使用技术与方法。</p> <p>注意事项: 相图的基本概念; 标准溶液的浓度曲线的绘制; 环己烷-乙醇均易挥发, 对相应操作技术要求较高。</p>
5. 差热分析实验	<p>实验内容: 用 α-氧化铝为参比物, 用碳酸镉标定碳酸氢钾的分解反应热的数值。</p> <p>实验目的: 1. 了解差热分析仪的工作原理及操作方法; 2. 掌握差热谱图解析的定性、定量分析方法; 3. 用差热分析方法测定 KHCO_3 的分解热。</p>	<p>难点: 学习获取理想的差热谱图的技术操作及数据分析。</p> <p>注意事项: 差热分析仪的设计原理和操作要求。</p>
6. 凝固点降低法测定摩尔质量	<p>实验内容: 采用过冷法, 利用稀溶液的依数性质分别测定纯溶剂及稀溶液的凝固点数据, 根据凝固点降低值推算溶质的分子量。</p> <p>实验目的: 1. 学习掌握溶液凝固点的测定技术; 2. 用凝固点降低法测定萘的摩尔质量; 3. 通过实验进一步理解稀溶液理论。</p>	<p>难点: 过冷法测量凝固点的控制条件和技术; 精确温度的测量技术。</p> <p>注意事项: 稀溶液配置的方法和理论依据; 热电偶温度计的原理和使用。</p>
7. 纯液体饱和蒸气压的测量实验	<p>实验内容: 动态法测定水不同压力下的饱和蒸气的平衡温度; 静态法测定不同温度下水的饱和蒸气压; 根据数据分析得到平均摩尔气化热的数值。</p> <p>实验目的: 1. 理解液体饱和蒸气压与温度的关系, 明确液体饱和蒸气压的定义及气液平衡的概念; 2. 用动态法和静态法测定不同温度下水的饱和蒸气压, 并求平均摩尔气化热; 3. 初步掌握真空操作技术。</p>	<p>难点: 液体饱和蒸气压与温度的热力学关系的理解和应用; 真空操作技术。</p> <p>注意事项: 真空泵的使用方法; 福廷式气压计的使用。</p>

8. 分解反应平衡常数的测定实验	<p>实验内容: 明确复相分解反应化学平衡的概念, 了解分解反应与温度的关系; 学会用等压计测定不同温度下的饱和蒸气压, 进一步掌握真空技术。</p> <p>实验目的: 1. 用等压法测定氨基甲酸铵的分解压力; 2. 计算反应的平衡常数及有关的热力学函数; 3. 进一步掌握真空操作技术。</p>	<p>难点: 用等压计测定不同温度下的分解平衡压力的技术操作。</p> <p>注意事项: 等压计、恒温槽、DP-A 型精密数字压力计和真空泵的使用方法。</p>
9. 偏摩尔体积的测定实验	<p>实验内容: 恒定温度下, 通过采用比重管精确测定溶液密度的技术; 完成不同组成的乙醇-水溶液中各组分的偏摩尔体积; 学习并掌握图解法求偏摩尔体积的方法。</p> <p>实验目的: 1. 配制不同浓度乙醇水溶液, 测定各溶液中各组份的偏摩尔体积。2. 学会用比重管测定液体密度的方法。3. 通过实验加深对偏摩尔体积的理解。</p>	<p>难点: 图解法求偏摩尔体积的原理和方法。</p> <p>注意事项: 精密控制温度\测定质量的操作技术。</p>
10. 气液色谱法测定无限稀活度系数	<p>实验内容: 通过固定稀溶液的溶剂, 注射溶质的方法, 利用气相色谱的原理设置无限稀溶液的测定条件, 完成同一种溶剂不同溶质的无限稀活度系数的测量和对比, 深刻领会理想溶液的概念和特点。</p> <p>实验目的: 1. 了解气相色谱仪的基本构造及原理, 并掌握利用气相色谱仪构建无限稀溶液的基本实验方法; 2. 掌握用气液色谱法测定无限稀溶液中溶质的比保留体积和推算活度系数的方法; 3. 了解活度系数与热力学函数的基本关系。</p>	<p>难点: 用气液色谱法测定无限稀溶液中溶质的比保留体积的原理和技术操作; 数据处理。</p> <p>注意事项: 气相色谱仪的基本操作要求及数据的采集和处理。</p>
11. 物质偶极矩的测定	<p>实验内容: 通过配置不同浓度乙酸乙酯-环己烷稀溶液, 在恒温条件下, 采用小电容测量仪直接测溶液的介电常数, 并在准确获取折光率、密度等数据的基础上, 处理数据得到偶极矩的大小。</p> <p>实验目的: 1. 了解偶极矩与分子电性质的关系; 2. 掌握溶液法测定偶极矩的原理和方法。</p>	<p>难点: 稀溶液法测定偶极矩的原理和操作; 小电容仪的使用方法和数据处理方法。</p> <p>注意事项: 恒温槽、阿贝折光仪、电容仪、比重管的正确使用方法。</p>

12. 络合物的磁化率测定	<p>实验内容: 学习古埃天平的使用方法以及测定顺磁磁化率的原理和方法,并通过测定络合物的磁化率,求算未成对电子数和判断分子的配键类型。</p> <p>实验目的: 1. 了解物质磁化现象的化学根源;学习磁天平测定磁化率的原理与方法; 2. 掌握古埃法测量顺磁物质摩尔磁化率; 3. 推算分子磁距、未成对电子数,并判断分子配键类型。</p>	<p>难点: 测量原理及正确操作技术的掌握和应用。</p> <p>注意事项: 古埃天平的使用方法和原理。</p>
13. Gaussian 03 程序使用入门	<p>实验内容: 学习使用 Gaussian03 程序计算,初步进行部分化学分子的计算并学习分析计算结果、根据计算结果,解释分子结构与性能之间的关系。</p> <p>实验目的: 了解 Gaussian03 程序;掌握 Gaussian03 程序使用方法;熟悉 Gaussian03 程序的界面与功能;了解 Gaussian03 程序输入、输出文件的格式及其基本内容。</p>	<p>难点: 数据的归纳和分析。</p> <p>注意事项: 分子结构构建的方法及准确性。</p>
14. 交流电桥法测定弱电解质溶液的电导	<p>实验内容: 在恒定温度的条件下,用强电解质溶液的数据标定电导电极常数后,使用交流电桥的测量装置先后测量弱电解质乙酸溶液和电导水的电导率,最后计算出乙酸溶液多种参数。</p> <p>实验目的: 1. 采用交流电桥法测量弱电解质溶液的电阻,并求电导; 2. 了解弱电解质溶液导电规律;测定弱电解质的电导率、摩尔电导率、电离度和电离常数等数据; 3. 掌握电导电极的使用方法,学会用强电解质溶液的数据标定电极常数。</p>	<p>难点: 交流电桥测量系统的电路连接、测量;测量操作的准确性。</p> <p>注意事项: 恒温槽、示波器、电容箱等电器的使用方法和溶液挥发的预防。</p>
15. 原电池电动势及相关热力学性质的测定	<p>实验内容: 处理、制备 Cu、Zn 半电池,用电位差计测定原电池的电动势及 Cu、Zn 电极的电极电势。</p> <p>实验目的: 1. 学习电极的制备与活化,测定 Cu、Zn 电极的电极电位; 2. 了解可逆电池,可逆电极,盐桥等概念,学会测定 Cu-Zn 电池的电动势; 3. 掌握电位差计的测量原理和正确使用方法,学习简易电位差计的组装和使用。</p>	<p>难点: 原电池电动势测量方法; UJ-25 型电位差计的使用; 电极的制备和活化技术。</p> <p>注意事项: 饱和甘汞电极的正确使用方法; 盐桥和半电池的制备与使用方法。</p>

16. 离子迁移数的测定实验	<p>实验内容: 用希托夫离子迁移管作电解槽, 根据库仑定律测算 CuSO_4 溶液中 Cu^{2+} 和 SO_4^{2-} 的表观离子迁移数。</p> <p>实验目的: 1. 掌握希托夫法测定离子迁移数的原理和方法; 2. 学习库仑计的使用原理及方法; 3. 测定 CuSO_4 溶液中 Cu^{2+} 和 SO_4^{2-} 的表观迁移数。</p>	<p>难点: 希托夫离子迁移管的设计原理正确使用方法。</p> <p>注意事项: 库仑计的正确使用; Cu^{2+} 浓度的反滴定操作方法。</p>
17. 旋光法测定蔗糖转化反应速率常数	<p>实验内容: 测定准一级蔗糖转化反应过程的系统旋光值, 计算准一级蔗糖转化反应的速率常数及半衰期。</p> <p>实验目的: 1. 了解该反应的反应物浓度与旋光度之间的关系; 2. 了解旋光仪的基本原理, 掌握旋光仪的正确使用方法; 3. 掌握测定准一级反应速率常数和半衰期的方法</p>	<p>难点: 蔗糖转化反应准一级反应条件控制的原理及意义; 物理量旋光度的意义及正确测量方法。</p> <p>注意事项: 温度控制对动力学实验的影响; 不同类型旋光仪的正确使用方法。</p>
18. 乙酸乙酯皂化反应的动力学研究	<p>实验内容: 在恒定温度条件下, 使用电导率仪, 测量乙酸乙酯皂化反应系统的电导率值, 用图解法求出反应速率常数。</p> <p>实验目的: 1. 了解二级反应的特点, 学会用图解算法求取二级反应的速率常数; 2. 掌握电导率仪的使用方法; 3. 学会用电导法测定乙酸乙酯皂化反应速率常数; 了解反应活化能的测定方法。</p>	<p>难点: 浓度配置及定浓的操作技巧。</p> <p>注意事项: 电导率仪、恒温槽的使用方法。</p>
19. 丙酮碘化反应动力学	<p>实验内容: 用物理分析法和孤立法, 测定实验温度下四个不同浓度的酸催化丙酮碘化反应体系的级数和速率常数。</p> <p>实验目的: 1. 掌握微分孤立法确定反应级数的方法; 2. 加深对复杂反应特征的理解; 测定酸催化下丙酮碘化反应的速率常数; 3. 了解分光光度法在化学动力学研究中的应用, 掌握分光光度计的使用方法。</p>	<p>难点: 使用初始浓度法确定测试体系浓度的实验设计思路; 反应样品池的使用方法。</p> <p>注意事项: 721 型分光光度计的使用和根据反应机理, 设计实验测试操作步骤。</p>
20. 粘度法测量高聚物分子量	<p>实验内容: 在恒定温度条件下, 使用乌贝路德粘度计测量不同浓度聚乙二醇水溶液的平均相对分子量。</p> <p>实验目的: 1. 了解溶液粘度测定各种方法的原理, 掌握用乌贝路德粘度计测定粘度的方法和技术; 2. 用毛细管法测定聚乙烯醇水溶液的粘度。</p>	<p>难点: 高聚物分子量粘度法测定的原理及数据分析方法。</p> <p>注意事项: 恒温水浴槽、乌贝路德粘度计的正确使用方法。</p>

21. 胶体的制备及电泳	<p>实验内容: 用水解凝聚法制备 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 在外加电场的作用下测定 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的 ζ 电势。</p> <p>实验目的: 1. 了解胶体体系的电性质, 利用宏观界面移动法测定 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的 ζ 电位; 2. 掌握界面法测定 ζ 电势的原理和技术; 加深了解电泳是胶体中的固相粒子在外加电场的作用下相对移动而产生的电性现象。</p>	<p>难点: 电泳仪、电泳管的安装和测试条件的控制。</p> <p>注意事项: $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体的制备和纯化。</p>
22. 胶体的电渗	<p>实验内容: 通过在恒定温度下, 在填充有二氧化硅的电渗管内设置气泡, 完成毛细管内流过液体的测量, 并计算 ξ 电势。</p> <p>实验目的: 1. 了解电渗的原理和实验方法; 2. 掌握电渗法测定二氧化硅对氯化钾的 ξ 电势的原理和技术。</p>	<p>难点: 实验装置和电渗仪的正确使用。</p> <p>注意事项: 电导率仪、恒温槽的使用及电渗仪的正确操作。</p>
23. 最大泡压法测定溶液的表面张力	<p>实验内容: 配制丁醇浓度为 0.02%、0.05%、0.10%、0.15%、0.20% 的溶液, 用最大泡压法分别测定它们的表面张力。</p> <p>实验目的: 1. 了解表面张力的性质, 表面自由能的意义及表面张力和吸附的关系; 2. 测定不同浓度正丁醇水溶液的表面张力, 计算表面吸附量和正丁醇分子的横截面积; 3. 掌握最大泡压法测定表面张力的原理和技术。</p>	<p>难点: 最大泡压法测定表面张力实验条件的控制。</p> <p>注意事项: 气密性的检测; 减压瓶、精密压差计、恒温槽的正确使用。</p>
24. 色谱法测固体的表面性质	<p>实验内容: 根据活性炭低温吸附、高温脱附的特点, 在液氮温度下利用色谱柱的优势, 进行氮气的吸附后再脱附测定吸附量的大小; 最后依据多分子吸附理论估算比表面积大小。</p> <p>实验目的: 1. 学会用 BET 法测定活性碳的比表面的方法; 2. 了解 BET 多分子层吸附理论的基本假设和 BET 法测定固体比表面积的基本原理; 3. 掌握 BET 法固体比表面的测定方法及掌握比表面测定仪的工作原理和相关测定软件的操作。</p>	<p>难点: 柱温、流速的调控操作原理与方法。</p> <p>注意事项: 活性碳的表面的纯化处理操作; 合理比压的调控操作。</p>

25. 过渡态法研究丙酮异构化的反应机理	<p>实验内容: 结构优化反应物分子和产物分子的结构; 根据对优化得到的结构进行频率分析计算, 寻找过渡态。</p> <p>实验目的: 1. 初步学会预测化学反应的过渡态; 2. 学习应用 Gaussian03 对分子结构进行优化。</p>	<p>难点: 反应物分子和产物分子结构优化计算的准确性。</p> <p>注意事项: 各分子结构的一致性。</p>
26. 合金相图	<p>实验内容: 通过不同质量配比的 Sn-Bi 二组分系统在连续降温过程中温度随时间变化的数据记录的步冷曲线绘制相图。</p> <p>实验目的: 1. 学习相律在固-液二组分相图中的应用; 2. 掌握步冷曲线中各拐点的相变含义; 3. 用热分析法测绘 Sn-Bi 二元低共熔体系的相图。</p>	<p>难点: 步冷曲线连续降低温度条件的掌控。</p> <p>注意事项: 传热信号的稳定性。</p>
27. 溶解度的测定	<p>实验内容: 通过溶质在溶剂中完全溶解后, 跟踪测试系统温度随时间的降低值, 判断液体的凝固点, 根据 $\ln x_B$ 对 $1/T$ 直线斜率计算溶质的摩尔熔化热。</p> <p>实验目的: 1. 测定萘在环己烷、甲苯、三氯甲烷中的溶解度; 2. 求萘在其饱和溶液中的微分溶解热, 讨论系统的理想性。</p>	<p>难点: 非理想溶液与理想溶液之间偏差的理解; 热敏电阻温度计的测量原理。</p> <p>注意事项: 晶体析出时的微观动力学影响因素。</p>
28. 三元系统的相互溶解度	<p>实验内容: 通过三组分系统相互溶解的相图规律, 绘制相图。</p> <p>实验目的: 1. 作三氯甲烷-乙酸-水三元系统的溶解度曲线, 并绘制连结曲线; 2. 掌握三角坐标的使用方法。</p>	<p>难点: 三组分系统相图在三角坐标中表达方法的特点。</p> <p>注意事项: 单相与多相相变化在三组分溶液系统中的实验现象。</p>
29. 镍在硫酸溶液中的钝化	<p>实验内容: 利用三电极系统对镍在硫酸溶液采用恒电位法进行阳极极化曲线的绘制。</p> <p>实验目的: 1. 测定镍在硫酸溶液中的恒电位阳极极化曲线极其钝化电位; 2. 了解金属钝化行为的原理和测量方法; 3. 掌握恒电位极化测量的方法。</p>	<p>难点: 恒电位法测定极化曲线的实验条件。</p> <p>注意事项: 温度、电极表面等影响因素的控制。</p>
30. 表面活性剂临界胶束浓度的测定	<p>实验内容: 配置不同浓度表面活性溶液, 以电导率对浓度作图, 由曲线转折点确定 CMC 值; 并与摩尔电导率对 $c^{1/2}$ 的曲线的结果相比较。</p> <p>实验目的: 1. 了解表面活性剂的结构特征及胶束形成的原理; 2. 用电导法测定离子型表面活性剂临界胶束浓度。</p>	<p>难点: 电导率测量的准确性。</p> <p>注意事项: 恒温槽、电导率仪的正确使用方法; 表面活性剂溶液的纯度。</p>

制定人：周霞

审定人：柳明珠、周蕊

批准人：梁永民

日期：2012年6月