

《基础化学实验二》教学大纲

实验名称：基础化学实验二

学 分：4 分

总 学 时：64 学时

适用专业：化学化工类各专业（按照学校大类培养原则，环境工程和高分子材料与工程等非化学化工类专业课程划归此类）

执 笔 人：余训爽

审 订 人：李爱国、张业中

一、实验目的与任务

基础化学实验二是化学化工类各本科专业开设的一门必修基础课程。它是该专业高级技术人才的整体知识结构及能力结构的重要组成部分，同时也是后继专业实验课程的基础。通过系统地、科学地安排各项实验项目，训练学生掌握有机化学实验的基本操作技能，使学生验证、巩固和加深并综合运用所学的有机化学基本知识，培养学生正确选择有机化合物的合成、分离与鉴定的方法，提高学生分析和解决实验中所遇到问题的思维能力和动手能力，同时培养学生理论联系实际能力。另外加强非智力因素（包括艰苦创业、勤奋好学、乐于协作，实事求是、创新存疑等科学品德和科学精神的训练，而整洁、节约、准确、有条不紊等良好的实验素养的形成是每个学生今后获得成功所不可缺少的素质）的训练，养成严肃认真、实事求是的科学态度、严谨的实验作风和良好的实验习惯，培育创新精神，为今后从事相关研究工作打下坚实的基础。

二、教学基本要求

有机化学实验是有机化学教学的重要组成部分，其主要要求是：

1. 要求学生每次实验前必须写出预习报告（内容包括：实验目的、反应原理、仪器及试剂、实验装置、反应物、产物及副产物的物理常数、实验操作步骤及课后思考题）；
2. 深入理解有机化学基本理论与概念；
3. 进一步熟悉各类有机化合物的重要性质；
4. 掌握基础化学实验二的基本操作技术，培养学生能以小量规模正确地进行制备实验和性质实验、分离和鉴定制备的产品的能力；
5. 能写出合格的实验报告、初步学会查阅文献的能力；
6. 要求学生在实验中认真操作，细心观察，勤于思考，仔细分析，力争解决问题，同时养成良好的实验工作方法和学习习惯；
7. 学习有机化学的科学研究的工作的一般方法和步骤，培养实事求是和严谨的科学精神；
8. 通过设计实验培养学生的发散性思维,增强创新能力；
9. 学有余力的学生可申请创新实验。

三、实验项目与类型

序号	实验项目	学时	实验类型		必做	选做	备注
			基本性	综合性			
1	熔点测定（提勒管和熔点仪）	4	√		√		
2	薄层层析	3	√		√		
3	从茶叶中提取咖啡因	4	√		√		
4	烟碱的提取和性质	4	√		√		

[键入文字]

序号	实验项目	学时	实验类型		必做	选做	备注
			基本性	综合性			
5	环己烯的合成与性质	4	√		√		
6	1-溴丁烷的制备	4	√		√		
7	正丁醚的合成	6	√		√		
8	醇、酚、醛、酮的鉴别	4	√			√	三选一
9	重氮盐的制备及性质	4	√			√	
10	碳水化合物、氨基酸、蛋白质的性质	4	√			√	
11	苯甲酸乙酯的制备	6		√		√	二选一
12	乙酸苄酯的合成	6		√		√	
13	微波法合成苯甲酸	4		√		√	二选一
15	邻氨基苯甲酸的制备	5		√		√	
16	呋喃甲醇和呋喃甲酸的制备	6		√	√		
17	乙酰苯胺的合成(2种方法)	5		√	√		
18	甲基橙的制备	5		√	√		
19	对甲苯磺酸的制备	5		√	√		
20	乙酸乙酯的制备	6		√	√		
21	尿醛树脂的合成	6		√	√		

四、实验教学内容及学时分配

实验一 熔点测定(提勒管和熔点仪)

(4学时)

1. 目的要求:

了解熔点测定的意义,掌握毛细管法测定熔点的原理与操作方法。

2. 方法原理:

有机化合物的熔点通常用毛细管法来测定,该方法的测定值不是一个温度点,而是熔化范围(称熔程)。纯物质的熔程约为 0.5°C - 1°C ,而混合物不仅熔程增大,而且熔点比任一组份都要低。因此通过测定熔点,可以大致判断固体有机化合物的纯度。

3. 主要实验仪器及材料:

