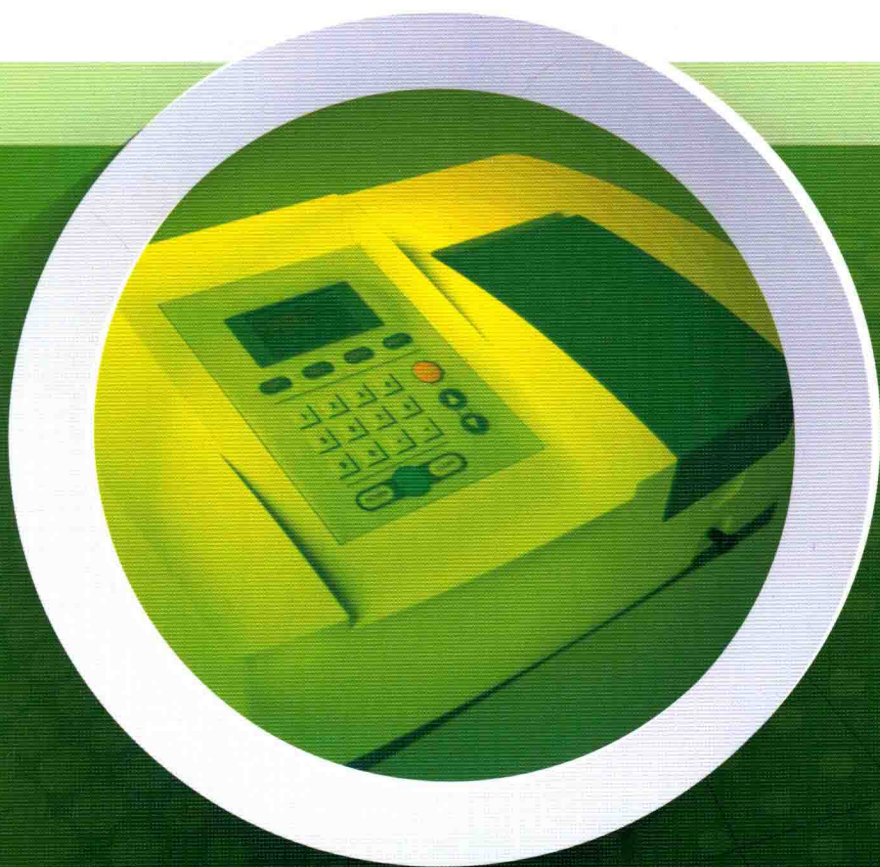


21 世纪中等职业教育教材系列
中等职业教育系列教材编委会审定

仪器分析

王文海 主编



化学工业出版社

21 世纪中等职业教育教材系列
中等职业教育系列教材编委会审定

仪器分析

王文海 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书着重介绍了仪器分析工作中最常用的紫外-可见分光光度法、原子吸收分光光度法和气相色谱分析法的基本原理、仪器使用维护方法、定量方法及实验操作技术,同时突出了工作站和数据处理等信息化技术在仪器分析方面的应用;简要介绍了红外吸收光谱法、高效液相色谱法的基本原理和简单操作。书中强化技能的学习,同时附以技能的考核标准,帮助读者更好地掌握分析检测的技能要点和知识要点。

本书可作各类中等职业学校分析专业教材使用,也可以作为各行业相关分析操作技术人员培训教材和参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

仪器分析/王文海主编. —北京:化学工业出版社, 2014. 8
21 世纪中等职业教育教材系列
ISBN 978-7-122-20893-4

I. ①仪… II. ①王… III. ①仪器分析 IV. ①O657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 122030 号

责任编辑: 旷英姿 窦 臻
责任校对: 吴 静

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 高教社(天津)印务有限公司
787mm × 1092mm 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 414 千字 2015 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

前 言

《仪器分析》教材是按国家示范性中等职业学校建设计划，根据本区域相关单位所需要分析检验工的情况，同时也结合中等职业教育特点和现有生源的特点而编写。本教材注重培养学生的动手能力、创新思维和团队合作精神，有利于学生知识的掌握和技能的获得。在知识点的选取上以“实用、适用、必需、够用”为度。在教学过程中以学生为主体，并把技能的形成放在突出的位置。

本教材整个课程采用模块化结构，按不同的内容和仪器分析质检方法，分成6个教学模块。每个教学模块以实践操作驱动，设置若干教学项目。以专题技能项目作为引导，通过完成每一个专题技能项目，帮助学生获取经验性知识，在完成每一个专题技能项目的过程中，学生可有选择地由专题项目中学习相关技术理论知识，最后以理论知识指导完成综合训练项目。综合训练项目结合职业技能的要求，通过阅读资料，并运用所学技能和知识，完成相关的项目测试。本书包括：基础项目模块；紫外-可见分光光度法模块；原子吸收分光光度法模块；红外吸收光谱法模块；气相色谱分析法模块；高效液相色谱法模块。

通过对《仪器分析》课程的学习，培养学生使用现代分析仪器，掌握设备最基本的操作能力，使学生具备从事仪器分析测试技术所必备的素质、知识与技能，树立全面质量管理意识，逐步培养学生的辩证思维和严格的科学作风，创新思维和创新能力，以及团队合作精神，为今后走向工作岗位打下坚实基础。

教材中使用了较多的插图，形式多样，内容丰富，图文并茂，通俗易懂。使学生能按图索骥，尽快掌握相关知识和实验操作技能，降低了学习的难度，节约了学习时间，提高了学习效率，有助于学生对知识的理解和掌握，能力的培养和提升。

本教材可作各类中等职业学校分析专业教材使用，也可以作各行业相关分析操作技术人员培训教材使用，还可以作为各行业、企事业单位及分析检验和管理工作的有关人员自学或参考。

本书由沈阳市化工学校王文海、宋传忠编写，沈阳市化工学校相关专业教师和企业单位分析检测人员为本书编写提供了许多宝贵的意见和建议，在此谨向所有关心支持本书的朋友致以衷心的感谢。由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有疏漏和不当之处，敬请同行和读者批评指正。

编 者
2015 年 5 月

目 录

基础模块 仪器分析测试技术基础	1
基础项目 1 仪器分析测试技术引言	1
基础项目 2 仪器分析测试技术实验室和实验室安全	5
附录 希腊字母读音表	12
项目模块 1 紫外-可见分光光度法	13
专题技能项目 1 分光光度计的使用和高锰酸钾吸收曲线的绘制	13
附录 常用紫外-可见分光光度计的使用	14
专题技能项目 2 邻二氮菲测铁吸收曲线的绘制	16
专题技能项目 3 邻二氮菲分光光度法测定未知样中铁含量——标准比较法	18
专题技能项目 4 邻二氮菲测铁——工作曲线法及实验条件的选择	19
专题技能项目 5 紫外分光光度法的应用——测定维生素 C 的含量	21
专题综合项目 紫外-可见分光光度法测定未知物	22
综合拓展项目 Excel 绘制标准曲线	25
专题项目 1 紫外可见分光光度计的基本原理	29
专题项目 2 紫外-可见分光光度计的基本组成和操作	35
专题项目 3 分析测试条件的选择	41
专题项目 4 定量分析方法	48
专题项目 5 紫外分光光度法	51
项目模块 2 原子吸收分光光度法	55
专题技能项目 1 原子吸收分光光度计的使用	55
附录 TAS-990 操作规程	60
专题技能项目 2 火焰原子吸收法测定镁最佳实验条件选择	63
专题技能项目 3 原子吸收分光光度法测定饮用水中的钙	65
专题综合项目 原子吸收法测定葡萄糖酸锌含量	66
专题项目 1 原子吸收光谱法基本原理	68
专题项目 2 原子吸收分光光度计的基本组成	70
专题项目 3 原子吸收光谱分析实验技术	83
项目模块 3 红外吸收光谱法简介	89
专题技能项目 苯甲酸的红外吸收光谱测定（压片法）	89
附录 压片过程	90
专题项目 1 红外吸收光谱法基本原理	91
专题项目 2 红外吸收光谱仪	93
专题项目 3 红外吸收光谱法的应用	99
附录 常见有机化合物的红外光谱	105
项目模块 4 气相色谱分析法	123
专题技能项目 1 气相色谱仪气路连接、安装和检漏	123
附录 几种常用备件的使用	127
专题技能项目 2 气相色谱仪氢火焰检测器的使用	130

专题技能项目 3	气相色谱仪热导检测器的使用	132
专题技能项目 4	气相色谱仪操作条件的选择与优化、分析方法的验证	133
专题技能项目 5	气相色谱仪用相对保留值定性分析未知试样	135
专题技能项目 6	气相色谱仪归一化法测定醇系物的含量	137
专题技能项目 7	内标法测定甲醇试剂纯度	138
专题综合项目 1	色谱工作站使用 (一)	139
专题综合项目 2	色谱工作站使用 (二)	170
专题综合项目 3	市售白酒品质的检测及方法验证	186
专题项目 1	气相色谱仪的基本原理	188
专题项目 2	气相色谱仪的基本组成和操作	194
专题项目 3	气相色谱仪的操作条件选择与优化	213
专题项目 4	气相色谱仪的定性、定量分析	216
项目模块 5	高效液相色谱法简介	222
专题技能项目	高效液相色谱仪的操作	222
专题综合项目	EC2006 色谱数据处理工作站	224
专题项目 1	高效液相色谱法基本原理	242
专题项目 2	高效液相色谱仪	247
附录	高效液相色谱仪的维护与保养	253
参考文献		259

基础模块 仪器分析测试技术基础

基础项目 1 仪器分析测试技术引言

一、仪器分析的基本概念

传统上给分析化学下的定义是：分析化学是研究物质的组成、形态、结构等信息及其相关理论的科学。用现代信息科学的观点来看，它又是一门信息科学，因为它能为其他学科提供有用的化学信息。它是生命科学、环境科学、能源科学、材料科学和宇宙探测获取信息的重要手段。因此从现代信息科学的观点，可以给分析化学下另一个定义：分析化学是人们获得物质化学组成和结构信息的科学。获取信息的方法很多，可分为化学分析和仪器分析两类。

1. 化学分析（经典分析方法）

是以化学反应为基础建立起来的分析方法，主要利用化学反应及其计量关系来进行分析。如滴定分析法和重量分析法。可用于定性分析和定量分析，是分析化学的基础。

2. 仪器分析（近代分析法或物理分析法）

是基于测量物质的物理或物理化学性质而建立起来的分析方法。这类方法通常是测量光、电、磁、声、热等的变化而得到分析结果，而测量这些变化，这类方法因一般要使用比较复杂或特殊的仪器设备，故称为“仪器分析”。仪器分析除了可用于定性和定量分析外，还可用于结构、价态、状态分析，微量及超痕量分析等，是分析化学发展的方向。

