

高/等/医/学/院/校/教/材
供基础、临床、预防、口腔、检验、药学、营养、护理等专业使用

刘慧中 陆阳 主编



医学化学实验

Medical Chemistry Experiment



科学出版社



医学化学实验

高等医学院校教材

医学化学实验

刘慧中 陆 阳 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共包括五章。第一章介绍医学相关专业学生参与化学实验必须了解和掌握的基础知识;第二章为医学化学实验基本操作;第三章为基础性实验,包括医学化学实验常用的基本操作、物理常数的测定、定性及定量分析、化合物的制备及提取和分离等实验;第四章和第五章分别为综合性实验和设计性实验,侧重于基础性实验中涉及的基本操作、基本技能和基本性质的综合运用,侧重对医学化学理论学习相关内容的复习和综合运用,培养学生查阅资料、设计方案、独立操作、书面表达的综合素质;最后为附录部分。

本书可作为高等医学院校基础、临床、预防、口腔、检验、药学、营养、护理等专业的医学化学实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

医学化学实验/刘慧中,陆阳主编. —北京:科学出版社,2013.2
高等医学院校教材
ISBN 978-7-03-036557-6

I. ①医… II. ①刘…②陆… III. ①医用化学-化学实验-医学院校-教材
IV. ①R313-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 018224 号

责任编辑:谭宏宇 孙静惠 / 责任校对:钟 洋
责任印制:刘 学 / 封面设计:殷 靓

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 2 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013 年 2 月第一次印刷 印张:12 1/2

字数:232 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《医学化学实验》编委名单

主 编 刘慧中 陆 阳

编 者 (按姓氏汉语拼音排序)

蔡玉兴 (上海交通大学医学院)

陈聪颖 (上海交通大学医学院)

金玉杰 (上海交通大学医学院)

刘慧中 (上海交通大学医学院)

陆 阳 (上海交通大学医学院)

钮因尧 (上海交通大学医学院)

谢一凡 (上海交通大学医学院)

杨宇辉 (同济大学)

前 言

医学化学实验是医学化学教学的重要环节。《医学化学实验》是基于基础、临床、预防、口腔、检验、药学、营养、护理等专业医学化学课程编写的与课堂教学教材配套的实验教材。

本书由上海交通大学医学院和同济大学数位具有丰富医学化学理论和实验教学经验的教师合作编写。编者们在多年医学化学教学的基础上，结合自己的科研经验，参考国内外同类教材，将医学基础化学实验和医学有机化学实验整合为独立、完整的医学化学实验教材，编写了本书。本书的实验内容突出生物、医学特色，应用现代的实验技术和手段，注重医学化学与生物学、药学等学科的结合，本着无毒、环保和实用的原则，力求满足现代医学教育对学生知识结构和实验技能的要求。

为了便于实验教学和学生自学，《医学化学实验》按照医学化学实验基础知识、医学化学实验基本操作、基础性实验、综合性实验、设计性实验及附录的顺序进行编排。第一章为医学化学实验基础知识，系统介绍化学实验的基本要求、化学实验室学生守则、实验室安全规则及事故处理。第二章为医学化学实验基本操作，介绍 8 项医学化学实验常用的基本操作。第三章、第四章和第五章分别为基础性实验、综合性实验、设计性实验，共选编了 52 个实验。基础性实验包括医学化学实验常用的基本操作、物理常数的测定、定性及定量分析、化合物的制备及提取等，其中选编了 3 个英文实验，便于学生了解化学实验中常用的英文表达。综合性实验和设计性实验注重培养学生综合运用基本操作、基本技能和基本性质分析问题、解决问题的能力，培养学生科学研究与创新能力，突出对学生综合能力的培养和素质的提高。这些实验覆盖了医学化学实验的各种技术、技能，部分实验涉及的内容有交叉，各院校可根据本校的医学化学教学需要和医学化学实验室的实际装备情况适当取舍。附录列出部分医学化学实验中常见试剂、原料等的理化性质，供学生和教师实验参考。

本书在每个实验前列出了实验所需仪器和试剂及与本实验相关部分试剂的配制方法，为实验室技术人员的实验准备工作提供便利。

本书的实验均经过参编教师试做，具有可操作性。

本书由刘慧中、陆阳编写医学化学实验基础知识、医学化学实验基本操作。蔡玉兴、陈聪颖、金玉杰、钮因尧、谢一凡、杨宇辉等分别编写基础性实验、综合性实验、设计性实验和附录。全书由刘慧中统稿。

