บทที่ 5

ตัวอย่างการใช้งานเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์

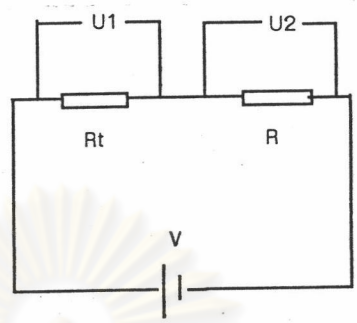
เครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทดลองทางฟิสิกส์ได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่าจะออกแบบการทดลองอย่างไร ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงตัวอย่างการทดลองทางฟิสิกส์บางอย่างที่สามารถนำเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์ไปใช้งานได้เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สนใจนำเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์ไปประยุกต์ใช้งานทางฟิสิกส์อื่นๆ ต่อไป

ตัวอย่างการใช้งานในการทำงานแบบ 1

การทำงานแบบ 1 เป็นการวัดค่าอุณหภูมิและค่าความต่างศักย์ทุกๆ ช่วงอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ซึ่งเราจะใช้การทำงานแบบ 1 ของเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์นี้มาหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ชนิด Bead ตัวหนึ่งที่ไม่ทราบลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของมันมาก่อน โดยมีวัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อนำเทอร์มิสเตอร์นี้ไปใช้งานในโอกาสอื่นๆ ต่อไป

การหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ในครั้งนี้เราอาศัยวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ง่ายๆ ที่แสดงในรูป 5.1 ช่วย โดยที่ R แทนตัวต้านทานค่าคงที่ค่าหนึ่ง R_t แทนเทอร์มิสเตอร์ที่จะหาลักษณะความสัมพันธ์ U1 และ U2 แทนความต่างศักย์ที่ตกคล่อม R_t และ R ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5.1 แสดงวงจรที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์

จากวงจรในรูป 5.1 เมื่อเราทราบค่าความต้านทาน R และความต่างศักย์ U1 และ U2 จะทำให้หาค่าความต่างศักย์ของเทอร์มิสเตอร์ R_t ได้จากสมการ

$$R_t = \frac{U1}{U2} R \qquad (5.1)$$

สำหรับการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ในครั้งนี้ เราออกแบบการทดลองให้เทอร์มิสเตอร์ที่ต้องการทดสอบวัดอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องเทียบกับค่าที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทองคำขาวที่ใช้กับเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์ โดยจัดเครื่องมือให้เทอร์โมมิเตอร์ทองคำขาวอยู่ใกล้กับเทอร์มิสเตอร์ที่ต้องการทดสอบมากที่สุดแล้วต่อเทอร์มิสเตอร์ตัวที่ต้องการทดสอบอนุกรมกับตัวต้านทาน R ที่มีค่า 1 kΩ โดยมีไฟเลี้ยงขนาด 1.5 V ให้เป็นวงจรดังรูป 5.1 จากนั้นต่อค่าความต่างศักย์ U1 กับ U2 เข้าที่ช่องสัญญาณ U1 และ U2 ของเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์ตามลำดับ ส่วนเทอร์โมมิเตอร์ทองคำขาวนั้นเราต่อเข้าช่องสัญญาณ T1 เพื่อให้เครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์อ่านค่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องผ่านทางหัววัดเทอร์โมมิเตอร์ทองคำขาวนั่นเอง

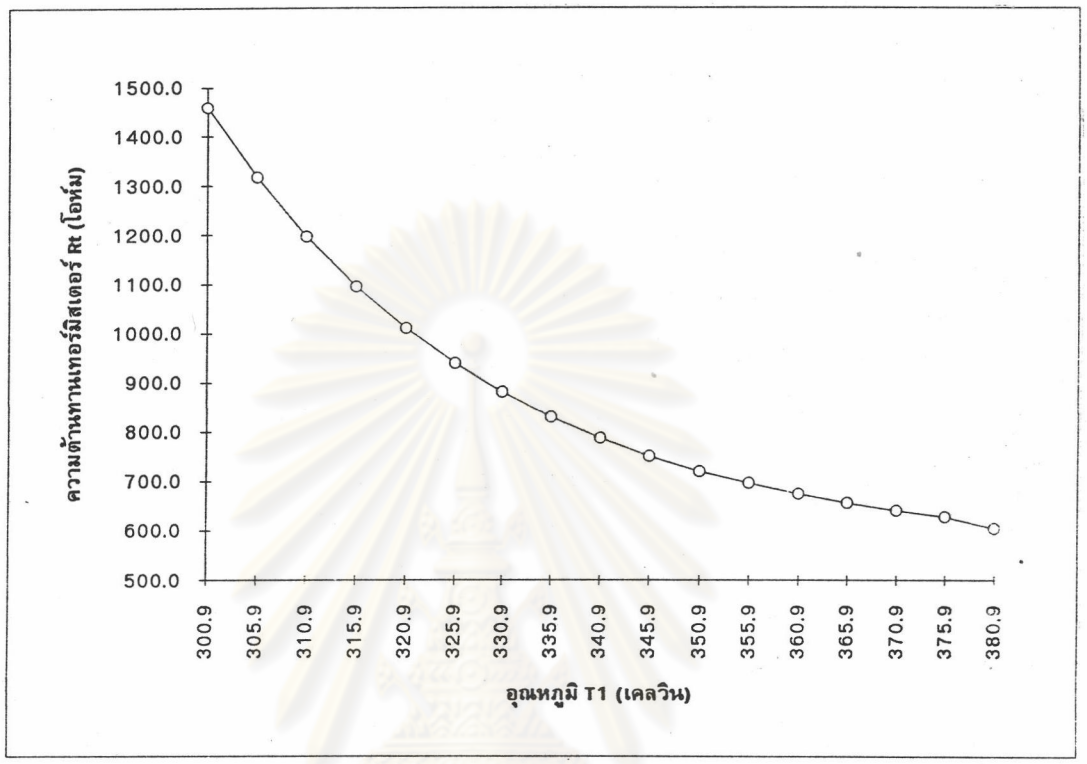
วิธีการทดลองเราจะให้ความร้อนกับน้ำมันเครื่องจนถึงอุณหภูมิประมาณ 381 เคลวิน จากนั้นหยุดให้ความร้อนกับน้ำมันเครื่องแล้วตั้งค่าให้เครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์นี้เก็บค่าอุณหภูมิ T1 และค่าความต่างศักย์ U1 กับ U2 ทุกๆ ช่วงอุณหภูมิที่ลดลง 5 เคลวิน ซึ่งจากการทดลองทำให้เราได้ค่าอุณหภูมิ T1 และค่าความต่างศักย์ U1 กับ U2 จากการบันทึกของเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์ และเมื่อเราใช้สมการ (5.1) คำนวณหาค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ตัวที่ใช้ทดสอบจากค่าที่อ่านได้ ทำให้เราได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิ ความต่างศักย์ทั้งสอง และความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ตัวที่ทดสอบเป็นดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 แสดงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ R_t ค่าความต่างศักย์ U1 และ U2 ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ T1 (K)	U1 (mV)	U2 (mV)	Rt (โอห์ม)
300.9	1012.5	694.1	1458.7
305.9	996.4	756.8	1316.6
310.9	983.2	821.8	1196.4
315.9	971.6	888.3	1093.8
320.9	960.7	951.8	1009.4
325.9	950.9	1013.1	938.6
330.9	942.3	1070.0	880.7
335.9	933.9	1125.8	829.5
340.9	926.2	1176.7	787.1
345.9	918.4	1223.2	750.8
350.9	911.5	1266.6	719.6
355.9	906.0	1302.9	695.4
360.9	900.1	1336.1	673.7
365.9	894.5	1364.5	655.6
370.9	889.6	1389.7	640.1
375.9	885.1	1411.7	627.0
380.9	876.4	1452.3	603.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เราสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ R_t จากตาราง 5.1 ได้เป็นกราฟที่แสดงในรูป 5.2



รูป 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ที่ทดสอบ

จากกราฟรูป 5.2 เราสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ชนิด Bead ที่ใช้ทดสอบนี้ได้ว่า ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ตัวนี้จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและลดลงอย่างไม่เป็นเส้นตรง

ตัวอย่างการใช้งานในการทำงานแบบ 2

การทำงานแบบ 2 ของเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์นี้เป็นการบันทึกค่าอุณหภูมิและค่าความต่างศักย์ทุกๆ ช่วงเวลาที่เปลี่ยนไป โดยเราประยุกต์ใช้การทำงานแบบ 2 ของเครื่องมือนี้ในการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิภายในเตาอบไฟฟ้าเครื่องหนึ่งเมื่อเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเตาอบ

การทดลองนี้เราออกแบบให้เครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์วัดค่าอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ทองคำขาวเป็นหัววัดเพื่อวัดค่าอุณหภูมิเข้ามาที่ช่องสัญญาณ T1 แล้วให้เครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์บันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที ซึ่งจากการทดลองเราสามารถอ่านค่าอุณหภูมิที่บันทึกได้ที่เวลาต่างๆ ดังแสดงในตาราง 5.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

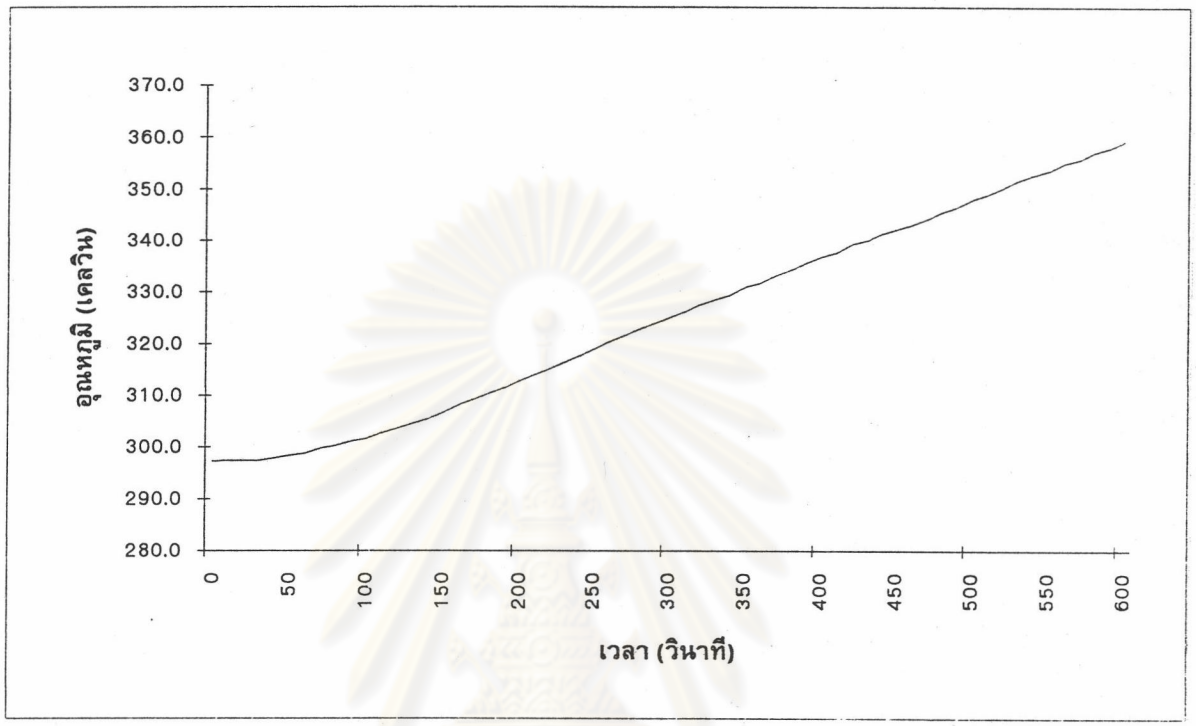
ตาราง 5.2 แสดงค่าอุณหภูมิภายในเตาอบไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ

เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (เคลวิน)
0	297.3
10	297.4
20	297.4
30	297.4
40	297.9
50	298.4
60	298.8
70	299.7
80	300.2
90	301.1
100	301.6
110	302.7
120	303.6
130	304.5
140	305.4
150	306.7
160	308.1
170	309.2
180	310.4
190	311.5
200	312.8
210	314.0
220	315.2
230	316.4
240	317.7
250	319.0
260	320.4
270	321.6
280	322.8
290	324.0
300	325.1

เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (เคลวิน)
310	326.2
320	327.5
330	328.5
340	329.4
350	331.0
360	331.7
370	333.2
380	334.3
390	335.7
400	336.8
410	337.7
420	339.3
430	340.0
440	341.4
450	342.2
460	343.1
470	344.2
480	345.5
490	346.6
500	348.0
510	349.0
520	350.2
530	351.7
540	352.7
550	353.6
560	355.0
570	355.7
580	357.1
590	357.9
600	359.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตาราง 5.2 เราเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิที่สูงขึ้นภายในเตาอบไฟฟ้าเมื่อเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ดังรูป 5.3



รูป 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปภายในเตาอบไฟฟ้า

ตัวอย่างการใช้งานในการทำงานแบบ 3

การทำงานแบบ 3 เป็นการใช้เครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์จับเวลา ซึ่งเรานำมาประยุกต์ใช้ในการทดลองเรื่องการกลิ้งและรัศมีไจเรชัน (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2537) ซึ่งตามทฤษฎีกล่าวว่า วัตถุรูปร่างทรงกระบอกและทรงกลมเมื่อมีการกลิ้งตามแนวลาดของพื้นเอียงจะหาอัตราเร่งเชิงเส้นของวัตถุนี้ได้จากสมการ

$$a = \frac{g \sin\theta}{1 + \frac{k^2}{R^2}} \qquad (5.2)$$

เมื่อ g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

θ คือ มุมเอียงของพื้นลาด

R คือ รัศมีภายนอกของวัตถุ

k คือ รัศมีไจเรชัน

เราสามารถพิสูจน์ได้จากทฤษฎีกลศาสตร์การหมุนว่าอัตราส่วนของ k^2/R^2 ของวัตถุรูปทรงต่างๆ มีค่าดังนี้

ทรงกลมตัน $k^2/R^2 = 0.4$

ทรงกระบอกตัน $k^2/R^2 = 0.5$

ทรงกระบอกกลวงบาง $k^2/R^2 \approx 1.0$

พิจารณาจากกฎการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งจากจุดหยุดนิ่ง ทำให้ได้ระยะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลเป็น $L = (1/2)\,at^2$ หรือ

$$t = \sqrt{\frac{2L}{a}} \qquad (5.3)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ L คือ ระยะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุ

t คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ

a คือ ค่าที่ได้จากสมการ (5.2)

กรณีที่ทดลองให้วัตถุกลิ้งบนพื้นเอียงที่ความลาดชันต่างๆ กัน เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพื้นลาด h กับเวลาของการกลิ้ง t ได้โดยการแทนค่า a จากสมการที่ (5.2) ลงในสมการที่ (5.3) และแทนค่า sin θ ด้วยค่า h/L ซึ่งได้รูปสมการเป็น

$$\frac{1}{t^2} = \frac{A}{2L^2} h \qquad (5.4)$$

โดยที่

$$A = \frac{g}{1 + \frac{k^2}{R^2}} \qquad (5.5)$$

ก. ด้านข้าง ข. ด้านบน

รูป 5.4 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดลองเรื่องการกลิ้งและรัศมีไจเรชัน

การทดลองนี้เราจัดเครื่องมือและต่อวงจรดังรูป 5.4 และแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ

1. ตอนที่1 เรากำหนดให้ความสูงของพื้นลาดและระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลคงที่แล้วเปลี่ยนรูปทรงของวัตถุเพื่อหาเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุรูปทรงต่างๆ ที่เครื่องวัดได้เทียบกับค่าที่คำนวณได้จากสมการ (5.3) ซึ่งการทดลองนี้เราใช้ความสูงของพื้นลาด h เป็น

8.00 ± 0.01 เซนติเมตร และระยะทางการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวล L เป็น 49.00 ± 0.01 เซนติเมตร ได้ผลการทดลองมีค่าดังตาราง 5.3

ตาราง 5.3 แสดงผลการทดลองการจับเวลาของวัตถุรูปทรงต่างๆ

รูปร่างวัตถุ	ชนิดของวัสดุ	เวลา t (s)	เวลาเฉลี่ย t (s)	t (ทฤษฎี) (s)
ทรงกระบอกตัน	เหล็ก	0.99 0.99 1.01 0.99 0.99	0.99 ± 0.01	0.95
ทรงกระบอกกลวงเล็ก	อลูมิเนียม	1.11 1.12 1.11 1.11 1.11	1.11 ± 0.01	1.11
ทรงกระบอกกลวงใหญ่	อลูมิเนียม	1.14 1.15 1.15 1.14 1.13	1.14 ± 0.01	1.11

จากผลการทดลองตอนนี้พบว่าเครื่องบันทึกเชิงตัวเลขอเนกประสงค์สามารถนำไปใช้ในการจับเวลาได้ซึ่งมีค่าผิดพลาด 0.01 วินาที

2. ตอนที่ 2 เราออกแบบการทดลองให้เปลี่ยนค่าความสูงแต่ใช้ระยะทางในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลเท่ากับ 48.72 ± 0.01 เซนติเมตรและวัตถุรูปทรงกระบอกตันแบบเดียวกันในการทดลองซึ่งจากการทดลองเราได้ผลดังตาราง 5.4

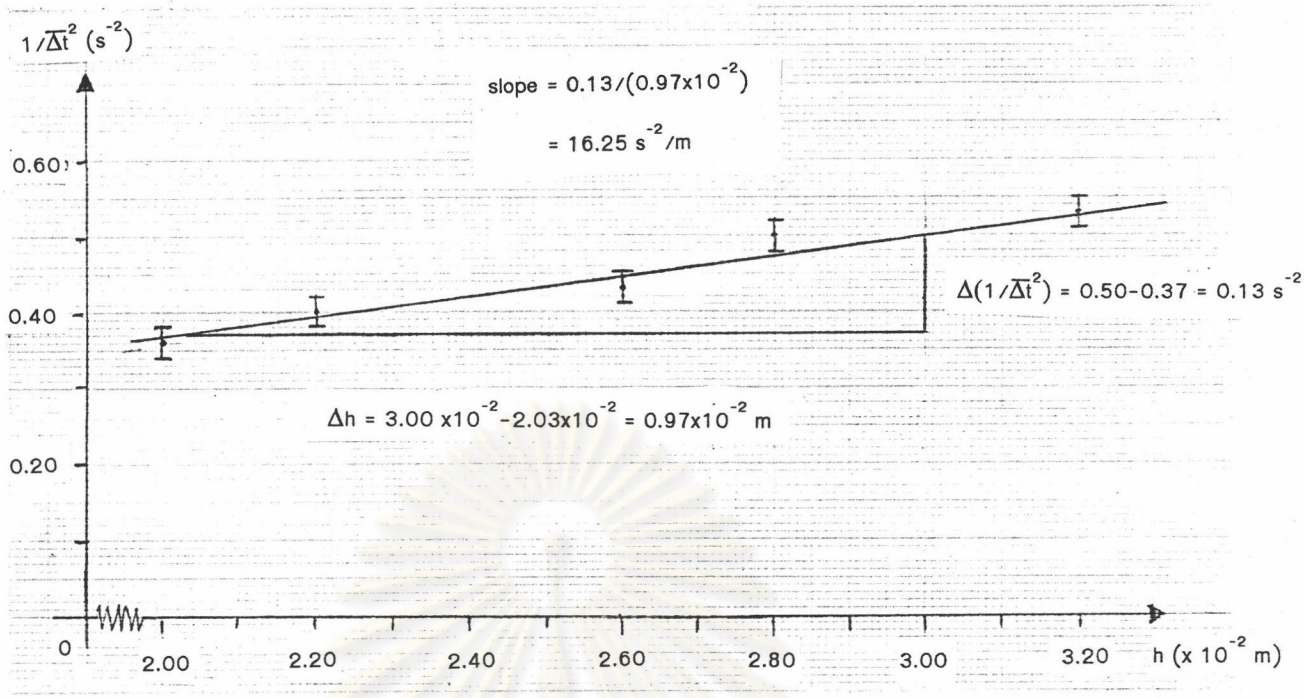
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 5.4 แสดงเวลาที่ความสูงของพื้นลาดขนาดต่างๆ

ความสูง h (cm)	เวลา Δt (s)	เวลาเฉลี่ย $\overline{\Delta t}$ (s)	$1/\overline{\Delta t}^2$
2.00 ± 0.01	1.65 1.68 1.67 1.67	1.67 ± 0.01	0.36 ± 0.02
2.20 ± 0.01	1.57 1.58 1.59 1.58	1.58 ± 0.01	0.40 ± 0.02
2.60 ± 0.01	1.52 1.51 1.52 1.53	1.52 ± 0.01	0.43 ± 0.02
2.80 ± 0.01	1.41 1.42 1.42 1.42	1.42 ± 0.01	0.50 ± 0.02
3.20 ± 0.01	1.39 1.37 1.38 1.38	1.38 ± 0.01	0.53 ± 0.02

จากตาราง 5.4 เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงของพื้นลาดกับค่า $1/\overline{\Delta t}^2$ ได้ดังกราฟรูป 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงของพื้นลาด h กับค่า $1/\Delta t^2$

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่ากราฟมีค่าความชันเป็น 13.40 s^{-2}/m ซึ่งจากค่าความชันและสมการ (5.4) เมื่อเราแทนค่า L = 48.72 x 10^{-2} เมตร จะได้

$$A = 13.40 \times 2 \times (48.72 \times 10^{-2})^2 = 6.36$$

เนื่องจากในการทดลองนี้เราใช้ทรงกระบอกตันซึ่งมีค่า k^2/R^2 เท่ากับ 0.5 ซึ่งจากสมการที่ (5.5) เราสามารถคำนวณค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงได้เป็น

$$g = A(1+0.5) = 9.54\ m/s^2$$

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าค่าแรงโน้มถ่วงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎี แต่ค่าที่คลาดเคลื่อนอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการวัดระยะมีความคลาดเคลื่อนเพราะพื้นไม่ได้ระนาบหรือการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่เป็นแนวเส้นตรงจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย