

台北市八十二學年度高級中學

自然學科能力競賽

化學學科試題評析(一)

陳素貞 林如章 蕭次融 方泰山

國立臺灣師範大學化學系

一、前 言

台北市八十二學年度高級中學化學學科能力競試於民國 82 年 11 月 30 日在台北市中山女中舉行。來自 26 所公私立高中參賽的學生代表共有 42 位。競賽內容早上是實驗實作(一)及(二)，時間各為 80 分鐘，下午是理論背景知識筆試(一)及(二)，時間各為 55 分鐘。另外利用評審員閱卷與統計成績的時間，特地安排蕭次融教授作示範實驗演示，並以帶隊參加奧林匹亞競賽的經驗談與學生分享，藉以提高學生對化學問題探討的興趣，激發其思考與創造力，期能作為將來選上代表出去參加國際競賽時之參考。

二、命題與評量

命題內容範圍以高中化學一、二、三冊為主，並包含高一的基礎理化。試題分由四位教授命題，除相互討論外，試題並經四位助理評審試作，重複修改並調整配分。競試後，分題由評審教授與助理評審員以統一標準評分。每部分各占總分之 25%，即總分 100 分中，實作與筆試各占 50 分。

三、競賽結果

競賽完畢當天評量，選出一等獎、二等獎各四位，三等獎八位，由教育局發給獎狀與獎品以資鼓勵。獲一、二等獎者可代表台北市參加教育部舉辦的全國決賽，若能名列前茅，將來除了可參加國際奧林匹亞競賽外，並可免試保送大學。於頒獎後，由各科召集人做簡短講評，以供日後參考。

競賽後之總成績，按總分之高低列於表 1，由表 1 可看出成績分佈在 84.8 分至

台北市八十二學年度高級中學自然學科能力競賽—化學學科試題評析(一)

表 1 競賽之總成績

名 次	實驗設計 與操作成績	筆試成績	總 成 績	備 註
1	41.5	43.3	84.8	} 一 等 獎
2	41.0	37.5	78.5	
3	38.5	40.0	78.5	
4	39.3	38.3	77.5	
5	42.3	35.0	77.3	} 二 等 獎
6	36.8	38.5	75.3	
7	38.5	36.3	74.8	
8	37.5	36.8	74.3	
9	41.0	27.6	68.6	} 三 等 獎
10	31.8	36.0	67.8	
11	40.8	26.8	67.5	
12	36.8	29.8	66.5	
13	36.5	27.3	63.8	
14	32.8	30.0	62.8	
15	35.3	26.8	62.0	
16	36.8	24.3	61.0	
17	28.5	29.0	57.5	
18	36.5	19.5	56.0	
19	38.3	16.8	55	
20	22.8	30.0	52.8	
21	31.5	21.0	52.5	
22	26.3	25.8	52	
23	28.8	23.1	51.9	
24	24.8	26.8	51.5	
25	28.3	21.0	49.3	
26	27.3	20.8	48.0	
27	32.5	14.5	47.0	
28	21.0	25.5	46.5	
29	20.8	24.0	44.8	
30	27.3	17.3	44.5	
31	20.3	21.5	41.8	
32	25.5	15.8	41.3	
33	23.5	12.8	36.3	
34	22.0	14.1	36.1	
35	20.0	15.0	35.0	
36	21.8	12.5	34.3	
37	19.8	11.3	31.0	
38	15.5	14.5	30.0	
39	21.0	8.8	29.8	
40	14.5	14.5	29.0	
41	12.5	8.5	21.0	
42	18.5	0 *	18.5	* 筆試缺考
平均	29.4	23.8	53.2	

18.5分之間，而一、二等獎八位學生剛好都超過70分，而三等獎者八位也都在60分與70分之間，50～60分與40～50分都各有8位，40分以下者有10位。平均分數為53.2分。

四、試題評析

由於競賽當天要公佈成績，無法當場對試題詳作分析，僅由巡場動態評量及競試總成績，作一簡短講評。事後分由命題教授評析如下。由於篇幅關係，本期先刊登實作部分，下一期再續登筆試部分。

實作(一) 「估計溶液的 pH 值與濃度」的實況評析

化學是一門實驗的科學，故在化學課程中尤重視實驗的教學，然而目前國內高級中學的化學實驗活動中，大多採用食譜式的詳列步驟，讓學生按步驟逐一操作，以達驗證原理或得知物性的目的，雖然如此親手操作，親眼觀察的實驗，比起口語傳授更能深刻理解，但學生碰到實際問題時，往往束手無措，難於自行設計實驗以探究原理原則，故本次競賽實作(一)部分，就特意設計能讓學生利用身邊的簡單器材（如調色盤、滴管、小滴瓶等）以估計未知溶液的 pH 值與濃度。試題（參考附件一）先由引導式開始（如題一及題二），提示學生操作方法與設計要領，進而讓學生自行設計實驗步驟（如題三）以評學生之「設計並進行實驗」之科學過程技能。

實作(一)評量結果，按得分之高低列如表2，得分在84分與22分之間，80分以上的有3位，80～70分間有4位，70～60分間有11位，60～50分間有16位，50分以下有8位，平均分數為58.5分。現按各題序分別討論如下：

1. 題一是讓學生分別由0.1 N HCl 和 1.0 N NaOH 採用十倍稀釋法逐次稀釋，以得 pH 等於1至14之溶液，並各取1滴滴在已貼好在試卷上之紫色高麗菜試紙上，用以觀測該試紙在不同酸鹼度時所呈現之顏色。假若學生稀釋動作與吸取試樣動作正確，應可在試紙上顯現一系列漂亮的顏色序列（紅、紫、藍、綠、黃）。參看表2評量結果，得悉操作完全正確獲得28分者，42位學生中只有3位，一半以上不正確（少於14分）者有8位，其誤差之主要來源有二：

(1) 稀釋動作的不正確

在我們所提供的簡單器材限制下，連續將溶液作十倍稀釋的動作，有幾個要領可供參考。

- (a) 先各滴9滴水於調色盤各格中，再分別各加一滴酸或鹼液較為方便。

台北市八十二學年度高級中學自然學科能力競賽—化學學科試題評析(一)

表 2 實作(一)之競試結果

		各小題之得分情形							
名次	一	二				三		動態評量 (10)	總 分
		(一) (二) (三) (四)	(一) (二) (三)						
	(20)	(6) (8) (8) (2)	(20) (10) (10)						
1	24	6 5 8 1	18 6 9	7	84				
2	28	6 4 8 2	18 4 3	8	81				
3	25	6 5 8 2	18 8 0	9	81				
4	25	6 5 8 2	12 6 6	7	77				
5	26	6 4 8 1	14 6 4	7	76				
6	25	4 4 0 1	18 8 8	7	75				
7	26	6 6 8 1	12 3 3	7	72				
8	22	3 4 8 2	17 5 0	8	69				
9	23	6 4 8 1	14 0 6	6	68				
10	20	4 8 0 0	18 6 5	7	68				
11	28	6 4 8 0	12 0 2	8	68				
12	26	4 4 8 1	13 0 3	8	67				
13	20	6 4 2 1	16 4 6	8	67				
14	23	6 5 0 2	16 0 4	8	64				
15	20	6 5 8 0	12 0 6	7	64				
16	26	3 6 0 1	10 5 5	7	63				
17	22	6 4 0 1	15 6 0	8	62				
18	16	6 5 0 1	15 5 5	8	61				
19	26	4 5 8 2	2 2 2	8	59				
20	27	3 4 0 1	8 2 6	8	59				
21	26	3 5 0 1	10 2 4	8	59				
22	8	3 6 8 0	16 3 8	6	58				
23	12	6 5 8 1	10 4 2	9	57				
24	12	3 5 8 0	12 5 6	6	57				
25	28	4 4 8 0	0 0 4	7	55				
26	27	3 3 8 1	2 2 0	9	55				
27	16	6 3 0 1	14 4 4	7	55				
28	18	3 2 8 1	8 3 4	7	54				
29	23	3 4 8 1	2 2 3	8	54				
30	18	3 4 8 1	6 2 4	8	54				
31	22	4 3 0 1	10 1 4	6	51				
32	24	0 6 8 0	0 4 2	7	51				
33	18	6 3 0 1	10 2 4	7	51				
34	22	0 3 8 2	8 0 0	7	50				
35	22	3 4 8 0	2 0 4	6	49				
36	12	3 4 8 1	8 2 4	7	49				
37	19	0 5 8 0	4 0 4	6	46				
38	8	2 4 8 1	10 0 4	7	44				
39	13	0 4 0 1	11 3 4	7	43				
40	14	0 4 0 0	0 0 6	6	30				
41	17	0 4 0 0	0 0 0	7	28				
42	6	3 3 0 0	0 2 2	6	22				
平均	20.6	3.8 4.4 5.0 .9	10 2.8 3.8	7.3	58.5				

註：題號下()內為各小題之配分。

- (b) 操作時用來稀釋的水，最好先由點滴瓶倒在調色盤中央的大格，以避免整個點滴瓶內的水遭受污染。
- (c) 滴管由濃移到稀溶液取樣時，滴管使用前須先擠乾，並吸水沖洗擠乾後再繼續使用。
- (d) 使用滴管稀釋以計滴數時，宜用同一支滴管，並固定滴管的傾斜角度，以維持每滴大小體積相同，以盡量減少誤差。
- (e) 當一滴酸或鹼加入 9 滴水中後，記得要充分攪拌均勻。
- (f) 酸鹼最好使用不同滴管，以免受到污染。

(2) 取溶液滴到試紙時的動作不正確

取不同 pH 值之酸鹼液滴到試紙時，酸鹼宜用不同滴管分由稀往濃吸取試樣，以避免誤差。由稀到濃換液取樣時，滴管須擠乾，但可不必吸水沖洗。故吸取酸液時，應分由 pH 6 至 1（即酸增強）和 8 至 14（即鹼增強）次序取樣。但測試結果，學生却有 15 位（得分低於 20 者）是由濃至稀反方向取樣，其中更有三位得分小於 8 者，紅色出現在中間，表示把 pH 1 至 6 誤為是酸的增強，二位學生的黃色出現在中間，表示把 pH 8 至 14 誤為鹼的減弱，甚至有一位學生舉手問評審員如何配 pH 為 7 之溶液！

2. 題二是讓學生利用題一紫色高麗菜試紙在不同 pH 溶液的呈色情形當作比對標準，以求未知溶液 X 與 Y 之 pH 值。X 經設計將其配在 pH 為 13，讓學生可由實作之黃綠色清楚比對出來，而另外 Y 則是 pH 為 3，試紙顯色為紫色，因 pH 3 至 10 間，試紙皆呈紫色，故只能知其 pH 在 3 與 10 之間，無法單用此紫色高麗菜試紙來正確判斷其 pH 值，故需進一步使用多種指示劑的呈色加以比對。由於考慮學生尚無解決此困難之經驗，因此特地詳列不同的實驗方法，以選擇方式讓學生判斷，選取一正確方法後接着進行實作，以求 Y 之正確 pH 值。在本測試藥品的限制下，正確方法步驟如題二之(三)(c)所述，先用甲基橙，再用溴瑞香草藍作比對，得知 Y 之 pH 值應接近於 3。

本題學生實作的情況，分述如表 3，各人得分可參看表 2。

3. 題三是開放式的題目，讓學生自己設計一實驗步驟，並實作以估計已稀釋過之食醋溶液 A 及 B 之濃度。本來設計題二之(三)用選擇式的題型是有意當作學生做題三寫實驗步驟之參考，由測試結果，發現似乎有效，會清楚條列出來者有 32 位，但可能由於背景知識不夠，或其他原因，近於完全寫對，且又實作正確者只有 3 位。本題

表 3 題二的實作情形

題 號	項 目	內 容	人 數
(一)	用紫色高麗菜試紙比對，以估計未知溶液 X 和 Y 之 pH 值。	兩個都對	16
		只對一個	19
		兩個都錯	7
(二)	知道只用紫色高麗菜試紙無法確知 Y 之 pH 值者。	答對者	35
		能寫出理由	16
		不懂原因	19
(三)	知道用多種指示劑呈色比對，以求更接近 Y 之正確 pH 值。	選用正確方法	26
		錯用中和滴定法	15
		自己設計 (但不正確)	1
(四)	知道求 Y 之正確方法，而又能實作正確者。		7

A 溶液濃度為 0.52 M，B 溶液為 1.2×10^{-3} M，實作答案誤差在 10 % 內者各給滿分 5 分，10 ~ 20 % 者給 3 分，20 % 以上者給 1 分。此次 B 溶液濃度刻意設計成很低，若酸試樣取量太少，或 NaOH 沒經稀釋，可能一滴就已超過滴定終點，無法得到正確濃度，因此可藉此來分辨學生解決困難的能力。本題有 2 位同學做到放大 B 溶液之取樣量，1 位知道當鹼用量超過當量點時，可用酸來做反滴定。不過有 2 位同學只取 1 滴試樣來做滴定，難怪求不出正確之濃度。本題實作情形列述於表 4，得分情形可參看表 2。

4. 動態評量係指在學生實作時，由評審員從旁觀察他們的操作情形，如稀釋溶液、使用點滴瓶、滴管和滴定的動作是否正確，同時亦把學生的實驗精神、技巧熟練度及保持桌面的整潔納入總評。但由於動態評量是連續的動作，評量本身有其難以克服之困難，故經評審會議決定，此部分只占 10 %。動態評量結果，發現每位同學都很認真地操作，惟實驗熟練度較差，百態俱出，單以拿滴管方式就有五、六種之多，雙手或單手，直拿或斜拿，亦有反手幾乎水平式的拿法，讓人直覺感到似未曾作過實驗之嘆。
5. 綜合上面實作(一)之評量結果，提供下面幾點建議，以作為高中化學教師日後教有關酸鹼單元時，特別是要估計未知溶液之 pH 值或濃度時之參考。
 - (1) 強調利用指示劑呈色比對相同者，可能在呈現該顏色相同之 pH 值範圍，而由滴定法到達滴定終點所用之體積，再經 $N_A V_A = N_B V_B$ 公式計算所求者為酸 (或鹼) 之濃

表4 題三的實作情形

題號	項	目	內 容		人 數
(一)	設計實驗以求A、B兩種食醋樣品之濃度	步 驟 寫 法	清楚條列		32
			流程圖表示		1
			籠統不分段		7
			空 白		2
		使 用 方 法	滴定法		32
			比色法		6
			空 白		4
		選 用 滴 定 法 者	所用指示劑	酚 酞	18
				溴瑞香草藍	7
				甲基橙	4
				混用2種	2
				未加指示劑	1
			指示劑用量	1～2滴	24
				沒 寫	8
					32
(二)	求A、B兩樣品濃度之實作部分	待滴定液用量	1 滴		2
			10～30滴		25
			50滴以上		3
			沒記錄		2
		A 溶液誤差	10%內		7
			10～20%		4
			20%以上		19
			空 白		2
		B 溶液誤差	10%內		2
			10～20%		1
			20%以上		8
			空 白		21
(三)	食醋中直接滴入指示劑可否得知含酸的濃度	作 答 方 式	不可以	知正確理由	10
				不知理由	26
			可 以		5
			空 白		1

度。

- (2) 酸鹼滴定时，達當量點之 pH 值應在所選用指示劑之變色範圍，特別是要注意弱酸強鹼或弱鹼強酸的滴定，如本次食醋以 NaOH 滴定时，宜選用酚酞指示劑，不可選用甲基橙，以免產生誤差。且指示劑之量宜儘量減少，1 ~ 2 滴可顯色即可。
- (3) 利用滴管吸取試樣時，若由濃至稀連續要操作時，務必要記得把滴管擠乾，吸水沖洗再擠乾之動作。吸取同類藥品用同一滴管時，應由稀到濃吸取，取時滴管擠乾即可，不必特別用水沖洗，但若換不同物質時，宜換另一乾淨滴管，否則還是要擠乾，沖洗數次再擠乾才可使用。
- (4) 使用滴管計量滴數時，務必要維持一定的傾斜角度（最好是垂直），以盡量保持每滴體積大小相同。
- (5) 滴定时宜邊滴邊搖，以期混合均勻。
- (6) 滴定用量若太少，不易得正確結果，故除取適當量之待滴定液外，若所用滴定量仍太少時，則應先稀釋滴定液後再滴定為宜。
- (7) 在校宜加強學生開放式的實驗設計訓練，最好不要每次都以食譜式的實驗要求學生完全機械式地按照步驟操作，宜讓學生有自由思考發揮的空間，或許就可避免像這次競賽時，即使是由各校選出之代表，尚有約十分之一的學生對題三之實驗設計完全不知如何動手，而有空坐板凳之憾。特別是實作部分表現不理想，希望老師們多多鼓勵學生不但要動腦，也要動手做實驗。

實作(二) 容量分析實況評析

容量分析在高中化學實驗應該是一項重要的課題。藉由實驗訓練學生正確的化學儀器的使用方法之外，給予學生酸與鹼、指示劑的色變、酸鹼中和等等概念，並強調「量」的關係。進而滴定未知溶液以定量未知試樣的成分，甚具實用價值。或許因此，在高中的三個學年排了三個滴定的容量分析：基礎理化實驗手冊（上册）實驗 5-1「酸鹼滴定」、高中化學實驗手冊實驗 13「胃酸劑片中制酸量的測定」、與實驗 16「氧化還原滴定」。倘若學生認真學習，操作了這三個實驗，這次代表各該校來參賽，理應會有相當良好的表現。然而，其實不盡然，令人失望的是似乎幾近三分之二的學生不會。今年的容量分析可說是綜合了上述三個實驗的前兩個的酸鹼滴定。

1. 命題

這一次的競賽本來想仿第 25 屆的國際化學奧林匹亞競賽的精神，要求學生實驗的

表5 實作(一)之競賽結果

編號	mL	濃 度 (M)			總 分	備 考
	A	B	x	y		
01	33.02	0.1195	0.2406	0.108	95	
02	31.9	0.12	0.06	0.3	30	6.92
03	22.5	0.081375	0.15596875	0.070525	50	
04	2.31	0.1228	0.2087	0.11543	30	7.12
05	36.9	0.06672	0.0368	0.0473	30	
06	30.29	1.1194	2.2388	0.5597	40	
07	32.7	0.1183	0.2366	0.1065	85	
08	21.40	0.1161	0.2229	0.1022	95	
09	10.2	0.1107	0.2218	0.0985	80	10
10	33.70	0.0958	0.1519	0.0651	60	
11	33.5	0.1212	0.1212	0.1151	60	
12	33.33	0.12056	0.24112	0.1085	70	
13	32.7	0.1182	0.2412	0.1135	95	
14	37.5		45.6	60.3	20	
15	32.7	0.1157	0.1932	0.091429	90	
16	26.23	0.1034	0.008	0.001	40	
17	5.73	0.1132	0.2430	0.1096	30	184.87
18	5.45	0.1182	0.2330	0.1100	80	5
19	32.5	0.5417	10.834	5.6	30	60
20	30.75	0.1279	0.2594	0.1208	85	
21	30.5	0.1103	0.1875	0.1213	80	
22	30.62	0.05537	0.0519	0.02699	30	
23	33.1	3.573	3.573	2.501	30	
24	31.8	0.1024	0.1997	0.0906	80	
25	38.4	0.1339	0.04959		30	
26	31.95	0.1156	0.2325	0.1058	100	
27	49.3	0.1785	0.357	0.1785	60	59.6
28	9.769	0.1060	0.1001	0.1929	55	10
29	1.1	0.12	1.64	1.12	50	1
30	34.03	0.1230	0.2461	0.1086	75	
31	19.75	0.17	0.41	0.1785	40	50
32	33.5	0.12	0.24	0.11	50	
33	35.6	0.217	0.2756	0.3472	30	
34	52	0.1881	0.333	0.161771	40	
35	11.5	0.0094347	0.0058937	0.0214318	30	10
36	30.066	0.10874	0.221286	0.101672	95	
37	31.64	0.1144	0.1762	0.0664	80	
38	30	0.1085	0.1953	0.07595	75	
39	33.00	0.1194	0.2057	0.0875	78	
40	33.53	0.1213	0.2305	0.1031	93	
41	32.8	0.12	0.20	0.08	50	
42	37.5	0.18228	0.3937	0.09765	40	

「精準」性，但參賽的學生呈現兩極化。優秀的學生做到了相當精準，能以精準的程度評分，但是，多數的學生似乎不知容量分析之為何，不知當量關係，甚至連實驗說明也沒看懂的也大有人在，令人不能不嘆息今日的教育，只因實驗聯考不考，實驗課便不能得到學生應有的重視，而經由這種活動以落實高中課程（實驗）的創設目的不易達成。在中途換站休息的時間，曾經詢問了好幾位學生，獲悉他們在校，兩年多來根本就沒做實驗，甚至連看都沒看過容量分析的實驗，難怪會有學生以量筒當做角錐瓶來滴定。

2. 競 賽

有關實驗的說明，請參閱試題，在實驗步驟之前有一較詳細的說明。在 42 位學生中，過來要求更進一步的實驗步驟說明（實驗步驟 4 與 5，未知試樣 x 與 y 的分析）者只有一名，而試劑不足再來請求補發者，也只有一名。學生都在 80 分鐘交卷。

3. 競賽結果

競賽結果詳列於表 5，成績最高 100 分，最低 20 分。表 5 中 mL A 一欄的數目表示滴定 30 mL 的試樣 B，所需標準液 A 的 mL 數。依實驗步驟指示，取了 30.00 mL 的 B，則需 0.1000 M 標準溶液 A 32.05 mL。雖然在實驗步驟 3 指示取溶液 B 30 毫升，但是有 11 名學生未照做，最多的用了 184 mL，最少的 1 mL。這 11 名所取的量列於表上的備考欄。

原定的給分標準只能適用於高成就的一群，成績高於 75 分的這一群共 17 名。未知試樣 B、 x 、 y 的標準答案分別為 0.1159 M、0.2327 M、0.1085 M，而以此數據為參考訂定給分標準。誤差的允許範圍為 $B \pm 2\%$ ， x 與 $y \pm 5\%$ ，而 x 與 y 的比值為 2。因此即使 B 的濃度錯了，而因係以 B 來滴定 x 與 y ，所以即使 x 或 y 與標準的濃度有差，但其比幾近於 2 者也斟酌給分。得分為 30 分以下者有 11 名，其中有 1 名僅得 20 分，係因未得 B 的濃度，且其 x 與 y 的濃度分別高達 45.6 M 與 60.3 M，殊不知其為絕不可能而遭扣 10 分。高於 30 分而低於 70 分者有 14 名，成績的分布情形如表 6。

表 6 實作(一)之成績分布

成績	100	95	90	85	80	75	70	60	50	40	30	20
人數	1	4	2	2	5	3	1	3	5	5	10	1

4. 講 評

在本競賽實驗過程中巡場所看到的情形評述如後，以供關心化學實驗教學的教師們

參考。

(1) 滴定管的操作方法不良

- (a) 活栓(應使用左手以略為壓進活塞的感覺輕轉活栓,以免漏水)。
- (b) 活栓底下的出口處不可留有空氣,可斜持滴定管,讓溶液流出以擠出空氣。
- (c) 加溶液時,一手握滴定管,一手輕倒溶液,加好溶液後才上架。
- (d) 滴定时,滴定架底盤要墊一張白紙,以利觀察溶液的顏色改變。

(2) 不可以量筒當角錐瓶使用,直接在量筒內滴定。

(3) 滴定未知試樣時要先估計未知試樣的濃度,以滴數估計溶液的體積。用吸管時要吸管直立,較易保持每滴的大小。

(4) 指示劑盡量少用,以指示劑當做滴定液,加再多的指示劑溶液也不會變色。

(5) 本實驗要求結果精準,因此最好實驗的設計要使滴定液能用到 40 mL 左右。因此要取多少試樣,事先要大略估計。本實驗,有的學生只取 1 毫升的試樣來做實驗,結果誤差顯然較大,失去使用滴定管滴定的意義。

(6) 本實驗有 6 位學生做得非常好,其中有一位得滿分,不僅其結果精而準,操作手法也非常好。

(7) 相當多的學生沒處理有效數。

附件(一)

實作(一)題目 估計溶液的 pH 值與濃度

*** 參考資料 ***

指示劑之顏色變化及變色範圍

指 示 劑	變色範圍之 pH 值	顏 色 變 化
酚 酞	8.3 ~ 10.0	無色至紅色
溴瑞香草藍	6.0 ~ 7.6	黃色至藍色
甲基基 橙	3.1 ~ 4.4	紅色至橙黃

實驗器材與藥品：

藥	品	器	材
鹽酸	0.1 M	調色盤	
氫氧化鈉	1.0 M	紫色高麗菜試紙 (已貼在試卷內)	
未知溶液 x 和 y		試 管	3 支
未知溶液 A 和 B		滴 管	3 支
蒸餾水		試管架	1 個
酚 酞		廢液杯	1 個
溴瑞香草藍		衛生紙	
甲基橙			

限用桌上藥品及器材，依指示動手實際操作，將實驗結果填在試卷上，或勾選合適的選項或寫出實驗步驟。

題一、配製不同 pH 值的溶液，並觀察其在紫色高麗菜試紙上的呈色情形。

在調色盤上，先將 0.1 M 鹽酸 ($\text{pH} = 1$) 逐次 10 倍稀釋成 pH 2、3、4、5、6 的溶液，同理另將 1.0 M 氫氧化鈉溶液 ($\text{pH} = 14$) 也逐次 10 倍稀釋成 pH 13、12、11、10、9、8 的溶液，分別置於調色盤上 1 至 14 的小格子中。使用這些不同 pH 值的溶液，各滴一滴在下表中的紫色高麗菜試紙上，觀測紫色高麗菜試紙依溶液之酸鹼性不同的呈色情形，並將結果貼於下表：

實驗結果

紫色試紙															
所滴溶液的 pH 值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

註：將溶液直接滴在上面空格中的紫色試紙上，此部分須用衛生紙輕按其上，吸去多餘溶液後才能合起來。若有作錯的，舉手向老師取備用的紫色試紙重作，撕下背面膠紙再黏上即可。

題二、以題一的紫色試紙的呈色作為比較標準，試估計未知溶液 x 和 y 的 pH 值。

(一) 實作結果：(在最適當的一項前打勾) x : y :

未知溶液 x 的 pH 值為 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14

未知溶液 y 的 pH 值可確定為 ☐ 2 ☐ 6 ☐ 3~10 之間 ☐ 11~14 之間

(二) 以紫色試紙的呈色作為比較標準，能求出未知溶液 y 的精確 pH 值嗎？

☐ 能，為什麼？ _____

☐ 不能，困難在哪裡？ _____

(三) 若限用桌上藥品及器材，想要精確的求出 y 溶液的 pH 值，在下列各項實驗步驟中，何者最適宜？答： _____

(A) 1. 取 20 滴 y 溶液於試管中，加 2 滴溴瑞香草藍。

2. 用 0.1 N NaOH 溶液一滴滴的滴入試管中，直到溶液恰由黃色轉變為藍色為止。

3. 計數滴定所用鹼液的滴數，應用 $N_a V_a = N_b V_b$ 的公式去計算。

(B) 1. 取 20 滴 y 溶液於試管中，加 2 滴酚酞。

2. 用 0.1 N NaOH 溶液一滴滴的滴入試管中，直到溶液恰由黃色轉變為藍色為止。

3. 計數滴定所用鹼液的滴數，應用 $N_a V_a = N_b V_b$ 的公式去計算。

(C) 1. 在白色塑膠片上不同位置各滴一滴 pH 1 至 6 的溶液，各液滴上分別加一滴甲基橙。

2. 改用溴瑞香草藍，重覆上述的操作，以此結果作比色標準。

3. 在塑膠片上不同的兩個位置上各滴一滴 y 溶液，在每溶液上分別加一滴甲基橙和一滴溴瑞香草藍，再與標準溶液作比色。

4. 觀察並記錄呈色相同的 pH 值。

(D) 以上皆不適宜，自行設計步驟： _____

(四) 實作結果，下列那一數值與 y 溶液的 pH 值最接近？在其前面的 ☐ 打勾。

☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

題三、現有稀釋的家庭用食醋 A 及 B，參考前面各種指示劑的顏色變化及變色範圍，試設計一實驗以分別測定未知樣品 A、B 中醋酸的濃度。

(一) 寫出實驗步驟。

(二) 實驗結果

A 溶液中含醋酸濃度為 _____ M。

B 溶液中含醋酸濃度為 _____ M。

計算式：

(三) 在本實驗中，直接使用指示劑滴入食醋中，由呈色的情形可以知道食醋中醋酸的濃度嗎？

☐ 可以 理由： _____

☐ 不可以 理由： _____

附件(二)

實作(二)題目 容量分析

這是酸鹼滴定，最主要的目的在於考驗學生實驗的「精準」性，誤差只允許在 0.5 % 以內。利用桌上的儀器決定溶液 B、X、Y 的濃度，其中 B 是氫氧化鈉溶液，濃度待標定。溶液 X 與 Y 是未知試樣，pp 是 0.1 % 的酚酞溶液。另外一瓶試劑 A 是鹽酸的標準溶液，濃度是 0.1085 M。

實驗的時間包括書寫報告，總共 80 分鐘，在最後的 10 分鐘與 3 分鐘，會提醒你。本實驗的成績，滿分是 100 分，其中 B 佔 40 分，X 與 Y 各佔 30 分。

除了下面所提示的實驗步驟外，其他的實驗步驟學生要自行設計，倘若你有困難，不知該怎麼做時，舉手示意，可向教師取得一份「實驗步驟」，但要遭扣 5 分。桌上的試劑與未知試樣均有足夠的量供你實驗，倘若你需要更多的量，可舉手示意，另得備用的試劑或未知試樣，惟每得一樣補充，要遭扣 5 分。

實驗步驟

1. 在洗淨的滴定管，倒入少量的試劑 A 沖洗兩次後，倒入試劑 A 至液面高於滴定管的刻度。慢慢旋轉滴定管的活栓（開關），放出部分試劑至液面低於滴定管的刻度，此時要注意滴定管活栓下面的出口處要充滿溶液，不可留有空氣。將滴定管直立安裝於滴定管架備用。
 2. 同上面步驟 1 的操作，在另一支滴定管放溶液 B 備用。
- [注意] 在整個實驗過程中，一支滴定管放試劑 A，另一支放溶液 B，不必倒出來。
3. 以錐形瓶從滴定管精取溶液 B 30 毫升，加蒸餾水約 30 毫升，並滴入酚酞指示劑數滴（至溶液呈淡淡的粉紅色即可）。以試劑 A 滴定此溶液。

[注意] (1) 本實驗的主要目的如同前述，要考驗你做實驗的「精準」性，因此你自己要想辦法如何提高實驗的精準性。

(2) 要測定未知試樣 X 與 Y 的濃度時，要先取少量試樣，試其酸鹼性，並估計其大概濃度後，才設計你的實驗，要取多少量的試樣，如何做。

(3) 估計未知試樣的濃度，方法如下：

以塑膠吸管吸取未知試樣，滴 10 滴於透明塑膠杯內，加水 10 滴與酚酞指示劑 1 滴，此時溶液若不呈現粉紅色，即知其為酸性溶液。

用另一支吸管吸取 B 溶液，逐滴滴入塑膠杯內至溶液變色，由 B 的用量（滴數）可估計未知試樣濃度為溶液 B 的多少倍，以決定正式滴定时，需要量取多少量的未知試樣。

4. 用吸量管吸取 20 毫升的未知試樣 X 於錐形瓶，加蒸餾水約 30 毫升，並加 2 滴酚酞指示劑後以溶液 B 滴定。由溶液 B 的濃度 M_{NaOH} 與其用量 V_{NaOH} 可算出未知試樣 X 的濃度 M_x

$$M_x = \frac{M_{NaOH} \times V_{NaOH}}{20.00} =$$

5. 同步驟 4. 的方法操作，但改為吸取 30 毫升的未知試樣 Y。

[注意] 在幾近滴定終點時，若滴定液滴過終點，則需要反滴定。例如滴定試樣 X 時，只要呈現淡淡的粉紅色，搖動錐形瓶內的溶液均勻數秒，顏色不褪即是終點，若顏色太濃，就用溶液 A 反滴定至無色。計算時不要忘記要將溶液 A 的量（莫耳數）從滴定液 B 的量減掉。

附件(三)

實作(二)之實驗報告

一、氫氧化鈉溶液的標定

溶液 B 的體積..... mL
滴定所用試劑 A 的體積（平均值）..... mL
溶液 B 的濃度..... M

二、未知試樣濃度的測定（只要寫最後的結果）

試樣 X 的濃度.....
試樣 Y 的濃度.....