# รายการอ้างอิง

## ภาษาไทย


กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2543. มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน, กรุงเทพฯ.

จินตนา สายวรรณ์. 2544 การศึกษาการจำกัดโครเมียมออกจากน้ำทิ้งโรงงานชุบโครเมียมโดยใช้โพลีอิเลคโทรไลต์. รายงานฉบับสมบูรณ์ วิทยาลัยปิโตรเลียม และ ปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาฤทธิ์ นาถประทาน. 2546 แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบ 1 มิติสำหรับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมในชั้นน้ำใต้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พุทธิสาร ชัยพันธุ์. 2538. การบำบัดน้ำเสียโครเมียมจากโรงชุบโลหะด้วยวิธีแลกเปลี่ยนประจุไอออน.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพ็ญประภา คำป้อม. 2541. การกำจัดโครเมียมไอออนในน้ำเสียจากโรงงานฟอกหนัง โดยวิธีตกตะกอนด้วยขี้เถ้าลอย.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัญชลี จันทวรรณกูร. 2535. การจำกัดโครเมียมโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.


## ภาษาอังกฤษ


Akran H. M.and David R. Y. 1998. Modeling contaminant transport in groundwater: an optimized finite element method. Applied Mathematics and Computation (New York).V96 No.1 : 89-100.

Akratanakul S., Boersma L. and Klock G. O. 1983. Sorption Processes in soil as influenced by pore volume velocity: 2. Experiment results. Soil Science Society of America Journal,135: 331-341.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APHA, AWWA, and WEF (American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation), 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed., Washington, DC, USA.

ASTM (American Society for Testing and Materials). 1995. 1995 Annual Book of ASTM Standards, Section 11 Water and Environmental Technology. Volumes 11.01 Water (I), American Society for Testing and Materials, West Conshocken, PA, USA.

ASTM (American Society for Testing and Materials).1998. 1998 Annual book of ASTM standards. Section 04 Construction. Volume 04.08 Soil and Rock (I), American Society for Testing and Materials West Conshocken, PA, USA.

Carl, D. P and William F. 1992. Chemical Enhancements to Pump -and -Treat Remediation. EPA/540/S-92/001. Office of Solid Waste and Emergency Response. Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency.

Carl D. P. and Robert W. P. 1994. Natural Attenuation of Hexavalent Chromium in Groundwater and Soils. EPA154015-941505. Office of Solid Waste and Emergency Response. Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency.

Cohen R. M., Vincent A. H., Mercer J. W., Faust C. R., and Spalding C.P. 1994. Methods for Monitoring Pump-and-Treat Performance. EPA/600/R-94/123. R.S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK. : 102.

GeoTrans, Inc. 2002. Elements for Effective Management of Operating Pump and Treat Systems. GeoTrans, Inc. for the U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) underDynamac Contract No. 68-C-99-256, Subcontract No. 91517, Task AD02-105.Office of Solid Waste and Emergency Response. Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency. Joan E. M. and Bert E. B., 1992. Behavior of Metals in Soils. EPA/540/S-92/018, Office of Solid Waste and Emergency Response. Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency.

Khaodhiar S. 1997. Removal of Chromium, Copper and Arsenic from Contaminated Groundwater Using Iron-Oxide Composite Adsorbent. Ph. D.Thesis. Department of Civil Engineering. Oregon State University : Corvallis, OR.

Lawniczak L. S., Lecomte P. and Ehrhardt J. J. 2001. Behavior of Hexavalent Chromium in a polluted Groundwater: Redox Process and Immobilization in soils. Environment Science and Technology. 35 ,7: 1350-1357.

Leij F. J., Toride N. and. Van Genuchten M. Th., 1995. The CXTFIT Code for Estimating Transport Parameters from Laboratory or Field Tracer Experiments Version 2.1, Research Report No. 137, U. S. Salinity Laboratory, Agricultural, Research Service, U. S. Department of Agriculture, Riverside, California.

Lofroth G. and Ames B. N. 1978. Mutagencity of In Organic Compounds in *Samonella Typhimurium*: Arsenic, Chromium and Selenium. Mutation Research. 53: 65-66.

Maraqa M. A., Wallace R. B. and Voice T. C.1999. Effect of residence time and degree of water saturation on sorption nonequilibrium parameter. Journal of Contaminant Hydrology. 36:53-72.

Pang L., Close M., Schneider D. and Stanton G. 2002. Effect of pore water velocity on chemical non equiribrium transport of Cd, Zn, and Pb in alluvial gravel column. Journal of Contaminant Hydrology. 57: 241-258.

Philip B. B., Hanad S. R. and Charles J. N.1994. Groundwater Contaminant Transport and Remediation. Prentice - Hall, Inc.

Quagliano J. V. 1963. Chemistry. Prentice - Hall, Inc.

Stollenwork K. G. and Grove D. B.1985. Adsorption and desorption of hexavalent chromium in an alluvial aquifer near Telluride, Colorado. Journal Environment Quality. 4:150-155.

Suthersan S. S. 1999. Pump and Treat Systems in Remediation Engineering : Design Concepts Ed. Suthan S. Suthersan Boca Raton: CRC Press LLC.

U. S. Environmental Protection Agency. 1986. Test methods for evaluating solid waste: physical/chemical methods. SW-846. USEPA, Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington, D. C.

USDA-ARS. 1998. Standmod Program[Online]. , U.S. Department of Agriculture: U.S. Salinity Laboratory. Available from: http://www.ussl.ars.usda.gov/models/stanmod/stanmod.HTM[2003, Sep22]

Ward N. E.and Bassett R. L.1990. Adsorption of Hexavalent Chromium on Kaolinite and Illite.Trace Substances in Environment Health: Proceeding of University of Missouri's Annual Conference on Trace Substances in Environment Health, 24th Annual Conferrence on Trace Substances in Environment Health and the Annual Meeting of the Society for Environment Geochemistry and Health – SEGH, Cincinnati, OH, USA : 193-206.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ก.
# ผลการทดลองการดูดซับของโครเมตบนดินตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ผลการศึกษาถึงเวลาสัมผัสในการดูดซับของตัวอย่างดินตัวอย่าง ทีพีเอช 4 ค่ากำลังไอออน 0.01 M

| Time | Wt. of soil | vol. | Int.Conc C mg/L | Final conc. : Ce | x | Q=x/m | % การดูดซับ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| hr | g. | ml. | mg/L | mg/L | mg | mg/g | |
| 0 | 4 | 40 | 16.03 | 16.03 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 |
| 1 | 4 | 40 | 16.03 | 12.17 | 0.1544 | 0.0386 | 3.86 |
| 2 | 4 | 40 | 16.03 | 12.13 | 0.1560 | 0.0390 | 3.90 |
| 3 | 4 | 40 | 16.03 | 12.3 | 0.1492 | 0.0373 | 3.73 |
| 4 | 4 | 40 | 16.03 | 11.99 | 0.1616 | 0.0404 | 4.04 |
| 6 | 4 | 40 | 16.03 | 11.7 | 0.1732 | 0.0433 | 4.33 |
| 8 | 4 | 40 | 16.03 | 11.42 | 0.1844 | 0.0461 | 4.61 |
| 10 | 4 | 40 | 16.03 | 11.56 | 0.1788 | 0.0447 | 4.47 |
| 14 | 4 | 40 | 16.03 | 10.87 | 0.2064 | 0.0516 | 5.16 |
| 24 | 4 | 40 | 16.03 | 10.67 | 0.2144 | 0.0536 | 5.36 |
| 36 | 4 | 40 | 16.03 | 10.7 | 0.2132 | 0.0533 | 5.33 |
| 48 | 4 | 40 | 16.03 | 10.41 | 0.2248 | 0.0562 | 5.62 |
| 58 | 4 | 40 | 16.03 | 10.41 | 0.2248 | 0.0562 | 5.62 |
| 66 | 4 | 40 | 16.03 | 9.281 | 0.2700 | 0.0675 | 6.75 |
| 72 | 4 | 40 | 16.03 | 9.917 | 0.2445 | 0.0611 | 6.11 |
| 96 | 4 | 40 | 16.03 | 9.92 | 0.2444 | 0.0611 | 6.11 |
| 120 | 4 | 40 | 16.03 | 9.8 | 0.2492 | 0.0623 | 6.23 |

ตารางที่ ก.2 ผลการศึกษาถึงเวลาสัมผัสในการดูดซับของตัวอย่างดินตัวอย่าง ที่พีเอช 4 ค่ากำลังไอออน 1.0 M

| Time | Wt. of soil | vol. | Int.Conc C mg/L | Final conc. : Ce | x | Q=x/m | % การดูดซับ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| hr | g. | ml. | mg/L | mg/L | mg | mg/g | |
| 0 | 4 | 40 | 16.03 | 16.03 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 |
| 1 | 4 | 40 | 16.03 | 15.18 | 0.0340 | 0.0085 | 0.85 |
| 2 | 4 | 40 | 16.03 | 15.58 | 0.0180 | 0.0045 | 0.45 |
| 3 | 4 | 40 | 16.03 | 14.95 | 0.0432 | 0.0108 | 1.08 |
| 4 | 4 | 40 | 16.03 | 14.78 | 0.0500 | 0.0125 | 1.25 |
| 6 | 4 | 40 | 16.03 | 15.14 | 0.0356 | 0.0089 | 0.89 |
| 8 | 4 | 40 | 16.03 | 14.46 | 0.0628 | 0.0157 | 1.57 |
| 10 | 4 | 40 | 16.03 | 13.68 | 0.0940 | 0.0235 | 2.35 |
| 14 | 4 | 40 | 16.03 | 14.48 | 0.0620 | 0.0155 | 1.55 |
| 18 | 4 | 40 | 16.03 | 14.22 | 0.0724 | 0.0181 | 1.81 |
| 24 | 4 | 40 | 16.03 | 14.19 | 0.0736 | 0.0184 | 1.84 |
| 48 | 4 | 40 | 16.03 | 13.9 | 0.0852 | 0.0213 | 2.13 |
| 58 | 4 | 40 | 16.03 | 13.15 | 0.1152 | 0.0288 | 2.88 |
| 66 | 4 | 40 | 16.03 | 13.17 | 0.1144 | 0.0286 | 2.86 |
| 72 | 4 | 40 | 16.03 | 12.7 | 0.1332 | 0.0333 | 3.33 |
| 96 | 4 | 40 | 16.03 | 13.24 | 0.1116 | 0.0279 | 2.79 |
| 120 | 4 | 40 | 16.03 | 12.03 | 0.1600 | 0.0400 | 4.00 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินตัวอย่าง ที่พีเอช 4 ค่ากำลังไอออน 0.01 M เวลาสัมผัส 120 ชั่วโมงในการดูดซับโครเมตในสารละลายโครเมต 2, 5, 10, 15, 20 และ40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในดินตัวอย่าง 4 กรัม

