

บทที่ 4

การวิเคราะห์และผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์หาค่า $2DK^2$

จากกราฟฟังก์ชันความสัมพันธ์กับเวลาหนึ่งดังในรูปที่ 4.1 สามารถนำมาวิเคราะห์โดยการนำกราฟมา fit โดยใช้โปรแกรมที่เหมาะสม และในการศึกษานี้แสดงสมบัติทางจลนศาสตร์ของอนุภาคที่ผิวรอยต่อของของเหลวผสม เนื่องจากการกระเจิงของแสงจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเฉพาะตำแหน่ง (Local Density Fluctuation) มีลักษณะคล้ายกับการกระเจิงของแสงจากตัวกระเจิงที่เคลื่อนที่ในสารละลาย ดังนั้นสมการของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของสัญญาณที่ได้จึงมีลักษณะตามสมการ 2.19 ซึ่งเป็นแบบซิงเกิลเอกซ์โปเนนเชียล (single exponential) ที่อยู่ในรูป

$$y = a + b \exp(-x/c) \quad (4.1)$$

สมการ 2.19 และสมการ 4.1 ให้ความสัมพันธ์ ค่าของ $1/c$ เป็นค่าความกว้างของ Rayleigh peak ของแสงกระเจิง และมีความสัมพันธ์กับค่า thermal diffusivity D_T ดังสมการแสดงความสัมพันธ์คือ

$$y = a + b \exp(-2D_T K^2 x) \quad (4.2)$$

เมื่อ K เป็นเวกเตอร์ของการกระเจิง และมีขนาดเป็น $(4\pi/\lambda)(\sin\theta/2)$ สำหรับการกระเจิงของแสงที่มีความยาวคลื่น λ ที่มุมของการกระเจิง θ

จากสมการที่ 4.1 และ 4.2 จะได้

$$1/c = 2D_T K^2 \quad (4.3)$$

4.2 การวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงกระเจิง

ความเข้มของการกระเจิงของแสงในช่วงเวลาใด ๆ สามารถสร้างเป็นกราฟของความถี่ของการกระเจิงของแสงได้โดยสร้าง Frequency Curve หรือ Density Curve ซึ่งแสดงถึงจำนวนครั้งของปริมาณที่วัดได้ของจำนวนโฟตอนในช่วงเวลาที่กำหนด จะได้ความสัมพันธ์อยู่ในรูปของสมการ

$$y = a + b \exp(-0.5((x - c)/d)^2) \quad (4.4)$$

ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.2 เมื่อกำหนดให้ x เป็นจำนวนโฟตอนของแสงกระเจิงที่ตรวจนับได้ในแต่ละครั้ง (counts) และ y เป็นความถี่ (frequency)

จากข้อมูลที่ได้ ทำให้สามารถคำนวณหาค่าความเข้มของแสงกระเจิงได้จากสมการ

$$I = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i} \quad (4.5)$$

เมื่อ I เป็น ค่าความเข้มของแสงกระเจิง (Scattering intensity)

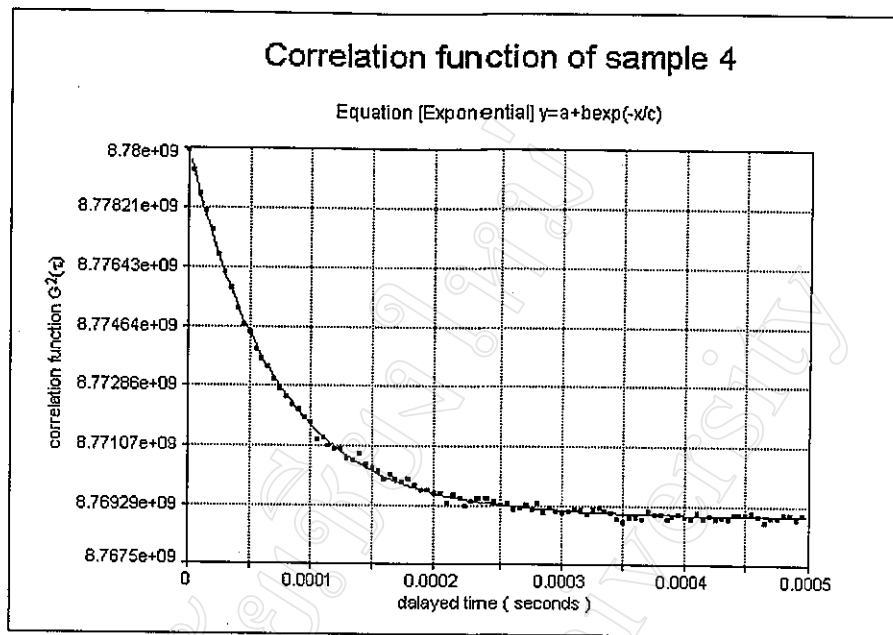
f_i เป็น ค่าความถี่ (frequency)

x_i เป็น จำนวนโฟตอนที่ตรวจนับได้ (counts)

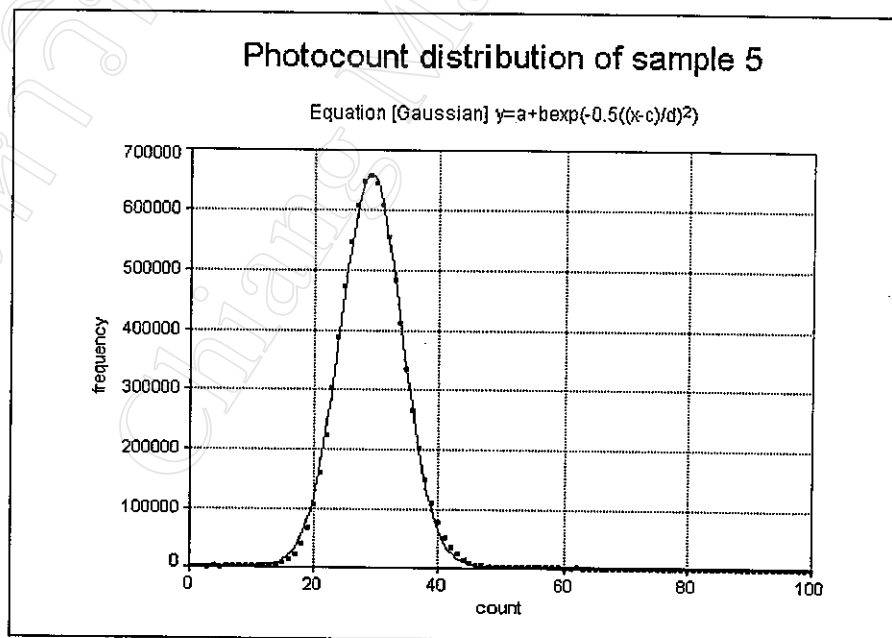
4.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ใช้สารตัวอย่างเป็นของเหลวผสมระหว่าง เมทานอล (CH_3OH) และไซโคลเฮกเซน (C_6H_{12}) ผสมกันด้วยอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 3.1 จากการวัดจำนวนโฟตอนที่กระเจิงจากสารตัวอย่างในช่วงเวลา T ใด ๆ อย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถหาค่าฟังก์ชันของความสัมพันธ์ $\langle n(T)n(iT + \tau) \rangle$ ตามสมการ 2.20 และสามารถนำ $n(iT)$ ในการทดลองแต่ละครั้งไปสร้าง Frequency Curve ได้โดยการใช้โปรแกรมที่เหมาะสม จากสมการ 4.2 ทำให้สามารถหาค่า 2DK^2 และค่าความเข้มของแสงกระเจิงที่ผิวรอยต่อของสารตัวอย่างในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 47.25 ถึง 49.50 องศาเซลเซียส ผลการวัดและวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงกระเจิง และค่า 2DK^2 ในแต่ละอุณหภูมิ แสดงในตารางที่ 4.1– 4.12 และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของ

แสงกระเจิงกับค่าอุณหภูมิแสดงในรูปที่ 4.1–4.6 ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างค่า $2DK^2$ กับค่าอุณหภูมิ แสดงในรูปที่ 4.7 – 4.12 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ในบริเวณที่อุณหภูมิมีค่าเข้าใกล้ค่าอุณหภูมิของการแยกเฟส ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายจะมีค่าน้อยที่สุดและค่าความเข้มของแสงกระเจิงจะมีค่ามากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าที่อัตราส่วนผสมของเมทานอล 29.00% โดยปริมาตร จะให้ค่าความเข้มของแสงกระเจิงมากกว่าอัตราส่วนผสมอื่น ๆ ซึ่งเรียกสำหรับของเหลวผสมทั้งสองว่าอัตราส่วนผสมของเมทานอล 29.00% โดยปริมาตรนี้เป็นอัตราส่วนผสมวิกฤต



รูปที่ 4.1 แสดงกราฟฟังก์ชันความสัมพันธ์ของโฟตอนกับค่าเวลาหน่วงของสารผสม
เมทานอล 29.00% ณ อุณหภูมิ 48.03 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟการกระจายของโฟตอนของแสงกระเจิงที่ตรวจนับได้ของสารผสม
เมทานอล 30.03% ณ อุณหภูมิ 48.03 องศาเซลเซียส

Temperature (°c)	Scattering intensity (Photon)
48.231	1.724022
48.439	1.543201
48.544	1.896078
48.649	2.254454
48.755	3.029613
48.861	6.325287
48.967	16.63884
49.075	10.46725
49.182	7.944721
49.290	6.419546
49.399	5.235849
49.508	4.464452

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงกระเจิง ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของสารผสม เมทานอล 26.50%

Temperature (°c)	Scattering intensity (Photon)
47.924	1.226455
48.026	1.374093
48.128	1.453387
48.231	1.814548
48.335	2.550179
48.439	7.205061
48.544	20.44284
48.649	13.45848
48.755	10.43259
48.861	8.344659
48.967	6.65348
49.075	5.59573
49.199	4.65667

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงกระเจิง ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของสารผสม เมทานอล 27.03%

Temperature (° c)	Scattering intensity(Photon)
47.924	2.757997
48.026	3.324107
48.128	3.430225
48.231	3.827933
48.335	4.369045
48.439	16.83830
48.544	22.78865
48.649	16.11882
48.755	11.70155
48.861	8.88722
48.967	7.135334
49.075	5.611775
49.182	5.159062
49.291	5.754919

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงกระเจิง ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของสารผสม
เมทานอล 28.00%

Temperature (° c)	Scattering intensity (Photon)
47.321	2.84615
47.420	3.531463
47.519	3.35213
47.620	4.880667
47.721	5.803445
47.822	18.69824
47.924	31.0490
48.026	20.95317
48.128	15.3656
48.231	11.01999
48.335	8.989071
48.439	7.54345
48.544	6.587542
48.649	5.754919

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงกระเจิง ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของสารผสม
เมทานอล 29.00%

Temperature (°c)	Scattering intensity (Photon)
47.420	2.565955
47.519	4.27658
47.620	4.778896
47.721	5.573531
47.822	7.561628
47.924	22.06083
48.026	26.42938
48.128	14.28173
48.231	10.36897
48.335	8.237623
48.439	6.624519
48.544	5.684384
48.649	5.023581
48.755	4.502426

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงกระเจิง ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของสารผสม เมทานอล 30.03%

Temperature (°c)	Scattering intensity (Photon)
48.231	2.220214
48.335	2.644313
48.439	3.23644
48.544	6.70260
48.649	7.84548
48.755	16.8476
48.861	26.06244
48.967	18.1682
49.075	13.79919
49.182	10.02448
49.290	7.67199
49.399	7.231978
49.508	6.19827
49.618	5.359763

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแสงกระเจิง ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของสารผสม เมทานอล 31.04%

Temperature (°C)	2DK ² (sec ⁻¹)
48.231	0.171863
48.439	0.120225
48.544	0.100673
48.649	0.091822
48.755	0.070962
48.861	0.045598
48.967	0.055462
49.075	0.073828
49.182	0.088556
49.290	0.100582
49.399	0.109809
49.508	0.142853

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความกว้างของสเปกตรัม 2DK² ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของ
สารผสม เมทานอล 26.50%

Temperature (°C)	2DK ² (sec ⁻¹)
47.924	0.090389
48.026	0.076612
48.128	0.082978
48.231	0.06996
48.335	0.055932
48.439	0.045434
48.544	0.05071
48.649	0.066589
48.755	0.080312
48.861	0.091077
48.967	0.101912
49.075	0.109749
49.199	0.119621

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความกว้างของสเปกตรัม 2DK² ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของ
สารผสม เมทานอล 27.03%

Temperature (°C)	2DK ² (sec ⁻¹)
47.924	0.160953
48.026	0.155186
48.128	0.125475
48.231	0.05455
48.335	0.04348
48.439	0.032177
48.544	0.047516
48.649	0.059552
48.755	0.073455
48.861	0.090181
48.967	0.105738
49.075	0.109586
49.182	0.117927

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความกว้างของสเปกตรัม 2DK² ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของสารผสม เมทานอล 28.00%

Temperature (°C)	2DK ² (sec ⁻¹)
47.321	0.17958
47.420	0.132837
47.519	0.166362
47.620	0.076983
47.721	0.061342
47.822	0.038211
49.934	0.038423
48.026	0.061342
48.128	0.083176
48.231	0.098843
48.335	0.109823
48.439	0.118984
48.544	0.126018
48.649	0.135084

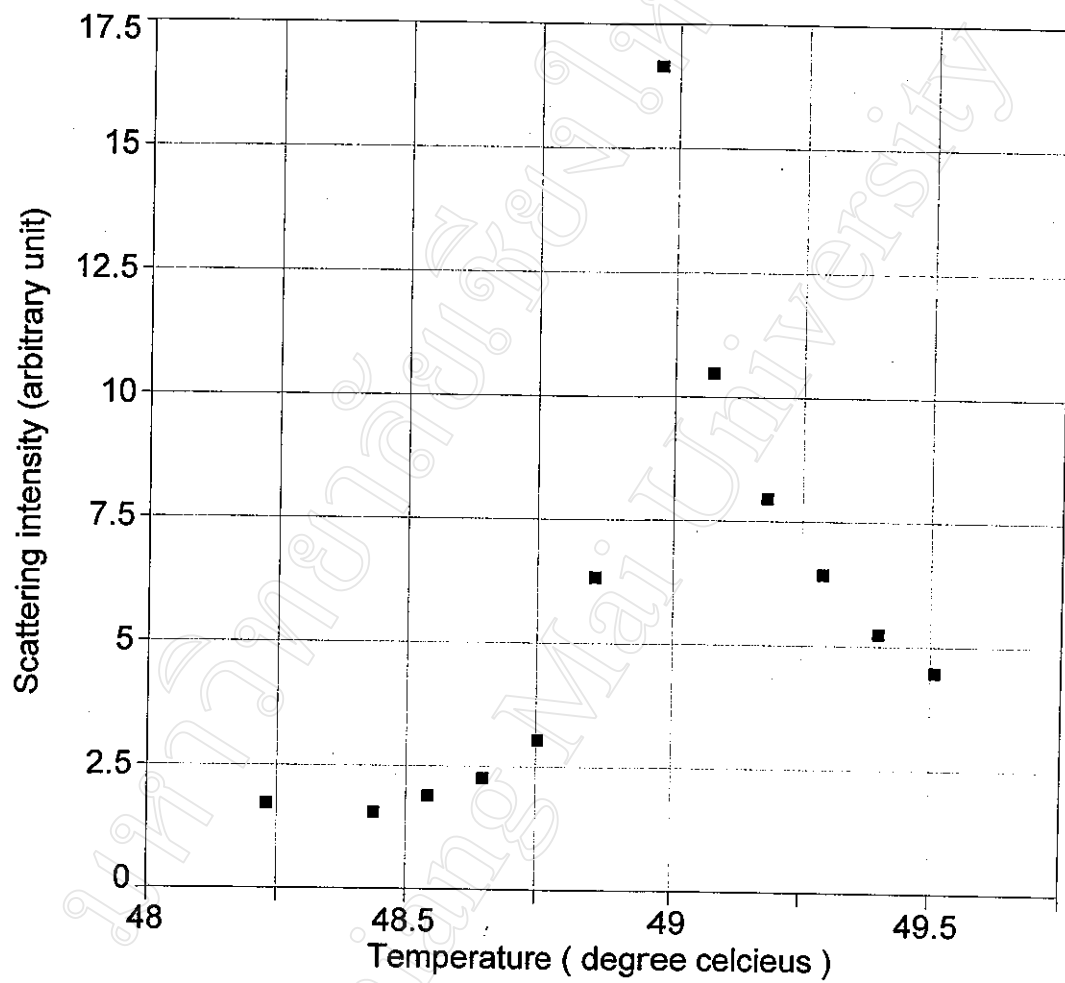
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความกว้างของสเปกตรัม 2DK² ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของสารผสม เมทานอล 29.00%

Temperature (°c)	2DK ² (sec ⁻¹)
47.420	0.146215
47.519	0.122667
47.620	0.110923
47.721	0.074283
47.822	0.053374
49.934	0.036255
48.026	0.046319
48.128	0.062263
48.231	0.07618
48.335	0.087063
48.439	0.101114
48.544	0.113329
48.649	0.118278
48.755	0.118937

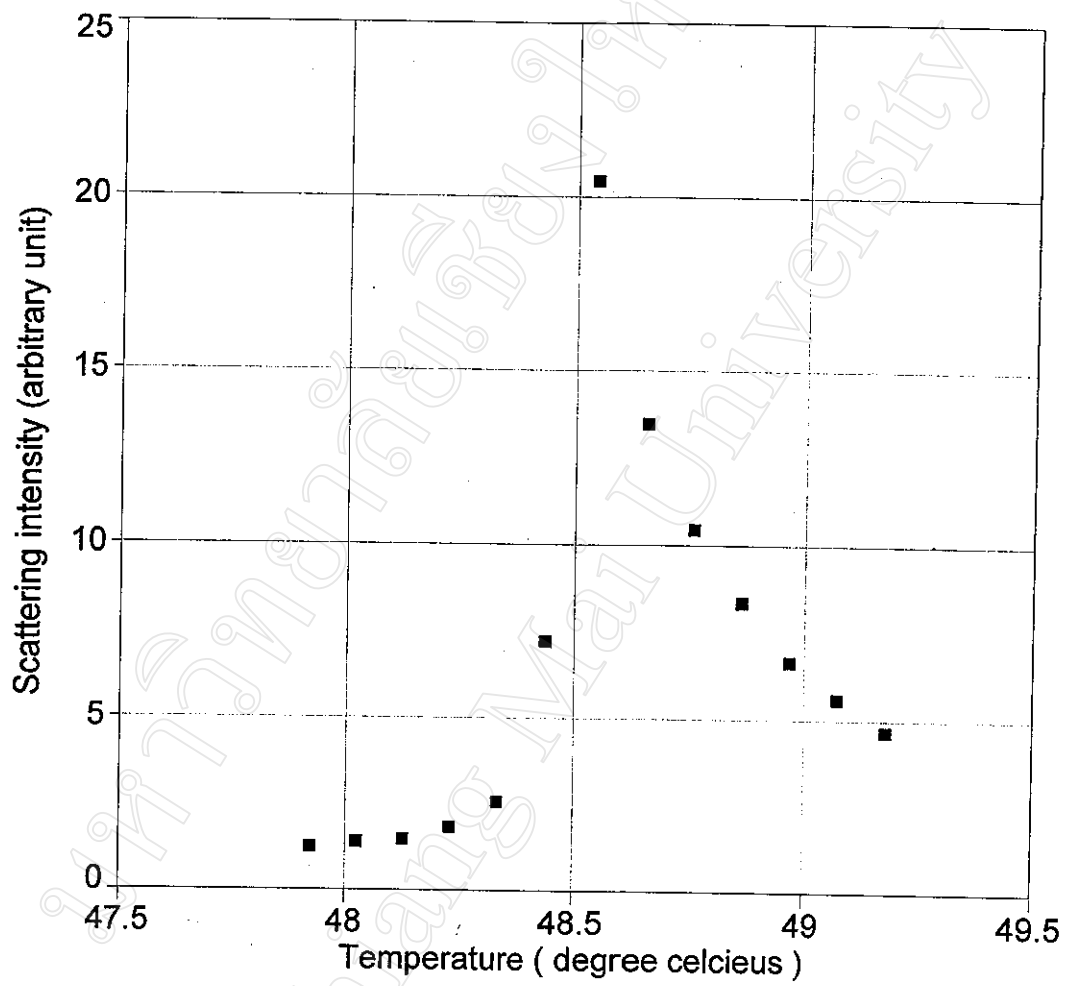
ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความกว้างของสเปกตรัม 2DK² ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของ
สารผสม เมทานอล 30.03%

Temperature (°c)	2DK ² (sec ⁻¹)
48.231	0.170411
48.335	0.126724
48.439	0.14093
48.544	0.070439
48.649	0.048604
48.755	0.032381
48.861	0.045143
48.967	0.056322
49.075	0.072002
49.182	0.083945
49.290	0.093054
49.399	0.099021
49.508	0.113913
49.618	0.113879

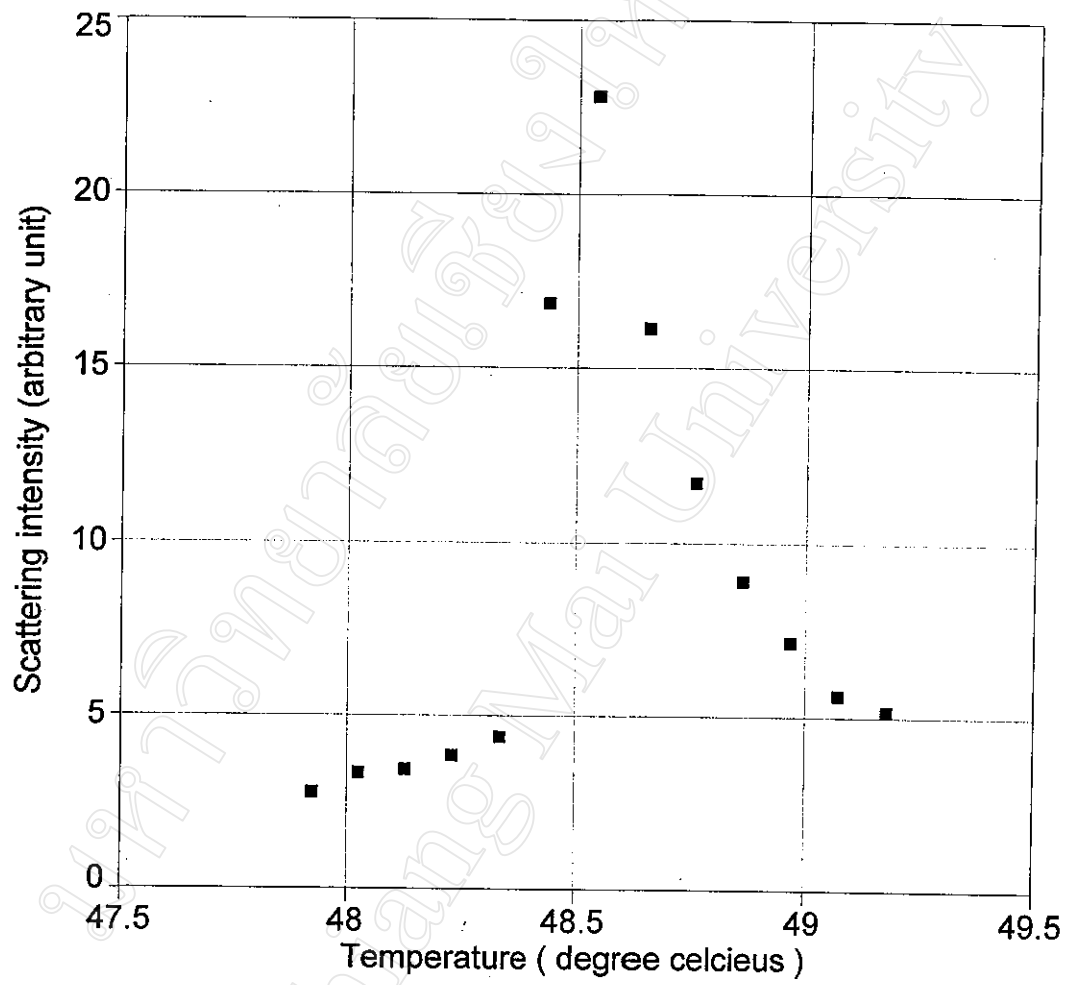
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความกว้างของสเปกตรัม 2DK² ณ แต่ละค่าอุณหภูมิของ
สารผสม เมทานอล 31.04%



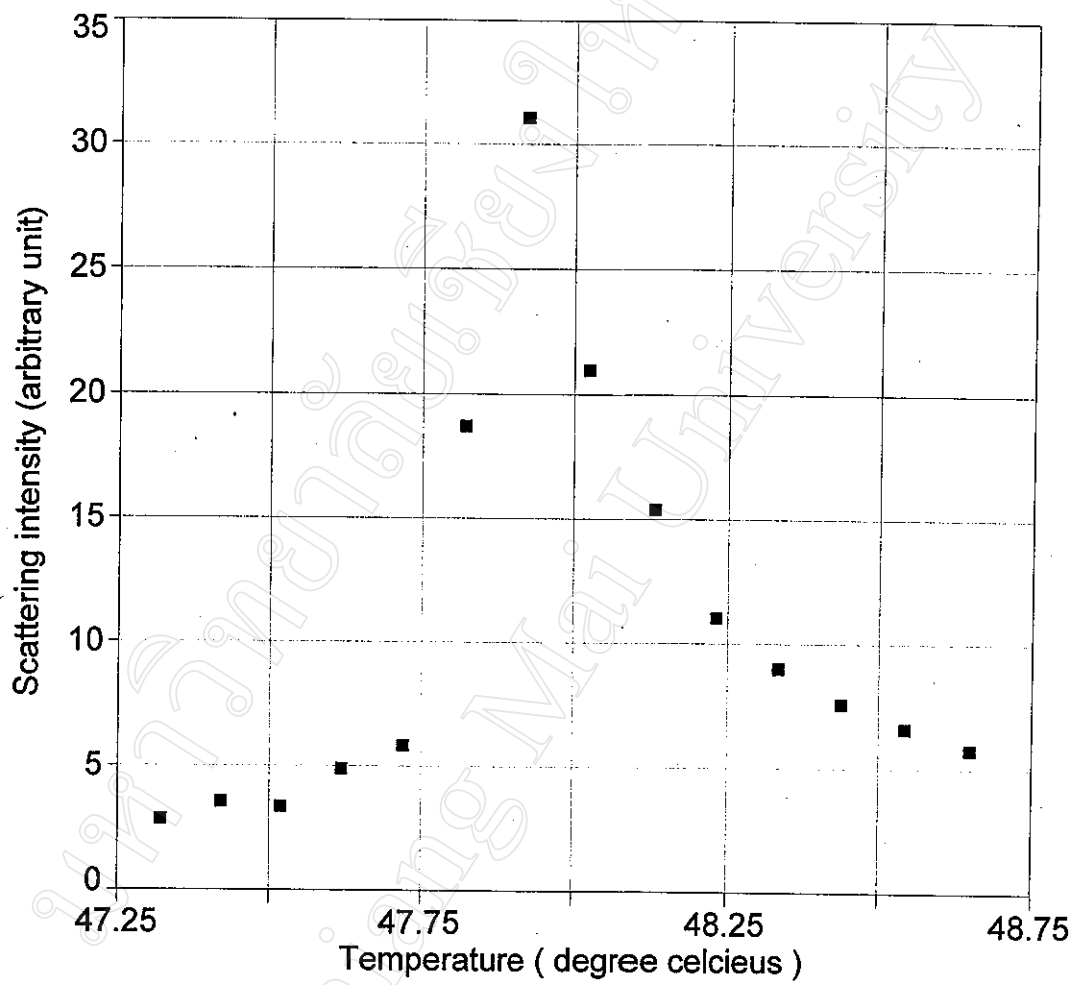
รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงกระเจิงกับค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 26.50% (สารตัวอย่างที่ 1)



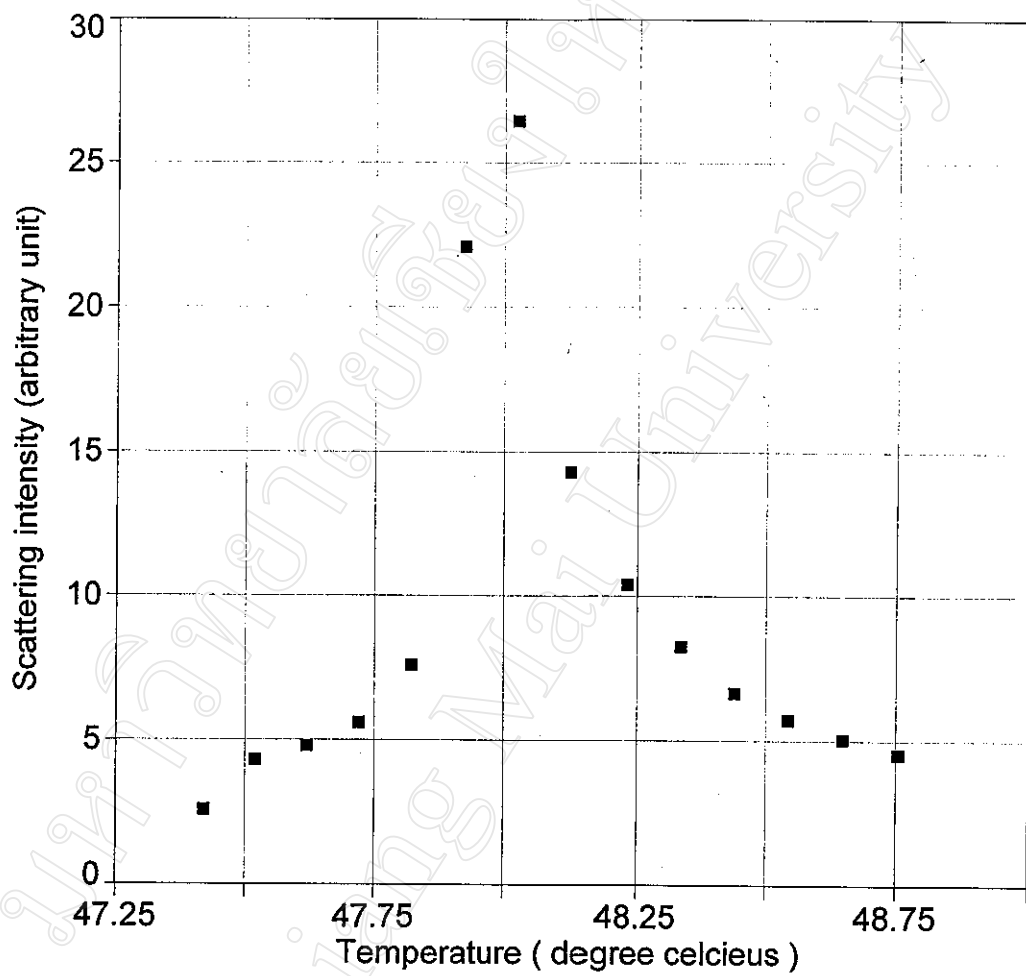
รูปที่ 4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงกระเจิงกับค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 27.03% (สารตัวอย่างที่ 2)



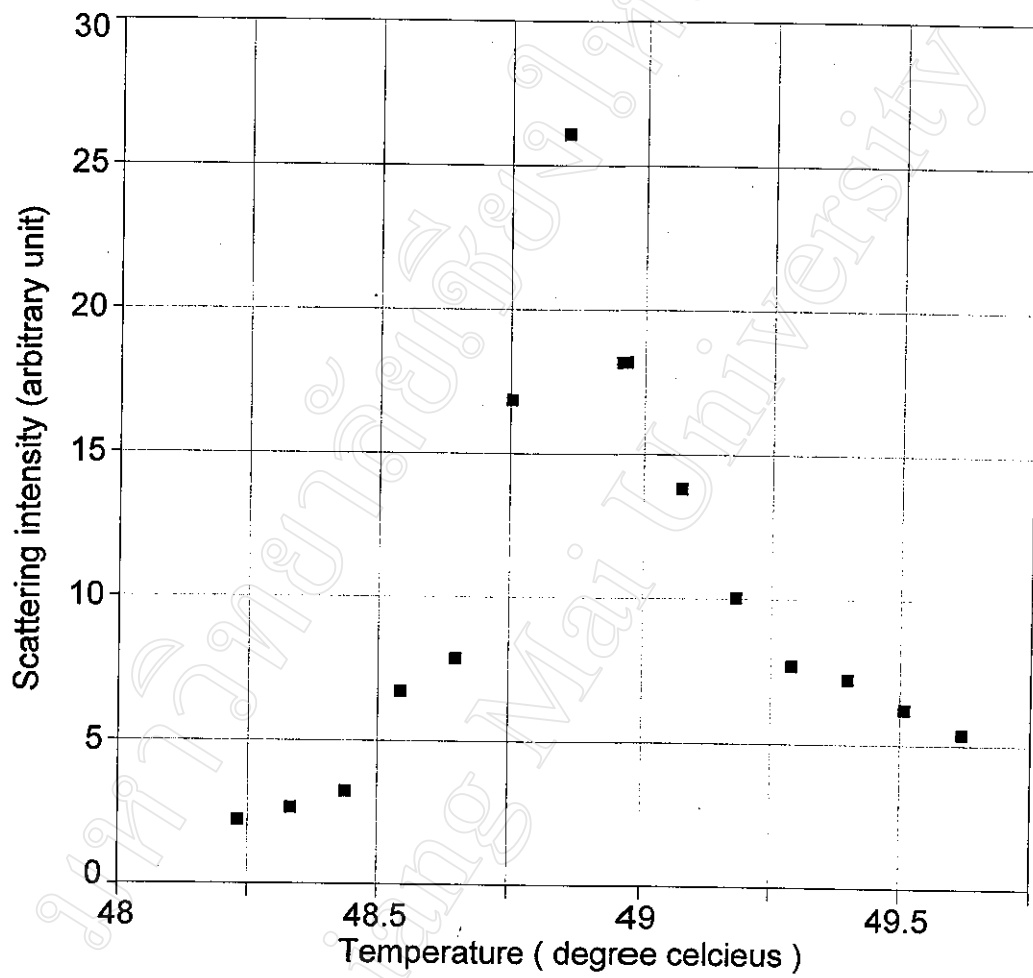
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงกระเจิงกับค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 28.00% (สารตัวอย่างที่ 3)



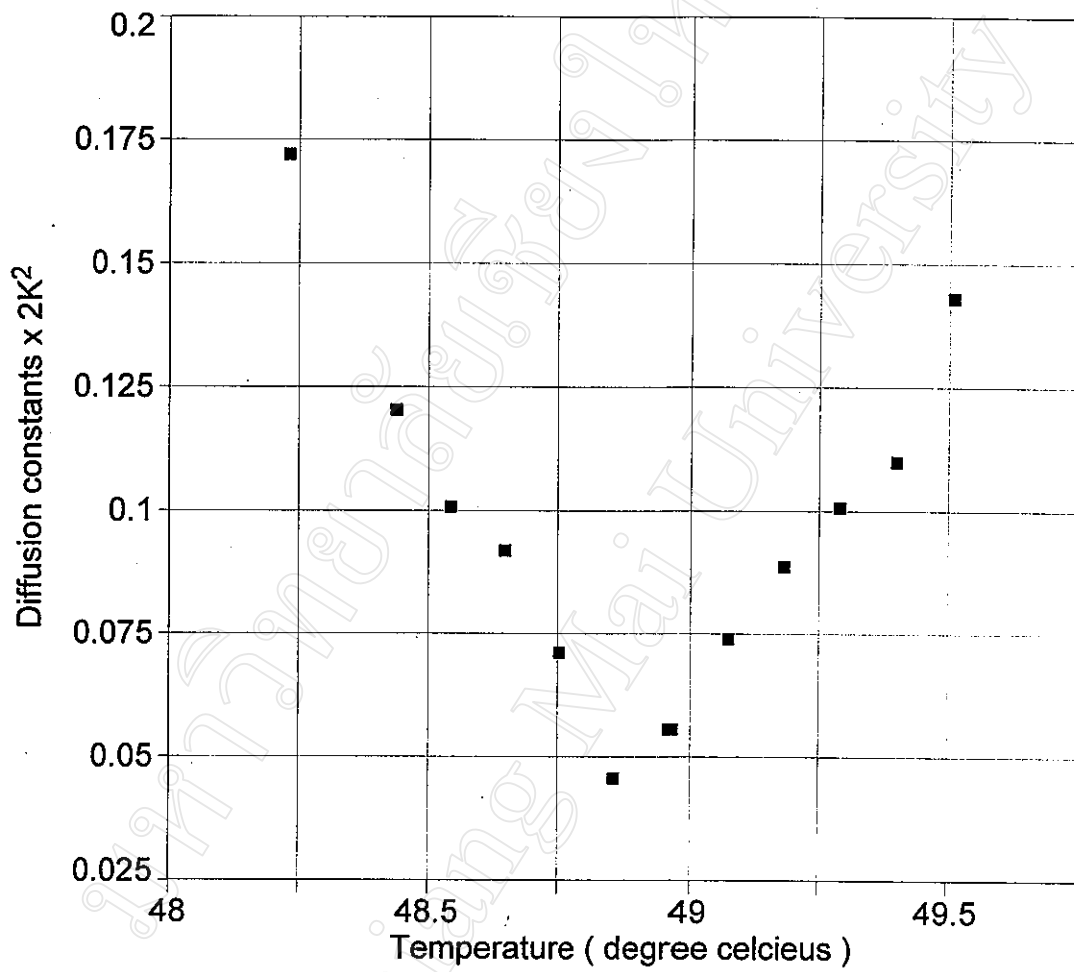
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงกระเจิงกับค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 29.00% (สารตัวอย่างที่ 4)



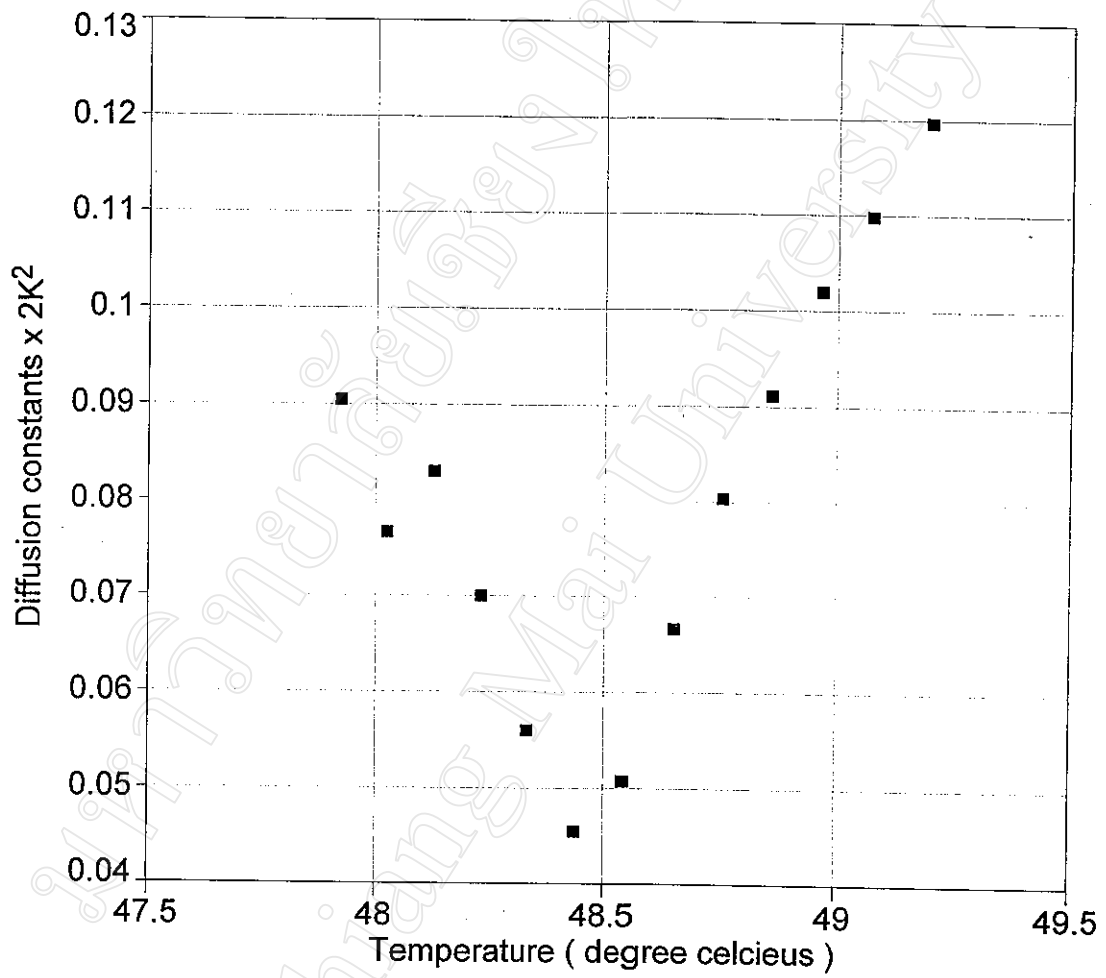
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงกระเจิงกับค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 30.03% (สารตัวอย่างที่ 5)



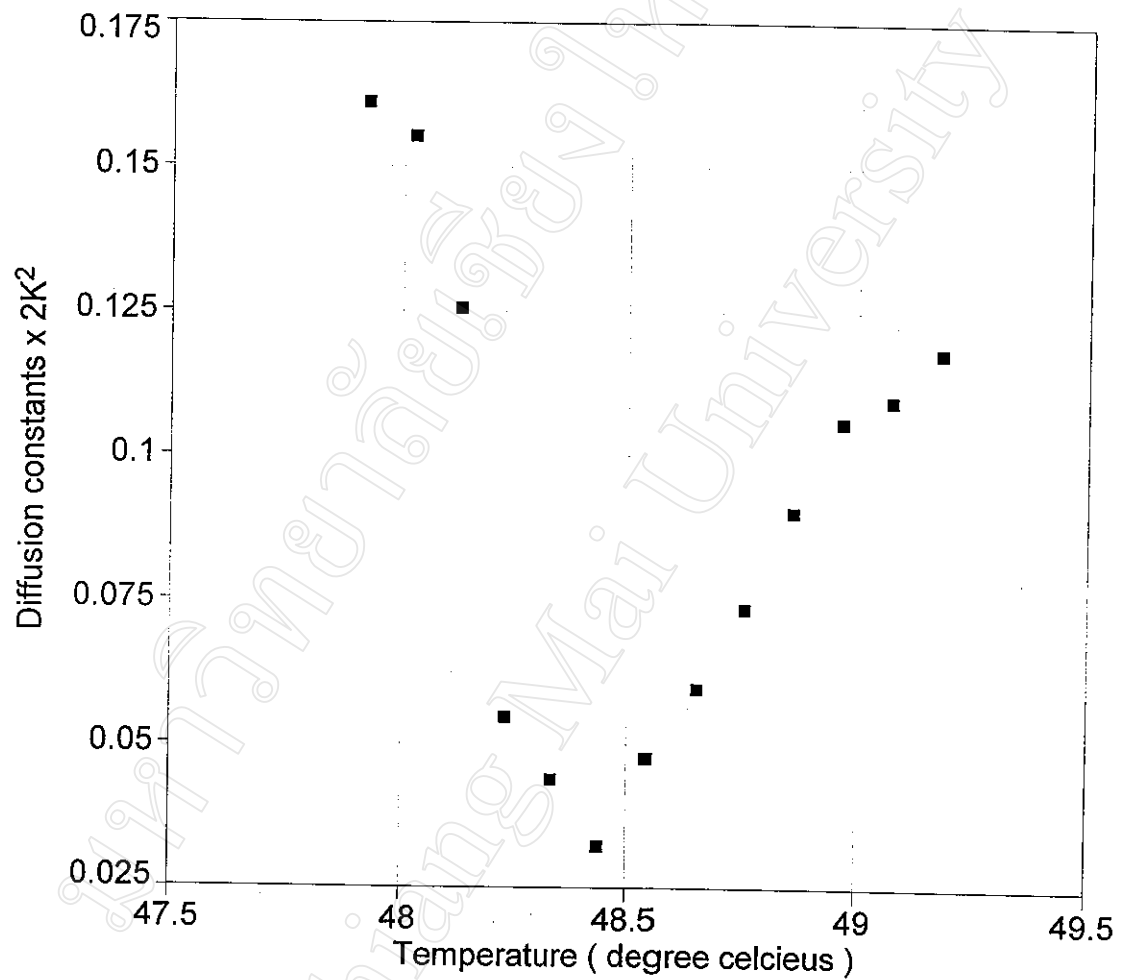
รูปที่ 4.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงกระเจิงกับค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 31.04% (สารตัวอย่างที่ 6)



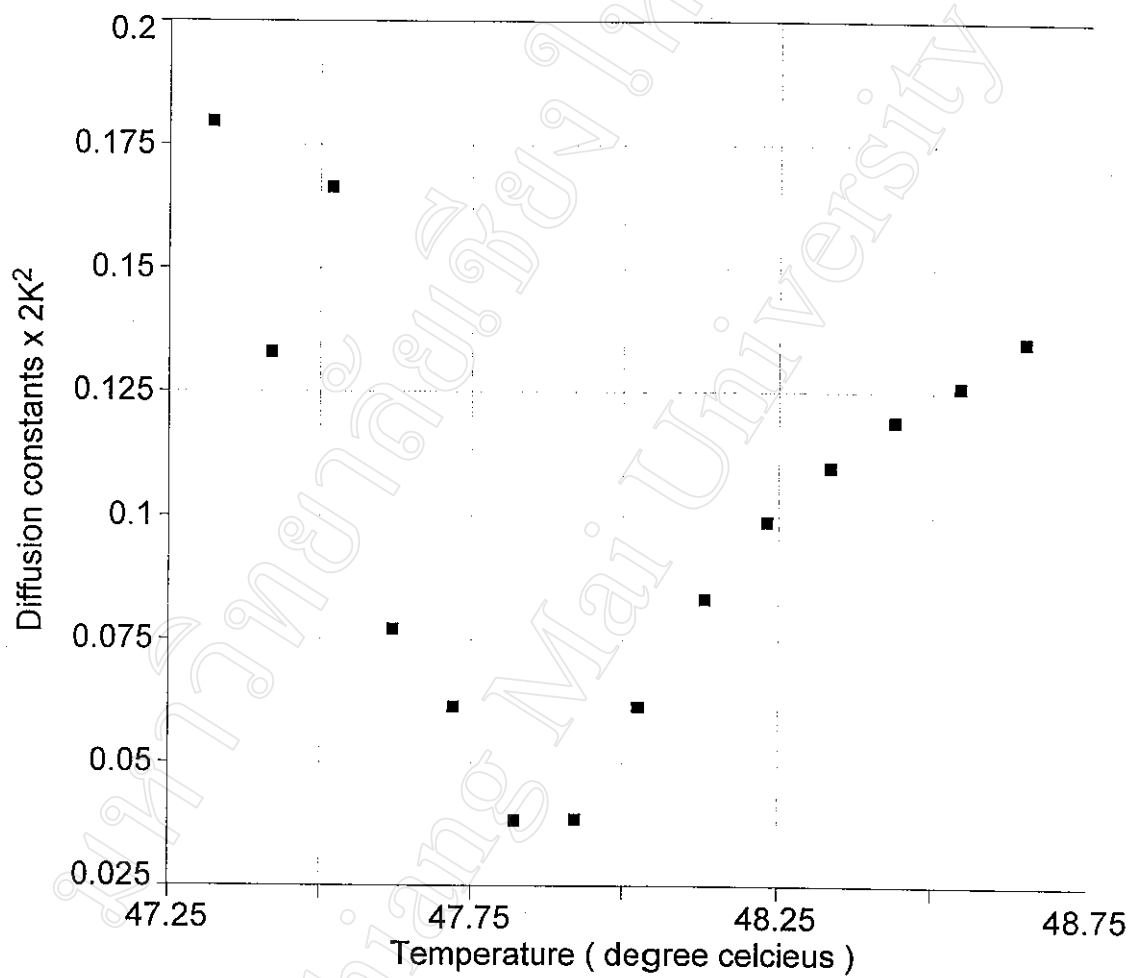
รูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกว้างของครึ่งหนึ่งของสเปคตรัม $2DK^2$ และค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 26.50% (สารตัวอย่างที่ 1)



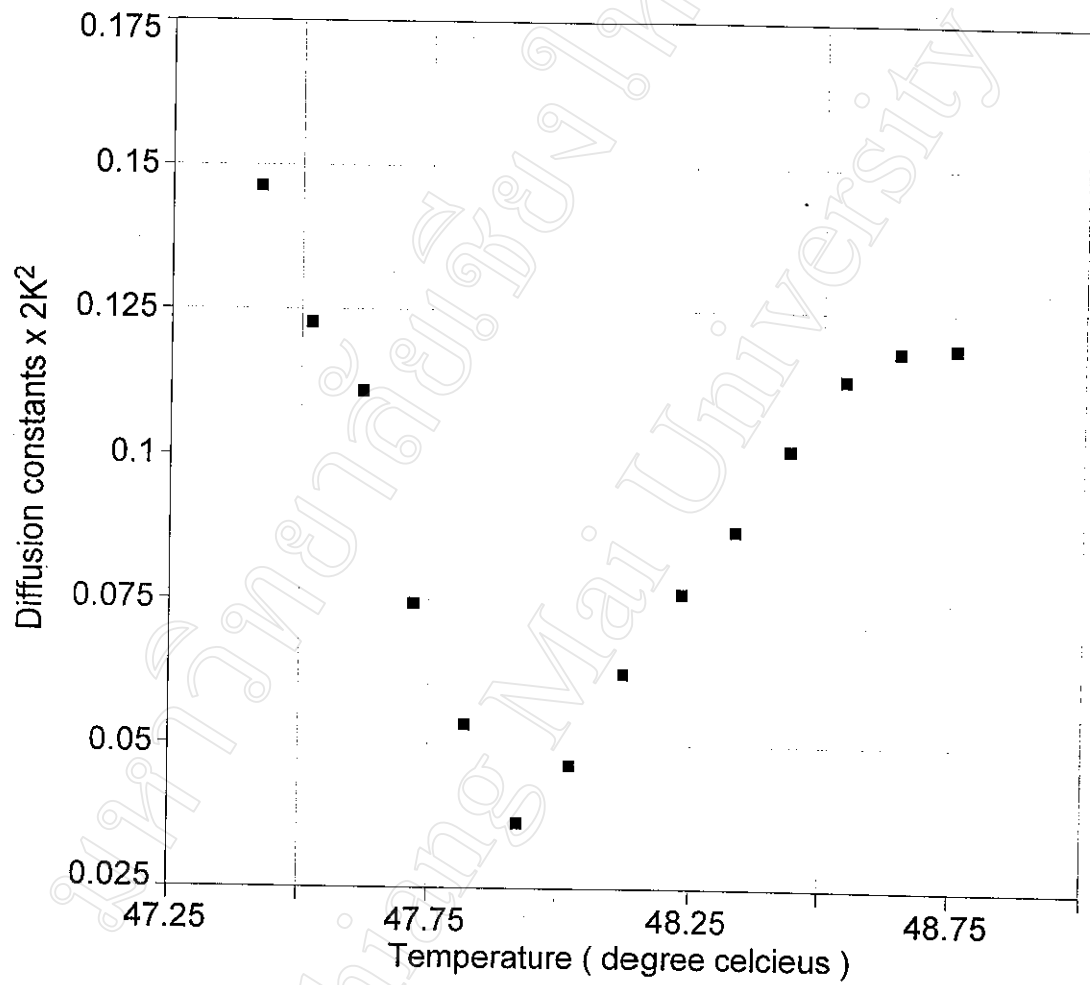
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกว้างของครึ่งหนึ่งของสเปกตรัม $2DK^2$ และค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 27.03% (สารตัวอย่างที่ 2)



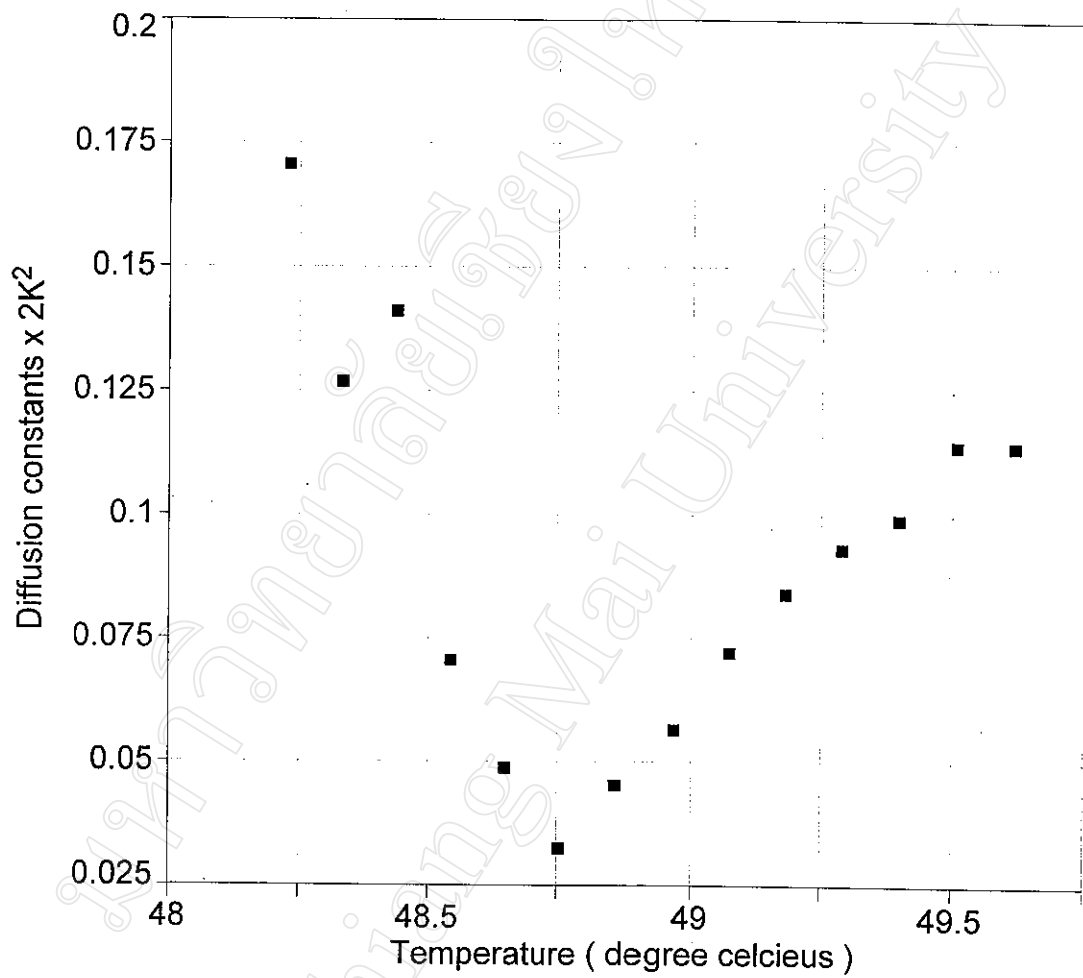
รูปที่ 4.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกว้างของครึ่งหนึ่งของสเปกตรัม $2DK^2$ และค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 28.00% (สารตัวอย่างที่ 3)



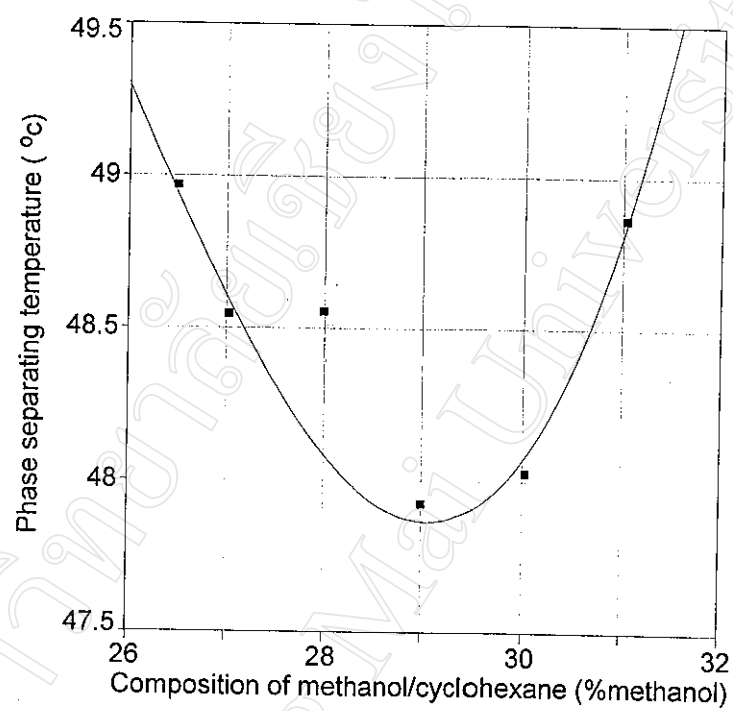
รูปที่ 4.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกว้างของครึ่งหนึ่งของสเปกตรัม $2DK^2$ และค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 29.00% (สารตัวอย่างที่ 4)



รูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกว้างของครึ่งหนึ่งของสเปกตรัม $2DK^2$ และค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 30.03% (สารตัวอย่างที่ 5)



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกว้างของครึ่งหนึ่งของสเปคตรัม $2DK^2$ และค่าอุณหภูมิของสารผสมเมทานอล 31.04% (สารตัวอย่างที่ 6)



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของการแยกเฟสและอัตราส่วนผสมของสารตัวอย่าง