熔点测定管、酒精灯、毛细管、温度计;肉桂酸、苯甲酸等。

4. 掌握要点:

- (1) 掌握毛细管中样品的填装方法;
- (2) 学会毛细管法及熔点管测定熔点的方法;
- (3) 了解温度校正的基本原理和方法。

5. 实验内容:

测定苯甲酸、肉桂酸、苯甲酸与肉桂酸混合物的熔点。

实验二 薄层色谱

(3学时)

1. 目的要求:

了解薄层色谱的原理,掌握吸附薄层色谱的操作。

2. 方法原理:

[键入文字]

利用样品中各物质在吸附剂中的吸附能力和在展开剂中的溶解能力的不同，可在薄层板上进行分离。在薄层板点样后，展开剂带着样点不断地流过吸附剂（硅胶），由于吸附剂对不同极性的组份有不同的吸附能力，强极性的硅胶对极性大的组份吸附力大，对极性小的组份吸附力小，因此，使各组份的运行速度不一。经过一段时间后，各组份就在薄层板上形成彼此分离的斑点。

3. 主要实验仪器及材料：

玻璃板、层析缸、毛细管、量筒、烘箱；植物色素、 CCl_4 、 HCl_3 等。

4. 掌握要点：

- (1) 掌握薄层板的制备，活化；
- (2) 配制展开剂，能熟练点样，掌握展开技术；
- (3) 学会计算 R_f 值。

5. 实验内容：

制备薄层板，配制展开剂，将植物色素分离。

实验三 从茶叶中提取咖啡因

(4 学时)

1. 目的要求：

学习从天然材料中提取生物碱的原理和方法；掌握索氏提取器进行液-固萃取的基本操作；掌握升华技术的具体应用。

2. 方法原理：

咖啡碱是一种生物碱，呈弱碱性。在常温下，咖啡碱在乙醇中的溶解度约为 2%，在 100℃开始升华，178℃以上升华很快。将茶叶用乙醇连续萃取，浓缩后可得粗产品，可利用升华技术进一步提纯。

3. 主要实验仪器及材料：

索氏提取器、普通漏斗、分液漏斗、蒸馏装置、表面皿、烧杯、量筒；乙醇、茶叶等。

4. 掌握要点：

- (1) 学习和掌握索氏提取器的萃取原理和使用方法；
- (2) 学习和掌握蒸馏技术分离反应产物；
- (3) 学习和掌握升华的方法提纯粗产品的方法。

5. 实验内容：

用乙醇在索氏提取器中从茶叶中提取咖啡因，然后蒸馏，干燥，升华得到产品。

实验四 烟碱的提取和性质

(4 学时)

1. 目的要求

学习从烟叶中提取烟碱的原理和方法；学习水蒸气蒸馏法提取有机物的原理和方法。

2. 方法原理

烟碱是由两个杂环构成的生物碱，是一种无色油状液体。烟叶中的烟碱，常与有机酸结合在一起，因此可用酸浸提烟叶，然后用强碱中和，再用水蒸气蒸馏法将其纯化。

3. 主要实验仪器及材料

水蒸气蒸馏装置； H_2SO_4 、 NaOH 、 KMnO_4 、苦味酸、鞣酸、碘化汞钾、 KI 、 I_2 。

4. 掌握要点

- (1) 学会生物碱的一般提取过程和方法；
- (2) 学会用水蒸气蒸馏分离有机化合物的方法；
- (3) 学会生物碱一般性质的检验方法。

5. 实验内容

- (1) 用强酸溶液浸提烟叶，碱液中和，游离烟碱；
- (2) 水蒸气蒸馏，提纯烟碱；

(3) 用生物碱试剂检验烟碱的性质。

实验五 环己烯的合成与性质

(4 学时)

1. 目的要求:

学习环己烯制备的原理和方法及其性质; 学习分馏柱的使用; 掌握蒸馏操作技术。

2. 方法原理:

环己醇在磷酸作催化剂的条件下发生消除反应生成环己烯。

3. 主要实验仪器及材料:

圆底烧瓶、直形冷凝管、电热套等; 环己醇、磷酸、无水氯化钙、高锰酸钾等药品。

4. 掌握要点:

(1) 掌握分馏装置及操作;

(2) 学会液相产物的洗涤、分液和干燥;

