

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณจรรยาบรรณของการดูแล

ตัวอย่างการคำนวณค่าคงที่อัตราปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน (k_1 นาที⁻¹) ค่าการดูดซับของตัวดูดซับ ณ สมดุล (q_c มิลลิกรัมต่อกรัม) จากความสัมพันธ์

$$\log (q_c - q_t) = \log q_c - \frac{k_1}{2.303} t$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง $\log (q_c - q_t)$ กับ t จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $-\frac{k_1}{2.303}$

และค่าตัดแกน y เท่ากับ $\log q_c$

สีซ็อมเมทิลไวโอเลตที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

สมการเส้นตรงปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน $y = -0.019x + 1.943$

$$R^2 = 0.527$$

ความชันของกราฟ -0.019

ค่าตัดแกน $y = 1.943$

$$k_1 = (\text{ความชันของกราฟ}) \times (-2.303)$$

$$q_c = 10^{\text{จุดตัดแกน } y}$$

$$k_1 = (-0.019) \times (-2.303)$$

$$q_c = 10^{1.943}$$

$$k_1 = 0.044$$

$$q_c = 87.70$$

สีซ็อมเมทิลอินบลูที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

สมการเส้นตรงปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน $y = -0.004x + 0.756$

$$R^2 = 0.608$$

ความชันของกราฟ -0.004

ค่าตัดแกน $y = 0.756$

$$k_1 = (\text{ความชันของกราฟ}) \times (-2.303)$$

$$q_c = 10^{\text{จุดตัดแกน } y}$$

$$k_1 = (-0.004) \times (-2.303)$$

$$q_c = 10^{0.756}$$

$$k_1 = 9.21 \times 10^{-4}$$

$$q_c = 5.70$$

สีซ็อมเมทิลออเรนจ์ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

สมการเส้นตรงปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน $y = -0.036x + 1.974$

$$R^2 = 0.760$$

ความชันของกราฟ -0.036

ค่าตัดแกน $y = 1.974$

$$k_1 = (\text{ความชันของกราฟ}) \times (-2.303)$$

$$q_c = 10^{\text{จุดตัดแกน } y}$$

$$k_1 = (-0.036) \times (-2.303)$$

$$q_c = 10^{1.974}$$

$$k_1 = 8.29 \times 10^{-2}$$

$$q_c = 94.19$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าคงที่อัตราปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน (k_2 กรัมต่อมิลลิกรัมต่อนาที)
ค่าการดูดซับของตัวดูดซับ ณ สมดุล (q_e . มิลลิกรัมต่อกรัม) จากความสัมพันธ์

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง $\frac{t}{q_t}$ กับ t จะได้กราฟที่มีความชันเท่ากับ $\frac{1}{q_e}$ และค่าตัดแกน y
เท่ากับ $\frac{1}{k_2 q_e^2}$

สีย้อมเมทิลไวโอเลตที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

สมการเส้นตรงปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน $y = 0.007x + 0.024$ $R^2 = 0.999$

ความชันของกราฟ = 0.007

ค่าตัดแกน $y = 0.024$

$$q_e = \frac{1}{\text{ความชันของกราฟ}}$$

$$k_2 = \frac{1}{\text{ค่าตัดแกน } y \times q_e^2}$$

$$q_e = \frac{1}{0.007}$$

$$k_2 = \frac{1}{0.024 \times 142.86^2}$$

$$q_e = 142.86$$

$$k_2 = 2.04 \times 10^{-1}$$

สีย้อมเมทิลินบลูที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

สมการเส้นตรงปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน $y = 0.009x + 0.017$ $R^2 = 0.999$

ความชันของกราฟ = 0.009

ค่าตัดแกน $y = 0.017$

$$q_e = \frac{1}{\text{ความชันของกราฟ}}$$

$$k_2 = \frac{1}{\text{ค่าตัดแกน } y \times q_e^2}$$

$$q_e = \frac{1}{0.009}$$

$$k_2 = \frac{1}{0.017 \times 111.11^2}$$

$$q_e = 111.11$$

$$k_2 = 4.76 \times 10^{-3}$$

สีย้อมเมทิลออเรนจ์ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

สมการเส้นตรงปฏิกิริยาอันดับสองเหมือน $y = 0.054x - 0.924$ $R^2 = 0.991$

ความชันของกราฟ = 0.054

ค่าตัดแกน $y = 0.924$

$$q_c = \frac{1}{\text{ความชันของกราฟ}}$$

$$k_2 = \frac{1}{\text{ค่าตัดแกน } y \times q_c^2}$$

$$q_c = \frac{1}{0.054}$$

$$k_2 = \frac{1}{0.924 \times 18.52^2}$$

$$q_c = 18.52$$

$$k_2 = 3.16 \times 10^{-3}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณไอโซเทอร์มและอุณหภูมิศาสตร์ของการดูดซับ

ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมการไอโซเทอร์มของแลงเมียร์ แสดงดังนี้

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} K_L} + \frac{C_e}{q_{\max}}$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง C_e กับ $\frac{C_e}{q_e}$ จะได้กราฟที่มีความชันเท่ากับ $\frac{1}{q_{\max}}$ และค่าตัดแกน

y เท่ากับ $\frac{1}{K_L q_{\max}}$.

ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

สมการเส้นตรงของแลงเมียร์ $y = 0.004x + 0.023$

$$R^2 = 0.951$$

ความชันของกราฟ - 0.004

ค่าตัดแกน y = 0.023

$$q_{\max} = \frac{1}{\text{ความชันของกราฟ}}$$

$$K_L = \frac{1}{q_{\max} \times \text{ค่าตัดแกน y}}$$

$$q_{\max} = \frac{1}{0.004}$$

$$K_L = \frac{1}{(250)(0.023)}$$

$$q_{\max} = 250$$

$$K_L = 0.1739$$

ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมการไอโซเทอร์มของฟรุนดลิช แสดงได้ดังนี้

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง $\ln C_e$ กับ $\ln q_e$ จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $\frac{1}{n}$

และจุดตัดแกน y เท่ากับ $\ln K_F$

ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

สมการเส้นตรงของฟรุนดลิช $y = 0.224x + 4.414$

$$R^2 = 0.680$$

ความชันของกราฟ - 0.224

ค่าตัดแกน y = 4.414

$$n = \frac{1}{\text{ความชันของกราฟ}}$$

$$K_F = \text{ค่าตัดแกน y}$$

$$n = \frac{1}{0.224}$$

$$K_F = e^{\text{ค่าตัดแกน y}}$$

$$n = 4.4642$$

$$e^{4.414} = 82.599$$

ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมการไอโซเทอร์มของเทมกิน แสดงได้ดังนี้

$$q_c = B \ln K_t - B \ln C_c$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง q_c กับ $\ln C_c$ จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ B และค่าตัดแกน y เท่ากับ K_t

ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

$$\text{สมการเส้นตรงของเทมกิน } y = 0.015x + 0.623$$

$$R^2 = 0.585$$

$$\text{ความชันของกราฟ} = 0.015$$

$$\text{ค่าตัดแกน } y = 0.623$$

$$\text{ความชัน} = \frac{RT}{b_T}$$

$$\text{ค่าตัดแกน } y = RT \frac{\ln K_t}{b_T}$$

$$0.015 = \frac{8.314 \times 293.15}{b_T}$$

$$0.623 = \frac{8.314 \times 293.15}{162483.2733} \ln K_t$$

$$b_T = 162483.2733$$

$$K_t = e^{41.533}$$

$$K_t = 1.091 \times 10^{18}$$

ตัวอย่างการคำนวณอุณหพลศาสตร์ของการดูดซับ

ผลการทดลองสมดุลของการดูดซับสีย้อมเมทิลไวโอเลต ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกันที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอาศัยพื้นฐานไอโซเทอร์มของแลงเมียร์ นำมาคำนวณค่า $\ln K_L$

$$\ln K_L = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT}$$

สีย้อมเมทิลไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

$$K_L = 0.1739 \text{ ลิตรต่อมิลลิกรัม}$$

$$K_L = (K_L \text{ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)} \times \text{มวลโมเลกุล}) = 0.1739 \times 393.96 = 68.51 \text{ ลิตรต่อโมล}$$

$$\ln K_L = 4.22$$

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln K_L$ กับ $1/T$ จะได้กราฟที่มีความชันเท่ากับ $-\frac{\Delta H^\circ}{R}$

และค่าตัดแกน y เท่ากับ $\frac{\Delta S^\circ}{R}$ สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทางอุณหพลศาสตร์ ได้ดังนี้

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

สมการเส้นตรง $y = -1393x + 8.833$

ความชัน = -1.393

$$\Delta H^\circ = \text{ความชัน} \times 8.314 = -1393 \times 8.314 = 11581.402 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$$

$$\Delta H^\circ = 11.58 \text{ (kJ mol}^{-1}\text{)}$$

ค่าตัดแกน $y = 8.833$

$$\Delta S^\circ = \text{ค่าตัดแกน } y \times R = 8.833 \times 8.314 = 73.43 \text{ (J mol}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการดูดซับ

ตารางที่ ค-1 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลไวโอเลตที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร
บนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความเข้มข้น ที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
10	0.0300	0.3502	10	32.000	118.000	98.333
20	0.0301	0.2047	10	18.891	131.108	108.893
30	0.0300	0.1332	10	12.450	137.549	114.624
60	0.0299	0.1149	10	10.801	139.198	116.386
90	0.0299	0.1482	1	1.380	148.619	124.264
120	0.0300	0.1597	1	1.483	148.516	123.763
150	0.0300	0.0511	1	0.505	149.494	124.578
180	0.0299	0.1251	1	1.172	148.827	124.438
240	0.0299	0.0392	1	0.398	149.601	125.085
300	0.0299	0.0403	1	0.408	149.591	125.076

ตารางที่ ค-2 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลไวโอเลตที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

บนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความเข้มข้น ที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
10	0.0300	0.486	10	44.243	155.756	129.797
20	0.0300	0.236	10	21.783	178.216	148.513
30	0.0300	0.185	10	17.171	182.828	152.357
60	0.0300	0.108	10	10.261	189.738	158.115
90	0.0301	0.072	10	6.972	193.027	160.321
120	0.0301	0.051	10	5.108	194.891	161.870
150	0.0301	0.034	10	3.558	196.441	163.157
180	0.0300	0.019	10	2.225	197.774	164.812
240	0.0299	0.013	10	1.693	198.306	165.807
300	0.0301	0.106	1	1.000	199.000	165.282

ตารางที่ ก-3 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลไวโอเลตที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร
บนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความ เข้มข้นที่ เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
10	0.0303	0.703	10	63.855	186.144	153.584
20	0.0298	0.329	10	30.090	219.909	184.488
30	0.0298	0.340	10	31.162	218.837	183.588
60	0.0299	0.261	10	23.963	226.036	188.993
90	0.0300	0.192	10	17.792	232.207	193.506
120	0.0300	0.126	10	11.828	238.171	198.475
150	0.0303	0.113	10	10.693	239.306	197.447
180	0.0300	0.136	10	12.720	237.279	197.732
240	0.0299	0.099	10	9.432	240.567	201.143
300	0.0299	0.080	10	7.675	242.324	202.612

ตารางที่ ก-4 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

บนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความ เข้มข้นที่ เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
10	0.0303	0.532	10	27.713	122.286	100.896
20	0.0300	0.523	10	27.281	122.718	102.265
30	0.0300	0.538	10	28.000	122.000	101.666
60	0.0300	0.522	10	27.211	122.788	102.324
90	0.0298	0.523	10	27.281	122.718	102.951
120	0.0298	0.525	10	27.356	122.643	102.888
150	0.0298	0.494	10	25.804	124.195	104.191
180	0.0298	0.474	10	24.798	125.201	105.034
240	0.0298	0.455	10	23.839	126.160	105.839
300	0.0298	0.453	10	23.728	126.271	105.932

ตารางที่ ก-5 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

บนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความ เข้มข้นที่ เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
10	0.0302	1.507	10	76.693	123.306	102.074
20	0.0302	1.426	10	72.648	127.351	105.423
30	0.0301	1.427	10	72.678	127.321	105.748
60	0.0300	1.426	10	72.633	127.366	106.139
90	0.0300	1.424	10	72.537	127.462	106.218
120	0.0300	1.410	10	71.824	128.175	106.813
150	0.0299	1.306	10	66.603	133.396	111.535
180	0.0299	1.309	10	66.763	133.236	111.401
240	0.0298	1.298	10	66.201	133.798	112.247
300	0.0298	1.2459	10	63.56281	136.437	114.460

ตารางที่ ก-6 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

บนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความ เข้มข้นที่ เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
10	0.0299	1.129	20	115.427	134.572	112.519
20	0.0302	1.105	20	113.045	136.954	113.373
30	0.0300	1.076	20	110.100	139.899	116.582
60	0.0301	1.043	20	106.743	143.256	118.983
90	0.0303	1.045	20	107.025	142.974	117.966
120	0.0301	1.007	20	103.206	146.793	121.921
150	0.0299	1.004	20	102.884	147.115	123.006
180	0.0299	0.998	20	102.271	147.728	123.518
240	0.0299	0.939	20	96.301	153.698	128.510
300	0.0302	0.953	20	97.758	152.241	126.027

ตารางที่ ค-7 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลออเรนจ์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

บนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความ เข้มข้นที่ เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
5	0.0299	0.761	1	11.666	8.333	6.968
10	0.0299	0.771	1	11.821	8.178	6.838
20	0.0299	0.685	1	10.495	9.504	7.947
30	0.0302	0.435	1	6.650	13.349	11.050
60	0.0299	0.111	1	1.666	18.333	15.329
90	0.0303	0.129	1	1.944	18.055	14.897
120	0.0299	0.014	1	0.176	19.823	16.574
180	0.0297	0.004	1	0.027	19.972	16.811

ตารางที่ ก-8 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลออเรนจ์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร
บนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความ เข้มข้นที่ เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
5	0.0301	1.008	1	15.463	14.536	12.073
10	0.0298	1.027	1	15.758	14.241	11.947
20	0.0300	0.560	1	8.569	21.430	17.858
30	0.0300	0.128	1	1.924	28.075	23.396
60	0.0300	0.106	1	1.586	28.413	23.678
90	0.0297	0.096	1	1.436	28.563	24.042
120	0.0302	0.059	1	0.866	29.133	24.117
180	0.0299	0.008	1	0.078	29.921	25.018

ตารางที่ ก- 9 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลออเรนจ์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
บนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	มวล CNTs (g)	ค่าการ ดูดกลืนแสง	การเจือ จาง (เท่า)	ความ เข้มข้นที่ เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
5	0.0298	1.230	1	18.887	31.112	26.100
10	0.0297	1.408	1	21.627	28.372	23.882
20	0.0296	0.304	1	4.630	45.369	38.318
30	0.0298	0.260	1	3.955	46.044	38.628
60	0.0299	0.521	1	7.970	42.029	35.141
90	0.0298	0.059	1	0.864	49.135	41.220
120	0.0300	0.026	1	0.360	49.640	41.366
180	0.0300	0.021	1	0.284	49.715	41.429

ตารางที่ ก-10 ผลการดูดซับสีของเมทิลไวโอเลตที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 150, 200 และ 250

มิลลิกรัมต่อลิตรบนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L)					
	150		200		250	
	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
10	118.000	98.333	155.756	98.333	186.144	153.584
20	131.108	108.893	178.216	108.893	219.909	184.488
30	137.549	114.624	182.828	114.624	218.837	183.588
60	139.198	116.386	189.738	116.386	226.036	188.993
90	148.619	124.264	193.027	124.264	232.207	193.506
120	148.516	123.763	194.891	123.763	238.171	198.475
150	149.494	124.578	196.441	124.578	239.306	197.447
180	148.827	124.438	197.774	124.438	237.279	197.732
240	149.601	125.085	198.306	125.085	240.567	201.143
300	149.591	125.076	199.000	125.076	242.324	202.612

ตารางที่ ก-11 ผลการดูดซับสีของเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 150, 200 และ 250

มิลลิกรัมต่อลิตรบนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L)					
	150		200		250	
	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
10	122.286	100.896	123.306	102.074	134.572	112.519
20	122.718	102.265	127.351	105.423	136.954	113.373
30	122.000	101.666	127.321	105.748	139.899	116.582
60	122.788	102.324	127.366	106.139	143.256	118.983
90	122.718	102.951	127.462	106.218	142.974	117.966
120	122.643	102.888	128.175	106.813	146.793	121.921
150	124.195	104.191	133.396	111.535	147.115	123.006
180	125.201	105.034	133.236	111.401	147.728	123.518
240	126.160	105.839	133.798	112.247	153.698	128.510
300	126.271	105.932	136.437	114.460	152.241	126.027

ตารางที่ ก-12 ผลการดูดซับสีย้อมเมทิลออเรนจ์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20, 30 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตรบนท่อนาโนคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L)					
	20		30		50	
	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความเข้มข้น ที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
5	8.333	6.968	14.536	12.073	31.112	26.100
10	8.178	6.838	14.241	11.947	28.372	23.882
20	9.504	7.947	21.430	17.858	45.369	38.318
30	13.349	11.050	28.075	23.396	46.044	38.628
60	18.333	15.329	28.413	23.678	42.029	35.141
90	18.055	14.897	28.563	24.042	49.135	41.220
120	19.823	16.574	29.133	24.117	49.640	41.366
180	19.972	16.811	29.921	25.018	49.715	41.429

ตารางที่ ก-13 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลไวโอเลตบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ
20 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น (mg/L)	มวล CNTs (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	การเจือจาง (เท่า)	ความเข้มข้นที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
150	0.0301	0.696	1	6.320	143.679	119.335
170	0.0301	1.145	1	10.366	159.633	132.586
190	0.0300	0.167	10	15.513	174.486	145.405
210	0.0302	0.167	10	15.513	194.486	160.999
230	0.0300	0.278	10	25.495	204.504	170.420
250	0.0299	0.327	10	29.955	220.045	183.984
270	0.0298	0.555	10	50.495	219.504	184.148
290	0.0298	0.731	10	66.360	223.639	187.617
310	0.0301	0.851	10	77.189	232.810	193.364
330	0.0300	0.982	10	88.973	241.027	200.856
350	0.0300	0.472	10	42.991	307.009	255.841
370	0.0299	0.676	10	61.378	308.621	258.045

ตารางที่ ก-14 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลไวโอเลตบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ

30 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น (mg/L)	มวล CNTs (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	การเจือจาง (เท่า)	ความเข้มข้นที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
150	0.0300	0.056	10	5.504	144.495	120.413
170	0.0303	0.075	10	7.288	162.711	134.251
190	0.0303	0.110	10	10.414	179.585	148.173
210	0.0302	0.102	20	19.405	190.594	157.777
230	0.0302	0.137	20	25.747	204.252	169.083
250	0.0301	0.142	20	26.594	223.405	185.553
270	0.0302	0.097	50	46.216	223.783	185.251
290	0.0300	0.106	50	50.000	240.000	200.000
310	0.0300	0.148	50	68.964	241.036	200.863
330	0.0301	0.129	50	60.495	269.504	223.841
350	0.0302	0.182	50	84.459	265.540	219.818
370	0.0303	0.222	50	102.297	267.702	220.877

ตารางที่ ค-15 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลไวโอเลตบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ
40 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น (mg/L)	มวล CNTs (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	การเจือจาง (เท่า)	ความเข้มข้นที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
150	0.0300	0.523	1	4.757	145.242	121.035
170	0.0300	0.611	1	5.557	164.442	137.035
190	0.0303	0.079	10	7.639	182.360	150.462
210	0.0303	0.191	10	17.711	192.288	158.654
230	0.0302	0.371	10	33.945	196.054	162.296
250	0.0300	0.466	10	42.504	207.495	172.913
270	0.0304	0.551	10	50.099	219.900	180.840
290	0.0300	0.782	10	70.955	219.045	182.538
310	0.0310	0.910	10	82.513	227.486	183.457
330	0.0299	1.275	10	115.378	214.621	179.450
350	0.0299	0.555	20	101.045	248.955	208.156
370	0.0303	0.727	20	131.945	238.054	196.414

ตารางที่ ก-16 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลไวโอเลตบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ
20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ความ เข้มข้น เริ่มต้น (mg/L)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)					
	20		30		40	
	ความ เข้มข้นที่ถูก ดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความ เข้มข้นที่ถูก ดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ ซับ (mg/g)	ความ เข้มข้นที่ถูก ดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ ซับ (mg/g)
150	143.679	119.335	144.495	120.413	145.242	121.035
170	159.633	132.586	162.711	134.251	164.442	137.035
190	174.486	145.405	179.585	148.173	182.360	150.462
210	194.486	160.999	190.594	157.777	192.288	158.654
230	204.504	170.420	204.252	169.083	196.054	162.296
250	220.045	183.984	223.405	185.553	207.495	172.913
270	219.504	184.148	223.783	185.251	219.900	180.840
290	223.639	187.617	240.000	200.000	219.045	182.538
310	232.810	193.364	241.036	200.863	227.486	183.457
330	241.027	200.856	269.504	223.841	214.621	179.450
350	307.009	255.841	265.540	219.818	248.955	208.156
370	308.621	258.045	267.702	220.877	238.054	196.414

ตารางที่ ค-17 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลีนบลูบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ

20 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น (mg/L)	มวล CNTs (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	การเจือจาง (เท่า)	ความเข้มข้นที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
150	0.0298	0.5354	10	27.859	122.140	102.467
170	0.0298	0.4956	10	25.859	144.140	120.923
190	0.0299	0.9431	10	48.346	141.653	118.439
210	0.0300	1.2832	10	65.437	144.562	120.469
230	0.0300	0.7931	20	81.618	148.381	123.652
250	0.0301	0.9228	20	94.653	155.346	129.026
270	0.0301	0.4351	50	114.095	155.904	129.489
290	0.0301	0.4718	50	123.316	166.683	138.441
310	0.0301	0.5709	50	148.216	161.783	134.372
330	0.0301	0.6619	50	171.080	158.919	131.993
350	0.0301	0.6911	50	178.417	171.582	142.511
370	0.0302	0.6971	50	179.924	190.075	157.347

ตารางที่ ค-18 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลีนบลูบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ

30 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น (mg/L)	มวล CNTs (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	การเจือจาง (เท่า)	ความเข้มข้นที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
150	0.0298	0.393	10	20.723	129.276	108.453
170	0.0299	0.694	10	35.839	134.160	112.175
190	0.0299	0.907	10	46.542	143.457	119.948
210	0.0299	0.624	20	64.633	145.366	121.544
230	0.0300	0.807	20	83.055	146.944	122.454
250	0.0300	0.974	20	99.799	150.201	125.168
270	0.0300	1.113	20	113.799	156.201	130.168
290	0.0300	0.501	50	130.804	159.196	132.663
310	0.0301	0.563	50	146.457	163.542	135.833
330	0.0301	0.612	50	158.542	171.457	142.406
350	0.0302	0.671	50	173.417	176.582	146.178
370	0.0302	0.788	50	202.989	167.010	138.253

ตารางที่ ค-19 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลีนบลูบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ

40 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น (mg/L)	มวล CNTs (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	การเจือจาง (เท่า)	ความเข้มข้นที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
150	0.0299	0.458	10	23.989	126.010	105.360
170	0.0300	0.703	10	36.281	133.718	111.432
190	0.0300	1.024	10	52.412	137.587	114.657
210	0.0300	1.231	10	62.824	147.175	122.647
230	0.0300	0.837	20	86.060	143.939	119.950
250	0.0300	0.995	20	101.929	148.070	123.392
270	0.0300	0.362	50	95.854	174.145	145.121
290	0.0300	0.446	50	116.934	173.065	144.221
310	0.0300	0.326	50	86.884	223.115	185.930
330	0.0300	0.568	50	147.713	182.286	151.905
350	0.0301	0.660	50	170.653	179.346	148.959
370	0.0301	0.854	50	219.397	150.603	125.086

ตารางที่ ค-20 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลีนบลูบนบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ

20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ความ เข้มข้น เริ่มต้น (mg/L)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)					
	20		30		40	
	ความ เข้มข้นที่ถูก ดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความ เข้มข้นที่ถูก ดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)	ความ เข้มข้นที่ถูก ดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการ ดูดซับ (mg/g)
150	122.140	102.467	129.276	108.453	126.010	105.360
170	144.140	120.923	134.160	112.175	133.718	111.432
190	141.653	118.439	143.457	119.948	137.587	114.657
210	144.562	120.469	145.366	121.544	147.175	122.647
230	148.381	123.652	146.944	122.454	143.939	119.950
250	155.346	129.026	150.201	125.168	148.070	123.392
270	155.904	129.489	156.201	130.168	174.145	145.121
290	166.683	138.441	159.196	132.663	173.065	144.221
310	161.783	134.372	163.542	135.833	223.115	185.930
330	158.919	131.993	171.457	142.406	182.286	151.905
350	171.582	142.511	176.582	146.178	179.346	148.959
370	190.075	157.347	167.010	138.253	150.603	125.086

ตารางที่ ค-21 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลออเรนจันที่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ

30 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น (mg/L)	มวล CNTs (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	การเจือจาง (เท่า)	ความเข้มข้นที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
40	0.0299	0.015	1	0.276	39.723	33.213
50	0.0300	0.074	1	1.190	48.809	40.674
60	0.0299	0.085	1	1.366	58.633	49.025
70	0.0301	0.150	1	2.367	67.632	56.173
80	0.0300	0.255	1	3.976	76.023	63.353

ตารางที่ ค-22 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลออเรนจันที่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ

40 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้น (mg/L)	มวล CNTs (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	การเจือจาง (เท่า)	ความเข้มข้นที่เหลือ (mg/L)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
40	0.0296	0.020	1	0.358	39.641	33.481
50	0.0297	0.038	1	0.640	49.360	41.549
60	0.0297	0.084	1	1.350	58.649	49.368
70	0.0299	0.162	1	2.544	67.455	56.401
80	0.0300	0.308	1	4.793	75.206	62.672

ตารางที่ ก-23 ผลการดูดซับที่สมดุลของสีย้อมเมทิลออเรนจ์บนบนท่อนาโนคาร์บอนที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	30		40	
	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	ความเข้มข้นที่ถูกดูดซับ (mg/L)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)
40	39.723	33.213	39.641	33.481
50	48.809	40.674	49.360	41.549
60	58.633	49.025	58.649	49.368
70	67.632	56.173	67.455	56.401
80	76.023	63.353	75.206	62.672