

农业分析化学

江苏省农业专科学校編
农业分析化学教研組

农业专科学校试用教材

农业分析化学

江苏省农业专科学校编
农业分析化学教材编写组

江苏省书刊出版业营业登记证出〇〇一〇

江苏人民出版社出版

南京湖南路十三号

江苏省新华书店发行 无锡人民印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13 7/8 字数 307,000

一九六一年七月第一版

一九六一年七月南京第一次印刷

印数 1-4,500

目 录

前 言.....	1
引 言.....	2

第一編 通 論

第 一 章 定量分析概述.....	3—9
-------------------	-----

第一节 定量分析.....	3
第二节 定量分析的准确度和精密度.....	5
一、誤差.....	5
二、准确度和精密度.....	5
三、有效数字及其保留.....	7

第 二 章 重量分析.....	10—34
-----------------	-------

第一节 分析天平.....	10
一、天平的构造.....	10
二、砝碼.....	11
三、天平的另点及平衡点.....	12
四、天平灵敏度的测定.....	12
五、使用天平規則.....	14
六、天平的称量法.....	15
七、天平的其他类型.....	16
第二节 重量法.....	18
一、試样的称取.....	19
二、称出样的溶解.....	20
第三节 沉淀作用.....	20
一、沉淀剂的选择.....	20
二、沉淀剂的用量.....	21
三、沉淀的条件.....	22
四、連帶沉淀.....	24
五、沉淀的过滤和洗涤.....	25
六、沉淀的干燥与灼燒.....	28
第四节 重量分析計算.....	29
第五节 重量分析实例.....	31

一、土壤水分(吸湿水)的测定	31
二、过磷酸钙中水溶性磷酸的测定	32
第三章 容量分析	33—84
第一节 刻度容器	35
第二节 容量分析原理	37
一、滴定反应和等当点	37
二、容量分析的实质	39
三、容量分析计算	40
四、标准溶液的制备	42
第三节 中和法	44
一、酸碱滴定过程中溶液 PH 值的变化及滴定曲线	44
二、酸碱指示剂及其选择	48
第四节 中和法实例	53
一、酸碱标准溶液的制备和标定	53
二、食醋总酸量的测定	57
三、铵盐中氮的测定	57
四、2,4-D 含量的测定	58
第五节 氧化还原法	59
一、氧化势	59
二、氧化还原滴定曲线	61
三、氧化还原指示剂	62
四、氧化还原法分类	64
第六节 沉淀滴定法	74
一、沉淀滴定法概述	74
二、沉淀滴定法实例	77
第七节 络合物形成法	78
一、络合物形成法概述	78
二、络合物形成法实例——钙和镁的测定	81
第四章 仪器分析	85—98
第一节 比色分析	85
一、比色分析的基本原理——郎伯—比耳定律	85
二、视式比色计比色法	87
三、光电比色计	89
第二节 浊度分析	93
一、浊度分析基本原理	93
二、浊度分析中应注意事项	93
第三节 火焰光度计	94

一、光源.....	94
二、单色器.....	95
三、光度计.....	95
第四节 电位分析.....	97

第 二 編

第五章 样品采集与制备.....	98—104
------------------	--------

第一节 土壤样品的采集与制备.....	99
一、土壤样品的采集.....	99
二、土壤样品的制备.....	100
第二节 植物样品的采集与制备.....	101
一、植物样品的采集.....	101
二、植物样品的制备.....	102
第三节 肥料样品的采集与制备.....	102
一、化学肥料.....	102
二、有机肥料.....	103
第四节 植物干物质（或水分）及灰分的测定.....	103
一、植物干物质（或水分）的测定.....	103
二、植物灰分的测定.....	103

第六章 氮的分析.....	105—120
---------------	---------

第一节 氮的存在形态与分析意义.....	105
一、氮在土壤中存在形态与分析意义.....	105
二、氮在植株中存在形态与分析意义.....	103
三、氮在肥料中存在形态与分析意义.....	108
第二节 分析方法.....	107
一、经典开氏法.....	107
二、氮的微量测定法.....	110
三、奈氏试剂比色法.....	111
第三节 土壤、肥料、植物中氮的测定.....	111
一、植物中蛋白质氮和非蛋白质氮的测定——开氏法.....	111
二、土壤全氮量测定——微量开氏法.....	113
三、有机肥料中全氮量测定——开氏法.....	114
四、土壤中速效性氮的提取测定.....	116
五、肥料中速效性氮的测定.....	119

第七章 磷的分析.....	121—132
---------------	---------

第一节 磷的存在形态与分析意义	121
一、土壤中磷的存在形态与分析意义	121
二、植物中磷的存在形态与分析意义	121
三、肥料中磷的存在形态与分析意义	122
第二节 分析方法	123
一、磷钼酸铁法(容量法)分析磷含量	123
二、磷的比色测定	124
第三节 土壤、肥料、植物中磷的测定	125
一、土壤中速效性磷的测定——钼蓝法	125
二、植物中全磷量的测定——钼黄法	128
三、肥料中有效磷及全磷量的测定——容量法	131
第八章 钾的分析	133-141
第一节 钾在土壤、植物、肥料中存在形态与分析意义	133
一、钾在土壤中存在形态与分析意义	133
二、钾在植物中存在形态与分析意义	133
三、钾在肥料中存在形态与分析意义	134
第二节 分析方法	134
一、亚硝酸钴钠法(容量法)	134
二、火焰光度法	135
三、亚硝酸钴钠比浊法	136
四、酒石酸测定法	137
第三节 土壤、肥料、植物中钾的测定	137
一、土壤速效性钾的测定——比浊法	137
二、植物或厩肥中全钾量测定——容量法	138
三、土壤及厩肥中速效性钾测定——火焰比色法	139
四、草木灰中钾的测定	140
五、钾肥中钾的测定——酒石酸测定法	141
第九章 植物中脂肪及碳水化合物的分析	142-150
第一节 种子和果实中油分的分析	142
一、分析意义	142
二、油分含量的测定原理	143
三、测定步骤	144
第二节 植物粗纤维测定	144
一、分析意义	144
二、分析原理	145
三、分析步骤	145
第三节 植物中还原糖蔗糖和淀粉的测定	145

一、分析意义	145
二、植物中还原糖的测定	146
三、植物中蔗糖的测定	152
四、植物中淀粉的测定	155
第十章 植物組織速測	159-161
第一节 分析意义	159
第二节 分析方法	160
一、样品采集	160
二、样品制备	160
三、分析项目	160
第十一章 土壤代換量、代換性盐基和酸度的測定及石灰需要量計算	162-170
第一节 土壤代換量及代換性盐基的測定	162
一、分析意义	162
二、分析原理	162
三、分析步骤	163
第二节 土壤酸度測定	165
一、分析意义	165
二、土壤酸度測定	166
第三节 土壤石灰需要量的計算	168
一、分析意义	168
二、石灰需要量計算	168
三、石灰需要量直接測定法	169
第十二章 土壤可溶性盐的分析	171-174
第一节 分析意义	171
第二节 分析方法	171
一、溶液的提取	171
二、全盐量測定	172
三、阴离子的分析	172
附 录	175-213
一、国际原子量表	176
二、各种試制配制法	176
三、分子量表	178
四、常用的还原剂及氧化剂的分子量及当量	180
五、重量分析的因数	181
六、容量分析的当量	182
七、根据灼燒物体的顏色决定温度 (°C)	183

八、强酸及强碱溶液的比重 (15°C)	183
九、酒精的浓度与比重 (20°/4 °C)	184
十、在不同温度下水蒸汽的压力 (水银柱毫米数)	185
十一、标准筛孔对照表	186
十二、油饼类肥料养分含量表	187
十三、绿肥类肥料养分含量表	188
十四、其他植物性肥料养分含量表	189
十五、蒿秆类肥料养分含量表	190
十六、垃圾、堆肥、草塘泥、烧土、燠土类养分含量表	190
十七、河、塘、沟泥类养分含量表	191
十八、墙土、脚泥、厩舍底泥等泥肥类养分含量表	191
十九、粪尿、厩肥及土粪类养分含量表	192
二十、其他动物性杂肥养分含量表	193
廿一、骨肥 (干物) 养分含量表	194
廿二、灰肥类养分含量表	195
廿三、矿质肥料成分表	195
廿四、各种下脚废气养分含量表	197
廿五、农产物养分含量表	198
廿六、用糖溶液滴定一定体积的铜试剂时的计算因素表	200
廿七、测定葡萄糖、转化糖、麦芽糖和乳糖的表	201
廿八、对数表	209

前 言

本书是江苏省农业专科学校試用教材，內容分通論和各論二篇，通論部分敘述有关定量分析的基本原理和操作实例，包括重量分析、容量分析、仪器分析。各論部分为土壤、植物和肥料氮、磷、鉀的分析，植物中油脂及碳水化合物的分析，植物組織速測、酸度及可溶性盐的測定。

本书在江苏省农业厅、教育厅领导下本省南京、盐城、淮阴农业专科学校教师于南京农学院党委领导和农化教研組具体指导下，于1960年夏季完成初稿；在这次出版前做了部分修改和补充。

限于編者的政治水平、业务水平，內容方面仍会存在不少的缺点甚至錯誤，希各校在采用过程中，提出意見，便于进一步修正。

江苏省农业专科学校农业分析化学教材編写組

1961年5月

引 言

植物是太阳能的“仓库”，是太阳能的一种珍奇的贮藏器，我们可以把植物比做一个化学“工厂”，在这个工厂的车间里，每天都在制造着蛋白质、脂肪、碳水化合物和其他许多复杂的化合物。农作物的产量决定于光合作用。K. A. 季米里亚席夫不止一次地强调指出，为了弄清楚植物需要什么必须通过用植物进行试验的方法征求植物本身的“意见”。植物分析就在很大程度上帮助我们达到这一目的。不同生长发育阶段植物体中营养元素含量的分析指出了各种营养元素对植物的生长发育的功用不同，不同作物对于土壤中营养物质的质与量的要求不同，以及指出一种作物在其不同生长时期对于营养元素的需要量也是不一样的。根据这些方面的分析结果就有可能说明植物的营养状况。从而为控制植物生育期中的营养条件给出了科学的依据。

施肥是增加农作物收获量的极重要的方法，但不考虑到土壤中能为植物利用的营养物质的贮存情况，就不可能做到合理施肥，而将肥料施在真正实际需要的地方。所以土壤养分的测定是农业分析中一个不可缺少的组成部分。农业的实践早已证明了，如果我们利用农业分析的方法来研究土壤，我们就能更经济地利用土地和更有效地施用肥料。

要提高农产品产量，必须贯彻“农业八字宪法”看天、看地、看苗、巧施肥是我国千百年来农民辛勤劳动长期实践积累的經驗結晶。取得水稻丰产的陈永康“三黄三黑”肥水技术即是証明。总结这些丰富而珍贵的农业生产經驗，从而提高到理論上来以发展农业科学，为农业生产提供必要的基本資料，必须依靠农业分析化学。

肥料分析首先是确定肥料中某一营养物质含量的百分数，并根据分析的目的，或者测定该物质的总含量，或者是测定它有效成分的含量。其次它又以此檢定矿物质肥料符合于规定标准的程度；这不但是施肥数量的依据，同时也是决定肥料价值的依据。至于有机肥料的分析，可以了解它在堆积贮存中的变化，从而可能改进贮存的方法，以减少养分的损失。当然，分析的结果同样也说明了有机肥料的品质。

本课程根据教改精神，加强基础课教学，理論联系实际，使基础课联系专业，为专业课服务，提高教育质量，适当精减学时，故将原分析化学的定量部分和土壤肥料分析、植物分析合并，而将与农业关系較少的定性分析化学不作专题编写，着重讲授分析化学中的定量部分，要求掌握有关分析基本理論及分析操作技术，以便为专业分析打下牢固的理論基础和掌握操作技术，以揭露和深入的認識土壤肥料作物間相互关系的本质，从而进行正确的农业措施調节植物的营养条件以达到最大限度地增加农业生产为目的。

第一編 通 論

第一章 定 量 分 析

第一节 定 量 分 析

分析化学主要可以分为两个部分：定性分析和定量分析。定性分析化学的任务是鉴定物质的定性组成，亦即检出化合物或混合物是由何种元素或离子所组成的；而定量分析的任务是准确地测定物质中各组份的含量。

在一般分析工作中，定性分析必先于定量分析。因为只有知道样品中含有什么成分后，才能进行定量测定。然而，很多样品（例如植物、土壤、肥料、农牧产品等）的定性组成是已知的，因此，在做定量分析时毋须再作定性分析，直接就可以选择测定某一成分的最适当的定量方法。

定量分析的方法几乎是离不开称量，因此定量分析方法的发展首先是与天平的改进有很大的关系。随着实验物理学和精密机械学的发展，在十九世纪末期就已经能够制造现代的分析天平，可以准确地称量到0.1毫克，这就大大地扩展了定量分析的应用范围。到二十世纪初，出现了微量天平和超微量天平，称量的准确度可以达到0.001和0.0001毫克，使我们有可能取用极少量的试样来进行定量分析。

因此，定量分析可以按照所用样品的量而分为常量（固体样品用量在100毫克以上或液体样品在几十毫升以上），半微量（固体样品用量在10—100毫克或液体样品在几毫升），微量（固体样品用量在0.01—10毫克或液体样品在十分之几毫升）和超微量（固体样品用量在0.01毫克或液体样品0.1毫升以下）等方法。当然，这些方法中样品的用量不同，操作方法和使用的仪器也就不一样。

定量分析又可以按照测定的方法（包括所根据的原理和具体操作的方式）的不同，分为化学分析法和物理及物理化学分析法。

化学分析法，都是根据已知的，能定量完成的化学反应进行的。由于采取的测定方法不同，又可以分为下列三种方法：

重量分析法：这个方法是试剂与被测定物质的溶液起反应，生成不溶化合物而析出，经过适当处理（过滤洗涤，干燥和灼烧等），称其重量，而求出被测组分的含量。测量是用分析天平的称量方法。

容量分析法：这个方法是根据与被测定物质的溶液起反应所需试剂（标准溶液）溶液的体积的测量，计算被测组分在样品中的含量。容量分析又可以按照所用化学反应的类型不同而分为两类：一类是离子结合的反应（包括中和法、沉淀滴定法、络合物滴定法）

而在各組成元素中沒有價的變化；另一類是離子或元素間電子轉移的反應（氧化——還原法）。

氣體分析法：這個方法是利用試劑與被分析的氣體起反應並使吸收，因而引起體積的變化，由這變化可以推測氣體的組成，這叫做氣體吸收定量法。此外，在被測定的氣體的組成被某種試劑吸收後，也可以利用與適當試劑的反應作容量分析，或利用重量的增加或形成沉淀而進行重量測定。

物理和物理化學分析法：這一類定量分析方法是根據物質的物理性質，特別是物質的光學和電學的性質進行的。很多物理性質（例如顏色、密度、光譜、導電度等）與物質的濃度成簡單的數學關係，因此可以用簡捷的方法測定被測組分的含量。這類方法往往須借特种儀器之助，所以也稱為儀器分析。其主要內容有光學分析法和電化學分析法。例如光學分析法是應用光通過樣品溶液被吸收後所減弱的強度來測定其含量，或利用樣品所放射或散射的光的強度來測定其含量，如比色法利用波長範圍相當大的可見光被有色溶液所吸收的數量來測定該溶液的含量。在電化學分析法中如電位滴定法、電導滴定法，它的滴定終點是隨著標準溶液的加入，引起試液的電導度的改變或借兩電極間電動勢的改變而確定的。可不必要借助於指示劑，有利於目前無法找到適當指示劑的滴定及深色的滴定溶液的樣品分析。

近來，儀器分析有很大的發展，這是由於這些方法靈敏度高，能夠測定含量極少的組分，而且分析的操作簡便，分析十分快速，也有一定的準確度。然而，幾乎所有的物理和物理化學分析法，都必須把未知物的分析結果與已知標準作比較，而所用的標準則常需用化學分析方法測定之。因而並不能因此降低化學分析法的作用。儀器分析只能補充而不能完全代替化學分析。

必須知道，同一種物質的分析可以選用幾種方法中的任何一種。例如鐵的測定可以用重量法、容量法，也可以用比色法或電化學分析法等。另一方面，對於複雜物質的分析並不是用一種方法所能解決的。例如，土壤的全量分析，一般用重量法測定 SiO_2 ， R_2O_3 （包括 Fe_2O_3 ， Al_2O_3 ， P_2O_5 ， TiO_2 等的總量） CaO ， MgO ， SO_3 ， $\text{KCl} + \text{NaCl}$ ， K_2O 等等，用容量法測定 Fe_2O_3 ， P_2O_5 （有時也測定 CaO ， MgO ， K_2O ）；用比色法測定 TiO_2 ， P_2O_5 ， Mn_3O_4 等；用求差法計算 Al_2O_3 ， Na_2O ，因此定量分析的各種方法不是孤立的，而是結合成一個整體的。我們不但要學會分析的操作技術和原理，並且還應該善於選擇適當的分析方法。

最後必須指出，在進行定量分析工作時，應該抱着嚴肅、認真、細心，實事求是的科學態度。因為我們分析所得的結果將被用於解決生產問題。任何草率從事，都會影響社會主義建設的速度和質量。此外，在學習本課程時，不僅限於課堂聽，實驗室做的方式，而且必須在學習和實際工作過程中不斷地向群眾虛心學習，吸取群眾的先進經驗和方法，鞏固提高所學得的知識，更好地為農業生產服務。

第二节 定量分析的准确度和精密度

一、误差:

定量分析同其它科学一样,所得结果不免有些误差。我们由测定得到的结果的数值和真实(准确的)数值的差数称为测量的误差。分析测量的误差愈小,定量分析的方法也愈准确。根据误差的性质和造成误差的原因,定量分析中的误差可分为系统误差和偶然误差两类:

系统误差:每次测量经常出现的误差,是由某些经常的原因造成的,其主要来源是:

1. 所用的仪器(天平、砝码、量具等),使用的方法和方法本身所引起的误差。
2. 试剂中可能含有杂质。
3. 不可避免的经常误差。例如沉淀有少量溶解,反应不完全等等。
4. 不可避免的操作误差,例如沉淀的丢失和沾污等。
5. 主观误差,例如溶液颜色的观察。测定结果不自觉的使和前一次接近等等。

无论重复测量多少次,系统误差是经常出现的,而且具有同一符号和差不多同样大小的数值。系统误差可以用适当办法使其减少,如进行仪器的校准,校正值的应用(例如溶解度和温度影响的校正),空白测定(在完全相同条件下,唯独不加样品的平行测定),对照测定(用已知含量的标准样品在完全相同条件下做的测定)等办法使误差减少。

偶然误差:由于偶然的原因而引起的误差,这类误差可能随时发生,并且是无法预知的,其误差的数值总是不相同的,符号也是可以不时改变的。偶然误差的来源主要是:

1. 砝码的偶然缺陷。
2. 测定时环境的温度,压力等的改变。
3. 工作中不够细心而产生的丢失和沾污等。

由于偶然误差,就会使几次重复分析的结果不相符合,为了减少偶然误差的影响,可以重复做几次分析,然后取其算术平均值。但是,如果在分析中有严重而显著的过失时,不能把它当作是偶然误差,这个分析结果应该废弃不能用于平均值的计算。

因此,任何分析均不能得到绝对准确的结果。但我们只要做到严格遵守操作步骤,注意各个条件(例如PH,浓度,温度等),这样就有可能使误差减少到最低限度,而使得到的结果具有最高的相对准确性,至少我们可以使误差减少到这种程度,就是使误差不致妨碍我们对结果的应用。

二、准确度和精密度:

分析化学工作者在研究分析数据时,主要就是判断测量结果的准确度(或叫正确性)。在定量分析中,测量的结果与真实数值符合的程度称为准确度。准确度是常以误差的大小来衡量的,亦即准确度可以用误差来表示。而误差有绝对误差和相对误差两种表示

方法。絕對誤差是實驗測得數值與真實數值的差數。相對誤差是絕對誤差在真實數值中所占的百分數。例如，稱量兩件物體的重量分別為1.7542克和0.1754克，它們的真實重量為1.7543和0.1755克，則稱量的絕對誤差分別為：

$$1.7542 - 1.7543 = -0.0001 \text{ 克};$$

$$0.1754 - 0.1755 = -0.0001 \text{ 克}。$$

從表面上看來，這兩個誤差的大小相等，兩次稱量的準確度似乎相同，實際上是不同的。因為同樣大小的絕對誤差，對於數值較大的測量結果來說所占的比例較小，其準確度較高。故在大多數情況下，需要知道的誤差並不是用絕對誤差，而是用相對單位表示的測量誤差——相對誤差或稱百分誤差。在上述兩例中，相對誤差分別為：

$$\frac{-0.0001}{1.7543} \times 100 = -0.0057\%$$

$$\frac{-0.0001}{0.1755} \times 100 = -0.057\%$$

顯然，從相對誤差可以看出，第一個結果比第二個結果準確度大10倍。

在我們的實際工作中，一般化學分析的真實數值，多屬不知，故通常多用在相同的條件下重複測定幾次，然後計算幾次測定結果的符合程度稱為精密度。精密度的大小決定於偶然誤差的大小，通常以個別測定的平均偏差來表示。這種偏差是各次測定的數值與平均值之差（不計正負號）的平均數。和誤差的計算一樣，偏差也有絕對偏差和相對偏差之分。所謂相對偏差就是絕對偏差在平均值中所占的百分數或千分數。例如，在分析硅酸鹽時，我們在相同的條件下，並重複五次測定 SiO_2 的結果是37.40%，37.20%，37.30%，37.50%，和37.30%。求實驗的（個別測定的平均）偏差。

解	測得結果 (%)	與平均值的偏差 (不計正負)
	37.40	0.06
	37.20	0.14
	37.30	0.04
	37.50	0.16
	37.30	0.04
	平均值 = 37.34	總和 = 0.44

則

$$\text{絕對偏差} = \frac{0.44}{5} = 0.088$$

$$\text{相對偏差} = \frac{0.088}{37.34} \times 100 = 0.24\% (\text{或} 2.4\%)$$

在表達分析結果的精密度時，用相對偏差的方式表達更有意義。在一般分析工作中，通常只做兩次重複測定。為簡單計，可以用兩值的相差（不計符號）和它的相對值——相對相差來說明分析結果的符合程度。例如，兩次測定鐵的百分率為47.08%和47.26%，則它們的平均值為47.17%，相差為0.18%。

$$\text{相對相差} = \frac{0.18}{47.17} \times 100 = 3.5\% (\text{或} 35\%)$$

在這裡必須指出，良好的精密度並不一定說明結果的準確性，例如，將鋁沉淀為氫氧

化鋁，然后灼燒成 Al_2O_3 而称量，能得到极近似的結果，但所得結果一般都較真实数值高出1%或更多。这一結果的偏高是由于 Al_2O_3 的強烈的吸水性所致。因此，必須将分析結果的精密度及准确度的問題与測定所依据的反应，組分的性質以及物理化学过程联系起来加以考虑，才能更好地解釋誤差的来源，并进一步地改进分析方法。

定量分析所要求的准确度也随被测成分的含量多少而不同。但在实际工作中所要求的准确度須視需要而定。例如，一般矿物，土壤，肥料等常量成分的分析要求相对誤差在千分之几左右；至于食品，飼料和生理等分析的相对誤差能在百分之十几以內就可以了。

允許誤差的范围大体上可按下列規定：

成 分 %	二 次 結 果 的 差 異
80—100	0.30
40—80	0.25
20—40	0.20
10—20	0.12
5—10	0.08
1—5	0.05
0.5—1	0.03

但也不完全如此。这里再介紹一下在土壤分析中所規定的“允許誤差”以供参考，在通常情况下还是可以采用的。以下是两次重复之間所允許的誤差（絕對誤差）：

SiO_2	0.50%	MnO	0.003%	Na_2O	0.10% 有机質 0.02%
TiO_2	0.05%	CaO	0.10%	P_2O_5	0.04% (容量法)
Fe_2O_3	0.15%	MgO	0.15%	SO_3	0.05%
Al_2O_3	0.30%	K_2O	0.05%	N	0.005%

三、有效数字及其保留：

有效数字即一种数字，指示其所代表的数量。例如在2434一数中，每一数字皆有意义，因此都为有效数字。至于0則有时为有效数字，有时就不是有效数字。例如在0.03050一数中，前面的两个0不是有效数字（它們仅指明小数点的位置），但后面的两个0就是有效数字（它們代表一定的数量）。又如在 3.14×10^{-5} 一数中，也只有三位有效数字。实验中的各种量度都有誤差，不能絕對准确，因此表示量度結果的数字也仅为—近似值。通常一数中最末的一位为不准确（称为不定值），故在保留一般結果的有效数字时，也使它們仅有一个数为不定值。在棄去过多的不定值时，則采用四舍五入法。

当几个数相加或相減时，它們的和或差的保留，仅达小数后最左的不定数字位。例如下列三位相加：0.0121，25.64及1.0578，設三数的最后一位皆为不定值，則其和应为：

$$\begin{array}{r}
 0.01 \\
 25.64 \\
 1.06 \\
 \hline
 26.71
 \end{array}$$

这是由于在 25.64 一数中，4 即已为不定值，因此其他两数亦仅需保留至小数后第二位。

在乘法或除法中，保留的位数是依照因数中有效数字位数最少者为根据。

例如将 0.0121，25.64 及 1.0578 三数相乘，其积应为：

$$0.0121 \times 25.6 \times 1.06 = 0.328$$

在定量分析中数据来源一般是从“分析天平”，“滴定管”，“量筒”，“吸管”等衡量仪器的读数，在记录这些读数时，我们首先要严格确定它的有效数字的位数。

只能称十分之一克的天平，称 5.0 克物质记录为 5.00 克固然不合理，但用万分之一天平称至 0.1 毫克时，称 5.0000 克物质也不能省略它的“0”，因为 5.0，5.00，与 5.0000 都含有不同的精密因素或百分偏差。记录滴定管和吸管的读数也应该写成 25.00，50.00 等，因为它们都准确到两位小数。

在我们的工作中，上述各个读数只要求其百分偏差不大于 0.1 或 0.2 就可以了。因此，在称取小于 0.1 克物质时用万分之一天平，称一克时，用千分之一天平，或用万分之一天平称至毫克为止；称 10 克物质时只要称至第二位小数或用百分之一天平称。选定滴定管也是这样，量取：

大于 25 毫升，用 50 毫升滴定管（读半刻，即 0.05 毫升）

15—25 毫升，用 25 毫升滴定管（读 1/3 刻，即 0.03 毫升）

5—10 毫升，用 10 毫升滴定管（读 1/5 刻，即 0.02 毫升）

小于 5 毫升，用微量滴定管（读 1/2 刻，即 0.005 毫升）

定量分析中，各种量度一般都具有四位有效数字，因此在计算的过程中以及最后结果的表示中都应该保留有四位有效数字。

习 題

1. 定量分析化学的目的和任务是什么？
2. 定量分析与定性分析有何不同？定量分析方法分类的根据是什么？
3. 系统误差和偶然误差的主要来源是什么？有哪些方法可以减少这两种误差？
4. 定量分析的准确度和精密度的意义是什么？二者如何表示？
5. 定量分析中记录和计算时为什么要注意到有效数字？这对于定量分析有何意义？
6. 某样品实际含 Fe_2O_3 2.69% 但分析结果为 2.62%，求分析结果的绝对误差和相对误差各多少？
7. 某石灰石样品，同样条件重复五次测定得 CaO 的分析结果是：30.12%，30.08%，30.14%，30.12%，30.11%，求分析结果的相差，偏差的绝对值和相对值。
8. 指出下列数值各为几位有效数字？

(1) 2.041；

(2) 0.0021；

(3) 20.030；

(4) 6.7×10^{-5} ；

(5) 6.82×10^{-6} ；

(6) 16.00。

9. 根据有效数字保留的规则, 计算下列各算式的结果:

(1) $106.62 \times 0.01618 \times 3500 = ?$

(2) $20.73708 + 0.4948 = ?$

(3) $(13.78 \times 0.62) + (13.62 \times 0.42) + (1.423 \times 0.421) - (2.42 \times 0.0012) = ?$

(4) $(1521 \times 61.02) + (0.003413 \times 12.37) = ?$

10. 如果在计算式中要求保留四位有效数字, 则(1)氢作为一个乘数(2)氢是分子式中的一部分(例如 H_2SO_4), 应不应该把氢的原子量简化为 1.01? 为什么?