(3) 掌握蒸馏技术。

5. 实验内容:

由环己醇制备环己烯, 其次用溴水或高锰酸钾溶液检验环己烯的性质。

实验六 1-溴丁烷的制备

(4 学时)

1. 目的要求:

了解从醇制备溴代烷的原理和方法; 一步熟悉加热回流操作, 掌握有毒气体吸收装置的安装; 熟练掌握蒸馏、液体的洗涤、液体的干燥等操作方法。

2. 方法原理:

采用醇与浓硫酸和氢卤酸盐反应来制备正溴丁烷, 先回流反应中产生的溴化氢气体排出, 使反应向正方向移动, 再蒸馏把反应产物正溴丁烷蒸出, 并进行洗涤提纯。

3. 主要实验仪器及材料:

圆底烧瓶、蒸馏头、电热套、温度计、漏斗; 正丁醇、溴化钠、浓硫酸、10%碳酸钠溶液等。

4. 掌握要点:

(1) 学习以溴化钠、浓硫酸和正丁醇制备 1-溴丁烷的原理与方法。

(2) 练习带有吸收有害气体装置的回流加热操作。

5. 实验内容:

利用正丁醇与溴化钠、浓硫酸共热制备 1-溴丁烷。

实验七 正丁醚的制备

(6 学时)

1. 目的要求:

掌握分子间脱水制醚的反应原理和实验方法, 学习使用分水器, 进一步训练和熟练掌握回流加热等基本操作。

2. 方法原理:

利用正丁醇分子间脱水制备正丁醚, 此反应为可逆反应, 为了提高产率, 使用分水器进行回流; 控制温度在 135℃ 以下, 使副反应丁烯的产率低。

3. 主要实验仪器及材料:

分水器、三颈烧瓶、回流冷凝管、蒸馏烧瓶、梨形分液漏斗。

正丁醇、浓硫酸、无水氯化钙。

4. 掌握要点:

(1) 学会带有分水器回流装置的安装和操作;

(2) 学会液相产物的洗涤、分液和干燥;

(3) 进一步熟练掌握蒸馏提纯技术。

5. 实验内容:

利用正丁醇分子间脱水制备正丁醚。

实验八 醇、酚、醛、酮的鉴别

(4 学时)

1. 目的要求:

加深对醇、酚、醛、酮的化学性质的认识与理解;掌握用特征反应鉴别这四类化合物的方法。

2. 方法原理:

利用特征反应产生区别其它物质特征的现象来鉴别这四类化合物。

3. 主要实验仪器及材料:

250mL 烧杯、点滴板、试管、试管夹等;甲醇、乙醇、正丁醇、仲丁醇、叔丁醇、甲醛、乙醛,苯甲醛、苯酚、丙酮、1%苯酚、浓硫酸、10%硫酸、1%三氯化铁溶液、饱和溴水、硝酸银溶液、2%氨水、金属钠等。

4. 掌握要点:

(1) 醇和酚的化学性质、

(2) 醛、酮与HCN、NaHSO₃、氨的衍生物、醇的加成等性质。

5. 实验内容:

醇、酚、醛、酮的性质。

实验九 重氮盐的制备及其性质

(4 学时)

1. 目的要求:

掌握重氮盐合成的一般原理及方法;掌握重氮盐的放氮反应和偶合反应。

2. 方法原理:

伯胺在低温下与亚硝酸反应生成重氮盐,加热重氮盐会放氮气;一定条件下,重氮盐与酚或芳胺可发生偶合反应。

3. 主要实验仪器及材料:。

烧杯、试管、温度计、电加热套、分液漏斗等;对氨基苯磺酸、溴水、苯酚、对硝基苯胺、β-萘酚等。

4. 掌握要点:

(1) 掌握由伯胺制备重氮盐的方法;

(2) 掌握重氮盐的放氮反应和偶合反应。

5. 实验内容:

利用伯胺与亚硝酸制备重氮盐,并验证重氮盐的性质。

实验十 碳水化合物、氨基酸、蛋白质的性质

(4 学时)

1. 目的要求:

通过碳水化合物、氨基酸和蛋白质的性质实验,进一步加深对这些化合物的认识。

2. 方法原理:

有机化合物分子中的官能团是分子中比较活泼而容易发生反应的部位。通过官能团所特有的反应现象,既能大致区别有机化合物的类别。

3. 主要实验仪器及材料:

试管、试管架、石棉网、酒精灯、烧杯(250mL)等;4%葡萄糖、4%果糖、4%麦芽糖、4%蔗糖、2%α-萘酚乙醇溶液、2%淀粉、2%和10%硝酸银溶液、菲林试剂、苯肼试剂、2%甘氨酸、蛋白质溶液、间苯二酚浓盐酸溶液、pH 试纸等。

4. 掌握要点:

(1) 掌握碳水化合物的某些鉴别方法;

(2) 掌握验证氨基酸和蛋白质的某些重要化学性质。

5. 实验内容:

碳水化合物、氨基酸、蛋白质的性质及其鉴别方法。

实验十一 苯甲酸乙酯的制备

(6 学时)

1. 目的要求:

掌握酯化反应原理, 及苯甲酸乙酯的制备方法; 巩固分水器的使用及液体有机化合物的精制方法。

2. 方法原理:

实验采用苯甲酸与乙醇在浓硫酸催化下合成苯甲酸乙酯, 粗产品用饱和碳酸钠洗涤、分液、乙醚萃取后, 用无水氯化钙干燥制, 回收乙醚, 再经蒸馏得纯品。

3. 主要实验仪器及材料:

球形冷凝管、三口烧瓶、接受瓶、温度计、烧杯、电加热套、分液漏斗等; 苯甲酸、无水乙醇、浓硫酸、饱和碳酸钠、无水CaCl₂、苯、乙醚等。

4. 掌握要点:

(1) 掌握由醇和羧酸制备羧酸酯的方法;

(2) 练习分液漏斗和分水器的使用及蒸馏操作。

5. 实验内容:

利用苯甲酸与乙醇在浓硫酸催化下合成苯甲酸乙酯。

实验十二 乙酸苄酯的合成

(6 学时)

1. 目的要求:

了解相转移催化在有机合成中的应用; 熟悉搅拌、减压蒸馏等操作。

2. 方法原理:

实验采用氯化苄与醋酸钠在四丁基溴化铵作相转移催化下合成乙酸苄酯, 粗产品通过洗涤、分液、干燥后, 再经蒸馏得纯品。

3. 主要实验仪器及材料:

三口烧杯、球形冷凝管、分液漏斗、锥形瓶、圆底烧瓶、烧杯、机械搅拌器、减压蒸馏装置等; 氯化苄、醋酸钠三水合物、四丁基溴化铵、碳酸钠溶液等。

4. 掌握要点:

(1) 学习相转移催化在有机合成中的应用及相转移催化合成的基本原理和实验方法;

(2) 进一步熟悉搅拌、减压蒸馏等操作。

5. 实验内容:

采用氯化苄与醋酸钠在四丁基溴化铵作相转移催化下合成乙酸苄酯。

实验十三 微波法合成苯甲酸

(4 学时)

1. 目的要求:

学习微波法合成苯甲酸的原理和方法; 进一步学习转移催化在有机合成中的应用; 熟悉搅拌、回流、减压抽滤和重结晶等操作。

2. 方法原理:

在微波辐射条件下, 用甲苯与高锰酸钾在四丁基溴化铵作相转移催化下合成苯甲酸钾, 粗产物趁热抽滤、洗涤、冷却、浓盐酸酸化、冷却结晶、减压抽滤、重结晶等步骤后得纯产品。

3. 主要实验仪器及材料:

微波反应器、烧瓶、接受瓶、烧杯、球形冷凝管、减压蒸馏装置等; 甲苯、高锰酸钾、浓盐酸、四丁基溴化铵等。

4. 掌握要点:

- (1) 掌握微波法合成苯甲酸的原理和方法；
- (2) 进一步学习转移催化在有机合成中的应用操作；
- (3) 熟悉搅拌、回流、减压抽滤和重结晶等操作。

5. 实验内容：

以甲苯与高锰酸钾为原料，以四丁基溴化铵作相转移催化剂，微波辐射合成苯甲酸。

下合成苯甲酸钾，经除杂、酸化、洗涤和重结晶等步骤处理后得苯甲酸。

实验十四 微波辐射合成乙酰水杨酸

(4 学时)

1. 目的要求：

掌握微波法合成乙酰水杨酸的原理和制备方法；巩固减压抽滤、重结晶等基本操作技术。

2. 方法原理：

在微波辐射条件下，本实验采用水杨酸与乙酸酐在磷酸催化下合成苯甲酸乙酯，粗产品经抽滤、洗涤、重结晶和干燥得纯产品。

3. 主要实验仪器及材料：

微波反应器、烧杯、表面皿、抽滤瓶、布氏漏斗等；水杨酸、磷酸、乙酸酐、三氯化铁溶液等。

4. 掌握要点：

- (1) 微波法合成乙酰水杨酸的原理和制备方法；
- (2) 进一步练习减压抽滤和重结晶等操作。

5. 实验内容：

以水杨酸和乙酸酐为原料，以 85%磷酸为催化剂，微波辐射合成乙酰水杨酸。

实验十五 邻氨基苯甲酸的制备

(5 学时)

1. 目的要求：

学习霍夫曼酰胺降级反应制备邻氨基苯甲酸的原理和方法；熟悉减压抽滤和重结晶等操作

2. 方法原理：

邻苯二甲酰亚胺与次溴酸钠发生霍夫曼酰胺降级反应制备邻氨基苯甲酸钠盐，经洗涤、趁热抽滤、冷却、酸化等处理的邻氨基苯甲酸。

3. 主要实验仪器及材料：

锥形瓶、烧杯、抽滤装置等；邻苯二甲酰亚胺、溴、氢氧化钠、浓盐酸、饱和亚硫酸钠等。

4. 掌握要点：

- (1) 掌握霍夫曼酰胺降级反应在有机合成上的应用及制备邻氨基苯甲酸的原理和方法；
- (2) 学习减压抽滤和重结晶等操作。

5. 实验内容：

利用邻苯二甲酰亚胺与次溴酸钠发生霍夫曼酰胺降级反应制备邻氨基苯甲酸。

实验十六 呋喃甲醇和呋喃甲酸的制备

(6 学时)

1. 目的要求：

学习由呋喃甲醛制备呋喃甲醇和呋喃甲酸的原理和方法，加深对 Cannizzaro 反应的认识；进一步训练蒸馏、加热和重结晶等基本操作。

2. 方法原理：

不含活泼氢的呋喃甲醛在强碱的作用下，自身进行氧化还原反应，一分子醛被氧化成呋喃甲钾，经溶解、萃取、分液、酸化等处理得呋喃甲酸；另一分子醛被还原为呋喃甲醇。

3. 主要实验仪器及材料：

烧杯、分液漏斗、减压蒸馏装置等；呋喃甲醛、氢氧化钠、甲基叔丁基醚、盐酸、无水硫酸镁等。

4. 掌握要点：

(1) 呋喃甲醛制备呋喃甲醇和呋喃甲酸的原理和方法；

(2) 进一步学习蒸馏、加热和重结晶等基本操作。

5. 实验内容：

呋喃甲醛在强碱的作用下，自身进行氧化还原反应，一分子醛被氧化成呋喃甲酸；另一分子醛被还原为呋喃甲醇。

实验十七 乙酰苯胺的制备

(5 学时)

1. 目的要求

掌握苯胺乙酰化反应的原理和实验操作；进一步熟悉重结晶提纯固体有机物的方法。

2. 方法原理

乙酸与苯胺的反应速率较慢，且反应是可逆的，为了提高乙酰苯胺的产率，本实验采用冰乙酸过量的方法，同时利用分馏柱将反应中生成的水从产物里移走。另用酸酐作平行实验比较不同酰化剂的反应速率和产率。

3. 主要实验仪器及材料

刺形分馏柱、园底烧瓶、接受瓶、温度计、烧杯、电加热套等；苯胺、冰醋酸、锌粉、乙酸酐。

4. 掌握要点

(1) 了解苯胺酰基化反应的原理及在有机合成上的应用；

(2) 熟练掌握简单分馏、重结晶、固体有机物过滤、洗涤的基本操作。

5. 实验内容

利用乙酸、乙酸酐和苯胺的酰化反应制备乙酰苯胺。

实验十八 甲基橙的制备

(5 学时)

1. 目的要求：

熟悉重氮化反应和偶合反应的原理，掌握、减压蒸馏装置。

2. 方法原理：

甲基橙是酸碱指示剂，变色范围；3.1~4.4。实验中可由对氨基苯磺酸重氮盐与 N,N-二甲基苯胺的醋酸盐，在弱酸性介质中偶合得到的。偶合首先得到的是嫩红色的酸式甲基橙，称为酸性黄，在碱中酸性黄转变为橙黄色的钠盐，即甲基橙。

3. 主要实验仪器及材料：。

烧杯、温度计、表面皿、减压蒸馏装置等；对氨基苯磺酸晶体、氢氧化钠溶液、亚硝酸钠、浓盐酸、N,N-二甲基苯胺、冰醋酸、乙醇等。

4. 掌握要点：

(1) 减压蒸馏装置；

(2) 熟悉重氮化反应和偶合反应的原理。

5. 实验内容：

由对氨基苯磺酸重氮盐与 N,N-二甲基苯胺的醋酸盐，在弱酸性介质中偶合得到的。偶合首先得到的是嫩红色的酸式甲基橙，称为酸性黄，在碱中酸性黄转变为橙黄色的钠盐，即甲基橙。

实验十九 对甲苯磺酸制备

(5 学时)

1. 目的要求：

掌握磺化反应原理及对甲苯磺酸的制备方法；学习回流、抽滤、重结晶等操作技术。

2. 方法原理：

芳香族磺酸一般用芳烃直接磺化而制得，磺化反应是一可逆反应。甲苯较苯易于磺化，低温时邻位产物比例增加，而高温时则主要得对位产物。

3. 主要实验仪器及材料：

圆底烧瓶、毛细管、锥形瓶、抽滤装置等；甲苯、浓硫酸、浓盐酸等。

4. 掌握要点：

- (1) 掌握磺化反应原理在有机合成上的应用及对甲苯磺酸的制备方法；
- (2) 熟练掌握回流、抽滤、重结晶等操作技术。

5. 实验内容：

利用浓硫酸、甲苯的磺化反应制备对甲苯磺酸。

实验二十 乙酸乙酯的制备

(6 学时)

1. 目的要求

了解有机酸合成酯的一般原理及方法，掌握蒸馏、分液漏斗的使用等操作。

2. 方法原理

实验采用冰醋酸与乙醇在浓硫酸催化下合成乙酸乙酯，粗产品用饱和碳酸钠、饱和食盐水洗涤，再用无水硫酸镁干燥制后，经蒸馏得纯品。

3. 主要实验仪器及材料

直形冷凝管、三口烧瓶、接受瓶、温度计、烧杯、电加热套、分液漏斗等；无水乙醇、冰醋酸、浓硫酸、碳酸钠溶液、氯化钙溶液、无水硫酸钠。

4. 掌握要点

- (1) 掌握由醇和羧酸制备羧酸酯的方法；
- (2) 练习分液漏斗和滴液漏斗的使用及蒸馏操作。

5. 实验内容

利用冰醋酸与乙醇反应制备乙酸乙酯。

实验二十一 尿醛树脂的合成

(6 学时)

1. 目的要求：

掌握合成脲醛树脂的原理、方法；了解合成反应机理。

2. 方法原理：

脲醛树脂是氨基树脂中的一种，由甲醛和尿素在一定条件下经缩合反应而成。

3. 主要实验仪器及材料：

电动搅拌器、水冷凝管、温度计、三颈烧瓶等；甲醛溶液、环六亚甲基四胺、浓氨水、尿素、氢氧化钠溶液、氯化铵等。

4. 掌握要点：

- (1) 掌握合成脲醛树脂的原理；
- (2) 加深缩合反应的理解。

5. 实验内容：

甲醛和尿素在一定条件下经缩合的尿醛树脂。

五、考核办法

采用平时成绩+实验操作考试成绩的考核方式：总成绩=平时成绩×50%+实验操作考试成绩×50%。平时成绩以学生平时实验成绩综合为准，平时成绩和实验操作考试成绩由实验预习 10%、实验操作 30%、实验结果 20%、实验报告 40%四部分构成。

六、实验教学指导书和参考书

1. 周科衍，高占先主编，《有机化学实验》(第三版)，高等教育出版社，1999 年
2. 曾昭琼主编，《有机化学实验》(第三版)，高等教育出版社，2000 年
3. 武汉工程大学化工与制药学院编，《大学基础化学实验》，湖北科学技术出版社，2005 年
4. 蔡炳新，陈贻文主编，基础化学实验(第二版)，科学出版社，2007 年