บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การเตรียมสารเคมีและสารละลาย

4.1.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของอลูมิเนียม (A.R. $Al(NO_3)_3$)

ชั่งอลูมิเนียมไนเตรต 0.6947, 1.3894, 2.0840, 2.7787 3.4734, 4.1681, 4.8628, 5.5575, 6.2522, 6.9468 กรัมตามลำดับ ละลายสารด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร(volumetric flask) จะทำให้สารละลายที่ได้มีอลูมิเนียม 50, 100, 150, 200, 250 300, 350, 400, 450, 500 มิลลิกรัมตามลำดับ

4.1.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของเหล็ก (A.R. $Fe(NO_3)_3$)

ชั่งเฟอร์ริกไนเตรต 0.7214, 1.4428, 2.1643, 2.8857 3.6071, 4.3286 กรัมตามลำดับ ละลายสารด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร จะทำให้สารละลายที่ได้มีเหล็ก 100, 200, 300 400, 500, 600 มิลลิกรัมตามลำดับ

4.1.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของคัลเซียม (A.R. $Ca(NO_3)_3$)

ชั่งคัลเซียมไนเตรต 0.8204, 1.0255, 1.2307, 1.4358, 1.6409, 1.8460, 2.0511, 2.2562, 2.4613, 2.6664, 2.8715 กรัม ตามลำดับ ละลายสารด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร จะทำให้สารละลายที่ได้มีคัลเซียม 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 550, 600, 650, 700 มิลลิกรัมตามลำดับ

4.1.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของมักนีเซียม (A.R. $Mg(NO_3)_3$)

ชั่งมักนีเซียมไนเตรต 0.5273, 1.0547, 1.5820, 2.1094 2.6367, 3.1641, 3.6914, 4.2188, 4.7461, 5.2735, 5.8008 6.3282 กรัมตามลำดับ ละลายสารด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตรใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขวดปริมาตรจะทำให้ สารละลายที่ได้มีมักนีเซียม 50, 100, 150, 200, 250 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600 มิลลิกรัมตามลำดับ

4.1.5 สารละลาย A (pH 3.9)

ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 120 กรัม โซเดียมอะซีเตท 100 กรัม ตามลำดับเติมกรดอะซีติก 200 มิลลิลิตรแล้วเจือจางสารละลายให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร

4.1.6 สารละลาย B (pH 4.0)

ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 120 กรัม โซเดียมอะซีเตท 100 กรัม และโปแตสเซียมซัลเฟต 50 กรัมตามลำดับ เติมกรดอะซีติก 200 มิลลิลิตร แล้วเจือจางสารละลายให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร

4.1.7 สารละลายโปแตสเซียมฟลูออไรด์ 4 โมลาร์

ชั่งโปแตสเซียมฟลูออไรด์ 23.2400 กรัม ละลายสารด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตร

4.1.8 สารละลายแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต

ชั่งแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต $[(NH_4)_2S_2O_8]$ 200 กรัม ละลายสารด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1000 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร

4.1.9 สารละลายสตันนัสคลอไรด์

ชั่งสตันนัสคลอไรด์ 35 กรัมละลายในกรดเกลือเข้มข้น (ถ.พ. 1.180) 400 มิลลิลิตรแล้วเจือจางสารละลายให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร

4.1.10 สารละลายอิ่มตัวเมอร์คุริกคลอไรด์

คอย ๆ ละลายเมอร์คุริกคลอไรด์ลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรในบีกเกอร์ จนกระทั่งเมอร์คุริกคลอไรด์ไม่ละลาย จะได้สารละลายอิ่มตัวเมอร์คุริก-คลอไรด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.11 สารละลายโปแตสเซียมออกซาเลต 20 % น้ำหนัก/ปริมาตร

ชั่งโปแตสเซียมออกซาเลต 20 กรัมละลายสารด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร

4.1.12 สารละลายอัมโมเนีย-อัมโมเนียมคลอไรด์บัฟเฟอร์

นำสารละลายอัมโมเนีย (27 % น.น./น.น.) 50 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แล้วค่อย ๆ เติมอัมโมเนียมคลอไรด์ นำไปวัด pH จนได้ pH ประมาณ 9.8 แล้วเจือจางสารละลายให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร

4.1.13 สารละลายไกลอิ่มตัวไดอัมโมเนียมฟอสเฟต $[(NH_4)_2HPO_4]$

นำสารละลายอิ่มตัวไดอัมโมเนียมฟอสเฟต 950 มิลลิลิตร แล้วเจือจางสารละลายให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร

4.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

4.2.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่างปูนซีเมนต์

ชั่งสารตัวอย่างปูนซีเมนต์ให้มีน้ำหนักแน่นอน 2 กรัม ลงในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร เติมน้ำ 10 มิลลิลิตรแล้วเขย่าสารตัวอย่างให้กระจายออกไป ในระหว่างเขย่าให้เติมกรดเกลือเข้มข้น 7 มิลลิลิตรลงไปให้หมดในคราวเดียวแล้วอุ่นสารละลายและคนด้วยแท่งแก้วหรือใช้ปลายแบนของแท่งแก้วขยายบดจนสารตัวอย่างยอยหมด ระเหยสารละลายที่ได้จนแห้งบนเครื่องอังไอน้ำ (steam bath) หรือจนวุ้นที่ปรากฏหายไปหมดจนเหลือแต่กากแล้วไม่ต้องทำให้กากร้อนต่อไป เติมกรดเกลือเข้มข้น 1 ถึง 3 มิลลิลิตร ปล่อยไว้อย่างน้อย 2 นาที จึงเติมน้ำจำนวนเท่ากันลงไป ใช้กระจกนาฬิกาปิดบนบีกเกอร์ แล้วตั้งบนเครื่องอังไอน้ำเป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำร้อนลงในสารละลาย 20 มิลลิลิตร แล้วกรองทันที สารละลายที่ได้จากการกรองทำให้มี pH 3.5-4.0 ด้วย 30 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 250 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่างดินขาว

ชั่งสารละลายตัวอย่างดินขาวให้มีน้ำหนักแน่นอน 2 กรัม ลงในเบ้าปฏิกิริยา เติม 30 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ ใช้เปลวไฟอุ่นบนเบ้าปฏิกิริยาจนทำให้โซเดียมไฮดรอกไซด์หลอมละลายหมด เติมกรดเกลือ 1:1 10 มิลลิลิตร และเติมน้ำร้อน 20 มิลลิลิตร แล้วทำให้เย็น สารละลายที่ได้ทำให้มี pH 2.5-3.5 ด้วย 30 % โซเดียมไฮดรอกไซด์และทำให้สารละลายมีปริมาตร 250 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร

4.3 การทดลองหาความแม่นยำ (precision) ของเครื่องมือ

การหาความแม่นยำของเครื่องมือ(วิทยาศาสตร์) อาจทำได้หลายแบบ เครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องดูการเปลี่ยนแปลงความร้อน ฉะนั้นจึงต้องใช้การเปลี่ยนแปลงความร้อนเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบการตอบสนองของเครื่องมือ ในที่นี้ใช้ปฏิกิริยากรด-เบสเป็นแนวทางตรวจสอบ ดังนี้

ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.03 โมลาร์ มา 20 มิลลิลิตร แล้วทำให้มีปริมาตร 40 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวด polyethylene ซึ่งมี magnetic bar อยู่ จากนั้นนำขวด polyethylene ใส่ลงในโฟล์มฉนวนความร้อน จุ่มกระเปาะแก้ว (ขนาดปริมาตร 1.4 มิลลิลิตร) ที่มีสารละลายกรดเกลือ 3 โมลาร์ลงในสารละลาย titrand และจุ่ม thermistor ปรับเครื่องมือต่าง ๆ ให้เรียบร้อยจนเกิด thermal equilibrium แล้วฉีดสารละลายกรดเกลือ 3 โมลาร์ลงไปอย่างรวดเร็ว บันทึกผลโดย recorder ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.1

ทำการทดลอง 20 ครั้ง วัด ΔT (arbitrary unit) นำไปคำนวณหาค่า ΔT เฉลี่ย (Mean) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ดังผลการทดลองในข้อ 4.8.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การสร้าง calibration curve

4.4.1 การสร้าง calibration curve สำหรับหาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์

เตรียมสารละลายให้มีอลูมิเนียม 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 45, 50 มิลลิกรัมตามลำดับ โดยปิเปต 10 มิลลิลิตรจากแต่ละสารละลายมาตรฐานอลูมิเนียมในข้อ 4.1.1 สารละลายที่ได้นำมาเติมสารละลาย B 10 มิลลิลิตร แล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 40 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวด polyethylene ซึ่งมี magnetic bar อยู่ จากนั้นนำแต่ละขวด polyethylene ใส่ลงในโฟล์มฉนวนความร้อนจุกกระเปาะแก้ว(ขนาดปริมาตร 3.2 มิลลิลิตร) ที่มีสารละลายโปแตสเซียม-ฟลูออไรด์ลงในสารละลาย titrand และจุ่ม thermistor ปรับเครื่องมือต่าง ๆ ให้เรียบร้อย จนเกิด thermal equilibrium แล้วฉีดสารละลายโปแตสเซียม-ฟลูออไรด์ลงไปอย่างรวดเร็ว บันทึกผลโดย recorder ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.2

นำค่า $\triangle T$(arbitrary unit) ไปพล็อตกับความเข้มข้นของอลูมิเนียม-ออกไซด์จะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุด origin ดังกราฟรูปที่ 4.1

4.4.2 การสร้าง calibration curve สำหรับหาปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์

เตรียมสารละลายให้มีเหล็ก 10, 20, 30, 40, 50, 60 มิลลิกรัมตามลำดับ โดยปิเปต 10 มิลลิลิตรจากแต่ละสารละลายมาตรฐานเหล็กในข้อ 4.1.2 สารละลายที่ได้นำมาเติมสตันนัสคลอไรด์ 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 มิลลิลิตรตามลำดับ และเติมสารละลายอิ่มตัวเมอร์คูริกคลอไรด์ 5 มิลลิลิตรในแต่ละสารละลาย แล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 40 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวด polyethylene ซึ่งมี magnetic bar อยู่ จากนั้นนำแต่ละขวด polyethylene ใส่ลงในโฟล์มฉนวนความร้อน จุกกระเปาะแก้ว(ขนาดปริมาตร 4.0 มิลลิลิตร) ที่มีสารละลายอัมโมเนียมเปอร์ซัลเฟตลงในสารละลาย titrand และจุ่ม thermistor ปรับเครื่องมือต่าง ๆ ให้เรียบร้อย จนเกิด thermal equilibrium

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แล้วฉีดสารละลายอัมโมเนียมเปอร์ซัลเฟตลงไปอย่างรวดเร็ว บันทึกผลโดย recorder ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.3

นำค่า ΔT(arbitrary unit) ไปพล็อตกับความเข้มข้นของเฟอร์ริกออกไซด์ จะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุด origin ดังกราฟรูปที่ 4.2

4.4.3 การสร้าง calibration curve สำหรับหาปริมาณคัลเซียมออกไซด์

เตรียมสารละลายให้มีคัลเซียม 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 55, 60, 65, 70 มิลลิกรัมตามลำดับ โดยปิเปต 10 มิลลิลิตร จากแต่ละสารละลายมาตรฐานคัลเซียมในข้อ 4.1.3 สารละลายที่ได้นำมาเติมสารละลาย A 20 มิลลิลิตร แล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 40 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวด polyethylene ซึ่งมี magnetic bar อยู่ จากนั้นนำแต่ละขวด polyethylene ใส่ลงในโฟล์มฉนวนความร้อน จุ่มกระเปาะแก้ว(ขนาดปริมาตร 1.4 มิลลิลิตร) ที่มีสารละลายโปแตสเซียมออกซาเลตลงในสารละลาย titrand และจุ่ม thermistor ปรับเครื่องมือต่าง ๆ ให้เรียบร้อยจนเกิด thermal equilibrium แล้วฉีดสารละลายโปแตสเซียมออกซาเลตลงไปอย่างรวดเร็ว บันทึกผลโดย recorder ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.4

นำค่า ΔT(arbitrary unit) ไปพล็อตกับความเข้มข้นของคัลเซียมออกไซด์ จะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุด origin ดังกราฟรูปที่ 4.3

4.4.4 การสร้าง calibration curve สำหรับหาปริมาณมักนีเซียมออกไซด์

เตรียมสารละลายให้มีมักนีเซียม 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 40, 45, 50, 55, 60 มิลลิกรัมตามลำดับ โดยปิเปต 10 มิลลิลิตรจากแต่ละสารละลายมาตรฐานมักนีเซียมในข้อ 4.1.4 สารละลายที่ได้นำมาเติมสารละลายอัมโมเนีย-อัมโมเนียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ 10 มิลลิลิตร แล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

40 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวด polyethylene ซึ่งมี magnetic bar อยู่ จากนั้นนำแต่ละขวด polyethylene ใส่ลงในโฟมฉนวนกันความร้อน จุ่มกระเปาะแก้ว(ขนาดปริมาตร 1.4 มิลลิลิตร) ที่มีสารละลายใกล้อิ่มตัวไดอัมโมเนียมฟอสเฟตลงในสารละลาย titrand และจุ่ม thermistor ปรับเครื่องมือต่าง ๆให้เรียบร้อยจนเกิด thermal equilibrium แล้วฉีดสารละลายใกล้อิ่มตัวไดอัมโมเนียมฟอสเฟตลงไปอย่างรวดเร็ว บันทึกผลโดย recorder ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.5

นำค่า $\triangle T$(arbitrary unit) ไปพล็อตกับความเข้มข้นของมักนีเซียมออกไซด์ จะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุด origin ดังกราฟรูปที่ 4.4

4.5 <u>การหาปริมาณ อลูมิเนียมออกไซด์, เฟอร์ริกออกไซด์, คัลเซียมออกไซด์ และมักนีเซียมออกไซด์ ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว</u>

4.5.1 <u>การหาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์</u>

ปิเปต 10 มิลลิลิตรจากสารละลายตัวอย่างปูนซีเมนต์ในข้อ 4.2.1 และ 10 มิลลิลิตรจากสารละลายตัวอย่างดินขาวในข้อ 4.2.2 สารละลายที่ได้นำมาเติมสารละลาย B 10 มิลลิลิตร แล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 40 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวด polyethylene ทำการทดลองเหมือนข้อ 4.4.1 $\triangle T$ ที่วัดได้นำไปเทียบหาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์จากกราฟรูปที่ 4.1

4.5.2 <u>การหาปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์</u>

ปิเปต 30 มิลลิลิตรจากสารละลายตัวอย่างปูนซีเมนต์ในข้อ 4.2.1 และ 30 มิลลิลิตรจากสารละลายตัวอย่างดินขาวในข้อ 4.2.2 สารละลายที่ได้นำมาเติมสตันนัสคลอไรด์ 3.5 มิลลิลิตรตามลำดับ และเติมสารละลายอิ่มตัวเมอร์คูริกคลอไรด์ 5 มิลลิลิตรในแต่ละสารละลายแล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 40 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวด polyethylene ทำการทดลองเหมือนข้อ 4.4.2 $\triangle T$ที่วัดได้นำไปเทียบหาปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์จากกราฟรูปที่ 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.3 การหาปริมาณคัลเซียมออกไซด์

ปิเปต 20 มิลลิลิตรจากสารละลายตัวอย่างปูนซีเมนต์ในข้อ 4.2.1 และ 20 มิลลิลิตรจากสารละลายตัวอย่างดินขาวในข้อ 4.2.2 สารละลายที่ได้นำมาเติมสารละลาย A 20 มิลลิลิตรตามลำดับ ในขวด polyethylene ทำการทดลองเหมือนข้อ 4.4.3 $\triangle T$ ที่วัดได้นำไปเทียบหาปริมาณคัลเซียมออกไซด์จากกราฟรูปที่ 4.3

4.5.4 การหาปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์

ปิเปต 30 มิลลิลิตรจากสารละลายตัวอย่างปูนซีเมนต์ในข้อ 4.2.1 และ 30 มิลลิลิตรจากสารละลายตัวอย่างดินขาวในข้อ 4.2.2 สารละลายที่ได้นำมาเติมสารละลายอัมโมเนีย-อัมโมเนียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ 10 มิลลิลิตรตามลำดับในขวด polyethylene ทำการทดลองเหมือนข้อ 4.4.4 $\triangle T$ ที่วัดได้นำไปเทียบหาปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์จากกราฟรูปที่ 4.4

4.5.5 การหาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์, เฟอร์ริกออกไซด์, คัลเซียมออกไซด์และมักนีเซียมออกไซด์ โดยวิธีการทกตะกอน ตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8 ผลการทดลอง

4.8.1 ผลการศึกษาความแม่นยำ (Precision) ของเครื่องมือ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า △T (arbitrary unit) ของการหาความแม่นยำของเครื่องมือโดยวิธี Enthalpimetric Titration sensitivity ของ recorder 10 มิลลิโวลท์ chart speed 10 วินาทีต่อรอบ

ทำการทดลองครั้งที่	△T (arbitrary unit)
1	181.0
2	185.0
3	193.0
4	183.0
5	185.0
6	182.0
7	189.0
8	187.0
9	184.0
10	184.0
11	186.0
12	194.0
13	198.0
14	195.0
15	196.0
16	198.0
17	203.0
18	193.0
19	201.0
20	206.0

จากข้อมูลที่ได้คำนวณหาค่า (1) △T เฉลี่ย = 191.2

(2) ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 7.4

(3) % standard deviation = 3.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

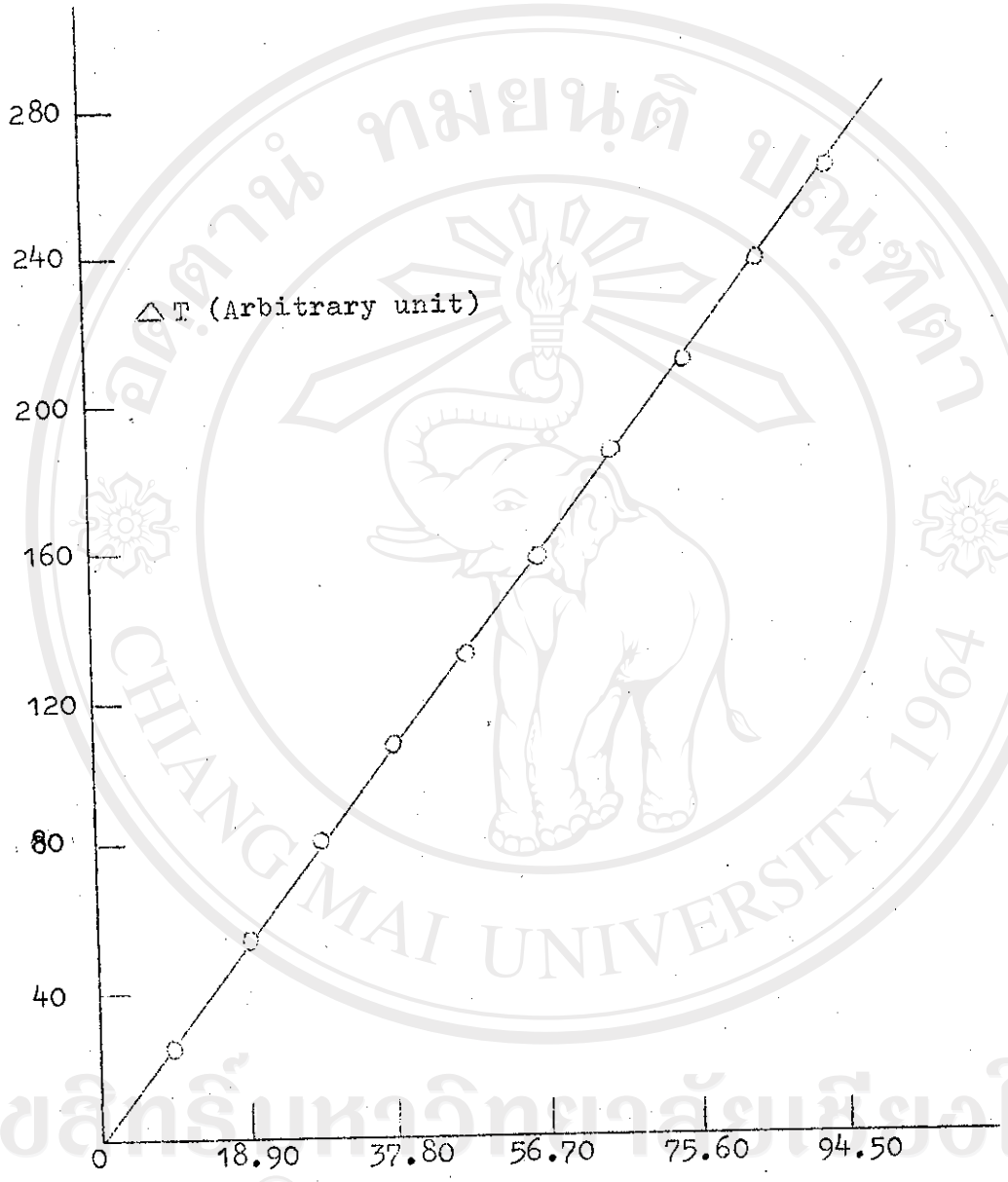
4.8.2 ผลการสร้าง calibration curve โดยวิธี Enthalpimetric Titration

4.8.2.1 ผลการสร้าง calibration curve ของสารละลายมาตรฐานอลูมิเนียม ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า ΔT (arbitrary unit) ของสารละลายมาตรฐานของอลูมิเนียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ sensitivity ของ recorder 10 มิลลิโวลท์ chart speed 10 วินาทีต่อรอบ

ปริมาณของสารละลายมาตรฐานอลูมิเนียม(มิลลิกรัม)	ปริมาณของสารละลายมาตรฐานอลูมิเนียมออกไซด์	ΔT (arbitrary unit)เฉลี่ย
5.0	9.45	24.0
10.0	18.90	53.5
15.0	28.35	80.5
20.0	37.80	106.5
25.0	47.25	130.5
30.0	56.70	157.0
35.0	66.15	185.0
40.0	75.60	209.0
45.0	85.05	236.0
50.0	94.50	260.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.1 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานอลูมิเนียมออกไซด์

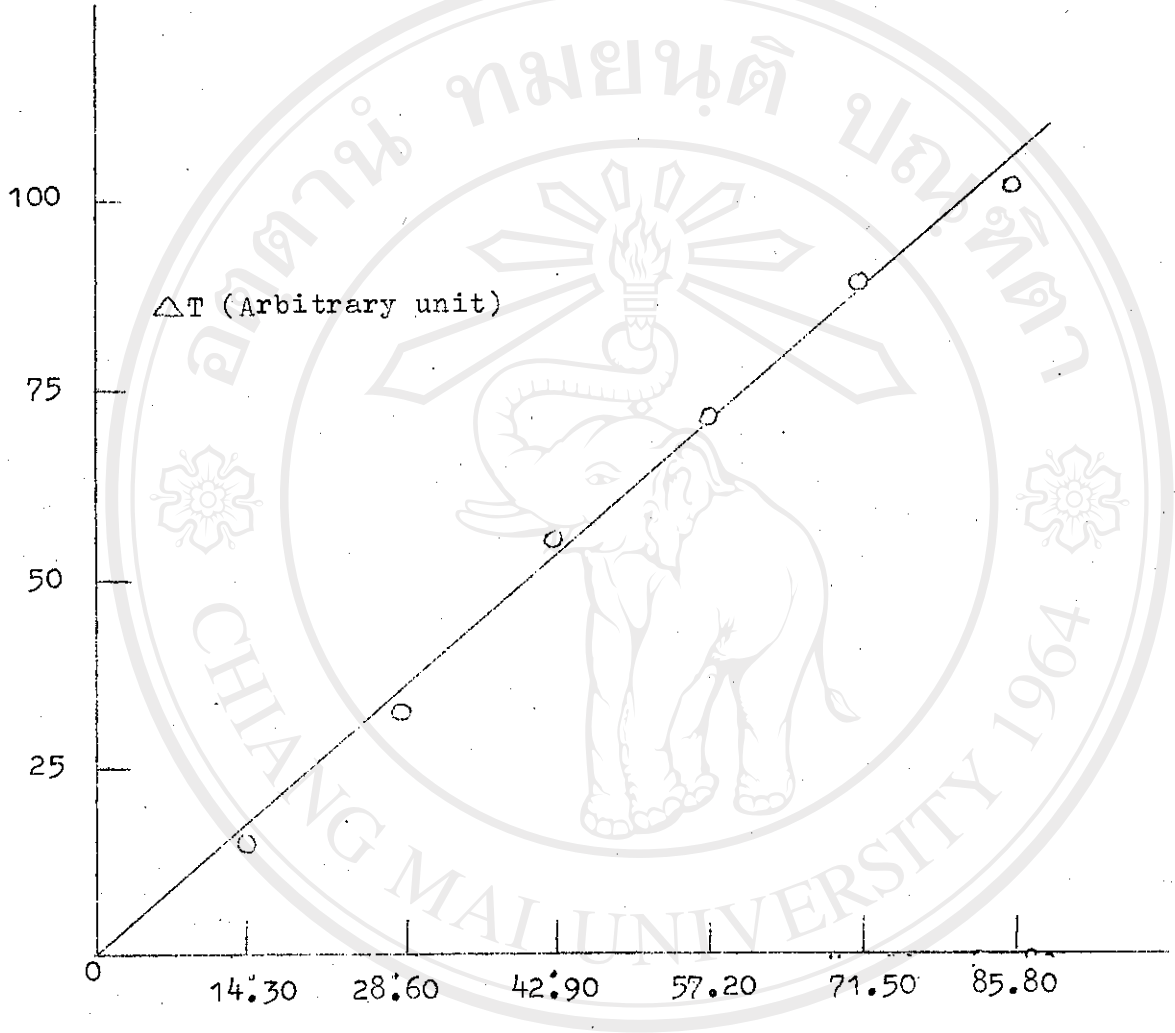
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8.2.2 ผลการสร้าง calibration curve ของสารละลายมาตรฐานของเหล็กดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า △T (arbitrary unit) ของสารละลายมาตรฐานเหล็กที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ sensitivity ของ recorder 10 มิลลิโวลท์ chart speed 10 นาทีต่อรอบ

ปริมาณของสารละลายมาตรฐานเหล็ก (มิลลิกรัม)	ปริมาณของสารละลายมาตรฐานเฟอร์ริกออกไซด์(มิลลิกรัม)	△T(arbitrary unit)เฉลี่ย
10.0	14.30	14.0
20.0	28.60	32.0
30.0	42.90	55.0
40.0	57.20	71.5
50.0	71.50	89.5
60.0	85.80	101.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานเฟอร์ริกออกไซด์

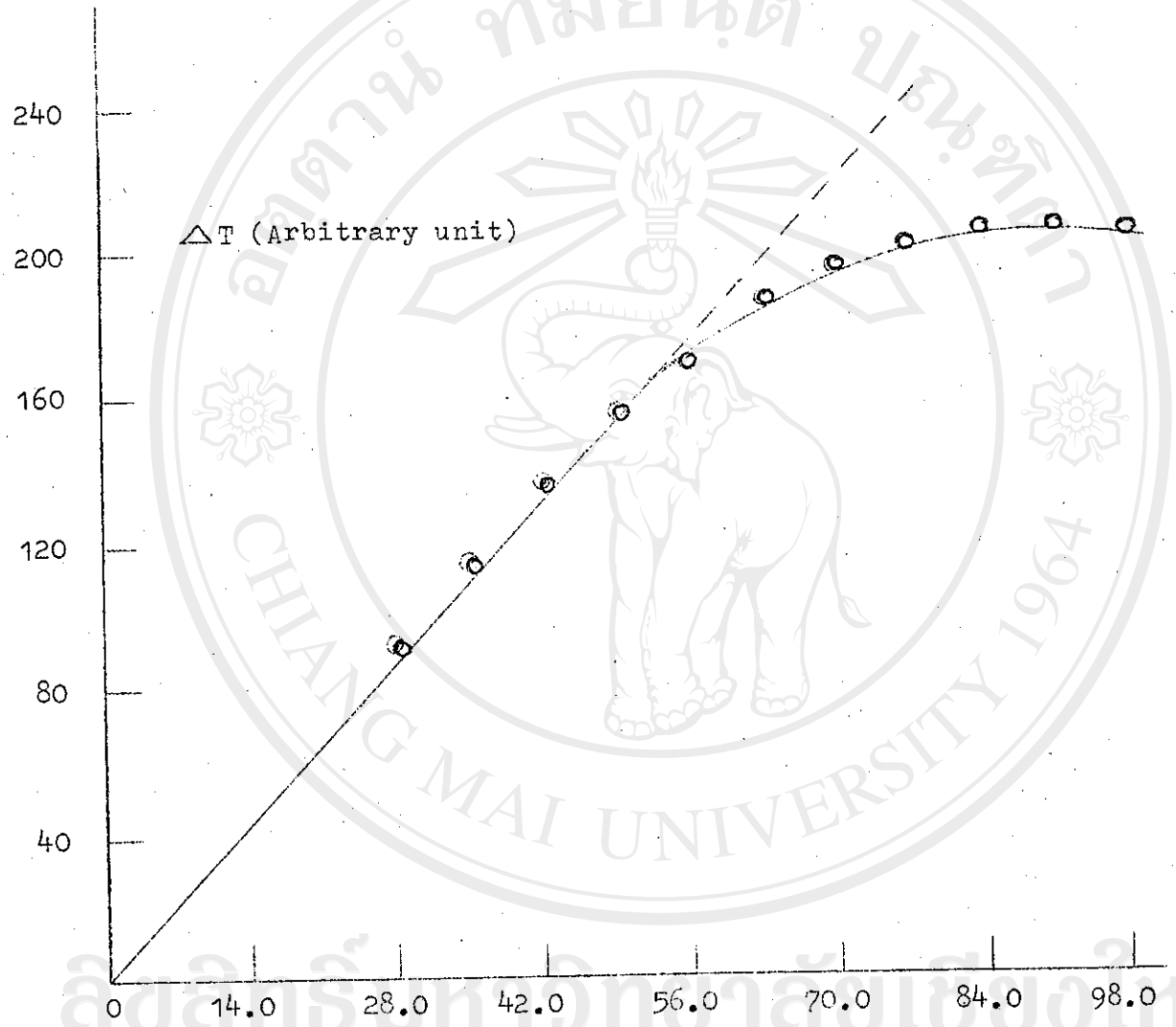
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8.2.3 ผลการสร้าง calibration curve ของสารละลายมาตรฐานคัลเซียมดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า △T (arbitrary unit) ของสารละลายมาตรฐานคัลเซียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ sensitivity ของ recorder 10 มิลลิโวลท์ chart speed 10 นิ้วต่อนาที

ปริมาณของสารละลายมาตรฐานคัลเซียม (มิลลิกรัม)	ปริมาณของสารละลายมาตรฐานคัลเซียมออกไซด์ (มิลลิกรัม)	△T (arbitrary unit) เฉลี่ย
20.0	28.00	92.0
25.0	35.00	115.0
30.0	42.00	137.0
35.0	49.00	156.5
40.0	56.00	169.0
45.0	63.00	186.5
50.0	70.00	194.0
55.0	77.00	201.0
60.0	84.00	205.0
65.0	91.00	206.0
70.0	98.00	205.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.3 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานคัดเซียมออกไซด์

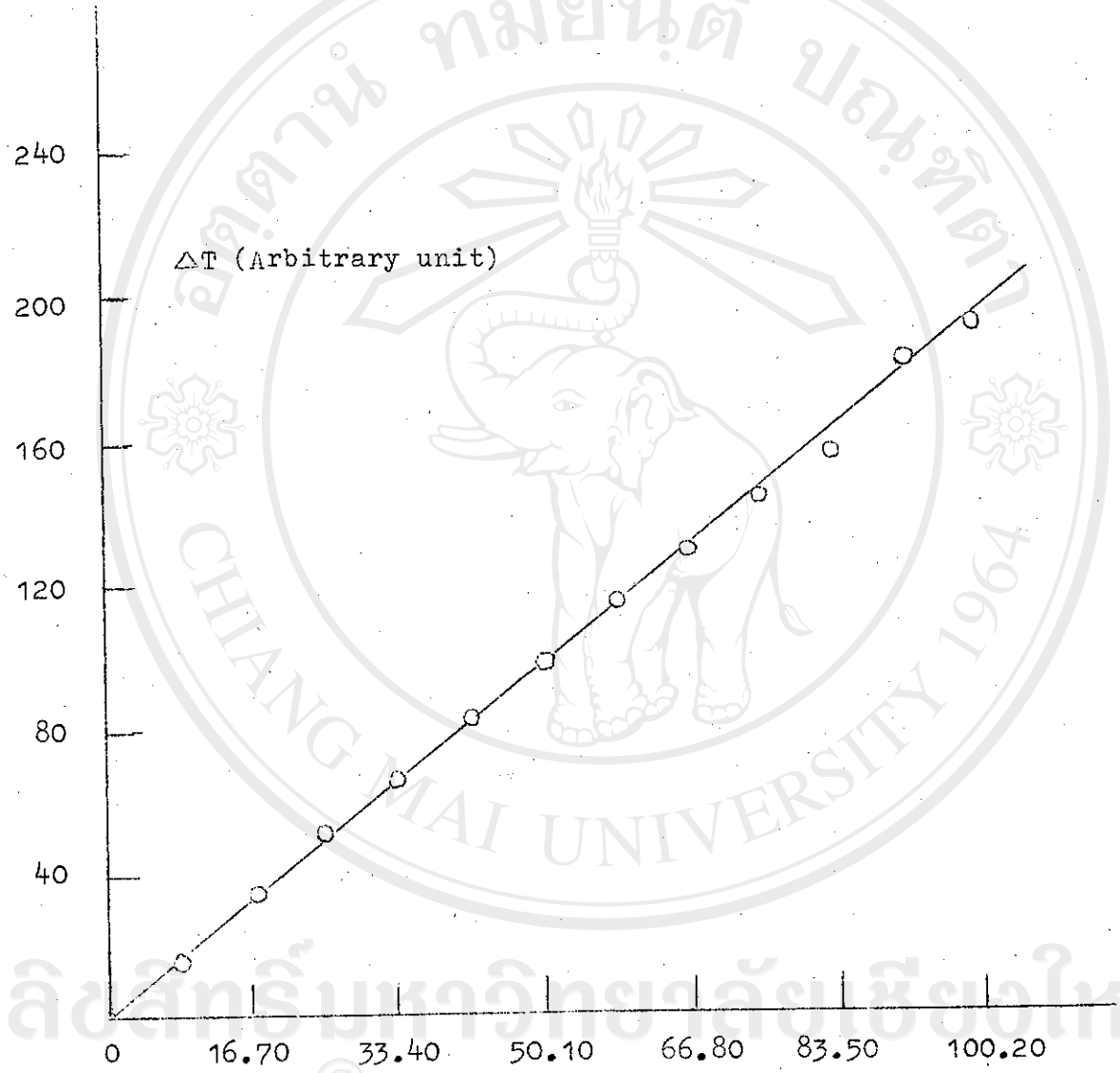
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8.2.4 <u>การสร้าง calibration curve ของสารละลายมาตรฐานมักนีเซียม</u> ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4

<u>ตารางที่ 4.5</u> แสดงค่า $\triangle$T (arbitrary unit) ของสารละลายมาตรฐานมักนีเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ sensitivity ของ recorder 10 มิลลิโวลท์ chart speed 10 วินาทีต่อรอบ

ปริมาณของสาร ละลายมาตรฐานมักนีเซียม(มิลลิกรัม)	ปริมาณของสาร ละลายมาตรฐานมักนีเซียมออกไซด์(มิลลิกรัม)	$\triangle$T(arbitrary unit)เฉลี่ย
5.0	8.35	15.0
10.0	16.70	33.0
15.0	25.05	50.5
20.0	33.40	65.5
25.0	41.75	81.5
30.0	50.10	98.5
35.0	58.45	115.5
40.0	66.80	128.5
45.0	75.15	143.5
50.0	83.50	156.5
55.0	91.70	181.0
60.0	100.20	191.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานมักนีเซียมออกไซด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์, เฟอร์ริกออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์และมักนีเซียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาวโดยวิธี Enthalpimetric Titration

4.8.3.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว

จากผลการทดลองในข้อ 4.5.1 วัด ΔT(arbitrary unit) แล้วหาความเข้มข้นของอลูมิเนียมออกไซด์จาก calibration curve ในรูปที่ 4.1 ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว โดยวิธี Enthalpimetric Titration

สารตัวอย่าง	ΔT(arbitrary unit)เฉลี่ย	ปริมาณของอลูมิเนียมออกไซด์ (มิลลิกรัม)
ปูนซีเมนต์	40.0	14.17
ดินขาวลำปาง	74.0	26.46
ดินขาวอุตรดิตถ์	92.0	33.07

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว โดยวิธี Gravimetric และ Enthalpimetric Titration

สารตัวอย่าง	% Al_2O_3	
	Gravimetric method	Enthalpimetric method
ปูนซีเมนต์	5.09	5.90
ดินขาวลำปาง	38.83	41.34
ดินขาวอุตรดิตถ์	30.33	33.07

4.8.3.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์-ดินขาว

จากผลการทดลองในข้อ 4.5.2 วัด ΔT (arbitrary unit) แล้วหาความเข้มข้นของเฟอร์ริกออกไซด์จาก calibration curve ในรูปที่ 4.2 ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์ ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว โดยวิธี Enthalpimetric Titration

สารตัวอย่าง	ΔT(arbitrary unit)เฉลี่ย	ปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์(มิลลิกรัม)
ปูนซีเมนต์	10.0	7.15
ดินขาวลำปาง	-3.0	-
ดินขาวอุตรดิตถ์	5.0	3.57

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาวโดยวิธี Gravimetric และ Enthalpimetric Titration

สารตัวอย่าง	% Fe_2O_3	
	Gravimetric method	Enthalpimetric method
ปูนซีเมนต์	3.20	2.98
ดินขาวลำปาง	0.23	-
ดินขาวอุตรดิตถ์	1.99	1.49

4.8.3.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคัลเซียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว

จากผลการทดลองในข้อ 4.5.3 วัด ΔT(arbitrary unit) แล้วหาความเข้มข้นของคัลเซียมออกไซด์จาก calibration curve ในรูปที่ 4.3 ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคัลเซียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว โดยวิธี Enthalpimetric Titration

สารตัวอย่าง	ΔT (arbitrary unit) เฉลี่ย	ปริมาณของคัลเซียมออกไซด์(มิลลิกรัม)
ปูนซีเมนต์	204.0	84.0
ดินขาวลำปาง	5.0	1.4
ดินขาวอุตรดิตถ์	7.0	2.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว โดยวิธี Gravimetric และ Enthalpimetric Titration

สารตัวอย่าง	% CaO	
	Gravimetric method	Enthalpimetric method
ปูนซีเมนต์	50.83	52.50
ดินขาวลำปาง	0.91	0.87
ดินขาวอุตรดิตถ์	0.95	1.75

4.8.3.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว

จากผลการทดลองในข้อ 4.5.4 วัด $\triangle T$ (arbitrary unit) แล้วหาความเข้มข้นของแมกนีเซียมออกไซด์จาก calibration curve ในรูปที่ 4.4 ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว โดยวิธี Enthalpimetric Titration

สารตัวอย่าง	$\triangle T$ (arbitrary unit) เฉลี่ย	ปริมาณของแมกนีเซียมออกไซด์(มิลลิกรัม)
ปูนซีเมนต์	15.0	8.35
ดินขาวลำปาง	4.0	1.67
ดินขาวอุตรดิตถ์	6.0	2.50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์และดินขาว โดยวิธี Gravimetric และ Enthalpimetric Titration

สารตัวอย่าง	% MgO	
	Gravimetric method	Enthalpimetric method
ปูนซีเมนต์	3.04	3.47
ดินขาวลำปาง	0.72	0.69
ดินขาวอุตรดิตถ์	0.94	1.04

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved