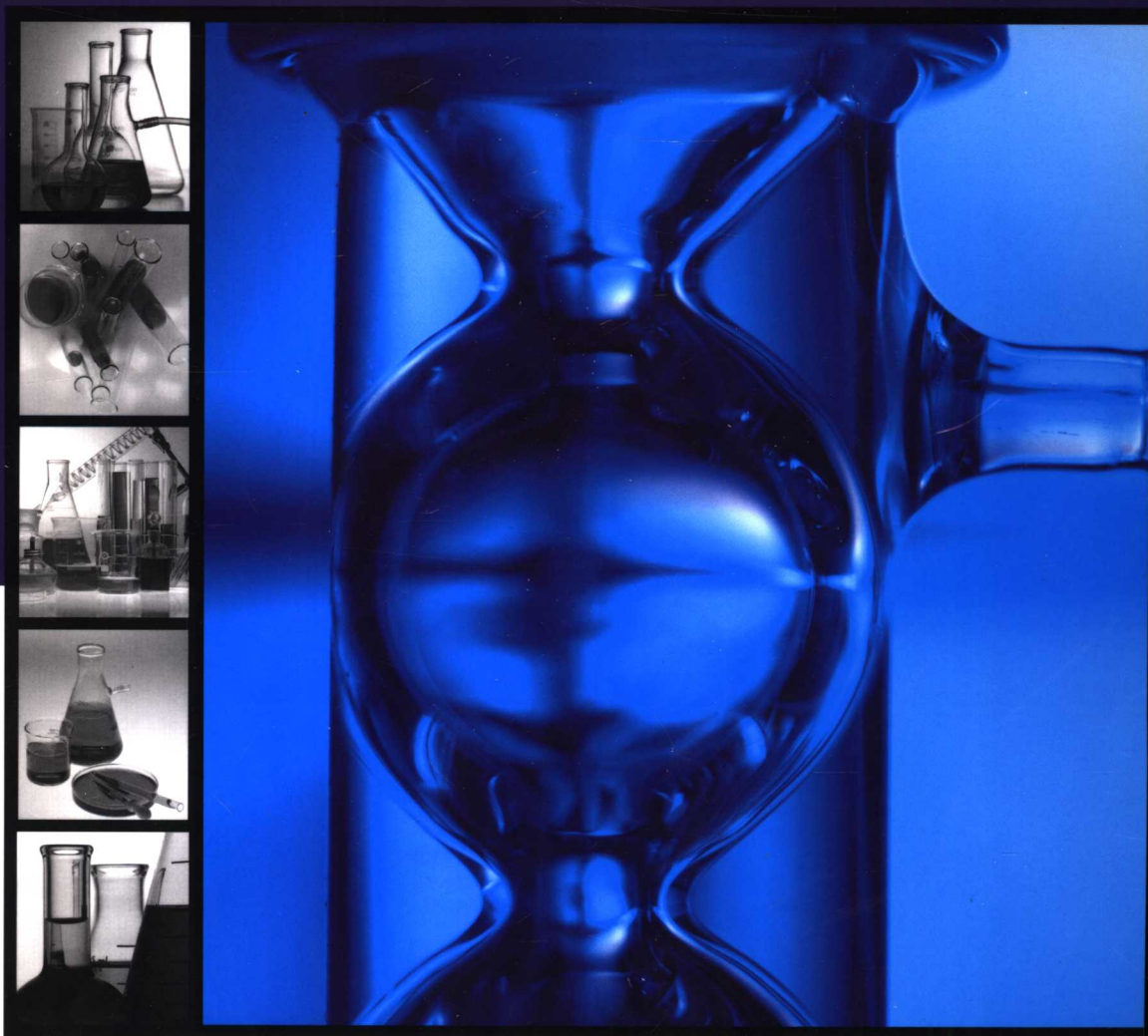


高 等 学 校 教 材

大学基础化学实验 教学指导

范志鹏 编



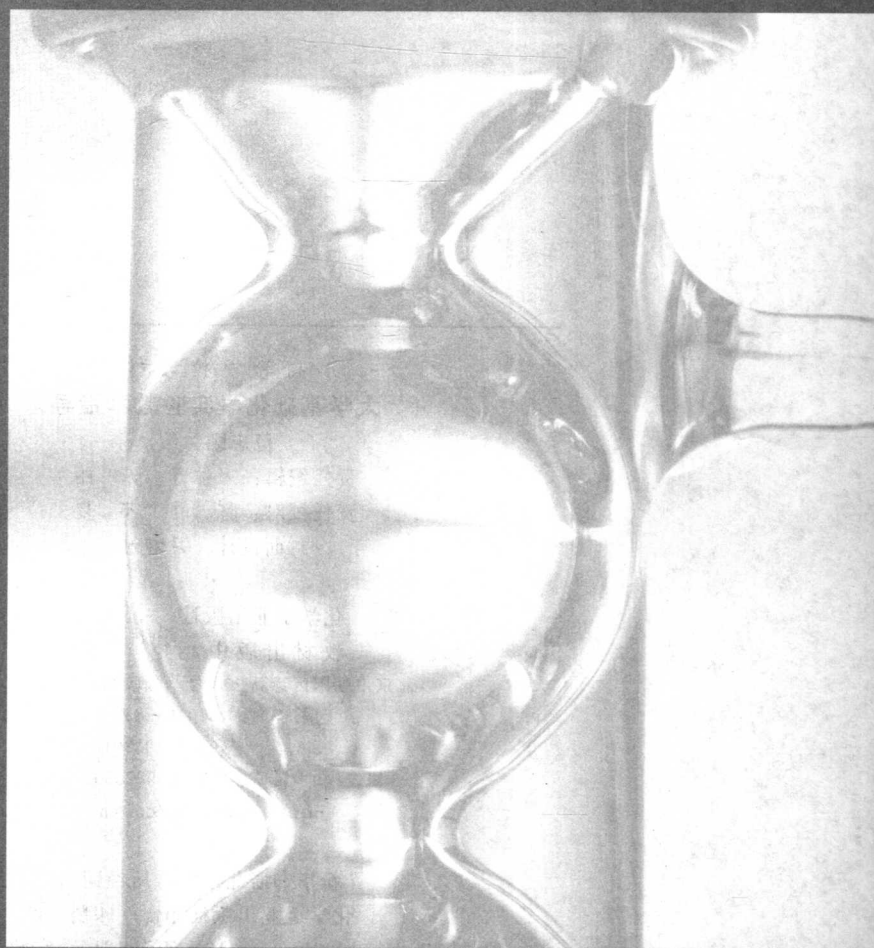
化学工业出版社
教材出版中心

高 等 学 校 教 材

第2版 (9787030411111) 目录

大学基础化学实验 教学指导

范志鹏 编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大学基础化学实验教学指导/范志鹏编. —北京: 化学工业出版社, 2006.4
高等学校教材
ISBN 7-5025-8560-5

I. 大… II. 范… III. 化学实验-高等学校-教学参考资料 IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 037173 号

高等学校教材 大学基础化学实验教学指导

范志鹏 编

责任编辑: 宋林青 陈 丽

责任校对: 陈 静 宋 夏

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 335 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8560-5

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书是山西省高等教育化学实验教材改革立项项目《大学基础化学实验》教材的教学指导书。化学实验独立设课，并打破无机、有机、分析、物化实验之间的界限，吸纳现代化学的科学成果及新技术，建立新的化学实验学科体系——基础化学实验、化学技术实验、综合实验、设计实验——在我国高等师范院校、理工科院校已成趋势。为了配合化学实验学科结构改革，打破实验教材单行，而其教学指导书相对滞后的格局，作者编写了这本教学指导书。

该指导书在内容选择和编排上注重基础化学实验的教与学。化学实验教学，既是一门科学，又是一种艺术。实验教学之所以被称为真正的素质教育，是因为它把学生放在了教学的主体地位，教师处于指导地位。

《大学基础化学实验》是当代中学生走进大学校门，学习化学专业的第一门基础实验课。本指导书的第一部分，实验教学导论，是作者在多年从事实验教学和研究的实践的基础上产生的系列论文。这些研究成果，既有学术价值，又有可操作性；既有理论性，又有实用性。如，基础化学实验学业评价的思想、模式、方法等。无论是对教与学，还是师与生它均有一定的借鉴作用。有些理论、观点和方法填补了国内化学实验教学的空白，如化学实验素养论、上好新生基础化学实验第一课、实验课拖堂成因及其对策等。

本书的第二、三、四部分，选取了目前许多院校采用的基础化学实验中的三十个基本实验，从教和学两个方面相应地编写指导内容。编排顺序包括：实验目的，实验用品，实验内容要点，学习和实验指导，实验书面报告，以及习题解答和提示，实验知识技能介绍。这些内容之所以又被分为无机及分析、物化、有机部分基本实验指导，纯粹是指其原文来源，其实从实验教材改革的角度出发，某个实验到底属于哪一学科，因为其综合性较强，实在是较难分清。否则，就不能称之为《大学基础化学实验教学指导》一书了。在此强调是避免读者误解。

本书的第五部分，基础化学实验考试题选编可供期末考核笔试之用，一是为了使养成平时看书的好习惯，二是为了防止学生受实验课是考查课的功能固着影响而形成偏技能、疏知识的新误区。

本指导书在编书过程中参考了不少相关文献，在编辑过程中得到了化学工业出版社的通力协作和支持，我的家人对于本人的工作也给予了无私的支持，在此谨向他（她）们表示衷心的感谢。

本指导书是一种探索，限于作者的水平，书中难免有疏漏之处，望同行、专家和使用此书的师生不吝赐教。

范志鹏
2006年3月

目 录

第一部分 实验教学导论	1
第一节 上好新生基础化学实验第一课	1
第二节 基础化学实验一师四阶教学法	4
第三节 基础化学实验教学各环节质量标准	6
第四节 基础化学实验学业考核改革思想与方略	8
第五节 基础化学实验平时学业成绩评价标准	10
第六节 基础化学实验平时学业成绩实测量化法	12
第七节 实验课拖堂成因及其对策	15
第八节 化学实验素养论	17
第二部分 无机及分析化学部分基本实验指导	20
实验一 仪器认领、洗涤和干燥	20
实验二 灯的使用、玻璃管及塑料管的简单加工	22
实验三 电光天平称量练习	26
实验四 溶液的配制	33
实验五 酸碱滴定	38
实验六 二氧化碳相对分子质量的测定	44
实验七 粗食盐的提纯	48
实验八 硝酸钾的制备	52
实验九 硫酸亚铁铵的制备	55
实验十 醋酸电离度和电离常数的测定——pH计使用	59
实验十一 电离平衡和沉淀平衡	63
实验十二 氮和磷	69
实验十三 砷、锑、铋	77
实验十四 碳、硅、硼	82
实验十五 碱式碳酸铜的制备——设计实验	87
实验十六 离子鉴定和未知物的鉴别——设计实验	91
第三部分 物理化学部分基本实验指导	98
实验十七 气体常数的测定	98
实验十八 化学反应速度和活化能	105
实验十九 氧化还原反应	116
实验二十 电导率仪的使用	121
第四部分 有机部分基本实验指导	126
实验二十一 有机化学实验仪器的认领、洗涤和干燥	126
实验二十二 萃取	130
实验二十三 熔点的测定	133
实验二十四 蒸馏及沸点的测定	138
实验二十五 水蒸气蒸馏	142
实验二十六 减压蒸馏	146
实验二十七 分馏	151

实验二十八 无水乙醇 (含量 99.5%) 的制备	156
实验二十九 绝对乙醇 (含量 99.95%) 的制备	160
实验三十 薄层色谱法.....	162
第五部分 基础化学实验考试题选编	167
附录 基础化学实验常用仪器介绍	186
参考文献	193

第一部分 实验教学导论

化学实验,尤其是大学基础化学实验,是新生走进大学校门,接受化学教育的第一门专业实验课,教师应如何教?学生应如何学?这是实验教学改革,实行素质教育后面对的一个现实问题。对这一问题,同行们是仁者见仁,智者见智。这里,作者根据多年来的实验教学经验,提出了一些个人观点、模式和方法,其中有些说法和做法具有一定的理论性、实践性和可操作性,已公开发表;有些尚未公开发表,第一次与读者见面,供广大从事化学实验教学的教师、化学工作者和化学专业的学生参考,并批评和指正。

第一节 上好新生基础化学实验第一课

实验教学是我国化学教育中最薄弱的环节。调查表明,许多院校,尤其是地方性院校招收的新生,大部分学生未进过实验室,许多人甚至未见过试管,实验双基严重短缺。新生尚未脱离中学的教学模式。而选择化学专业就意味着近乎一半的学时将在实验室度过,学习模式将要发生质与量的转变。实验教学面临双基断层和异模接轨的现实。如何使新生尽快步入化学实验双基训练教学轨道、适应系统实验学习模式,作为实验课专业的指导教师,上好实验教学第一课,是至关重要的。基础化学实验是大多数院校实验学科结构改革后的产物,其内容由各学科的基础知识和基本技能构成。无疑,严谨的科学实验态度、严明的实验素养、严格的实验操作规程、严密的实验学习方法的四严教学和教育是第一课的主目的、主内容。但是,如何把这些体现在今后的实验学习的行动纲目和指标体系中,使学生学有指南、行有方向、做有方法、动有规矩仍是一个值得探讨的问题。总结近年来实验教学改革实践经验,把实验学业结构:知识、技能、素养和能力四要素的评价指标体系和系统实验学习法进行详细阐述,是实验第一课开好头、迈好步的最佳教学题材。

一、指标导引学习方向 评价夯实学业基础

建立平时和期末实验学业结构评价指标体系,为实验学习导向,发挥评价的“指挥棒”功能,促使学生按照一定的标准和要求去掌握实验知识、获得技能,完成学业。

(一) 实施平时学业结构评价指标体系教学

课前把平时实验学业结构评价指标体系制成醒目标样,装框悬挂于实验室墙壁上(见表1),以引起学生高度重视。并把所有指标的具体含义印成说明书,人手一份,发给学生,在逐条解释的基础上,对个别指标加以特别强调。如:①自习查阅能力:是学生个体自我获取知识技能、解决疑问的基本能力,是大学生和中学生在学习方法上质的区别。指预习时,碰到疑难问题和缺乏基本数据时,就要通过查阅相关教材、仪器说明书等去解决。②预先编写情况:是对已知实验内容的专业编辑、加工及高度概括能力。实验前应完成和能完成的内容,不拖在实验后。评价标准:不是照抄照写,而是纲领化、前提化、数字化、图示化、英文缩写化。③格式设计:是将预习报告的样式进行创造性地设计构思,形成规范化、实用性文本的一种能力。要将已知实验内容(步骤、过程)和由实验要解决的问题(现象、数据、结论等)进行格式化,使二者之间有凸现性,使人对其意图一目了然。评价标准:一般有表格式、填空式、流程式、图解式、问答式。④预测预知性:是对实验的未知问题的科学推测。目的是提高实验操作的效率。评价标准:对实验现象、规律的理论预测和影响实验结果的因素分析。前者是基本要求,后者属于高级要求。⑤动手操作能力:是实验课与理论课的

本质区别,是指掌握实验(验证、鉴别、测定、制备)操作基本技能的水平。评价标准:动手操作的规范化、程序化、敏捷性、协调性、准确度、成功率、时效率等。⑥解决问题能力:是一种解决实验实际问题(结果欠佳、异常现象、疑难问题、实验失败——通称实验“反常情况”)的特殊能力。评价标准:动手的时效性,寻因性(查明原因)。⑦遵守操作规程:是动手实验操作的基本原则,指动手操作的规则和程序。违规,轻者仪器受损、实验失败,重者发生实验事故。评价标准:动手的顺序性、规则性和严谨性。⑧问题与讨论:是实验学习中的一种问题探讨能力,是对实验“反常情况”的深入讨论。评价标准:做出的书面分析、解释、结论要紧扣主题、切中要点、简洁明了。要开诚布公,明确告知学生,实验课平时成绩的70%产生于本评价指标体系。有严格的测评标准,如滴管的使用是:尖嘴距离试管口约1cm处滴加,不伸入试管内;不倒拿;不乱放;专管专用,不交叉使用;1滴液约几毫升等5个培训点。同时,也是观察、思维、动手三能力和现象数据记录、遵守操作规程等5个指标的标准考评点。考评方法也是标准化的,有书面阅评和实验现场测评法。

表1 平时实验学业结构评价指标体系^①

项目	预习报告(20%)				实验操作(36%)						实验报告(20%)				作业(10%)		实验素养(14%)				合计
指标	自 习 查 阅 能 力	预 先 编 写 情 况	格 式 设 计	预 测 预 知 性	观 察 能 力	思 维 能 力	动 手 操 作 能 力	解 决 问 题 能 力	现 象 与 数 据 记 录	遵 守 操 作 规 程	现 象 解 释 和 结 论	数 据 处 理 与 计 算	内 容 完 整 与 整 洁	问 题 与 讨 论	正 确 率	术 语 表 达 能 力	品 质 习 惯 与 作 风	纪 律 与 守 则	安 全 与 环 保	卫 生 与 守 则	
权重	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	100

① 本指标体系是作者多年教学经验的总结,这里仅供参考。

注:权重即百分数和比重。同时也是指标的满分值。

(二) 坚持实施期末学业结构评价指标体系

由于实验课的特征是动手操纵,考核形式一般是考查。受功能固着^①影响,学生极易形成偏技能而疏知识的新误区。这已被笔试试卷分析所证明。为了改变这一现状,使学生养成平时看书,点滴积累知识技能的好习惯,期末考核权宜采用笔试法。在课上要强调指出,考试的指标体系内容和比例是:实验室知识10%,实验原理20%,基本技术原理10%,微型实验10%,实验方案设计10%,基本操作规范15%,(无机、有机)性质与制备实验15%,仪器使用10%。评价标准是实验教学大纲要求掌握的知识、技能点,记分采用百分制,占总成绩的30%。

二、用实验教学环节引路 培养学生掌握系统实验学习方法

避免干瘪单纯说教,有理有据地教给学生实验学习方法,是上好第一课的核心和主旨。要从系统论和方法论的观点,使学生理解平时学业结构评价指标体系产生于实验教学环节。各教学环节是相互关联,相互促进的。

(一) 实行预习报告教学

为了提高实验效率,改变实验预习就是写笔记的观点,使预习、实验和报告形成一条链,可把编写和设计预习报告作为突破点,在其实用性和可操作性上下功夫。要求学生,在今后呈交的预习报告中,要做到不看课本仅凭报告便可操作,而且,只要将实验中获得现象、数据等填充到该格式化的报告中,再进行数据处理、现象解释、做出结论便是一份正式

① 教育部人事司,伍新春.高等教育心理学.第2版,高等教育出版社,1999:248~249.

