รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จารุณี เหลืองเพชรงาม. การศึกษาระบบการควบคุมคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จที่มีหลายโรงผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: เอ็มแอนด์อี, 2533

ธีระพงษ์ กังสนารักษ์. การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับสายการผลิตรางสายไฟฟ้าและตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539

บุญโรจน์ สิมะบวรสุทธิ์. การวางระบบการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนโลหะรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, ผู้เรียบเรียง. เทคนิคทางเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกายพรึก, 2539

พิชิต สุขเจริญพงษ์. การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: เอช-เอน การพิมพ์, 2535

วัชรา ขนิษฐบุตร. การวิเคราะห์น้ำยาชุบโลหะ. (ม.ป.ท., ม.ป.ป.).

วัชรา ขนิษฐบุตร. การชุบสังกะสีแบบกัลวาไนซ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537

ศุภวัชร์ เมฆบุรณ์. การพัฒนาระบบคุณภาพในโรงงานผลิตชิ้นส่วนพลาสติกสำหรับมาตรฐาน มอก. 9000. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537

สมชาย วิศวีรศักดิ์. การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพของอุตสาหกรรมเครื่องใช้ประจำโต๊ะอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533

เสรี ยูนิพันธ์, จรูญ มหิทธาฟองกุล และคำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. เทคนิคการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528

อรรถกร เหล่าศิริหงษ์ทอง. การจัดการระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการประกอบของเล่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผนและวิธีการชักตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบแบบแอตทริบิวส์ (มอก. ๔๖๕-๒๕๒๗). พิมพ์ครั้งที่ 3. (ม.ป.ท., ม.ป.ป.).

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกรดไฮโดรคลอริก(กรดเกลือ)สำหรับใช้ในทางอุตสาหกรรม (มอก. ๒๑๗-๒๕๒๐). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโซเดียมไฮดรอกไซด์ประเภทอุตสาหกรรม(มอก. ๑๕๐-๒๕๑๘). พิมพ์ครั้งที่ 3. (ม.ป.ท., ม.ป.ป.).

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์(มอก. ๑๒๘๗-๒๕๓๘). (ม.ป.ท., ม.ป.ป.).

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซิงก์คลอไรด์(มอก. ๑๑๒๔-๒๕๓๕). กรุงเทพฯ: ประชาชน, 2536

ภาษาอังกฤษ

American Society for Testing and Material. Standard test method for weight(mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coating (ASTM A90/A90M). America, 1993

American Society for Testing and Material. Standrad specification for zinc(Hot-dip galvanized) coating on iron and steel products(ASTM A123). America, 1989

American Society for Testing and Material. Standrad practice for safeguarding against embrittlement of Hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement(ASTM A143). America, 1989

American Society for Testing and Material. Standard practice for safeguarding against warpage and distortion during Hot-dip galvanizing of steel assemblies(ASTM A384). America, 1991

American Society for Testing and Material. Standard practice for providing high-quality zinc coating(Hot-dip)(ASTM A385). America, 1991

American Society for Testing and Material. Standard specification for zinc(ASTM B6). America, 1995

American Society for Testing and Material. Standard test method for adhesion of metallic coating(ASTM B571). America, 1991

American Society for Testing and Material. Standard specification for post-coating treatments of iron or steel for reducing risk of Hydrogen embrittlement (ASTM B850). America, 1994

British Standards Institution. Specification for Hot-dip galvanized coatings on iron and steel articles(BS 729). London, 1971

Deutsche Industrie Normen. Surface character(DIN 4761). German, 1978

Ferdinand, P. Beer and E. Russell Johnston. Mechanics of materials. Singapore: McGraw-Hill Ryerson, 1985

Fontana, G. Mars. Corrosion engineering. Third edition. Singapore: McGraw-Hill Ryerson, 1987

Fox, J. Michael. Quality assurance management. First edition. England: Clays, 1993

Galvanizers Association. General galvanizing practice. (n.p.), 1981

International Organization for standardization. Paints and varnishes-surface-drying test-Ballotini method(ISO 1517). First edition. Switzerland, 1973

Japanese Standards Association. Ammonia chloride(JIS K1441). Japan,1986

Japanese Standards Association. Sodium dichromate dihydrate. Japan,1992

Taylor, J. R. Quality control systems. Singapore: McGraw-Hill Ryerson, 1989

Norman Gaither. Production and operations management. The dryden dress, 1990

Ray wild. Production and operation management. Cassell, 1995

Standards Association of Australia. Preparation and pretreatment of metal surfaces prior to protective coating(AS 1627.0 - AS 1627.9). Australia, 1977

Susan, M. Garrity. Basic quality improvement. New Jersey: Prentice-Hall, 1993

William, W. Hines and Douglas, C. Montgomery. Probability and statistics in engineering and management science. Third edition. Singapore: Wiley, 1990

ZALAS. Hot dip galvanizing. Australia, 1985

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผนและวิธีการชักตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบแบบแอตทริบิวส์

มอก.๔๖๕-๒๕๒๗

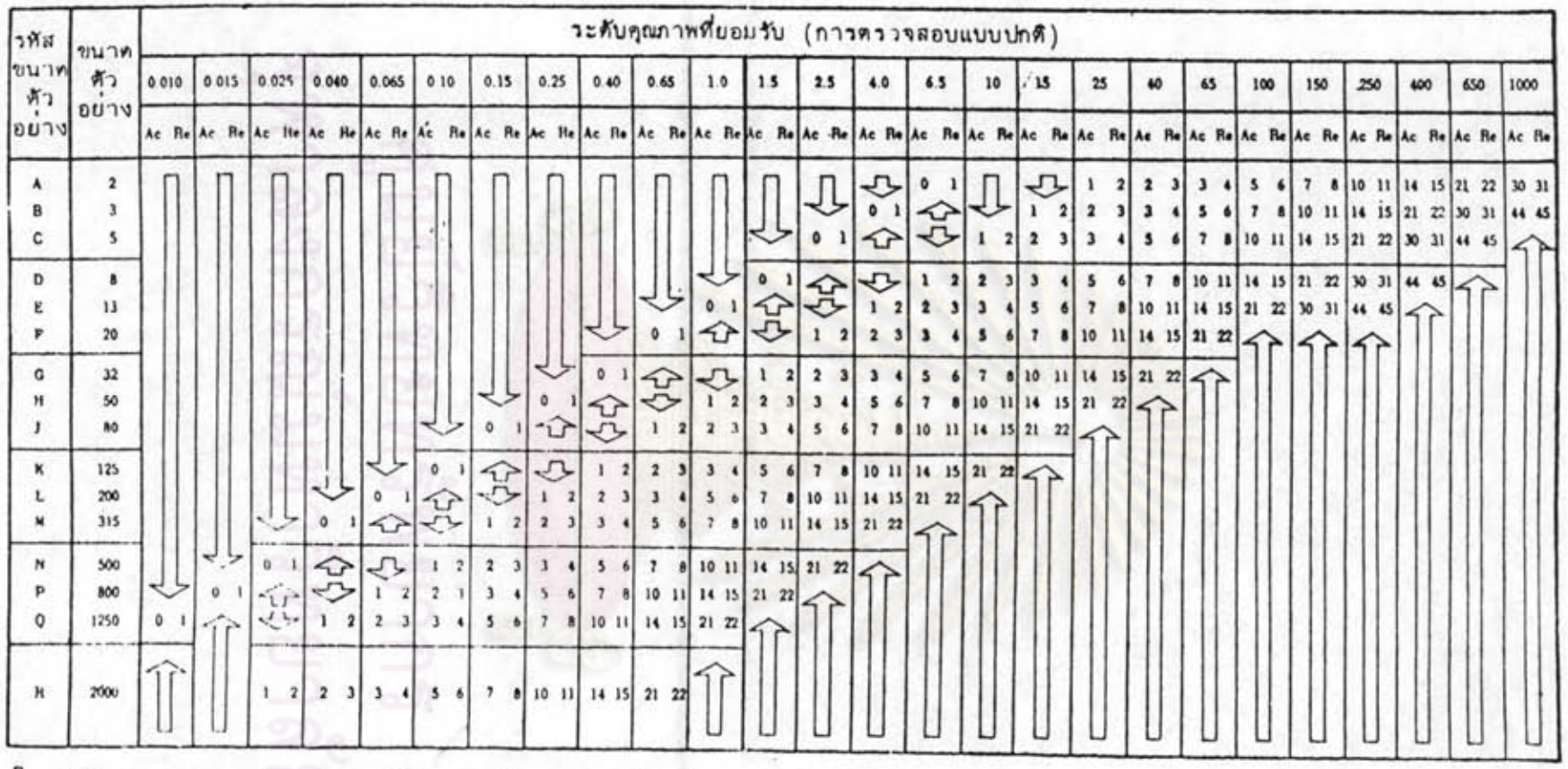
(บางส่วน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ตารางรหัสขนาดตัวอย่าง

ขนาดรุ่น	ระดับการตรวจสอบพิเศษ				ระดับการตรวจสอบทั่วไป		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 ถึง 8	A	A	A	A	A	A	B
9 ถึง 15	A	A	A	A	A	B	C
16 ถึง 25	A	A	B	B	B	C	D
26 ถึง 50	A	B	B	C	C	D	E
51 ถึง 90	B	B	C	C	C	E	F
91 ถึง 150	B	B	C	D	D	F	G
151 ถึง 280	B	C	D	E	E	G	H
281 ถึง 500	B	C	D	E	F	H	J
501 ถึง 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 ถึง 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 ถึง 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 ถึง 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 ถึง 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 ถึง 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
ตั้งแต่ 500 001 ขึ้นไป	D	E	H	K	N	Q	R

ตารางที่ 2 แผนการชักตัวอย่างเชิงเดี่ยวสำหรับการตรวจสอบแบบปกติ



⇩ = ใช้แผนการชักตัวอย่างแผนแรกใต้ลูกศร ถ้าขนาดตัวอย่างเท่ากับหรือใหญ่กว่าขนาดรุ่นให้ใช้การตรวจสอบทุกหน่วย

⇧ = ใช้แผนการชักตัวอย่างแผนแรกเหนือลูกศร

Ac = เลขจำนวนที่ยอมรับ

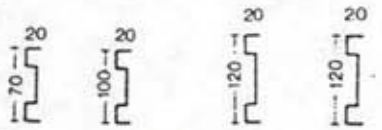
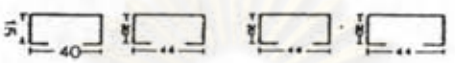
Re = เลขจำนวนที่ไม่ยอมรับ

ภาคผนวก ข

ผลิตภัณฑ์รางสายไฟฟ้า

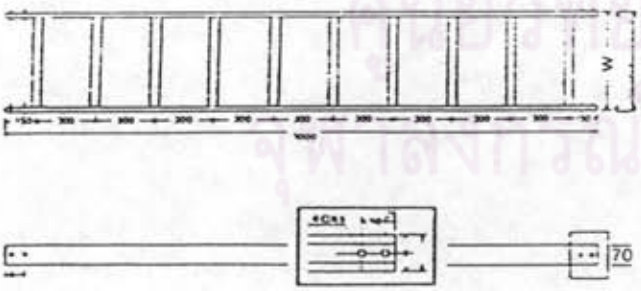
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF AVAILABLE CABLE LADDER

CLE 70 TYPE	CLE TYPE	CLE 120 TYPE	CLE 150 TYPE
Rail: 			
Rung: 			
t = 1.6 mm.	t = 2 mm.	t = 2 mm.	t = 2.3 mm.

CLE 70 TYPE
STRAIGHT SECTION:

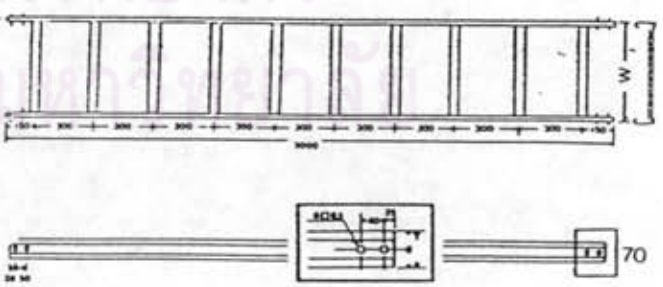
PART NO	WIDTH(MM)	WEIGHT(KG)
CLE 70-15	15	9.6
CLE 70-20	20	10.23
CLE 70-30	30	11.55
CLE 70-40	40	12.9
CLE 70-50	50	14.3
CLE 70-60	60	15.6



NOTE: Standard length 3000 mm.

CLE TYPE
STRAIGHT SECTION:

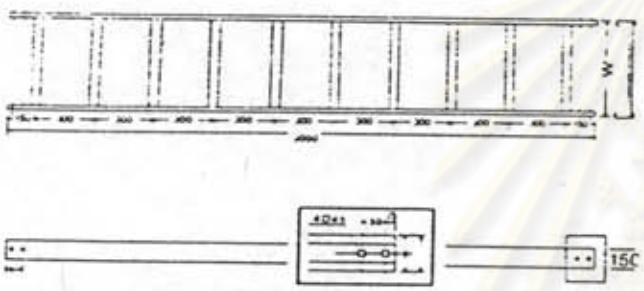
PART NO	WIDTH MM.	WEIGHT(KG)
15	150	18.0
20	200	18.9
30	300	20.5
40	400	21.22
50	500	23.72
60	600	25.52
70	700	27.82
80	800	28.8
90	900	31.5
100	1000	32.62
120	1200	36.52



Note:- Standard length 3000 mm.
CLSK Type fabricated with Bolt.

CLE 150 TYPE
STRAIGHT SECTION:

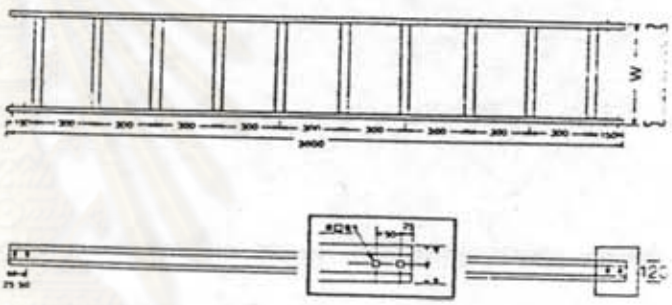
PART NO	WIDTH(MM)	WEIGHT(KG)
CLE 150-50	500	34.0
CLE 150-60	600	35.0
CLE 150-70	700	37.6
CLE 150-80	800	38.8
CLE 150-90	900	42.0
CLE 150-100	1000	43.3



NOTE: Standard length 300 mm.

CLE 120 TYPE
STRAIGHT SECTION;

PART NO	WIDTH(MM)	WEIGHT(KG)
CLE 120-15	150	22.5
CLE 120-20	200	23.5
CLE 120-30	300	25.0
CLE 120-40	400	26.7
CLE 120-50	500	29.2
CLE 120-60	600	30.0
CLE 120-70	700	32.3
CLE 120-80	800	33.4
CLE 120-90	900	36.0
CLE 120-100	1000	37.8



NOTE: Standard length 3000 mm.

ตารางที่ 1 แสดงค่าพื้นที่ผิวของรางสายไฟฟ้าขนาดต่างๆแบบ CLE 150 หน่วยมิลลิเมตร

ขนาด	พื้นที่ผิวทั้งหมด (ตารางมิลลิเมตร)	0.5%ของพื้นที่ผิวทั้งหมด (ตารางมิลลิเมตร)	ด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัสเทียบเท่า	จำนวนแห่งที่ชุบไม่ติดไม่เกิน
500	2,392,848	11,964.2	109.4 (≈4.3)	16
600	2,604,848	13,024.2	114.1 (≈4.5)	16
700	2,816,848	14,084.2	118.7 (≈4.7)	16
800	3,028,848	15,144.2	122.9 (≈4.8)	16
900	3,240,848	16,204.2	127.3 (≈5.0)	25
1000	3,452,848	17,264.2	131.4 (≈5.2)	25

ตารางที่ 2 แสดงค่าพื้นที่ผิวของรางสายไฟฟ้าขนาดต่างๆแบบ CLE หน่วยมิลลิเมตร

ขนาด	พื้นที่ผิวทั้งหมด (ตารางมิลลิเมตร)	0.5%ของพื้นที่ผิวทั้งหมด (ตารางมิลลิเมตร)	ด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัสเทียบเท่า	จำนวนแห่งที่ชุบไม่ติดไม่เกิน
150	1,350,320	6751.6	82.2 (≈3.2)	9
200	1,456,320	7281.6	85.3 (≈3.4)	9
300	1,668,320	8341.6	91.3 (≈3.6)	9
400	1,880,320	9401.6	96.9 (≈3.8)	9
500	2,092,320	10,461.6	102.3 (≈4.0)	16
600	2,304,320	11,521.6	107.3 (≈4.2)	16
700	2,516,320	12,581.6	112.2 (≈4.4)	16
800	2,728,320	13,641.6	116.8 (≈4.6)	16
900	2,940,320	14,701.6	121.3 (≈4.7)	16
1000	3,152,320	15,761.6	125.5 (≈4.9)	16
1200	3,576,320	17,881.6	133.7 (≈5.3)	25

หมายเหตุ : ด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัสเทียบเท่าคือความยาวด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัสใดๆ ซึ่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสนี้มีพื้นที่เท่ากับ 0.5% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด คำนวณได้โดยการหาค่ารากที่สองของค่า 0.5% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด และตัวเลขในวงเล็บคือความยาวเทียบเท่าหน่วยเป็น นิ้วซึ่งแปลงหน่วยโดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้ความยาว 1 นิ้วมีค่าเท่ากับความยาว 25.4 มิลลิเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 แสดงค่าพื้นที่ผิวของรางสายไฟฟ้าขนาดต่างๆแบบ CLE 70 หน่วยมิลลิเมตร

ขนาด	พื้นที่ผิวทั้งหมด (ตารางมิลลิเมตร)	0.5%ของพื้นที่ผิวทั้งหมด (ตารางมิลลิเมตร)	ด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัสเทียบเท่า	จำนวนแห่งที่ชุบไม่ติดไม่เกิน
15	880,017.6	4,400.0	66.3 (≈2.6)	4
20	889,177.6	4,445.8	66.7 (≈2.6)	4
30	907,497.6	4,537.4	67.4 (≈2.6)	4
40	925,817.6	4,629.0	68.0 (≈2.7)	4
50	944,137.6	4,720.7	68.7 (≈2.7)	4
60	962,457.6	4,812.2	69.4 (≈2.7)	4

ตารางที่ 4 แสดงค่าพื้นที่ผิวของรางสายไฟฟ้าขนาดต่างๆแบบ CLE 120 หน่วยมิลลิเมตร

ขนาด	พื้นที่ผิวทั้งหมด (ตารางมิลลิเมตร)	0.5%ของพื้นที่ผิวทั้งหมด (ตารางมิลลิเมตร)	ด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัสเทียบเท่า	จำนวนแห่งที่ชุบไม่ติดไม่เกิน
150	1,470,320	7,351.6	85.7 (≈3.4)	9
200	1,576,320	7,881.6	88.8 (≈3.5)	9
300	1,788,320	8,941.6	94.6 (≈3.7)	9
400	2,000,320	10,001.6	100.0 (≈3.9)	9
500	2,212,320	11,061.6	105.2 (≈4.1)	16
600	2,424,320	12,121.6	110.1 (≈4.3)	16
700	2,636,320	13,181.6	114.8 (≈4.5)	16
800	2,848,320	14,241.6	119.3 (≈4.7)	16
900	3,060,320	15,301.6	123.7 (≈4.9)	16
1000	3,272,320	16,361.6	127.9 (≈5.0)	25
1200	3,696,320	18,481.6	136.0 (≈5.4)	25

ภาคผนวก ค

การทดสอบสมมุติฐานด้วยสถิติ t

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 สรุปสูตรสำหรับการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

Summary of Hypothesis Testing Procedures on Means and Variances

Null Hypothesis	Test Statistic	Alternative Hypothesis	Criteria for rejection	OC Curve Parameter
$H_0: \mu = \mu_0$ σ^2 known	$Z_0 = \dfrac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$	$H_1: \mu \neq \mu_0$ $H_1: \mu > \mu_0$ $H_1: \mu < \mu_0$	$Z_0 > Z_{\alpha/2}$ $Z_0 > Z_{\alpha}$ $Z_0 < -Z_{\alpha}$	$d = \lvert\mu - \mu_0\rvert / \sigma$ $d = (\mu - \mu_0) / \sigma$ $d = (\mu_0 - \mu) / \sigma$
$H_0: \mu = \mu_0$ σ^2 unknown	$t_0 = \dfrac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$	$H_1: \mu \neq \mu_0$ $H_1: \mu > \mu_0$ $H_1: \mu < \mu_0$	$\lvert t_0\rvert > t_{\alpha/2,n-1}$ $t_0 > t_{\alpha,n-1}$ $t_0 < -t_{\alpha,n-1}$	$d = \lvert\mu - \mu_0\rvert / \sigma$ $d = (\mu - \mu_0) / \sigma$ $d = (\mu_0 - \mu) / \sigma$
$H_0: \mu_1 = \mu_2$ σ_1^2 and σ_2^2 known	$Z_0 = \dfrac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\dfrac{\sigma_1^2}{n_1} + \dfrac{\sigma_2^2}{n_2}}}$	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ $H_1: \mu_1 > \mu_2$ $H_1: \mu_1 < \mu_2$	$Z_0 > Z_{\alpha/2}$ $Z_0 > Z_{\alpha}$ $Z_0 < -Z_{\alpha}$	$d = \lvert\mu_1 - \mu_2\rvert / \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ $d = (\mu_1 - \mu_2) / \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ $d = (\mu_2 - \mu_1) / \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$
$H_0: \mu_1 = \mu_2$ $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ unknown	$t_0 = \dfrac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p\sqrt{\dfrac{1}{n_1} + \dfrac{1}{n_2}}}$	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ $H_1: \mu_1 > \mu_2$ $H_1: \mu_1 < \mu_2$	$\lvert t_0\rvert > t_{\alpha/2,n_1+n_2-2}$ $t_0 > t_{\alpha,n_1+n_2-2}$ $t_0 < -t_{\alpha,n_1+n_2-2}$	$d = \lvert\mu_1 - \mu_2\rvert / 2\sigma$ $d = (\mu_1 - \mu_2) / 2\sigma$ $d = (\mu_2 - \mu_1) / 2\sigma$
$H_0: \mu_1 = \mu_2$ $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ unknown	$t_0 = \dfrac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\dfrac{S_1^2}{n_1} + \dfrac{S_2^2}{n_2}}}$ $\nu = \dfrac{\left(\dfrac{S_1^2}{n_1} + \dfrac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\dfrac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1+1} + \dfrac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2+1}} - 2$	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ $H_1: \mu_1 > \mu_2$ $H_1: \mu_1 < \mu_2$	$\lvert t_0\rvert > t_{\alpha/2,\nu}$ $t_0 > t_{\alpha,\nu}$ $t_0 < -t_{\alpha,\nu}$	
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$	$\chi_0^2 = \dfrac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$	$H_1: \sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$\chi_0^2 > \chi^2_{\alpha/2,n-1}$ or $\chi_0^2 < \chi^2_{1-\alpha/2,n-1}$	$\lambda = \sigma/\sigma_0$
		$H_1: \sigma^2 > \sigma_0^2$	$\chi_0^2 > \chi^2_{\alpha,n-1}$	$\lambda = \sigma/\sigma_0$
		$H_1: \sigma^2 < \sigma_0^2$	$\chi_0^2 < \chi^2_{1-\alpha,n-1}$	$\lambda = \sigma/\sigma_0$
$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$F_0 = S_1^2 / S_2^2$	$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$	$F_0 > F_{\alpha/2,n_1-1,n_2-1}$ or $F_0 < F_{1-\alpha/2,n_1-1,n_2-1}$	$\lambda = \sigma_1/\sigma_2$
		$H_1: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$	$F_0 > F_{\alpha,n_1-1,n_2-1}$	$\lambda = \sigma_1/\sigma_2$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 Percentage Points of the t Distribution

Percentage Points of the *t* Distribution

ν \ α	.40	.25	.10	.05	.025	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	636.62
2	.289	.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	23.326	31.598
3	.277	.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.213	12.924
4	.271	.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	.267	.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	.265	.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	.263	.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	.262	.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	.261	.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	.260	.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	.260	.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	.259	.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	.259	.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	.258	.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	.258	.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	.258	.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	.257	.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	.257	.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	.257	.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	.257	.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	.257	.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	.256	.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	.256	.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	.256	.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	.256	.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	.256	.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	.256	.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	.256	.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	.256	.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
∞	.256	.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	.255	.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	.254	.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	.254	.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	.253	.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

This table is adapted from *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. 1, 3rd edition, 1966, by permission of Biometrika Trustees.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ความน่าจะเป็นแบบ χ^2

Table of $\chi^2_{\alpha;\nu}$—the 100 α percentage point of the χ^2 distribution for ν degrees of freedom

ν \ α	.995	.99	.975	.95	.90	.75	.50
1	$.0^4393$	$.0^3157$	$.0^3982$	.00393	.0158	.102	.455
2	.0100	.0201	.0506	.103	.211	.575	1.386
3	.0717	.115	.216	.352	.584	1.213	2.366
4	.207	.297	.484	.711	1.064	1.923	3.357
5	.412	.554	.831	1.145	1.610	2.675	4.351
6	.676	.872	1.237	1.635	2.204	3.455	5.348
7	.989	1.239	1.690	2.167	2.833	4.255	6.346
6	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	5.071	7.344
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	5.899	8.343
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	6.737	9.342
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	7.584	10.341
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	8.438	11.340
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	9.299	12.340
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	10.165	13.339
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	11.036	14.339
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	11.912	15.338
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	12.792	16.338
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	13.675	17.338
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	14.562	18.338
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	15.452	19.337
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	16.344	20.337
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	17.240	21.337
23	9.260	10.196	11.688	13.091	14.848	18.137	22.337
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	19.037	22.337
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	19.939	24.337
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	20.843	25.336
27	11.808	12.879	14.573	16.151	18.114	21.749	26.336
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	22.657	27.336
29	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	23.567	28.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	24.478	29.336
40	20.707	22.164	24.433	26.509	29.051	33.660	39.335
50	27.991	29.707	32.357	34.764	37.689	42.942	49.335
60	35.535	37.485	40.482	43.188	46.459	52.294	59.335
70	43.275	45.442	48.758	51.739	55.329	61.698	69.334
80	51.172	53.540	57.153	60.391	64.278	71.145	79.334
90	59.196	61.754	65.647	69.126	73.291	80.625	89.334
100	67.328	70.065	74.222	77.929	82.358	90.133	99.334
K_α	−2.576	−2.326	−1.960	−1.645	1.282	−0.6745	0.000

ตารางที่ 3 ความน่าจะเป็นแบบ χ^2 (ต่อ)

.25	.10	.05	.025	.01	.005	.001	α / ν
1.323	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879	10.828	1
2.773	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597	13.816	2
4.108	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838	16.266	3
5.385	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860	18.467	4
6.626	9.236	11.070	12.832	15.086	16.750	20.515	5
7.841	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548	22.458	6
9.037	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278	24.322	7
10.219	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955	26.125	8
11.389	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589	27.877	9
12.549	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188	29.588	10
13.701	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757	31.264	11
14.845	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300	32.909	12
15.984	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819	34.528	13
17.117	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319	36.123	14
18.245	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801	37.697	15
19.369	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267	39.252	16
20.489	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718	40.790	17
21.605	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156	43.312	18
22.718	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582	43.820	19
23.828	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997	45.315	20
24.935	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401	46.797	21
26.039	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796	48.268	22
27.141	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181	49.728	23
28.241	33.196	36.415	39.364	42.980	45.558	51.179	24
29.339	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928	52.620	25
30.434	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290	54.052	26
31.528	36.741	40.113	43.194	46.963	49.645	55.476	27
32.620	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993	56.892	28
33.711	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336	58.302	29
34.800	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672	59.703	30
45.616	51.805	55.758	59.342	63.691	66.766	73.402	40
56.334	63.167	67.505	71.420	76.154	79.490	86.661	50
66.981	74.397	79.082	83.298	88.379	91.952	99.607	60
77.577	85.527	90.531	95.023	100.425	104.215	112.317	70
88.130	96.578	101.879	106.629	112.329	116.321	124.839	80
98.650	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299	137.208	90
109.141	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169	149.449	100
+0.6745	+1.282	+1.645	+1.960	+2.326	+2.576	+3.090	K_α

For $\nu > 100$ take

$$\chi^2 = \nu\left\{1 - \frac{2}{9\nu} + K_\alpha\sqrt{\frac{2}{9\nu}}\right\}^3 \quad \text{or} \quad \chi^2 = \frac{1}{2}\{K_\alpha + \sqrt{(2\nu - 1)}\}^2,$$

according to the degree of accuracy required. K_α is the standardized normal deviate corresponding to α, and is shown in the bottom line of the table.

ภาคผนวก ง

ตารางตัวประกอบแผนภูมิควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ตัวประกอบของแผนภูมิควบคุม

n	A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	E_1	E_2	E_3
2	2.121	3.760	1.880	2.659	2.223	2.223	1.880	1.880	5.318	2.660	3.760
3	1.732	2.394	1.023	1.954	1.266	1.137	1.187	1.067	4.146	1.772	3.385
4	1.500	1.880	0.729	1.628	0.828	0.828	0.796	0.796	3.760	1.457	3.256
5	1.342	1.596	0.577	1.427	0.712	0.681	0.691	0.660	3.568	1.290	3.191
6	1.225	1.410	0.483	1.287	0.563	0.595	0.549	0.580	3.454	1.184	3.153
7	1.134	1.277	0.419	1.182	0.521	0.533	0.509	0.521	3.378	1.109	3.127
8	1.061	1.175	0.373	1.099	0.443	0.487	0.434	0.477	3.323	1.054	3.109
9	1.000	1.094	0.337	1.032	0.420	0.453	0.412	0.444	3.283	1.010	3.095
10	0.949	1.028	0.308	0.975	0.371	0.427	0.365	0.419	3.251	0.975	3.084
11	0.905	0.973	0.285	0.927	0.356	0.406	0.350	0.399	3.226	0.946	3.076
12	0.866	0.925	0.266	0.886	0.322	0.388	0.317	0.382	3.205	0.921	3.069
13	0.832	0.884	0.249	0.850	0.311	0.374	0.306	0.368	3.188	0.899	3.063
14	0.802	0.848	0.235	0.817	0.286	0.361	0.282	0.356	3.174	0.881	3.058
15	0.775	0.816	0.223	0.789	0.278	0.351	0.274	0.346	3.161	0.864	3.054
16	0.750	0.788	0.212	0.763	0.260	0.342	0.257	0.337	3.150	0.849	3.050
17	0.728	0.762	0.203	0.739	0.254	0.344	0.250	0.329	3.141	0.836	3.047
18	0.707	0.738	0.194	0.718	0.240	0.327	0.237	0.322	3.133	0.824	3.044
19	0.688	0.717	0.187	0.698	0.234	0.319	0.231	0.315	3.125	0.813	3.042
20	0.671	0.697	0.180	0.680	0.221	0.313	0.218	0.308	3.119	0.803	3.040
21	0.655	0.679	0.173	0.663	0.218	0.307	0.215	0.303	3.113	0.794	3.038
22	0.640	0.662	0.167	0.647	0.207	0.302	0.204	0.298	3.107	0.785	3.036
23	0.626	0.647	0.162	0.633	0.205	0.296	0.202	0.292	3.103	0.778	3.034
24	0.612	0.632	0.157	0.619	0.194	0.292	0.192	0.288	3.098	0.770	3.033
25	0.600	0.619	0.153	0.606	0.193	0.287	0.191	0.284	3.094	0.763	3.032
>25	$3/\sqrt{n}$		$3/(d_2\sqrt{n})$		$3e_4/d_4$	$3e_4/d_4$	$3e_3/d_2$	$3e_4/d_2$		$3/d_2$	$3/c_4$

ตารางที่ 2 ตัวประกอบสำหรับแผนภูมิควบคุม-ตัวประกอบสำหรับแผนภูมิ R

n	c_2	c_3	c_4	c_5	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	C	C_1	C_2	C_3	e_3	e_4
2	0.564	0.427	0.798	0.603	0	1.843	0	3.267	0	2.606	0.879	1.558	0.780	1.101	0.707	0.707
3	0.724	0.378	0.886	0.463	0	1.858	0	2.568	0	2.276	1.268	1.752	0.749	1.431	0.602	0.670
4	0.798	0.345	0.921	0.389	0	1.808	0	2.266	0	2.088	1.500	1.880	0.728	1.628	0.546	0.546
5	0.841	0.306	0.940	0.341	0	1.756	0	2.089	0	1.964	1.658	1.972	0.713	1.764	0.512	0.536
6	0.869	0.280	0.952	0.308	0.026	1.711	0.030	1.970	0.029	1.874	1.775	2.044	0.701	1.866	0.490	0.484
7	0.888	0.261	0.959	0.282	0.105	1.672	0.118	1.882	0.113	1.806	1.866	2.101	0.690	1.945	0.470	0.459
8	0.903	0.245	0.965	0.262	0.167	1.638	0.185	1.815	0.179	1.751	1.939	2.148	0.681	2.010	0.453	0.412
9	0.914	0.232	0.969	0.246	0.219	1.609	0.239	1.761	0.232	1.707	2.000	2.189	0.673	2.063	0.440	0.408
10	0.923	0.220	0.973	0.232	0.262	1.584	0.284	1.716	0.276	1.669	2.051	2.223	0.667	2.109	0.430	0.374
11	0.930	0.211	0.975	0.220	0.299	1.561	0.321	1.679	0.313	1.637	2.095	2.253	0.661	2.148	0.422	0.370
12	0.202	0.978	0.210	0.331	1.511	0.354	1.646	0.346	1.610	2.134	2.280	0.655	2.183	0.415	0.344	
13	0.911	0.195	0.979	0.202	0.359	1.523	0.382	1.618	0.374	1.585	2.168	2.304	0.650	2.214	0.409	0.340
14	0.945	0.188	0.981	0.194	0.384	1.507	0.406	1.594	0.399	1.563	2.198	2.326	0.646	2.241	0.404	0.320
15	0.949	0.181	0.982	0.187	0.406	1.492	0.428	1.572	0.421	1.544	2.225	2.345	0.641	2.266	0.400	0.317
16	0.952	0.175	0.984	0.181	0.427	1.478	0.448	1.552	0.440	1.526	2.250	2.362	0.637	2.288	0.397	0.302
17	0.955	0.170	0.985	0.175	0.445	1.465	0.466	1.534	0.458	1.511	2.272	2.379	0.633	2.308	0.394	0.299
18	0.958	0.165	0.985	0.170	0.461	1.454	0.482	1.518	0.475	1.496	2.293	2.395	0.630	2.327	0.391	0.287
19	0.960	0.161	0.986	0.166	0.477	1.443	0.497	1.503	0.490	1.483	2.312	2.408	0.626	2.344	0.387	0.284
20	0.962	0.157	0.987	0.161	0.491	1.433	0.510	1.490	0.504	1.470	2.329	2.422	0.623	2.360	0.384	0.272
21	0.964	0.153	0.988	0.157	0.504	1.424	0.523	1.477	0.516	1.459	2.345	2.434	0.621	2.375	0.382	0.271
22	0.966	0.149	0.988	0.153	0.516	1.415	0.534	1.466	0.528	1.448	2.360	2.445	0.618	2.389	0.379	0.260
23	0.967	0.146	0.989	0.150	0.527	1.407	0.545	1.455	0.539	1.438	2.374	2.456	0.616	2.402	0.376	0.260
24	0.968	0.143	0.989	0.147	0.538	1.399	0.555	1.445	0.549	1.429	2.388	2.466	0.613	2.414	0.374	0.249
25	0.970	0.140	0.990	0.144	0.548	1.392	0.565	1.435	0.559	1.420	2.400	2.475	0.610	2.425	0.372	0.250
>25	$\bar{\sigma}/\sigma$	$\sigma_{\bar{\sigma}}/\sigma$	$\bar{R}/\sigma$	σ_1/σ	c_2-3c_3	c_2+3c_3	$1-3c_5/c_4$	$1+3c_5/c_4$	c_4-3c_5	C_4+3c_5	3 − A	E_1-A_1	E_2-A_2	E_3-A_3	σ_M/σ	σ_1/σ

ตารางที่ 2 ตัวประกอบสำหรับแผนภูมิควบคุม-ตัวประกอบสำหรับแผนภูมิ R (ต่อ)

จำนวนตัวอย่าง n	d_2	d_3	d_4	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	d_2/c_2	d_2/c_4
2	1.128	0.853	0.954	0	3.686	0	3.269	0	3.68	1.999	1.414
3	1.693	0.888	1.588	0	4.358	0	2.574	0	2.67	2.340	1.910
4	2.059	0.880	1.978	0	4.698	0	2.282	0	2.33	2.581	2.235
5	2.326	0.864	2.257	0	4.918	0	2.114	0	2.14	2.767	2.474
6	2.534	0.848	2.472	0	5.078	0	2.004	0	2.02	2.917	2.663
7	2.704	0.833	2.645	0.205	5.203	0.076	1.924	0.055	1.94	3.044	2.704
8	2.847	0.820	2.791	0.387	5.307	0.136	1.864	0.119	1.88	3.154	2.950
9	2.970	0.808	2.915	0.546	5.394	0.184	1.816	0.168	1.83	3.250	3.064
10	3.078	0.797	3.024	0.687	5.469	0.223	1.777	0.209	1.79	3.336	3.164
11	3.137	0.787	3.120	0.812	5.534	0.256	1.744	0.243	1.75	3.412	3.253
12	3.258	0.778	3.207	0.924	5.592	0.284	1.716	0.272	1.72	3.481	3.333
13	3.336	0.770	3.285	1.026	5.646	0.308	1.692	0.297	1.70	3.545	3.406
14	3.407	0.762	3.356	1.121	5.693	0.329	1.671	0.319	1.68	3.604	3.473
15	3.472	0.755	3.422	1.207	5.737	0.348	1.652	0.338	1.66	3.659	3.535
16	3.532	0.749	3.482	1.285	5.779	0.364	1.636	0.355	1.64	3.709	3.591
17	3.588	0.743	3.538	1.359	5.817	0.379	1.621	0.370	1.63	3.757	3.644
18	3.640	0.738	3.591	1.426	5.854	0.392	1.608	0.383	1.61	3.801	3.694
19	3.689	0.733	3.640	1.490	5.888	0.404	1.596	0.396	1.60	3.843	3.741
20	3.735	0.729	3.686	1.548	5.922	0.414	1.586	0.407	1.59	3.883	3.785
21	3.778	0.724	3.729	1.606	5.950	0.425	1.575	0.418	1.58	3.920	3.825
22	3.819	0.720	3.771	1.659	5.979	0.434	1.566	0.427	1.57	3.955	3.865
23	3.858	0.716	3.810	1.710	6.006	0.443	1.557	0.436	1.56	3.990	3.902
24	3.895	0.712	3.847	1.759	6.031	0.452	1.548	0.445	1.55	4.022	3.938
25	3.931	0.709	3.882	1.804	6.058	0.459	1.541	0.452	1.54	4.054	3.972
>25	$\bar{R}/\sigma$	σ_R/σ	$\bar{R}/\sigma$	d_2-3d_5	d_2+3d_3	$1-3d_3/d_2$	$1+3d_3/d_2$	$1-3d_3/d_4$	$1+3d_3$		

ตารางที่ 2 ตัวประกอบสำหรับแผนภูมิควบคุม-ตัวประกอบสำหรับแผนภูมิ R (ต่อ)

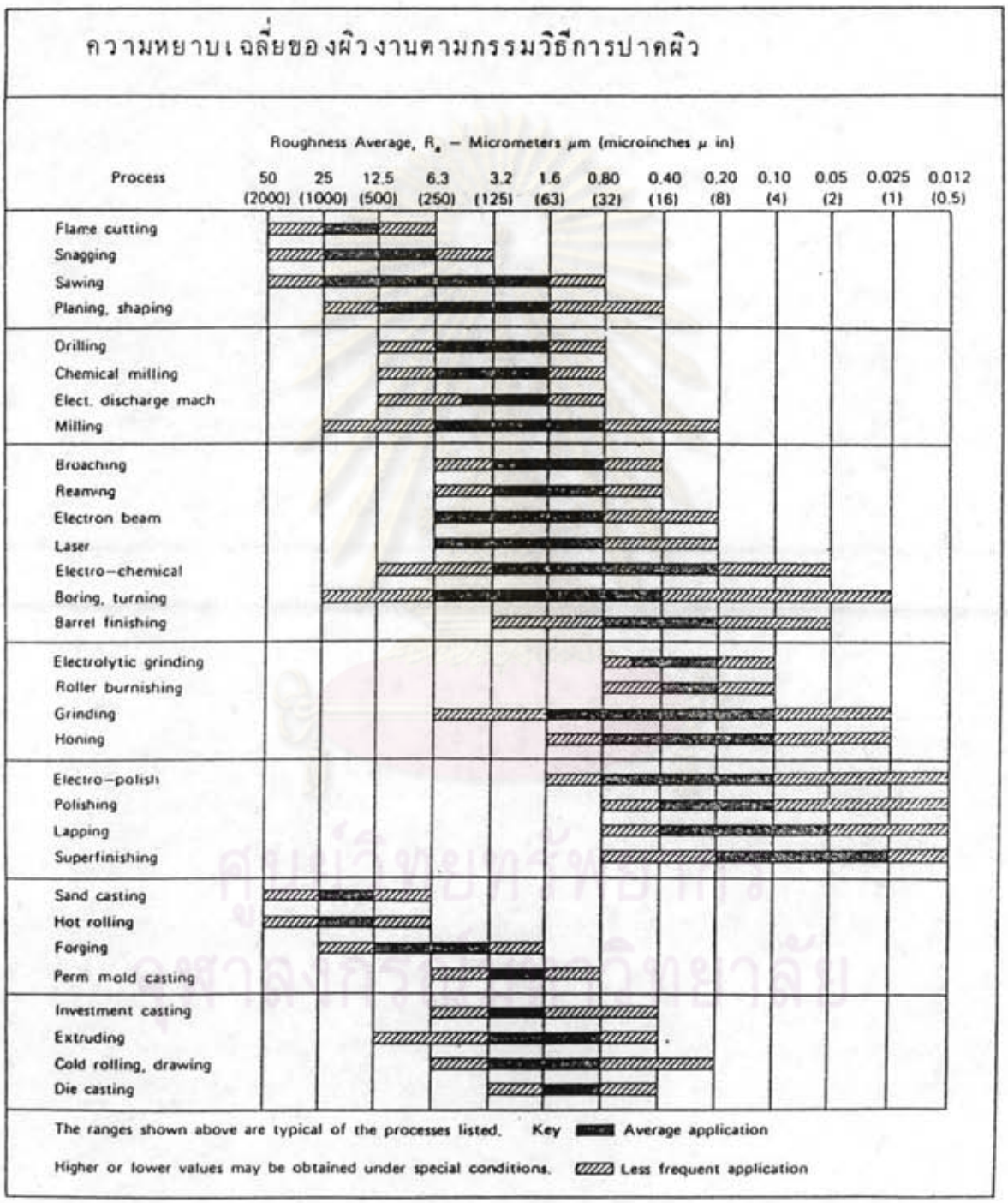
จำนวนตัวอย่าง n	c_2/d_2	c_4/d_2	B_1/d_2	B_5/d_2	B_5/d_2	B_6/d_2	D_1/c_2	D_2/c_2	D_1/c_4	D_2/c_4
2	0.500	0.707	0	1.634	0	2.310	0	6.533	0	4.620
3	0.427	0.523	0	1.097	0	1.344	0	6.023	0	4.918
4	0.388	0.447	0	0.878	0	1.014	0	5.888	0	5.099
5	0.361	0.404	0	0.755	0	0.844	0	5.850	0	5.232
6	0.343	0.375	0.010	0.675	0.011	0.740	0	5.846	0	5.337
7	0.328	0.370	0.039	0.618	0.042	0.668	0.231	5.858	0.214	5.423
8	0.317	0.339	0.059	0.575	0.063	0.615	0.429	5.879	0.401	5.499
9	0.308	0.326	0.074	0.542	0.078	0.575	0.597	5.902	0.563	5.565
10	0.300	0.316	0.085	0.515	0.090	0.542	0.745	5.927	0.706	5.622
11	0.293	0.307	0.094	0.492	0.099	0.516	0.873	5.951	0.832	5.674
12	0.287	0.300	0.102	0.473	0.106	0.494	0.987	5.975	0.945	5.720
13	0.282	0.294	0.108	0.457	0.112	0.475	1.090	6.000	1.048	5.765
14	0.277	0.288	0.113	0.442	0.117	0.459	1.186	6.022	1.143	5.803
15	0.273	0.283	0.117	0.430	0.121	0.445	1.272	6.045	1.229	5.840
16	0.270	0.278	0.121	0.418	0.125	0.432	1.349	6.068	1.307	5.876
17	0.266	0.274	0.124	0.408	0.128	0.421	1.423	6.090	1.380	5.909
18	0.263	0.271	0.127	0.399	0.130	0.411	1.489	6.113	1.447	5.941
19	0.260	0.267	0.129	0.391	0.133	0.402	1.552	6.134	1.511	5.970
20	0.258	0.264	0.131	0.384	0.135	0.394	1.609	6.157	1.569	6.001
21	0.255	0.261	0.133	0.377	0.137	0.386	1.666	6.173	1.626	6.025
22	0.253	0.259	0.135	0.371	0.138	0.379	1.718	6.193	1.679	6.050
23	0.251	0.256	0.137	0.365	0.140	0.373	1.768	6.211	1.730	6.075
24	0.249	0.254	0.138	0.359	0.141	0.367	1.816	6.228	1.778	6.097
25	0.247	0.252	0.139	0.354	0.142	0.361	1.861	6.248	1.823	6.122

ภาคผนวก จ

ความหยาบเฉลี่ยของผิวงานตามกรรมวิธีการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

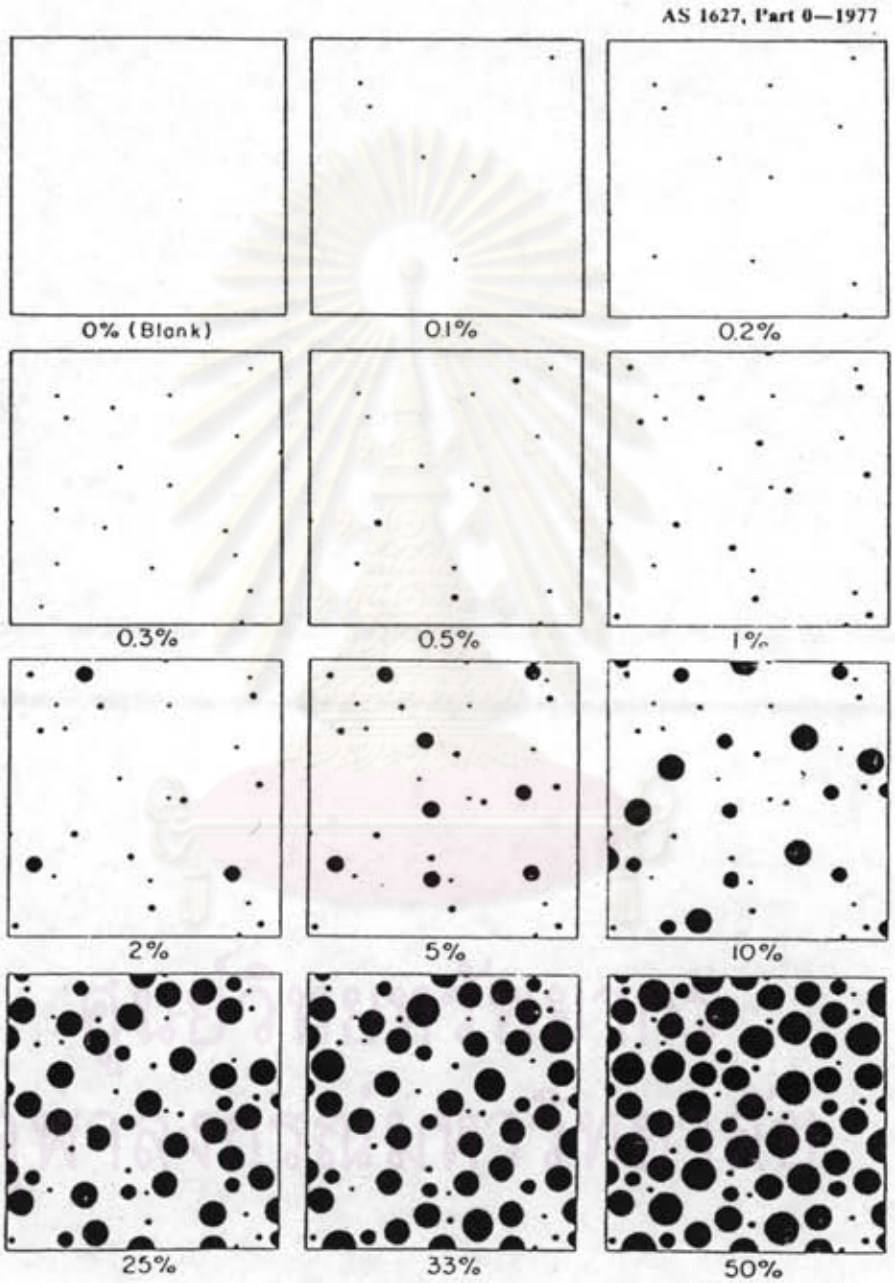
ตารางที่ 1 ความหยาบเฉลี่ยของผิวงานตามกรรมวิธีการผลิต



ตารางที่ 2 สภาพของผิวของวัสดุ

Grade	Descriptions
New construction	
A	Steel surface covered completely with adherent mill scale with little, if any, rust.
B	Steel surface which has begun to rust, and from which the mill scale has begun to flake.
C	Steel surface from which most of the mill scale has rusted away or from which it can be scraped, but with little pitting visible to the naked eye.
D	Steel surface where the mill scale has rusted away and where pitting is visible to the naked eye.
Maintenance painting	
E	Paint top-coat almost intact; some primer may show; rust covers less than 0.1 percent of the surface.
F	Paint top-coat somewhat weathered; primer may show; slight staining or blistering. After stains are wiped off, less than 1 percent of area shows rust, blistering, loose mill scale, or loose paint film
G	Paint severely weathered, blistered or stained; up to 10 percent of surface is covered with rust, rust blisters, hard scale or loose paint film; very little pitting visible to the naked eye.
H	Large portion of surface is covered with rust, pits, rust nodules and non-adherent paint; pitting is visible

รูปที่ 1 การประมาณค่าปริมาณสนิมด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความยาวด้าน 35 มิลลิเมตร



SCHEMATIC DIAGRAMMATIC EXAMPLES FOR ESTIMATING RUST PERCENTAGES

ภาคผนวก ฉ

น้ำใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์		
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2	ชั้นคุณภาพ 3
1.	ความเป็นกรด-ด่าง ที่อุณหภูมิ 25 °C	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	5.0 ถึง 7.5
2.	สภาพการนำไฟฟ้าไม่เกิน มิลลิซีเมนส์ต่อเมตร(25°C)	0.01	0.1	0.5
3.	สารที่ถูกออกซิไดส์ได้ไม่เกิน มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (เทียบเป็นออกซิเจน)	ไม่กำหนด	0.08	0.4
4.	ความดูดกลืนแสง ไม่เกิน (ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และเซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร)	0.001	0.01	ไม่กำหนด
5.	ส่วนที่เหลือจากการระเหยที่อุณหภูมิ 110 °C มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	ไม่กำหนด	1	2
6.	ซิลิกา มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ไม่เกิน	0.01	0.02	ไม่กำหนด

หมายเหตุ : -น้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ชั้นคุณภาพ 1 และชั้นคุณภาพ 2 มีความบริสุทธิ์สูงวัดความเป็นกรด-ด่างได้ยากมากและค่าที่วัดได้มีความไม่แน่นอนในด้านนัยสำคัญ

-ให้วัดสภาพนำไฟฟ้าของน้ำใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ชั้นคุณภาพ 1 และชั้นคุณภาพ 2 ที่เตรียมขึ้นใหม่ๆ เท่านั้น ทั้งนี้เพราะสภาพการนำไฟฟ้าอาจเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บเนื่องจากการปนเปื้อนจากคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและด่างซึ่งละลายจากแก้วที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุ

-เป็นการยากที่จะตรวจสอบความบริสุทธิ์ของน้ำใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ชั้นคุณภาพ 1 ได้มีข้อกำหนดอื่นๆและกรรมวิธีการเตรียมที่ระบุไว้แล้ว

-คุณลักษณะทั่วไปของน้ำใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ต้องใส ไม่มีสี

ภาคผนวก ช

เทคนิคการทดสอบความแห้งของผิว

(Ballotini method)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เทคนิคการทดสอบความแห้งของผิว (Ballotini method)

อุปกรณ์ 1. Ballotini

2. แปรงขนอ่อน

3. นาฬิกาจับเวลา

ขั้นตอน

1. ปล่อยชิ้นงานให้แห้งในบรรยากาศที่อุณหภูมิระหว่าง 21 - 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างร้อยละ 45 - 55 โดยให้ชิ้นงานตั้งตรง

2. หลังจากชิ้นงานแห้งคือไม่ปรากฏคราบน้ำหรือหยดน้ำแล้วให้นำชิ้นงานมาวางในแนวนอน จากนั้นนำ Ballotini 0.5 กรัม มาเทลงบนผิวของชิ้นงาน โดยให้เทลงในตำแหน่งที่วัดจากส่วนบนสุดของชิ้นงานไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตรและไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

3. ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นถือชิ้นงานโดยเอียงทำมุม 20 องศาวัดจากแนวระนาบและทำการถูบริเวณผิวเบาๆ

4. ตรวจพินิจที่ผิวของชิ้นงาน ถ้าชิ้นงานแห้งแล้วจะต้องสามารถขัด Ballotini ออกจากผิวได้โดยไม่เกิดความเสียหายที่ผิวของชิ้นงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

คู่มือการเตรียมและทดสอบเคมีภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เทคนิคการติเตรต

การติเตรตเป็นการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายที่ยังไม่ทราบความเข้มข้นจากสารละลายที่ทราบความเข้มข้นแล้วหรือที่เรียกกันว่าสารละลายมาตรฐาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการติเตรตก็คือบิวเรตต์ตามปกติจะบรรจุสารละลายที่ต้องการหาความเข้มข้นลงในบิวเรตต์ ส่วนสารละลายมาตรฐานบรรจุอยู่ในฟลาส ต่อไปนี้จะขอกล่าวถึงเทคนิคการติเตรตเป็นข้อดังนี้

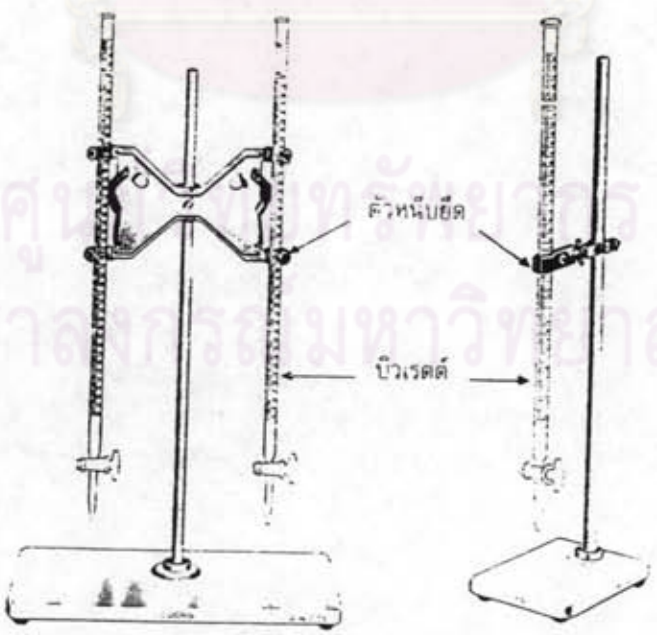
ก) ล้างบิวเรตต์ให้สะอาดแล้วตั้งบิวเรตต์ให้มีลักษณะดังรูปที่ 1

ข) เติมสารละลายที่ต้องการจะหาความเข้มข้นลงในบิวเรตต์(ใช้กรวยกรอง) ให้มีปริมาตรเหนือขีดศูนย์เล็กน้อย

ค) ปล่อยสารละลายออกทางปลายบิวเรตต์อย่างช้าๆ ลงในบีกเกอร์เพื่อไล่ฟองอากาศที่อยู่ทางปลายบิวเรตต์ออกไปให้หมด แล้วปรับระดับสารละลายในบิวเรตต์ให้อยู่ตรงขีดศูนย์พอดี

ง) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตามปริมาตรที่ต้องการใส่ลงในฟลาส แล้วหยดอินดิเกเตอร์ 2-3 หยดเพื่อใช้เป็นตัวบอกจุดยุติ

จ) หยดสารละลายในบิวเรตต์ลงในฟลาสอย่างช้าๆ พร้อมทั้งแกว่งฟลาสด้วยมือขวาให้วนไปมาในทิศทางเดียวกัน จนกระทั่งถึงจุดยุติ



รูปที่ 1 ลักษณะการตั้งบิวเรตต์เพื่อการติเตรต

หมายเหตุ

1. การจับบิวเรตต์เพื่อปล่อยสารละลายออกจากบิวเรตต์ ควรจับให้ถูกวิธีคือจับบิวเรตต์ด้วยมือซ้าย จับฟลาสด้วยมือขวาขณะติเตรตปลายของบิวเรตต์จะต้องจุ่มอยู่ในฟลาส (ดูรูปที่ 2)

2. ขณะติเตรตควรใช้กระดาษสีขาววางไว้ใต้ฟลาส เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีได้อย่างชัดเจน

3. ในระหว่างการติเตรตควรมีการล้างผนังด้านในของฟลาสเพื่อให้เนื้อสารที่ติดอยู่ข้างๆไหลลงไปทำปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์ (ดูรูปที่ 3)

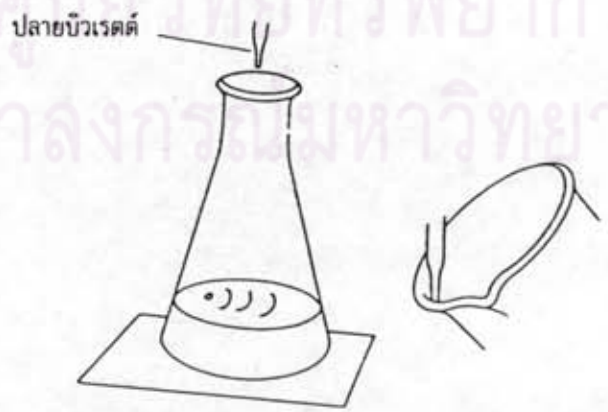
4. เมื่อการติเตรตใกล้ถึงจุดยุติควรหยดสารละลายลงในบิวเรตต์ทีละหยดหรือทีละครึ่งหยด เพื่อป้องกันการเติมสารละลายลงไปมากเกินพอ การหยดสารละลายทีละครึ่งหยดทำได้โดยการเปิดก๊อกเพียงเล็กน้อย เมื่อสารละลายเริ่มไหลมาอยู่ที่ปลายบิวเรตต์ก็ปิดก๊อกทันที แล้วเลื่อนฟลาสมาแตะที่ปลายของบิวเรตต์ใช้น้ำฉีดล้างลงไปในฟลาส (ดูรูปที่ 4)

รูปที่ 2 ลักษณะการจับบิวเรตต์และฟลาสในขณะการติเตรต

5. เมื่ออินดิเกเตอร์เปลี่ยนสีควรตั้งสารละลายทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที หากสีไม่เปลี่ยนแปลงแสดงว่าถึงจุดยุติแล้ว

6. อ่านปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการติเตรตโดยดูตรงส่วนโค้งเว้าต่ำสุดว่าตรงกับขีดบอกปริมาตรใด

รูปที่ 3 การล้างผนังด้านในของฟลาสในระหว่างการติเตรต



รูปที่ 4 การหยดสารละลายจากบิวเรตต์ทีละหยด(ภาพซ้าย)และทีละครึ่งหยด(ภาพขวา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เทคนิคการเตรียมสารละลายในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก

การเตรียมสารละลายในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก เป็นการบอกค่าความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของตัวละลาย ในการหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยนี้จะต้องทราบน้ำหนักของตัวละลายและตัวทำละลายในสารละลายนั้น แล้วเทียบหาว่าถ้าสารละลายหนัก 100 กรัม จะมีตัวละลายกี่กรัม ขั้นตอนการเตรียมสารละลายมีดังต่อไปนี้

ก) ร้อยละของตัวละลายและน้ำหนักของสารละลายที่ต้องการ

ข) เปลี่ยนร้อยละของตัวละลายเป็นเศษส่วนหรือทศนิยม

ค) เอาน้ำหนักของสารละลายที่ต้องการในข้อ ก) คูณกับเศษส่วนหรือทศนิยมที่หาได้ในข้อ ข) จะเป็นน้ำหนักของตัวละลายที่ต้องใช้

ง) นำน้ำหนักของสารละลายที่คำนวณได้ในข้อ ค) ไปหักออกจากน้ำหนักของสารละลายที่ต้องการในข้อ ก) จะเป็นน้ำหนักของตัวทำละลายที่ต้องการใช้ในการเตรียมสารละลายนี้

จ) ละลายตัวละลายที่คำนวณได้ในข้อ ค) ในตัวทำละลายที่คำนวณได้ในข้อ ง) จะเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักที่ต้องการ

ตัวอย่าง การเตรียมสารละลาย NaCl 10% โดยน้ำหนักจำนวน 1000 กรัม

วิธีคิด คิดตามลำดับขั้นตอนข้างต้นได้ดังนี้

ก) เตรียมสารละลาย NaCl 10% โดยน้ำหนักจำนวน 1000 กรัม

ข) ทำร้อยละของตัวละลายให้เป็นเศษส่วนหรือทศนิยม ทำได้ดังนี้

$$10\% = 1/10 \text{ หรือ } 0.1$$

ค) หาน้ำหนักของตัวละลาย

$$0.1 \times 1000 = 100 \text{ กรัม}$$

ง) หาน้ำหนักของตัวทำละลายได้ $1000 - 100 = 900$ กรัม

จ) ละลาย NaCl 100 กรัมในน้ำ 900 กรัมเป็นสารละลายหนัก 1000 กรัม สารละลายที่ได้นี้จะมี NaCl ร้อยละ 10 กรัมโดยน้ำหนัก

3. เทคนิคการเตรียมสารละลายในหน่วยร้อยละโดยปริมาตร

การเตรียมสารละลายในหน่วยร้อยละโดยปริมาตรมักจะใช้กับตัวละลายที่เป็นของเหลว เป็นการบอกให้ทราบว่า มีตัวละลายกี่หน่วยปริมาตรในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตรในการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรตามต้องการนั้น ปฏิบัติดังนี้

ก) กำหนดปริมาตรของสารละลายที่ต้องการและร้อยละโดยปริมาตรของสารละลาย

ข) เปลี่ยนร้อยละโดยปริมาตรให้เป็นเศษส่วนหรือทศนิยม

ค) นำปริมาตรของสารละลายที่ต้องการในข้อ ก) คูณกับเศษส่วนหรือทศนิยมที่คำนวณได้ในข้อ ข) จะเป็นปริมาตรของตัวละลาย

ง) นำปริมาตรของตัวละลายที่คำนวณได้ในข้อ ค) หักออกจากปริมาตรของสารละลายที่ต้องการในข้อที่ 1 จะเป็นปริมาตรของตัวทำละลาย

จ) ละลายตัวละลายที่คำนวณได้ในข้อ ค) ในตัวทำละลายที่คำนวณได้ในข้อ ง) จะได้สารละลายในหน่วยร้อยละโดยปริมาตรตามต้องการ

ตัวอย่าง การเตรียมสารละลาย 1000 มล.ของเอทิลีนไกลคอลในน้ำให้มีความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร

วิธีคิด คิดตามลำดับขั้นตอนข้างต้นได้ดังนี้

ก) ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ 1000 มล. เข้มข้น 5% โดยปริมาตร

ข) เปลี่ยนร้อยละโดยปริมาตรของตัวละลายให้เป็นเศษส่วนหรือทศนิยม

$$5\% = 1/20 \text{ หรือ } 0.05$$

ค) หาปริมาตรของตัวละลาย

$$0.05 \times 1000 = 50 \text{ มล.}$$

ง) หาปริมาตรของตัวทำละลายได้ $1000 - 50 = 950$ มล.

จ) ละลายเอทิลีนไกลคอล 50 มล.ในน้ำ 950 มล. เป็นสารละลาย 1000 มล.ที่มีความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร

เราสามารถเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายจากร้อยละโดยน้ำหนักเป็นร้อยละโดยปริมาตรได้โดยมีขั้นตอนดังนี้

- หาปริมาตรของตัวละลายโดยใช้สูตร

ปริมาตร = น้ำหนักของตัวละลาย / ความหนาแน่นของตัวละลาย

- หาปริมาตรของสารละลายโดยใช้สูตร

ปริมาตร = น้ำหนักของสารละลาย / ความหนาแน่นของสารละลาย

- คำนวณร้อยละโดยปริมาตรโดยใช้สูตร

ร้อยละโดยปริมาตร = (ปริมาตรของตัวละลาย / ปริมาตรของสารละลาย) x 100

4. เทคนิคการเตรียมสารละลายในหน่วยโมลาร์

น้ำหนักกรัมอะตอมคือน้ำหนักอะตอมที่มีหน่วยเป็นกรัม เช่น น้ำหนักอะตอมของเหล็กมีค่า 55.8 ดังนั้นเหล็กหนัก 55.8 กรัม จะมีค่าเท่ากับ 1 กรัมอะตอม ถ้าเหล็กหนัก 27.9 กรัม จะมีค่าเท่ากับ 0.5 กรัมอะตอม

น้ำหนักกรัมโมเลกุลคือน้ำหนักโมเลกุลที่มีหน่วยเป็นกรัม เช่น น้ำหนักโมเลกุลของ NaCl เป็น 58 ดังนั้น NaCl หนัก 58 กรัม จึงมีค่าเท่ากับ 1 กรัมโมเลกุล หรือถ้า NaCl หนัก 116 กรัม (2 x 58 กรัม) จะมีค่าเท่ากับ 2 กรัมโมเลกุล

โมลาริตี้ หมายถึง จำนวนกรัมโมเลกุลของตัวละลายในสารละลาย 1 ลิตร เช่น ถ้าละลาย NaCl หนัก 58 กรัม (1 กรัมโมเลกุล) ในน้ำแล้วทำให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 1 โมลาร์ (1M) ขั้นตอนการเตรียมสารละลายในหน่วยโมลาร์มีดังนี้

ก) คำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของสารที่จะเตรียมเป็นสารละลาย

ข) นำโมลาริตี้ของสารละลายที่ต้องการจะเตรียมคูณกับน้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น เพื่อหาจำนวนกรัมของสารในการเตรียมสารละลาย 1 ลิตร

ค) นำน้ำหนักของสารที่คำนวณได้ในข้อ ข) ละลายน้ำแล้วให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นตามต้องการ

ตัวอย่าง การเตรียมสารละลาย 0.5 M NaCl จำนวน 1 ลิตร

วิธีคิด คิดตามลำดับข้างต้นดังนี้

ก) คำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของ NaCl

NaCl ; Na 1 อะตอม = 1 x 23 = 23

Cl 1 อะตอม = 1 x 35.5 = 35.5

ดังนั้น น้ำหนักโมเลกุล NaCl = 58.5 กรัม

ข) หาน้ำหนักของสารที่ใช้ในการเตรียม = 0.5 x 58.5 กรัม

= 29.25 กรัม

ค) ชั่ง NaCl หนัก 29.25 กรัมละลายน้ำแล้วทำให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายที่ได้มีความเข้มข้น 0.5 M

เราสามารถเตรียมสารละลายในหน่วยโมลาร์จากสารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าได้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังนี้

ปริมาตร(สารละลายเข้มข้น) x โมลาริตี้(สารละลายเข้มข้น) = ปริมาตร(สารละลายที่ต้องการ) x โมลาริตี้(สารละลายที่ต้องการ)

5. เทคนิคการเตรียมสารละลายในหน่วยโมแลล

โมแลลิตี้ หมายถึง จำนวนกรัมโมเลกุลของตัวละลายในตัวทำละลาย 1000 กรัม หรือจำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1000 กรัม เช่น สารละลายประกอบด้วย NaCl หนัก 58 กรัม ละลายในน้ำหนัก 1000 กรัม สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 1 โมแลล (1m) สำหรับขั้นตอนการเตรียมสารละลายในหน่วยโมแลลมีดังนี้

ก) คำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของสารที่ต้องการเตรียมเป็นสารละลาย

ข) นำโมแลลิตี้ของสารละลายที่ต้องการจะเตรียมคูณกับน้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น เพื่อหาจำนวนกรัมของสารที่จะใช้ในการเตรียม

ค) นำน้ำหนักของสารที่คำนวณได้ในข้อ 2 ละลายในน้ำหนัก 1000 กรัม สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นในหน่วยโมแลลิตี้ตามต้องการ

ตัวอย่าง การเตรียมสารละลาย 1.5m NaOH

วิธีคิด คิดตามลำดับขั้นตอนข้างต้นดังนี้

ก) คำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของ NaOH

NaOH ; Na 1 อะตอม = 1 x 23 = 23

O 1 อะตอม = 1 x 16 = 16

H 1 อะตอม = 1 x 1 = 1

ดังนั้น น้ำหนักโมเลกุลของ NaOH = 40 กรัม

ข) หาน้ำหนักของสารที่ใช้ในการเตรียม = 1.5 x 40.0 กรัม = 60 กรัม

ค) ชั่ง NaOH หนัก 60 กรัม ละลายในน้ำ 1000 กรัม สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้น 1.5 m

6. เทคนิคการเตรียมสารละลายในหน่วยนอร์มัล

นอร์มาลิตี้ หมายถึงจำนวนสมมูลของตัวละลายในสารละลาย 1 ลิตร เช่น สารละลายเข้มข้น 6 N HCl หมายความว่า สารละลายมี HCl ละลายอยู่ 6 สมมูลในสารละลาย 1 ลิตร

ตารางที่ 1 แสดงสูตรโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุลและน้ำหนักสมมูลของกรดและเบสบางชนิด

กรดหรือเบส	จำนวน H^+ หรือ OH^-	น้ำหนักกรัมโมเลกุล	น้ำหนักกรัมสมมูล
HCl	1	36.5	36.5
HNO_3	1	63.1	63.1
H_2SO_4	2	98.1	49.05
$HC_2H_3O_2$	1	60	60
H_3PO_4	3	98	32.7
NaOH	1	40	40
$Ca(OH)_2$	2	74	37
NH_4OH	1	35	35

น้ำหนักสมมูลเป็นน้ำหนักของสารที่สามารถรวมกับไฮโดรเจน 1 กรัมอะตอมได้ หรือน้ำหนักโมเลกุลของสารหารด้วยเลขออกซิเดชั่นที่เปลี่ยนแปลง ส่วนน้ำหนักกรัมสมมูลก็คือน้ำหนักสมมูลที่มีหน่วยเป็นกรัม และสำหรับการหาน้ำหนักของสารเพื่อเตรียมสารละลายในหน่วยนอร์มัลและปริมาตรที่ต้องการนั้น คำนวณจากความสัมพันธ์

น้ำหนักของสาร = นอร์มาลิตี้ x น้ำหนักสมมูล x ปริมาตร (ลิตร)

7. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

ก) สารละลายและวิธีเตรียม

สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลตความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (นำโปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลตมาตรฐาน (potassium hydrogen phthalate primary standrad grade) มาอบที่อุณหภูมิ 105 ถึง 115 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิกเกเตอร์ แล้วนำมาประมาณ 102 กรัม ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในน้ำกลั่น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร)

สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 23 กรัมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ในน้ำกลั่น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายอิ่มตัวบาเรียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมใหม่ๆ จนกระทั่งไม่มีตะกอนบาเรียมคาร์บอเนตเกิดขึ้นอีก เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 ถึง 3 วัน โดยไม่ให้ถูกกับอากาศ แล้วนำส่วนที่ใสมาหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ดังนี้

นำสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลตมา 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ติเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้แยกคาร์บอเนตออกแล้ว โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเกเตอร์

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ = $M \times 25 / V$

(โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

เมื่อ M คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลต เป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

V คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการติเตรต เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

ข) วิธีการเตรียมสารละลายตัวอย่าง

นำกรดตัวอย่างใส่ขวดชั่งประมาณ 15 กรัม ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน เทใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค) วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายกรดตัวอย่างในข้อ ข) มา 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรติเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเกเตอร์

ง) วิธีการคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก(ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{0.01823 \times V \times 10}{W} \times 100$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการติเตรต เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

W คือ น้ำหนักของกรดตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์

ก) สารละลายและวิธีเตรียม

ก.1 สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล

เติมกรดไฮโดรคลอริก (ความถ่วง 1.18) ประมาณ 95 ถึง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในน้ำกลั่น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วหาค่าความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกตามวิธีดังนี้

นำโซเดียมคาร์บอเนตมาตรฐานมาอบที่อุณหภูมิ 500 ถึง 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วติเตรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เตรียมได้ โดยมีสารละลายโบรโมฟีนอลบลู(bromophenol blue) เป็นอินดิเคเตอร์ ก่อนถึงเอนด์พอยต์ (end point) ให้ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เย็นแล้วติเตรตต่อไป

ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก = $W / (0.0530 \times A)$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของโซเดียมคาร์บอเนต เป็นกรัม

A คือ ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่ใช้ในการติเตรต เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

ก.2 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 4.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายอิ่มตัวบาเรียมคลอไรด์ที่เตรียมใหม่ๆ จนกระทั่งตะกอนบาเรียมคาร์บอเนตไม่เกิดขึ้นอีก เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 2 ถึง 3 วัน โดยมิให้สัมผัสกับอากาศ แล้วนำส่วนที่ใสมาใช้งาน และการหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

- นำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาติเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล (นำสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล มา 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเกเตอร์

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ = N x A / 25

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก เป็นนอร์มัล

A คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

- นำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เตรียมได้ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาติเตรตกับสารละลายมาตรฐาน โปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลต (potassium hydrogen pthalate) 0.1 นอร์มัล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเกเตอร์

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ = N x A / 25

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลต เป็นนอร์มัล

A คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลต เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

ก.3 สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลต 0.1 นอร์มัล

นำโปตัสเซียมไฮโดรเจนทาเลตมาตรฐานมาอบที่อุณหภูมิ 105 ถึง 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเคลิกเกเตอร์ แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 20.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ก.4 สารละลายบาเรียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

ก.5 สารละลายโบรโมฟีนอลบลู ความเข้มข้นร้อยละ 0.1

ชั่งโบรโมฟีนอลบลู 0.1 กรัม ละลายในเอทิลอัลกอฮอล์(ร้อยละ 95 ของปริมาตร) 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ก.6 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้นร้อยละ 1 ในเอทิลอัลกอฮอล์ (ร้อยละ 95 ของปริมาตร)

ข) วิธีเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ข.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดเหลว

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 50 กรัม ในขวดชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน เทใส่ขวดแก้วตวงขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์จนเกือบถึงขีด ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดแข็ง

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 50 กรัมในขวดชั่ง ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเทใส่ขวดแก้วตวงขนาด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นเกือบถึงขีด ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องอีกครั้งหนึ่งแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค) วิธีวิเคราะห์

ค.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 50 ลูกบาศ์กเซนติเมตร ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล โดยมีสารละลายโบรโมฟีนอลบลูเป็น

อินดิเกเตอร์ เติมกรดไฮโดรคลอริกให้มากเกินพออีก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์เป็นเวลา 5 นาที แล้วติเตรตกรดที่มากเกินพอด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัลที่อุณหภูมิห้อง

ค.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมาอีก 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดรูปกรวยที่มีจุกปิด เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายบาเรียมคลอไรด์ ซึ่งมีความเข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดจุกให้แน่นเขย่าเบาๆ แล้วติเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล โดยมีสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเกเตอร์ จดปริมาตรสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

ง) วิธีการคำนวณ

ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละของน้ำหนัก = (0.04001 x B x 100) / W

เมื่อ B คือ ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไป เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
W คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ เป็น กรัม

9. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไดโครเมต

ก) สารละลายและวิธีการเตรียม

ก.1 Ferroin solution

ละลาย iron (II) sulfate 0.695 กรัมลงในน้ำ และละลาย 1,10-phenanthlorine monohydrate 1.49 กรัมลงในสารละลาย จากนั้นเติมน้ำจนมีปริมาตรเป็น 100 มล.

ก.2 0.2 mol/l ammonium iron (II) sulfate solution

ละลาย ammonium iron(II)sulfate 80 กรัมลงในน้ำกลั่นที่มี H_2SO_4 เข้มข้น 10 มล.

จนมีปริมาตรเป็น 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

ก.3 Potassium dichromate standard solution

นำผง Potassium dichromate 16 กรัมมาอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิกเกเตอร์ จากนั้นนำมาละลายในน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

ข) วิธีวิเคราะห์

ข.1 นำสารตัวอย่างมา 4 กรัมและละลายลงในน้ำจนมีปริมาตรเป็น 250 มล. (ในกรณีที่สารตัวอย่างอยู่ในสถานะสารละลายให้ทำการจดปริมาตรของสารละลายตัวอย่างด้วย)

ข.2 นำสารละลายที่ได้จากข้อ ข.1 มา 25 มล. เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 400 มล. จากนั้นเติม sulfuric acid (1+1) 40 มล.

ข.3 ติเตรตด้วย 0.2 mol/l ammonium iron (II) sulfate solution จนกระทั่งสีเหลืองของโครเมตใกล้จะจางหาย จากนั้นหยด ferroin solution ลงไป 3 หยด ติเตรตต่อไปทีละหยดจนถึงจุดยุติ (เมื่อสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง) ทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที

ข.4 วัดอุณหภูมิของ Potassium dichromate standard solution ในหน่วยองศาเซลเซียส จากนั้นนำมา 25 มล. เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 400 มล. และเติม sulfuric acid (1+1) 40 มล. แล้วทำการติเตรตเหมือนข้อ ข.3

ค) วิธีคำนวณ

$$f_1 = (K \times 25 \times 1.01294) / 1000$$

$$f_2 = (f_1 \times d_2) / (a \times d_1)$$

$$A = (f_2 \times B \times 100) / (0.1 \times S)$$

เมื่อ f_1 คือ มวลของ sodium dichromate dihydrate ที่อยู่ใน potassium dichromate standard solution 25 มล. ที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส

K คือ % ความบริสุทธิ์ของ potassium dichromate (ร้อยละของน้ำหนัก)

f_2 คือ ปริมาณของ sodium dichromate dihydrate ที่สมดุลกับ 0.2 mol/l ammonium iron (II) sulfate solution 1 มล.

a คือ ปริมาตรของ 0.2 mol/l ammonium iron (II) sulfate solution ที่สมดุลกับ potassium dichromate standard solution 25 มล. ที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส

d_1 คือ ความหนาแน่นของน้ำที่ใช้เตรียม potassium dichromate standard solution

d_2 คือ ความหนาแน่นของน้ำที่ขณะใช้ potassium dichromate standard solution

A คือ % sodium dichromate dihydrate

B คือ ปริมาตรที่ใช้ไปของ 0.2 mol/l ammonium iron(II)sulfate solution (มล.)

S คือ มวลหรือปริมาตรของสารตัวอย่าง

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นของน้ำ

อุณหภูมิ (°C)	g / ml	อุณหภูมิ (°C)	g / ml
7	0.99990	19	0.99840
8	0.99985	20	0.99820
9	0.99978	21	0.99799
10	0.99970	22	0.99777
11	0.99960	23	0.99754
12	0.99950	24	0.99730
13	0.99938	25	0.99704
14	0.99924	26	0.99678
15	0.99910	27	0.99651
16	0.99894	28	0.99623
17	0.99877	29	0.99594
18	0.99860	30	0.99565

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายซิงก์แอมโมเนียคลอไรด์

ก) การหาสังกะสี

สารเคมีที่ใช้ - สารละลายบัฟเฟอร์ ประกอบด้วย น้ำกลั่น 500 มล. แอมโมเนียไฮดรอกไซด์ 500 มล. และแอมโมเนียคลอไรด์ 100 กรัม

- โซเดียมไซยาไนด์ 10% เตรียมโดยใส่น้ำกลั่น 500 มล. ลงในบีกเกอร์ เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม กวนให้ละลายเติมโซเดียมไซยาไนด์ 50 กรัม กวนให้ละลาย
- อีริโอโครมแบลค ที อินดิเกเตอร์ เตรียมโดยใส่โซเดียมคลอไรด์ 100 กรัม ลงในบีกเกอร์ใส่อีริโอโครมแบลค ที 1 กรัมลงไปผสมให้เข้ากัน
- 10% ฟอร์มาลดีไฮด์ เตรียมโดยเติมน้ำกลั่น 450 มล. ลงในบีกเกอร์เติม 37% ฟอร์มาลดีไฮด์ลงไป 50 มล. กวนให้เข้ากันดี
- สารละลายมาตรฐาน 0.1 โมลาร์อีดีทีเอ (37.2 กรัมต่อลิตร)

วิธีวิเคราะห์ - ดูดสารละลายตัวอย่างมา 2.0 มล. ใส่ขวดขนาด 250 มล.

- เติมน้ำกลั่น 100 มล.
- เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 10 มล.
- เติมโซเดียมไซยาไนด์ 10% ลงไป 2 มล.
- เติมอินดิเกเตอร์ลงไป 0.1 กรัม ทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน
- เติมฟอร์มาลดีไฮด์ลงไป 5 มล. ทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดง
- ติเตรตกับ 0.1 โมลาร์ อีดีทีเอ จนจุดสะเทินเป็นสีม่วงน้ำเงิน

การคำนวณ

- โลหะสังกะสี(กรัม/ลิตร) = จำนวน มล. อีดีทีเอ x โมลาร์ อีดีทีเอ x 32.7

ข) การหาคลอไรด์

สารเคมีที่ใช้ - แอมโมเนียมอาซีเตต 20% เตรียมโดยใส่น้ำกลั่น 500 มล. ลงในบีกเกอร์เติมแอมโมเนียมอาซีเตต 100 กรัม กวนให้ละลาย

- สารละลายมาตรฐาน 0.1 นอร์มัลซิลเวอร์ไนเตรต เตรียมโดยใส่น้ำกลั่น 700 มล. ลงในขวดมาตรฐานขนาด 1 ลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มล. เติมซิลเวอร์ไนเตรตลงไป 17 กรัม กวนให้ละลายเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดเครื่องหมาย
- โซเดียมโครเมตอินดิเกเตอร์ เตรียมโดยใส่น้ำกลั่น 100 มล. ลงในบีกเกอร์เติมโซเดียมโครเมต 2 กรัม กวนให้ละลาย

วิธีวิเคราะห์ - ดูดสารละลายตัวอย่างมา 5.0 มล. ถ่ายลงขวดขนาด 250 มล.

- เติมน้ำกลั่น 100 มล.
- เติมแอมโมเนียมอาซีเตต 20% ลงไป 10 มล.
- เติมโซเดียมโครเมตอินดิเกเตอร์ลงไป 2 มล.
- ดิเตรตด้วยซิลเวอร์ไนเตรตจนเกิดตะกอนสีขาวจมอยู่ก้นขวดและสารละลายเป็นสีน้ำตาลแดง

การคำนวณ

- คลอไรด์(กรัม/ลิตร) = จำนวน มล. ซิลเวอร์ไนเตรต x จำนวนนอร์มัล x 7.1

ค) การหาแอมโมเนีย

สารเคมีที่ใช้ - Thymol Blue Solution เตรียมโดยละลาย Thymol Blue 0.1 กรัมลงใน ethanol(95) 20 มล. เติมน้ำจนมีปริมาตร 100 มล.

- 0.1 mol/l Sodium Hydroxide Solution เตรียมโดยเจือจาง 1 mol/l Sodium Hydroxide Solution 100 มล. ด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ จนมีปริมาตร 1000 มล.

- Formalin Solution (1+1)

วิธีวิเคราะห์ - ดูดสารละลายตัวอย่างมา 25 มล. ถ่ายลงขวดขนาด 250 มล.
- เติมน้ำกลั่น 100 มล.
- เติม Formalin Solution (1+1) 10 มล.
- เติม Thymol Blue Solution ลงไป 0.5 มล.
- ติเตรตด้วย 0.1 mol/l Sodium Hydroxide Solution จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงิน

การคำนวณ

- แอมโมเนีย(กรัม/ลิตร) = (0.005349 x V) / (25 x 0.001)

เมื่อ V = จำนวน มล. ของ 0.1 mol/l Sodium Hydroxide Solution

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11. ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมีของตะกั่วและอะลูมิเนียม

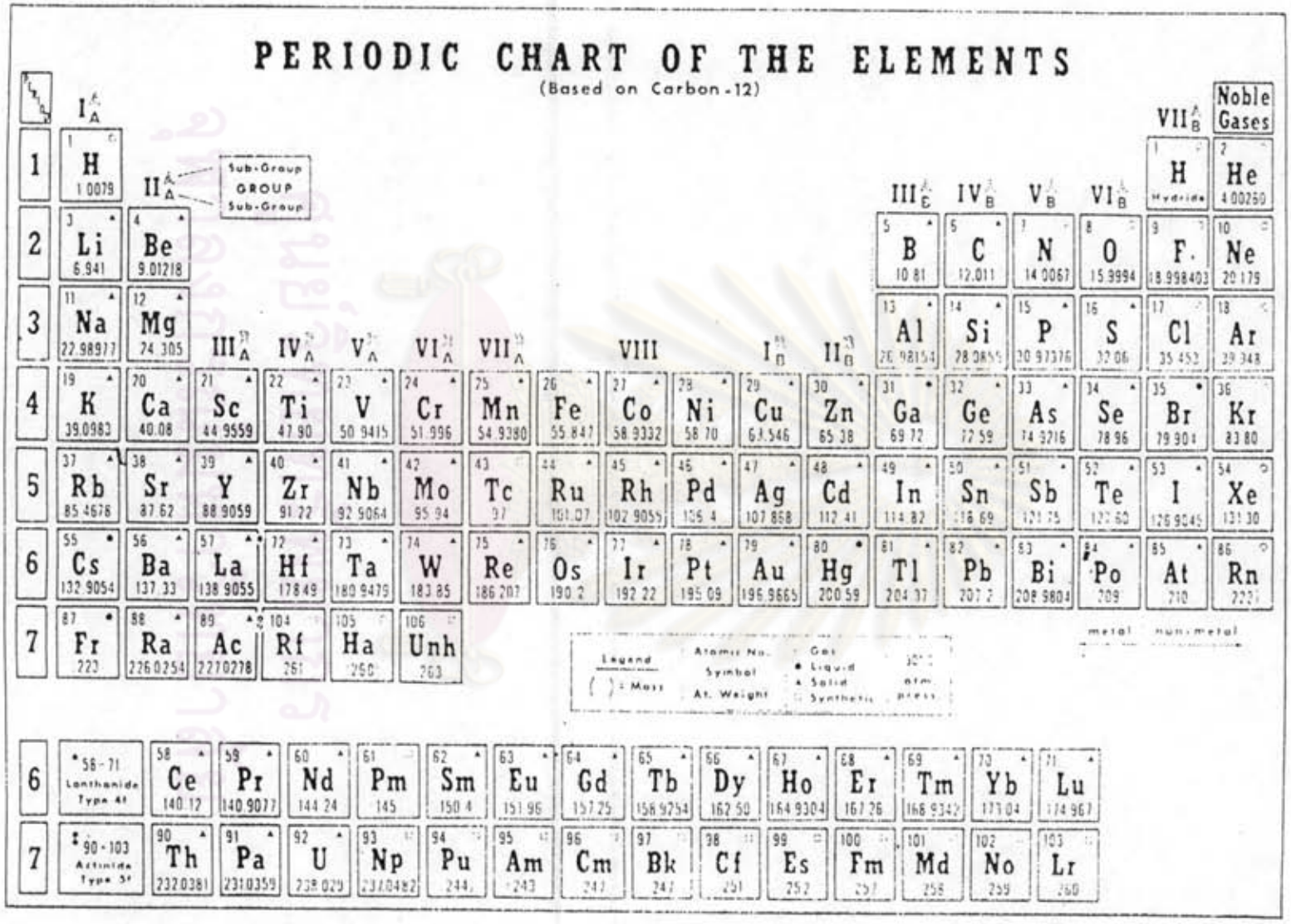
ตารางที่ 3 ส่วนผสมทางเคมีของตะกั่วตาม DIN 1719-1986

symbol	number	Total	Ag	As	Bi	Cu	Fe	Sb	Sn	Zn
Pb99,97	2.3025	0.03	0.003	0.001	0.027	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Pb99,94	2.3030	0.06	0.003	0.001	0.05	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Pb99,90	2.3040	0.10	0.005	0.001	0.09	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001

ตารางที่ 4 ส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียมตาม DIN 1712-1976

Symbol	number	total	Si	Fe	Cu	Zn	Ti	Ga	others
Al99,99R	3.0400	0.010	0.006	0.005	0.003	0.005	0.002	0.030	0.001
Al99,9H	3.0300	0.10	0.050	0.040	0.005	0.030	0.005	0.03	0.010
Al99,8H	3.0280	0.20	0.15	0.15	0.01	0.04	0.02		0.02
Al99,7H	3.0270	0.30	0.20	0.25	0.01	0.04	0.02		0.03
Al99,5H	3.0250	0.50	0.25	0.35	0.02	0.05	0.02		0.03

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS
(Based on Carbon-12)
Noble Gases
Sub-Group
GROUP
Sub-Group
Legend
( ) = Mass
Atomic No.
Symbol
At. Weight
Gas
Liquid
Solid
Synthetic
metal
non-metal
*56-71 Lanthanide Type 4f
**90-103 Actinide Type 5f

ประวัติผู้วิจัย

นายชุมพล มณฑาทิพย์กุล เกิดวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานครฯ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปีการศึกษา 2537 และศึกษาต่อในระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2538

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย