

化学实验 (修订版)

技能训练与图析

H U A X U E S H I Y A N

J I N E N G X U N L I A N Y U T U X I

主 编 郑士远 徐 强

副主编 宋仲容 丁武泉 郭 惠 唐 英

导学 新方法

导思 新思想

观察 新视点

表达 新形式



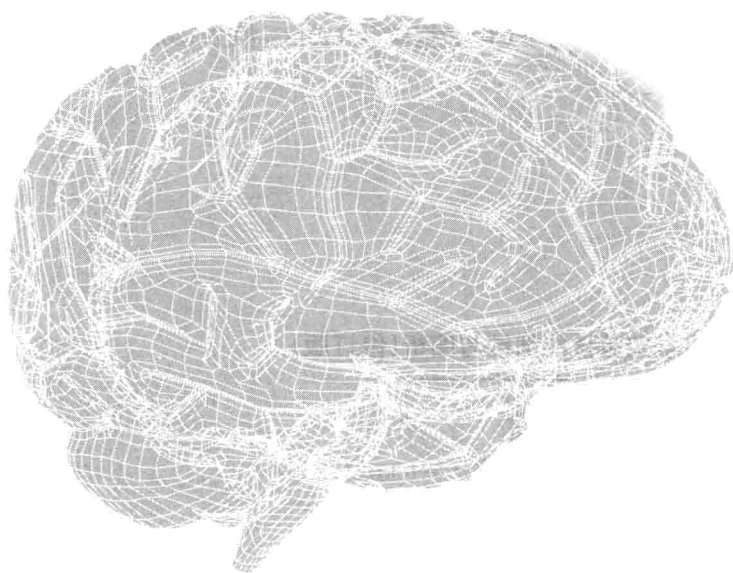
四川大学出版社

化学实验 (修订版)

技能训练与图析

H U A X U E S H I Y A N
J I N E N G X U N L I A N Y U T U X I

主 编 郑士远 徐 强
副主编 宋仲容 丁武泉 郭 惠 唐 英



四川大学出版社

责任编辑:毕 潜
责任校对:李思莹
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

化学实验技能训练与图析 / 郑士远, 徐强主编.
—修订本. —成都: 四川大学出版社, 2013. 11
ISBN 978-7-5614-7336-8

I. ①化… II. ①郑… ②徐… III. ①化学实验
IV. ①06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 271365 号

书名 化学实验技能训练与图析(修订版)

主 编	郑士远 徐 强
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-7336-8
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	12.5
字 数	321 千字
版 次	2013 年 12 月第 2 版
印 次	2013 年 12 月第 1 次印刷
定 价	30.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。

电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址:<http://www.scup.cn>

版权所有◆侵权必究

序

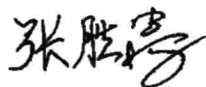
反省化学学科的发展、实验课程体系的结构、基本技能训练的方略之余，结合对图形语言的观点，我欣然为《化学实验技能训练与图析》作序。该书凝聚了重庆文理学院《化学实验技能训练与图析》编著组近三十年教学的总结与反思的沉淀，乃作者“审理论与实践并举的学科发展之时，度实验课程体系改革的研判之势，在构建新实验课程体系（‘平台+模块’实验课程体系）基础上，荟萃化学实验主干课程的基本操作而集成的化学实验基本技能训练内容，终以图析之貌呈现给读者”的教材。

解读本书题名，明确技能概念，清晰技能分类，对现行教材做全面扫描，细心的读者可能发现，目前的实验教学书籍见长于动手技能而忽视对心智技能的培养，见长于文字叙述而忽视图形语言的运用。针对教材的现状，编者基于心理学、教育学的理论，完成了本书的撰写。

本书除了承袭现行教材的特征外，还在以下几个方面进行了探索与创新：原理配有图形语言辅助表达；操作过程有说明的图谱；装置设计有“模块化设计→模块集成”思想，有“概念理解→实物需求→功能需求→结构设计→实物化”设计技法，有科学性检验工作过程的情节推演策略；有名词术语的理解对装置设计的启迪案例；于仪器操作方面，有校准（或校正、调零）的理解和从工作原理角度实施校准工作的事例；在思维训练方面，有“分散思维”的引导，有“词性替换发明技法”借鉴的演示；有牵引读者建立“一切姿势吻合力学原理，一切姿势适应生理学及心理学原理，一切姿势适应美学中的几何原理，一切造型符合美学原理”理念的意图；有理念引导下对操作和操作结果的内审机制的演义。

总而言之，本书的编撰有新意、具创意，图形创意方面具有学科专业性，赋予了图形本身更深刻的寓意和更宽泛的视觉心理层面的创造性行为，有激发受众、帮助发现问题、启发寻找解决问题方法的启迪作用。

值得一提的是，作者提出了心智技能训练的方法——徒手练习法和演义“大脑舞台剧”，它倡导、践行了“绿色化学”的思想，这是一种针对“实际动手操作”特征的化学实验课程学习的行之有效的方法，在实验教学中能有效提高心智技能训练效果。



2009年4月20日

前 言

本书基于对理论的学习理解，以心理学、教育学理论为指导，考量人的学习行为，以图解的表达风格，解析化学实验技能训练方略。

本书由化学实验技能训练的“思”“考”篇和化学实验技能训练图解原理的解析篇构成，而化学实验技能训练图解原理的解析篇又由五个章节组成（第一章是化学实验的基本知识，第二章是化学实验的基本操作，第三章是化学实验中的分离与提纯，第四章是物理特性常数的测定，第五章是基础仪器的使用）。其中，化学实验的基本知识涉及基础教育，实验记录 and 数据处理，实验仪器与设备的使用，试剂、试纸、滤纸的认知、使用与管理；化学实验的基本操作涵盖了玻璃工具的操作，仪器的洗涤与干燥，化学实验基本能力的训练，分析天平的使用，溶液的配制，滴定操作，液体量器的校准，重量分析操作技术；化学实验中的分离与提纯介绍了液体混合物、固体混合物的常用分离提纯方法和柱色谱法分离技术；物理特性常数的测定讲述了物质沸点、熔点、折光率的测定方法；基础仪器的使用介绍了电导率仪、酸度计、分光光度计的使用方法。在多数实验项目后增加了评分细则，这些细则给出了操作的分解单元与技术关键，相应地显示了实验的采分点和关键点，有利于学习者自学和评价，旨在建立内部审查机制，醒悟自己。书后列出了参考文献、附表和常用的化学资讯检索资源网址等信息。

本书可作为各类大专院校化学、应用化学、化工与制药、环境、生物等专业学生的基础化学实验教材，也适用于高职高专院校相关专业，可供职业技能培训参考，尚可供有关专业技术人员参考使用。

由于时间仓促，作者水平有限，难免存在错误，望同行、专家和此书的使用者不吝赐教，以待改进。鉴于本书的编著是一种探索，祈望获得同行、专家的指教。

目 录

第一篇 化学实验技能训练的“思”“考”	(1)
第二篇 化学实验技能训练图解原理解析	(11)
第一章 化学实验的基本知识	(11)
实验 1.1 基础教育	(11)
实验 1.2 实验记录 and 数据处理	(14)
实验 1.3 实验仪器与设备的认识	(24)
实验 1.4 试剂、试纸、滤纸的认知、使用与管理	(30)
第二章 化学实验的基本操作	(35)
实验 2.1 玻工操作	(35)
实验 2.2 仪器的洗涤与干燥	(41)
实验 2.3 普通化学实验基本操作	(46)
实验 2.4 分析天平的使用——直接称量法	(54)
实验 2.5 分析天平的使用——递减称量法和固定质量称量法	(59)
实验 2.6 溶液的配制	(65)
实验 2.7 滴定操作——分解单元练习	(71)
实验 2.8 液体量器的校准	(80)
实验 2.9 滴定操作——溶液的标定	(85)
实验 2.10 滴定操作——络合滴定	(93)
实验 2.11 重量分析技术——操作分解练习	(96)
实验 2.12 重量分析实作——面粉中灰分的含量测定	(101)
第三章 化学实验中的分离与提纯	(104)
实验 3.1 蒸馏	(104)
实验 3.2 回流	(120)
实验 3.3 分馏和水蒸气蒸馏的装置与分馏练习	(127)
实验 3.4 萃取	(131)
实验 3.5 重结晶提纯法	(137)
实验 3.6 柱色谱法分离技术	(143)
第四章 物理特性常数的测定	(153)
实验 4.1 沸点的测定	(153)
实验 4.2 熔点的测定	(157)
实验 4.3 液态有机物折光率的测定	(160)

第五章 基础仪器的使用.....	(166)
实验 5.1 检测、校准、检定辨析	(166)
实验 5.2 电导率仪的使用	(168)
实验 5.3 酸度计的使用	(172)
实验 5.4 分光光度计的使用	(176)
参考文献.....	(185)
附表.....	(186)
常用的化学资讯检索资源网址.....	(189)

第一篇 化学实验技能训练的“思”“考”

“理论与实践并重”的化学发展趋势，确立了化学实验在化学专业知识学习中的重要地位，进而使支撑化学实验的基本技能日趋受到关注。基于对“化学实验基本技能”命题的浓厚兴趣，并作考量，得到以下结果。

一、化学实验基本技能的构成与作用

随着大学化学实验课程体系的改革潮流，化学专业提出并推行了“平台+模块”的实验课程教学体系。“平台”板块规划的是化学实验基本技能的公共平台；“模块”板块是后续分科技术实验模块，其特征是突出分科实验技术性。

将“化学实验基本技能”置于“平台+模块”的实验教学体系构架下的“平台”位置，形成了化学实验基本技能的主体。该主体打破了原化学实验课程体系“分科基本技能板块+分科验证性实验板块+分科专有技术板块”的格局，淡化验证性实验的内容，融汇、整合各“分科基本技能实验模块”内容，精选出基础性实验内容，荟萃为化学实验基本技能的内涵。化学实验基本技能的构成，充分表现“平台+模块”的实验教学体系的构思，支持起“分科技术模块”的实施，以保持分科实验技术的顺利实施并获得最佳结果。

二、化学实验基本技能的内容

化学实验基本技能的内容分为五大板块，共 29 个选编实验。五大板块分别是化学实验的基本知识、化学实验的基本操作、化学实验中的分离与提纯、物理特性常数的测定、基础仪器的使用。为巩固操作，每个选编实验后附有相应的作业项目。

三、化学实验基本技能的编著意图

从内容的构建和表达方式两方面，重新审视了化学实验基本技能的训练问题，意欲突出以下特点：

(1) 内容突出基础性。从化学专业主干课程——无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验、物理化学实验中，剥离出基本知识、基本操作、基本技能，整合为化学实验基本技能的内涵。

(2) 视点突出精细性。在基本技能的表达上，“重心”下移，关注化学实验中各项技能的分解动作，使视点聚焦更精细。

(3) 项目前瞻就业性。引入《国家化学分析工的技能鉴定》的考核项目于实作中，将知识技能的基础性、针对性、应用性、服务性融为一体，为学生就业从事分析检测予续接口。

(4) 风格彰显图示性。一改以文字叙述为主的实验教材的表达形式，以“图示化”语言表述知识、原理、操作（重点突出要领），以“表格”引导操作程序。

(5) 表述凸显简易性。力图使本书基本原理科学、清晰、简洁、易懂、易掌握,使基本操作规范、易学、按图索骥地自学。每节配有实作训练,利于掌握、巩固操作。

(6) 评价彰显功能性。每个实验结束后,附有实验者自我评价与成败关键评论栏目,可潜在地促使实验者查漏补缺、唤醒觉悟意识、实现自我完善。

四、编写的焦点链

鉴于对“实验是在意识支配和调节下的行为”的理解,关注意识的建立和强化。藉图为意识的强化物,传递“动作形成的导航图(导航图为焦点链)”和“动作定格图(焦点)”的信息。

五、支持化学实验基本技能的图示化编撰特征的奠基理论

1. 认知理论学习流派的支持

认知理论学习流派代表人物之一的布鲁纳,在其“认知-发现学说”中指出:人的认识发展过程有三个阶段,即行为把握、图像把握和符号把握。行为把握是同手手的直接行动联系在一起的;图像把握以视觉图像为主(也包括声光图像)。行为把握中,一个刺激只产生一个反应;图像把握中,一个刺激可以对它具有的两个以上的侧面同时作出反应;符号把握则是最高的认知方式,它是由语言符号表现的认知,可以自由地交流,还可以作出种种变形或发展,从而可以逻辑地把握事物,认知事物诸要素间的关系。

于此,我们必须指出,正是由于符号把握中的语言符号的变形性,给操作赋予了变形的空间,使操作的准确性、规范性变得模糊、不确定。导致以文字语言叙述的现行教材使学习者产生困难,其根本原因是文字描述转化为实作行为时,使人无所适从或不精准,这使操作的规范性在学习者的自学阶段和一般意义上的演示时,其实际效果受到质疑。就实验基本技能而言,它是体现动手完成实作的能力,最主要的是反映出手与实物(仪器)间的位置关系和运作过程。

我们认为:在前述的认知发展三个阶段中,图像把握是最适宜实验基本技能的认知发展形式的,对操作的图解化则更适宜学习者的学习。其理由是,行为把握刺激反应少,信息量小且容易丢失;符号把握使操作存在不确定性;图像把握既有刺激反应多、延续时间长、信息不易丢失的优点,又有能准确反映事物间相对位置关系和运动过程的优势。

英国心理学家托尼·巴赞认为“大脑进行思考的语言是图形和联想”,并指出“与词语相比,大脑更容易于接受图形”。“图胜于千言万语,主题明确;并且刺激创造性思维,同时强化记忆;多用图,可刺激大脑的皮层,利于记忆,便于阅读。”

不难看出,图形具有以下特殊功能:能将文字内隐的操作过程显现出来,在一定程度实现文字描述操作的可视化;直观、立体、可视化地体现物体间的相对位置关系;可使“看不见、摸不着”的抽象语言描述形象地展示出来,便于理解;按图可将不正确的操作及时修正,且可藉图于评价、反思和调控中,提升技能。

认知理论学习流派的另一个代表人物奥苏伯尔在“认识-意义接受学说”中提出了影响接受学习的三个重要认识变量:①在认识结构中是否有适当的起固定作用的概念可以利用;②新的学习内容同化它的原有的可以辨别的程度;③原有的起固定作用的概念的程度性和清晰性。

由上可见,起固定作用的概念对新的学习有意义,对新的学习起十分重要的作用。

心理学研究发现,图像能够吸引眼睛和大脑的注意力,可触发无数的相关联想,使人感觉愉悦。故本书编著时,有意识地创设情境,将“图形”视作“学习的认知结构中起固定作用的观念”,即“先行组织者”。在用“图形”增强原有的起固定作用的观念的稳定性及清晰性的同时,提高“新的学习与同化它的原有观念的可以辨别程度”,通过增大有意义接受学习的认识变量的手段,提高学习的效率。

2. 行为主义学习流派的支持

行为主义学习流派代表人物之一的斯金纳,在“操作性条件反射学说”中则把学习的重点放在结果控制下的操作学习上,他重视强化的作用。他认为:凡能增强反应概率的刺激物,均将作强化物;行为之所以产生,是由于强化的作用。同时他指出,强化所增加的不是“刺激—反应”的连接,而是使反应产生的一般趋向性,即产生的概率。对有机体偶然出现的某一动作,若能立即给予强化,则该动作呈现的概率就会大于其他动作;若能强化多次,这个动作就能得以保持。他认为,练习本身并不提高速率,它只是为进一步的强化提供机会。所以,强化是塑造行为和保持行为强度的关键。

斯金纳认为,直接控制强化物就是控制行为。因此,必须严格控制强化的程序,采取接近的方法去塑造行为,即把动作分成许多步骤,当有机体每往所需的动作接近一步,就给该步骤以强化,直到最后达到所需的所有动作。他认为,倘若采取这样的方法,无论操作性行为离所设想的目标多么遥远,或者所设想的行为多么复杂,只要一直稳步前进,就可能达到预期的目标。

受斯金纳理论的启发,编著此书时,我们故意以图作为学习的强化物,控制实验基本技能的行为。对实验内容进行精细的分解图示,以图对动作的步骤予以确认和强化,使每个动作得以保持,而每个训练项目中,均对各关键的操作要领安排单项练习,为进一步强化提供机会。我们发现,图能从不清晰、不准确的操作的结构中创造秩序(此处的秩序有两层意义,既包含每个动作的形成过程,又包含有一个操作一连串动作的程式),图解可明显地将两层意义表现得淋漓尽致。图解能构建新旧操作的联系与区别,将它们整合为一体。另外,图示的分解动作具有心理学上的意义,它可以降低动作难度,减轻学习恐惧和“学不会”的心理压力。当然,也应注意到,小动作所产生的适度焦虑,可提高学习的主动性。

华生(行为主义学习流派代表人物之一)在巴甫洛夫条件反射实验的影响下,提出了“刺激—反应学说”。华生认为:学习的实质是形成习惯,而习惯是通过学习将“由于遗传对刺激做出的散乱、无组织、无条件的反应,变成有组织的确定的条件反应”。

人类在长期的生活、学习、工作实践中,认识事物的过程由浅入深,对某些技能的掌握由不会到熟练,形成思维定势,进而形成了固定的操作程序。学习者在日常生活中形成的某些行为规范是一把“双刃剑”,有些习惯可有效地引入到实作中,帮助作业的完成;而某些不合规范的操作习惯,一旦运用到化学实验中,则会影响实作,并且难以纠正。

有一个毋庸置疑的事实,那就是文字叙述很容易使学习者“引出”习惯性的错误操作来处理实验问题。所以,对表述操作为主的实验基本技能教材,潜藏着对学习不利的隐患。之所以本书在编撰中采用“图示化”表达形式,目的在于规避习惯负迁移的心理影响。总之,借助图解,可助于学习者识别错误、纠正错误,于此过程中,轻松学习,满足了学习者的认知内驱力,准确掌握成效可使学习者自我提高的内驱力获得释放,提高自信心,激发学习热情。

综上所述,学习理论中认识理论和行为主义两个流派的代表性观点,为本书撰写提供了

理论基础,诠释了实验基本技能,以图解方式对教学发挥积极作用。

六、化学实验技能的含义及训练

1. 化学实验技能的含义及分类

化学实验技能是指通过练习而形成的顺利完成化学实验某项任务所需的活动方式(或心智活动方式)。从活动方式来看,化学实验涉及手动活动方式和心动活动方式,因此,化学实验技能就包含了化学实验动作(操作)技能和化学实验心智技能两个方面,故化学实验技能训练的任务有动作技能训练和心智技能训练两项。

2. 化学实验动作技能的形成及训练对策

化学实验动作技能的形成,分四个阶段:认知定向阶段、掌握局部技能动作阶段、初步掌握完整技能动作阶段、技能动作的协调完善阶段。认知阶段是将组成动作技能的活动方式反映到练习者的头脑里并形成印象,且在动作技能的练习和运用中能起到引导方向的作用;掌握局部技能动作阶段是掌握所学动作技能所有构成的各个局部动作;初步掌握完整技能动作阶段是将掌握的局部动作组织成一个完整的动作系统;技能动作的协调完善阶段是反复练习,各个局部动作联合成为有机的动作系统,并使之巩固下来,从而使练习者对动作技能的掌握达到自动化的程度。在技能培养中,练习方法(部分练习和整体练习),时间分配(集中练习,分阶段练习),练习多样化(练习方式多样化,可提高大脑皮层的兴奋性,保持注意力),反馈信息(正确动作巩固,错误动作抑制,加速分化,激发积极性)的强化作用是很重要的。

根据动作技能形成的四个阶段,对应的训练方法是:①认知定向阶段,产生动作的全过程演示举措;②掌握局部技能动作阶段,产生局部分解动作的演示举措;③初步掌握完整技能动作阶段,产生全过程操作练习举措;④技能动作的协调完善阶段,产生考核、纠错、巩固全程操作举措。

3. 化学实验心智技能的形成及训练对策

化学实验心智技能的形成,分五个阶段:活动的定向阶段、物质活动或物质化活动阶段、有声的外部语言阶段、无声的外部语言阶段、内部语言阶段。活动的定向阶段即活动的准备阶段,指在头脑中形成关于认知活动方式及活动结果的表象,以便对活动本身及结果进行有效的控制;具体而言,让学习者了解所要形成的智力活动方式,使他们知道应该做什么和怎样做,并把这些东西反映到大脑中,从而建立活动的定向印象。物质活动或物质化活动阶段,物质活动形式中,动作的客体是实际事物;物质化活动形式中,动作的客体是实物的代替物(如模型、图片、图表等)。有声的外部语言阶段,要求学习者离开物质或物质化的客体,以出声的外部语言形式对动作的程序作精确的陈述来完成实际的智力活动,使学习者的智力活动脱离实物的束缚,实现向不直接依赖实物的出声语言水平过渡。无声的外部语言阶段,是以不出声的外部语言形式(默语引导的手动活动)来实现的。内部语言阶段,由内部语言成为活动的工具,具有高度的压缩、简化和自动化的特点。

智力技能形成的五个阶段,对应的训练方法是:

(1) 活动定向阶段的训练举措:通过教师的“演”“讲”活动(全过程动作和局部分解动作的演示、讲述智力技能中的感觉、知觉、表象、记忆和思维等心智活动),实验者在“学”“习”中模仿、操演,建立活动的定向印象。

(2) 物质活动或物质化活动阶段的训练举措:通过教师的“演”“讲”和实验者的“学”

“习”，感知实物或书籍中的图片，借感觉、知觉、表象、记忆，实现由实物到实物的印象转化。

(3) 有声的外部语言阶段的训练举措：通过教师的“演”“讲”（有声讲述和动作过程）和学习者的“演”“说”，借表象（语词表象、记忆表象）、记忆（形象记忆、运动记忆、情感记忆）和动作思维，使实验者获得有声的外部语言，达到对动作的程序作精确陈述的目的。

(4) 无声的外部语言阶段的训练举措：通过实验者多次重复有声的外部语言及其牵引的动作行为，借表象、记忆和动作思维形成默语引导的手动活动，使实验者获得无声的外部语言。

(5) 内部语言阶段的训练举措：通过实验者以表象的物质化形式，按操作记忆，在形象思维、动作思维牵引下，形成高度的压缩、简化、自动化和个性化的内部语言，掌握实验技能。

(6) 智力技能的考核、修正、巩固全程操作。

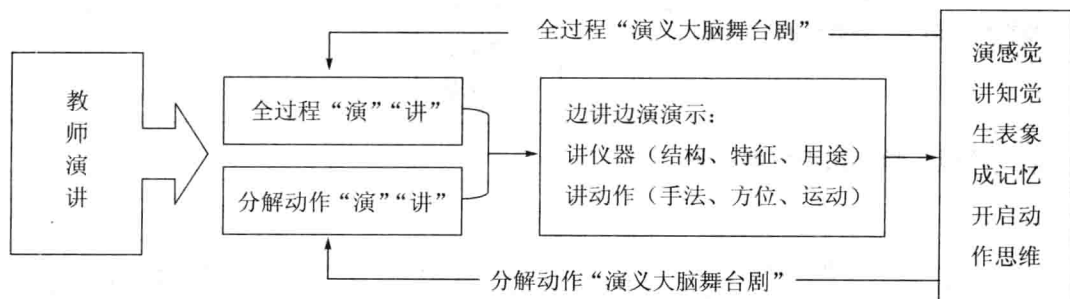
4. 应因化学实验技能（动作技能和心智技能）训练的教学方法

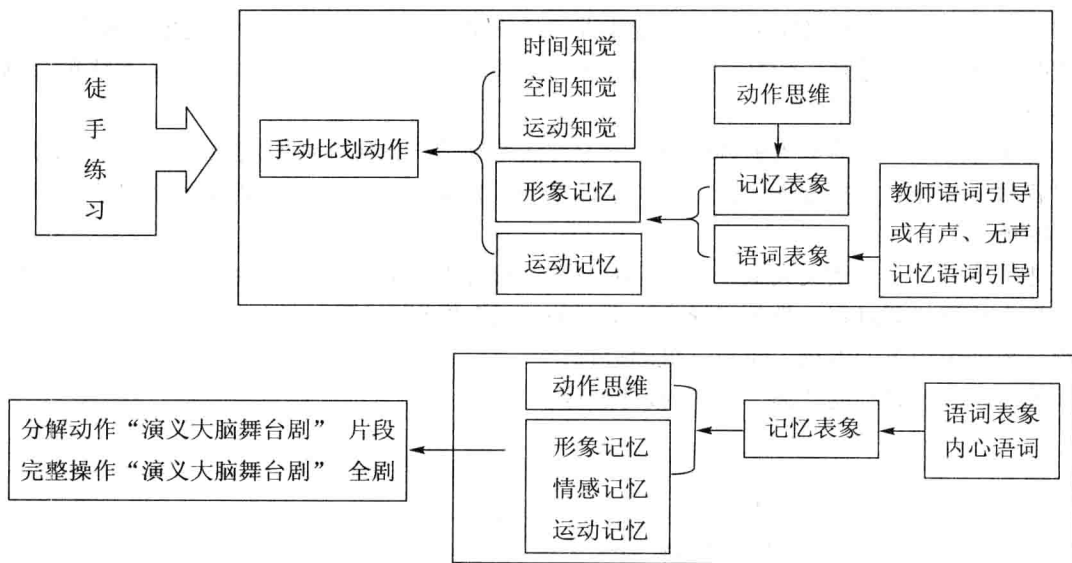
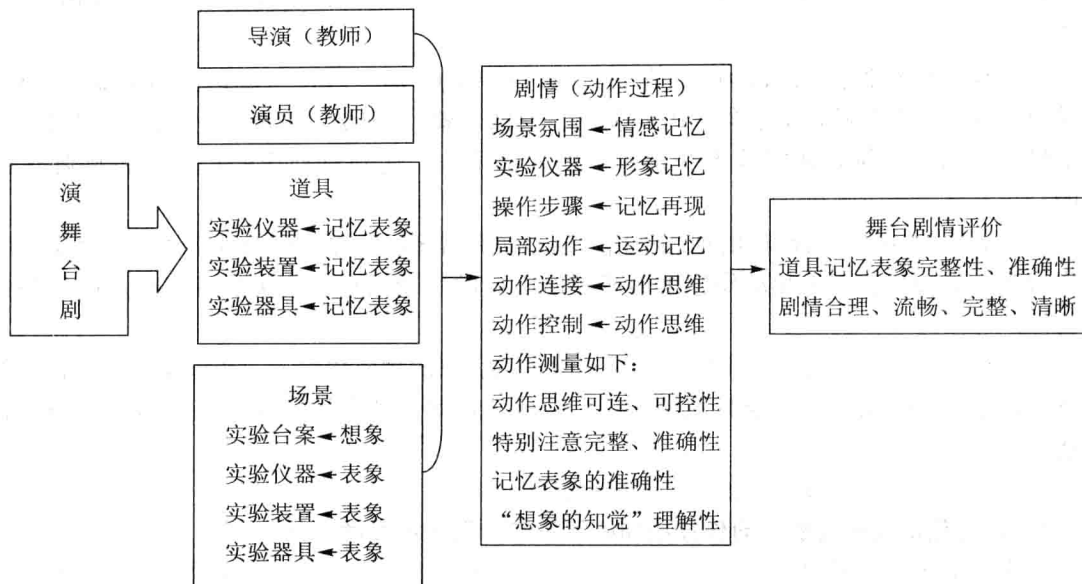
回溯化学实验技能的训练，我们认为，传统的实验教学方法是一个偏重化学实验操作技能训练的良方，但对化学实验心智技能训练方面的功效则持保留意见。为完善化学实验技能的训练，弥补传统实验教学方法心智技能训练的不足，经过我们的探索，提出了侧重心智技能训练，其间汇集感知、记忆、想象和思维等心理活动的徒手练习——“演义大脑舞台剧”的学习方法与读者分享。

徒手练习——“演义大脑舞台剧”学习方法特别适合操作性强的实验的学习，也适用于学习者对于验证性、探索性实验，以及定性实验、定量实验、结构分析实验的过程、步骤、操作的梳理。

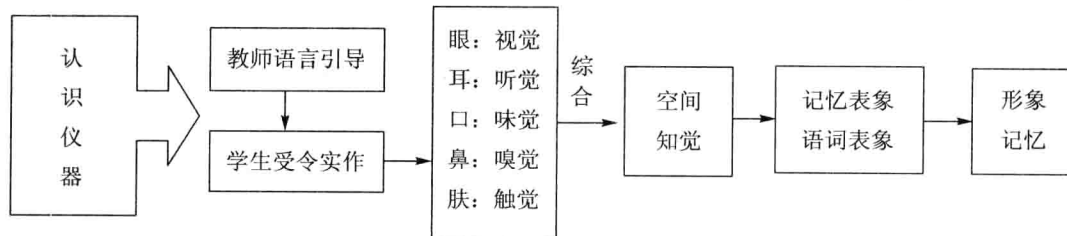
徒手练习——“演义大脑舞台剧”的教学过程分五个阶段：教师的“演”“讲”授课过程，学生认识仪器过程，教师引导学生学习的“操”“练”过程，学生自主实作“操”“练”过程，教师组织下的考核、矫正、巩固过程。

第一阶段：教师的“演”“讲”授课过程。

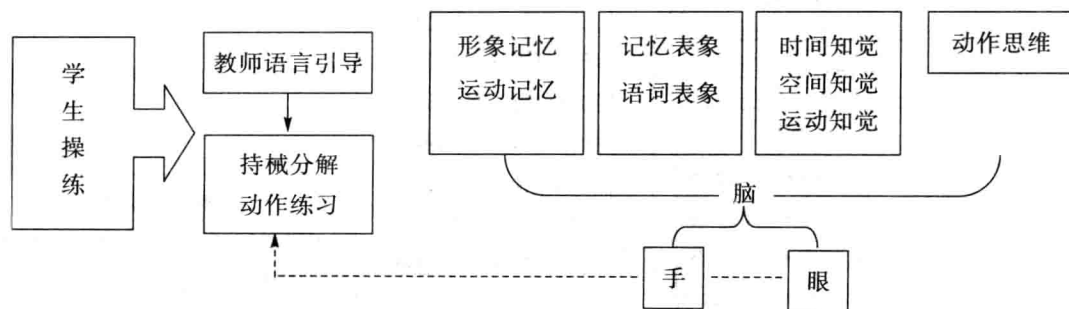




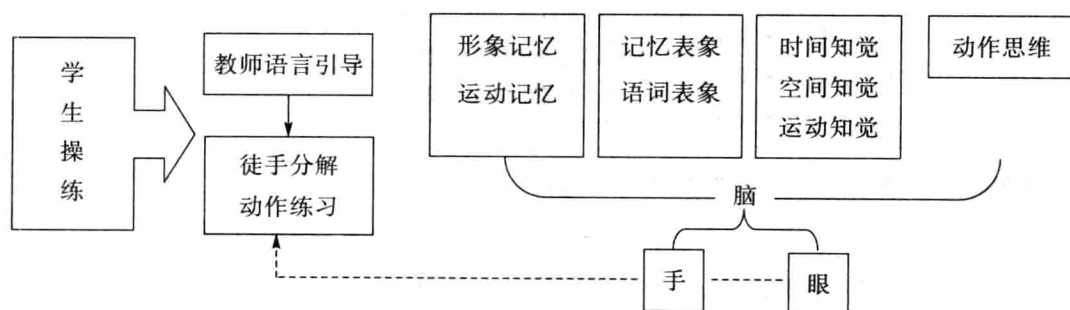
第二阶段：学生认识仪器过程。



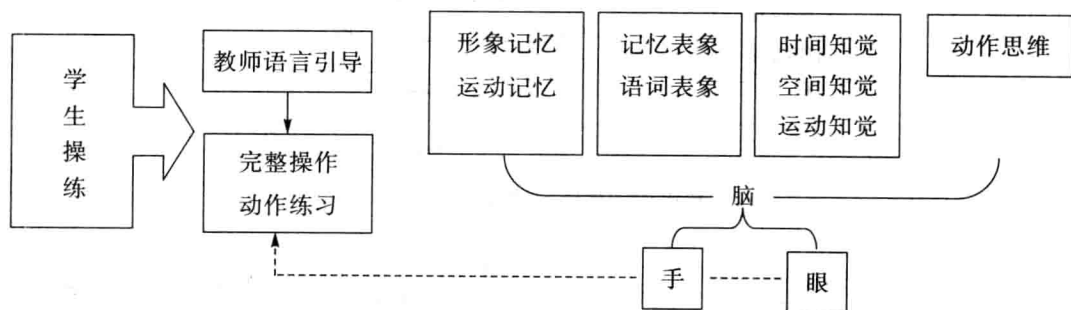
第三阶段：教师引导学生学习的“操”“练”（持械练习、徒手练习）过程。



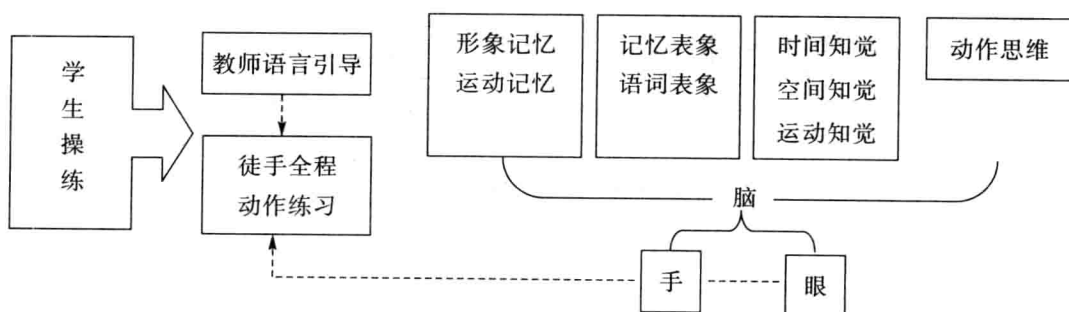
持械分解动作“操”“练”



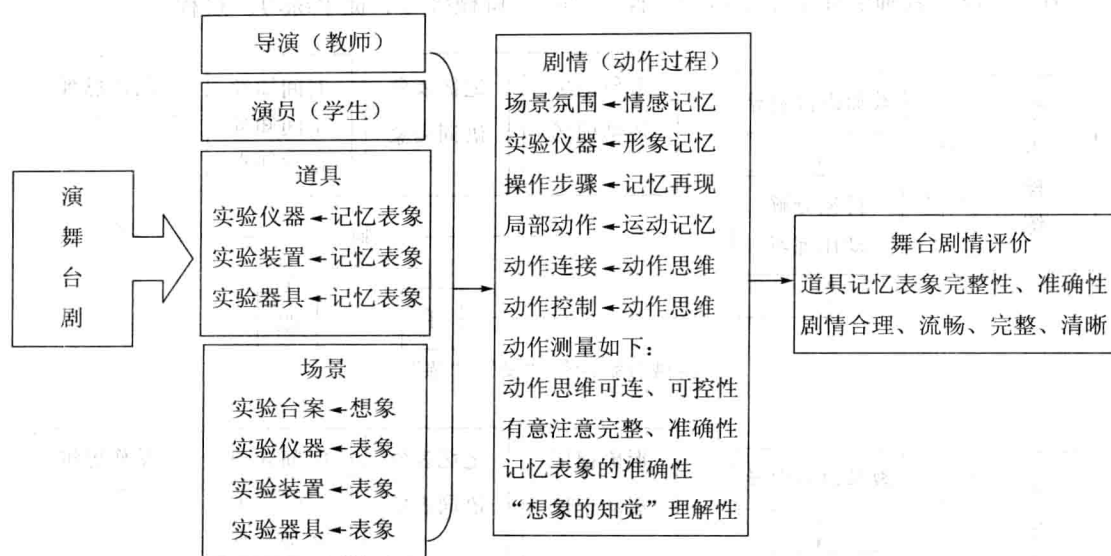
徒手分解动作“操”“练”



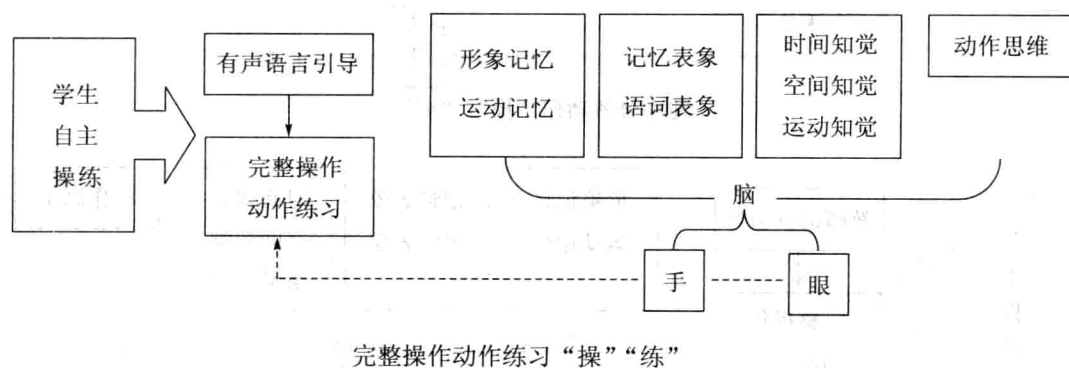
持械完整操作动作“操”“练”



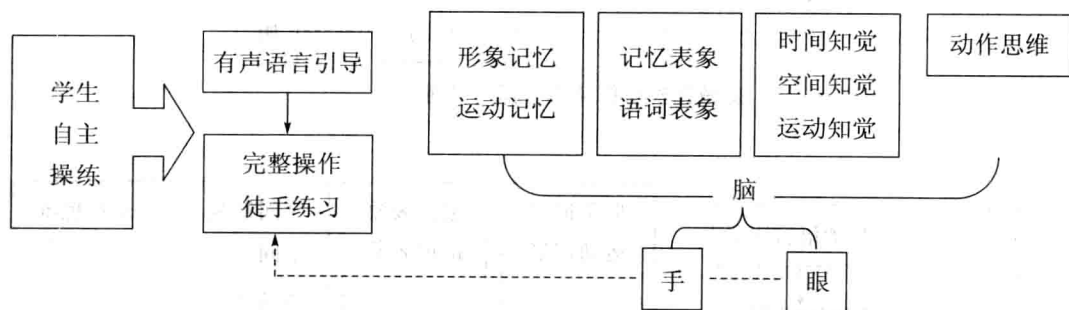
徒手全程动作“操”“练”



