



职业技术·职业资格培训教材

化学分析工

HUAXUE FENXIGONG

五级 第2版

人力资源和社会保障部教材办公室
中国就业培训技术指导中心上海分中心 组织编写
上海市职业技能鉴定中心



中国劳动社会保障出版社



职业技术·职业资格培训教材

化学分析工

HUAXUE FENXIGONG

五级 第2版

主 编	张永清			
编 者	张永清	翁宇静	黄 虹	李 敏
	陈兴利	范学超	张卫群	
主 审	盛晓东			



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学分析工：五级/人力资源和社会保障部教材办公室，中国就业培训技术指导中心上海分中心，上海市职业技能鉴定中心组织编写. —2版. —北京：中国劳动社会保障出版社，2013

1+X 职业技术·职业资格培训教材

ISBN 978-7-5167-0401-1

I. ①化… II. ①人…②中…③上… III. ①化学分析-技术培训-教材 IV. ①065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 285386 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.75 印张 4 彩插页 406 千字

2014 年 1 月第 2 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定价：48.00 元

读者服务部电话：(010) 64929211/64921644/84643933

发行部电话：(010) 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错，请与本社联系调换：(010) 80497374

我社将与版权执法机关配合，大力打击盗印、销售和使用盗版图书活动，敬请广大读者协助举报，经查实将给予举报者奖励。

举报电话：(010) 64954652

内 容 简 介

本教材由人力资源和社会保障部教材办公室、中国就业培训技术指导中心上海分中心、上海市职业技能鉴定中心依据上海 1+X 化学分析工（五级）职业技能鉴定细目组织编写。教材从强化培养操作技能，掌握实用技术的角度出发，较好地体现了当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握化学分析工的核心知识与技能有直接的帮助和指导作用。

本教材在编写中摒弃了传统教材注重系统性、理论性和完整性的编写方法，而是根据本职业的工作特点，从掌握实用操作技能，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。全书内容分为 8 章，主要包括：基础知识，试样的采集和处理，实验室用水、化学试剂及溶液的配制，气体分析法，滴定分析法，仪器分析法，分析测试原始记录与数据处理，安全防护知识。各章着重介绍相关专业理论知识与专业操作技能，使理论与实践得到有机的结合。

为方便读者掌握所学知识与技能，每章后附有测试题及答案，并在所有章节结束后附有理论知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，供巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材可作为化学分析工（五级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供全国中、高等职业技术学校相关专业师生，以及相关从业人员参加职业培训、岗位培训、就业培训使用。

改版说明

《1+X 职业技术·职业资格培训教材——化学分析工（初级）》自 2005 年出版以来深受从业人员的欢迎，经过多次重印，在化学分析工职业资格鉴定、职业技能培训和岗位培训中发挥了很大的作用。

随着我国科技进步、产业结构调整、市场经济的不断发展，新的国家和行业标准的相继颁布和实施，对化学分析工的职业技能提出了新的要求。为此，人力资源和社会保障部教材办公室、中国就业培训技术指导中心上海分中心、上海市职业技能鉴定中心联合组织了有关方面的专家和技术人员，按照新的化学分析工（五级）职业技能鉴定目录对教材进行了改版，使其更适应社会发展和行业需要，更好地为从业人员和社会广大读者服务。

为保持本套教材的延续性，顾及原有读者的层次，本次修订根据教学和技能培训的实践以及化学分析工（五级）鉴定细目表，在原教材基础上进行了修改。新版教材在结构安排上作了调整，对旧标准、鉴定细目表和相关的技术内容进行了修订。将安全生产知识改写为安全防护知识，增补了防毒面具正确使用、消防器材的正确选用以及安全标志、化学危险品标志、气瓶颜色标志及工业管道的基本识别色等各类标志，并单列为第 8 章。在第 2 章试样的采集和处理中补充了采样单元位置的三种确定方法。在第 6 章仪器分析法中增加了新设备的介绍。理论知识考核模拟试卷和操作技能训练题根据新题库作了适当调整，使教材内容更广，更具有实用性。教材编写内容涵盖教学实训和化工分析实践的重点、难点，对化学分析工操作技能的学习和鉴定更具有针对性。

第 2 版教材由人力资源和社会保障部教材办公室、上海市职业技能鉴定中心负责组织编写。第 1 章由张永清、翁宇静、范学超编写，第 2 章由黄虹、张永清编写，第 3、5 章由李敏编写，第 4 章由黄虹编写，第 6 章由陈兴利、范学超编写，第 7 章由张永清、陈兴利编写，第 8 章由张卫群编写。在编写过程中得到有关组织和领导的支持与指导。在此，对给予帮助和支持的单位和个人表示衷心的感谢。

因时间仓促，教材中唯恐有不足和疏漏之处，欢迎读者及同人批评指正。

前 言

职业培训制度的积极推进,尤其是职业资格证书制度的推行,为广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力提供了可能,同时也为企业选择适应生产需要的合格劳动者提供了依据。

随着我国科学技术的飞速发展和产业结构的不断调整,各种新兴职业应运而生,传统职业中也愈来愈多、愈来愈快地融进了各种新知识、新技术和新工艺。因此,加快培养合格的、适应现代化建设要求的高技能人才就显得尤为迫切。近年来,上海市在加快高技能人才建设方面进行了有益的探索,积累了丰富而宝贵的经验。为优化人力资源结构,加快高技能人才队伍建设,上海市人力资源和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X培训与鉴定模式。1+X中的1代表国家职业标准,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业的部分知识和技能要求进行的扩充和更新。随着经济发展和技术进步,X将不断被赋予新的内涵,不断得到深化和提升。

上海市1+X培训与鉴定模式,得到了国家人力资源和社会保障部的支持和肯定。为配合上海市开展的1+X培训与鉴定的需要,人力资源和社会保障部教材办公室、中国就业培训技术指导中心上海分中心、上海市职业技能鉴定中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的核心知识与技能,较好地体现了适用性、先进性与前瞻性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材内容的科学性及与鉴定考核细目以及题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,使读者通

过学习与培训，不仅有助于通过鉴定考核，而且能够有针对性地进行系统学习，真正掌握本职业的核心技术与操作技能，从而实现从懂得了什么到会做什么的飞跃。

职业技术·职业资格培训教材立足于国家职业标准，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核，以及高技能人才培养提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

人力资源和社会保障部教材办公室
中国就业培训技术指导中心上海分中心
上海市职业技能鉴定中心

目 录

● 第1章 基础知识

第1节 无机化学基础知识	2
第2节 有机化学基础知识	27
第3节 化验室常用仪器、设备	52
测试题	76
测试题答案	78

● 第2章 试样的采集和处理

第1节 采样概述	82
第2节 采样的器具	83
第3节 采样单元数和采样单元位置的确定	89
第4节 采样数量和样品的储存	93
第5节 采集样品的方法	94
第6节 固体样品的处理	99
第7节 采样安全	104
第8节 技能训练	105
测试题	108
测试题答案	110

● 第3章 实验室用水、化学试剂及溶液的配制

第1节 实验室用水	112
-----------------	-----

第2节 化学试剂	113
第3节 溶液的配制	116
第4节 技能训练	119
测试题	122
测试题答案	123

● 第4章 气体分析法

第1节 气体分析概述	126
第2节 气体分析仪——奥氏气体分析仪	127
第3节 常量气体分析法	130
第4节 技能训练	133
测试题	135
测试题答案	136

● 第5章 滴定分析法

第1节 滴定分析法概述	140
第2节 标准滴定溶液的配制与标定	143
第3节 酸碱滴定法	147
第4节 玻璃计量器具的使用和校正	160
第5节 技能训练	170
测试题	177
测试题答案	179

第6章 仪器分析法

第1节 概论	182
第2节 可见吸收光谱法	185
第3节 气相色谱法	196
第4节 电位分析法	224
第5节 技能训练	243
测试题	246
测试题答案	249

第7章 分析测试原始记录与数据处理

第1节 分析测试原始记录	252
第2节 数据的处理	256
测试题	271
测试题答案	273

第8章 安全防护知识

第1节 化工安全生产任务	276
第2节 危险货物的安全管理	279
第3节 化工安全用电	284
第4节 防毒面具的正确选用	286
第5节 实验室消防器材的正确选用	293



第6节 各类标志	303
第7节 技能训练	311
测试题	312
测试题答案	314
理论知识考核模拟试卷（一）	315
理论知识考核模拟试卷（二）	321
理论知识考核模拟试卷（一）答案	327
理论知识考核模拟试卷（二）答案	328
技能考核模拟试卷（一）	329
技能考核模拟试卷（二）	332

● 附录

附录一 随机数表	335
附录二 禁止标志	337
附录三 警告标志	339
附录四 指令标志	341
附录五 提示性标志	342
附录六 危险化学品标志	343
附录七 消防标志	344

T

第 1 章

基础知识

- 第 1 节 无机化学基础知识 /2
- 第 2 节 有机化学基础知识 /27
- 第 3 节 化验室常用仪器、设备 /52



学习目标

- 了解无机化合物的组成、变化、分类及物质测量中常用的量。
- 了解有机化合物的组成、变化、分类、命名及物理和化学性质。
- 了解分析测试实验室常用的仪器和设备的种类、规格、使用范围和方法，以及使用和维护保管的注意事项。
- 熟悉化学分析中常用的溶液的概念、名词术语及浓度表示方法和计算。
- 掌握化学反应类型和化学反应方程式的书写与配平。

第1节 无机化学基础知识

化学是一门研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。日常生活中遇到的如铁生锈、煤燃烧等现象或过程都是化学研究的对象。

化学是研究物质及其变化的一门科学，所以从物质开始介绍。

一、物质

概括地说，物质是独立存在于人的意识之外，作用于人们感官而引起感觉的东西。具体地说，人们周围的一切物体都是由物质构成的，世界是由物质构成的，物质又是在不断运动和变化的，绝对静止、不运动的物质是没有的，而离开物质的运动也是不存在的。

1. 物质的组成

肉眼可见的物体是由大量的、不断运动着的微粒组成的。化学中讨论的微粒主要是分子、原子、离子。

(1) 分子。如果把一粒蔗糖不断分割，不论将糖分得多么小，糖还是甜的，所以把能独立存在并保持原物质的化学性质的最小微粒称为分子。

研究分子的理论称为分子论，其主要内容如下：

- 1) 物质是由分子构成的。
- 2) 同种物质的分子性质相同，不同物质的分子性质不同。
- 3) 分子是在不断运动的，物质中分子与分子之间有一定的间隔。

(2) 原子。组成物质的最小微粒是分子，而分子又是由原子组成的。如在非氧化性气氛中将一粒糖加热，糖变成了碳，说明糖分子是由更小的微粒组成的。通常把组成分子的

更小微粒称为原子，原子是参加化学反应的最小微粒，也可以说是不能用化学反应方法再分的微粒。

原子由更小的微粒组成。原子的中心是一个由质子和中子组成的核，称为原子核。核中质子带正电荷，中子不带电荷，所以原子核带正电荷。核外电子围绕着核不断运动。原子的质量几乎全部集中在核上。质子和中子的质量几乎相等，都等于1个原子量单位，而电子的质量可忽略不计。每个质子带1个正电荷，每个电子带1个负电荷，由于原子中质子数和电子数是相等的，所以原子是电中性的。原子中的电子分布在不同电子层中，围绕原子核运动。原子中核内的质子数及最外电子层的电子数对原子的化学性质影响最大。

(3) 离子。带电的原子或原子团称为离子，带正电荷的离子称为阳离子，如 Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+ 等，带负电荷的离子称为阴离子，如 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 等。

原子和离子性质完全不同，如 Na^+ 和 Na 的性质是完全不同的。

(4) 元素。元素是原子核内质子数相同的同一类原子的总称。如 Na 和 Na^+ 核外电子数不同，但核内质子相同，所以 Na^+ 和 Na 都是钠元素。

原子核内质子数相同，中子数不同的原子互称同位素。如碳原子内质子数有6个，但中子数却有三种，分别为6个、7个、8个，称为 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C ，是碳的三种同位素。

元素在自然界的存在状态有两种，以单质状态存在的称为游离态，以化合物状态存在的称为化合态。

原子和元素是两个不同的概念，例如水 (H_2O)，可以说水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的，但不能说成是两个氢元素和一个氧元素组成的，如果用元素来表达只能说水是由氢、氧两种元素组成的。

2. 物质的变化

物质是在不断变化着的，物质变化遵循一定的规律。物质有两个特性：一是物质都有质量；二是物质都具有能量。物质变化遵循的规律是：物质不论发生什么变化其总的质量和总的能量是不变的，也就是质量守恒定律和能量守恒定律。

物质的变化分为物理变化和化学变化两类。

(1) 物理变化。如物体形状的变化；热胀冷缩；物质状态的变化如气、液、固三态，这些都是物理变化。其特点是变化前后没有新的物质、新的分子产生。一块铁经热胀冷缩后还是铁，水不论其在气态、液态、固态，分子还是 H_2O ，所以将没有新的物质产生的变化称为物理变化。

(2) 化学变化。如碳燃烧、铁生锈，这类变化使一种物质变成另一种物质，其特点就是变化前后有新的物质或新的分子产生，将物质的这类变化称为化学变化。

综上所述，物理变化和化学变化的本质区别就在于物质变化前后有无新的物质、新的



分子生成。

3. 物质的分类

(1) 纯净物和混合物。由同种分子组成的物质称为纯净物，由不同种分子组成的物质称为混合物，但世界上绝对纯的东西是不存在的，所谓“金无足赤”，所以纯都是相对的，不纯是绝对的。

(2) 有机物和无机物。在化学发展早期，把只有生命体才能制造的物质称为有机物，其他的物质称为无机物。现在有机物早就不是只有生命体才能制造的，但这类物质的组成、结构、性质确实与无机物存在很大的差别。所以，仍保留有机物和无机物的分类。碳氢化合物及其衍生物称为有机（化合）物。除有机物以外的所有物质（也包括所有元素的单质）都称为无机物。

(3) 单质和化合物

1) 单质。单质是由同种元素组成的物质。如氧气、氮气、铁、钠等都是单质，而单质又可分为金属和非金属。金属一般有光泽、能导电，除汞外常温下都是固体。非金属没有金属的那些性质，如非金属一般不能导电。常温下非金属为气体、固体，只有溴是液体，但实际上金属和非金属没有严格的界限，有许多元素的单质是介于金属和非金属之间的。

2) 化合物。化合物是由两种或两种以上元素组成的物质。如水、硫酸、尿素。

(4) 无机化合物的分类。无机化合物一般可将其分成氧化物、酸、碱、盐四类。

1) 氧化物。它是由两种元素组成，其中之一是氧元素的化合物，如 H_2O 、 CO_2 、 Fe_2O_3 等，而 HNO_3 、 Na_2CO_3 等分子虽由氧元素及另外两种或更多种元素组成，但只能称为含氧化合物，不能称为氧化物。氧化物按其性质分成以下四种：

①酸性氧化物。能与碱反应生成盐和水的氧化物。酸性氧化物大多数是非金属氧化物，如 CO_2 、 SO_2 等，但也有一些是金属的高价氧化物，如 CrO_3 就是酸性氧化物，溶于水生成铬酸。

②碱性氧化物。能与酸反应生成盐和水的氧化物。碱性氧化物都是金属氧化物，如 Na_2O 、 CaO 等。

③两性氧化物。既能与酸也能与碱反应生成盐和水的氧化物。两性氧化物有很多，常见的两性氧化物有 Al_2O_3 和 ZnO 等。

④不成盐氧化物。以上所讲的氧化物都能和酸或碱反应生成盐，而有一类氧化物不能和酸或碱反应，不能生成盐，这类氧化物有 CO 、 NO 。

2) 酸、碱有不同的定义，常用电离理论来定义酸和碱。

①酸的定义。电离出来的阳离子全部是氢离子的物质称为酸。

②酸的性质。酸具有酸的通性，如和碱反应生成盐和水等。

③酸的分类。酸可按其分子中是否有氧元素分为含氧酸（如 HNO_3 、 H_2SO_4 ）和无氧酸（如 HCl 、 HF ）。

④酸的命名简介

a. 无氧酸。分子由两种元素构成，一种是氢，称为氢某酸，如 H_2S 的水溶液称为氢硫酸， HBr 的水溶液称氢溴酸，但 HCl 的水溶液例外，称为盐酸。

b. 含氧酸。分子由三种元素组成，常根据除氢、氧外第三种元素命名，称某酸，如 H_2CO_3 称为碳酸、 H_2SO_4 称为硫酸，但 HNO_3 例外，称为硝酸。另外根据含氧酸分子失水不同又称为焦某酸、偏某酸，如 H_3PO_4 磷酸。两分子磷酸失去 1 分子水生成 $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 称为焦磷酸，如 1 分子 H_3PO_4 失去 1 分子水生成 HPO_3 称为偏磷酸。根据第三种元素化合价的不同命名为高某酸、亚某酸、次某酸，如 HClO_4 称为高氯酸， HClO_3 称为氯酸， HClO_2 称为亚氯酸， HClO 称为次氯酸等。

3) 碱

①碱的定义。电离出来的阴离子全部都是氢氧根离子的物质称为碱。

②碱的性质。碱具有碱的通性，如和酸反应生成盐和水等。

③碱的组成。在无机化合物中除氨水外，碱都是金属的氢氧化合物，但氢氧化合物中有一部分是两性的，它既有酸性也有碱性，如 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。实际上具有两性的氢氧化合物还有很多，因为含氧酸和碱的氢氧化合物从结构上看，都是 $\text{R}-\text{O}-\text{H}$ 。这类物质的酸碱性取决于 R 和氧之间的结合力大小，如 R 与氧结合力大，那么分子就把氢离子电离出来呈酸性，如 R 和氧之间结合力小，那么就使氢氧根离子电离出来呈碱性。

④碱的命名简介。以氢氧根离子在前，加上“化”及与碱相结合的金属离子（除氨离子外）来命名。如 NaOH 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 NH_4OH 分别命名为氢氧化钠、氢氧化镁、氢氧化铝、氢氧化铵。

4) 盐

①盐的定义。电离出来的阳离子有金属离子（铵盐除外）、阴离子有酸根离子的化合物称为盐。

②盐的性质。盐是酸和碱中和反应的产物，但盐不一定是中性的。盐可以和酸、碱、金属等发生反应。

③盐的分类。根据盐分子中是否有氧元素，分为含氧酸盐（如 KNO_3 硝酸钾）及无氧酸盐（如 BaS 硫化钡），又据电离出来的离子中是否有氢离子或氢氧根离子，又可分为酸式盐和碱式盐，如 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 碱式碳酸铜是碱式盐， KHSO_4 硫酸氢钾是酸式盐。但要注意碱式盐不一定是碱性的，同样酸式盐也不一定是酸性的。



还可分为复盐〔含有两种阳离子或两种阴离子的盐,如 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 碱式碳酸铜〕和络盐〔含有络离子的盐,如 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 铁氰化钾〕。

④盐的命名简介。以酸根离子在前,加上金属(阳)离子或加上“化”和金属(阳)离子(除氨离子外)来命名。如 CaCO_3 命名为碳酸钙、 NaCl 命名为氯化钠等。

4. 物质测量中常用的量

(1) 质量。它是物体本身的一种属性,物理学上将质量定义为表示物体惯性大小的物理量,在化学中用来表示物体中所含物质的多少,它的单位是千克(kg),在分析化学中常用的是克(g)、毫克(mg)。它们的关系如下:

$$1\text{ kg}=1\ 000\text{ g}\quad 1\text{ g}=1\ 000\text{ mg}$$

(2) 体积。体积是物体占有空间的大小,它的单位是立方米(m^3),在分析化学中常用的单位是升(L)、毫升(mL)。三者的关系如下:

$$1\text{ m}^3=1\ 000\text{ L}\quad 1\text{ L}=1\ 000\text{ mL}$$

测量气体、液体物质的量时,用体积来表示更为方便,但物体的体积是随温度、压强而变化。

(3) 密度。密度是每单位体积中含有物质的质量,单位是千克每立方米(kg/m^3),也常用克每立方厘米(g/cm^3),对气体还常用(g/L)表示。三者的关系如下:

$$1\text{ kg}/\text{m}^3=10^{-3}\text{ g}/\text{cm}^3\quad 1\text{ g}/\text{cm}^3=10^3\text{ g}/\text{L}$$

由于物质的体积大小与温度及压强有关,所以在不同的温度及压强下测得的同一物质的密度是不同的。

(4) 温度。温度是用来表示物体冷热程度的物理量。从微观来看,温度是表示物体中分子无规则运动的快慢,物体中分子无规则运动的速度快,温度就高,反之就低。

常用的温度数值表示法有摄氏温标和开氏温标(也称为绝对温度)。

摄氏温标规定在压强等于 101 325 Pa 时将水的冰点与沸点的温差进行 100 等分,每份记作 1°C 。并规定水的冰点为 0°C ,沸点为 100°C ,摄氏温标记作“t”,单位是“ $^\circ\text{C}$ ”,如某物体的温度是 10 摄氏度,可记作 10°C 。

开氏温标又称绝对温标,开氏温标记作“T”,单位是“K”。如水的冰点是 0°C ,而开氏温标是 273.15 K,如不要求十分精确可用 $T=273+t$ 来换算。

(5) 压强。表示物体单位面积上受压力的大小,单位是牛顿每平方米(N/m^2),称为“帕”,用符号 Pa 表示。它和标准大气压(atm)的关系是 $1\text{ atm}=101\ 325\text{ Pa}\approx 1.013\times 10^5\text{ Pa}$ (或 101.3 kPa)。

(6) 相对原子质量和相对分子质量

1) 相对原子质量。原子虽小但也有一定的质量,如 1 个 ^{12}C 原子的质量为 $1.993\times$