的实验报告书。学生要完成这样的一份预习报告,唯一途径是在自习查阅、预先编写、格式设计和预测预知性4个指标上做文章。为了解决学生的预习困难,要及时向学生推荐一些可查阅的相关书籍和资料。

(二) 重视实验操作教学

实验操作是实验课的中心环节。限于新生实验双基缺乏,自习能力较差,首先要求学生认真听教师的讲演。实验课是把学生真正放在教学主体地位的素质教育课,因为整个实验是靠学生个体眼、手、脑并用,获得知识技能的过程。强调指出:动眼动手动脑是相互联系促进的。动眼是前提,动脑是核心,动手是关键。动手的结果是实验对象发生变化,发现问题。于是,会促使人进一步动眼、动脑、动手去认识变化,解决问题。这样反复的眼、脑和手相互协作配合的智能和技能的活动过程,就是对实验对象的深刻认识和理解过程。它是一般智能向特殊智能(解决实验实际问题)发生质的飞跃的过程。如学习讲求方法,对于学生掌握每一技能要领的要求是:不仅学会熟练规范化操作,而且要提出追问,为什么这样做?要既知其然,又知其所以然;要带着问题在实验中用反证法、比较法等证明。又如做实验时,由于客观原因(温度、浓度、酸碱度和仪器性能等)和主观原因(无知、违规、大意、失误、操作不当),难免出现实验“反常情况”。发现问题不能回避,解决问题的过程,也正是逆向思维、多向思维、发散思维以及知识技能的迁移、嫁接等创造性思维和能力的诱发、孕育和诞生过程。学生要随时如实记录“反常情况”;然后再重做实验,开动脑筋,找出原因,解决问题,并在报告中加以讨论,叙述,得出结论。

(三) 倡导学生认真写实验报告和作业

新生在实验报告中的常见问题是:分析离题,专业术语贫乏;结论不得要领;数据记录,不计有效数字;数据处理,不会求斜率。为此,要求学生在日后的实验报告中,要完成增设或布置的3至5道实验习题,以培养其解决问题的能力。为了进一步培养学生的表达能力,可要求其平时写实验学习日记,和一学期至少写5篇心得体会方面的文章,并作为平时学业考评内容。促使学生的思维和表达能力上一个新台阶。

实验学习需要示范性。为了培养新生的撰写表达能力,在实验室专设“实验学习园地”壁报,开辟有:预习报告、实验报告、实验习题、实验学习日记和实验心得体会等方面的文章栏目。这样,在第一课上,不仅给新生一种全新的、浓厚的实验学习氛围感觉,又为其日后的实验学习,在环节、方法、途径、类型、格式、体裁、体例等方面起到规范作用。

三、坚持实施并落实实验素养指标评价教育

实验素养是学生在实验室这个特殊公共环境下的素质,为保障实验顺利进行,应有一定的思想行为准则。实践证明,确立测评标准,严格考核,是培养学生严谨的科学实验态度,形成良好的实验氛围和风气的有效途径。为此,把学生实验素养已经指标化了的标准考评点印制成册,在课上发给学生,以便引起学生充分重视。如指标:实验品质习惯与作风的评价标准是:认真、细致、严谨、耐心;专注、仔细观察;独立动手、勤记录、做听课笔记;诚信、实事求是;节约,爱护公物。要自觉遵守实验室守则。评价指标的具体执行办法是:学生个人责任制,值勤小组成员分工制,平时素养现场评价记分制。

总之,化学实验教学有其自身的特征和规律,要采用科学的教学方法去认识、理解并创新,建立“以学生发展为本”的教学模式,是实验课教与学的总目标。我们所尝试的这种实验教学模式,从形式上看是一种学业结构评价模式,实质上是一种系统的指标实验学习模式。采用这种双模合一教学法,既体现了教师实验教学的主导性,又把学生放在了实验教学的主体地位。实践证明,该教学模式可使新生尽快摆脱中学学习模式,为日后的实验教学活动顺利进行奠定基础。

第二节 基础化学实验一师四阶教学法

在大学一年级,传统的实验学习方法应该是:预习实验,写出笔记;动手实验;写出实验报告。而实验教学的普遍现状是:实验课上学生才翻阅教材,询问教师或查算实验必用数据,实验效果低下;实验动手不动脑,犯错多,违规操作率高。实验报告反映不出实验的核心内容。究其根源,学生主体实验知识与技能的先天性不足,固然是内因;然而,起主导作用的教学方法的滞后性,教学环节的潜在缺陷,也是问题后天性形成的关键。总结经验,基础化学实验从“一师四阶”开展教学工作,可提高实验教学的整体水平。师即榜样,要先行;阶即层次,它不仅仅是一个教学大环节,还是一个教学台阶。

一、教师要教学先行

指导学生先律己。让学生学业上台阶,教师具备的教学前提条件是备课,即:备教材,备实验,摸学情,备教法,写好教案。备教材就是要吃透教材内容,把握各个实验的来龙去脉,抓住重点和难点,理出疑点。备实验就是要亲自动手对每个实验进行系统操作,找出教学点,并写出规范的实验报告,包括查阅资料,采集数据。摸学情就是要通过批阅各种书面报告和作业,诊断学生的预习和实验学习情况,发现问题,找出盲点。备教法就是对学生,既授之于鱼,又授之于渔。在教材、实验、学情和教法四吃透的基础上,可以说教师已经基本掌握了实验教学的第一手资料,结合原有经验可以写出教案了。实践证明,只有如此条件下写出的教案才能抓住要点,突破难点,解决疑点,贴近实验教学实际,贴近学生,才能主导得力。

二、指导设计编写实验预习报告

实践证明,制约实验教学质量的瓶颈是预习第一关。在这个首要环节上的教学活动,若只有学生单纯的学,没有教师真正意义上的教,其结果必然是学、做、写三脱节。根治教学被动局面,促成预习、实验和报告一条链的有效途径是,迈好教学第一步:指导预习和设计编写预习报告。一份规范的实验预习报告,不仅是一份预习实验的成果标志书,还是一份将要进行的实验操作执行书。学生要做出这样的一份报告,需要通过创造性学习、思维和设计才能完成,教师的主导作用尤为重要。

1. 指导预习,把握实验脉络。要求学生仔细阅读和预习实验内容。从理出头绪,到领会实质,至少复读三次。要深入细节,解决疑难,还要向学生推荐一些可查阅的相关教科书,资料及仪器说明书,以便在掌握实验原理、方法、步骤、过程和技术要领的同时,查算必用数据和查找反应式、公式等。

2. 指导设计预习报告格式。预习报告是写给他人阅读的,为了使已知内容和未知问题分明突现,需要将其格式化。整体格式可根据实验类型确定,局布格式则由实验内容确定。其雏形产生于对实验内容全面了解后的分析、分类、比较、想象和迁移等一系列心智活动过程。教师的主导作用是,各种局部格式设计各举典例,作为示范,以便启发学生的构思能力,并起到举一反三,触类旁通之作用。

3. 指导简要编写预习报告。简要编写与格式设计是同时进行的,以便格式比例得当,布局合理。要求学生简要编写时:实验原理简明扼要;步骤和操作过程要纲领化、前提化、数据化、英文缩写化,特别是实验操作术语,一般要求英文缩写;仪器装置图随文出现。换言之,只能简化,不能照抄照写。这样不仅能减少文字叙述,而且具体形象,一目了然。可见,简要编写是学生实验术语、化学术语、图示化和外语水平概括表达能力的综合锻炼过程,是当代学生应具备的基本能力。教师的主导性是,板书应起到示范性和规范化作用。

三、指导实验操作 历练实验素养

实验操作是实验课的中心环节。教师的主导性主要表现在：一是择重讲演，二是全程巡导。把学生放在教学主体地位，围绕培养学业结构四要素。实践证明，实验教学要遵循认知规律，先观后思再动手是避免违规操作、促成学业结构四要素一条链开发的有效途径。启发式、追问式、实验证明式是促使一般智能向特殊智能（解决实验实际问题）发生质的飞跃采用的有效教学方法。譬如：现行实验教材对于每一基本操作技能要领的叙述，一般只讲如何做，不提为什么这样做。如：挤压碱式滴定管橡皮管中玻璃球的下方会形成气泡；分析天平升降枢要旋尽等。教师的主导性是，不仅要求学生每一技能要领的掌握，而且在操作熟练规范的基础上，提出追问。不仅要知其然，还要知其所以然。又如：当实验中出现疑难问题、异常现象和实验失败时，要求学生不能熟视无睹，一过了之，更不能在报告中凑现象，凑数据。疑难问题，要从问题因素出发，寻求实质性突破方法，如酒精灯火焰飘动，酸式管活塞部位漏液和油污堵死等。异常现象（含数据）和实验失败，要求学生要重视实验事实，如实记录（人手一本实验记录本）；再发散思维，从主观原因（无知、失误、违规）到当时客观实验条件（温度、浓度、器材、试剂和仪器性能）等各种因素分析，找出原因；或重做实验和对比他人实验加以验证，做出解释，得出结论。对于学生提出的疑问，不厌烦，不“填鸭”，而是适当提醒，指点迷津；启发其思维的方向性、顺序性、广度性和尖锐性。对其实验的思想、方法和技术上的微小改进，要及时给予鼓励和肯定。对实验操作数错屡败者，不批评，不包办，在源头上：从动眼、动脑到动手各环节耐心指正。这样做既鼓励和提高了学生观察、思维、动手操作和解决实际问题的实验能力，又培养了其认真、严谨、耐心、诚实、勤记录的实验素养以及科学观察、科学思维、科学实验、科学解释和科学结论的方法。教学措施是：在实验报告的“问题与讨论栏”专设技术要领、“两异”和实验失败讨论项目，作为平时成绩考评内容。

四、指导、批阅实验报告和作业

实验报告是学生眼手脑并用，相互协作配合的实验结果的书面体现。提高实验教学层次的方法：一是增设实验习题和思考题（称补习式），给学生营造一个锻炼思维和表达能力的落脚点；二是指导学生完成好实验报告，常抓不懈；三是要求学生平时要写实验学习笔记、日记，和一学期至少写五篇实验心得体会方面的文章，并作为平时实验素养的考评内容。思考题采用提问式，要求学生要点简答，当堂消化。实验习题，人手一本作业本，课前自习，课中带着问题在实验时寻求答案，课后先相互讨论，再独立完成。实验报告，针对存在的问题：数据的记录与处理是否准确、有效数字是否掌握、现象解释和结论是否切中要点、是否应用术语表达、现象与变化的英文缩写是否掌握等随时随地进行点滴辅导。由于预习与实验报告已一分为二，作业量大大减轻。因此，除了有较大量数据处理和结论总结的报告外，一般要求学生当堂呈交。教师要及时批阅报告和作业。为了教学融洽，有亲切感，激发学生的学习主动性，批阅规则是：不仅要判√、×号，还要做出批语和改语，让学生明确错的根源和改的方向。对于共性问题，除了教师课堂板书示范和通过提问或集体指正外，请学生上黑板当众完成，教师点评，也可起到事半功倍之效应。

五、改善实验教学考核，发挥教学考评四功能

实验教学考核是教学的必要环节。其教学功能应该是：一反馈，二激励，三鞭策，四是评定学业。而且，从提高实验教学质量角度考虑，前三功能是主要的。它既是教学的总结，又是教学的复始。事实上，在同一班级，多个教师分组指导；和同一小组，多个教师分段指导时，单其评定平时学业而言，现行任一评价模式都不甚理想。为了真正发挥实验教学考评四功能，与教学环节和方法改革相适应，应将平时学业考查作为考核重点。不仅其占总成绩的比重较大（70%），而且围绕培养学生实验学业结构四要素建立科学、规范、具有导向性

的实验学业平时成绩评价指标体系（见表1）。为准确公平起见，要确立统一测评标准（见第五节）。

总之，一师四阶教学法使实验教学各环节环环相扣，形成了一个教学循环互动的网络体系。链接体系的网络链是学生实验学业结构四要素，促使四要素互联互动上台阶的动力源是备课式、预习式、启发式、追问式、验证式、补习式、考评式等各种经典和自创的实验教学方法。

第三节 基础化学实验教学各环节质量标准

基础化学实验教学由实验教学计划、预备实验、做实验、实验报告与作业、实验课考核和实验课改革、实验课总结等各环节组成，各环节相互联系、相互促进、构成基础化学实验教学体系。

一、实验教学计划

（1）修订实验教学大纲。实验教学大纲应随着实验教学改革的不断深化有所更新，至少四年修订一次。所选实验项目、内容和技术训练要符合本科专业培养的目标和要求，在保证实验基本功训练的基础上，坚持以培养学生能力为主的原则，适当安排分析、设计、综合等实验项目。

（2）修订实验教材。根据实验教学大纲的要求，实验教材内容应不断调整和改进，随着科学技术的不断发展，实验新技术、新方法的不断应用，旧教材的内容已不适应现代教学要求，新的实验技术和方法应不断地更新或充实实验教材。

（3）填报各类实验教学计划报表。每学年开学第一周，实验教师应递交本学年“实验用品（仪器、药品、材料）预算表”，包括仪器的维护、购买等日程计划安排；实验教师要递交“实验教学安排表”和“实验教学进度表”。

二、预备实验

（1）指导教师应预做实验。要写出规范的实验报告，包括查阅资料、采集数据、写出教案。实验课教案要有别于理论课教案，主要体现主导性、示范性（示范实验方式方法和技术要领）和提示性。教案的讲授一般在半小时左右。

（2）学生要有规范的预习报告。规范的预习报告要能体现出：自习查阅能力，预先编写情况，格式设计和预测预知性。对实验现象和影响实验结果的因素要有一定的预测预知性。预习报告要求各实验组在实验的前一天呈交。

（3）实验员对实验用品一般要提前两天准备好，并要查看药品与领用清单是否相符，仪器性能是否良好，所用材料、工具等是否齐全和配套等。

三、做实验

实验操作是实验课的中心环节，要充分发挥教师的主导性，学生的主体主动积极性和实验员的协助性。

1. 教师的主导性体现在按照教案择重讲演。实验现场全程巡导，发现问题及时纠正。利用启发式调动学生思维的积极性，动手的协调性和主观能动性。

（1）对于每一基本操作技能要领，要求学生在操作熟练规范的基础上，提出追问，为什么是这样做而不是那样做。即不仅要知其然，还要知其所以然。

（2）对于学生提出的疑问，不厌烦，不“填鸭”，而是适当提醒，指点迷津；启发其思维的方向性、顺序性、广度性和尖锐性。

（3）对实验操作数错屡败者，不批评，不包办，而是在源头上寻找原因，耐心指正。

（4）每次实验后要填写实验日历卡，包括实验中出现的問題以及改正的办法。

2. 学生的主体主动积极性体现在根据实验教材上所规定的方法、步骤和试剂用量进行规范操作, 并应该做到下列几点:

(1) 遵循“先观后思再动手”的原则, 认真动手操作, 细心观察实验现象, 如实地做好实验详细记录。

(2) 当实验中出现疑难问题、异常现象和实验失败时, 不能熟视无睹, 一过了之, 更不能在报告中凑现象、凑数据。疑难问题要从问题因素出发, 寻求实验实质性突破方法; 异常现象(含数据)和实验失败, 要重视实验事实, 如实记录(人手一本实验记录本), 再发散思维, 从主观原因到当时客观实验条件等各种因素分析, 找出原因或通过重做实验和对比他人实验加以验证, 做出解释, 得出结论。

(3) 实验全过程应独立思考, 独立动手, 力争自己解决问题, 实在难以解决时, 可提请教师指点。

(4) 实验过程中要严格遵守实验室守则, 保持肃静。从自身做起, 营造良好的实验氛围和养成良好的实验素养。

(5) 遵守实验室卫生规则和安全规则, 使实验有序进行。

3. 实验员在实验中应发挥主动协调作用。坚持坐班制, 不得脱岗。尤其是学生实验操作时, 应随时在场。

(1) 学生领用器材时, 应随时接待, 随时领用, 随时登记领用卡。

(2) 要协助指导教师做好实验前的准备工作。如蒸馏水的盛放、自动控温水浴锅的启用等。

(3) 协助教师填写好每次的实验日历卡。

四、实验报告与作业

(1) 鉴于实验预习报告已经规范化, 因此除了有较大量的数据处理和结论总结的报告外, 一般要求学生当堂呈交实验报告和作业。

(2) 教师要及时批阅实验报告和作业。为了激发学生的学习主动性, 批阅规则是不仅要判√、×号, 还要做出批语和改语, 让学生明确错的根源和改的方向。

(3) 批阅过的实验报告和作业要保证在下次实验课前发放给学生。

五、实验课考核

建议基础化学实验课采用平时考查和期末考试相结合的考核方式。平时考查成绩占70%; 为了使学生养成平时看书求知的好习惯和防止学生受实验课是考查课的错误影响, 期末考试采用笔试法, 占总成绩的30%。

平时考查, 围绕“基础化学实验学业平时成绩评价指标体系”(见表1)展开成绩评定, 考查次数一学期不少于3次。

六、实验课改革

(1) 开放实验室。一是为学生完成预习报告创造便利条件; 二是允许学生利用第二课堂做课外实验, 开展科学实验研究。

(2) 在实验室开辟《实验学习园地》壁报, 专设预习报告、实验报告与作业、实验学习心得体会等栏目, 遴选学生优秀作品分栏张贴, 为学生的实验学习起到楷模作用和激励作用。

七、实验课总结

学年终, 基础化学实验要进行课程总结。该总结不是做一篇表面文章交差了事, 而是依据实验日历卡, 对做过的每一项实验认真反思一次, 总结出每项实验成功的经验和个别实验失败的教训, 并形成书面材料, 为下一年的实验奠定基础。

第四节 基础化学实验学业考核改革思想与方略

基础化学实验注重双基教学,无疑,学业考核也应向双基靠拢。考核是实验教学中重要的环节之一,其教学功能之一是学业评定。从评定学业成绩的功能而言,要保证做到公开、公平、公正,必须对现行的制度进行改革,主要应在加强平时考查上下功夫。

一、平时考查

根据化学实验教学的特殊性,对学生的实验基础知识、基本技能、实验素养和实验能力四要素的培养和提高应该重在平时,而实验学业平时考查正是促进教学四功能及时到位的有力手段,其在整个考核中占的比重越大(不少于70%),教学功能越强,对教学质量提高的促进作用越大。为此,建立一套科学的、合理的、规范的、公平的、可操作的平时学业成绩评价指标体系是非常重要的。

(一) 建立平时学业评价指标体系的原则

(1) 科学性。指评价指标体系应该是建立在基础化学实验教学活动这个客观事物基础上的。以充分的实验教学活动内容 and 目标为依据,项目和指标应按教学环节循序逐进,既有内在联系,又有所侧重;指标赋权数依据实验教学活动目标有轻重之分。应该有科学的现代评价法和经过实践检验的实验现场测评法。评价结果能反映出学生在实验教学活动中学业结构四要素预定达标的真实成绩。这样的评价指标体系才是科学的。

(2) 方向性。评价指标体系对实验教学活动有很强的导向性,将对学生的行为起到规范和榜样的指导作用。

(3) 有很强的可度量性。评价的结果是可量化的,因此,评价指标体系要能设计成量表。指标既要赋权重,又要能量化,指标的定性描述要能巧妙地转化成定量评价和定量分析。

(4) 有明显的可比性。即评价结果要考虑到影响测评质量的因素:难度(通过率)和区分度。同一指标施于不同的学生时要尽量地使学生能相互比较,使评价结果有层次,有区别,学生能自比,也能与其他同学互比,这种评价体系的可比性越强,评比的水平和价值就越高。

(5) 可操作性(可行性)。评价结果要考虑到影响测评质量的因素:效度(正确有效性)和信度(可靠性)。这就要求:首先,考评方法不仅是可信的,而且是行之有效的,尤其实验现场测评,不同于书面阅评,不是评结果,而是测过程。测评方法尽可能是动态而灵活的,求的是及时、方便、快捷。其次,测评有标准,尺度要统一,评价结果准确可靠是根本。另外,评价体系结构要简易,数理统计处理模式简单,不仅能手工计算,而且要便于计算机处理。

(二) 平时学业成绩评价指标体系的一种具体模式

根据实验教学的组成环节和建立评价指标体系的原则,作者发现能反映出学生实验学业结构四要素的评价体系项目共五款,项目分解出的具有代表性的指标共二十条,把这些项目赋予权重,即可设计成量表(即平时学业成绩卡),如表2(表中数据是某学生上半学期的平时成绩)。

遵循建立评价指标体系的原则,从提高实验教学质量 and 测评质量的观点出发,在表中有意识地安排了部分具有超前性、榜样性和创造性等导向性指标。如自习查阅能力、格式设计、预测预知、解决问题能力、问题与讨论等,要求较高,难度较大。这样安排可使测评结果具有一定的区分度。项目和指标的权重是各项目、各指标相对重要性大小的表征量度值,一般凭经验赋予。由于本表采用总成绩百分制,所以项目和指标赋权值,既是该项目或指标的百分

表2 基础化学实验平时成绩评价指标体系(平时学业成绩卡)

		班		组		实验桌号				学号		姓名		成绩 82.5									
项 目		预习报告 20%				实验操作 36%						实验报告 20%				作业 10%		实验素养 14%				合 计	
指 标		自习 查阅能力	预先 完成 情况	格式 设计	预测 预知性	观察 能力	思维 能力	动手 操作 能力	解决 问题 能力	现象 与数据 记录	遵守 操作 规程	现象 解释和 结论	数据 处理和 计算	内容 完整与 整洁	问题 与讨论	正确 率	术语 表达 能力	品质 习惯与 作风	纪律 与守则	卫生 与守则	安全 与环保		
权重		5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3		
逐次 考 评 得 分 值	1	4	4	3.5	3	4	4.5	5	3.5	4	5	4	4.5	4	3.5	4	4	4	4	3	2.5	78	
	2	3.5	4	4	3.5	5	5.5	5.5	4	4.5	5.5	4	4	4.5	4	5	4	3.5	3.5	2.5	3	83	
	3	4.5	4.5	4	4	4.5	5	5	4.5	5	6	4.5	5	5	3	4	4.5	4	4	3	3	87	
	4	5	5	4	4.5	5	5	4	3.5	4	5	5	4	4.5	4	4	4	4	4	2.5	3	84	
	5	4	4.5	3.5	4	5	5	5	4	5	5.5	3	3.5	4	3	4	3.5	4	4	3	3	80.5	
合 计		4.2	4.4	3.8	3.8	4.7	5.0	4.9	4.9	4.5	5.4	4.1	4.2	4.4	3.5	4.0	4.0	3.9	3.9	2.8	2.9	82.5	
学业结构 分析		知识:81.0%				技能:81.5%						能力:76.3%				素养:96.3%							

数, 又是该项目或指标的满分值。以项目, 实验操作为例加以说明, 由于实验操作是实验课的重头戏, 它的各项指标赋权数均为 6, 权重较大, 即各指标的满分值是 6 分。该项目又由六个指标构成, 所以其比重占到总成绩的 36%。

(三) 确立统一测评标准, 实践考评方法

为了使参与考评的不同教师都能掌握一致的考评标准, 还需要确立各指标的阅评和测评标准; 并在实践中摸索出一套适应各种实验操作情况下的平时考查的现场测评法。要做到阅评和测评时, 即使各实验组对调教师进行学业成绩考核评定也可得到相同的考评结果。

二、期末考试

由于此体系把重点放在平时考查, 而平时考查又着重基本操作技能。为了避免期末考试考核实验操作占时长、动作大、题偏的缺陷, 期末考试宜采用笔试法。笔试考核的原则是: 把好命题、审题关, 建立试题库。命题时务必与理论课考试有所区别, 应以双基及其应用为主, 避免无平时操作经验、当凭分析推理就可以解决的实验命题。

三、组织与制度建设

为了改变重理论、轻实验的传统教育观念, 改进实验教学考核环节, 严格考查纪律, 向实验学科标准化考试全面推进, 必须建立相应的组织体制, 有计划, 有步骤, 有措施地开展工作。

(1) 归口管理。结合其他实验教学课, 基础化学实验平时学业成绩考核应由主管教学的校(院)长领导下的有关职能部门统一管理, 制定相关规章制度和实施细则, 形成文件, 规范管理。如: 研讨实验教材考核内容, 制定实验课平时考查、期末考试的大纲以及阅评、测评标准库和笔试试题库。规范平时考查的内容、形式、时间、次数和组织程序等。

(2) 教学单位成立由主管教学的系、部主任领导下的实验学科学业成绩考核管理领导小组, 全面负责组织和落实学校的相关规定, 如布置、督促、检查、验收平时考查、期末考试的大纲和各种标准试题库的建立; 研讨、拟订、遴选、试验、成型以及学业考核、成绩登记等教学工作情况。

(3) 为公开、公平、公正起见, 实验学业成绩应计算机管理, 由学籍处(科)主管, 校

园网公告。学生可随时上网查阅。

第五节 基础化学实验平时学业成绩评价标准

基础化学实验平时学业成绩的公平评价是实验教师的天职。不同的测评者,将同一指标施于不同的对象,只有测评的标准统一,尺度统一,测评结果才能正确有效。评价体系项目:实验报告、实验作业中各指标的阅评已有几十年的历史,传统的、经典的评价标准已经形成,这里不做介绍,只对新建和缺建评价标准的体系项目,如实验预习报告、实验操作和实验素养中各指标的考评进行阐述。

一、实验预习报告中各指标的阅评标准

一份好的预习报告体现在:预习充分,目的明确;能简述实验原理要点;实验步骤和操作过程的编排可基本纲领化和格式化;实验用基本数据能查阅或计算到位;可预测预知成分心中有数,只待通过实验验证。尤其应做到格式鲜明,线、图、表的设计分门别类,可使实验内容、步骤、过程等一目了然。如果将实验操作过程中具体得到的数据和现象在格式化的线、图、表的空格中填充到位,再经过必要的数据处理,并做出结论和解释,就成为一份合格的正式实验报告。

面对一份预习报告,如何针对某指标展开测评,做到快捷、准确和公平呢?首先,要规范预习报告的整体格式;其次,要划定各指标的阅评内容范围;最后,重要的是确立在划定范围内的考评点共有几处,因为它是决定各指标最终量化记分的基础。基于实验的内容和类型不同,各指标具体的考评点有几处,还要在具体的实验项目中确定。表3列出的考评点仅供参考。

表3 不同实验类型的预习报告的阅评内容范围及考评点

指 标	实验类型	阅评内容范围	考 评 点
自习查阅能力	测定类	报告书:	有无支持或说明预习报告正文内容(预先完成、预测预知部分)的 自习注释:①必要说明或注意事项;②数据查阅的出处(附录里、理论教材、化学手册、药品标签等)
	制备类	“附注栏”	
	性质类		
预先完成情况	测定类	报告书正文:	①原理的要点简述;②步骤的纲领编排;③实验用基本数据的到位性;④必要仪器装置示意图;⑤需要数据记录的前述内容
	制备类	“测定原理”栏	
	性质类	“数据记录”栏	
格式设计	测定类	正文:	①原理的要点概述;②流程有序,内容明了;③产品纯度检验所需内容或已知数据的到位性;④实验结果:产量、产率的公式化;⑤必要仪器装置示意图
	制备类	“基本原理”栏	
	性质类	“简单流程”栏	
预测预知性	测定类	正文:	①步骤编排的简明性;②实验用数据的到位性
	制备类	“实验内容”及	
	性质类	“解释和反应”栏	
格式设计	测定类	正文	①叙述式;②填空式;③表格式;④问答式
	制备类	正文	
	性质类	正文	
预测预知性	测定类	正文:“预测预知”	影响实验结果(误差)的主要因素
	制备类	专设栏	
	性质类	正文:“预测预知”	
预测预知性	测定类	专设栏	①实验过程主要现象的预测性*; ②影响实验结果的关键步骤和因素
	制备类	专设栏	
	性质类	专设栏	
预测预知性	测定类	专设栏	①实验现象理论预测的到位性*; ②化学反应的预知性
	制备类	专设栏	
	性质类	专设栏	

注:预习报告书专设栏是为做到心中有数,提高实验效率:稳、准、快而设置。与※项专设栏对应的还有实验“验证”专设栏,用于填充验证后所得现象。

二、部分实验基本操作中各指标的测评标准

实验基本操作的测评标准,即实验教材中要求掌握的规范化操作和强调的注意事项,其知识技能的培训点即指标的考评点。课堂指导时,教师常常对学生强调:操作要规范化;不得违规操作;为什么是这样做,而不是那样做;应该注意些什么。而与之对应的那些所强调的内容要点就分别是指标:动手操作能力、遵守操作规程、思维能力和观察能力的考评点。如:移液管的使用,有些学生能迅速掌握操作要领,吸液超过刻度线、放气定位(刻度)顺利。而个别学生无论如何:或吸液次次不过刻度线,或放气定位连续失败。显然,这是动手操作能力的一个测评点。又如:移液管上有标签: $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 。某生却直接用其来移液 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 。显然,这又是一个考评点。而该生在遵守操作规程、思维能力和观察能力这三个指标上,分别都要得负分。指标解决问题能力的考评点是随机的,需要在长期的实验指导课堂上勤观察、勤注意、点滴积累。如:密闭系统减压蒸馏,用来调节仪器装置内压的长颈毛细管,由于长度不够规格,插入距烧瓶底 2mm 左右时(否则起不到防暴沸和气泡搅拌作用),其外露上端就进入烧瓶内。而该上端的关键是还要连接夹一螺旋夹的橡皮管,用来调节内压。某生采用橡皮管套接法,在该毛细管上端外又套接了一玻璃管,使其长度增长而露出了胶塞外,并在露出端连接了夹有螺旋夹的橡皮管,解决了调节内压问题,其思想与技巧具有一定创造性,应得满分。限于篇幅,这里将部分人们误认为是“无所谓”,常被忽略的一些基本操作的测评标准列于表4,以供参考。表中,各指标的考评点及其数目的多少(含表中空白处),可根据具体实验内容确定。

表4 部分实验操作中各指标的考评点

指标操作	观察能力	思维能力	动手操作能力	解决问题能力	现象与数据记录	遵守操作规程
搅拌棒的使用	与动手操作能力相同	与动手操作能力相同	1. 搅拌棒长短适中,搅拌时手腕转动,不碰器壁 2. 用棒转移溶液后,将棒上所沾成分设法转移至容器中			1. 用前洗涤,风干或烘干机烘干。不得用滤纸和抹布擦干 2. 用后不乱放,以防玷污
pH纸的使用	与动手操作能力、现象与数据记录相同	与动手操作能力、现象与数据记录相同	1. 手拿试纸一角,或将试纸放在干净玻片上,用蘸有待测液的玻璃棒点触试纸中部,湿润,显色 2. 与标准色阶比较,30s内完成为准		1. 广泛pH纸,pH值 $4\sim 5$,勿记为4.5 2. 精密pH纸,若色板间隔 ± 0.5 只能记为4.0,4.5,5.0等	1. pH纸不得浸入被测液或滴液在pH纸上,以防洗走色素 2. 与标准色阶比色,不得超过30s
量筒的使用	与动手操作能力、现象与数据记录相同	1. 根据误差要求选用不同量程的量筒 2. 与动手操作能力相同	1. 往量筒倾液的方法: ①倾注法②漏斗法:10mL量筒口径太小,直接倾注易流出筒外 2. 定位:加液至所取刻度约5mm改用滴管滴加 3. 定位失败,超过所取刻度改正法:用滴管吸液至刻度,但吸液不得放回原试剂瓶		1. 读数:视线与月面相切 2. 不同容量的量筒的有效数字记录	1. 用前洗涤的次序与原则 2. 不做实验(溶解、稀释)容器使用 3. 不量取热液
漏斗与滤纸的密合	与动手操作能力相同	与动手操作能力相同	1. 滤纸的铺贴是否整齐、规则 2. 滤纸是否撕角 3. 有无气泡。另外,布氏漏斗的滤纸要小于漏斗内径,而恰好掩盖住漏孔	1. 连废三张滤纸 2. 滤纸搓起毛屑。二者均为解决问题能力差		