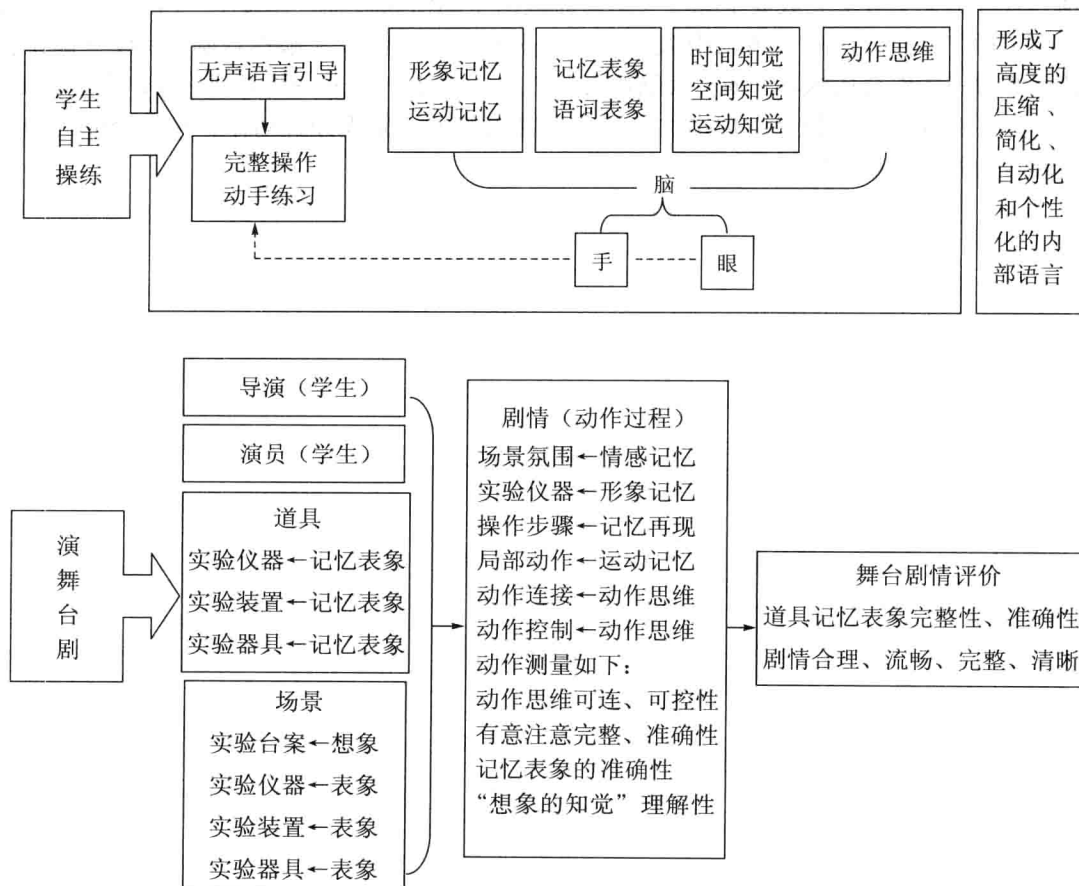
第四阶段：学生自主实作“操”“练”过程。



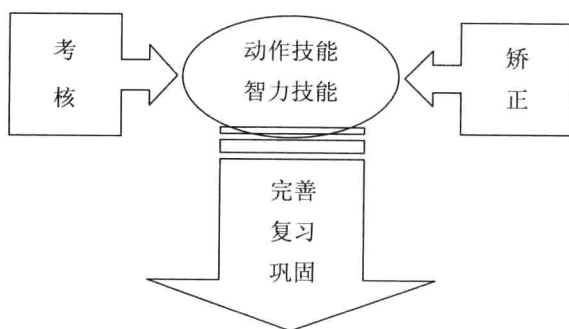
完整操作动作练习“操”“练”



完整操作徒手练习“操”“练”



第五阶段：教师组织下的考核、矫正、巩固过程。



徒手练习——“演义大脑舞台剧”的教学过程：①教师的授课环节。教师全过程“演”“讲”→分解单元“演”“讲”→分解单元“演”“讲”，“演义大脑舞台剧”片段→全过程“演”“讲”，“演义大脑舞台剧”全剧。②学生认识仪器环节。通过感觉器官认识仪器，获得感觉、感知、表象、记忆等信息。③教师引导学生学习的“操”“练”环节。教师语词引导，学生手持器械进行分解动作练习→分解动作徒手练习→凭借表象（或记忆）、思维和教师语词引导学生完成分解动作“演义大脑舞台剧”片段→学生进行操作合成练习→操作合成徒手练习→凭借表象（或记忆）、思维和教师语词引导学生完成操作合成练习“演义大脑舞台”。

全剧→教师语词引导下完成徒手练习（不持器械的手动活动过程）重复 3~4 次。④学生自主实作“操”“练”过程。分解动作徒手练习→分解动作“演义大脑舞台剧”片段→操作合成徒手练习→操作合成练习“演义大脑舞台”全剧→重复 2~3 遍→闭眼回忆操作全过程 1~2 遍→实作 3~4 遍即可较好掌握操作。⑤在教师组织下，完成分解动作、操作合成的动作技能和智力技能考核、矫正、巩固。