3. 仪器分析与分析化学的关系

二者之间并不是孤立的，区别也不是绝对的严格的。仪器分析方法是在化学分析的基础上发展起来的。许多仪器分析方法中的试样处理涉及到化学分析方法（试样的处理、分离及干扰的掩蔽等）；同时仪器分析方法大多都是相对的分析方法，要用标准溶液来校对，而标准溶液大多需要用化学分析方法来标定等。随着科学技术的发展，化学分析方法也逐步实现仪器化和自动化以及使用复杂的仪器设备。

化学方法和仪器方法是相辅相成的。在使用时应根据具体情况，取长补短，互相配合。

二、仪器分析方法的分类

仪器分析方法所包括的分析方法很多，目前有数十种之多。每一种分析方法所依据的原理不同，所测量的物理量不同，操作过程及应用情况也不同。但某些方法具有共性（测量的信号相同等），仪器分析方法一般有以下几种。

1. 光学分析法

凡是以电磁辐射为测量信号的分析方法均为光学分析法。可分为光谱法和非光谱法。光谱法则是以光的吸收，发射和拉曼散射等作用而建立的光谱分析方法。这类方法比较多，是主要的光分析方法。非光谱法是指那些不以光的波长为特征的信号，仅通过测量电磁辐射的某些基本性质（反射，折射，干涉，衍射，偏振等）。

2. 电分析化学方法

电化学分析法是根据物质在溶液中的电化学性质建立的一类分析方法。以电讯号作为计量关系的一类方法，主要有六大类：电导法、电位法、电解法、库仑法、伏安法及极谱法。

3. 色谱法

色谱法是以物质在两相（流动相和固定相）中分配比的差异而进行分离和分析的方法。主要有：气相色谱法和液相色谱法。

4. 其他仪器分析方法

(1) 质谱 根据物质带电粒子的质荷比在电磁场作用下进行定性、定量和结构分析的方法。

(2) 热分析 依据物质的质量、体积、热导、反应热等性质与温度之间的动态关系来进行分析的方法是热差分析法。

(3) 放射分析 依据物质的放射性辐射来进行分析的方法同位素稀释法，中子活化分析法。

三、仪器分析的特点及发展趋势

1. 优点

(1) 灵敏度高 比化学分析法高得多。如样品用量由化学分析的 mL、mg 级降低到仪器分析的 μg 、 μL 级，甚至更低。仪器分析的灵敏度大大高于化学分析法，其检出限量都在 ppm 级（百万分之一， 10^{-6} ），甚至达 ppb 级（十亿分之一， 10^{-9} ），因此，对于含量很低的组分，则更具独特之处。特别适用于微量及痕量成分的分析，这对于超纯物质的分析、环境监测以及生命科学研究具有重要意义。如，电子工业中用的半导体材料单晶硅，要求 Si 含量 $>99.999999\%$ ，而在剩余的 0.000001% 的杂质中要求要检测出二十余种杂质元素的含量。这样高的要求，化学分析法根本无法解决，只能借助于仪器分析方法解决。又如，高纯氧化钇 (Y_2O_3) 中 74 种杂质元素的总含量 $<10^{-4} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ，但用火化源质谱法可一一报告出结果。

(2) 易于实现自动化，操作简便而快速 被测组分的浓度变化或物理性质变化能转变成某种电学参数（如电阻、电导、电位、电容、电流等），故易于连接电子计算机，实现自动化。因此，仪器分析方法具有简便、快速的特点。仪器分析方法的分析速度一般是很快的，加之 20 世纪 80 年代以来，自动记录，数字显示，特别是计算机技术的普及和应用，使分析速度大大加快，往往试样经预处理后，数十秒到几分钟即可得到分析结果。如，冶金部门用的光电直读光谱仪，在 $1 \sim 2 \text{min}$ ，可同时测出钢样中 20~30 种元素的含量。

(3) 选择性好，适应与复杂物质的分析 一般来说，比化学分析法的选择性好得多。例如，化学分析中的 EDTA 配位滴定，阳离子定性分析等，选择性很差。

(4) 取样量少，可用于无损分析 如 X 射线荧光法，激光增强电离光谱法等，可在不损坏样品的情况下进行分析，这对考古，文物分析，生命科学有重要意义。

(5) 用途广、能适应各种分析要求 除可用于定性、定量分析外，还可以用于结构分析，价态分析、状态分析、微区和薄层分析，还可以测定有关的物理化学常数。

2. 局限性

(1) 相对误差较大，准确度不高，一般不适合常量和高含量组分的分析。如发射光谱分

的相对误差为 5%~20%，但其绝对误差很小，对于微量成分（低含量组分）的分析，可满足要求。不过，也有些分析方法准确度是很高，如电解和库仑分析法（相对误差可小至 0.02%）。

(2) 仪器分析方法大多数是相对的分析方法，一般要用标准溶液来对照，而标准溶液需要用化学分析方法来标定等。

(3) 仪器设备复杂，价格昂贵。

3. 仪器分析的发展趋势

近代化学分析起源于 17 世纪，而仪器分析则在 19 世纪后期才出现。从 19 世纪 30 年代开始的几十年间，由于原子能工业、半导体工业及其他新兴工业的需要，仪器分析得到了迅速发展，并逐步成为分析化学的主要组成部分。另外，在这一时期中，由于科学技术的进步，特别是一些重大的科学发现，为许多新的仪器分析方法的建立和发展提供了良好的基础和技术支持。在建立这些新的仪器分析方法的过程中，不少科学家因此而获得了诺贝尔物理奖、化学奖或生理医学奖。

将计算机技术与分析仪器结合，实现分析过程的自动化，是仪器分析的一个非常重要的发展趋势。在分析工作者的指令控制下，计算机不仅能处理分析结果，而且还可以优化操作条件、控制完成整个分析过程，包括进行数据采集、处理、计算等，直至动态 CRT 显示和最终曲线报表。现在由于计算机性能价格比的大幅度提高，随着硬件和软件的平行发展，分析仪器将更为智能化、高效、多用途。因此，计算机技术对仪器分析的发展影响极大，已成为现代分析仪器一个不可分割的部件。信息的采集和变换主要依赖于各类的传感器。这又带动仪器分析中传感器的发展，出现了光导纤维的化学传感器和各种生物传感器。

联用分析技术已成为当前仪器分析的重要发展方向。试样的复杂性、测量难度、要求信息量及响应速度在不断提高，这就需要将几种方法结合起来，组成连用分析技术，可以取长补短，起到方法间的协同作用，从而提高方法的灵敏度、准确度及对复杂混合物的分辨能力，同时还可获得两种手段各自单独使用时所不具备的某些功能，因而连用分析技术以成为当前仪器分析方法的主要方向之一。常见联用分析技术：气相色谱-质谱法（GC-MS）；气相色谱-质谱法-质谱法（GC-MS-MS）；气相色谱-原子发射光谱法（GC-AED）；液相色谱-质谱法（HPLC-MS）等等。

4. 仪器分析的发展前景展望

(1) 智能化和小型化 随着微电子技术及计算机技术在仪器分析的应用更加广泛和深入，智能化的仪器分析方法将逐渐成为常规分析的重要手段。

(2) 高灵敏度和高选择性 随着科学技术的发展及经济发展的需要，许多高灵敏度、高选择性的分析方法正在逐步建立。

(3) 应用范围将日以扩大 仪器分析除了应用于成分分析外，将在更大程度上应用于物质的结构分析、状态和价态分析、表面分析及微区分析等，而且在许多学科的研究工作中将得到愈来愈广泛的应用。

(4) 各种仪器分析方法的联用技术将得到广泛应用 仪器分析中各种方法都有其自身的优、缺点，将不同的分析方法联合使用，发挥其长处，克服其不足，实现优势互补，对解决复杂的分析问题是大有益处的。

(5) 仪器分析技术将与生物、医学技术相结合 生命科学是 21 世纪最为热门的研究领

域之一。酶催化反应、免疫反应等生物、医学的技术和成果将被应用于仪器分析技术，开拓出新的研究领域和方法。

(6) 自动检测或遥控分析将被广泛应用 随着各种新型的化学或生物传感器及流动注射分析技术的不断完善，仪器分析将在各种工业生产过程或特殊环境下实现自动在线监控或遥控监测中发挥重大的作用。

基础项目 2 仪器分析测试技术实验室和实验室安全

第一部分 仪器分析测试技术实验室开展

7S 管理起源于日本，是指在生产现场中对人员、机器、材料、方法等生产要素进行有效的管理，这是日本企业独特的一种管理办法。日本式企业将 7S 运动作为管理工作的基础，推行各种品质的管理手法，产品品质得以迅速地提升，奠定了经济大国的地位。

7S 管理对于塑造企业的形象、降低成本、准时交货、安全生产、高度的标准化、创造令人心旷神怡的工作场所、现场改善等方面发挥了巨大作用，逐渐被各国的管理界所认识。

7S 是 SEIRI (整理)、SEITON (整顿)、SEISO (清扫)、SEIKETSU (清洁)、SHITSUKE (素养)、SAFETY (安全)、SAVE (节约) 这七个单词，因为七个单词前面都是“S”，所以统称为“7S”。

在仪器分析实验室开展“7S”管理具有其特定的含义。

1. 整理 (SEIRI)

要求实验指导教师组织学生将实验室内的仪器、药品、工具、材料等物品按使用频率进行分类，并贴上相应的标签。

(1) 每次实验都用到的物品按次序整齐摆放在实验现场；

(2) 不经常使用的物品按使用的频率分类，标识后统一存放在合适的地方（如仪器柜中）；

(3) 无用的物品（损坏的仪器、多余的材料）按报废程序，统一处理，并做好物品的登记手续。

2. 整顿 (SEITON)

要求学生放置物品标准化，能立即找到所需要的东西，减少“寻找”时间上的浪费，也就是将物品，按“定点”、“定位”、“定量”三原则规范化，使工作效率、工作品质、材料控制成本上达到最大的效益。

(1) 常用实习物品的定点 将所有仪器、药品、工具、材料等物品按实验要求放置在规定的位罝，在使用的过程中不得随意搬动，定期检查后在显著的位置贴上相应的标签。

(2) 非常用物品的定位 非常用物品存放到准备室的仪器柜或其他适当的位置。

(3) 实训所需物品定量 根据不同的实训内容。规定仪器、药品、相关备品最大允许数

量、安全放置数量上下限或直接定量。

3. 安全 (SAFETY)

(1) 各实验室有明确的安全操作规程, 具有安全操作要求的设备、仪器要专门的操作规程等在显著的位置张贴定位, 实验开始前, 实验指导教师提前做好实习设备、器材的检查及试运行工作, 保证实验开始无设备、器材安全隐患。

(2) 实验指导教师做好实验室物品的管理工作, 未经实验教师同意, 学生不得将实验室物品带离实验室。

(3) 学生实验期间, 实验指导教师不得离开实验室, 有安全隐患的操作, 必须在实验室指导教师的指导下开展。

(4) 实验室安全记录本要保持整洁、摆在固定的位置。各实验指导教师认真执行实验室周检、月检制度, 填写相关表格, 按规定时间检查存档。

4. 节约 (SAVE)

(1) 各实验指导教师根据学期实验计划, 按需上报实验耗材采购计划, 在实验开展的过程中要考虑耗材的充分利用, 仓库管理员做好实验耗材的月统计制度, 做好书面的台账。

(2) 各实验指导教师做好实验设备、器材的日常维护保养工作, 一般的问题尽量自己排除解决, 非正常损坏的落实责任追究赔偿制度。

(3) 实验员统筹本实验室的建设, 添置设备器材要有计划, 实验室的安排要便于实习的开展, 要具有一定的前瞻性, 充分利用现有设备开展教学, 不闲置设备。

5. 清扫 (SEISO)

(1) 要求各实验指导教师在实验的开展过程中对实验室一次一清扫, 搞好地面、仪器、设备的卫生, 明确卫生清理程序, 确保工作场所的地面、墙壁、天花板以及日光灯的内侧均要清洗干净, 消除污秽, 确保师生的健康、安全卫生。

(2) 实训指导教师应定期清理、维护实验仪器设备, 及时发现仪器设备的异常情况, 并及时报修, 对分析设备实现全员养护的目的

(3) 各实验室要有明确的卫生保洁要求, 清理程序、值日安排表, 并张贴到位。

(4) 参加实验的师生要按规定着装, 要求实验室指导教师落实检查到位。

6. 清洁 (SEIKETSU)

(1) 要求各实验指导教师在清扫的基础上做好实验仪器、设备清除油垢、除尘工作, 并长期保持状态清洁。

(2) 要求实验指导教师找出产生垃圾、污垢原因并彻底解决, 是根除不良和脏乱的源头, 在任何时刻 (包括实习过程中) 保持实习车间的整齐、卫生、有序、安全。

7. 素养 (SHITSUKE)

(1) 要求各实验指导教师认真执行以上的各种规章制度和要求, 并在实验开展过程中不断进行强化, 要有教育内容的记录, 使参加实验的学生养成安全规范的操作习惯, 文明、整洁的卫生习惯。使实习教学安全、高效、有序地开展。

(2) 实验室的整体布置合理、舒适, 实验文化和谐、美观。

第二部分 实验室安全

增强自我保护意识,做到“不伤害自己、不伤害他人、不被他人所伤害”。重视安全,遵守操作规则,化学实验室的事故是可以避免的!

化学实验室是学习、研究化学的重要活动场所。在实验中会接触各种化学药品、电学仪器、玻璃仪器。因此,化学实验室常常隐藏着爆炸、着火、中毒、灼烧、割伤、触电等事故的危险性。一旦事故发生,小则危及个人,大则损害国家财产和人身安全。因此,安全教育是贯彻化学实验课始终的重要内容之一。事实证明,只要思想重视,具备必要的安全知识,听从教师指导,遵守操作规程,事故是可以避免的。即使万一发生事故,只要事先掌握一般的救护知识,就能及时妥善处理而不致酿成严重后果。反之,则随时都有可能发生事故。关于化学实验室的安全知识和安全指导,介绍如下。

一、实验安全守则

(1) 实验前必须首先熟悉实验室及其周围环境,如水门、煤气、电闸的位置,以便发生意外时关闭。

(2) 各种酸碱废液和玻璃碎屑不得乱丢乱甩,应丢入废液缸或废物箱内。

(3) 实验前必须做好预习,了解仪器的性能和药品的性质以及本实验中的安全注意事项,严禁在实验室内饮食。

(4) 实验中所用药品不得随意散失、遗弃。对反应中产生有害气体的实验应在通风橱里进行,以免污染环境,影响身体健康。实验结束后要洗手。

(5) 实验开始前要检查仪器是否完整无损,装置是否正确妥当;实验进行时应该经常注意仪器是否有无漏气、破裂、反应进行是否正常等情况;如有异常,应及时报告老师。

(6) 使用电器时,要谨防触电,不要用湿的手和物接触电插销,实验后,应将电器的电源切断。

(7) 实验完毕后,应把实验台整理干净,检查水是否关严。值日生和最后离开的工作人员都应负责检查一遍,并把水和电源总闸关闭。

二、剧毒、易燃、易爆和腐蚀性药品的使用注意事项

(1) 汞易挥发,在人体内会积累起来,引起慢性中毒。因此洒落汞时,必须尽可能的将汞收集起来,并用硫黄粉盖在洒落的地方,以便把汞转化成硫化汞。

(2) 接触有腐蚀性的药品时要戴上手套。不可用手直接接触药品。

(3) 加热酸碱时,要注意保护眼睛,面部不要离容器太近,更不能在容器的垂直上方观察反应现象。

(4) 实验中不但要保证自己的安全,同时也要顾及他人的安全。比如,滴管不可乱甩,加热时试管口不要对准他人。

(5) 浓硫酸溶于水会放出大量的热,所以在稀释浓硫酸时要特别注意稀释顺序,千万不能把水加入浓硫酸中,以免发生灼伤事故。

(6) 绝不允许把各种化学药品任意混合,以免发生意外事故。

(7) 易燃、易挥发物品，不得放在敞口容器中加热，更不要接触明火。

(8) 氢气与空气的混合物遇火要发生爆炸，因此产生氢气的装置要远离明火。点燃氢气前，必须先检查氢气的纯度。进行产生大量氢气的实验时，应把废气通向室外，并要注意室内通风。

(9) 强氧化剂及其混合物不能研磨，否则易发生爆炸。

(10) 银氨溶液放久后会变成氮化银而引起爆炸，因此剩的银氨溶液应及时处理并注意回收。

(11) 活泼金属钾钠等不要与水接触或暴露在空气中，应将它们保存在煤油中，用镊子夹取。

(12) 白磷有剧毒，并能灼伤皮肤，切勿让它与人体接触。白磷在空气中易自燃，应保存在水中。用时用镊子夹取，并在水中切割。

三、防火与灭火

1. 火灾的预防和灭火

化学实验室的易燃、易爆物品需定期检查，使用时远离火种，也不能与强氧化剂接触。

实验室里严禁吸烟，严禁生火取暖；家用电器用品要经常检修，防止绝缘不良而短路或超负荷而引起线路起火。一旦发生火灾应立即移开可燃物，切断电源，停止通风。对小面积的火灾，应立即用湿布、沙子等覆盖燃烧物，隔绝空气使停火熄灭。火灾发生应立即报警，根据燃烧物性质使用相应的灭火器，进行抢救，以减少损失。

(1) 化学实验室一般不用水灭火。因为水能和一些物质（如钠）发生剧烈反应，用水灭火会引起更大的火灾甚至爆炸，大多数有机溶剂不溶于水且比水轻，用水灭火时有机溶剂会浮在水面上，反而扩大火场。

(2) 一旦失火，首先采取措施防止火势蔓延，应立即熄灭附近所有火源（如煤气灯），切断电源，移开易燃易爆物品。

(3) 迅速扑灭火焰。视火焰大小，采取不同的扑灭方法。一般的小火可用湿布、石棉布或沙土覆盖在着火的物品上；火势大时使用灭火器灭火。

(4) 若衣服着火，切勿慌张奔跑，以免风助火势。化纤织物最好立即脱除。一般小火可用湿抹布、灭火毯等包裹使火熄灭。若火势较大，可就近用水龙头浇灭。必要时可就地卧倒打滚，可防止火焰烧向头部，同时又在地上压住着火处，使其熄灭。

(5) 灭火器是火灾扑救中常用的灭火工具，在火灾初起之时，由于范围小，火势弱，是扑救火灾的最有利时机，正确及时使用灭火器，可以挽回巨大的损失。灭火器结构简单，轻便灵活，稍经学习和训练就能掌握其操作方法。目前实验室常用的灭火器有二氧化碳灭火器、干粉灭火器等。

2. 常见灭火器的灭火作用、灭火范围

(1) 干粉灭火器 干粉灭火器的作用：一是消除燃烧物产生的活性游离离子，使燃烧的连锁反应中断；二是干粉遇到高温分解时吸收大量的热，并放出蒸气和二氧化碳，达到冷却和稀释燃烧区空气中氧的作用。

干粉灭火器的灭火范围：适用于扑救可燃液体、气体、电气火灾以及不宜用水扑救的火灾。ABC 干粉灭火器可以扑救带电物质火灾。

(2) 二氧化碳灭火器 二氧化碳灭火器的灭火作用表现在：当燃烧区二氧化碳在空气的含量达到 30%~50% 时，能使燃烧熄灭，主要起窒息作用，同时二氧化碳在喷射灭火过程中吸收一定的热能，也就有一定的冷却作用。

二氧化碳的灭火范围：适用于扑救 600V 以下电气设备、精密仪器、图书、档案的火灾，以及范围不大的油类、气体和一些不能用水扑救的物质的火灾。

(3) 灭火器的使用 灭火器一般由一人操作，使用时将灭火器迅速提到火场，在距起火点 5m 处，放下灭火器，先撕掉安全铅封，拔掉保险销，然后右手紧握压把，左手握住喷射软管前端的喷嘴（没有喷射软管的，左手可扶住灭火器底圈）对准燃烧处喷射（在室外使用时，应选择在上风方向喷射）。

灭火时，应把喷嘴对准火焰根部，由近而远，左右扫射，并迅速向前推进，直至火焰全部扑灭。

四、防毒

有些化学药品对人有毒性和致癌性，使用不慎会造成中毒和致癌。

1. 化学中毒的预防

(1) 禁止用手直接取任何化学药品，使用毒品时除用药匙、量器外，必须配戴橡胶手套，实验后马上清洗仪器用具，立即用肥皂洗手。

(2) 尽量避免吸入任何药品和溶剂蒸气。处理具有刺激性的、恶臭的和有毒的化学药品时，如 H_2S 、 NO_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 CO 、 SO_2 、 SO_3 、 HCl 、 HF 、浓硝酸、发烟硫酸、浓盐酸、乙酰氯等必须在通风橱中进行。通风橱开启后，不要把头伸入橱内，并保持实验室通风良好。

(3) 严禁在酸性介质中使用氰化物。

(4) 禁止冒险品尝药品试剂。有毒药品（如铬盐、铅盐、砷的化合物、氰化物等）严禁入口或接触伤口，不得用鼻子直接嗅气体，而是用手向鼻孔扇入少量气体。

(5) 不要用乙醇等有机溶剂擦洗溅在皮肤上的药品，这种做法反而增加皮肤对药品的吸收速度。

2. 中毒急救

实验中若感觉咽喉灼痛，嘴角脱色或发绀，胃部痉挛或恶心呕吐，心悸头晕症状时，这可能是中毒所致。视中毒原因施以下列急救后，立即送医院治疗，不得延误。

(1) 固体或液体毒物中毒 有毒物质尚在嘴里的立即吐掉，用大量水漱口。误食碱者，先饮大量水再喝些牛奶。误食酸者，先喝水，再服 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 乳剂，最后饮些牛奶。不要用催吐药，也不要服用碳酸盐或碳酸氢盐。

重金属盐中毒者，喝一杯含有几克 MgSO_4 的水溶液，并立即就医。不要服催吐药，以免引起危险或使病情复杂化。

砷和汞化物中毒者，必须紧急就医。

(2) 吸入气体或蒸气中毒 中毒者立即转移至室外，解开衣领和纽扣，呼吸新鲜空气。对休克者应施以人工呼吸，但不要对口对口法。立即送医院急救。

五、防灼伤

化学灼伤是因为皮肤直接接触强腐蚀性物质、强氧化剂、强还原剂，如浓酸、浓碱、氢氟酸、钠、溴等引起的局部外伤。

1. 预防措施

(1) 最重要的是保护好眼睛！有条件的话，应戴护目镜（平光玻璃或有机玻璃），防止眼睛受到刺激性气体熏染，防止任何化学药品特别是强酸、强碱、玻璃屑等异物进入眼内。

(2) 加热浓缩液体的操作均要十分小心，不能俯视正在加热的液体，试管在加热操作中管口不能对着自己或别人。浓缩液体时，特别是有晶体出现后，要不停地搅拌。

(3) 使用腐蚀性药品时要戴上手套。浓硫酸因吸收水分而灼烧皮肤，稀释浓硫酸时，将酸加到水里，决不能相反。否则，因局部高温引起飞溅。氢氟酸能腐烂指甲、骨头，滴在皮肤上会形成痛苦的、难以治愈的烧伤。

2. 实验中一般试剂灼伤的救治

(1) 酸 立即用大量水冲洗，再用 3%~5% 碳酸氢钠溶液洗，最后用水冲洗。

(2) 碱 立即用大量水冲洗，再用 1%~2% 硼酸液洗，最后用水冲洗。

(3) 溴 立即用大量水冲洗，再用酒精擦至无溴液存在为止，然后涂上甘油或烫伤油膏。

六、防爆

1. 实验室发生爆炸事故的原因

当化学反应产生大量的热和气体时就产生爆炸，原因如下。

(1) 随意混合化学药品，氧化剂和还原剂的混合物在受摩擦或撞击时会发生爆炸。表 0-1 列出的混合物都发生过意外的爆炸事故。

表 0-1 混合时发生爆炸的物质

镁粉-重铬酸铵	有机化合物-氧化铜
镁粉-硝酸银(遇水产生剧烈爆炸)	还原剂-硝酸铅
镁粉-硫黄	氯化亚锡-硝酸铋
锌粉-硫黄	浓硫酸-高锰酸钾
铝粉-氧化铅	三氯甲烷-丙酮
铝粉-氧化铜	

(2) 在密闭体系中进行蒸馏、回流等加热操作。

(3) 在加压或减压实验中使用不耐压的玻璃仪器，气体钢瓶减压阀失灵。

(4) 反应过于剧烈失去控制。

(5) 易燃易爆气体，如氢气、乙炔等气体炔类、煤气和有机蒸气等大量逸入空气，引起爆燃。

(6) 一些本身容易爆炸的化合物，如硝酸盐类、硝酸酯类、三碘化氮、芳香族多硝基化

合物、乙炔及其重金属盐、重氮盐、叠氮化合物、有机过氧化物（如过氧乙醚和过氧酸）等，受热或被敲击时会爆炸。强氧化剂与一些有机化合物接触，如乙醇和浓硝酸混合时会发生猛烈的爆炸反应。

2. 防爆措施

爆炸的毁坏力极大，必须严加防范。凡有爆炸危险的实验，教材中必有具体安全指导，应严格执行。同时遵守以下各点：

- (1) 不得加热密闭容器。
- (2) 互相接触会爆炸的药品需分开放。
- (3) 不能任意混合试剂，不能撞击有爆炸危险的药品。
- (4) 使用和制备易燃、易爆气体时，必须在通风橱中进行，并不得在附近点火。
- (5) 煤气灯使用结束或中途煤气供应中断时，立即关闭煤气阀门。若遇煤气泄漏，必须停止实验，立即报告教师检修。

七、触电事故的急救措施

人体接触电的电压高过一定值（36V）就可引起触电，特别是手脚潮湿更容易触电。发生触电时，应迅速切断电源，将患者上衣解开进行人工呼吸，切忌注射兴奋剂。当患者恢复呼吸立即送往医院治疗。

八、一般伤害事故的处理

实验室配置药箱，内放常用医药用品。

- (1) 消毒剂 75%酒精、0.1%碘酒、3%双氧水、酒精棉球。
- (2) 烫伤药 玉树油、蓝油烃、烫伤药、凡士林。
- (3) 创伤药 红药水、龙胆汁、消炎粉。
- (4) 化学灼伤药 5%的碳酸氢钠溶液、1%的硼酸、2%的醋酸、氨水、2%的硫酸铜溶液。
- (5) 治疗用品 药棉、纱布、护创胶、绷带、镊子等。

1. 割伤处理

伤口保持清洁，伤口内如有异物应小心取出，然后用酒精棉清洗，涂上红药水，必要时敷上消炎粉包扎，严重时采取止血措施，送往医院。

2. 烫伤和烧伤的处理

可在伤处涂上玉树油或75%酒精后涂蓝油烃。如果伤面较大，深度达真皮，应小心用75%酒精处理，并涂上烫伤油膏后包扎，送往医院。

第三部分 组织学生到实验室清扫，认领、熟悉仪器设备

了解每个仪器分析实验室的基本功能和基本装备（含仪器设备、辅助设备等）以及仪器设备如何使用、维护。知道水、电设施、通风设施、温度控制、实验台、安全防护设施（如防火、避雷防护、防静电、电磁屏蔽、卫生急救箱等）这些物品的存放位置、使用和控制方法。

将岗位变得无垃圾、无灰尘，干净整洁，将仪器保养、维护完好，创造一个一尘不染的环境，以便操作者保持良好的工作情绪，保证实验数据准确性。除了能消除污秽，确保员工的健康、安全卫生外，还能早期发现仪器的异常，以达到全员预防保养的目的。建立清扫标准，作为规范。

将工作场所任何东西区分为有必要的与不必要的；把必要的东西与不必要的东西明确地、严格地区分开来。对需要的物品调查使用频度，决定日常用量及放置位置。不必要的东西要尽快处理掉，合理利用空间，防止误用、误送，塑造清爽的工作场所。然后将现场的必要物品分门别类放置（如贮存于不同区域、不同抽屉或柜子，重要仪器设备需上锁），排列整齐，明确数量，有效标识。使工作场所一目了然，整整齐齐的工作环境，消除找寻物品的时间，消除过多的积压物品。

对于规定了的事情，所有使用者都按要求去执行，并养成良好习惯。培养主动积极向上的精神，营造团队精神，提高道德品质。每个实验室放置一本记录本，记录相关问题、数据或新发现（注：标签、记录要随时跟上，否则时间一长必然忘记），见表 0-2。

表 0-2 化学分析实验室与仪器分析实验室环境条件的对比

项目	化学分析实验室	仪器分析实验室
温度	常温,建议安装空调设备,无回风口	常温,安装空调设备,无回风口
湿度	常湿	大于 45%,小于 60%,红外光谱实验室要配备除湿机
供水	多个水龙头,有化验盆(含水封)、有地漏	可配制 1~2 个水龙头
废液排放	应配制专门废液桶或废液处理管道	配制废液收集桶,集中处理
供电	设置单相插座若干,设置独立的配电盘、通风橱开关;照明灯具不宜用金属制品,以防腐蝕	设置单相插座若干,设置独立的配电盘、通风橱开关;需安装稳压电源。对于一些大型仪器,需要配备三相电,并合理分相
光线	无特殊要求	避免强光照射
工作台	耐酸、碱腐蚀台面,防振	耐酸、碱腐蚀台面,防振,工作台应离墙以便于检修仪器
避雷防护	属于第三类防雷建筑物	属于第三类防雷建筑物
防静电	设置良好接地	设置良好接地,有的实验室需要安装防静电地板
电磁屏蔽	无特殊要求,不需要电磁屏蔽	有精密电子仪器设备,需要进行有效电磁屏蔽
通风设备	配制通风橱,要求具有良好通风	配制通风橱,要求具有良好通风
供气	无特殊要求不需用气	有的实验室需用氮气、氢气、乙炔与空气等高压气体,需设置专门高压气源室
防火防爆	配制灭火器	配制灭火器,高压气源室应用防爆墙分隔

附录 希腊字母读音表

序号	大写	小写	英文注音	国际音标注音	中文注音
1	A	α	alpha	a:lf	阿尔法
2	B	β	beta	bet	贝塔
3	Γ	γ	gamma	ga:m	伽马
4	Δ	δ	delta	delt	德尔塔
5	E	ε	epsilon	εpsilon	伊普西龙
6	Z	ζ	zeta	zat	截塔
7	H	η	eta	eit	艾塔
8	Θ	θ	thet	θit	西塔
9	I	ι	iot	aiot	约塔
10	K	κ	kappa	kap	卡帕
11	Λ	λ	lambda	lambd	兰布达
12	M	μ	mu	mju	缪
13	N	ν	nu	nju	纽
14	Ξ	ξ	xi	ksi	克西