

高等學校交流講義

水分析化學及微生物學

清華大學 顧夏聲編

(內部交流 僅供參考)

中央人民政府高等教育部教材編審處

水分析化學及微生物學

目錄

引言	1
第一編 自然水水質概論	3
第二編 水分析化學	
第一章 概論	10
第二章 標準溶液的製備及滴定	14
第三章 固體	23
第四章 渾濁度，透明度，顏色及臭味	27
第五章 餘氯	33
第六章 游離二氧化碳，鹼度及氫離子濃度	39
第七章 硬度	50
第八章 鐵與錳	55
第九章 氯化物	58
第十章 氨，亞硝酸鹽及硝酸鹽	61
第十一章 溶解氧	67
第十二章 生化需氧量	74
第十三章 氰化物，酚及油脂	78
第三編 水微生物學	
第十四章 微生物	86
第十五章 細菌	96
附錄	111

引 言

1. 本課程的性質：

水分析化學及微生物學主要地為研究水的定量分析（化學）和水中的微生物及細菌。通過這兩項理論和實驗的學習，使同學認識到本課程為規劃、設計及運用給水與下水工程時所需的水質資料的依據。去年暑期認識實習中，同學們都看到了水廠中的加礮、加氣設備，那末究竟要加多少礮和多少氣，就有待于水質的分析。細菌的檢驗乃能直接証明水質之是否受污，而微生物的察驗亦足以知氣味之所由來。因此，同學們必須要掌握這門課程的重要理論和學會如何獨立進行試驗來分析給水工程中有關水質的問題。

2. 水分析化學及微生物學在衛生上的意義：

大家知道水中如含了有害細菌，如傷寒、霍亂、痢疾等菌，便會成為傳播疾病的泉源，它不但影響了我們身體的健康，且能造成很高的死亡率，影響國家的建設力量。此外，水中如含有某種礦鹽雜質也會妨礙人體健康。所以測定水質之是否適于飲用而宜于衛生是保證人民健康和國家建設力量的關鍵之一，為當前一件重要的任務。水分析化學及微生物學是研究水質的科學。我們必須利用它來分析水質、選擇水源和研究怎樣有效地改善處理水質的方法。

3. 水分析化學及微生物學在工業上的意義：

今年是我們國家的第一個五年計劃的第二年，許許多多的廠礦正在逐漸的建立起來。在工業上水質對於生產的影響也是很大的。在去年實習中，你們參觀過紡織廠和造紙廠。看到了這兩種工業對於水質的要求是怎樣的被重視，一般地說，紡織工業用水的硬度不可太大，否則不但洗滌時浪費肥皂，且所生成之金屬皂附于織物上，着色時附有此種金屬皂之處不易着色，因之色澤不能一律；造紙工業所用的水則不可含有鐵鹽，否則就要發生斑點。

汽鍋用水不能含有大量硫酸鈣和相類似的鹽類，不然鍋裏就要會

結成鍋垢，緊貼在鍋裏，而造成很大的損失。

水生物學的性質對於工業用水也有關係，水中含有大量的微生物時，可以在冷卻器、凝結器等設備裏很快的蕃殖以致阻塞。

至于工業污水處理的問題也隨着工業的成長而愈益顯得重要。不同的工業產生不同的污水甚至有含毒者。此等污水必須經過適當的處理，方能免去妨碍。

要研究水及污水的情況和改善處理的方法必須要研究水分析化學及微生物學，很好地作水的分析試驗。

由此看來，這門學科在工業上有它一定的重要性。

水分析化學及微生物學今後發展的方向：

給水及下水工程在我們大規模的基本建設中佔着重要的一部門，水分析這門學科在給下水工程中有它重大的意義。故必定隨着祖國工業的建設而迅速發展。蘇聯對於這方面已有很大的成就。他們有完善的水質標準和分析方法，今後水分析化學及微生物學方面發展的方向必須要向蘇聯學習，採取他們的經驗，結合我國實際情況，製訂水質標準，研究改善水質分析的方法和原理，俾更好地解決給水及下水工程中有關水質的問題。這項任務的完成，就要靠我們大家的努力，發揮積極的創造性。

第一編

自然水水質概論

§ 1—1 水的分類：

我們都知道普通水的化學式是 H_2O ，即由氫和氧所組成。按理說所有的水應該完全相同。但是由于它有非常強的溶解力，所以不同來源的水，就含有很多不同的物質。為了方便，自然水按其來源不同常分成下列三類：

甲．雨水

乙．地下水——井水，泉水。

丙．地面水——江水，河水，湖水。

現在把各類水的性質分別敘述于下三節內。

§ 1—2 雨水的性質：

如上所述，水的溶解力很強，故宇宙間的自然水無化學的純粹者。雨水雖較江湖水為純，但在下降的時候，常因吸收多量雜質、塵埃、煤煙及其他燃燒之產物而致玷污；空氣中原有氣體如氮、氧、二氧化碳等，亦均被雨水溶解若干。

雨水含礦質極少，故為軟水。

表 1—1 示某地某次雨水之化驗結果。

名 稱	化驗結果
硬 度 (CaO)	2.5°
鹼 度 (CaO)	1°
鈉 (Na)	5 毫克每公升
氮 (NH_3)	1.5 毫克每公升
氯化物 (Cl)	7 毫克每公升
硫酸鹽 (SO_4)	26 毫克每公升
硝酸鹽 (NO_3)	1 毫克每公升
鐵 (Fe)	0.9 毫克每公升

砂 (SiO_2)

0.15 毫克每公升

表 1-1

§ 1-3 地下水的性質：

地下水含懸游物質很少，但含溶解物很多。溶解物中分量最多的是鈣、鎂、鈉、鉀和鐵等的碳酸鹽、硫酸鹽、氯化物、硝酸鹽和矽酸鹽等。鈣、鎂化合物影響水的性質很大，以後當詳細討論。

井的深淺，也能影響水的品質。淺井的水可能有溝渠污水等流入而致不適于飲用。而深井的水，因細菌不易進入，就比較清潔。至于溶解物質深井水含量較多，故其水質亦較硬。

在表 1-2 中指出蘇聯某大城市市郊 43 水井的水的平均組成。

名 稱	化驗結果
總硬度 (CaO)	168°
鐵	0.49 毫克每公升
氮 (氮鹽)	0.23 毫克每公升
氯化物	65.7 毫克每公升
氮 (硝酸鹽)	17.1 毫克每公升
細菌總數	118 每公撮

表 1-2

§ 1-4 地面水的性質：

與地面水水質有關的因素有五：

(1)地面之微生物 (2)地勢 (3)地質 (4)植物 (5)動物排洩物。

地面之微生物 地土表面的有機物藉細菌的助力以進行分解及腐敗作用。一撮之土，所含細菌數，多至千百萬個（惟入地愈深，則細菌愈少，間至于無）。居人養畜之所尤有發生傳染病菌之可能。地面水既與地面相接觸，自必吸收大量的微生物而致玷污。

地勢 地勢峻峭，流水急驟，則冲刷有力，泥砂及細菌，被挾帶而下為量至鉅。地勢平坦，流水較緩，則水之冲刷力弱而溶解力強，致易含有多量之礦物質。

地質 地面水自流域各方匯流而來，故其水質每隨所經石層而異，例如石灰岩能使水質變硬，鐵錳等礦能使水變色。

植物 地面上之植物對於水質有深切之影響。出于森林中之水源，水質每甚清潔。流經低窪處之水源則因矽藻繁殖以致發生臭味與顏色。水草之類活則隱藏微生物，死則又為微生物之食料，影響于水質，自非淺鮮。

動物排洩物 動物之排洩物苟有混入水源之機會，則傳染病菌亦必有侵入水源之可能。故選擇水源以能遠離人居及畜牧之地為宜。其水源之不能不流經人居及畜牧之地者，則應規定此等地方之污水垃圾等處置方法。

一般說，與地下水相較，地面水所含溶解物少，懸游物和細菌多，水軟。

表1—3為上海黃浦江某年的水質化驗結果。

名 稱	4月份	7月份	10月份	1月份
總固體量	386.1	291.9	215.3	312.6
懸游固體	221.0	135.6	105.5	180.0
氯化物	34.6	25.4	18.1	20.6
鹼度	86.3	82.4	63.3	69.4
游離二氧化碳	3.4	3.5	3.6	2.4
亞硝酸鹽	0.0154	0.0528	0.0128	0.0120
硝酸鹽	0.0697	0.0650	0.0470	0.0100
游離氨	0.2588	0.2340	0.3499	0.2700
蛋白氮	0.3064	0.3062	0.3300	0.3650
耗氧量	264.00	3.0600	3.5800	3.1750
渾濁度	145.6	109.1	92.9	103.4
PH 值	7.3	7.3	7.2	7.1
鐵	0.5580	0.9934	1.1700	0.7625
永久硬度	15.0	14.8	17.2	18.0

註：(1) 以上化驗結果除 pH 值外，均以毫克每公升計。

(2) 硬度及鹼度均按 CaCO_3 計算。

表 1—3

表 1—4 指出自然水中通常所含物質對於人體健康或工業上的影響。

自然水中物質	懸游物質		細菌——有致疾病的，有不致疾病的。
			藻類，原生動物——嗅味，色，渾濁。
自然水中物質			泥砂——渾濁
	溶解物質	鈣與鎂	酸性碳酸鹽——鹼度，硬度。
			碳酸鹽——鹼度，硬度。
			硫酸鹽——硬度。
			氯化物——硬度，汽鍋腐蝕。
	溶解物質	鈉	酸性碳酸鹽——鹼度，有軟化之效。
			碳酸鹽——鹼度，有軟化之效。
			硫酸鹽——汽水共騰(汽鍋)。
			氯化物——黃斑症。
	溶解物質	鹽類	氯化物——味。
			鐵之氧化物——味，紅水，腐蝕金屬，硬度。
			錳——黑或棕色水。
			植物染料——色，酸性。
	溶解物質	氣體	氧——腐蝕。
			二氧化碳——腐蝕，酸性。
			硫化氫——腐蝕，酸性，臭氣。
			氮

表 1—4

§ 1—5 水質之標準：

水質之標準，極難規定，蓋各地狀況不同，如欲定一標準，能包括一切情形，實非易事。從衛生方面言，飲水不可受污水之玷污，復不得含毒物，此外，飲水又須美觀，如渾濁，色與嗅味之規定，以得市民之信仰。對於工業用水來說，不同的工業對於水質的要求亦不同。例如紡織工業用水不應硬度過高，造紙工業用水不應有鐵鹽，冷卻用水所含懸游物宜少。

表 1—5 及表 1—6 分別示北京自來水公司水質檢驗標準及蘇聯飲用水的水質標準。表 1—7 示蘇聯飲用水水源水質標準。

北京市自來水公司水質檢驗標準 1953 年度改訂

項 目	單 位	標 (暫定) 準
外觀		澄 清
水 溫	攝氏 $^{\circ}\text{C}$	
反 應 (PH)		7.0—8.4
溶解固體物		750.
總硬度 (以 CaCO_3 表示)	單	320.
總鹼度 (以 CaCO_3 表示)	位	300.
氯化物 (以 Cl 表示)	〃	100.
硫酸鹽 (以 SO_4 表示)	毫	100.
硝酸氮 (以 N 表示)	克	10.
亞硝酸氮 (以 N 表示)	—	0.001
氨 氮 (以 N 表示)	每	0.020
餘留氯	立升	0.05—0.5
耗氧量	水	2.0
鐵	—	0.3
鋅	P.	5.0
銅	P.	0.2 (不加者)
鉛	M.	0.1
大腸菌		無 / 100. c.c.
雜 (37 $^{\circ}\text{C}$ 24 小時) 菌	每 cc	井水源者 50.

蘇聯飲用水水質標準 (摘譯)

甲、一般標準：

1. 嗅味 20°C ----- 不大於 2
2. 細菌總數 37°C, 24小時 --- 不多於每公撮 100
3. 大腸菌 ----- 不多於每公升 3
4. 鉛 (Pb) ----- 不多於每公升 0.1 毫克
5. 砷 (As) ----- 不多於每公升 0.05 毫克
6. 氟 (F) ----- 不多於每公升 1.0 毫克
7. 銅 (Cu) ----- 不多於每公升 3.0 毫克
8. 鋅 (Zn) ----- 不多於每公升 150 毫克
9. 酚 ----- 不多於每公升 0.001 毫克

註：水中不得含有絲毫能用標準化驗方法發現的其他有毒物質如汞、鉍等。

乙、飲用水之經過淨化，消毒，或軟化者：

10. 渾濁度
 - 年平均 ----- 不大於每公升 1 毫克
 - 個別試驗 ----- 不大於每公升 2 毫克
11. 色
 - 年平均 ----- 不大於 15°
 - 個別試驗 ----- 不大於 35°
12. 給水管網 (戶內及戶外)
 - 內最遠點之餘氯量 ----- 不少於每公升 0.1 毫克
13. 鐵與錳
 - 總量 ----- 不多於每公升 0.3 毫克
14. 總硬度 ----- 不多於 4°
15. PH 值 ----- 6.5—9.5

16. 置水於 1 公升容量的玻璃瓶中，在 24 小時內不得有沉澱發生。

註：對於未加處理的水，渾濁度和色度的標準以及餘氯鐵與錳，總硬度，PH 值的最大容許含量由主管衛生機關視個別情況規定之。

蘇聯飲用水水源水質標準

(蘇聯給水水源選擇規程第一章第三條)

1. 蒸發殘餘量不超過每公升 1000 毫克。

註：水中硫酸鹽，氧化物和鎂的最高含量根據當地條件可有所伸縮，但不得超過蘇聯國家衛生檢查機關所定的定額。選用含有大量蒸發殘餘物的水源作為飲用水時，必須在該地區再無其他水源的條件下並取得蘇聯國家衛生檢查機關的批准，或經過處理，使其蒸發殘餘物的含量減至定額以下（不超過每公升 1000 毫克）。

2. 水的硬度不超過 4°。當選擇硬度超過 4° 的水源為飲用水時，應經過軟化處理。

註：硬度 1° 指水中含有致硬鹽類的數量為 (Ca) 每公升 10 毫克的當量。

3. 按本規程第十四條的取樣方法取得的水樣，每公撮平均含有大腸菌的個數，若飲用之前只經過氯化者不超過 1000，若飲用之前經過充分的淨水處理和氯化者不超過 10000。

若不得不選用超過上述大腸菌定額的水源時，必須取得蘇聯國家衛生檢查機關的同意，在飲用之前經過特別處理。

4. 按本規程第十四條的取樣方法取得的水樣的味，嗅鑑定平均不超過二級。每個試樣的鑑定不超過三級。

5. 水中重金屬鹽和其它有害物質的最高含量，由蘇聯國家衛生檢查機關根據個別情形分別規定之。

表 1—7

第二編

水分析化學

第一章

概論

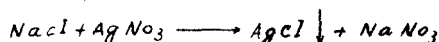
§ 2—1 水分析化學的任務和方法：

水分析化學的任務是研究水中所含的各種不同物質的性質及其對於飲用和工業的影響，和研究測定水中各種物質含量的方法及原理。

在大多數情況下，如果僅知道水中所含的物質而不知道它們的含量，並不能解決給下水工程方面有關水質的實際問題。因此，水分析化學主要地是研究水的定量分析——測定水中所含的物質的量。

定量分析化學由其方法的特質，分為多種，在水的定量分析中常包括下面三種：

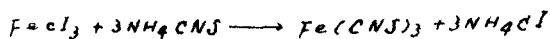
(1) 重量分析 重量分析為施行質量比較的分析方法。例如，在測定 NaCl 溶液中的氯量時，我們可以 AgNO_3 作用於 NaCl 而將沉澱出來的 AgCl 濾出，烘焙去水份，稱重量，已知所得沉澱的重量，便可算出 AgCl 中所含的氯量，從而求得 NaCl 溶液中氯量。

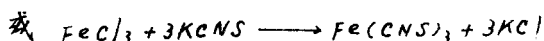


(2) 容量分析 容量分析為施行液體容積比較的分析方法。例如，在上面的例子中，我們也可以量度沉澱 AgCl 時所用的 AgNO_3 溶液的體積（溶液的濃度已正確知道）來測定 NaCl 溶液中的氯。

顯然，容量測定應該用某種方法極精確地確定所生反應的終了時刻，這並不是常常可能的。但是完成分析非常迅速，所以在實用上，具有巨大的意義。

(3) 比色分析 比色分析為比較溶液顏色深度的分析方法。例如，在用 NH_4CNS 或 KCNS 測定 Fe 離子時，同時生成可溶於水的暗紅色硫氰化鐵。





因此，除試液外，同時在同樣條件下用 NH_4CNS 或 KCNS 處理標準溶液”（即一定濃度的三价鐵鹽溶液）。如果此時兩種溶液的顏色相同，那麼顯然溶液中 Fe^{+++} 的含量也相同。如果試液顏色比標準溶液較深（或較淺），那麼試液中 Fe^{+++} 離子的濃度比標準溶液中相應的較大（或較小）。

比色分析的正確度低，但當分析對象中被測定物質的含量極少，而重量分析和容量分析的方法不適用時，通常利用比色分析。

§ 2—2 常用的儀器：

甲天秤 (1) 普通天秤 (2) 精密天秤

乙玻璃器皿 (1) 燒杯 (2) 三角燒瓶 (3) 量筒

(4) 量瓶 (5) 洗瓶 (6) 滴定管

(7) 量管 (8) 漏斗 (9) 蒸發皿

(10) 錶玻璃 (11) 乾燥器

丙瓷器 (1) 坩堝 (2) 蒸發皿

丁金屬器具 (1) 鐵座 (2) 鐵架 (3) 坩堝鉗 (4) 鐵絲網

§ 2—3 基本儀器的使用法：

甲精密天秤：精密天秤為實驗室中一個重要的部份。欲得正確之重量及在使用時之最大精度須按照下列法則：

1. 在使用以前以羽毛或毛筆清淨天秤箱內，並校準水準器。
2. 校準天秤 在稱重以前，必須校準天秤，定出天秤的平衡，其法為放下阻抑器，使主桿支於中央三角稜上。將指針左右搖動，註則觀察指針由中點或10度處（因中點有些天秤是10度）向兩邊的數字是否符合，如不符合，則表示另點已變動位置，須將主桿上小螺絲沿絲桿向左右移動而校準之。
3. 不應將過冷過熱的所稱物體，放入掛盤中，在未稱之先，應放在空氣中調和溫度。
4. 不能將所稱之物直接放入掛盤中，必須貯入于適當的器皿內，

如玻璃杯盤，錶玻璃等等。

5. 不可令天秤過量負載。

6. 在加入欲稱的物體于天秤之前，或由天秤取砝碼而換另一砝碼時，每次必加阻抑。

7. 在稱重時，砝碼放置在天秤的右邊掛盤中。所稱的物體，放在左邊掛盤中。

8. 升降阻抑器時，須小心旋轉桿臂，務必注意使每邊掛盤不發生搖晃，當指針在刻度的中點時，即可使用阻抑器。

9. 任何時，由天秤加入或取出砝碼不得用手指，必須使用鉗子。

10. 天秤振動的記數，必僅在箱門關閉以後，所有以前幾次記數必須棄去。

11. 砝碼應置于掛盤內，或放在砝碼匣內固定位置，不可胡亂放置或棄置桌上。

12. 計砝碼之重兩次，並注意其與匣中所缺者是否符合。

13. 在稱重時，天秤桿指針的振動中點起算，不應超過六刻度。

14. 在稱重完畢之時。將天秤阻抑，砝碼由掛盤取出，箱上的門即關閉，游碼從主桿上取下，掛在鉤上。

15. 每一次的分析稱重必須用同一天秤及同一砝碼，以求一致。

乙玻璃器皿。其用法及注意：定容之玻璃器皿特別需要保持清潔且不含水份。如玻璃器皿不能非盡水份並乾燥，須加淨液清潔之，並以蒸餾水沖洗若干次，在因硬水所生之沉澱物粒之特殊情形下，使用鹽酸清潔較普通淨液有效。

玻璃器皿的清洗盡可能在使用後即完成，如此器皿可保持乾燥，並準備隨時使用。

量管 使用量管，須將其尖端浸入液中，再用口由他端漸漸吸入管內，液面升過刻度立即以食指緊壓管口，再略微放鬆，迫液面與刻度齊合為止。令液瀉出時，常垂直移置盛器上，待自然流出，終了，量管尖端所殘少量的液體，令其輕輕接觸器之內壁順流出來。

滴定管 使用滴定管時，先記下液面讀數，再使液體流出，至流出已足夠時，再記下液面讀數，二次讀數相減之值，即為流出液體體積。在實驗操作中，觀測液面，往往因眼的位置高低大生視差，此點須特別注意，圖 2—1 示兩種不同滴定管的刻度觀測法。

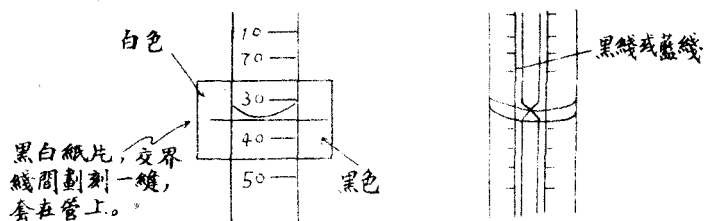


圖 2—1

量瓶 量瓶是盛裝一定量的平底瓶，頸細長，標誌容量刻度，常用的有 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml, 1000 ml, 等。瓶頸上記着的刻度表示液盛滿至此刻度。其容積就為瓶肚上標誌着的 ml 數，使用時，溶質應先溶於玻璃杯後，盛入瓶內，如必須直投入則須將溶質移置紙上，而後倒入，一種溶液需長時間保存時，不應裝盛瓶內，應移盛於普通試藥瓶。

量筒 量筒為內徑一樣的玻璃筒，面上有容量的刻度，有 1 cc 以上至 1000 cc。等種種，精密的試驗上多不使用。

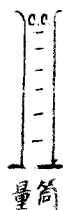


圖 2—2

§ 2—4 理化檢驗用水樣的採取：

水樣的適當採取影響試驗的成績頗大，原來優良的水源可因污指誤觸或水樣的瓶口或瓶塞而被認為不適用。

理化檢驗用的水樣普通須有 2 公升。採水用的容器應該選用清潔無色的玻璃塞瓶瓶口應加棉紗布包紮緊固，在任何情況下不得用金屬容器，每次使用前容器應洗滌清潔，瓶中裝水後留一小氣泡以備膨脹。

採取的水樣必須能夠代表水源，水面和水底都不是採取水樣適宜地點優良的水樣可混合在不同時間、不同深度所收集的水樣而成，如在河流或池塘取水，可將水樣瓶置水面下約半公尺，用鑷子啟塞納水，務必注意避免手指與瓶口或瓶塞接觸，水樣取得後應附該樣品的來源、地理環境、氣候情況以及其他相關問題的記載。如所取為自來水，應先使水流出片刻（約五分鐘）再行採取，在管井內採取，應先抽出停留壓管內的水，污水水樣之採取須用混合料，並保持其溫度於 10° 以下。

採取與化驗相隔的時間愈短愈佳，最長時間可隨水的性質所做的試驗等而異。尋常沒有沾污的水，72 小時，較潔的水，48 小時，沾污的水，12 小時。

§ 2—5 化學檢驗結果的報告：

化學分析的結果，可用每公升水中含物質若干毫克（mg.）來表示，也有按其重量百萬分之分數報告的。一公升水重一公斤，則重量百萬分之分數（ μ . μ . m .）即等於每公升中毫克數。

第二章

標準溶液的製備及滴定

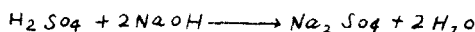
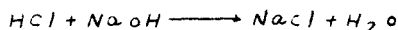
§ 2—6 標準溶液：

分析水及污水時，部份較重要的測定須利用標準溶液為之。所謂標準溶液乃已知濃度之試液。標準液的濃度雖可任意配製，但在實用上採取 1 克原子相當的試藥之量，即 1 克當量溶解於 1 公升，這

樣配成的溶液叫做1當量液(或稱1規定液)。以1N表示之。

通常分析水時，其化學反應有二種形式，即(1)中和或複分解作用，(2)氧化及還原作用。

中和或複分解作用 這種作用包括構成作用物質的各種原子及群體位置之變遷，下列方程式可資說明：

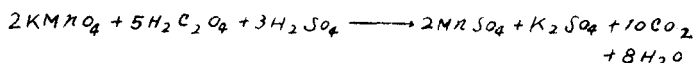


在這種作用中，作用物之當量為以替代氫原子之數或其相當值除該物體之分子量。

$$\text{物質之當量} = \frac{\text{物質之分子量}}{\text{替代氫之原子數或其相當值}}$$

因此，HCl 之當量為36.5，因其替代氫為1。H₂SO₄ 之當量為其分子量之半即49，因替代之氫為2。NaOH 中1Na能被1H替代，相當于1原子氫，故NaOH 之當量為40(分子量除以1)。

氧化還原作用 氧化還原作用可用下列方程式說明之：



研究上式的變化即可知較上面所說的中和作用為複雜，例如KMnO₄ 中Mn 為正七價，而當與硫酸共存時，KMnO₄ 為氧化劑行動，而自身被還原為硫酸錳(MnSO₄)，Mn 的原子價變成正二價。所以其原子價的變化數為5。而在H₂C₂O₄ 中C之原子價為正三，在CO₂ 中，C之原子價為正四，故H₂C₂O₄ 價之變化為2(每原子C為1)。

在氧化還原作用中，參加作用物質之當量為該物質價之變化除分子量。

$$\text{當量} = \frac{\text{分子量}}{\text{價之變化}}$$

故KMnO₄ 之當量為 31.6 (158 除以5)，

H₂C₂O₄ 之當量為 45 (90 除以2)。