

高等学校教学用书



# 土壤学实验室作业

勒·恩·阿列克桑德洛娃<sup>著</sup>  
奥·阿·娜伊坚诺娃

高等教育出版社

高等学校教学用书



# 土壤学实验室作业

勒·恩·阿列克桑德洛娃<sup>著</sup>  
奥·阿·娜伊坚诺娃  
王书清译

高等教育出版社

本书系根据苏联国家农业书籍出版社(Сельхозгиз) 1957年出版的勒·恩·阿列克桑德洛娃(Л. Н. Александрова)和奥·阿·娜伊坚诺娃(О. А. Найденова)所著“土壤学实验室作业”(Лабораторно-практические занятия по почвоведению)一书译出。原书经苏联农业部高等农业教育司审定为高等农业学校教学参考书。

本书系统地叙述了有关土壤学实验室作业的基本原理和具体方法,内容丰富、详细。可供我国高等农林学校的土壤学教学人员、土壤研究人员及其他土壤工作者参考。

## 土壤学实验室作业

勒·恩·阿列克桑德洛娃  
奥·阿·娜伊坚诺娃 著

王书清 译

高等教育出版社出版 北京宣武门内承恩寺7号

(北京市书刊出版业营业许可出字第054号)

京华印书局印装 新华书店发行

统一书号 16010·185 开本 850×1168  $\frac{1}{32}$  印张 7 $\frac{1}{16}$  插页 1  
字数 166,000 印数 0001—3,000 定价 (7) 洋 1.90  
1960年2月第1版 1960年2月北京第1次印刷

## 序 言

本书是供农学院农学系二年级学生用的土壤学实验室作业指南,包括土壤学方面所有各种作业。

第一篇包括教学大纲规定的所有各种物理-机械和化学分析。从许多种方法中,只选出了少数最可靠、最常用的方法。

第二篇包括有关研究土类的冬季作业,以及夏季的教学实习。

冬季作业是叫学生按照小盒标本熟悉土壤的形态学特征,按照深坑剖面相应的各种分析表研究土壤的物理机械特性和化学特性,按照整段标本和各种分析表确定基本土类,以及获得关于阅读各种专门性土壤图的实际经验。

教学大纲中包括有关阅读分析材料的实验作业,这对取得关于理解课程讲演内容和课本所举分析材料的实际经验来说,是非常必要的。经验证明,学生在研究课程理论部分时,不去推敲说明土壤这些或那些特性的数字材料,也就不会进行土壤农业化学特性的鉴定。

研究气候图、自然图、地质学图、植被图、第四纪地层图和土壤图,无论对土壤学的夏季实习,或对学生取得有关分析其将来活动地区自然条件的实际经验来说,都是必需的。这一部分的作业,最好与阅读讲演课程中有关研究土壤起源、分类和特征的第二篇同时并进。这些图的研究应与课程讲演部分相辅而行,并且学生应预先在课余时间研究本书的相应章节。

夏季教学实习应使学生很好地熟悉土壤的自然性质,熟悉绘制大比例尺土壤图的方法。夏季实习要实习土壤测量、绘制土壤图、土壤图解和编制图的说明书。夏季教学实习必须进行10—12天,同时应分组进行,每组4—5人;各组独自进行实习。

# 目 录

序言	VI
----	----

## 第一篇 土壤物理机械分析和化学分析

分析所用土壤的准备和实验作业的技术	1
物理机械分析和化学分析所用土壤的处理	1
重量分析	2
容量分析	5
比色法分析	9
土壤吸湿水的测定	12
土壤中碳酸盐和石膏的测定方法	13
碳酸盐的测定原理	13
碳酸盐中 CO <sub>2</sub> 的气量计测定法	14
用郭鲁别夫法测定碳酸盐中的 CO <sub>2</sub>	18
石膏的测定	20
腐殖质的研究方法	22
概述	22
腐殖质量按 И. B. 丘林法的测定	23
氮素按克叶尔达尔法(微测法)的测定	25
活性胡敏酸量按 M. M. 康诺诺娃法的测定	28
交换性阳离子和交换量的测定方法	29
基本概念	29
钙、镁交换性离子按 K. K. 盖德洛依茨法的测定	30
碳酸盐土壤中交换性钙离子和交换性镁离子按 A. A. 什母克法的测定	37
交换性钠离子按 M. M. 高德林法的测定	38
交换量按 E. B. 包勃科和 Д. Л. 阿斯基纳兹法的测定	40
交换量按 K. K. 盖德洛依茨法的测定	42
交换性盐基量按 Г. 卡宾法的测定	45
土壤酸度的测定方法	46
酸度的性质	46
交换酸度按达依库哈尔法的测定	48
水解酸度按卡宾法的测定	49

pH的测定方法	50
概述	50
用阿哈莫夫斯基仪器测定 pH 的比色法	51
用米哈埃里斯仪器测定 pH 的比色法	53
pH 的电势测定	55
土壤溶液的研究方法	61
基本概念	61
水浸提液的制备	64
水溶性物质(干燥残渣)总量的测定	64
水溶性矿物质(煅烧残渣)总量的测定	65
水浸提液碱度的测定	66
潜在酸度的测定	68
氯离子的测定	68
硫酸盐离子的测定	69
硝酸盐的测定	70
钙的测定	73
镁的测定	73
土壤中活性钾化合物的测定方法	73
概述	73
活性钾按 J. B. 毕依维法的测定	74
土壤中活性磷的测定方法	76
概述	76
活性磷按 A. T. 基尔萨诺夫法的测定	77
碳酸盐土壤中活性磷按 B. II. 马契金法的测定	79
土壤中活性氮的测定方法	81
概述	81
活性氮按 H. B. 丘林和 M. M. 康诺诺娃法的测定	82
土壤机械组成的测定方法	83
土壤的机械分析	83
机械分析的移液法(H. A. 卡琴斯基修改)	87
土壤团聚体组成的测定方法	95
基本概念	95
土壤团聚体总量的测定	95
耐水团聚体量按 H. II. 萨维诺夫法的测定	96
土壤微团聚体组成按 H. A. 卡琴斯基法的测定	98

土壤物理性质和水分性质的测定方法	100
概說	100
比重的測定	100
容重的測定	102
孔隙度和空气保氈度的測定	104
最大持水量和毛管持水量的測定	105
最大吸湿量的測定	107
<b>第二篇 土壤剖面 and 土类的研究</b>	
土壤形态学特征的研究	109
概說	109
土壤顏色	110
結構	112
壘結	115
新生体	117
侵入体	120
机械組成	121
泡沸反应	123
土壤构造和剖面厚度	124
按分析材料进行剖面物理机械性质的研究	127
剖面的机械組成和微团聚体組成	127
土壤的結構性	132
土壤剖面的物理性质和水分性质	133
土壤剖面化学組成按分析材料的研究	138
概說	138
土壤的全量組成	138
交换量、交换性阳离子組成和 pH	145
水浸提液的分析	152
对植物有效营养物质蓄积量的鉴定	158
按照形态学特征及物理机械和化学分析进行的基本土类的研究	159
概說	159
灰化土和生草灰化土	160
生草碳酸盐土	163
軟水沼澤化形成的灰化沼澤土	165
硬水沼澤化形成的灰化沼澤土	165
沼澤土	168
灰色森林草原土	168

黑鈣土.....	170
栗鈣土和棕鈣土.....	174
灰鈣土.....	177
紅壤.....	178
盐土.....	179
碱土.....	181
脫碱土.....	184
自然条件和土壤按图面材料的研究.....	185
工作的性質.....	185
自然条件的鉴定.....	186
土壤的鉴定.....	190
夏季教学实习.....	192
概說.....	192
土壤的野外調查.....	193
野外材料的室內处理.....	204
土壤图說明书的編制.....	210
附录.....	213
参考文献.....	219



# 第一篇 土壤物理机械分析 和化学分析

---

## 分析所用土壤的准备和 实验作业的技术

### 物理机械分析和化学分析所用土壤的处理

送交实验室的土样，应立即使其达到风干状态。不允许把潮湿的土样贮藏起来，因为在微生物学过程的影响下，土壤的性质会起变化。大多数分析都是用经过研细、并用孔径为1毫米的土筛筛过的风干土样。土壤团聚性的分析则用未曾研细的土样<sup>①</sup>。要使土样风干，可将土样在一大张牢固的纸上摊成薄层，用镊子除去植物的根和其他残余物，上面用另一张纸盖住，放置2—3天。土样干燥室应干燥，能防止氨、酸性蒸汽和其他气体进入。把风干后的土样，成对角线划分为四份。相对两份用来研细，其余两份维持原状保存。

准备研细的一部分风干土样，应用技术天平称量，放在研钵内，用末端安装橡皮的小杵研细，然后用孔径1毫米的土筛过筛。没有筛下的土壤，重新研细并过筛，研一直进行到筛上留下的只是

---

<sup>①</sup> 有几种分析(例如测定硝酸盐)是用潮湿的土样。使用潮湿土样时，应将土样摊在纸上，用镊子除去植物的根和细石粒，充分搅拌后立即称量，以供测定湿度和进行相应的分析。

粒徑大于 1 毫米的坚硬石粒(土壤骨骼)为止。篩下的土壤放在有蓋的瓶內或放在匣內。所有的土壤骨骼用紙包起来, 放在同一瓶內或匣內。

如要測定腐殖質和氮素, 应把土壤作特殊的处理, 这种处理包括仔細除去所有的細根和补充研細。为此, 应将通过孔徑 1 毫米的土篩篩下的土壤, 攤放在紙上, 使成均匀的一薄层, 并划分成許多小方块, 每块約  $4 \times 4$  厘米。从每块中取出少量土壤, 組成約重 5 克的平均土样。取出的土样再放在一張紙上攤成一薄层, 借助于放大鏡, 用鑷子仔細地除去較大的細根。較小的細根則用以一小块毛織物摩擦而感了电的玻璃棒来除去, 为此玻璃棒要在距土层 3—5 厘米高处移动許多次。所有的細根都被吸引在棒上。这一处理应小心地进行, 因为距离玻璃棒太近时, 不仅能吸引和粘着細根, 而且也会吸引和粘着細小的土粒。

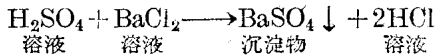
在除去細根的过程中, 土壤要經過若干次的攪拌和重新攤成薄层。細根除淨的程度, 需用放大鏡檢查。細根除清后, 將土壤放在瓷研鉢或瑪瑙研鉢里研細, 并用孔徑 0.25 毫米的土篩篩过。留在篩上的土, 应重新放在研鉢里研細, 并再經篩过, 这一处理应进行到所有平均土样完全被篩下为止。絕對不允許留下一部分沒有篩下的土样, 因为这会使土中腐殖質的实际含量减少。用这种方法处理好的平均土样, 应貯藏在牢固的紙做成的小袋中, 或貯藏在有軟木塞的瓶內。

## 重量分析

**分析原理** 重量分析的原理是应用离子形成不溶解化合物而沉淀的方法, 从溶液中分离出指定的离子(阴离子或阳离子)。

例如, 測定硫酸的阴离子时, 可用氯化鋇从溶液中分离出来,

因为阴离子  $\text{SO}_4^{2-}$  与阳离子  $\text{Ba}^{2+}$  化合, 就产生不溶解的化合物:



以后, 将所得的沉淀物加以过滤, 用洗涤法清洗掉混杂物, 使其风干, 并进行烘焙和称量。知道绝对纯净的盐的重量, 就可按分子比例求出未知离子的含量。

土中任何阴离子或阳离子的含量(%), 都可按照下列公式求出:  $x = 100Aa : Mc$ , 这里  $a$  代表该离子的盐的重量(克),  $A$ ——未知离子的原子(或分子)量,  $M$ ——未知离子的盐的分子量 ( $A:M$  可用系数  $K$  代替),  $c$ ——土样的重量(克)。

例: 1 克分子  $\text{BaSO}_4$ , 其分子量为 267.4 克, 含  $\text{SO}_4^{2-}$  96 克 ( $\text{SO}_4^{2-}$  的分子量 = 96.0 克)。假如用称量法得到  $a$  克  $\text{BaSO}_4$ , 则这个数目就相当于  $x$  克  $\text{SO}_4^{2-}$ , 由此得:  $x = 96a : 267.4 = 0.359a$ 。

假如已知土壤重量  $c$ , 要测定土壤中的阴离子  $\text{SO}_4^{2-}$ , 则  $\text{SO}_4^{2-}$  的重量百分率 ( $x_1$ ) 为:  $x_1 = 0.359 \times 100a : c$ , 这里  $a$  表示用称量法称得的  $\text{BaSO}_4$  的重量(克), 0.359——换算成  $\text{SO}_4^{2-}$  的系数,  $c$ ——土样的重量(克)。

**重量和称量技术** 重量分析的重要因素之一是称量的精确度。重量分析中, 为了使称量更加精确起见, 可采用分析天平。使用分析天平, 需要很小心。称量时, 把要称的东西放在天平左盘上, 而大小砝码则放在右盘上。任何物质的称量都要放在表玻璃、坩埚、瓷皿或称量瓶等特制器皿内进行。绝对禁止把土壤或其他某种盐类直接放在天平盘上。

称量开始前, 应检验天平的精确度。正确确定的、没有负荷的天平, 指针摇摆、向两面(右面和左面)偏出时, 离刻度尺中心的距离相等。如果指针偏右或偏左, 离开刻度尺零点的距离相当悬殊, 则应将天平加以“调整”, 使其平衡, 为此, 应请教实验室的导师。

检查天平以后,就可进行称量工作。称量时,不允许把天平前的小门开着。放入称量物时,打开左面的小门,放入砝码时,打开右面的小门。在分析天平上用砝码称量时,要求精确度达到百分之几克,用游码(挂在天平梁上用细金属丝做的小砝码)称量时,要求精确度达到万分之几克。取砝码和把砝码放在天平盘上,只许用镊子。

为了利用游码,天平梁分成十度,每度相当于0.001克。零度刻在比例尺的中心(图1, a)或左面(图1, b)。刻度上刻着的数字,相当于千分之几克。每度再分10格或5格,每格相当于万分之一或万分之二克,即分成10格者,每格相当于0.0001克,分成5格者,每格相当于0.0002克。如果零度在中心,称量用的游码可从零度处向左右移动。向右移动的情况下,千分之几克和万分之几克就相当于增加天平盘中砝码的重量,向左移动的情况下就相当于减少这个重量。例如,天平盘上砝码重10.22克,权衡时,应把游码从零度处向左移动到图1, a所指的位置。未知重量即为 $10.22 - 0.0016 = 10.2184$ 克。

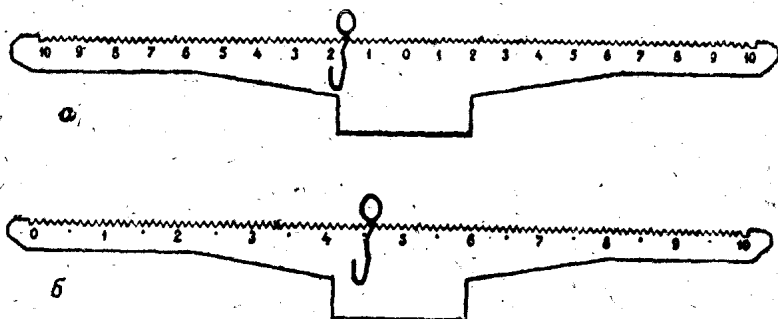


图1. 读取时游码在分析天平梁上的位置。

如果零度在左面,称量时,游码只能向右移动,千分之几和万分之几克的数目就和天平盘上的砝码重量相加。例如,天平盘上砝码重12.57克,权衡时,应把游码从零度处向右移动到图1, b所

指的位置。未知重量即为  $12.57 + 0.0046 = 12.5746$  克。

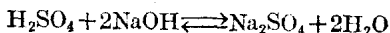
应当牢记，只有分析天平称量要求相当精确时，才使用游码。

## 容量分析

**分析原理** 容量分析的原理是，利用已知浓度的某物质溶液进行滴定的方法，来测定被研究物质的数量。已知浓度的溶液称标准溶液。1克分子溶液中所含某物质的克数，称为溶液的滴定度。标准溶液的浓度通常用当量浓度表示。溶液的当量浓度以1升中所含某物质克当量数表示。1升中含有1克当量的溶液，称为当量溶液(1当量浓度的溶液)；含有0.1克当量的称为十分之一当量溶液(0.1当量浓度的溶液)；含有0.05克当量的称为百分之五当量溶液(0.05当量浓度的溶液)，依次类推。常用的是1、0.2、0.1、0.05、0.02、0.01当量浓度的溶液。当量浓度的指标相当于1克分子溶液中某物质的毫克当量数。进行容量分析时，测定的精确度首先决定于溶液滴定量的精确度。因此，滴定开始前，必需先知道溶液的精确滴定度。如果使用溶液滴定时溶液的当量浓度与上述精确当量浓度不符，则必须算出矫正量(矫正系数 $k$ )，用滴定所得的数据来乘该系数。矫正系数根据  $k = N : N_1$  这一公式求出，这里  $N$  表示该溶液的当量浓度， $N_1$ ——分析法所必须的溶液的当量浓度。

确定滴定的最终时间(即确定加入的滴定液的价值与被分析溶液中指定物质的价值相等时的时间)可以使用指示剂。容量分析可采用中和法、沉淀法和氧化还原法。

**中和法**( $H^+ + OH^- = H_2O$ )。即用碱溶液滴定法测定酸和弱盐基的盐，或用酸溶液测定碱和弱酸的盐。这两种情况都产生中和反应：



确定滴定的最终时间(等当点),可采用指示剂,指示剂可根据被滴定溶液的性質来选择。最主要的指示剂和各種指示剂顏色的轉变情况見图2。

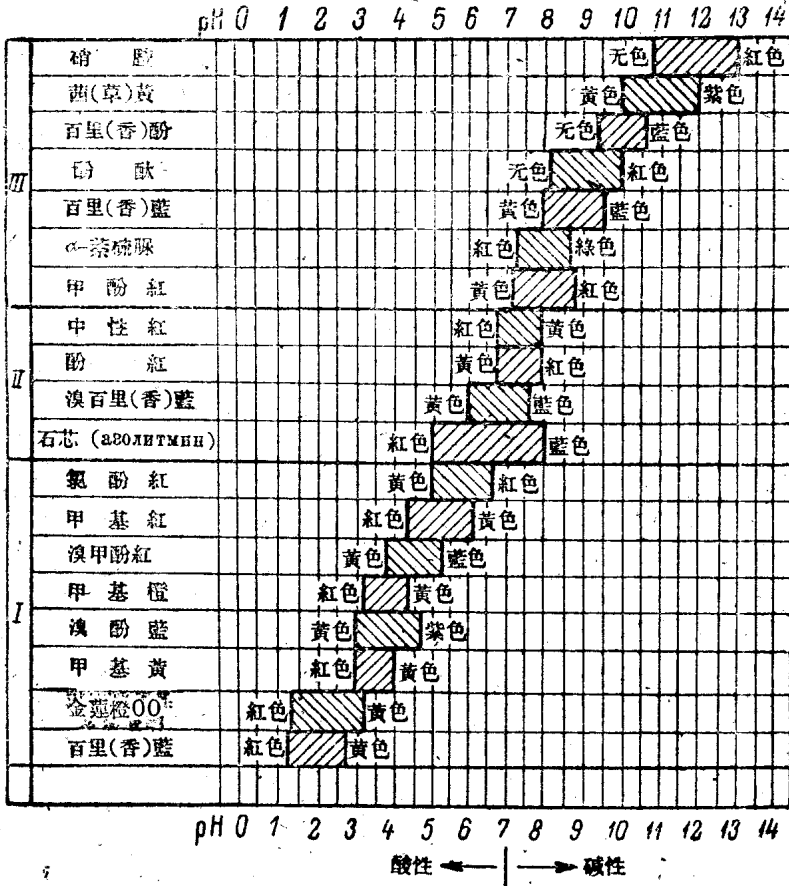


图2. 最主要的指示剂和各種指示剂顏色的轉变情况。

**沉淀法** ( $A^+ + B^- = \downarrow AB$ )。用来测定与标准溶液离子化而形成的某种沉淀物的离子量:  $KCl + AgNO_3 = KNO_3 + AgCl$ 。

凡在等当点上能与标准溶液化合产生着色化合物的物质,都可用作指示剂。

**氧化还原法** ( $A + e \rightleftharpoons B - e$ )。用来测定与标准溶液离子相互作用时能产生氧化或还原作用的离子量;而标准溶液的离子也能还原或氧化。氧化还

原法中,常用的是高锰酸盐定量法、碘定量法和铬酸盐定量法。

采用高锰酸盐定量法时,可用  $\text{KMnO}_4$  作为标准溶液,  $\text{KMnO}_4$  在酸媒中是强氧化剂,因为七价的锰容易还原为两价的锰:  $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

$\text{KMnO}_4$  的溶液本身就是指示剂,呈紫色。在等当点上,被滴定的溶液被高锰酸钾染成粉红色。

采用碘定量法时,可用次亚硫酸盐作为标准溶液,次亚硫酸盐是强还原剂,与碘相互作用时容易氧化:  $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 。

指示剂可用淀粉溶液,淀粉溶液遇游离碘呈蓝色,游离碘变为  $\text{I}^-$  离子时,蓝色就消失。

采用铬酸盐定量法时,可用重铬酸钾作为被滴定的溶液,重铬酸钾在酸媒中能使试验物质氧化;标准溶液是硫酸亚铁(莫尔氏盐),硫酸亚铁能使重铬酸盐滤渣还原为高价氧化铬:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ 。

指示剂可用二苯胺的溶液来做,二苯胺溶液在等当点上呈绿色。

**滴定技术** 滴定的精确度,决定于供试液容量的精确度和滴定用去的标准溶液的容量精确度。量取一定容量的供试液,必须采用有精确刻度的器皿——具有一定容量的吸管(容量为 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50 或 100 毫升)。切忌用玻璃量器量取溶液。从吸管中滴出溶液时,必须小心地使它沿着滴定用的容器(烧瓶、烧杯)器壁流下;不容许溅出。吸管中的溶液自由地流下以后,还有最后一滴溶液剩留在内,这一滴溶液要用这样的方法去掉,即把吸管的末端与容器壁接触,用手抓住吸管膨大部加热。不允许从吸管中吹出液体。滴定是从注满标准溶液的滴定管中滴出。把溶液注满滴定管时,必须注意管口不要留气泡。如管口留有气泡,应在管口套橡皮管,把橡皮管高举,拧开滴管的旋塞数秒钟。液体流过时,能排出空气。在滴定管内装溶液时,要装到刻度为零的地方,滴定完毕后,要正确地加以计算,这些都是很重要的。滴定管内的液面常常形成弯月面。把溶液装到零度和滴定完毕后的计算,对无色溶

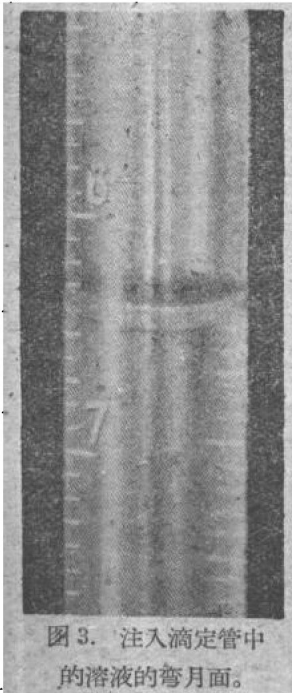


图 3. 注入滴定管中的溶液的弯月面。

液來說，必須以弯月面下部最弯曲的边为准，而对着色溶液來說，必須以弯月面上部最弯曲的边为准(图 3)。弯月面最下部的水平面，必須精确地处在視線水平面上，否則，計算的数据就不会正确。溶液必須从滴定管中一滴一滴地滴入被滴定的溶液中。滴的时候，用右手擰开滴定管的旋塞，而每滴入一滴溶液后就用左手細心地攪和液体，同时观察指示剂顏色的变化情况。必須在液体沿滴定管壁流下以后隔 1—2 分钟再进行計数。滴定要重复进行 2—3 次，根据 2—3 次測定所得的平均数来計算。最好在白色背景上进行滴定，白色背景紧靠着容有等量試液和等量指示剂的一对烧杯或烧瓶，把这一对烧杯(或烧瓶)和被滴定的

溶液的顏色加以对照很容易看出溶液顏色的变化。滴定的結果，要根据被滴定的溶液中的物質数量恰好同滴定用去的物質的数量相等这一准則算出。

知道标准溶液的精确当量濃度及其滴定用去的数量，即可按照下列公式求出被滴定溶液中的物質数量： $x = Nka$ ，这里  $x$  代表未知物質的毫克当量， $N$ ——溶液的当量濃度， $k$ ——标准液的校正数， $a$ ——滴定时消耗的标准溶液的毫升数。

**标准溶液的制备** 制备标准溶液，必須采用化学成分純洁的試剂。用分析天平称取适当分量的試剂，移入量瓶，溶解在蒸餾水中，大約达量瓶容量的  $\frac{1}{3}$ 。試剂溶解后，使容量达一定大小，攪和数次。不許可在量杯和量筒中制备标准溶液。取液体物質，要按比重計算它的容量(附录 4)。利用定量試剂(密闭試管中含有制



备一升溶液所必需的定量物质的溶液)是非常方便的。从定量试剂制备标准溶液时,须在量瓶中插入漏斗,在漏斗中放置尖头玻璃棒,把盛有定量试剂的试管架在漏斗上面,用尖头玻璃棒把试管的薄底打破。将试管中的定量试剂注入量瓶后,就打破试管的侧窗,将试管和玻璃棒加以充分洗涤,洗入量瓶中。量瓶中的溶液达到所做的记号时,就仔细搅和。

对每一次制备的标准溶液来说,必须测定精确的滴定度,算出相应的校正系数。滴定度可用已知滴定度的标准溶液进行滴定的方法加以测定。被滴定的溶液的当量浓度,可按下列公式算出: $N_1 = N_2 k v_2 : v_1$ , 这里  $N_1$  表示溶液的未知当量浓度,  $N_2$ ——滴定度已知的溶液当量浓度,  $k$ ——该滴定度的校正系数,  $v_1$ ——滴定度已被测定的滴定用溶液毫升数,  $v_2$ ——滴定用去的标准溶液的毫升数。

例: 用当量浓度为 0.05、校正系数  $k$  为 1.05 的  $\text{KMnO}_4$  标准溶液, 测定摩尔盐溶液的滴度。滴定 10 毫升摩尔盐溶液, 用去当量浓度为 0.05 的  $\text{KMnO}_4$  溶液 35.5 毫升。摩尔盐溶液的当量浓度  $N_1 = 0.05 \times 1.05 \times 35.5 \div 10 = 0.186$ 。

摩尔盐溶液的精确当量浓度为 0.2, 因此它的校正系数  $k_1 = 0.186 \div 0.2 = 0.93$ 。

## 比色法分析

**分析原理** 比色分析法的原理是, 将试液的颜色同样液的颜色加以比较。样液即液中物质浓度已精确测知的溶液。溶液中物质颜色的深浅程度与物质的浓度成正比, 因为穿过着色溶液层的光线被吸收的多少与溶质的浓度成正比。由此可见, 同样颜色的溶液, 层的厚薄与其浓度成反比(别尔定律)。比色法可非常精确