| Wt. of soil | vol. | Int.Conc C | Final conc. : Ce | Ce -avg | x | Q=x/m | int. pH | Final pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g. | ml. | mg/L | mg/L | mg/L | mg | mg/g | | |
| 4 | 40 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 4.22 | 4.19 |
| 4 | 40 | 1.86 | 0.544 | 0.5880 | 0.0509 | 0.0127 | 4.22 | 4.19 |
| 4 | 40 | 1.86 | 0.632 | | | | 4.22 | 4.21 |
| 4 | 40 | 5.78 | 2.449 | 2.5197 | 0.1304 | 0.0326 | 4.22 | 4.20 |
| 4 | 40 | 5.78 | 2.289 | | | | 4.22 | 4.23 |
| 4 | 40 | 5.78 | 2.821 | | | | 4.22 | 4.20 |
| 4 | 40 | 11.15 | 6.421 | 6.2583 | 0.1957 | 0.0489 | 4.22 | 4.19 |
| 4 | 40 | 11.15 | 6.366 | | | | 4.22 | 4.22 |
| 4 | 40 | 11.15 | 5.988 | | | | 4.22 | 4.24 |
| 4 | 40 | 16.84 | 10.99 | 10.9300 | 0.2364 | 0.0591 | 4.22 | 4.22 |
| 4 | 40 | 16.84 | 10.87 | | | | 4.22 | 4.23 |
| 4 | 40 | 16.84 | 10.93 | | | | 4.22 | 4.22 |
| 4 | 40 | 20.84 | 14.4 | 14.3050 | 0.2614 | 0.0654 | 4.22 | 4.21 |
| 4 | 40 | 20.84 | 14.21 | | | | 4.22 | 4.21 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินตัวอย่าง ที่พีเอช 7 ค่ากำลังไอออน 0.01 M เวลาสัมผัส 120 ชั่วโมงในการดูดซับโครเมตในสารละลายโครเมต 2, 5, 10, 15, 20 และ40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในดินตัวอย่าง 4 กรัม

| Wt. of soil | vol. | Int.Conc C mg/L | Final conc. : Ce | Ce -average | x | Q=x/m | int. pH | Final pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g. | ml. | mg/L | mg/L | mg/L | mg | mg/g | | |
| 4 | 40 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 6.95 | 6.95 |
| 4 | 40 | 1.86 | 0.843 | 0.8330 | 0.0411 | 0.0103 | 6.95 | 6.83 |
| 4 | 40 | 1.86 | 0.829 | | | | 6.95 | 6.84 |
| 4 | 40 | 1.86 | 0.827 | | | | 6.95 | 6.82 |
| 4 | 40 | 5.76 | 3.389 | 3.4015 | 0.0943 | 0.0236 | 6.95 | 6.81 |
| 4 | 40 | 5.76 | 3.414 | | | | 6.95 | 6.83 |
| 4 | 40 | 11.34 | 7.685 | 7.9293 | 0.1364 | 0.0341 | 6.95 | 6.83 |
| 4 | 40 | 11.34 | 8.097 | | | | 6.95 | 6.86 |
| 4 | 40 | 11.34 | 8.006 | | | | 6.95 | 6.87 |
| 4 | 40 | 17.52 | 12.17 | 12.0933 | 0.2171 | 0.0543 | 6.95 | 6.87 |
| 4 | 40 | 17.52 | 12.23 | | | | 6.95 | 6.86 |
| 4 | 40 | 17.52 | 11.88 | | | | 6.95 | 6.85 |
| 4 | 40 | 22.98 | 17.96 | 17.7567 | 0.2089 | 0.0522 | 6.95 | 6.85 |
| 4 | 40 | 22.98 | 17.22 | | | | 6.95 | 6.84 |
| 4 | 40 | 22.98 | 18.09 | | | | 6.95 | 6.83 |

ตารางที่ ก.5 ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินตัวอย่าง ที่พีเอช 10 ค่ากำลังไอออน 0.01 M เวลาสัมผัส 120 ชั่วโมงในการดูดซับโครเมตในสารละลายโครเมต 2, 5, 10, 15, 20 และ40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในดินตัวอย่าง 4 กรัม

| Wt. of soil | vol. | Int.Conc C mg/L | Final conc. : Ce | Ce -average | x | Q=x/m | int. pH | Final pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g. | ml. | mg/L | mg/L | mg/L | mg | mg/g | | |
| 4 | 40 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 9.52 | 9.52 |
| 4 | 40 | 1.76 | 1.51 | 1.6217 | 0.0055 | 0.0014 | 9.52 | 9.22 |
| 4 | 40 | 1.76 | 1.439 | | | | 9.52 | 9.25 |
| 4 | 40 | 1.76 | 1.916 | | | | 9.52 | 9.21 |
| 4 | 40 | 5.35 | 4.589 | 4.6810 | 0.0268 | 0.0067 | 9.52 | 9.22 |
| 4 | 40 | 5.35 | 4.773 | | | | 9.52 | 9.23 |
| 4 | 40 | 10.96 | 10.05 | 10.0400 | 0.0368 | 0.0092 | 9.52 | 9.2 |
| 4 | 40 | 10.96 | 10.03 | | | | 9.52 | 9.21 |
| 4 | 40 | 15.94 | 14.74 | 14.8700 | 0.0428 | 0.0107 | 9.52 | 9.18 |
| 4 | 40 | 15.94 | 15 | | | | 9.52 | 9.19 |
| 4 | 40 | 22.45 | 21.3 | 21.2200 | 0.0492 | 0.0123 | 9.52 | 9.19 |
| 4 | 40 | 22.45 | 21.14 | | | | 9.52 | 9.19 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.6 ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินตัวอย่าง ที่พีเอช 4 ค่ากำลังไอออน 1.0 M เวลาสัมผัส 120 ชั่วโมงในการดูดซับโครเมตในสารละลายโครเมต 2, 5, 10, 15, 20 และ40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในดินตัวอย่าง 4 กรัม

| Wt. of soil | vol. | Int.Conc C mg/L | Final conc. : Ce | Ce -average | x | Q=x/m | int. pH | Final pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g. | ml. | mg/L | mg/L | mg/L | mg | mg/g | | |
| 4 | 40 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 4.02 | 4.01 |
| 4 | 40 | 1.91 | 0.631 | 0.6820 | 0.0491 | 0.0123 | 4.02 | 4.03 |
| 4 | 40 | 1.91 | 0.733 | | | | 4.02 | 4.02 |
| 4 | 40 | 5.54 | 2.338 | 2.4543 | 0.1234 | 0.0309 | 4.02 | 3.99 |
| 4 | 40 | 5.54 | 2.339 | | | | 4.02 | 4 |
| 4 | 40 | 5.54 | 2.686 | | | | 4.02 | 4.02 |
| 4 | 40 | 10.55 | 5.807 | 6.0903 | 0.1784 | 0.0446 | 4.02 | 4.03 |
| 4 | 40 | 10.55 | 6.07 | | | | 4.02 | 4.03 |
| 4 | 40 | 10.55 | 6.394 | | | | 4.02 | 4.01 |
| 4 | 40 | 15.62 | 10.25 | 10.6133 | 0.2003 | 0.0501 | 4.02 | 4.02 |
| 4 | 40 | 15.62 | 10.81 | | | | 4.02 | 4.02 |
| 4 | 40 | 15.62 | 10.78 | | | | 4.02 | 4.03 |
| 4 | 40 | 21.55 | 16.42 | 16.2100 | 0.2136 | 0.0534 | 4.02 | 4.03 |
| 4 | 40 | 21.55 | 16 | | | | 4.02 | 4.03 |
| 4 | 40 | 21.55 | 16.21 | | | | 4.02 | 4.03 |

ตารางที่ ก.7 ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินตัวอย่าง ที่พีเอช 7 ค่ากำลังไอออน 1.0 M เวลาสัมผัส 120 ชั่วโมงในการดูดซับโครเมตในสารละลายโครเมต 2, 5, 10, 15, 20 และ40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในดินตัวอย่าง 4 กรัม

| Wt. of soil | vol. | Int.Conc C mg/L | Final conc. : Ce | Ce -average | x | Q=x/m | int. pH | Final pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g. | ml. | mg/L | mg/L | mg/L | mg | mg/g | | |
| 4 | 40 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 6.92 | 6.52 |
| 4 | 40 | 1.86 | 1.24 | 1.2790 | 0.0232 | 0.0058 | 6.92 | 6.56 |
| 4 | 40 | 1.86 | 1.292 | | | | 6.92 | 6.58 |
| 4 | 40 | 1.86 | 1.305 | | | | 6.92 | 6.6 |
| 4 | 40 | 5.76 | 4.218 | 4.2130 | 0.0619 | 0.0155 | 6.92 | 6.56 |
| 4 | 40 | 5.76 | 4.314 | | | | 6.92 | 6.58 |
| 4 | 40 | 5.76 | 4.107 | | | | 6.92 | 6.58 |
| 4 | 40 | 11.34 | 9.228 | 9.3790 | 0.0784 | 0.0196 | 6.92 | 6.57 |
| 4 | 40 | 11.34 | 9.281 | | | | 6.92 | 6.56 |
| 4 | 40 | 11.34 | 9.628 | | | | 6.92 | 6.56 |
| 4 | 40 | 17.52 | 15.06 | 14.6550 | 0.1146 | 0.0287 | 6.92 | 6.6 |
| 4 | 40 | 17.52 | 14.25 | | | | 6.92 | 6.6 |
| 4 | 40 | 22.98 | 20.48 | 20.5400 | 0.0976 | 0.0244 | 6.92 | 6.59 |
| 4 | 40 | 22.98 | 20.48 | | | | 6.92 | 6.59 |
| 4 | 40 | 22.98 | 20.66 | | | | 6.92 | 6.59 |

ตารางที่ ก.8 ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินตัวอย่าง ที่พีเอช10 ค่ากำลังไอออน 1.0 M เวลาสัมผัส 120 ชั่วโมงในการดูดซับโครเมตในสารละลายโครเมต 2, 5, 10, 15, 20 และ40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในดินตัวอย่าง 4 กรัม

| Wt. of soil | vol. | Int.Conc C mg/L | Final conc. : Ce | Ce -average | x | Q=x/m | int. pH | Final pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| g. | ml. | mg/L | mg/L | mg/L | mg | mg/g | | |
| 4 | 40 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 9.61 | 9.61 |
| 4 | 40 | 1.76 | 1.47 | 1.4633 | 0.0119 | 0.0030 | 9.61 | 9.14 |
| 4 | 40 | 1.76 | 1.466 | | | | 9.61 | 9.17 |
| 4 | 40 | 1.76 | 1.454 | | | | 9.61 | 9.13 |
| 4 | 40 | 5.35 | 4.771 | 4.8060 | 0.0218 | 0.0054 | 9.61 | 9.14 |
| 4 | 40 | 5.35 | 4.868 | | | | 9.61 | 9.15 |
| 4 | 40 | 5.35 | 4.779 | | | | 9.61 | 9.12 |
| 4 | 40 | 10.96 | 10.305 | 10.2150 | 0.0298 | 0.0075 | 9.61 | 9.13 |
| 4 | 40 | 10.96 | 10.125 | | | | 9.61 | 9.14 |
| 4 | 40 | 15.94 | 15.024 | 15.5495 | 0.0366 | 0.0092 | 9.61 | 9.1 |
| 4 | 40 | 15.86 | 16.075 | | | | 9.61 | 9.11 |
| 4 | 40 | 22.45 | 21.49 | 21.4900 | 0.0384 | 0.0096 | 9.61 | 9.11 |
| 4 | 40 | 22.45 | 21.945 | | | | 9.61 | 9.13 |
| 4 | 40 | 22.45 | 21.035 | | | | 9.61 | 9.14 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ข.
# การหาค่าพารามิเตอร์ของการดูดซับ และความสามารถในการดูดซับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ข. 1 สมการไอโซเทอมการดูดซับของโครเมตและพารามิเตอร์ของการดูดซับของโครเมตด้วยตัวอย่างดินที่สภาวะต่าง ๆ**

| พีเอช | ความแรงไอออน | สมการไอโซเทอมของการดูดซับแบบแลงมัวร์ | a | b |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 0.01 โมล | $Q = \frac{0.02154C_e}{(1+0.2679C_e)}$ | 0.0804 | 0.2679 |
| 7 | 0.01 โมล | $Q = \frac{0.00991C_e}{(1+0.1253C_e)}$ | 0.0791 | 0.1253 |
| 10 | 0.01 โมล | $Q = \frac{0.00178C_e}{(1+0.1019C_e)}$ | 0.0175 | 0.1019 |
| 4 | 1.0 โมล | $Q = \frac{0.02455C_e}{(1+0.3947C_e)}$ | 0.0622 | 0.3947 |
| 7 | 1.0 โมล | $Q = \frac{0.00635C_e}{(1+0.1884C_e)}$ | 0.0337 | 0.1884 |
| 10 | 1.0 โมล | $Q = \frac{0.00242C_e}{(1+0.2142C_e)}$ | 0.0113 | 0.2142 |

โดยที่ Q ความสามารถในการดูดซับโครเมตของของตัวอย่างดิน (มิลลิกรัมโครเมตต่อกรัมดินตัวอย่าง)

Ce ความเข้มข้นของสารละลายโครเมตที่สภาะสมดุล (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ข. 2 ผลการศึกษาความสามารถของการดูดซับของโครเมตบนดินตัวอย่างโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ในการดูดซับของโครเมตบนดินตัวอย่าง ด้วยการแทนค่า Q และ Ce ในสมการไอโซเทอม และค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่พีเอช 4, 7 และ 10 ความแรงไอออน 0.01 โมล**

| Ce (mg/L) | Q (mg/g) pH 4 | Q (mg/g) pH 7 | Q (mg/g) pH 10 |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 1 | 0.01699 | 0.00881 | 0.00162 |
| 2 | 0.02805 | 0.01585 | 0.00296 |
| 3 | 0.03582 | 0.02161 | 0.00410 |
| 4 | 0.04159 | 0.02641 | 0.00507 |
| 5 | 0.04603 | 0.03047 | 0.00591 |
| 7 | 0.05244 | 0.03696 | 0.00729 |
| 9 | 0.05683 | 0.04192 | 0.00837 |
| 11 | 0.06003 | 0.04584 | 0.00925 |
| 13 | 0.06246 | 0.04901 | 0.00997 |
| 15 | 0.06438 | 0.05163 | 0.01058 |
| 18 | 0.06659 | 0.05480 | 0.01133 |
| 20 | 0.06775 | 0.05654 | 0.01174 |
| 25 | 0.06996 | 0.05996 | 0.01257 |

โดยที่ Q ความสามารถในการดูดซับโครเมตของของตัวอย่างดิน (มิลลิกรัมโครเมตต่อกรัมดินตัวอย่าง)

Ce ความเข้มข้นของสารละลายโครเมตที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัมต่อลิตร)

**ตารางที่ ข. 3 ผลการศึกษาความสามารถของการดูดซับของโครเมตบนดินตัวอย่างโดยใช้ค่าพารมิเตอร์ในการดูดซับของโครเมตบนดินตัวอย่าง ด้วยการแทนค่า Q และ Ce ในสมการไอโซเทอม และค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่พีเอช 4, 7 และ 10 ความแรงไอออน 1.0 โมล**

| Ce | Q (mg/g) | Q (mg/g) | Q (mg/g) |
|---|---|---|---|
| mg/L | pH 4 | pH 7 | pH 10 |
| 0 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 1 | 0.01760 | 0.00534 | 0.00199 |
| 2 | 0.02744 | 0.00922 | 0.00339 |
| 3 | 0.03372 | 0.01217 | 0.00442 |
| 4 | 0.03808 | 0.01448 | 0.00521 |
| 5 | 0.04128 | 0.01635 | 0.00584 |
| 7 | 0.04567 | 0.01917 | 0.00678 |
| 9 | 0.04854 | 0.02120 | 0.00744 |
| 11 | 0.05056 | 0.02273 | 0.00793 |
| 13 | 0.05206 | 0.02393 | 0.00831 |
| 15 | 0.05321 | 0.02489 | 0.00862 |
| 18 | 0.05453 | 0.02603 | 0.00897 |
| 20 | 0.05521 | 0.02663 | 0.00916 |
| 25 | 0.05648 | 0.02780 | 0.00952 |

โดยที่ Q ความสามารถในการดูดซับโครเมตของของตัวอย่างดิน (มิลลิกรัมโครเมตต่อกรัมดินตัวอย่าง)

Ce ความเข้มข้นของสารละลายโครเมตที่สภาะสมดุล (มิลลิกรัมต่อลิตร)

# ภาคผนวก ค.
# การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Dispersion Coefficient) ของตัวอย่างดินด้วยการทดลองแบบคอลัมน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ค.1 ผลการทดลองแบบคอลัมน์ในการใช้สารโบรไมด์เป็นสารตามรอย ของชุดการทดลองที่หนึ่ง**

| เวลา (ชั่วโมง) | Pore Volume | ความเข้มข้นโบรไมด์ 1 (mg/L) | C/C0 |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.000 | 0 |
| 1 | 0.485 | 3.554 | 0.0485 |
| 2 | 0.97 | 8.194 | 0.097 |
| 3 | 1.455 | 9.240 | 0.1455 |
| 4 | 1.94 | 9.277 | 0.194 |
| 5 | 2.425 | 7.533 | 0.2425 |
| 6 | 2.91 | 10.356 | 0.291 |
| 7 | 3.395 | 10.310 | 0.3395 |
| 8 | 3.88 | 8.576 | 0.388 |
| 9 | 4.365 | 9.949 | 0.4365 |
| 10 | 4.85 | 8.883 | 0.485 |
| 11 | 5.335 | 10.267 | 0.5335 |
| 12 | 5.82 | 6.639 | 0.582 |
| 13 | 6.305 | 2.554 | 0.6305 |
| 14 | 6.79 | 1.836 | 0.679 |
| 15 | 7.275 | 1.232 | 0.7275 |
| 16 | 7.76 | 0.003 | 0.776 |
| 17 | 8.245 | 0.638 | 0.8245 |
| 18 | 8.73 | 0.207 | 0.873 |
| 19 | 9.215 | 0.090 | 0.9215 |
| 20 | 9.7 | 0.000 | 0.97 |
| 21 | 10.185 | 0.000 | 1.0185 |
| 22 | 10.67 | 0.000 | 1.067 |

**ตารางที่ ค.2 ผลการทดลองแบบคอลัมน์ในการใช้สารโบรไมด์เป็นสารตามรอย ของชุดการทดลองที่เสอง**

| เวลา (ชั่วโมง) | Pore Volume | ความเข้มข้นโบรไมด์ 2 (mg/L) | C/C0 |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | 0.525 | 3.802 | 0.046 |
| 2 | 1.05 | 6.385 | 0.091 |
| 3 | 1.575 | 11.060 | 0.137 |
| 4 | 2.1 | 10.606 | 0.183 |
| 5 | 2.625 | 10.549 | 0.228 |
| 6 | 3.15 | 11.006 | 0.274 |
| 7 | 3.675 | 11.682 | 0.320 |
| 8 | 4.2 | 11.197 | 0.365 |
| 9 | 4.725 | 11.035 | 0.411 |
| 10 | 5.25 | 11.290 | 0.457 |
| 11 | 5.775 | 11.471 | 0.502 |
| 12 | 6.3 | 11.117 | 0.548 |
| 13 | 6.825 | 10.196 | 0.593 |
| 14 | 7.35 | 5.801 | 0.639 |
| 15 | 7.875 | 2.777 | 0.685 |
| 16 | 8.4 | 1.925 | 0.730 |
| 17 | 8.925 | 0.017 | 0.776 |
| 18 | 9.45 | 1.360 | 0.822 |
| 19 | 9.975 | 0.786 | 0.867 |
| 20 | 10.5 | 0.828 | 0.913 |
| 21 | 11.025 | 0.000 | 0.959 |
| 22 | 11.55 | 0.000 | 1.004 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ค.3 ข้อมูลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว** (Dispersion Coefficient) **ด้วยโปรแกรม** STANMOD/CFITIM **ของการทดลองคอลัมน์ที่หนึ่ง**

NON-LINEAR LEAST SQUARES ANALYSIS, FINAL RESULTS

==========

| | | | | | 95% CONFIDENCE LIMITS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VAR | NAME | VALUE | S.E.COEFF. | T-VALUE | LOWER | UPPER |
| 1 | Peclet | 11.63629 | 4.4196 | 2.63 | 2.3113 | 20.9613 |
| 2 | RetFac | 1.38269 | .0722 | 19.15 | 1.2304 | 1.5350 |

| -----ORDERED BY COMPUTER INPUT------ | | | | | --------ORDERED BY RESIDUALS------ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO | PORE VOLUME | CONCENTRATION OBS. | FITTED | RESI-DUAL | NO | PORE VOLUME | CONCENTRATION OBS. | FITTED | RESI-DUAL |
| 1 | .485 | .177 | .003 | .174 | 1 | .485 | .177 | .003 | .174 |
| 2 | .970 | .000 | .182 | -.182 | 16 | 9.215 | .064 | .011 | .053 |
| 3 | 1.455 | .355 | .545 | -.190 | 14 | 8.245 | .123 | .079 | .044 |
| 4 | 1.940 | .819 | .799 | .020 | 7 | 3.880 | 1.036 | .996 | .039 |
| 5 | 2.425 | .924 | .921 | .003 | 8 | 4.365 | 1.031 | .999 | .032 |
| 6 | 2.910 | .928 | .971 | -.043 | 10 | 6.305 | 1.027 | .997 | .030 |
| 7 | 3.880 | 1.036 | .996 | .039 | 4 | 1.940 | .819 | .799 | .020 |
| 8 | 4.365 | 1.031 | .999 | .032 | 17 | 9.700 | .021 | .004 | .017 |
| 9 | 5.335 | .995 | 1.000 | -.005 | 18 | 10.185 | .009 | .001 | .008 |
| 10 | 6.305 | 1.027 | .997 | .030 | 5 | 2.425 | .924 | .921 | .003 |
| 11 | 6.790 | .664 | .818 | -.154 | 19 | 10.670 | .000 | .000 | .000 |
| 12 | 7.275 | .255 | .455 | -.199 | 9 | 5.335 | .995 | 1.000 | -.005 |
| 13 | 7.760 | .184 | .201 | -.017 | 13 | 7.760 | .184 | .201 | -.017 |
| 14 | 8.245 | .123 | .079 | .044 | 15 | 8.730 | .000 | .029 | -.029 |
| 15 | 8.730 | .000 | .029 | -.029 | 6 | 2.910 | .928 | .971 | -.043 |
| 16 | 9.215 | .064 | .011 | .053 | 11 | 6.790 | .664 | .818 | -.154 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 9.700 | .021 | .004 | .017 | 2 | .970 | .000 | .182 | -.182 |
| 18 | 10.185 | .009 | .001 | .008 | 3 | 1.455 | .355 | .545 | -.190 |
| 19 | 10.670 | .000 | .000 | .000 | 12 | 7.275 | .255 | .455 | -.199 |

END OF PROBLEM

==========



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ค.4 ข้อมูลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว** (Dispersion Coefficient) **ด้วยโปรแกรม** STANMOD/CFITIM **ของการทดลองคอลัมน์ที่สอง**

NON-LINEAR LEAST SQUARES ANALYSIS, FINAL RESULTS

==========

| | | | | | 95% CONFIDENCE LIMITS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VAR | NAME | VALUE | S.E.COEFF. | T-VALUE | LOWER | UPPER |
| 1 | Peclet | 9.69322 | 2.3754 | 4.08 | 4.7025 | 14.6840 |
| 2 | RetFac | 1.46118 | .0528 | 27.68 | 1.3503 | 1.5721 |

| -----ORDERED BY COMPUTER INPUT------ | | | | | --------ORDERED BY RESIDUALS------ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO | PORE VOLUME | CONCENTRATION OBS. | FITTED | RESI-DUAL | NO | PORE VOLUME | CONCENTRATION OBS. | FITTED | RESI-DUAL |
| 1 | .525 | .056 | .007 | .049 | 4 | 2.100 | .962 | .794 | .168 |
| 2 | 1.050 | .331 | .217 | .114 | 2 | 1.050 | .331 | .217 | .114 |
| 3 | 1.575 | .555 | .561 | -.006 | 14 | 7.350 | .887 | .783 | .104 |
| 4 | 2.100 | .962 | .794 | .168 | 17 | 8.925 | .167 | .089 | .078 |
| 5 | 2.625 | .922 | .911 | .011 | 15 | 7.875 | .504 | .439 | .065 |
| 6 | 3.150 | .917 | .963 | -.046 | 19 | 10.500 | .068 | .006 | .062 |
| 7 | 3.675 | .957 | .985 | -.028 | 1 | .525 | .056 | .007 | .049 |
| 8 | 4.200 | 1.016 | .994 | .022 | 16 | 8.400 | .241 | .206 | .035 |
| 9 | 4.725 | .974 | .998 | -.024 | 8 | 4.200 | 1.016 | .994 | .022 |
| 10 | 5.250 | .960 | .999 | -.039 | 5 | 2.625 | .922 | .911 | .011 |
| 11 | 5.775 | .982 | 1.000 | -.018 | 20 | 11.550 | .000 | .001 | -.001 |
| 12 | 6.300 | .997 | 1.000 | -.003 | 12 | 6.300 | .997 | 1.000 | -.003 |
| 13 | 6.825 | .967 | .993 | -.026 | 3 | 1.575 | .555 | .561 | -.006 |
| 14 | 7.350 | .887 | .783 | .104 | 11 | 5.775 | .982 | 1.000 | -.018 |
| 15 | 7.875 | .504 | .439 | .065 | 9 | 4.725 | .974 | .998 | -.024 |
| 16 | 8.400 | .241 | .206 | .035 | 13 | 6.825 | .967 | .993 | -.026 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 8.925 | .167 | .089 | .078 | 7 | 3.675 | .957 | .985 | -.028 |
| 18 | 9.450 | .001 | .037 | -.036 | 18 | 9.450 | .001 | .037 | -.036 |
| 19 | 10.500 | .068 | .006 | .062 | 10 | 5.250 | .960 | .999 | -.039 |
| 20 | 11.550 | .000 | .001 | -.001 | 6 | 3.150 | .917 | .963 | -.046 |

END OF PROBLEM

==========

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ง.
# ผลการทดลองแบบคอลัมน์การเคลื่อนตัวของโครเมต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.1 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 2.0 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 4 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 13.5 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.0000 | 147 | 0.677 | 0.0501 |
| 3 | 0.015 | 0.0011 | 153 | 0.662 | 0.0490 |
| 9 | 0.008 | 0.0006 | 159 | 0.698 | 0.0517 |
| 15 | 0.031 | 0.0023 | 165 | 0.791 | 0.0586 |
| 21 | 0.23 | 0.0170 | 171 | 0.812 | 0.0601 |
| 27 | 0.367 | 0.0272 | 177 | 0.817 | 0.0605 |
| 33 | 0.351 | 0.0260 | 183 | 0.862 | 0.0639 |
| 39 | 0.295 | 0.0219 | 189 | 0.913 | 0.0676 |
| 45 | 0.422 | 0.0313 | 195 | 0.977 | 0.0724 |
| 51 | 0.609 | 0.0451 | 201 | 1.067 | 0.0790 |
| 57 | 0.626 | 0.0464 | 207 | 1.225 | 0.0907 |
| 63 | 0.532 | 0.0394 | 213 | 1.2 | 0.0889 |
| 69 | 0.508 | 0.0376 | 219 | 1.236 | 0.0916 |
| 75 | 0.499 | 0.0370 | 228 | 1.284 | 0.0951 |
| 81 | 0.492 | 0.0364 | 237 | 1.963 | 0.1454 |
| 87 | 0.516 | 0.0382 | 246 | 2.279 | 0.1688 |
| 93 | 0.578 | 0.0428 | 255 | 2.716 | 0.2012 |
| 99 | 0.643 | 0.0476 | 264 | 2.111 | 0.1564 |
| 105 | 0.601 | 0.0445 | 273 | 2.341 | 0.1734 |
| 111 | 0.628 | 0.0465 | 282 | 2.524 | 0.1870 |
| 117 | 0.628 | 0.0465 | 291 | 2.459 | 0.1821 |
| 123 | 0.662 | 0.0490 | 300 | 2.553 | 0.1891 |
| 129 | 0.63 | 0.0467 | 309 | 2.519 | 0.1866 |
| 135 | 0.673 | 0.0499 | 318 | 2.548 | 0.1887 |
| 141 | 0.679 | 0.0503 | 330 | 2.547 | 0.1887 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 345 | 2.563 | 0.1899 | 646 | 9.244 | 0.6847 |
| 354 | 2.609 | 0.1933 | 648 | 8.933 | 0.6617 |
| 363 | 2.668 | 0.1976 | 649 | 8.757 | 0.6487 |
| 372 | 2.646 | 0.1960 | 655 | 8.401 | 0.6223 |
| 281 | 2.92 | 0.2163 | 661 | 8.825 | 0.6537 |
| 392 | 2.977 | 0.2205 | 664 | 9.416 | 0.6975 |
| 401 | 3.234 | 0.2396 | 673 | 9.998 | 0.7406 |
| 410 | 3.738 | 0.2769 | 679 | 9.661 | 0.7156 |
| 419 | 3.977 | 0.2946 | 682 | 9.606 | 0.7116 |
| 428 | 3.943 | 0.2921 | 691 | 9.477 | 0.7020 |
| 437 | 4.346 | 0.3219 | 709 | 9.338 | 0.6917 |
| 446 | 3.969 | 0.2940 | 721 | 9.146 | 0.6775 |
| 455 | 3.995 | 0.2959 | 730 | 9.461 | 0.7008 |
| 464 | 4.505 | 0.3337 | 742 | 10.05 | 0.7444 |
| 473 | 4.691 | 0.3475 | 754 | 11.654 | 0.8633 |
| 482 | 4.995 | 0.3700 | 778 | 10.787 | 0.7990 |
| 491 | 4.931 | 0.3653 | 790 | 10.91 | 0.8081 |
| 500 | 5.424 | 0.4018 | 802 | 10.027 | 0.7427 |
| 509 | 5.964 | 0.4418 | 814 | 10.148 | 0.7517 |
| 518 | 6.687 | 0.4953 | 826 | 10.022 | 0.7424 |
| 527 | 7.173 | 0.5313 | 829 | 10.14 | 0.7511 |
| 536 | 7.117 | 0.5272 | 832 | 11.288 | 0.8361 |
| 545 | 7.149 | 0.5296 | 835 | 11.534 | 0.8544 |
| 554 | 7.362 | 0.5453 | 838 | 9.886 | 0.7323 |
| 563 | 7.35 | 0.5444 | 841 | 6.392 | 0.4735 |
| 563 | 7.25 | 0.5370 | 844 | 3.406 | 0.2523 |
| 572 | 8.102 | 0.6001 | 847 | 1.849 | 0.1370 |
| 581 | 8.597 | 0.6368 | 850 | 1.177 | 0.0872 |
| 590 | 8.647 | 0.6405 | 853 | 0.67 | 0.0496 |
| 599 | 8.963 | 0.6639 | 856 | 0.494 | 0.0366 |
| 608 | 9.877 | 0.7316 | 859 | 0.571 | 0.0423 |
| 617 | 9.335 | 0.6915 | 862 | 0.709 | 0.0525 |
| 637 | 9.018 | 0.6680 | 865 | 0.916 | 0.0679 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 868 | 1.101 | 0.0816 | 934 | 2.343 | 0.1736 |
| 871 | 1.319 | 0.0977 | 943 | 1.953 | 0.1447 |
| 874 | 1.438 | 0.1065 | 952 | 2.386 | 0.1767 |
| 877 | 1.449 | 0.1073 | 961 | 2.149 | 0.1592 |
| 880 | 1.504 | 0.1114 | 973 | 1.746 | 0.1293 |
| 883 | 1.649 | 0.1221 | 979 | 1.931 | 0.1430 |
| 886 | 1.775 | 0.1315 | 988 | 1.536 | 0.1138 |
| 889 | 1.707 | 0.1264 | 997 | 1.166 | 0.0864 |
| 892 | 1.779 | 0.1318 | 1100 | 1.151 | 0.0853 |
| 895 | 1.79 | 0.1326 | 1204 | 0.352 | 0.0261 |
| 898 | 2.186 | 0.1619 | 1228 | 0.455 | 0.0337 |
| 907 | 2.196 | 0.1627 | 1152 | 0.448 | 0.0332 |
| 916 | 2.323 | 0.1721 | 1276 | 0.255 | 0.0189 |
| 925 | 2.312 | 0.1713 | 1372 | 0.146 | 0.0108 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.2 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 3.9 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 4 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 9.55 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.0000 | 49 | 6.866 | 0.7190 |
| 1 | 0 | 0.0000 | 53 | 7.404 | 0.7753 |
| 3 | 0 | 0.0000 | 57 | 7.753 | 0.8118 |
| 5 | 0.107 | 0.0112 | 61 | 8.257 | 0.8646 |
| 7 | 0.68 | 0.0712 | 65 | 8.124 | 0.8507 |
| 9 | 1.46 | 0.1529 | 69 | 8.576 | 0.8980 |
| 11 | 1.716 | 0.1797 | 73 | 8.426 | 0.8823 |
| 13 | 2.728 | 0.2857 | 77 | 8.581 | 0.8985 |
| 15 | 3.244 | 0.3397 | 81 | 8.517 | 0.8918 |
| 17 | 4.599 | 0.4816 | 85 | 8.498 | 0.8898 |
| 19 | 5.518 | 0.5778 | 89 | 8.478 | 0.8877 |
| 21 | 6.235 | 0.6529 | 93 | 8.334 | 0.8727 |
| 23 | 5.942 | 0.6222 | 97 | 8.473 | 0.8872 |
| 25 | 6.627 | 0.6939 | 101 | 8.535 | 0.8937 |
| 27 | 6.895 | 0.7220 | 105 | 8.555 | 0.8958 |
| 29 | 6.882 | 0.7206 | 109 | 8.542 | 0.8945 |
| 31 | 7.017 | 0.7348 | 113 | 8.567 | 0.8971 |
| 33 | 6.752 | 0.7070 | 117 | 8.62 | 0.9026 |
| 35 | 6.691 | 0.7006 | 141 | 8.432 | 0.8829 |
| 37 | 6.613 | 0.6925 | 147 | 8.45 | 0.8848 |
| 39 | 6.871 | 0.7195 | 153 | 8.356 | 0.8750 |
| 41 | 5.616 | 0.5881 | 159 | 8.479 | 0.8879 |
| 43 | 6.005 | 0.6288 | 189 | 8.23 | 0.8618 |
| 45 | 6.225 | 0.6518 | 195 | 8.374 | 0.8769 |
| 47 | 6.564 | 0.6873 | 201 | 7.619 | 0.7978 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 205 | 8.387 | 0.87822 | 402 | 1.15 | 0.1204 |
| 211 | 8.195 | 0.85812 | 404 | 0.874 | 0.0915 |
| 217 | 8.057 | 0.84366 | 406 | 0.705 | 0.0738 |
| 223 | 8.067 | 0.84471 | 408 | 0.683 | 0.0715 |
| 229 | 8.149 | 0.85330 | 412 | 0.458 | 0.0480 |
| 235 | 8.355 | 0.87487 | 414 | 0.531 | 0.0556 |
| 241 | 8.604 | 0.90094 | 416 | 0.414 | 0.0434 |
| 247 | 8.31 | 0.87016 | 420 | 0.559 | 0.0585 |
| 253 | 7.513 | 0.78670 | 424 | 0.648 | 0.0679 |
| 259 | 8.403 | 0.87990 | 428 | 0.711 | 0.0745 |
| 265 | 8.244 | 0.86325 | 432 | 0.777 | 0.0814 |
| 271 | 8.086 | 0.84670 | 436 | 0.693 | 0.0726 |
| 283 | 7.697 | 0.80597 | 440 | 0.658 | 0.0689 |
| 284 | 7.956 | 0.83309 | 444 | 0.723 | 0.0757 |
| 290 | 7.995 | 0.83717 | 448 | 0.893 | 0.0935 |
| 296 | 7.993 | 0.83696 | 454 | 0.955 | 0.1000 |
| 302 | 7.906 | 0.82785 | 460 | 1.025 | 0.1073 |
| 308 | 7.517 | 0.78712 | 466 | 0.774 | 0.0810 |
| 314 | 8.608 | 0.90136 | 472 | 0.785 | 0.0822 |
| 320 | 8.654 | 0.90618 | 478 | 0.913 | 0.0956 |
| 326 | 8.279 | 0.86691 | 484 | 0.802 | 0.0840 |
| 332 | 8.809 | 0.92241 | 490 | 0.663 | 0.0694 |
| 338 | 8.631 | 0.90377 | 496 | 0.697 | 0.0730 |
| 350 | 8.448 | 0.88461 | 502 | 0.824 | 0.0863 |
| 362 | 8.683 | 0.90921 | 508 | 0.68 | 0.0712 |
| 374 | 7.503 | 0.78565 | 514 | 0.63 | 0.0660 |
| 386 | 8.305 | 0.86963 | 520 | 0.701 | 0.0734 |
| 388 | 8.83 | 0.92461 | 526 | 0.749 | 0.0784 |
| 390 | 7.537 | 0.78921 | 532 | 0.675 | 0.0707 |
| 392 | 4.733 | 0.49560 | 538 | 0.614 | 0.0643 |
| 394 | 2.849 | 0.29832 | 544 | 0.697 | 0.0730 |
| 396 | 1.754 | 0.18366 | 550 | 0.661 | 0.0692 |
| 398 | 1.244 | 0.13026 | 556 | 0.603 | 0.0631 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 562 | 0.467 | 0.04890 | 622 | 0.358 | 0.0375 |
| 568 | 0.482 | 0.05047 | 634 | 0.289 | 0.0303 |
| 574 | 0.496 | 0.05194 | 646 | 0.215 | 0.0225 |
| 580 | 0.494 | 0.05173 | 658 | 0.286 | 0.0299 |
| 586 | 0.451 | 0.04723 | 670 | 0.188 | 0.0197 |
| 592 | 1.182 | 0.12377 | 682 | 0.133 | 0.0139 |
| 610 | 0.426 | 0.04461 | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.3 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 9.9 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 4 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 15.5 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.0000 | 81 | 11.43 | 0.7505 |
| 3 | 0.536 | 0.0397 | 84 | 11.389 | 0.7478 |
| 6 | 4.552 | 0.3372 | 87 | 11.545 | 0.7580 |
| 9 | 7.634 | 0.5655 | 90 | 11.686 | 0.7673 |
| 12 | 8.242 | 0.6105 | 93 | 11.246 | 0.7384 |
| 15 | 10.418 | 0.7717 | 96 | 12.202 | 0.8012 |
| 18 | 10.496 | 0.7775 | 100 | 12.752 | 0.8373 |
| 21 | 11.105 | 0.8226 | 104 | 13.364 | 0.8775 |
| 24 | 11.78 | 0.8726 | 108 | 13.499 | 0.8863 |
| 27 | 12.767 | 0.9457 | 112 | 13.447 | 0.8829 |
| 30 | 13.447 | 0.9961 | 116 | 13.23 | 0.8687 |
| 33 | 13.377 | 0.9909 | 120 | 13.556 | 0.8901 |
| 36 | 13.326 | 0.9871 | 124 | 13.833 | 0.9083 |
| 39 | 13.109 | 0.9710 | 128 | 13.615 | 0.8940 |
| 42 | 12.141 | 0.8993 | 131 | 13.493 | 0.8859 |
| 45 | 10.837 | 0.8027 | 137 | 13.546 | 0.8894 |
| 48 | 9.142 | 0.6772 | 143 | 13.287 | 0.8724 |
| 51 | 7.553 | 0.5595 | 149 | 14.316 | 0.9400 |
| 54 | 8.394 | 0.6218 | 155 | 14.024 | 0.9208 |
| 57 | 11.494 | 0.8514 | 161 | 13.78 | 0.9048 |
| 60 | 12.213 | 0.9047 | 169 | 13.965 | 0.9169 |
| 69 | 8.096 | 0.5997 | 175 | 13.897 | 0.9125 |
| 72 | 5.176 | 0.3834 | 181 | 13.61 | 0.8936 |
| 75 | 9.102 | 0.6742 | 187 | 13.655 | 0.8966 |
| 78 | 10.904 | 0.8077 | 193 | 13.209 | 0.8673 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 199 | 13.481 | 0.88516 | 359 | 0.834 | 0.05476 |
| 205 | 13.498 | 0.88628 | 362 | 0.903 | 0.05929 |
| 211 | 12.919 | 0.84826 | 365 | 0.932 | 0.06120 |
| 223 | 13.646 | 0.89599 | 368 | 0.917 | 0.06021 |
| 229 | 13.863 | 0.91024 | 371 | 0.891 | 0.05850 |
| 235 | 13.171 | 0.86481 | 374 | 0.734 | 0.04819 |
| 240 | 13.076 | 0.85857 | 377 | 0.67 | 0.04399 |
| 246 | 13.576 | 0.89140 | 380 | 0.655 | 0.04301 |
| 252 | 13.116 | 0.86120 | 383 | 0.708 | 0.04649 |
| 255 | 12.357 | 0.81136 | 386 | 0.748 | 0.04911 |
| 258 | 12.957 | 0.85076 | 389 | 0.773 | 0.05076 |
| 260 | 14.097 | 0.92561 | 392 | 0.751 | 0.04931 |
| 266 | 12.746 | 0.83690 | 395 | 0.582 | 0.03821 |
| 272 | 12.581 | 0.82607 | 398 | 0.509 | 0.03342 |
| 278 | 12.226 | 0.80276 | 401 | 0.464 | 0.03047 |
| 284 | 11.898 | 0.78122 | 403 | 0.392 | 0.02574 |
| 290 | 11.394 | 0.74813 | 408 | 0.443 | 0.02909 |
| 296 | 11.334 | 0.74419 | 413 | 0.46 | 0.03020 |
| 302 | 11.305 | 0.74228 | 418 | 0.413 | 0.02712 |
| 308 | 11.391 | 0.74793 | 423 | 0.363 | 0.02383 |
| 314 | 11.264 | 0.73959 | 428 | 0.38 | 0.02495 |
| 320 | 11.543 | 0.75791 | 433 | 0.421 | 0.02764 |
| 326 | 7.835 | 0.51445 | 438 | 0.445 | 0.02922 |
| 329 | 1.465 | 0.09619 | 443 | 0.462 | 0.03033 |
| 332 | 0.931 | 0.06113 | 448 | 0.316 | 0.02075 |
| 335 | 0.762 | 0.05003 | 453 | 0.321 | 0.02108 |
| 338 | 0.613 | 0.04025 | 456 | 0.336 | 0.02206 |
| 341 | 0.802 | 0.05266 | 463 | 0.335 | 0.02200 |
| 344 | 0.922 | 0.06054 | 468 | 0.291 | 0.01911 |
| 347 | 0.883 | 0.05798 | 473 | 0.225 | 0.01477 |
| 350 | 0.904 | 0.05936 | 478 | 0.228 | 0.01497 |
| 353 | 0.868 | 0.05699 | 483 | 0.228 | 0.01497 |
| 356 | 0.835 | 0.05483 | 498 | 0.182 | 0.01195 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 508 | 0.233 | 0.01530 | 558 | 0.153 | 0.01005 |
| 518 | 0.186 | 0.01221 | 568 | 0.102 | 0.00670 |
| 528 | 0.189 | 0.01241 | 578 | 0.099 | 0.00650 |
| 538 | 0.165 | 0.01083 | 588 | 0.093 | 0.00611 |
| 548 | 0.143 | 0.00939 | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.4 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน19.7 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 4 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 14.33 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.045 | 0.00314 | 25 | 14.533 | 1.01417 |
| 1 | 0.038 | 0.00265 | 26 | 14.602 | 1.01898 |
| 2 | 0.739 | 0.05157 | 27 | 14.415 | 1.00593 |
| 3 | 3.017 | 0.21054 | 28 | 14.143 | 0.98695 |
| 4 | 5.055 | 0.35276 | 29 | 14.225 | 0.99267 |
| 5 | 6.851 | 0.47809 | 30 | 14.135 | 0.98639 |
| 6 | 8.114 | 0.56622 | 31 | 14.025 | 0.97872 |
| 7 | 8.959 | 0.62519 | 32 | 14.097 | 0.98374 |
| 8 | 9.669 | 0.67474 | 33 | 14.2 | 0.99093 |
| 9 | 10.2 | 0.71179 | 34 | 14.247 | 0.99421 |
| 10 | 11.17 | 0.77948 | 35 | 14.1 | 0.98395 |
| 11 | 11.832 | 0.82568 | 36 | 14.079 | 0.98248 |
| 12 | 12.315 | 0.85939 | 37 | 14.526 | 1.01368 |
| 13 | 12.516 | 0.87341 | 38 | 14.659 | 1.02296 |
| 14 | 12.495 | 0.87195 | 39 | 14.623 | 1.02045 |
| 15 | 12.626 | 0.88109 | 40 | 14.504 | 1.01214 |
| 16 | 12.637 | 0.88186 | 41 | 14.427 | 1.00677 |
| 17 | 12.465 | 0.86985 | 42 | 14.502 | 1.01200 |
| 18 | 12.719 | 0.88758 | 44 | 15.239 | 1.06343 |
| 19 | 12.893 | 0.89972 | 47 | 15.357 | 1.07167 |
| 20 | 12.996 | 0.90691 | 51 | 15.059 | 1.05087 |
| 21 | 13.149 | 0.91759 | 55 | 14.97 | 1.04466 |
| 22 | 13.606 | 0.94948 | 59 | 14.955 | 1.04361 |
| 23 | 14.226 | 0.99274 | 63 | 14.681 | 1.02449 |
| 24 | 14.693 | 1.02533 | 67 | 14.177 | 0.98932 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 69 | 14.171 | 0.98890 | 105 | 0.595 | 0.04152 |
| 71 | 13.673 | 0.95415 | 106 | 0.564 | 0.03936 |
| 72 | 14.051 | 0.98053 | 107 | 0.535 | 0.03733 |
| 73 | 7.347 | 0.51270 | 108 | 0.401 | 0.02798 |
| 74 | 4.208 | 0.29365 | 109 | 0.544 | 0.03796 |
| 75 | 3.054 | 0.21312 | 110 | 0.411 | 0.02868 |
| 76 | 2.463 | 0.17188 | 112 | 0.469 | 0.03273 |
| 77 | 2.12 | 0.14794 | 114 | 0.435 | 0.03036 |
| 78 | 1.804 | 0.12589 | 116 | 0.315 | 0.02198 |
| 79 | 1.657 | 0.11563 | 118 | 0.185 | 0.01291 |
| 80 | 1.63 | 0.11375 | 120 | 0.2 | 0.01396 |
| 81 | 1.36 | 0.09491 | 122 | 0.124 | 0.00865 |
| 82 | 1.047 | 0.07306 | 124 | 0.14 | 0.00977 |
| 83 | 1.128 | 0.07872 | 126 | 0.057 | 0.00398 |
| 84 | 0.736 | 0.05136 | 128 | 0.111 | 0.00775 |
| 85 | 0.669 | 0.04669 | 130 | 0.097 | 0.00677 |
| 86 | 0.874 | 0.06099 | 132 | 0.085 | 0.00593 |
| 87 | 0.827 | 0.05771 | 134 | 0.098 | 0.00684 |
| 88 | 0.737 | 0.05143 | 136 | 0.128 | 0.00893 |
| 89 | 0.745 | 0.05199 | 138 | 0.061 | 0.00426 |
| 90 | 0.764 | 0.05331 | 140 | 0.082 | 0.00572 |
| 91 | 0.531 | 0.03706 | 142 | 0.081 | 0.00565 |
| 92 | 0.727 | 0.05073 | 146 | 0.046 | 0.00321 |
| 93 | 0.458 | 0.03196 | 148 | 0.048 | 0.00335 |
| 94 | 0.496 | 0.03461 | 150 | 0.027 | 0.00188 |
| 95 | 0.673 | 0.04696 | 152 | 0.034 | 0.00237 |
| 96 | 0.614 | 0.04285 | 154 | 0.033 | 0.00230 |
| 97 | 0.517 | 0.03608 | 156 | 0.028 | 0.00195 |
| 98 | 0.448 | 0.03126 | 158 | 0.017 | 0.00119 |
| 99 | 0.442 | 0.03084 | 160 | 0.009 | 0.00063 |
| 100 | 0.054 | 0.00377 | 162 | 0.027 | 0.00188 |
| 103 | 0.841 | 0.05869 | 164 | 0.008 | 0.00056 |
| 104 | 1.138 | 0.07941 | 166 | 0.002 | 0.00014 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 168 | 0 | 0.00000 | 186 | 0.009 | 0.00063 |
| 170 | 0.002 | 0.00014 | 198 | 0.017 | 0.00119 |
| 178 | 0.007 | 0.00049 | | | |



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.5 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 2.0 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 7 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 15.3 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.0000 | 68 | 8.709 | 0.56659 |
| 2 | 0 | 0.0000 | 72 | 9.501 | 0.61811 |
| 4 | 0 | 0.0000 | 78 | 13.03 | 0.84770 |
| 6 | 0.012 | 0.0008 | 84 | 13.482 | 0.87711 |
| 8 | 0.043 | 0.0028 | 90 | 11.679 | 0.75981 |
| 10 | 0.147 | 0.0096 | 96 | 12.322 | 0.80164 |
| 12 | 0.261 | 0.0170 | 102 | 12.729 | 0.82812 |
| 14 | 0.485 | 0.0316 | 108 | 12.632 | 0.82181 |
| 16 | 0.737 | 0.0479 | 114 | 12.939 | 0.84178 |
| 18 | 1.022 | 0.0665 | 120 | 12.995 | 0.84542 |
| 20 | 1.264 | 0.0822 | 126 | 13.284 | 0.86422 |
| 22 | 1.671 | 0.1087 | 132 | 14.731 | 0.95836 |
| 24 | 1.955 | 0.1272 | 138 | 14.137 | 0.91972 |
| 26 | 2.279 | 0.1483 | 144 | 13.77 | 0.89584 |
| 28 | 2.834 | 0.1844 | 150 | 12.877 | 0.83775 |
| 30 | 3.323 | 0.2162 | 152 | 13.45 | 0.87502 |
| 32 | 3.882 | 0.2526 | 154 | 14.642 | 0.95257 |
| 26 | 4.579 | 0.2979 | 156 | 13.838 | 0.90027 |
| 40 | 5.165 | 0.3360 | 158 | 12.522 | 0.81465 |
| 44 | 5.511 | 0.3585 | 160 | 11.491 | 0.74758 |
| 48 | 6.673 | 0.4341 | 162 | 7.082 | 0.46074 |
| 52 | 7.198 | 0.4683 | 164 | 2.419 | 0.15737 |
| 56 | 7.968 | 0.5184 | 164 | 3.305 | 0.21502 |
| 60 | 8.205 | 0.5338 | 166 | 2.375 | 0.15451 |
| 64 | 8.287 | 0.5391 | 168 | 1.935 | 0.12589 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|
| 170 | 0.889 | 0.05784 |
| 172 | 1.683 | 0.10949 |
| 174 | 1.558 | 0.10136 |
| 176 | 1.218 | 0.07924 |
| 178 | 1.107 | 0.07202 |
| 180 | 1.04 | 0.06766 |
| 182 | 0.947 | 0.06161 |
| 184 | 0.978 | 0.06363 |
| 186 | 0.926 | 0.06024 |
| 188 | 0.859 | 0.05588 |
| 190 | 0.709 | 0.04613 |
| 194 | 0.58 | 0.03773 |
| 198 | 1.031 | 0.06707 |
| 202 | 0.678 | 0.04411 |
| 206 | 0.478 | 0.03110 |
| 210 | 0.412 | 0.02680 |
| 214 | 0.307 | 0.01997 |
| 218 | 0.326 | 0.02121 |
| 222 | 0.285 | 0.01854 |
| 226 | 0.227 | 0.01477 |
| 230 | 0.235 | 0.01529 |
| 234 | 0.19 | 0.01236 |
| 238 | 0.219 | 0.01425 |
| 242 | 0.187 | 0.01217 |
| 246 | 0.176 | 0.01145 |
| 250 | 0.169 | 0.01099 |
| 252 | 0.155 | 0.01008 |
| 258 | 0.145 | 0.00943 |
| 264 | 0.133 | 0.00865 |
| 270 | 0.117 | 0.00761 |
| 276 | 0.097 | 0.00631 |
| 282 | 0.087 | 0.00566 |
| 288 | 0.082 | 0.00533 |
| 294 | 0.058 | 0.00377 |
| 300 | 0.061 | 0.00397 |
| 306 | 0.098 | 0.00638 |
| 312 | 0.094 | 0.00612 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.6 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 4.9 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 7 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 15.8 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.00000 | 26 | 13.335 | 0.84415 |
| 1 | 0.018 | 0.00114 | 27 | 12.992 | 0.82243 |
| 2 | 0 | 0.00000 | 28 | 13.181 | 0.83440 |
| 3 | 0 | 0.00000 | 29 | 13.302 | 0.84206 |
| 4 | 0.003 | 0.00019 | 30 | 12.794 | 0.80990 |
| 5 | 0.002 | 0.00013 | 31 | 12.8 | 0.81028 |
| 6 | 0.019 | 0.00120 | 33 | 12.733 | 0.80604 |
| 7 | 0.444 | 0.02811 | 35 | 12.687 | 0.80313 |
| 8 | 1.515 | 0.09590 | 37 | 12.554 | 0.79471 |
| 9 | 2.89 | 0.18295 | 40 | 9.281 | 0.58752 |
| 10 | 5.791 | 0.36659 | 44 | 12.9 | 0.81661 |
| 11 | 7.949 | 0.50320 | 48 | 13.857 | 0.87719 |
| 12 | 9.428 | 0.59682 | 52 | 13.548 | 0.85763 |
| 13 | 9.992 | 0.63253 | 56 | 13.836 | 0.87586 |
| 14 | 10.26 | 0.64949 | 60 | 13.561 | 0.85845 |
| 15 | 10.692 | 0.67684 | 64 | 12.11 | 0.76660 |
| 16 | 10.709 | 0.67791 | 68 | 11.729 | 0.74248 |
| 17 | 10.98 | 0.69507 | 72 | 12.646 | 0.80053 |
| 18 | 12.486 | 0.79040 | 76 | 12.706 | 0.80433 |
| 20 | 12.71 | 0.80458 | 78 | 12.228 | 0.77407 |
| 21 | 12.414 | 0.78585 | 79 | 13.919 | 0.88112 |
| 22 | 11.527 | 0.72970 | 80 | 13.805 | 0.87390 |
| 23 | 11.334 | 0.71748 | 81 | 10.968 | 0.69431 |
| 24 | 11.491 | 0.72742 | 82 | 5.596 | 0.35424 |
| 25 | 13.117 | 0.83035 | 83 | 1.84 | 0.11648 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|
| 84 | 1.988 | 0.12585 |
| 85 | 2.893 | 0.18314 |
| 86 | 3.161 | 0.20010 |
| 87 | 3.036 | 0.19219 |
| 88 | 2.841 | 0.17984 |
| 89 | 2.352 | 0.14889 |
| 90 | 2.244 | 0.14205 |
| 91 | 1.883 | 0.11920 |
| 92 | 1.627 | 0.10299 |
| 93 | 1.364 | 0.08635 |
| 94 | 1.202 | 0.07609 |
| 95 | 1.312 | 0.08305 |
| 96 | 1.034 | 0.06546 |
| 97 | 1.08 | 0.06837 |
| 98 | 1.116 | 0.07065 |
| 99 | 1.04 | 0.06584 |
| 101 | 0.94 | 0.05950 |
| 103 | 0.876 | 0.05545 |
| 105 | 0.747 | 0.04729 |
| 107 | 0.636 | 0.04026 |
| 109 | 0.442 | 0.02798 |
| 111 | 0.274 | 0.01735 |
| 113 | 0.19 | 0.01203 |
| 115 | 0.182 | 0.01152 |
| 117 | 0.152 | 0.00962 |
| 119 | 0.117 | 0.00741 |
| 123 | 0.091 | 0.00576 |
| 127 | 0.114 | 0.00722 |
| 131 | 0.084 | 0.00532 |
| 135 | 0.057 | 0.00361 |
| 139 | 0.064 | 0.00405 |
| 145 | 0.062 | 0.00392 |
| 149 | 0.057 | 0.00361 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|
| 155 | 0.058 | 0.00367 |
| 161 | 0.032 | 0.00203 |
| 167 | 0.023 | 0.00146 |
| 173 | 0.028 | 0.00177 |
| 179 | 0.025 | 0.00158 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.7 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 9.9 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 7 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 16.3 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.0000 | 69 | 13.533 | 0.83076 |
| 1 | 0 | 0.00000 | 81 | 14.39 | 0.88336 |
| 2 | 0.135 | 0.00829 | 90 | 14.031 | 0.86133 |
| 3 | 3.295 | 0.20227 | 91 | High | #VALUE! |
| 4 | 6.7 | 0.41130 | 92 | 15.7 | 0.96378 |
| 5 | 11.37 | 0.69797 | 93 | High | #VALUE! |
| 6 | 11.714 | 0.71909 | 94 | 9.878 | 0.60638 |
| 7 | 12.465 | 0.76519 | 95 | 3.511 | 0.21553 |
| 8 | 12.709 | 0.78017 | 96 | 1.681 | 0.10319 |
| 9 | 12.889 | 0.79122 | 97 | 0.797 | 0.04893 |
| 10 | 13.176 | 0.80884 | 98 | 0.559 | 0.03432 |
| 11 | 13.073 | 0.80252 | 99 | 0.435 | 0.02670 |
| 12 | 14.494 | 0.88975 | 100 | 0.332 | 0.02038 |
| 13 | 15.399 | 0.94530 | 101 | 0.297 | 0.01823 |
| 14 | 14.715 | 0.90331 | 102 | 0.241 | 0.01479 |
| 15 | 14.975 | 0.91928 | 103 | 0.204 | 0.01252 |
| 18 | 13.805 | 0.84745 | 104 | 0.206 | 0.01265 |
| 21 | 13.219 | 0.81148 | 105 | 0.157 | 0.00964 |
| 24 | 13.195 | 0.81001 | 106 | 0.161 | 0.00988 |
| 29 | 14.405 | 0.88428 | 107 | 0.158 | 0.00970 |
| 35 | 14.713 | 0.90319 | 108 | 0.139 | 0.00853 |
| 41 | 14.329 | 0.87962 | 109 | 0.126 | 0.00773 |
| 47 | 12.53 | 0.76918 | 110 | 0.148 | 0.00909 |
| 53 | 10.397 | 0.63824 | 111 | 0.118 | 0.00724 |
| 59 | 12.698 | 0.77950 | 112 | 0.09 | 0.00552 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 113 | 0.075 | 0.00460 | 122 | 0.051 | 0.00313 |
| 114 | 0.055 | 0.00338 | 125 | 0.046 | 0.00282 |
| 115 | 0.061 | 0.00374 | 131 | 0.044 | 0.00270 |
| 116 | 0.057 | 0.00350 | 137 | 0.021 | 0.00129 |
| 117 | 0.051 | 0.00313 | 143 | 0.022 | 0.00135 |
| 118 | 0.045 | 0.00276 | 149 | 0.022 | 0.00135 |
| 119 | 0.041 | 0.00252 | 159 | 0.014 | 0.00086 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.8 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 19.7 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 7 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.00000 | 22 | 2.71 | 0.18600 |
| 1 | 0.84 | 0.05765 | 22.75 | 1.827 | 0.12539 |
| 1.5 | 6.105 | 0.41901 | 22.5 | 1.339 | 0.09190 |
| 2 | 9.696 | 0.66548 | 22.75 | 1.248 | 0.08566 |
| 2.5 | 11.561 | 0.79348 | 23 | 1.076 | 0.07385 |
| 3 | 12.607 | 0.86527 | 23.25 | 1.03 | 0.07069 |
| 3.5 | 12.727 | 0.87351 | 23.5 | 1.006 | 0.06905 |
| 4 | 13.08 | 0.89774 | 23.75 | 0.961 | 0.06596 |
| 4.5 | 12.962 | 0.88964 | 24 | 0.832 | 0.05710 |
| 5 | 13.544 | 0.92958 | 24.25 | 1.773 | 0.12169 |
| 5.5 | 13.183 | 0.90480 | 24.75 | 1.56 | 0.10707 |
| 6 | 13.456 | 0.92354 | 25.25 | 1.379 | 0.09465 |
| 6.5 | 13.099 | 0.89904 | 26 | 1.398 | 0.09595 |
| 7 | 13.508 | 0.92711 | 26.5 | 1.426 | 0.09787 |
| 7.5 | 12.994 | 0.89183 | 27 | 0.884 | 0.06067 |
| 8 | 12.13 | 0.83253 | 27.5 | 0.657 | 0.04509 |
| 9 | 11.938 | 0.81935 | 27.75 | 1.186 | 0.08140 |
| 11 | 12.523 | 0.85951 | 28 | 0.623 | 0.04276 |
| 13 | 12.847 | 0.88174 | 28.5 | 0.48 | 0.03294 |
| 15 | 12.418 | 0.85230 | 29 | 0.414 | 0.02841 |
| 17 | 12.942 | 0.88826 | 29.5 | 0.395 | 0.02711 |
| 19 | 12.901 | 0.88545 | 30 | 0.359 | 0.02464 |
| 20.5 | 12.371 | 0.84907 | 31 | 0.329 | 0.02258 |
| 21 | 10.141 | 0.69602 | 32 | 0.327 | 0.02244 |
| 21.75 | 9.94 | 0.68222 | 33 | 0.226 | 0.01551 |

| เวลา | ความเข้มข้นขาออก | C/Co | เวลา | ความเข้มข้นขาออก | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| (ชั่วโมง) | (มิลลิกรัมต่อลิตร) | | (ชั่วโมง) | (มิลลิกรัมต่อลิตร) | |
| 34 | 0.148 | 0.01016 | 39 | 0.072 | 0.00494 |
| 35 | 0.144 | 0.00988 | 41 | 0.054 | 0.00371 |
| 36 | 0.149 | 0.01023 | 43 | 0.032 | 0.00220 |
| 37 | 0.096 | 0.00659 | 45 | 0.024 | 0.00165 |
| 38 | 0.089 | 0.00611 | 47 | 0.015 | 0.00103 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.9 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 2.0 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 10 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 14.8 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.0000 | 79 | 12.5 | 0.97352 |
| 1 | 0.25 | 0.01947 | 82 | 12.22 | 0.95171 |
| 3 | 0.045 | 0.00350 | 91 | 12.21 | 0.95093 |
| 5 | 0.035 | 0.00273 | 97 | 12.41 | 0.96651 |
| 7 | 0.076 | 0.00592 | 103 | 12.56 | 0.97819 |
| 9 | 0.771 | 0.06005 | 108 | 12.54 | 0.97664 |
| 11 | 2.054 | 0.15997 | 114 | 12.65 | 0.98520 |
| 13 | 3.455 | 0.26908 | 120 | 12.47 | 0.97118 |
| 15 | 4.464 | 0.34766 | 129 | 12.54 | 0.97664 |
| 17 | 5.027 | 0.39151 | 138 | 12.49 | 0.97274 |
| 19 | 5.426 | 0.42259 | 147 | 12.52 | 0.97508 |
| 21 | 5.797 | 0.45148 | 156 | 12.14 | 0.94548 |
| 23 | 5.875 | 0.45755 | 165 | 12.28 | 0.95639 |
| 25 | 5.597 | 0.43590 | 169 | 12.39 | 0.96495 |
| 28 | 6.995 | 0.54478 | 171 | 12.36 | 0.96262 |
| 31 | 8.26 | 0.64330 | 173 | 11.46 | 0.89252 |
| 33 | 8.652 | 0.67383 | 177 | 6.282 | 0.48925 |
| 35 | 9.371 | 0.72983 | 181 | 7.98 | 0.62150 |
| 37 | 9.959 | 0.77562 | 185 | 8.254 | 0.64283 |
| 41 | 9.68 | 0.75389 | 191 | 1.125 | 0.08762 |
| 45 | 10.11 | 0.78738 | 193 | 1.074 | 0.08364 |
| 49 | 11.3 | 0.88006 | 195 | 0.738 | 0.05748 |
| 54 | 12.39 | 0.96495 | 197 | 0.992 | 0.07726 |
| 67 | 12.41 | 0.96651 | 199 | 1.039 | 0.08092 |
| 73 | 12.41 | 0.96651 | 201 | 1.013 | 0.07889 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 205 | 0.923 | 0.07188 | 246 | 0.101 | 0.00787 |
| 209 | 0.835 | 0.06503 | 249 | 0.095 | 0.00740 |
| 211 | 0.447 | 0.03481 | 252 | 0.095 | 0.00740 |
| 213 | 0.706 | 0.05498 | 255 | 0.027 | 0.00210 |
| 216 | 0.168 | 0.01308 | 258 | 0.092 | 0.00717 |
| 219 | 0.258 | 0.02009 | 264 | 0.0739 | 0.00576 |
| 222 | 0.235 | 0.01830 | 270 | 0.069 | 0.00537 |
| 225 | 0.207 | 0.01612 | 276 | 0.066 | 0.00514 |
| 228 | 0.167 | 0.01301 | 282 | 0.06 | 0.00467 |
| 231 | 0.144 | 0.01121 | 288 | 0.072 | 0.00561 |
| 234 | 0.126 | 0.00981 | 294 | 0.066 | 0.00514 |
| 237 | 0.114 | 0.00888 | 300 | 0.053 | 0.00413 |
| 240 | 0.106 | 0.00826 | 306 | 0.051 | 0.00397 |
| 243 | 0.098 | 0.00763 | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.10 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน4.9 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 10 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 14.8 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.00000 | 116 | 13.72 | 0.92453 |
| 2 | 0.053 | 0.00357 | 117 | 4.18 | 0.28167 |
| 4 | 0.75 | 0.05054 | 118 | 2.634 | 0.17749 |
| 6 | 3.89 | 0.26213 | 119 | 2.039 | 0.13740 |
| 8 | 6.075 | 0.40937 | 120 | 1.744 | 0.11752 |
| 10 | 9.733 | 0.65586 | 121 | 1.575 | 0.10613 |
| 14 | 12.06 | 0.81267 | 122 | 1.382 | 0.09313 |
| 16 | 13.01 | 0.87668 | 124 | 1.209 | 0.08147 |
| 18 | 13.07 | 0.88073 | 125 | 1.169 | 0.07877 |
| 20 | 13.46 | 0.90701 | 126 | 1.186 | 0.07992 |
| 22 | 13.52 | 0.91105 | 127 | 1.058 | 0.07129 |
| 24 | 13.41 | 0.90364 | 129 | 0.988 | 0.06658 |
| 34 | 13.33 | 0.89825 | 134 | 0.837 | 0.05640 |
| 38 | 13.11 | 0.88342 | 136 | 0.696 | 0.04690 |
| 42 | 12.74 | 0.85849 | 138 | 0.615 | 0.04144 |
| 46 | 12.55 | 0.84569 | 140 | 0.567 | 0.03821 |
| 50 | 13.21 | 0.89016 | 142 | 0.464 | 0.03127 |
| 64 | 14.01 | 0.94407 | 144 | 0.386 | 0.02601 |
| 76 | 15.36 | 1.03504 | 148 | 0.32 | 0.02156 |
| 82 | 15.3 | 1.03100 | 156 | 0.223 | 0.01503 |
| 88 | 14.98 | 1.00943 | 160 | 0.161 | 0.01085 |
| 96 | 15.08 | 1.01617 | 166 | 0.153 | 0.01031 |
| 112 | 14.98 | 1.00943 | 172 | 0.133 | 0.00896 |
| 113 | 15.09 | 1.01685 | 178 | 0.115 | 0.00775 |
| 115 | 12.22 | 0.82345 | 190 | 0.108 | 0.00728 |

| เวลา | ความเข้มข้นขาออก | C/Co | เวลา | ความเข้มข้นขาออก | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| (ชั่วโมง) | (มิลลิกรัมต่อลิตร) | | (ชั่วโมง) | (มิลลิกรัมต่อลิตร) | |
| 206 | 0.107 | 0.00721 | 258 | 0.075 | 0.00505 |
| 216 | 0.093 | 0.00627 | 268 | 0.079 | 0.00532 |
| 226 | 0.089 | 0.00600 | | | |



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.11 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน9.9 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 10 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 15.5 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.0000 | 27 | 15.5 | 1.00000 |
| 0.75 | 0.016 | 0.00103 | 30 | 16.45 | 1.06129 |
| 1.5 | 4.055 | 0.26161 | 33 | 14.837 | 0.95723 |
| 2.25 | 12.851 | 0.82910 | 36 | 14.532 | 0.93755 |
| 3 | 15.206 | 0.98103 | 39 | 14.082 | 0.90852 |
| 3.75 | 13.855 | 0.89387 | 42 | 13.618 | 0.87858 |
| 4.5 | 13.386 | 0.86361 | 45 | 13.811 | 0.89103 |
| 5.25 | 13.025 | 0.84032 | 48 | 14.052 | 0.90658 |
| 6 | 12.987 | 0.83787 | 51 | 14.847 | 0.95787 |
| 6.75 | 12.676 | 0.81781 | 54 | 15.975 | 1.03065 |
| 7.5 | 12.658 | 0.81665 | 54.75 | 11.794 | 0.76090 |
| 8.25 | 12.528 | 0.80826 | 55.5 | 6.875 | 0.44355 |
| 9 | 12.651 | 0.81619 | 56.25 | 4.705 | 0.30355 |
| 9.75 | 12.736 | 0.82168 | 57 | 3.122 | 0.20142 |
| 10.5 | 13.047 | 0.84174 | 57.75 | 2.337 | 0.15077 |
| 11.25 | 13.932 | 0.89884 | 58.5 | 1.736 | 0.11200 |
| 12 | 15.652 | 1.00981 | 59.25 | 1.523 | 0.09826 |
| 12.75 | 15.555 | 1.00355 | 60 | 1.199 | 0.07735 |
| 13.5 | 15.803 | 1.01955 | 60.5 | 0.655 | 0.04226 |
| 14.25 | 15.663 | 1.01052 | 62 | 0.314 | 0.02026 |
| 15 | 16.043 | 1.03503 | 63.5 | 0.189 | 0.01219 |
| 16.5 | 14.823 | 0.95632 | 65 | 0.22 | 0.01419 |
| 18 | 15.299 | 0.98703 | 66.5 | 0.121 | 0.00781 |
| 21 | 15.487 | 0.99916 | 68 | 0.139 | 0.00897 |
| 24 | 15 | 0.96774 | 69.5 | 0.114 | 0.00735 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 71 | 0.072 | 0.00465 | 89 | 0.016 | 0.00103 |
| 72.5 | 0.044 | 0.00284 | 92 | 0.021 | 0.00135 |
| 74 | 0.029 | 0.00187 | 95 | 0.018 | 0.00116 |
| 75.5 | 0.028 | 0.00181 | 98 | 0.016 | 0.00103 |
| 77 | 0.025 | 0.00161 | 101 | 0.011 | 0.00071 |
| 80 | 0.034 | 0.00219 | 113 | 0.019 | 0.00123 |
| 83 | 0.034 | 0.00219 | 119 | 0 | 0.00000 |
| 86 | 0.026 | 0.00168 | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ ง.12 ข้อมูลการทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตในคอลัมน์ที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 19.7 เมตรต่อวินาที ที่พีเอช 10 ค่ากำลังไอออน 0.01 M ความเข้มข้นขาเข้า 15.5 มิลลิกรัมต่อลิตร**

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.00000 | 10 | 14.283 | 0.92148 |
| 0.25 | 0.009 | 0.00058 | 10.5 | 14.02 | 0.90452 |
| 0.5 | 0.015 | 0.00097 | 11 | 13.668 | 0.88181 |
| 0.75 | 0.56 | 0.03613 | 12 | 13.907 | 0.89723 |
| 1 | 5.88 | 0.37935 | 15 | 13.779 | 0.88897 |
| 1.25 | 10.776 | 0.69523 | 19 | 15.815 | 1.02032 |
| 1.5 | 12.511 | 0.80716 | 21 | 15.394 | 0.99316 |
| 1.75 | 13.279 | 0.85671 | 23 | 15.58 | 1.00516 |
| 2 | 14.025 | 0.90484 | 23.5 | 13.444 | 0.86735 |
| 2.25 | 14.242 | 0.91884 | 24 | 13.55 | 0.87419 |
| 2.5 | 14.635 | 0.94419 | 24.5 | 13.923 | 0.89826 |
| 2.75 | 14.502 | 0.93561 | 25.25 | 14.627 | 0.94368 |
| 3.5 | 14.35 | 0.92581 | 25.5 | 13.907 | 0.89723 |
| 4 | 15.966 | 1.03006 | 25.75 | 6.948 | 0.44826 |
| 4.5 | 15.934 | 1.02800 | 26 | 4.752 | 0.30658 |
| 5 | 15.909 | 1.02639 | 26.5 | 3.711 | 0.23942 |
| 5.5 | 15.578 | 1.00503 | 26.75 | 2.446 | 0.15781 |
| 6 | 15.488 | 0.99923 | 26.75 | 1.995 | 0.12871 |
| 6.5 | 15.169 | 0.97865 | 27.5 | 1.561 | 0.10071 |
| 7 | 14.994 | 0.96735 | 28 | 1.215 | 0.07839 |
| 7.5 | 14.481 | 0.93426 | 28.5 | 1.182 | 0.07626 |
| 8 | 14.918 | 0.96245 | 29 | 1.115 | 0.07194 |
| 8.5 | 13.332 | 0.86013 | 29.5 | 0.774 | 0.04994 |
| 9 | 14.458 | 0.93277 | 30 | 0.639 | 0.04123 |
| 9.5 | 14.179 | 0.91477 | 30.5 | 0.551 | 0.03555 |

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co | เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร) | C/Co |
|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 0.659 | 0.04252 | 39 | 0.209 | 0.01348 |
| 31.5 | 0.706 | 0.04555 | 40 | 0.19 | 0.01226 |
| 32 | 0.68 | 0.04387 | 41 | 0.17 | 0.01097 |
| 32.5 | 0.564 | 0.03639 | 42 | 0.145 | 0.00935 |
| 33 | 0.509 | 0.03284 | 43 | 0.121 | 0.00781 |
| 33.5 | 0.457 | 0.02948 | 44 | 0.103 | 0.00665 |
| 34 | 0.418 | 0.02697 | 46 | 0.055 | 0.00355 |
| 35 | 0.35 | 0.02258 | 48 | 0.025 | 0.00161 |
| 36 | 0.292 | 0.01884 | 50 | 0.011 | 0.00071 |
| 37 | 0.247 | 0.01594 | 52 | 0.006 | 0.00039 |
| 38 | 0.226 | 0.01458 | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก จ.
# ชุดข้อมูลที่ป้อนสู่โปรแกรม HYDRUS2D

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.1 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 2.5 เซนตริเมตรต่อชั่วโมง พีเอช4**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 1372 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 2.47 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 732 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.35E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 21.54 |
| Nu (parameter b) | 267900 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.2 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 4.9 เซนติเมตรต่อชั่วโมง พีเอช4**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 682 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 4.93 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 332 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 9.55E-06 |
| $K_d$ (parametre axb) | 21.54 |
| Nu (parameter b) | 267900 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.3 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 9.9 เซนติเมตรต่อชั่วโมง พีเอช4**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 588 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 9.87 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 284 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.523-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 21.54 |
| Nu (parameter b) | 267900 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.4 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 19.7 เซนติเมตรต่อชั่วโมงพีเอช4**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 198 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 19.74 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 63 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.43E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 21.54 |
| Nu (parameter b) | 267900 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.5 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 2.5 เซนตริเมตรต่อชั่วโมง พีเอช7**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 312 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 2.47 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 138 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.54E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 9.91 |
| Nu (parameter b) | 125300 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.6 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 4.9 เซนติเมตรต่อชั่วโมง พีเอช7**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 179 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 4.93 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 72 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.58E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 9.91 |
| Nu (parameter b) | 125300 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.7 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 9.9 เซนติเมตรต่อชั่วโมง พีเอช7**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 159 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 9.87 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 69 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.63E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 9.91 |
| Nu (parameter b) | 125300 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.8 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 19.7 เซนติเมตรต่อชั่วโมงพีเอช7**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 47 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 19.74 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 19 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.46E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 9.91 |
| Nu (parameter b) | 125300 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.9 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 2.5 เซนติเมตรต่อชั่วโมง พีเอช 10**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 306 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 2.0 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 165 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.28E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 1.78 |
| Nu (parameter b) | 101900 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.10 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 4.9 เซนติเมตรต่อชั่วโมง พีเอช 10**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 268 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 3.94 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 112 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.84E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 1.78 |
| Nu (parameter b) | 101900 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.11 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 9.9 เซนติเมตรต่อชั่วโมง พีเอช 10**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 119 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 9.87 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 54 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.55E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 1.78 |
| Nu (parameter b) | 101900 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ จ.12 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) สู่โปรแกรม HYDRUS2D จำลองการเคลื่อนที่ของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 19.7 เซนตริเมตรต่อชั่วโมง พีเอช 10**

| ตัวแปร | ค่าที่ป้อน (Input) |
|---|---|
| Length Unit | cm |
| Time Unit | Hour |
| Time Discretization | 52 |
| $Q_s$ Porosity | 0.4 |
| $K_s$ Pore velocity | 19.74 |
| Mass Unut | g |
| Pulse Duration | 25.25 |
| Bulk Density | 2.6 |
| Disp.L | 1.89 |
| CBnd1 | 1.55E-05 |
| $K_d$ (parametre axb) | 1.78 |
| Nu (parameter b) | 101900 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกษิช แสงมุกดา เกิดเมื่อวันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา พ.ศ.2543 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา พ.ศ.2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย