

เอกสารอ้างอิง



1. Nelson, W. L., Petroleum Refinery Engineering, pp. 215-222, McGraw Hill Book Co., New York, 8th ed., 1987.
2. ภาวิณี ฒนาสวัสดิ์, อินทรีย์เคมีพื้นฐานเล่ม 2, หน้า 91-92, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2522.
3. สมศักดิ์ หอมกลิ่นแก้ว และสุวันชัย นิติศราวุฒิ, "โรงกลั่นน้ำมันผาง," รายงานการฝึกงาน ภาคฤดูร้อนระดับปริญญาตรี, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.
4. Mayer, E., Petroleum Sulfonates and Microcrystalline Waxes, pp.193-213, Chemical Pub. Co., New York, 2nd ed., 1968.
5. Bennett, H., Industry Waxes, pp.3-26, Chemical Pub. Co., New York, 2nd ed., 1975.
6. Sybil, P. P., Encyclopedia of Science and Technology, pp.1094-1101, McGraw Hill Co., New York, 5th ed., 1982.
7. Warth, A. H., The Chemistry and Technology of Waxes, pp 377-418, Reiahold Pub.Co., New York, 2nd ed., 1956.
8. Goldsmith, J. N., Thorpe's Dictionary of Applied Chemistry, vol 9, pp.404-408, Longman Co., London, 4th ed., 1949.
9. Hobson, G. D., Modern Petroleum Technology, pp.1025-1028, John Willy & Sons, New York, 5th ed., 1984.
10. Chichakhi, M. and F. W. Jessen, "Crystal Morhology in Hydrocarbon Systems," Industrial and Engineering Chemistry, 59(5), 86-98, 1967.
11. Edward, R. T., "Crystal Habit of Paraffin Wax," Industrial and Engineering Chemistry, 4(4), 750-757, 1957.
12. Rhodes, F. H., C. W. Mason and W. R. Sutton, "Crystallization of Paraffin Wax," Industrial and Engineering Chemistry, 19(8), 935-938, 1927.
13. Ferris, S. W. and M. C. Cowles, "Crystal Behavior of Paraffin Wax," Industrial and Engineering Chemistry, 37(11), 1054-1062, 1954.

14. Clarke, E. W., "Crystal Types of Pure Hydrocarbons in the Paraffin Wax Range," Industrial and Engineering Chemistry, 43(11), 2526-2535, 1951.
15. Phillips, J., "Refine Wax for Suitable Properties," Petroleum Refiner, 38(9), 193-198, 1959.
16. Brooks, K. W., "Wax Technology Face Some Change," The Oil and Gas Journal, 58(35), 89-90, 1960.
17. Hitchcox, H. F. and G. A. Weisgerber, "Petroleum Wax Quality and Uses," Petroleum & Chemical Process, Exxon Research and Engineering Company, 1969.
18. Hobson, G. D., Modern Petroleum Technology, pp.1032-1041, John Willy & Sons, New York, 5th ed., 1982.
19. Marple, Jr. S. and L. J. Laudry, "Advance in Petroleum Chemistry and Refining, Vol.10, pp.192-214, John Willy & Sons, New York, 1964.
20. Theodore, H. W., "Solvent Dewaxing with Methyl Tertiary Butyl Ether," U.S. Pat. 4, 444, 648, Mar 8, 1982.
21. Padgett, F. W., The Science of Petroleum, Vol.3, pp.1953-1961, Oxford University Press, 1938.
22. Fischer, W., "Try this New Way to Get Oil-Free Wax," Petroleum Refiner, 36(9), 236-238, 1957.
23. Gudelis, D. A., J. F. Eagen and J. D. Bushnell, "New Route to Butter Wax," Hydrocarbon Processing, 141-146, 1973.
24. Helion Etal, Y. N. H., "Process for Deoiling Slack Wax," U.S. Pat. 3, 509, 039, Apr.28, 1970.
25. Coulson, J. M. and J. F. Richardson, Chemical Engineering, Vol.2, pp.48-104, Pergamon Press, Oxford, 1968.
26. Shirato, M., Recent Progress in Filtration and Expression, Nagoya University, Japan, pp.1-20, 1986.
27. Tiller, F. M. and K. S. Cheng, "Delay Cake Filtration," Filtration

- & Separation, Jan/Feb, 13-18, 1977.
28. Shirato, M., Murase, T., Jritani, E. and Pradistsuwana, C., Recent Development in Thin-Cake Filtration, 4th APCCHE '87 Singapore, pp.489-494, 1987.
 29. Tiller, F. M., "Characteristic of Stage Delayed-Cake Filter," Filtration & Separation, May/June, 204-206, 1978.
 30. Baghenov, Yn. M. and Donchenks, N. A., "Production of Paraffin by Deoiling-Containing Paraffin in a Atomized State," cited in Chemical Abstract, 61, 14442d, 1949.
 31. Helion, R., Hugue, C. and Rouit, C., "Solvent Deoiling of Paraffin Wax," Fr. Patent 1,518,794 , Jan.31,1967.
 32. Kumar, Y., Balakrishman, M. and Gulati, I. B., "Solvent Deoiling of Slack Wax by the Sweating Technique," Indian J.Tech., 17(4), 125-130, 1979.
 33. Sokolova, S.P., Leonidov, A.N., Perenerzev, A.N. and Martirosov, R. A., "Application of Mixture of methyl ethyl Ketone-methyl isobutyl Ketone in the Deoiling of Paraffin," Neftepererab Neftekhim, 7, 15-17, 1982.
 34. สรวาสดา ลิ้มมงคล, การสกัดสารไฮโดรคาร์บอนด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว, วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัย สาขาวิชาปิโตรเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
 35. อภิชาติ ศิริทัศนกุล, การตกผลึกโซลารพินในน้ำมันไลต์คิสทิลเลทจากโรงกลั่นฝาง, วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัย สาขาวิชาปิโตรเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
 36. Sullivan, F. W. Jr., McGill, W. L., and French, A., "Solubility of Paraffin Wax in Oil," Industrial and Engineering Chemistry, 19(9), 1042-1045, 1929.
 37. Goldsmith, J. N., Thorpe's Dictionary of Applied Chemistry, Vol.9, pp.410-411, Longman, London, 4th ed., 1949.
 38. Hunter, T. G., The Science of Petroleum, Vol.3, pp.1905-1992, Oxford University Press, 1938.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก



วิธีการหาคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมัน

ก.1 การหาจุดไหลเท (pour point) ของน้ำมันปิโตรเลียม (ASTM D97)

วัตถุประสงค์ เพื่อหาจุดไหลเทของน้ำมัน

ขอบเขต

วิธีนี้ใช้ทดสอบน้ำมันปิโตรเลียมได้ทุกชนิด

คำจำกัดความ

จุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันไหลได้ เมื่อถูกทำให้เย็นลงโดยไม่มีการรบกวนภายใต้สภาวะที่กำหนดไว้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดทดสอบ
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. จุกคอร์ก
4. ปลาย
5. แผ่นรอง
6. แหวนรอง
7. อ่างควบคุมอุณหภูมิ

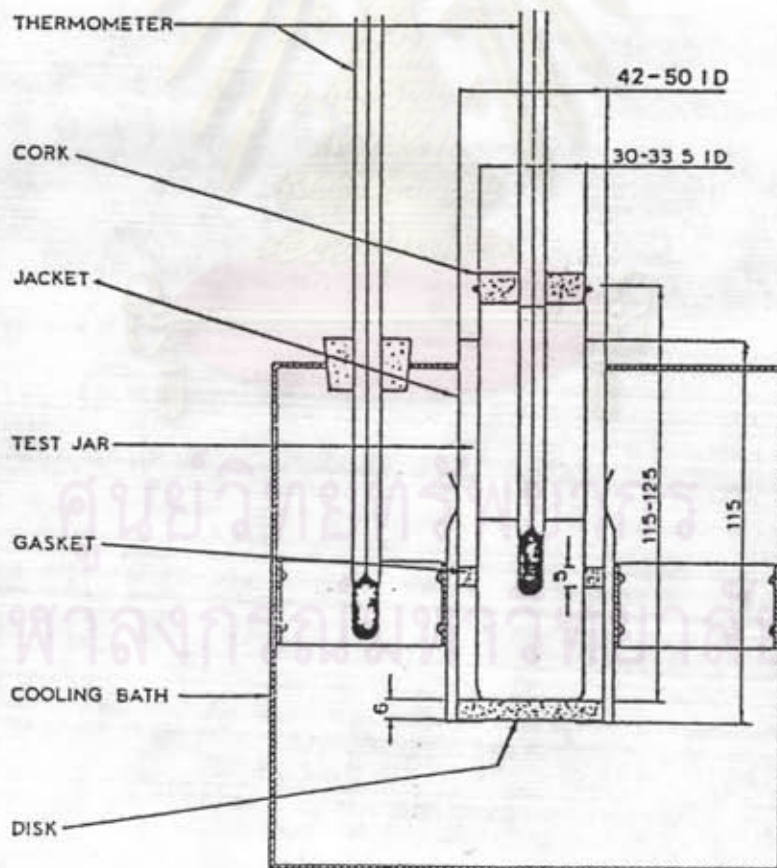
วิธีการทดลอง

1. เทน้ำมันตัวอย่างลงในหลอดทดสอบให้มีความสูงเท่ากับขีดระดับที่กำหนดไว้ ถ้าจำเป็นก็อุ่นน้ำมันตัวอย่างในอ่างน้ำร้อน เพื่อให้สามารถเทลงในหลอดทดสอบได้
2. ปิดหลอดทดสอบให้แน่นด้วยจุกคอร์ก เสียบเทอร์โมมิเตอร์ลงในแนวตั้งที่กึ่งกลางของหลอดทดสอบ โดยให้กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงในน้ำมันตัวอย่าง ให้ส่วนเริ่มต้น capillary อยู่ใต้ผิวน้ำมันตัวอย่าง 1/8 นิ้ว
3. อุ่นน้ำมันตัวอย่างโดยไม่กวนในอ่างน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 °ซ จนอุณหภูมิของน้ำมันตัวอย่างถึง 46 °ซ แล้วนำออกมาทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 32 °ซ ในอากาศหรือในน้ำเย็นซึ่งมีอุณหภูมิ 25 °ซ แล้ววางไว้ในปลาย
4. วางแผ่นรองลงในส่วนล่างของปลายและสวมแหวนรองเข้ากับหลอดทดสอบโดยให้สูงจากแผ่นรอง 1 นิ้ว แผ่นรอง แหวนรอง และ ผิวน้ำในของปลายต้องแห้งและสะอาดก่อนทำการทดสอบ
5. หลังจากน้ำมันตัวอย่างถูกทำให้เย็นลงจนเริ่มเกิดผลึกไข ให้ระมัดระวังอย่ารบกวนน้ำมันตัวอย่างและระวังอย่าให้เทอร์โมมิเตอร์เกิดการขยับ เพราะจะทำให้ได้ค่าต่ำกว่าค่าจริง



6. รักษาอุณหภูมิของอ่างควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 0°C ปิดปลอกซึ่งประกอบด้วยหลอดทดสอบให้แน่นและอยู่ในแนวดิ่งในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยให้ขอบบนของปลอกอยู่สูงกว่าตัวกลางในอ่างควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 1 นิ้ว

7. เริ่มทดสอบจุดไหลเทที่อุณหภูมิ -6°C ก่อนจะถึงจุดไหลเทที่คาดไว้และทดสอบขณะที่อุณหภูมิลดลงทุก ๆ 3°C โดยค่อย ๆ หยิบหลอดทดสอบออกจากปลอกอย่างระมัดระวังแล้วเอียงหลอดทดสอบเล็กน้อย (การหยิบหลอดทดสอบขึ้นมาและวางกลับลงในปลอกไม่ควรใช้เวลาไม่เกิน 3 วินาที) ถ้าน้ำมันตัวอย่างยังคงไหลได้ให้วางหลอดทดสอบลงในปลอก อ่างควบคุมอุณหภูมิดังเดิม ถ้าน้ำมันตัวอย่างไม่ไหลขณะเอียงหลอดทดสอบ ให้ถือหลอดทดสอบในแนวราบนาน 5 วินาที อ่านค่าอุณหภูมินี้ไว้ ค่าจุดไหลเทคืออุณหภูมิที่มากกว่าจุดแข็งตัว (solid point) 3°C ค่าที่ได้ คือ จุดไหลเท



รูป ก.1 เครื่องมือวัดจุดไหลเทของน้ำมัน

ก.2 ความถ่วงจำเพาะ API (API gravity) ASTM D-287

วัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ API ของน้ำมัน
ขอบเขต

วิธีนี้ เป็นวิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ API โดยใช้
ไฮโดรมิเตอร์ ที่ทำด้วยแก้ว (ในสูญญากาศ) ของน้ำมันดิบและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมต่าง ๆ ซึ่งอยู่ใน
รูปของของเหลว และมีค่า RVP ไม่เกิน 26 ปอนด์

คำจำกัดความ

ความถ่วงจำเพาะ API สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\text{API gravity, deg.} = \frac{141.5}{\text{SP. gr. @ } 60^\circ\text{F}} - 131.5$$

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. ไฮโดรมิเตอร์
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. ภาชนะใส่น้ำมัน มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก
ของไฮโดรมิเตอร์ไม่ต่ำกว่า 25 มม. และมีความสูงมากกว่าไฮโดรมิเตอร์ส่วนที่จมอยู่ใต้ผิวน้ำ
ของน้ำมันตัวอย่างไม่น้อยกว่า 25 มม.

วิธีการทดลอง

1. ปรับอุณหภูมิของน้ำมันให้สอดคล้องตามต้องการ ภาชนะใส่น้ำมันและเทอร์โมมิเตอร์
ควรมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันตัวอย่างก่อนลงมือทำการทดสอบ
2. เทน้ำมันตัวอย่างลงในไฮโดรมิเตอร์ที่สะอาดอย่างช้า ๆ สม่ำเสมอ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยง
การเกิดฟองอากาศ และเพื่อที่จะลดอัตราการระเหยของน้ำมันตัวอย่างที่มีสารระเหยได้อยู่
สำหรับน้ำมันที่มีสารระเหยได้อยู่มากให้เทลงในภาชนะใส่น้ำมันโดยการผัน (siphon) แล้วแยก
เอาฟองอากาศออกจากผิวน้ำของน้ำมันตัวอย่าง โดยใช้กระดาษกรองที่สะอาดซับฟองออกก่อน
วางไฮโดรมิเตอร์ วางภาชนะใส่น้ำมันซึ่งบรรจุน้ำมันตัวอย่างในแนวตั้ง ณ ตำแหน่งที่ไม่มีกระแส
ลม และพยายามรักษาอุณหภูมิของน้ำมันตัวอย่างให้คงที่ระหว่างทำการทดสอบและอุณหภูมิของ
ตัวกลางที่ล้อมรอบอยู่เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 3 °C
3. วางไฮโดรมิเตอร์ลงในน้ำมันตัวอย่างอย่างเบา ๆ ให้ลอยอยู่อย่างอิสระไม่สัมผัส
กับผนังข้าง ๆ ของภาชนะใส่น้ำมัน เมื่อไฮโดรมิเตอร์อยู่ที่ระดับคงที่แล้วให้กดลงไปอีก 2 ช่อง
แล้วปล่อย โดยต้องระวังให้ก้านของไฮโดรมิเตอร์ส่วนที่เหลือแห้ง เพราะถ้าไม่แห้งจะทำให้

ค่าที่อ่านได้ผิดพลาดไปเนื่องจากน้ำหนักส่วนเกินที่เกาะอยู่บนก้าน แล้วปล่อยให้ไว้ให้ไฮโครมิเตอร์
เข้าสู่สมดุล คือ หยุดนิ่งไม่เกิดการเคลื่อนที่ต่อไปเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันตัวอย่างคงที่ในช่วง 1°C
ให้อ่านค่าบนไฮโครมิเตอร์ตรงตำแหน่งที่ผิวหน้าของน้ำมันตัวอย่างตัดกับสเกล



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.3 การหาความหนืดคิเนมาติก (Kinematic viscosity)

วัตถุประสงค์ เพื่อหาความหนืดคิเนมาติกของน้ำมัน และไซฟาราฟินในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง ๆ
ทฤษฎี

ความหนืดของของเหลว คือ การวัดแรงต้านในการไหลของของเหลว
คุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมทุกชนิด ความหนืดจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และจะ
ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ความหนืด เป็นคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของของเหลวทุกชนิด ความหนืดสามารถ
แสดงได้เป็นหน่วยโดยไม่ต้องขึ้นกับวิธีหรือเครื่องมือที่ใช้หาความหนืดที่แท้จริงคือ absolute
viscosity ความหนืดสามารถแสดงได้หลายทาง โดยขึ้นอยู่กับวิธีหรือเครื่องมือ และวิธีที่
ใช้หาความหนืดนี้ เรียกว่า Conventional viscosities

ในกิจการน้ำมันปิโตรเลียม เครื่องมือหาความหนืดตั้งแต่เริ่มกิจการกลั่นน้ำมัน
ปิโตรเลียม ก็มีเช่น Redwood, saybolt และEngler ในปัจจุบันนี้ได้วิวัฒนาการทำให้หาได้
ละเอียดยิ่งขึ้น โดยใช้ Capillary viscometer แต่ถึงอย่างไรก็ตามความเหมาะสมนั้นขึ้น
อยู่กับคุณสมบัติของชนิดของน้ำมันในที่นี้จะกล่าวถึงแต่เพียง Capillary viscometer เท่านั้น

การหาความหนืดคิเนมาติกของน้ำมัน โดยการจับเวลาที่ใช้ในการไหลของ
น้ำมันที่รูปปริมาตรแน่นอน ผ่าน Capillary viscometer ที่ปรับแต่งไว้แล้ว ภายใต้อุณหภูมิที่
กำหนด จากค่าความหนืดคิเนมาติกที่ได้ สามารถนำไปคำนวณหาค่า dynamic viscosity โดย
คูณด้วยความหนาแน่นของน้ำมัน

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. Saybolt viscometer (U-tubes)
2. viscometer holder สำหรับจับ U-tube ให้แช่อยู่ในอ่างน้ำมัน (oil bath) ในแนวดิ่ง
3. viscometer thermostat and bath คือ อ่างน้ำมันและเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

4. เทอร์โมมิเตอร์

5. นาฬิกาจับเวลา

วิธีการทดลอง

1. ควบคุมอุณหภูมิของอ่างน้ำมันให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ
2. เลือกใช้ U-tube ให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำมัน (ท่อ capillary กว้าง

สำหรับน้ำมันหนักมากและท่อแคบสำหรับน้ำมันหนักน้อย) เวลาที่ใช้ในการไหลของน้ำมันผ่าน U-tube ควรไม่น้อยกว่า 200 วินาที

3. นำน้ำมันตัวอย่างที่จะทดสอบมาให้ความร้อนอุณหภูมิประมาณ 50°C คนด้วยแท่งแก้วคนจนกระทั่งน้ำมันเป็นเนื้อเดียวกัน (โซอาจเกิดการแข็งตัวอยู่ที่ก้นภาชนะ) ถ่ายตัวอย่าง 100 มล. ปิดด้วยจุกนำไปจุ่มในอ่างน้ำเดือดประมาณ 30 นาทีเขย่าให้เข้ากัน

4. กรอกน้ำมันผ่านกรวยแก้วเล็กลงใน U-tube แล้วนำไปแช่ใน oil bath โดยยึดติดกับขาตั้งในแนวตั้งเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำมันใน U-tube คงที่เท่ากับอุณหภูมิควบคุม

5. ปริมาณน้ำมันใน U-tube ให้มีปริมาตรตามที่กำหนด

6. จับเวลาที่น้ำมันไหลผ่าน capillary จากขีดบนถึงขีดล่างเป็นวินาที

7. คำนวณหาความหนืดคิเนมาติกซึ่งเท่ากับ c_t

เมื่อ $c =$ ค่าคงที่ของ U-tube สำหรับแต่ละหลอด หน่วยเป็นเซ็นติสโตกส์ (cst)

8. สารมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบหาค่าคงที่ c ในที่นี้คือน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.4 การหาปริมาณไซในน้ำมัน (x wax)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ชุดอุปกรณ์การกรองแบบสุญญากาศ
2. น้ำแข็งและเกลือ
3. น้ำมัน
4. diethyl ether และ ethyl alcohol ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

วิธีการทดลอง

1. ผสมน้ำมันหนัก 5 กรัม กับส่วนผสมของ diethyl ether และ ethyl alcohol ในปริมาณที่น้ำมัน 5 กรัมจะละลายได้หมด
2. นำสารละลายไปแช่ในห้องแช่แข็ง เพื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำจนถึง -18°C
3. นำสารละลายมากรองแยกน้ำมันออกจากไซในชุดอุปกรณ์การกรองแบบสุญญากาศ
4. ไซที่ได้จากการกรองไปอบไล่ตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 105°C นาน 15 นาที
5. นำไซที่อบแห้งแล้วใส่ใน desiccator เพื่อไล่ความชื้นประมาณ 10 นาที
6. ชั่งน้ำหนักไซที่ได้
7. คำนวณหาปริมาณโดยร้อยละของไซในน้ำมัน

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณร้อยละไซในน้ำมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไซที่ได้}}{\text{น้ำหนักน้ำมัน เริ่มต้น}} \times 100$$

ศูนย์วิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก.5 การหาจุดหลอมเหลวของไซปิโตรเลียม (cooling curve)

วัตถุประสงค์ เพื่อหาจุดหลอมเหลวของไซพาราฟิน

ขอบเขต

วิธีนี้เป็นวิธีการหาจุดหลอมเหลวของไซปิโตรเลียม (petroleum wax) แต่ไม่เหมาะสำหรับไซปิโตรลาตัม (petrolatum) หรือไซที่ผสมกับไซพาราฟินหรือสเกล (scale)

คำจำกัดความ

จุดหลอมเหลวของไซปิโตรลาตัม (เส้นโค้งการเย็นตัว, cooling curve) คือ อุณหภูมิที่ไซมีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเป็นครั้งแรก เมื่อมีการเย็นตัวภายใต้สภาวะที่กำหนด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เทอร์โมมิเตอร์
2. หลอดทดลอง
3. ป्लอก (air bath)
4. อ่างน้ำ (water bath)

วิธีการทดลอง

1. วางปลอกของหลอดทดลองลงในอ่างน้ำที่มีน้ำอยู่ในระดับต่ำกว่าขอบบนประมาณ 13 มม. และมีอุณหภูมิในช่วง $16-28^{\circ}\text{C}$ ตลอดการทดลอง
2. อุ่นไซให้ร้อนในอ่างน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวที่คาดคะเนไว้ไม่เกิน 20°C จนมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวประมาณ 8°C ห้ามอุ่นไซด้วยเปลวไฟหรือเตาโดยตรง
3. เทสารตัวอย่างเหลวลงในหลอดทดลองสูง 51 มม. เสียบเทอร์โมมิเตอร์ลงในหลอดทดลองให้ห่างจากก้นหลอด 8.5 มม. แล้ววางหลอดทดลองลงในปลอกซึ่งขณะนั้นสารตัวอย่างเหลวยังคงมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลว 8°C
4. อ่านอุณหภูมิของสารตัวอย่างทุก 15 วินาที (ความละเอียด 0.05°C) การทดลองจะสมบูรณ์เมื่อ
 - 4.1 อุณหภูมิ 5 จุด มีค่าต่างกันน้อยกว่า 0.1°C หรือ
 - 4.2 หลังจากอ่านอุณหภูมิเริ่มลดลงภายใน 3 นาที มีผลต่างน้อยกว่า 0.1°C

ก.6 การหาความหนาแน่นของไซ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดวัดความหนาแน่น
2. ของเหลวที่ทราบความหนาแน่น (เอทิลแอลกอฮอล์)
3. ไซ

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักขวดวัดความหนาแน่น (w_1)
2. ตักไซใส่ขวดวัดความหนาแน่นจำนวนหนึ่งแล้วชั่งน้ำหนักขวดและไซ (w_2)
3. ใส่ของเหลวที่ทราบความหนาแน่น (เอทิลแอลกอฮอล์) แล้วชั่งน้ำหนักของขวดไซ

และของเหลว (w_3)

4. คำนวณหาความหนาแน่นของไซ

การคำนวณ

1. คำนวณปริมาตรของของเหลว

$$\text{ปริมาตรของเหลว} = \frac{w_3 - w_1}{\text{ความหนาแน่นของของเหลว}} \quad \text{หน่วยเป็น ซม}^3$$

2. คำนวณปริมาตรของไซ

$$\text{ปริมาตรของไซ} = \text{ปริมาตรของขวดวัดความหนาแน่น} - \text{ปริมาตรของของเหลว}$$

3. คำนวณความหนาแน่นของไซ

$$\text{ความหนาแน่นของไซ} = \frac{w_2 - w_1}{\text{ปริมาตรของไซ}} \quad \text{หน่วยเป็น กรัมต่อซม}^3$$

ภาคผนวก ข

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

ข.1 โทลูอีน (Toluene)

- Physical properties

Boiling point (°C)	111
Flash point (°F)	40
Flammable limit % by vol. in air	
Lower	1.2
Upper	7.1
Evaporation rate (Ether = 1)	4.5
Specific gravity @ 75°F	0.9
Vapor volume (cu.ft)	31
Threshold limit values	
TWA	100 ppm
STEL	150 ppm

ข.2 เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol , ETOH)

- Physical properties of 95 % ethyl alcohol

Acidity as acetic acid	0.0025 g/100 ml max
Color , Pt-Co scale	10 max
Distillation range at 760 mm Hg	77-88 °C
Non-volatile matter	Not more than 0.0025 g when 100 ml are evaporated and heated to constant weight at 100 °C to 110 °C
	Permanganate time



Reducing substances	at 30 min At least 25 min Permanganate time at 15°C
Relative evaporation rate , n-Butyl Acetate = 100	230
Specific gravity at 15.56 (60/60 °F)	0.8160
Weight per gallon at 20 °C	6.76 lb

๓.3 ไดเอทิล อีเทอร์ (diethyl ether)

- Typical Properties and Specification

Apparent ignition temperature in air	190 °C
Boiling point at 760 mm	34.5 °C
Coefficient of expansion	0.00164 per 1 °C
Constant-boiling mixture (% by wt.)	
Diethyl ether 99% , Carbon disulfide 1.0 %	B.P.at 760 mmHg 34.5 °C
Diethyl ether 44.5% , Methyl formate 55.5%	B.P.at 760 mmHg 28.2 °C
Diethyl ether 98.9% , Water 1.1%	B.P.at 760 mmHg 34.1 °C
Electrical conductivity at 25 °C	4×10^{-9} recip. ohm
Explosive limits	2.34-6.15 %
Flash point	- 40 °F
Freezing point	- 116.2 °C
Heat of combustion	651 cal/mol
Refractive index at 17 °C	1.3542
Specific gravity at 20/20 °C	0.7146
Specific heat at 30 °C	0.5476 cal/g
Surface tension at 20 °C	17.0 dyn/cm ²

Solubility in water at 20 °C	6.9 % by wt
Solubility of water in solvent at 20 °C	1.3 % by wt
Viscosity at 20 °C	0.00233 poise
Vapor pressure at 20 °C	442.0 mmHg
Weight per gallon at 20 °C	5.95 lb
Weight per gallon at 17 °C	5.3542 lb
Acidity as acetic	0.02% by wt max

๗.4 คุณสมบัติทางกายภาพของเมทิลเอทิลคีโตน (methyl ethyl ketone , MEK)

Azeotropic mixtures

	% by wt		% by wt	B.P.(°C)
MEK	37.5	Benzene	62.5	78.4
	73.0	Tert-butyl alc.	27.0	77.5
	84.7	Carbon disulfide	15.3	45.8
	29.0	Carbon tetrachloride	71.0	73.5
	40.0	1,3-Cyclohexadiene	60.0	73.0
	40.0	Cyclohexane	60.0	72.0
	12.0	Ethyl acetate	82.0	77.0
	60.0	Ethyl alcohol	40.0	74.8
	20.0	Ethyl sulfide	80.0	77.5
	70.0	Isopropyl alcohol	30.0	77.5
	52.0	Methyl propionate	48.0	79.3
	55.0	Propyl formate	45.0	79.5
	75.0	Propyl mercaptan	25.0	55.5
	45.0	Thiophene	55.0	76.0

- Typical properties and specification of MEK

Boiling point at 760 mmHg 79.6 °C

Coefficient of expansion	0.00076 per °F
Electrical conductivity	1.0×10^{-7} ohm at 25 °C
Explosive limits	1.97 % - 10.2 %
Flash point (Tag closed cup)	25 °F
Freezing point	- 86.4 °C
Heat of combustion	582 cal/mol
Latent heat of vaporization at 20 °C	106 cal/g
Refractive index , N 20/D	1.3788
Solubility of water at 20/20 °C	23.4 % by wt
Specific heat	0.55 cal/g
Surface tension	
- 0 °C	26.9 dyn/cm ²
- 20 °C	24.6 dyn/cm ²
- 40 °C	22.3 dyn/cm ²
- 75 °C	18.4 dyn/cm ²
Viscosity at 15 °C	0.00423 poise
Weight per gallon at 20 °C	6.72 lb
Acidity (as acetic)	0.0025 by wt (max)
Distillation range (ASTM)	

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ค.1 การนำเข้าโซฟาราคิน

ตารางที่ ค.1 ปริมาณการนำเข้าโซฟาราคิน

ปี	ปริมาณ 1000 กก.	มูลค่า (CIF) 1000 บาท	ราคาต่อหน่วย บาท/กก.
2518	6,205	29,278	4.72
2519	7,179	33,429	4.66
2520	8,839	61,923	7.01
2521	8,800	74,540	8.47
2522	10,326	112,745	10.92
2523	6,984	115,997	16.61
2524	9,576	153,067	15.98
2525	7,447	96,508	12.96
2526	9,162	110,039	12.01
2527	8,310	105,697	12.72
2528	4,656	70,398	15.12
(มค.-พค.)			

ที่มา: เอกสารการนำเข้าและส่งออกสินค้า, กรมศุลกากร, 2528

ค.2 ปริมาณไซในน้ำมันดิบแหล่งต่างๆทั่วโลก

ตารางที่ ค.2 แสดงปริมาณไซในน้ำมันดิบแหล่งต่างๆทั่วโลก

Crude oil-	A.P.I.	===== Max Percent ===== Kind	===== Max Percent ===== Kind
Argentina:			
Plaza Huincul	35.8	2.9	(A)
Assam!	33.8	110.7	(A)
Austria:			
Gosting	18.6	0.2	(C)
Baumgarten	26.0	2.82	(C)
Urmansau	25.8	1.26	(C)
Bahrain#	32.9	#2.0	(A)
Burma	36.6-38.0	14.8-16.0	(C)
Burma!	38.0	.8.0	(C)
Czechoslovakia:			
Bohuslavice	49.1	2.3	(C)
Egbell	19.8	zero	(C)
Hodonin	18.7	zero	(C)
Mikovd	46.3	3.6	(C)
Turzovka	36.7	7.9	(C)
Egypt:			
Gemsh	39.6	4.94	(C)
Hurghada	21.5-24.5	7.0-8.0	(C)
Iran:!			
Maidan-i-Naftum	37.6	4.5	(C)
Iraq:			
Kirkuk	36.2	1.95	(A)
Mexico:			
Alamo	32.1	1.7	(A)
Altamira	12.01	0.35	(A)
Belem	47.16	2.00	(A)
Cacalilao	12.01	0.28	(A)
Cerro Viejo	22.6	3.32	(A)
Corcovado	11.7	0.25	(A)
El Plan (waxy)	32.3	2.60	(A)
El Plan	23.0	0.57	(A)
Filisola	21.6	0.74	(A)
Furbero	26.9	2.3	(A)
Juan Casiano	20.8	2.20	(A)
Los Naranjos	21.1	3.87	(A)
Mecatepeo	25.4	2.49	(A)
Panuco	11.7	0.58	(A)
Potrero	21.1	4.10	(A)
Poza Rica	30.6	3.88	(A)
Salinas	12.4	0.82	(A)
San Diego	17.9	3.16	(A)
San Pedro	49.2	3.40	(A)
Sarlat	39.2	0.03	(A)
Tanhuijo	15.6	0.77	(A)
Teapa	40.6	2.7	(A)
Tecuanapa	32.1	1.20	(A)
Tierra Amarilla	22.0	2.65	(A)
Tonala	27.1	0.77	(A)
Tonala (waxy)	29.1	2.20	(A)
Topila	14.5	0.60	(A)

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)



Crude oil-	A.P.I.	PERCENT	KIND
Zacamixtle	20.5	2.28	(A)
Romania:			
Arbanari	39.0-41.0	6.0-6.5	(C)
Bustenari	33.0-39.0	under 1.0	(C)
Campina	29.3-39.0	0-5.0	(C)
Carpeni	39.0-47.8	4.0-5.0	(C)
Captura	31.1-35.0	4.5-8.0	(C)
Cervenia	39.0-43.2	6.0-6.5	(C)
Filipesti	29.3-35.0	6.0-6.5	(C)
Mionesti	29.3-35.0	5.0-5.7	(C)
Moreni	35.0-45.4	3.0-6.5	(C)
Ochiuri	24.0-33.0	zero	(C)
Ochiuri	33.0-39.0	2.0-10.0	(C)
Solont-Stabesti	33.0-41.0	3.0-5.0	(C)
Tintea	24.0-39.0	0-2.0	(C)
Zemes	29.3-31.1	4.0-6.0	(C)
Russia:			
Balakhany, light	27.8-32.3	0.8	(D)
Balakhany, heavy	20.7-24.0	0.4	(D)
Bibi-Eibat, light	29.7-35.6	0.4-0.8	(D)
Bibi-Eibat, heavy	25.7-28.2	0.8	(D)
Binagady	21.2-24.6	0.3	(D)
Chusov	16.8	1.2	(D)
Dossor, 2nd layer	26.3-29.7	0.12-0.13	(D)
Dossor, 3rd layer	25.9-32.7	0.13-0.26	(D)
Grosny	29.3-35.6	0.1-0.74	(D)
Grosny (waxy)	34.9-37.4	3.46-4.77	(D)
Kala	29.1-30.8	1.3-1.8	(D)
Kara-Chukur	34.8-35.5	3.6-5.6	(D)
Kim	33.6	2.5	(D)
Koschagil	32.3-33.6	0.73-1.18	(D)
Lok-Batan, light	31.7-33.6	0.4-0.7	(D)
Lok-Batan, heavy	31.1-24.4	0.55-0.9	(D)
Malkop	38.9	0.5	(D)
Makat	25.5-31.3	0.4-0.64	(D)
Malgobek	21.2	1.67	(D)
Nebitdag	27.8	0.53	(D)
Okha, 3rd layer	20.3	0.03	(D)
Okha, 7rd layer	22.5	0.69	(D)
Okha, 11-12th layer	31.0	1.13	(D)
Romany	23.6-33.8	0.12-0.20	(D)
Shorsu	30.6	3.0	(D)
South Iskine	43.6	1.75	(D)
Sterlitamak	29.3-31.0	1.38-1.53	(D)
Surakhany, upper	30.6-31.6	2.4	(D)
Surakhany, lower	24.6	0.4	(D)
Ukhta	31.0	2.08	(D)
Yoznesensk, light	24.9-25.7	2.03	(D)
Yoznesensk, heavy	19.5-22.3	1.15-1.19	(D)
Saudi Arabia:#			
Abqaiq "C" Zone	27.0	#1.0	(C)
Abqaiq "D" Zone	27.0	#1.7-3.1	(C)
Abu Hadriya	35.0	#3.6	(C)
Damman	35.0	#2.0-3.8	(C)
Qatif "C" Zone	30.0	#3.1	(C)
Qatif "C" Zone	36.0	#2.5	(C)
Syrian, heavy	10.4	1.2	(C)
Syrian, bitumen	3.4	1.4	(C)
Turkey:			
Pulk River	38.7	1.0-2.0	(C)

* Dunstan et al., Science of Petroleum, Vol. 11, Oxford Univ. Press, London 1938 except when noted with a (!) or a (#).

! Sachanon, A.N., The Chemical Constituents of Petroleum, p. 286, Reinhold Publ. Corp., New York, 1945.

Dunstan et al., Science of Petroleum, Vol. V, Part 1, Oxford Univ. Press, London 1950.

(A) Total wax. (B) Microcrystalline. (C) Paraffin wax. (D) Paraffin with destruction.

ภาคผนวก ง

ผลการทดลอง

ตารางที่ ง.1 ผลของความหนืดของน้ำมันและไซบริลูทรี กับอุณหภูมิ
 สภาวะการทดลอง จุดไหลเทน้ำมัน(1) -7 °ซ
 จุดไหลเทน้ำมัน(2) 16 °ซ
 จุดหลอมเหลวไซ 56 °ซ

อุณหภูมิ (°ซ)	ความหนืดน้ำมัน(1) (cst)	ความหนืดน้ำมัน(2) (cst)	ความหนืดไซบริลูทรี (cst)
20	48.66	-	-
30	29.18	-	-
40	20.15	-	-
50	13.97	107.31	-
60	9.42	65.56	-
70	6.61	46.40	4.60
80	4.90	29.57	3.56
90	3.47	20.54	3.02

ศูนย์วิทยาศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 ผลของการละลายไซในตัวทำละลาย MEK กับอุณหภูมิ

ร้อยละของไซในของผสม	ปริมาณไซต่อตัวทำละลาย MEK (กรัมต่อ 100 กรัม)	อุณหภูมิของการละลายเฉลี่ย (°ซ)
0.06	0.06	11.00
0.12	0.12	15.25
0.36	0.36	22.85
0.61	0.61	25.60
1.07	1.08	28.75
3.03	3.12	36.35
4.98	5.25	39.00
7.20	7.76	40.50
10.00	11.11	41.50
21.54	27.45	42.65
30.00	42.86	43.25
40.00	66.67	44.00
50.02	100.08	45.00
59.98	149.88	45.75
69.99	233.11	47.25
80.05	401.25	48.50
89.99	899.00	49.75
94.98	1892.03	51.50
100.00		52.80

อุณหภูมิ > 42 °ซ จะได้สมการการละลายเป็น $c = 1.0086 \times 10^{-7} \exp(0.456T)$

อุณหภูมิ < 42 °ซ จะได้สมการการละลายเป็น $c = 0.00906 \exp(0.166T)$

เมื่อ c = ปริมาณของไซต่อตัวทำละลาย MEK (กรัมต่อ 100 กรัม)

T = อุณหภูมิของการละลายของไซ (°ซ)



ตารางที่ ง.3 ผลของการตกผลึกไซที่อุณหภูมิ -10 ถึง 40 °ซ
อัตราส่วนไซต่อตัวทำละลาย MEK = 1:2
ไซเริ่มต้น 250 กรัม (ไซเริ่มต้นมีปริมาณน้ำมัน 20.15%)

อุณหภูมิตกผลึก (°ซ)	ไซตกผลึก (กรัม)	ไซตกผลึกสะสม (กรัม)	ร้อยละไซตกผลึก	ร้อยละไซตกผลึกสะสม
40	69.6	69.60	37.27	34.87
35	67.47	137.07	33.80	68.67
30	34.07	170.14	17.07	85.24
25	9.05	180.19	4.53	90.27
20	8.03	188.22	4.02	94.29
10	7.76	195.98	3.89	98.17
0	2.59	198.57	1.50	99.47
-10	1.02	199.59	0.51	99.98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 ผลของไซต่อตัวทำละลาย MEK
 สภาวะการทดลอง ปริมาณไซเริ่มต้น 10-50%
 อุณหภูมิการตกผลึกและกรองที่ 20, 25, 30 °ซ

Temp. °C	WAX in INITIAL MIXTURE (%)	FILTRATE (%)			WAX CAKE (%)		
		MEK	WAX	OIL	MEK	WAX	OIL
20	10	96.36	1.28	2.36	71.25	26.48	2.27
	20	94.03	3.09	3.86	62.35	34.20	3.45
	30	90.51	3.25	6.14	52.48	42.54	4.88
	40	85.38	5.30	9.32	40.48	53.84	5.68
	50	81.56	5.80	12.64	33.11	59.48	7.41
25	10	95.75	2.25	2.00	73.95	24.16	1.89
	20	92.40	3.50	4.10	62.53	34.95	3.02
	30	88.97	4.88	6.16	54.56	39.54	5.90
	40	79.19	8.98	11.83	45.61	46.90	7.49
	50	74.62	9.61	15.77	37.58	53.72	8.70
30	10	94.88	2.68	2.44	44.56	23.57	1.87
	20	89.90	6.37	3.73	61.82	35.46	2.72
	30	85.41	8.44	6.15	49.73	45.10	5.17
	40	79.43	10.95	9.62	40.72	53.78	5.50
	50	71.51	15.33	13.16	33.65	58.87	7.48

ตารางที่ ง.5 ผลของอัตราส่วนไซต่อตัวทำละลาย MEK กับการขจัดน้ำมัน

สภาวะการทดลอง	อุณหภูมิการละลาย	50 °ซ
	อุณหภูมิการตกผลึกและการกรอง	25 °ซ
	อัตราการลดอุณหภูมิในการตกผลึก	5 °ซ
	ความดันการกรองเฉลี่ย	50 มม.ปรอท
การทดลองได้ผลิตภัณฑ์	1. เค้ก	2. filtrate

1. เค้ก: ประกอบด้วยผลึกไซ น้ำมัน และตัวทำละลาย โดยมีปริมาณผลึกไซอยู่สูง

ไซ/ตัวทำละลายMEK	1:4	1:6	1:8	1:10
ไซเริ่มต้น (กรัม)	80.00	57.14	44.44	36.36
ไซผลิตน้ำมัน (กรัม)	57.53	35.18	26.33	20.80
*น้ำมันในไซ	6.64	5.20	3.44	3.08
น้ำมันเก็บไซในfiltrate(กรัม)	21.47	20.83	15.84	14.56
*ไซในน้ำมัน	49.40	53.85	54.46	54.80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. Filtrate :ประกอบด้วยตัวทำละลาย น้ำมัน ในปริมาณสูง มีโซลละลายอยู่ต่ำ ซึ่งปริมาณ filtrate กับเวลา แสดงดังตาราง

เวลา (นาที)	ปริมาณ filtrate (ซม. ^๓)			
	1:4	1:6	1:8	1:10
1	175	190	195	210
2	275	320	322	350
3	269	350	365	390
4	280	362	380	408
5	288	370	390	416
6	295	375	395	421
7	300	379	399	425
8	303	382	402	427
9	304	385	-	428
10	305	387	407	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณ สมดุลมวลสารระหว่างการกรอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4

1) หาปริมาณของเหลวต่อผลึกไซก่อนเข้าเครื่องกรอง (y_0)

$$\text{ปริมาณของเหลว} = \text{ปริมาณตัวทำละลาย} + \text{ปริมาณไซที่ละลาย} + \text{ปริมาณน้ำมัน}$$

$$\text{ปริมาณตัวทำละลายเริ่มต้น} = 2488.89 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ปริมาณไซเริ่มต้น} = 311.11 \quad \text{กรัม}$$

จากปริมาณน้ำมันและไซในฟิลเตรท

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำมันละลายในตัวทำละลาย} \quad 2488.89 \text{ กรัม} &= 0.0242 \times 2488.89 / 0.9542 \quad \text{กรัม} \\ &= 63.12 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณไซละลายในตัวทำละลาย} \quad 2488.89 \text{ กรัม} &= 0.0217 \times 2488.89 / 0.9542 \quad \text{กรัม} \\ &= 56.60 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณของเหลว} = 2488.89 + 56.60 + 63.12 \quad \text{กรัม}$$

$$= 2608.61 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{และปริมาณไซตกผลึก} = 311.11 - 63.12 - 56.60 \quad \text{กรัม}$$

$$= 191.39 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ปริมาณของเหลวต่อปริมาณไซ} = 2608.61 / 191.39$$

$$= 13.63$$

2) หาปริมาณของเหลวต่อผลึกไซหลังกรอง (y_4)

$$\text{ปริมาณตัวทำละลายต่อไซ (โดยน้ำหนัก)} = 3.65$$

$$\text{ปริมาณไซ} = \text{ปริมาณไซ} - \text{ปริมาณน้ำมัน} \quad \text{กรัม}$$

$$= 1 - (1 \times 0.0954) \quad \text{กรัม}$$

$$= 0.9044 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ปริมาณของเหลว} = \text{ปริมาณตัวทำละลาย} - \text{ปริมาณน้ำมัน} \quad \text{กรัม}$$

$$= 3.65 + 0.0956 \quad \text{กรัม}$$

$$= 3.7456 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ปริมาณของเหลวต่อไซ} (y_4) = 3.7456 / 0.9044$$

$$= 4.14$$

3) หาอัตราการไหลของผลึกไซ

$$\text{อัตราการไหลของผลึกไซ} (G) = (69.05 / (3.65 + 1)) - (69.05 / (3.65 + 1)) \times 0.0956 \quad \text{กรัม/นาที}$$

$$= 14.85 - 104.2$$

$$= 13.43$$

กรัม/นาที

กรัม/นาที

4) หาอัตราการกรอง (QA)

$$\text{ความหนาของฟิลเตอร์} = 0.803$$

กรัม/ซม³

$$\text{อัตราการกรองเฉลี่ยของเฟลตที่ 1 (} Q_{1-2}A \text{)} = 82.57 \times 0.803$$

กรัม/นาที

$$= 66.30$$

กรัม/นาที

$$\text{อัตราการกรองเฉลี่ยของเฟลตที่ 2 (} Q_{3-4}A \text{)} = 73.29 \times 0.803$$

กรัม/นาที

$$= 58.85$$

กรัม/นาที

$$\text{อัตราการกรองเฉลี่ยรวม (} Q_{1-4}A \text{)} = 125.15$$

กรัม/นาที

สมคูลมวลสารการกรอง สมการที่

$$\text{สมคูลรอบเฟลต 1,2} \quad y_0 - y_4 = (Q_{1-4}A)/G$$

$$13.63 - 4.14 = (125.15/13.43)$$

$$9.49 = 9.31$$

$$\text{ความผิดพลาด} = 0.18$$

$$\text{สมคูลรอบเฟลต 1} \quad y_0 - y_2 = (Q_{1-2}A)/G$$

$$y_2 = y_0 - (Q_{1-2}A)/G$$

$$= 13.63 - (66.30/13.43)$$

$$= 8.69$$

$$\text{สมคูลรอบเฟลต 2} \quad y_2 - y_4 = (Q_{3-4}A)/G$$

$$y_2 = y_4 + (Q_{3-4}A)/G$$

$$= 4.14 + (58.85/13.43)$$

$$= 8.52$$

$$y_2 \text{ เฉลี่ย} = (8.19 + 8.52)/2$$

$$= 8.61$$



ประวัติผู้เขียน

นายประเสริฐ สายวัฒนาสุข เกิดเมื่อวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2504 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชา เคมี จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2526



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย