

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองวัดระยะทางทุกระยะ 5 cm และเวลาในการหาค่าอัตราเร็วท้าย
ของโลหะทรงกลม โดยใช้กล้องดิจิทัล

ตารางที่ ก-1 ผลการวัดระยะทาง และเวลาในการหาค่าอัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลม
รัศมี 2.00 mm

ระยะทาง S (cm)	เวลา t (s)	อัตราเร็ว v (m/s)
5	0.24	0.21
10	0.82	0.12
15	1.41	0.11
20	1.99	0.10
25	2.59	0.09
30	3.22	0.09
35	3.82	0.09
40	4.44	0.09
45	5.06	0.09
50	5.70	0.09
55	6.32	0.09
60	6.97	0.09
65	7.59	0.09
70	8.22	0.09
75	8.90	0.08
80	9.56	0.08
85	10.21	0.08
90	10.89	0.08
95	11.56	0.08
100	12.19	0.08
105	12.90	0.08
110	13.55	0.08
115	14.27	0.08
120	14.92	0.08
125	15.64	0.08
130	16.32	0.08

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ระยะทาง S (cm)	เวลา t (s)	อัตราเร็ว v (m/s)
135	17.06	0.08
140	17.76	0.08
145	18.44	0.08
150	19.12	0.08
155	19.91	0.08
160	20.58	0.08
165	21.38	0.08
170	22.10	0.08
175	22.86	0.08
180	23.58	0.08

ตารางที่ ก-2 ผลการวัดระยะทาง และเวลาในการหาค่าอัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลม
รัศมี 2.50 mm

ระยะทาง S (cm)	เวลา t (s)	อัตราเร็ว v (m/s)
5	0.20	0.25
10	0.60	0.17
15	0.83	0.16
20	1.43	0.14
25	1.87	0.13
30	2.30	0.13
35	2.73	0.13
40	3.20	0.13
45	3.63	0.12
50	4.10	0.12
55	4.53	0.12
60	5.00	0.12
65	5.43	0.12
70	5.90	0.12
75	6.37	0.12
80	6.83	0.12
85	7.30	0.12
90	7.77	0.12
95	8.20	0.12
100	8.67	0.12
105	9.13	0.12
110	9.60	0.11
115	10.07	0.11
120	10.60	0.11
125	11.07	0.11
130	11.60	0.11

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

ระยะทาง S (cm)	เวลา t (s)	อัตราเร็ว v (m/s)
135	12.07	0.11
140	12.57	0.11
145	13.07	0.11
150	13.60	0.11
155	14.07	0.11
160	14.60	0.11
165	15.10	0.11
170	15.63	0.11
175	16.17	0.11
180	16.70	0.11

ตารางที่ ก-3 ผลการวัดระยะทาง และเวลาในการหาค่าอัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลม
รัศมี 3.00 mm

ระยะทาง S (cm)	เวลา t (s)	อัตราเร็ว v (m/s)
5	0.10	0.50
10	0.33	0.30
15	0.60	0.25
20	0.86	0.23
25	1.13	0.22
30	1.40	0.21
35	1.66	0.21
40	1.96	0.20
45	2.23	0.20
50	2.53	0.20
55	2.81	0.20
60	3.11	0.19
65	3.38	0.19
70	3.65	0.19
75	3.95	0.19
80	4.25	0.19
85	4.52	0.19
90	4.82	0.19
95	5.08	0.19
100	5.38	0.19
105	5.68	0.18
110	5.98	0.18
115	6.28	0.18
120	6.58	0.18
125	6.88	0.18
130	7.18	0.18

ตารางที่ ก-3 (ต่อ)

ระยะทาง S (cm)	เวลา t (s)	อัตราเร็ว v (m/s)
135	7.48	0.18
140	7.78	0.18
145	8.08	0.18
150	8.42	0.18
155	8.72	0.18
160	9.05	0.18
165	9.35	0.18
170	9.68	0.18
175	9.98	0.18
180	10.35	0.17
185	10.65	0.17
190	11.02	0.17
195	11.35	0.17
200	11.75	0.17

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมที่ได้จากภาพเคลื่อนไหว
ที่ถ่ายด้วยกล้องดิจิทัล และจากการจับเวลาด้วยนาฬิกา

ตอนที่ 2 การหาค่าอัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมโดยการหาอัตราเร็วเฉลี่ยที่ระยะ

120 - 170 cm

* โลหะทรงกลมรัศมี 2.00 mm โดยกลิ้งดิ่งจัตอล

ระยะทาง 120 cm เวลา 14.92 s

ระยะทาง 170 cm เวลา 22.10 s

$$\begin{aligned}\text{คำนวณหาอัตราเร็วท้ายจากสมการ ; } v_T &= \Delta s / \Delta t \\ &= (1.70 - 1.20) / (22.10 - 14.92) \\ &= 0.07 \text{ m/s}\end{aligned}$$

* โลหะทรงกลมรัศมี 2.00 mm โดยนาฬิกาจับเวลา

ระยะทาง 120 cm เวลา 15.12 s

ระยะทาง 170 cm เวลา 22.24 s

$$\begin{aligned}\text{คำนวณหาอัตราเร็วท้ายจากสมการ ; } v_T &= \Delta s / \Delta t \\ &= (1.70 - 1.20) / (22.24 - 15.12) \\ &= 0.07 \text{ m/s}\end{aligned}$$

นั่นคือ อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 2.00 mm โดยกลิ้งดิ่งจัตอล และนาฬิกาจับเวลามีค่าเท่ากัน คือ 0.07 m/s

** โลหะทรงกลมรัศมี 2.50 mm โดยกลิ้งดิ่งจัตอล

ระยะทาง 120 cm เวลา 10.60 s

ระยะทาง 170 cm เวลา 15.63 s

$$\begin{aligned}\text{คำนวณหาอัตราเร็วท้ายจากสมการ ; } v_T &= \Delta s / \Delta t \\ &= (1.70 - 1.20) / (15.63 - 10.60) \\ &= 0.10 \text{ m/s}\end{aligned}$$

**** โลหะทรงกลมรัศมี 2.50 mm โดยนาฬิกาจับเวลา**

ระยะทาง 120 cm เวลา 11.03 s

ระยะทาง 170 cm เวลา 15.70 s

$$\begin{aligned}\text{คำนวณหาอัตราเร็วท้ายจากสมการ ; } v_T &= \Delta s / \Delta t \\ &= (1.70 - 1.20) / (15.70 - 11.03) \\ &= 0.11 \text{ m/s}\end{aligned}$$

นั่นคือ อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 2.50 mm โดยกล้องดิจิตอล มีค่าเท่ากับ 0.10 m/s และโดยนาฬิกาจับเวลามีค่าเท่ากับ 0.11 m/s

***** โลหะทรงกลมรัศมี 3.00 mm โดยกล้องดิจิตอล**

ระยะทาง 120 cm เวลา 6.58 s

ระยะทาง 170 cm เวลา 9.68 s

$$\begin{aligned}\text{คำนวณหาอัตราเร็วท้ายจากสมการ ; } v_T &= \Delta s / \Delta t \\ &= (1.70 - 1.20) / (9.68 - 6.58) \\ &= 0.16 \text{ m/s}\end{aligned}$$

***** โลหะทรงกลมรัศมี 3.00 mm โดยนาฬิกาจับเวลา**

ระยะทาง 120 cm เวลา 6.75 s

ระยะทาง 170 cm เวลา 9.95 s

$$\begin{aligned}\text{คำนวณหาอัตราเร็วท้ายจากสมการ ; } v_T &= \Delta s / \Delta t \\ &= (1.70 - 1.20) / (9.95 - 6.75) \\ &= 0.16 \text{ m/s}\end{aligned}$$

นั่นคือ อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 3.00 mm โดยกล้องดิจิตอล และนาฬิกาจับเวลามีค่าเท่ากัน คือ 0.16 m/s

ภาคผนวก ค

การคำนวณหาค่าอัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมในของเหลว

ตอนที่ 3 การวัดค่าอัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมที่เคลื่อนที่ในแนวตั้งผ่านกลีเซอรินจาก

การคำนวณตามกฎของสโตกส์

ตารางที่ ค-1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโลหะทรงกลมโดยวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์

ลูกที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)				รัศมี (mm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
1	4.00	4.00	4.00	4.00	2.00
2	5.00	5.00	5.00	5.00	2.50
3	6.00	6.00	6.00	6.00	3.00

การคำนวณหาอัตราเร็วท้าย v_T ของโลหะทรงกลมที่ตกผ่านกลีเซอรินตามกฎของสโตกส์

$$\text{จากสมการ} \quad v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho - \rho_0)$$

โดยกำหนดให้ โลหะทรงกลมรัศมี ; $r = 2.00 \text{ mm}$, 2.50 mm และ 3.00 mm

ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

ความหนืดของกลีเซอริน (20°C) ; $\eta = 830 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$

ความหนาแน่นของโลหะทรงกลม ; $\rho = 7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของกลีเซอริน ; $\rho_0 = 1.26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

1. อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 2.00 mm ที่ตกผ่านกลีเซอรินตามกฎของสโตกส์

$$\text{จากสมการ} \quad v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho - \rho_0)$$

$$\text{จะได้} \quad v_T = \frac{2 (2.00 \times 10^{-3})^2 (9.81)}{9 \cdot 830 \times 10^{-3}} (7.8 \times 10^3 - 1.26 \times 10^3)$$

$$v_T = 0.07 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 2.00 mm ที่ตกผ่านกลีเซอรินตามกฎของสโตกส์มีค่าเท่ากับ 0.07 m/s

2. อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 2.50 mm ที่ตกผ่านกลีเซอรินตามกฎของสโตกส์

$$\text{จากสมการ} \quad v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho - \rho_0)$$

$$\text{จะได้} \quad v_T = \frac{2 (2.50 \times 10^{-3})^2 (9.81)}{9 \cdot 830 \times 10^{-3}} (7.8 \times 10^3 - 1.26 \times 10^3)$$

$$v_T = 0.11 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 2.50 mm ที่ตกผ่านกลีเซอรินตามกฎของสโตกส์มีค่าเท่ากับ 0.11 m/s

3. อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 3.00 mm ที่ตกผ่านกลีเซอรินตามกฎของสโตกส์

$$\text{จากสมการ} \quad v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho - \rho_0)$$

$$\text{จะได้} \quad v_T = \frac{2 (3.00 \times 10^{-3})^2 (9.81)}{9 \cdot 830 \times 10^{-3}} (7.8 \times 10^3 - 1.26 \times 10^3)$$

$$v_T = 0.15 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็วท้ายของโลหะทรงกลมรัศมี 3.00 mm ที่ตกผ่านกลีเซอรินตามกฎของสโตกส์มีค่าเท่ากับ 0.15 m/s

ของไหล	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	$\eta (\times 10^{-3} \text{ Pa.s})$
อากาศ	0	0.017
น้ำ	0	1.8
น้ำ	20	1.0
น้ำ	100	0.3
เลือด	37	2.7
น้ำมันเครื่อง (SAE 100)	30	200
กลีเซอริน	20	830

(ที่มา : ประเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก, 2548)