

## เฉลยและแนวตอบการประเมินผลหลังเรียน

1. ข้อ 3 จากสมการ 1.3  $A = |20^2 + (-15)^2|^{1/2} = 25$
2. ข้อ 4 จากหัวข้อหน่วยเอสไอรากฐาน
3. ข้อ 4  $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$ ,  $1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm}$  เพราะฉะนั้น  $1 \text{ km} = 10^6 \text{ mm}$ .
4. ข้อ 1 เพราะว่าลูกบอลทั้งสองมีความเร็วต้นในแนวตั้งเท่ากับศูนย์ ดังนั้นเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มเคลื่อนที่จนตกถึงพื้นมีค่าเท่ากันคือ  $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$
5. ข้อ 3 จากสมการ 2.4 ความเร่งเฉลี่ย คือ การเปลี่ยนแปลงความเร็วต่ออันตรภาคเวลา
6. ข้อ 4 จากสมการ 2.15  $a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \times 265}{(25)^2} = 2 \text{ m/s}^2$   
จากสมการ 2.14  $v = 0 + (2)25 = 50 \text{ m/s}$
7. ข้อ 3 จากสมการ 2.18  $s_1 = y_1 - 0 = |0 - \frac{1}{2}g(1)^2| - 0 = -\frac{1}{2}g$   
 $s_2 = y_2 - y_1 = -\frac{1}{2}g(2)^2 - (-\frac{1}{2}g) = -\frac{3}{2}g$   
 $s_2/s_1 = -\frac{3}{2}g / (-\frac{1}{2}g) = 3$
8. ข้อ 3 ที่บริเวณใกล้ผิวโลกเราถือว่า  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  เป็นค่าคงตัว
9. ข้อ 4 ที่ตำแหน่งสูงสุดของโปรเจกไทล์ ความเร็วในแนวตั้งเท่ากับศูนย์ มีเฉพาะความเร็วในแนวนอนซึ่งตั้งได้ฉากกับทิศทางของความเร่งแห่งความโน้มถ่วงของโลกซึ่งมีทิศเข้าสู่จุดศูนย์กลางของโลก
10. ข้อ 3 จากสมการ 2.39 และ  $\sin(2 \times 35^\circ) = \sin 70^\circ$   
 $\sin(2 \times 55^\circ) = \sin 110^\circ = \sin 70^\circ$  (ดูรูป 2.10)
11. ข้อ 2 จากสมการ 2.31  $v_{0v} = 0$ ,  $t = \frac{v}{A} + t_1$  ดังนั้น  $t$  ขึ้นอยู่กับ  $H$
12. ข้อ 3 จากสมการ 2.42 ถ้ารถแล่นสวนกัน  $|\vec{v}_A - \vec{v}_B| \cong |v_A + v_B|$  เวลา = ระยะทาง/อัตราเร็ว ดังนั้น เวลาเป็นสัดส่วนกับ  $\frac{1}{|v_A + v_B|}$
13. ข้อ 2 จากสมการ 2.3  $v = \frac{dx}{dt} = 12t^2 - 10t$   
ที่  $t = 2\text{s}$   $v = (12)(2)^2 - (10)(2) = 28 \text{ m/s}$
14. ข้อ 3 จากสมการ 2.5 ถ้า  $v$  มีค่าคงตัว  $a = \frac{dv}{dt} = 0$  ดังนั้น  $F = ma = 0$

15. ข้อ 3 แท่งสี่เหลี่ยมวางอยู่บนระนาบเอียง น้ำหนักของแท่งสี่เหลี่ยม  $mg$  สามารถแยกออกได้เป็น 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบลงตามระนาบเอียง มีค่า  $mg \sin \theta$  และองค์ประกอบที่ตั้งฉากกับระนาบเอียงมีค่า  $mg \cos \theta$  ซึ่งเท่ากับแรงปฏิกิริยาตั้งฉาก (ดูรูป 3.10)
16. ข้อ 3 จากตาราง 3.1 จะเห็นว่า ความเร็วสูงขึ้นแรงเสียดทานจะน้อยลง
17. ข้อ 1 ระบบอยู่ในสภาพสมดุล  $a = 0$   
แรงที่ทำกับ  $M_2: M_2g - T = 0$   
 $T = M_2g = 5g \text{ N}$
18. ข้อ 4 (ดูตัวอย่าง 3.15)
19. ข้อ 3 (ดูตัวอย่าง 3.20)  $70\text{N} = m(g+a) \text{ N}$   
 $= 14m \text{ N}$   
 $m = 5 \text{ kg}$
20. ข้อ 3 จากหลักการคงตัวของพลังงาน สมการ 4.26  $E_i = E_f$   
 $\frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f; y_i = 0, v_f = 0, v_i = v$   
 $y_f = \frac{v_i^2}{2g} = \frac{v^2}{2g}$
21. ข้อ 3 จากสมการ 2.16 สำหรับการเคลื่อนที่เมื่อมีความหน่วงมีค่าคงตัว  $v^2 = v_0^2 - 2ax$ ,  
 $v = 0, x = \frac{v_0^2}{2a}$  เพราะฉะนั้น  $x \propto v_0^2$
22. ข้อ 3 จากสมการ 4.26 (ไม่มีพลังงานสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน) อัตราเร็วของมวลทั้งสองก่อนถึงพื้นมีค่าเท่ากันคือ  $v = [2Hg]^{1/2}$  สำหรับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ลงตามระนาบเอียง หาได้จากสมการ 2.14  $t = \frac{v}{a}$  ซึ่ง  $a_1 = g \sin 30^\circ, a_2 = g \sin 45^\circ$  (ดูตัวอย่าง 3.13)  $a_1 < a_2$  ดังนั้น  $t_1 > t_2$
23. ข้อ 3 จาก  $\vec{p} = m\vec{v}$  (ดูสมการ 3.1) และจากสมการ 2.17  $v_y = v_{0y} - gt = -gt + v_{0y}$  ซึ่งเป็นสมการเส้นตรง ความชันมีค่าเท่ากับ  $(-g)$  เส้นตรงนี้ตัดแกน  $y$  ที่  $v_{0y}$
24. ข้อ 3 ความเร่งมีค่าคงตัว คือ  $a = -g$
25. ข้อ 1 จากสมการ 4.32  $E_p = mgh = mgy$   
จากสมการ 2.18  $y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$   
เพราะฉะนั้น  $E_p = -(\frac{1}{2}mg^2)t^2 + mgv_{0y}t$   
ได้กราฟพาราโบลาคว่ำ

26. ข้อ 3 จากสมการ 4.11  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_y^2$

จากสมการ 2.17  $v_y = v_{0y} - gt, E_k = (\frac{1}{2}mg^2)t^2 - mgv_{0y}t + \frac{1}{2}mv_{0y}^2$

ซึ่งจะได้กราฟพาราโบลาหงาย

27. ข้อ 3 นำคำตอบข้อ 25 และข้อ 26 มาบวกกัน  $E = E_k + E_p = \frac{1}{2}mv_{0y}^2 =$  ค่าคงตัว

28. ข้อ 2 จากสมการ 5.12  $\mu = \frac{m_1m_2}{m_1+m_2} = \frac{m}{2} = 0.8368 \times 10^{-27} \text{ kg}$

29. ข้อ 1 จากโจทย์ สมมติให้มวลแต่ละส่วน = m, M = 3m และให้  $\vec{p}_1 = mv\hat{i}, \vec{p}_2 = mv\hat{j}$

จากหลักการคงตัวของโมเมนตัม สมการ 5.24

$$0 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 \text{ หรือ } \vec{p}_3 = -mv\hat{i} - mv\hat{j}$$

$$p_3 = m(\sqrt{2}v) = mv_3$$

30. ข้อ 3 จากสมการ 5.16;  $\vec{\Gamma} = \Delta\vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$  เมื่อไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์  $p_i = p_f$  ในกรณีนี้  $\vec{p}_i = mv(-\hat{j})$  และ  $\vec{p}_f = mv\hat{j}$  เพราะฉะนั้น  $\vec{\Gamma} = 2mv\hat{i} = 6 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$  ทิศขึ้น

31. ข้อ 3 การดลมีหน่วยเหมือนโมเมนตัมเชิงเส้นคือ mass-length/time

32. ข้อ 4 การชนที่ไม่มีแรงภายนอกกระทำ หลักการคงตัวของโมเมนตัมเป็นจริง จากสมการ 5.24  $P_i = P_f$  ให้  $m_1 = 1 \text{ kg}, M_2 = 2 \text{ kg}, \vec{v}_{1i} = 2\hat{i} \text{ m/s}, \vec{v}_{2i} = 0$ , การชนเป็นแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์  $v_{2f} = v_{1f} = v_f$  สมการของโมเมนตัมคือ

$$m_1v_{1i} + 0 = (m_1 + m_2)v_f$$

$$E_{ki} = \frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 = 2\text{J} \quad \vec{v}_f = \frac{2}{3}\hat{i} \text{ m/s}$$

$$E_{kf} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_f^2 = \frac{2}{3}\text{J} < 2\text{J}$$

33. ข้อ 2 จากสมการ 6.10 :  $a_T \sim r$

34. ข้อ 3 จากสมการ 6.11  $\theta = 10$  เรเดียน, 1 รอบ =  $2\pi$  เรเดียน

เพราะฉะนั้นจำนวนรอบ =  $\frac{10}{2\pi} = \frac{5}{\pi}$

35. ข้อ 3 จากโจทย์และสมการ 6.16:  $\theta_1 = 0 + \frac{1}{2}\alpha(2)^2 = 2\text{rad}$ .

$$\theta_2 = \frac{1}{2}\alpha(4)^2 - \frac{1}{2}\alpha(2)^2 = 6\alpha\text{ rad}, \theta_2/\theta_1 = 3$$

36. ข้อ 2 กำหนดให้ระดับที่ผ่านจุด B เป็นระดับอ้างอิง  $E_{P,B} = 0$  จากหลักการคงตัวของพลังงาน พลังงานรวมที่จุด A = จุด B

$$mg\left(\frac{R}{2}\right) = \frac{1}{2}mv^2 \text{ หรือ } \frac{mv^2}{R} = mg$$

ที่จุด B สมการของแรงคือ (ดูตัวอย่าง 6.3)  $T_B = mg + \frac{mv^2}{R} = 2mg$

37. ข้อ 4 (ดูตัวอย่าง 6.9)

38. ข้อ 4 จากโจทย์สมการของแรงคือ

$$T = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r, T_0 = m\omega_0^2 r$$

$$T = m(2\omega_0)^2(2r) = 8m\omega_0^2 r = 8T_0$$

39. ข้อ 1 จากสมการ 6.31 :  $g_1/g_2 = \frac{\left[\frac{GM_1}{r_1^2}\right]}{\left[\frac{GM_2}{r_2^2}\right]}$

$$= \frac{\left[G\frac{4}{3}\pi M_1 r_1\right]}{\left[G\frac{4}{3}\pi M_2 r_2\right]}$$

$$= \rho_1 r_1 / \rho_2 r_2 ; \rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

$$= r_1/r_2 \text{ เพราะว่า } \rho_1 = \rho_2$$

40. ข้อ 4 จากสมการ 6.38  $v_1/v_2 = [r_2/r_1]^{1/2}$

41. ข้อ 3 จากสมการ 6.31 :  $g_x = G\left(\frac{1}{2}M_c\right)/\left(\frac{1}{2}R_c\right)^2$

$$= 2GM_c/R_c^2 = 2g_c$$

42. ข้อ 1 จากสมการ 6.43  $\tan \theta = \frac{z}{rg}$  ไม่ขึ้นกับ M

43. ข้อ 2 ดูรูป 2.8 และสมการ 6.21 ประกอบ

44. ข้อ 3 สำหรับการเลื่อนที่  $E_k = \frac{1}{2}mV_{cm}^2$  การหมุน  $E_k = \frac{1}{2}I\omega^2, I = mR^2,$

$$\omega = V_{cm}/R \text{ ดังนั้นสำหรับการหมุน } E_k = \frac{1}{2}(mR^2)(V_{cm}/R)^2 = \frac{1}{2}mV_{cm}^2$$

45. ข้อ 1 (นักเรียนควรศึกษาเปรียบเทียบกับโจทย์แบบฝึกหัดบทที่ 6 ข้อ 25)
46. ข้อ 2 (ดูรูป 6.30 ประกอบ) ขนาดของโมเมนต์เชิงเส้นไม่เปลี่ยนแปลงแต่ทิศเปลี่ยนแปลง
47. ข้อ 3 (ดูตัวอย่าง 6.26) สมการการเคลื่อนที่ของมวล  $M$  คือ  $Mg - T = Ma$ ,  $a = \alpha R$ ,

$$FR = I\alpha, F = \frac{I\alpha}{R}, Mg - \frac{I\alpha}{R} = M\alpha R \text{ หรือ } \alpha R = \frac{Mg}{\frac{M+I}{R^2}}; I_{\text{รวม}} = \frac{1}{2}MR^2$$

$$a = \alpha R = \frac{Mg}{M + \frac{1}{2} \frac{MR^2}{R^2}} \quad \begin{matrix} 2 \\ 3 \end{matrix}$$

48. ข้อ 4 สมมติว่าน้ำแข็งและสเก็ตไม่มีแรงเสียดทาน  $L_i = L_f$

49. ข้อ 2 จากสมการ 4.11

50. ข้อ 1 จากสมการ 6.69  $E_k = \frac{1}{2}I_{cm}\omega^2 + \frac{1}{2}MV_{cm}^2, \omega = \frac{V_{cm}}{R}$

$$E_k = \frac{1}{2} \left[ \frac{I_{cm}}{R^2} + M \right] V_{cm}^2, V_{cm}^2 = 2E_k / \left[ \frac{I_{cm}}{R^2} + M \right]$$

$$\left[ \frac{I_{cm}}{R^2} + M \right]_{\text{วงแหวน}} = 2M, \left[ \frac{I_{cm}}{R^2} + M \right]_{\text{ทรงกระบอก}} = \frac{3}{2}M$$

- 51 53 (ดูตัวอย่าง 6.6)

51. ข้อ 3

52. ข้อ 2

53. ข้อ 1

54. ข้อ 2 เพราะ  $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$  (สมการ 6.51)

55. ข้อ 2 จากตาราง 6.3  $I_{cm} = \frac{1}{12}ML^2$  ใช้ทฤษฎีบทแทนขนานสมการ 6.47 ได้

$$I = I_{cm} + Mh^2 = \frac{1}{12}ML^2 + M\left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{3}ML^2$$

56. ข้อ 1 จากสมการ 7.9

57. ข้อ 3 จากสมการ 7.13

58. ข้อ 4 จากสมการ 7.15  $\omega = 2\pi f = 3\pi, f = 1.5 \text{ Hz}$

59. ข้อ 2 จากสมการ 1.23  $v_{\max} = A\omega = (2)(3\pi) = 6\pi \text{ cm/s}$

60. ข้อ 4 จากสมการ 7.23 ขนาดของ  $A_{\max} = A\omega^2 = (2)(3\pi)^2 = 18\pi^2 \text{ cm/s}$

61. ข้อ 1 จากสมการ 7.22 ความเร็วจะมีค่าสูงสุดเมื่อ  $3\pi t = \frac{3\pi}{2}$ ;  $t = \frac{1}{2} \text{ s}$

62. ข้อ 3 จากสมการ 7.19:  $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.5} \text{ s} = \frac{2}{3} \text{ s}$

เนื่องจากแอมพลิจูดเท่ากับ 2cm ใน 1 รอบ ( $\frac{2}{3}$ s) ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้เท่ากับ  $2+2+2+2 =$

8 cm และอีก  $\frac{1}{3}$ s (ครึ่งรอบ) เคลื่อนที่ได้อีก 4 cm รวมเป็น 12 cm

63. ข้อ 2 จากสมการ 7.28

64. ข้อ 1 จากสมการ 7.30c  $f_A = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M_A}}$

$$f_B = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M_B}}; f_A = 2f_B$$

เพราะฉะนั้น  $2 = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$  หรือ  $M_A = M_B/4$

65. ข้อ 3 จากสมการ 7.43c:  $\frac{f_2}{f_1} = \left[ \frac{L_1}{L_2} \right]^{1/2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

66. ข้อ 2 จากสมการ 7.28  $k = \frac{F}{x} = \frac{15}{0.05} = 300 \text{ N/m}$

67. ข้อ 3 จากสมการ 8.3 ความดันแปรผันตามความลึก ลึกมากความดันมาก

68. ข้อ 2 วัตถุลอยในของไหล สมการ 8.17

$$V_{\text{จม}}/V_{\text{ทั้งหมด}} = \rho_x/\rho_f = \text{ความถ่วงจำเพาะ}$$

$$\frac{3/4}{1} = \text{ความถ่วงจำเพาะ} = 3/4$$

69. ข้อ 2  $\frac{V_{\text{จม}}}{V_{\text{ทั้งหมด}}} = \frac{0.8}{1.2} \times 100 = 67\%$

70. ข้อ 4 หลักของปาสคัล  $P_1 = P_2$  (หัวข้อ 8.1.3)

71. ข้อ 2 ดูตัวอย่าง 8.5 จากรูป free body diagram

$$T = w - B = 30 - (15 \times 10^{-14})(10^3)(10) = 15 \text{ N}$$

72. ข้อ 3  $S = W + w - T = W + B = 230 + 15 = 245 \text{ N}$

73. ข้อ 3 ดูตัวอย่าง 8.8

74. ข้อ 2 ดูรูป 8.17 และคำอธิบาย  
 75. ข้อ 1 ดูรูป 8.18 และคำอธิบาย  
 76. ข้อ 3 ดูตัวอย่าง 8.6  
 77. ข้อ 3 ดูตัวอย่าง 8.6  
 78. ข้อ 1 จากสมการ 8.24 เราได้  $v_A < v_B$  และจากสมการ 8.33 :

$$P_A - P_B = \frac{1}{2} \rho (v_B^2 - v_A^2) > 0 \quad \text{นั่นคือ} \quad P_A > P_B$$

79. ข้อ 3 จากสมการ 8.14 :  $W_a = W_f - B$

$$5 \text{ N} = 25 \text{ N} - B \quad ; \quad B = V\rho g$$

$$B = 20 \text{ N}, \quad V = \frac{20}{(10^3)(10)} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{ถ.พ.} = \rho_x / \rho = \frac{[2.5/2 \times 10^{-3}]}{10^3} = 1.25$$

80. ข้อ 2 จากสมการ 8.22  $\frac{h_2}{h_1} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{D_1}{D_2} = 2$

$$D_2 = D/2$$

81. ข้อ 2 เพราะว่าของแข็งมีการกระจัดของโมเลกุลน้อย  
 82. ข้อ 2 จากสมการ 9.10  
 83. ข้อ 4 จากหัวข้อ 9.11  
 84. ข้อ 1 ดูตัวอย่าง 9.6 ประกอบ สมมติให้อุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ  $t_f$

$$\text{ใช้ } Q_{\text{gain}} = Q_{\text{lost}}$$

$$m_x c_x (t_f - t_{i,x}) = m_{\text{น้ำ}} (t_{i,\text{น้ำ}} - t_f)$$

$$t_f = \frac{m_{\text{น้ำ}} t_{i,\text{น้ำ}}}{[m_x c_x + m_{\text{น้ำ}}]}$$

$$\text{เพราะว่า } [m_x c_x] > [m_x c_x]_{\text{Cu}}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } [t_f]_{\text{Al}} < [t_f]_{\text{Cu}}$$

85. ข้อ 2 ดูหัวข้อ 9.3.2

86. ข้อ 4 ดูสมการ 9.40-9.43

87. ข้อ 2 จากกฎของบอยล์ สมการ 9.28  $V_2 = \frac{P_1}{P_2} \cdot V_1 = 1 \text{ m}^3$

88. ข้อ 4

89. ข้อ 4 จากสมการ 9.43  $P_A/P_B = M_A \sqrt{\frac{3RT}{M_A}} / M_B \sqrt{\frac{3RT}{M_B}}$   
 $= \sqrt{\frac{M_A}{M_B}}$
90. ข้อ 1 ระบบ isochonic process  $\Delta V = 0, W = 0$
91. ข้อ 3 จากสมการ 9.44 และคำอธิบาย
92. ข้อ 2 จากสมการ 9.40  $E_{k,ave} \sim T$
93. ข้อ 1 จากสมการ 9.50 และ 9.51 เป็นความจุความร้อนโมลาร์ คือ ความจุความร้อนต่อโมล
94. ข้อ 4 จากสมการ 10.2  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T}{(M/L)}}$  ถ้าแรงตึงและมวลเพิ่มเป็น 2 เท่า  
 $v$  จะมีค่าคงเดิม  
 จากสมการ 10.40 หรือ 10.44 จะเห็นว่าถ้า  $T$  และ  $M$  เพิ่มเป็น 2 เท่า  $f_n$  จะมีค่าคงเดิม  
 เพราะว่า  $v = f \lambda$  เมื่อ  $v$  และ  $f$  มีค่าคงเดิม  $\lambda$  จะมีค่าคงเดิมด้วย
95. ข้อ 2 จากสมการ 10.1
96. ข้อ 1 จากสมการ 10.2:  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T}{(M/L)}}$
97. ข้อ 4 รูป 10.11
98. ข้อ 3 รูป 10.12 และคำอธิบาย
99. ข้อ 3 เมื่อนำไปเทียบกับส้อมเสียง A ให้เกิดบีตส์ เราจะสรุปได้เพียงว่า ส้อมเสียง X  
 อาจมีความถี่ 85 Hz หรือไม่กี่ 95 Hz แต่เมื่อนำไปเทียบกับหลอดการสั่นพ้องเราได้  
 ข้อสรุปว่า  $\lambda_A > \lambda_X$  นั่นคือ  $f_X > f_A$  ฉะนั้นคำตอบจึงได้  $f_X = 95$  Hz
100. ข้อ 4 จากสมการ 10.2  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.8}{(0.6/12)}} = 4$  m/s
101. ข้อ 4  $t = s/v = 12/4 = 3$  s
102. ข้อ 3 สมการ 10.44 และคำอธิบาย
103. ข้อ 3 โดยเทียบกับรูปแบบของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปทาง +  $x$  ( $y = A \sin(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda})$ )  
 (สมการ 10.25)
104. ข้อ 4 ดูคำอธิบายข้อ 103



105. ข้อ 4 จากสมการ 10.59:  $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{300}{150}} = \sqrt{2}$   
 $\frac{v_2}{v_1} = \frac{f_2 \lambda_2}{f_1 \lambda_1} = \sqrt{2}$  แต่  $\lambda_1 = \lambda_2$  (ท่อเดียวกัน)  
 $f_2 = \sqrt{2} f_1 = (1.41)(100) = 141 \text{ Hz}$
106. ข้อ 4 เปรียบเทียบรูปแบบสมการ 10.28 :  $\lambda = 60 \text{ m}$
107. ข้อ 3  $T = 0.02 \text{ s}$ ;  $f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz}$
108. ข้อ 1 จากโจทย์  $\frac{\lambda}{2} = 20 \text{ cm}$  เกิดการสั่นพ้องครั้งแรกที่  $\frac{\lambda}{4} = 10 \text{ cm}$
109. ข้อ 2 ดูตัวอย่าง 10.6
110. ข้อ 2 จากสมการ 10.75  $f' = \left( \frac{v \pm v_o}{v \pm v_s} \right) f$   
 ในที่นี้  $v = 331 + (0.6)(25) = 346 \text{ m/s}$   
 $v_o = 0$   $v_s = 10 \text{ m/s}$   
 $f' = \left( \frac{346}{336} \right) (672) = 692 \text{ Hz}$

## เฉลยและแนวตอบการประเมินผลหลังเรียน

1. ข้อ 4 จากสมการ 1.3a ดังนั้น  $A = 5$   $B = 10$ ,  $B - A = 5$
2. ข้อ 3 จูลเป็นหน่วยเอสไออนุพันธ์
3. ข้อ 2  $v = 350 \frac{\text{เมตร}}{\text{วินาที}}$ ,  $1 \text{ m} = 10^{-3} \text{ km}$ 

$$1 \text{ s} = \frac{1}{3600} \text{ h}$$

$$v = 350 \times 10^{-3} \times 3600 \text{ km/h}$$

$$= 1260 \text{ km/h}$$
4. ข้อ 2 จากสมการ 2.19 :  $a = v_0/t$   
 จากสมการ 2.20 :  $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 

$$= v_0 t + \frac{1}{2} \left( \frac{v_0}{t} \right) t^2 = v_0 t + \frac{v_0 t}{2} = \frac{3}{2} v_0 t$$
5. ข้อ 4
6. ข้อ 2 จากสมการ 2.24 :  $v_{0y} = \sqrt{2gy} = \sqrt{(2)(10)(20)}$ 

$$= 20 \text{ m/s}$$
7. ข้อ 2 จากสมการ 2.23 :  $T = 2t = 2 \frac{v_{0y}}{g} = 4 \text{ s}$
8. ข้อ 1 ที่หน้าต่างชั้น 3 แก้วมีความเร็วต้นเท่ากับศูนย์ แต่กระถางต้นไม่มีอัตราเร็วต้น  $\neq 0$  เนื่องจากได้เคลื่อนที่มาแล้วช่วงหนึ่ง ดังนั้น กระถางต้นไม้จะตกถึงพื้นก่อน ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าแก้ว
9. ข้อ 4 ที่จุดเริ่มต้นบนหน้าผา  $\vec{v}_{01} = 10\hat{i} \text{ m/s}$ ,  $\vec{v}_{02} = 0$  เมื่อกระทบพื้น (ดูข้อ 6)
$$\vec{v}_1 = 10\hat{i} - 20\hat{j} \text{ m/s} \quad \vec{v}_2 = -20\hat{j}$$
 ดังนั้น  $\Delta \vec{v}_1 = \vec{v}_1 - \vec{v}_{01} = [10\hat{i} - 20\hat{j}] - 10\hat{i} = -20\hat{j} \text{ m/s}$ 

$$\Delta \vec{v}_2 = \vec{v}_2 - \vec{v}_{02} = [-20\hat{j}] - 0 = -20\hat{j} \text{ m/s}$$

$$\Delta \vec{v}_1 = \Delta \vec{v}_2$$
10. ข้อ 2 ถ้าลูกปืนลูกที่หนึ่งยิงขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็ว  $10 \text{ m/s}$  จะขึ้นได้สูงสุด
$$H = \frac{v^2}{2g} = 5 \text{ m}$$
 ซึ่งเท่ากับความสูงของโต๊ะพอดี ดังนั้น ขณะที่ลูกปืนลูกที่ 1 ถึงจุดสูงสุด เราจึงยิงลูกปืนลูกที่ 2 ซึ่งลูกปืนทั้งสองจะมีอัตราเร็วในการตกเท่ากัน ถ้าระยะห่างเพียง 2 เมตร ลูกปืนทั้งสองลูกจะชนกัน



19. ข้อ 3 จากสมการ 4.34 :  $w = \Delta E_k = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$  จาก 0 เป็น 30 m/s คือ  $W = \frac{1}{2} m(30)^2 \text{ J} = 450 \text{ m J}$  จาก 30 m/s เป็น 60 m/s คือ  $W = \frac{1}{2} m[(60)^2 - (30)^2] = 1350 \text{ m J}$
20. ข้อ 3 จากสมการ 4.49 :  $E_i = E_f$  กำหนดให้ระดับต่ำสุดเป็นระดับอ้างอิง  $E_P = 0$  ดังนั้น

$$Mg \left( \frac{L}{4} \right) = \frac{1}{2} Mv^2, v = \sqrt{gL/2}$$

21. ข้อ 2 จากสมการ 4.61 :  $W_g = -mgh = -mgL \sin \theta$

22. ข้อ 1  $W = -fL = -(\mu mg \cos \theta)L$   
 $= -(0.30)(1.5)(9.8)(\cos 25^\circ)(1.0) = -4.0 \text{ J}$

23. ข้อ 2  $W_{\text{net}} = W_g + W_f + W_F$   
 จากข้อ 21 :  $W_g = -(1.5)(9.8)(1)(\sin 25^\circ) = -6.2 \text{ J}$

$$W_F = FL = (15)(1) = 15 \text{ J}$$

$$W_{\text{net}} = -6.2 - 4.0 + 15 = 4.8 \text{ J}$$

24. ข้อ 4  $T = W - ma$   
 $400 = 500 - 50a$   
 $a = 2 \text{ m/s}^2$

25. ข้อ 2 งานคือผลคูณระหว่างแรงกับระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในแนวแรง

26. ข้อ 3 ดูรูป 4.14 และ 4.19

27. ข้อ 4 ดูหัวข้อ 4.8

28. ข้อ 3 การดลคือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงเส้น จึงมีหน่วยเหมือนโมเมนตัม คือ kg.m/s

29. ข้อ 1  $P_i = P_f$

$$0 = m_1 v_1 - m_2 v_2, m_2 \equiv \text{ปืน}, m_1 \equiv \text{ลูกปืน}$$

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1 = \frac{0.002}{4} \times 200 = 0.1 \text{ m/s}$$

30. ข้อ 1 จากสมการ 5.42, 5.43 ถ้า  $v_{2i} = 0$

$$v_{2f} = \frac{2m_1}{(m_2 + m_1)} v_{1i} = \frac{(2)(4)}{1+4} \cdot 10 = 16 \text{ m/s}$$

31. ข้อ 4  $\vec{\Gamma} = \Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i; \vec{p}_i = 0$

$$p_f = I = 10 \text{ kg.m/s}$$

32. ข้อ 2 การชนเป็นแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์  
 $E_f < E_i$
33. ข้อ 2 โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบ ( $2\pi$  rad) ใช้เวลา 24 ชั่วโมง :  

$$\omega = \frac{2\pi}{24} \text{ rad/h} = \frac{\pi}{12} \text{ rad/h}$$
34. ข้อ 3
35. ข้อ 2 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม รัศมีคงที่นั่นคือ  $v_r = 0$   
 ความเร็วเชิงมุมคงที่  $\omega = \omega_0 + \alpha t \neq 0$   
 $v_t = \omega r \neq 0$
36. ข้อ 2 หา  $\alpha$  จากสมการ  $6.11: 0.7\omega = \omega_0 + \alpha(1); t = 1\text{s}$   

$$\alpha = 0.3\omega_0$$
  
 เมื่อ  $t = 2\text{s}: \omega = \omega_0 + (-0.3\omega_0)(2)$   

$$= 0.4\omega_0$$
37. ข้อ 2 ดูเรื่องหลักการคงตัวของโมเมนตัมเชิงมุม
38. ข้อ 1 จากสมการ 6.11 และ 6.12 :  

$$150 = \omega_0(2) + \frac{1}{2}\alpha(2)^2$$
  

$$100 = \omega_0 + \alpha(2)$$
  

$$\omega_0 = 50 \text{ rad/s} \quad \alpha = 25 \text{ rad/s}^2$$
39. ข้อ 3 ดูข้อ 38
40. ข้อ 3 ดูตัวอย่าง 6.13 จะเห็นว่า  $v = \sqrt{\mu rg}$  ไม่ขึ้นอยู่กับมวลของรถยนต์
41. ข้อ 4 จากสมการ 6.28
42. ข้อ 1 องค์กรประกอบในแนวราบของแรงดึงในเส้นเชือกจะหักล้างกัน
43. ข้อ 4 ตอน 1  $\tau_1 = I_1\alpha_1 = (2MD^2)\alpha_1$   
 ตอน 2  $\tau_2 = I_2\alpha_2 = 2M(2D)^2\alpha_2$   
 $\tau_1 = \tau_2$  ดังนั้น  $\alpha_2 = 4\alpha_1$
44. ข้อ 2  $g = \frac{GM}{R^2}$ ,  $g_c = 9.81 \text{ m/s}^2$  จะเห็นว่า ถ้า  $M < M_2$  และ  
 $R = R_c$  แล้ว  $g < g_c$
45. ข้อ 1 ไม่มีองค์ประกอบในแนวนอน เพราะทั้ง T และ mg อยู่ในแนวตั้ง

46. ข้อ 1 จากสมการ 6.62  $v_{cm} = \left[ \frac{2gh}{1 + \frac{I_{cm}}{MR^2}} \right]^{1/2}$  และ

ตัวอย่าง 6.32 จะเห็นว่าทรงกระบอกตันมีอัตราเร็วที่มากกว่าทรงกระบอกกลวง ไม่ขึ้นอยู่กับมวล

47. ข้อ 2 แท่งสี่เหลี่ยมจะมีความเร่ง  $a = g \sin \theta$

จากตัวอย่าง 6.32 ทรงกระบอกตัน  $a = \frac{1}{2} g \sin \theta$

เมื่อวัตถุทั้งสองเริ่มจากความสูงเท่ากัน และเริ่มจากภาวะอยู่นิ่งเช่นกัน แท่งสี่เหลี่ยมมีความเร่งมากกว่าจึงเคลื่อนที่ถึงพื้นก่อน

48. ข้อ 2 จากตัวอย่าง 6.31 :  $a = \frac{5}{7} g \sin \theta$

$$s_1 = 0 + \frac{1}{2} \left( \frac{5}{7} g \sin \theta \right) (1)^2$$

$$s_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{5}{7} g \sin \theta \right) (2)^2 - \frac{1}{2} \left( \frac{5}{7} g \sin \theta \right) (1)^2$$

$$= \frac{3}{2} \left( \frac{5}{7} g \sin \theta \right)$$

$$s_2/s_1 = 3:1$$

49. ข้อ 4 จาก  $L = I\omega$

$$\omega = v_{cm}/R, L = \frac{I}{R} v_{cm} \dots \dots \dots (A)$$

$$I_{ทรงกระบอกตัน} = \frac{1}{2} MR^2 ; I_{ทรงกระบอกกลวง} = MR^2$$

$$I_{ทรงกลม} = \frac{2}{5} MR^2 \text{ เมื่อแทนค่า } I \text{ ลงในสมการ (A) จะเห็นว่า } L \sim R$$

50. ข้อ 1 จาก  $E_k = \frac{1}{2} \left[ \frac{I_{cm}}{R^2} + M \right] v_{cm}^2$

จากข้อ 49.  $E_{k, ทรงกระบอกตัน} = \frac{3}{4} Mv_{cm}^2$

$$E_{k, ทรงกระบอกกลวง} = Mv_{cm}^2$$

$$E_{k, ทรงกลม} = \frac{7}{10} Mv_{cm}^2$$

51. ข้อ 4. จาก  $\tan \theta = \frac{v^2}{rg} = \frac{(10)}{(100)(10)} = 0.1$

52. ข้อ 4

53. ข้อ 3 ใช้ทฤษฎีบทแทนตั้งฉาก (ดูตัวอย่าง 6.21)

$$\begin{aligned} 54. \text{ ข้อ 2} \quad \theta &= \tan^{-1} \left( \frac{v^2}{rg} \right) \\ &= \tan^{-1} \left( \frac{40^2}{250 \times 10} \right) \\ &\cong 33^\circ \end{aligned}$$

55. ข้อ 3 สมการของแรง  $T \cos \theta = mg$

$$T = \frac{mg}{\cos \theta} \cong 6 \text{ N}$$

56. ข้อ 1 จาก  $\Delta L = \frac{L_0 F_n}{YA}$

จากโจทย์ลวด A และ B มี  $L_0, F_n, Y$  เท่ากัน แต่พื้นที่ ( $\pi R^2$ ) ของลวด A เป็น 4 เท่าของของลวด B ดังนั้น  $\Delta L_A = \frac{1}{4} \Delta L_B$

57. ข้อ 4 โดยพิจารณาจากสมการ 7.14

58. ข้อ 2 จากสมการ 7.17  $B = -\frac{dP}{dV}$

$$B_A > B_B \quad \text{นั่นคือ} \quad \left[ \frac{dV}{V} \right]_A < \left[ \frac{dV}{V} \right]_B$$

$$\text{จาก } \rho = \frac{M}{V}, d\rho = \frac{M}{V} \frac{dV}{V} = -\rho \frac{dV}{V}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น} \quad \left[ d\rho \right]_B > \left[ d\rho \right]_A$$

59. ข้อ 1 จัดสมการให้อยู่ในฟอร์ม  $y = A \sin \frac{2\pi t}{T}$  ได้  $T = 2 \text{ s}$

60. ข้อ 3 พลังงานรวมจะเท่ากับพลังงานศักย์สูงสุด

$$E = \frac{1}{2} kA^2 \quad \text{แต่ } \frac{k}{m} = \omega^2$$

$$E = \frac{1}{2} m 4\pi^2 A^2 f^2 = 4\pi^2 f^2$$

$$E \sim f^2$$

61. ข้อ 3 จากสมการ 7.49, 7.50, 7.51 ได้  $\omega, T$  และ  $f$  มีค่าเท่ากัน

A มีพลังงานมากกว่า B เพราะจากสมการ 7.56 จะเห็นว่า  $E \sim m \omega^2$

62. ข้อ 3 ลูกตุ้มทั้งสองมีพลังงานเท่ากัน นั่นคือ การแกว่งถึงระดับสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ  $h$  เท่ากัน ดูรูป 7.12 ประกอบ

$$h_A = L_A(1 - \cos\theta_A) \quad h_B = L_B(1 - \cos\theta_B)$$

$$L_A = 2L_B, \quad h_A = h_B$$

$$2(1 - \cos\theta_A) = (1 - \cos\theta_B)$$

เพราะฉะนั้น  $(1 - \cos\theta_B) > (1 - \cos\theta_A)$

$$\cos\theta_B < \cos\theta_A$$

เนื่องจาก  $0 < \theta_A, \theta_B < \frac{\pi}{2}$

ดังนั้น  $\theta_B > \theta_A$  (แอมพลิจูด B มากกว่า A)

63. ข้อ 4

64. ข้อ 3 จาก  $E = \frac{1}{2}kA^2$  ไม่ขึ้นกับมวล

65. ข้อ 2 จาก  $L = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot g$

$$= 9.8/\pi^2 \text{ m}$$

66. ข้อ 3 สมการ 7.93 และคำอธิบาย

67. ข้อ 4 จากโจทย์  $\rho_{\text{ของเหลว}} = \frac{240}{40} = 6 \text{ g/cm}^3$

$$\rho_{\text{ของแข็ง}} = \frac{7.5}{2.5} = 3 \text{ g/cm}^3$$

เพราะฉะนั้นของแข็งลอย  $\frac{1}{2}$  ส่วน

68. ข้อ 2

69. ข้อ 2  $F = \left[ \rho g \frac{H}{2} \right] [LH]$

$$= (10^3)(10)\left(\frac{30}{2}\right)(80)(30)$$

$$= 36 \times 10^7 \text{ N}$$



70. ข้อ 2 จากสมการ 8.12  $W_a = W_r - B$ ;  $B = V\rho g$
- $$= 620 - (27 \times 10^{-3})(10^3)(10)$$
- $$= 350 \text{ N}$$
71. ข้อ 3 ดูหัวข้อ 8.1.7
72. ข้อ 4 ดูหัวข้อ 8.1.7
73. ข้อ 3 ในตอนแรกปริมาณของน้ำที่ถูกแทนที่คือ ปริมาณน้ำที่มีมวลเท่ากับไม้ + ปริมาณน้ำที่มีปริมาตรของตะกั่ว ในตอนที่สองปริมาณน้ำที่จะถูกแทนที่คือ ปริมาณของน้ำที่มีมวลเท่ากับมวลของไม้ + มวลตะกั่ว ซึ่งจะมีปริมาณมากกว่าตอนแรก ดังนั้นจึงมีน้ำบางส่วนล้นออกมา
74. ข้อ 4 ดูสมการ 8.22 และคำอธิบาย
75. ข้อ 2 จากกฎของสโตกส์
- แรงเนื่องจากความหนืด  $F = 6\pi r\eta v$
- อัตราเร็วสุดท้าย ( $v_t$ ) เป็นอัตราเร็วสูงสุดของการเคลื่อนที่
- $$F_{\max} = 6\pi r\eta v_t$$
- ซึ่งกระทำหลังจาก 100 เมตรแรก ดังนั้นงานที่ทำโดยแรงเสียดทานในช่วง 100 เมตรแรก จึงมีค่าน้อยกว่าในช่วง 100 เมตรต่อมา
76. ข้อ 4 ที่ระดับความลึกเท่ากับความดันจะเท่ากัน
77. ข้อ 2 เมื่อลอยในเจ้าพระยา  $B = (1)(1.015 \times 10^3)(10)$
- $$= 10,150 \text{ N}$$
- ลูกเรือ 20 คน มีน้ำหนัก =  $20 \times 50 \times 10 = 10,000 \text{ N}$
- ดังนั้นเรือแคนน้ำหนัก 150 N
- เมื่อลอยในทะเลที่พัทยา  $B = (1)(1.215 \times 10^3)(10)$
- $$= 12,150 \text{ N}$$
- หักน้ำหนักของเรือออก 150 N เหลือ 12,000 N
- จึงบรรทุกลูกเรือได้  $12,000/500 = 24$  คน
78. ข้อ 3 ดูหัวข้อ 8.1.3
79. ข้อ 4 จากสมการ 8.17  $F = \frac{\pi}{\pi} \left(\frac{5}{1}\right)^2 \cdot 100 = 2500 \text{ N}$

80. ข้อ 3

$$\begin{aligned}\text{แรงยก} &= \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)A = \frac{1}{2}\rho(v_2 + v_1)(v_2 - v_1)A \\ &= \frac{1}{2}(1)(400)(10)(200) = 4 \times 10^5 \text{ N}\end{aligned}$$

81. ข้อ 4 จาก  $\left[\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right]_A / \left[\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right]_B = k_A A_A / k_B A_B$

$$\frac{k_A A_A}{k_B A_B} = 1, k_A = \frac{A_B}{A_A} k_B; R_A = 2R_B = \frac{1}{4} k_B$$

82. ข้อ 3 จากสมการ 9.19:  $\left[\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right]_1 / \left[\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right]_2 = \left[\frac{A_1}{L_1}\right] / \left[\frac{A_2}{L_2}\right]$

$$\frac{A_1 L_2}{A_2 L_1} = 1, L_1 / L_2 = \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

83. ข้อ 2 ใช้  $Q_{\text{gain}} = Q_{\text{lost}}$  ให้อุณหภูมิสุดท้ายเป็น  $t_f$

$$m_{\text{น้ำ}} = m_{\text{น้ำแข็ง}} = m$$

$$mL + mt_f + m(100 - t_f); L = 80 \text{ cal/g}$$

$$2mt_f = 100m - mL$$

$$t_f = \frac{20}{2} = 10^\circ\text{C}$$

84. ข้อ 3 ดูกฎข้อที่ศูนย์ของอุณหพลศาสตร์

85. ข้อ 2 จากสมการ 9.16  $R \sim T^4$

86. ข้อ 3 จากสมการ 9.22  $\frac{PV}{T} = \text{const}$

$$\frac{P(2V)}{(2T)} = \frac{PV}{T} = \text{const.}$$

87. ข้อ 3 จากสมการ 9.22  $V_2 = \frac{P_1 V_1}{T_1} \cdot \frac{T_2}{P_2}$   
 $= \frac{P_1 V_1}{T_1} \cdot \frac{(2T_1)}{(2P_1)} = V_1$

88. ข้อ 1 สำหรับกระบวนการอุณหภูมิกงที่ สมการ 9.38

$$\begin{aligned}W &= -nRT \ln(V_f/V_i) \\&= -(1 \text{ mol})(8.31 \text{ J/mol}\cdot\text{K})(273 \text{ K}) \ln\left(\frac{10}{3}\right) \\&= -2.73 \times 10^3 \text{ J}\end{aligned}$$

89. ข้อ 3 จากสมการ 9.31 :  $v_{\text{rms}} \sim \sqrt{T}$

$$\begin{aligned}v_{\text{rms}, 527^\circ\text{C}} &= \sqrt{\frac{273+527}{273-73}} v_{\text{rms}, -73^\circ\text{C}} \\&= 800 \text{ m/s}\end{aligned}$$

90. ข้อ 2 ดูกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์

91. ข้อ 3 ดูหัวข้อ 9.3.3

92. ข้อ 1 จาก

$$\begin{aligned}dS &= \frac{dQ}{T} \\&= \frac{mL}{273\text{K}} \\&= \frac{(6 \text{ kg})(80 \times 4.18 \times 10^3 \text{ J/kg})}{273\text{K}} \\&= 7.33 \times 10^3 \text{ J / K}\end{aligned}$$

93. ข้อ 1

94. ข้อ 3 จากโจทย์ คาบ  $T = 0.2 \text{ s}$

$$f = \frac{1}{T} = 5 \text{ Hz}$$

95. ข้อ 1 จาก  $f_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

เพราะฉะนั้นความถี่ทุก ๆ ฮาร์โมนิกมีค่าเพิ่มขึ้น

96. ข้อ 4 จาก  $f_1 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{(\text{M/L})}}$

97. ข้อ 1 จากรูปที่ 10.19 :  $f_3 = 3 \left( \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \right) = 3f_1$

98. ข้อ 2 จากโจทย์แสดงว่า  $f_A < f_B$  เมื่อเพิ่มความตึงความถี่จะเพิ่มตามสมการ 10.37

99. ข้อ 1 เขียนตามรูปแบบ

$$x = A \sin (\omega t + a)$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}, T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T = \frac{2\pi}{100} = 0.063 \text{ s}$$

100. ข้อ 2  $x(t=0) = 2 \sin \frac{\pi}{6} = 1 \text{ m}$

101. ข้อ 3

$$v = 200 \cos (100t + \frac{\pi}{6})$$

$$v(t = 0) = 200 \cos \frac{\pi}{6} = 173.2 \text{ m/s}$$

102. ข้อ 1 หยุด หมายถึง  $v = 0 = 200 \cos (100t + \frac{\pi}{6})$

$$\text{นั่นคือ } 100t + \frac{\pi}{6} = n / 2$$

$$t = \frac{\pi}{300} = 0.01 \text{ s}$$

103. ข้อ 2 จุดสมดุล หมายถึง  $x = 0 = 2 \sin (100t + \frac{\pi}{6})$

$$\text{นั่นคือ } 100t + \frac{\pi}{6} = \pi$$

$$t = \frac{5\pi}{600} = 0.026 \text{ s}$$

104. ข้อ 3 สมการ 10.64

105. ข้อ 2 จากโจทย์ และสมการ 10.72

$$f_A = \left[ \frac{v}{v - \frac{1}{2}v} \right] \cdot 400 = 800 \text{ Hz} > f$$

$$f_B = \left[ \frac{v + \frac{1}{2}v}{v} \right] \cdot 400 = 600 \text{ Hz} < f$$

$$f_B < f_A$$

106. ข้อ 4 ดูรูป 10.22 และสมการ 10.47

107. ข้อ 3 ดูตัวอย่าง 10.13

108. ข้อ 2 จาก  $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}; v \sim \frac{1}{\sqrt{M}}$

109. ข้อ 3 จาก  $v = 331 + (0.6)(25) = 346 \text{ m/s}$

$$\lambda = \frac{540}{346} = 1.56 \text{ m} = 156 \text{ cm}$$

การเกิดการสั่นพ้องในหลอดการสั่นพ้องจะเกิดที่ตำแหน่ง  $\frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \dots$  ซึ่งก็คือ

19 cm, 57 cm, 95 cm วัดจากปากหลอด

110. ข้อ 3 ดูเรื่องความเข้ม ความดัง คุณภาพ และระดับเสียง