本教材的编写和出版得到了参编院校领导的关心和支持，在此深表谢意。限于编者水平，书中难免有不妥之处，诚请广大读者批评指正。

刘慧中 陆 阳

2012年9月

目 录

前言

第一章 医学化学实验基础知识	1
第一节 化学实验基本要求	1
一、实验预习	1
二、实验操作	2
三、实验报告	2
第二节 化学实验室学生守则	2
第三节 实验室安全规则及事故处理	3
一、实验室安全规则	3
二、事故处理	4
第二章 医学化学实验基本操作	5
第一节 玻璃仪器的洗涤与干燥	5
一、玻璃仪器的洗涤	5
二、玻璃仪器的干燥	6
第二节 化学试剂及其取用	6
一、化学试剂的等级及应用范围	6
二、化学试剂的取用	7
第三节 加热器的使用方法	7
一、煤气灯	7
二、电加热器	9
第四节 简单玻璃加工方法	9
一、玻璃管的切割	9
二、玻璃管的弯曲	9
三、玻璃管的拉细	10
第五节 基本称量仪器的使用方法	10
一、托盘天平	11
二、电子天平	11
第六节 基本容量器皿的使用方法	12
一、量筒	12
二、容量瓶	12

三、移液管	13
四、滴定管	15
第七节 化合物的分离和提纯技术	18
一、重结晶和过滤	18
二、萃取	22
三、蒸馏	25
四、升华	32
五、干燥	33
六、层析法	35
七、离心分离法	41
第八节 化学反应基本操作技术	42
一、加热方法	42
二、冷却方法	43
三、搅拌方法	44
第三章 基础性实验	45
第一节 基本操作实验	45
实验一 酸碱滴定	45
实验二 重结晶	48
实验三 常压蒸馏	50
实验四 水蒸气蒸馏	52
实验五 液-液萃取和升华	55
实验六 色谱分析	57
第二节 物理常数测定及模型操作实验	61
实验一 醋酸电离度和电离常数的测定	61
实验二 熔点、沸点的测定	63
实验三 折光率的测定	67
实验四 相对分子质量的测定	70
实验五 渗透压的测定	72
实验六 计算机模型作业	75
第三节 基本性质实验	78
实验一 醇、酚、醚、醛、酮的化学性质	78
实验二 羧酸、羧酸衍生物、取代羧酸的化学性质	82
实验三 胺和酰胺的化学性质	85
实验四 脂类的化学性质	88
实验五 糖类的化学性质	91

实验六 蛋白质的性质	93
实验七 酶的催化作用	97
实验八 血和尿的性质	100
第四节 定量分析实验	104
Experiment 1 Standardization of Approximately 0.1mol/L Hydrochloric Acid Solution	104
实验二 分光光度法测定 Fe^{3+} 的含量	105
实验三 水中钙、镁离子及水总硬度的测定	108
实验四 盐酸苯海拉明含量的测定	111
第五节 化合物的制备实验	112
Experiment 1 Preparation of Absolute Ethanol	112
Experiment 2 Preparation of Butyl Acetate	114
实验三 正丁醚的制备	116
实验四 乙酰苯胺的制备	118
实验五 苯甲醇和苯甲酸的制备	120
第六节 提取和分离	122
实验一 茶叶中咖啡因的提取和鉴定	122
实验二 槐花米中芦丁的提取及鉴定	126
实验三 牛奶中酪蛋白和乳糖的分离与鉴定	129
实验四 纸上电泳法分离和鉴定氨基酸	132
第四章 综合性实验	135
实验一 盐酸丙卡巴胍肠溶片的含量测定	135
实验二 分光光度法测定蛋白质的含量	137
实验三 双波长法测定腺苷、胸苷混合组分中腺苷的含量	139
实验四 氟离子选择性电极测定饮用水中氟的含量	140
实验五 反相高效液相法测定槐苷的含量	143
实验六 原子吸收光谱法测定头发中锌的含量	145
实验七 葡萄糖酸锌的制备和锌含量的测定	148
实验八 磺胺的合成和抗菌试验	150
实验九 卵磷脂的提取及其组成鉴定	153
实验十 核酸的分离及其组成的鉴定	156
第五章 设计性实验	159
实验一 牛奶酸度和钙含量的测定	159
实验二 海产品中碘含量的测定	160
实验三 肉制品中亚硝酸盐含量的测定	162

实验四	新鲜蔬菜中 β -胡萝卜素的提取、分离和测定	164
实验五	乙酰水杨酸的合成、鉴定、含量测定和复方阿司匹林的成分分析	167
实验六	以人发为原料制备 L-胱氨酸	170
实验七	N-乙酰- β -D-氨基葡萄糖苷酶底物的合成及临床应用	172
实验八	甘氨酸脯氨酸二肽氨基酸酶底物的合成及临床应用	175
实验九	有机化合物的结构鉴定	178
附录	180
附录一	相对原子质量	180
附录二	常用缓冲溶液的配制及其 pH	181
附录三	难溶化合物的溶度积常数 (25 $^{\circ}$ C, $I=0$)	182
附录四	常用的基准物质	184
附录五	弱酸和弱碱的解离常数	184
附录六	常用酸、碱的浓度和密度	185
附录七	常用有机溶剂的性质	186
附录八	常用有机物干燥剂	186
附录九	乙醇的相对密度和体积分数对照表 (20 $^{\circ}$ C)	187
附录十	有机化合物的熔点	188
附录十一	有机化合物的沸点和折光率	189

第一章 医学化学实验基础知识

第一节 化学实验基本要求

21世纪是生命科学的世纪，而作为生命科学的基础学科，医学化学实验是一门实践性极强的学科，在生命科学中发挥着日益重要的作用。以医学化学理论为基础的相关实验，目前已渗透到基础医学和临床医学的各个学科，学习和掌握化学实验的基础知识和基本技能是医学专业学生的必备能力。

医学化学实验以化学实验原理、实验方法、实验操作技术为主要内容，突出对学生能力的培养和素质的提高。通过本课程的学习，要求学生达到以下要求：

(1) 通过系统的实验训练，直接获得物质变化的感性知识，经归纳、总结和提高，加深对医学化学理论中基本原理和基础知识的理解，并运用其指导实验，掌握规范的实验基本操作和基本技能。

(2) 学生在实验中观察实验现象，测定数据并加以正确地处理和概括，在分析实验结果的基础上正确表达，培养分析问题、解决问题的能力。

(3) 通过设计性实验，进一步培养创新意识与实践意识，养成独立思考的能力和积极进取的科学精神，为今后的工作奠定基础。

(4) 通过实验进行非智力因素训练，包括艰苦创业、勤奋好学、乐于协作的品德和实事求是的科学态度。

为了达到上述基本要求，学生在医学化学实验的学习过程中需要抓好以下三个环节。

一、实验预习

在实验前必须认真预习，只有对实验的整个过程做到心中有数，实验才能顺利进行。为保证实验质量，建议完成以下内容：

(1) 认真阅读实验教材的相关章节，明确该实验的目的，了解实验的原理、实验装置、操作、注意事项，熟悉实验的内容。

(2) 认真完成预习报告，预习报告应写明实验目的、实验原理、实验步骤，根据实验内容空出适当区域用于记录实验现象或实验数据。无预习报告者指导教师可要求其不得进行实验。

二、实验操作

实验操作是培养动手能力和科学素养的重要环节，学生不仅要认真独立完成实验规定的全部内容，还要积极思考，善于发现问题、解决问题。

(1) 按照教师的讲解、教材上提示的实验内容与操作步骤，认真操作，细心观察实验现象，包括气体的产生、沉淀的生成、颜色的变化等，及时记录实验现象或原始数据。要求记录在实验报告上，不可随便记录在纸片或实验教材上。

(2) 在实验中若遇到实验现象和预期的不一样，应记录下实验的真实情况，然后认真分析原因，仔细研究实验中产生的现象，必要时应重做验证，从中得出结论，从而提高分析问题、解决问题的能力。

(3) 对于设计性实验，学生需在查阅文献、设计实验方案和进行小组讨论后再开展实验。在实验中发现设计存在问题时，应找出原因，及时修改，直至达到预期结果。

三、实验报告

实验报告是对已做过的实验进行归纳和提高自己的过程。写好实验报告是培养思维能力、书写能力与总结能力的有效方法。实验报告要求格式正确、报告完整、书写工整。

实验报告一般应包括以下内容：

- (1) 实验名称。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验原理：简要地用文字和化学反应方程式说明。
- (4) 实验步骤：可简明扼要地写出实验过程，或用流程图表示实验过程。
- (5) 实验数据及其处理：实验数据尽量采用图、表的形式，数据处理要列出计算式。
- (6) 问题及讨论：对实验中观察到的现象和实验结果进行分析和讨论。可针对实验中遇到的疑问，寻找其产生的原因，提出自己的见解，也可对实验方法、实验内容等发表自己的看法。

第二节 化学实验室学生守则

化学实验时，学生必须严格遵守下列规则：

- (1) 在实验前，必须认真预习实验内容，了解实验目的、原理、步骤及仪器

使用方法，并写好预习报告。

(2) 实验时严格按照要求进行实验，仔细观察各种实验现象，并如实、详细地记录在实验报告中。不得用铅笔或小纸条记录，更不得拼凑、伪造数据和抄袭他人实验记录。

(3) 实验过程中应爱护各种实验仪器和设备。若仪器设备使用中出现故障，要及时报告。损坏仪器按价赔偿。

(4) 注意实验室环境的清洁，随时保持桌面、地面、水槽的整洁。量取药品后应及时盖紧原瓶盖，并放回原处。废纸、火柴梗等废物应扔到垃圾桶内，废液应倒入指定的回收瓶内，切勿倒入水槽。

(5) 严格遵守操作规程，注意安全，一旦发生事故应立即切断电源、火源，并向指导教师报告。

(6) 实验完毕，应将所用玻璃仪器洗净并摆放整齐，或按要求放回柜中。试剂架及实验台必须擦净。关闭水、电、煤气。得到教师许可后，才能离开实验室。

(7) 值日生要在教师的指导下，将实验室整理并打扫干净，倒清废物，整理公用仪器、试剂，检查并关闭所有的水、电、煤气，关好门窗。

(8) 每次实验后，应及时书写实验报告，交指导教师批阅。

第三节 实验室安全规则及事故处理

一、实验室安全规则

在化学实验中，经常使用具有腐蚀性、易燃易爆或有毒的化学试剂，使用易损的玻璃仪器，使用水、电、煤气等。为确保实验的正常进行和学生的安全，必须严格遵守实验室的安全规则。

(1) 实验室内严禁饮食、吸烟、打闹。实验时应穿实验工作服，不得穿拖鞋，应配备必要的防护眼镜。

(2) 严禁随意混合各种试剂或药品，以免发生意外事故。

(3) 涉及强腐蚀性的洗液、浓酸或浓碱等物质时，应避免洒在衣服和皮肤上，以免灼伤。稀释浓硫酸时，应将浓硫酸慢慢注入水中并不断搅拌，切勿将水注入浓硫酸中，以免溅出。

(4) 涉及有毒或有刺激性气体的实验，应在通风橱内进行。

(5) 涉及挥发性和易燃物质时，应远离火源，用完后应立即盖紧瓶盖，并放置于阴凉处。

(6) 剧毒药品取用时, 要戴橡皮手套。反应后的废液不能随意倒入下水道, 必须回收上交相关部门处理。

(7) 实验过程中, 若不小心损坏水银温度计并将水银溅出, 由于金属汞毒性很大且易挥发, 必须立即将硫磺粉盖在撒落的汞上, 使汞变成不挥发的硫化汞, 再进一步回收处理。

(8) 加热试管时, 切勿将试管口指向他人或自己, 也不要俯视正在加热的液体, 以免液体溅出伤人。

(9) 闻气体时, 应用手将少量气体轻轻扇向自己, 不要用鼻子对准逸出的气体。

(10) 水、电、煤气用后应立即关闭。不要用湿手触摸电器设备, 以防触电。

(11) 实验完毕, 将实验台面整理干净, 洗净双手, 以防化学药品中毒。

(12) 实验室内所有药品不得带出实验室。

二、事故处理

安全实验是化学实验的基本要求, 学生应严格按操作规范进行每一步操作, 避免发生伤害、火灾、爆炸等事故。实验过程中万一发生事故, 应了解常见事故的处理方法。

(一) 实验室一般事故的处理

(1) 割伤: 若伤口较浅, 应及时挤出污血, 洗净伤口, 并在伤口处涂红药水, 贴上创可贴; 若伤口较深, 可用云南白药止血, 并立即送医院救治。

(2) 烫伤: 若烫伤后已起泡, 不要把水泡挑破。在烫伤处涂以烫伤膏或苦味酸溶液。

(3) 酸伤: 先用干布蘸干, 然后用大量水冲洗, 再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗, 最后用水冲洗。

(4) 碱伤: 先用大量水冲洗, 再用 2% 乙酸溶液冲洗, 最后用水冲洗。

(5) 有机溶剂 (如甲醇) 溅入眼睛, 应用大量的水冲洗。

(6) 如遇触电事故, 应立即切断电源, 必要时进行人工呼吸。

(二) 实验室火灾的处理

若实验过程中不慎起火, 应立即关闭燃气开关, 切断电源, 迅速把易燃、易爆物品移至远处。一般小火可用湿布、石棉布或沙子覆盖; 火势较大时, 要使用灭火器。各种灭火器有不同的适用范围, 不能随意使用。例如, 二氧化碳灭火器可用于扑灭电器失火和小范围油类及忌水的化学品着火。

第二章 医学化学实验基本操作

第一节 玻璃仪器的洗涤与干燥

一、玻璃仪器的洗涤

化学实验中要使用各种玻璃仪器，这些仪器干净与否直接影响到实验结果的准确性。因此，在进行化学实验前，必须把实验仪器洗涤干净。

一般来说，附着在玻璃仪器上的污物有尘土、无机物、有机物、油垢等。针对不同的污物，可以分别用下列方法洗涤。

1. 用水刷洗

用自来水和试管刷刷洗，可除去玻璃仪器上的尘土、可溶性或不溶性的无机物等。

2. 用去污粉、洗衣粉或洗洁精洗

这些洗涤剂可以除去玻璃仪器上的油污和有机物质。洗涤时先用少量水把仪器润湿，再用试管刷蘸取少量去污粉、洗衣粉或洗洁精刷洗，若仍然洗不干净，可用热的碱液浸泡后再清洗。

3. 用洗液洗

称量瓶、移液管、滴定管等必要时可用洗液洗涤。洗液是浓 H_2SO_4 和饱和 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液的混合物，有很强的氧化性和酸性，可反复使用。使用洗液时必须注意安全，因为它具有很强的腐蚀性。

4. 用超声波清洗

超声波清洗是利用超声波振动去除污物。其优点是既省时又方便，只要把用过的玻璃仪器放在配有洗涤剂溶液的超声波清洗机中，接通电源即可清洗。

用上述各种方法洗涤的仪器，经自来水多次冲洗后，还留有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等离子，所以最后还要用蒸馏水荡洗三次。

已洗净的玻璃仪器应清洁透明，水沿器壁自然流下后，器壁上留下一层均匀的水膜而不挂水珠。注意已洗净的仪器不能再用布或纸擦，否则布或纸的纤维会留在器壁上反而沾污了玻璃仪器。

二、玻璃仪器的干燥

玻璃仪器洗涤干净后,应干燥备用。用于不同实验的玻璃仪器,对于干燥有不同的要求。可根据不同的情况,采用下列方法干燥。

1. 自然风干

将洗净的玻璃仪器倒置或放在干燥架上自然风干。

2. 烘干

先将洗净的玻璃仪器沥去残留水分,开口朝下放在干净的搪瓷盘上,然后放入烘箱,于 $105 \sim 110^{\circ}\text{C}$ 烘 0.5h 左右,关闭电源,待烘箱内温度降至室温后取出。

3. 吹干

有些玻璃仪器洗涤后需立即使用,可加入少量乙醇或丙酮,转动仪器使器壁上的水与其混合,然后将混合液倒入回收瓶。用电吹风先吹冷风,待稍干后再吹热风,使玻璃仪器干燥完全。

必须指出的是,带有刻度的容器不能加热干燥,否则会影响仪器的准确度;可采用自然风干或有机溶剂干燥的方法,吹风时宜用冷风。

第二节 化学试剂及其取用

一、化学试剂的等级及应用范围

化学试剂可按纯度分类,通常划分为七个等级,分别是高纯、光谱纯、基准、分光纯、优级纯、分析纯、化学纯。实验室中常用试剂的分级规格见表 2.1。

表 2.1 实验室常用试剂分级规格

级 别	1 级	2 级	3 级	4 级
中文名称	优级纯	分析纯	化学纯	实验试剂
英文缩写	G. R.	A. R.	C. P.	L. R.
标签颜色	绿色	红色	蓝色	黄色或其他颜色
应用范围	精密分析	一般分析	一般定性分析及化学制备	一般化学制备

选择实验所需试剂的规格不是越高越好,必须根据实验的具体要求合理地选用相应级别的化学试剂。不同规格的同一种试剂价格相差很大,为避免浪费,在满足实验要求的前提下,选用试剂的级别应就低不就高。