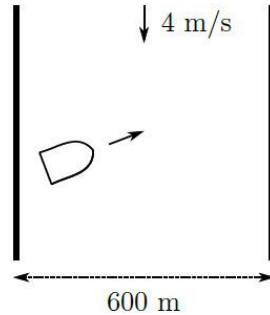


ข้อสอบ $F = ma$ สำหรับการคัดเลือกรอบแรกโครงการฟิสิกส์โอลิมปิกประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นลิขสิทธิ์ของสมาพันธ์ครูฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมฟิสิกส์ไทยได้รับอนุญาตให้แปลและเผยแพร่แก่บุคคลทั่วไปได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในข้อสอบหรือเฉลย ไม่ว่าหน้าใดหน้าหนึ่งหรือทั้งหมด ไปทำซ้ำหรือดัดแปลง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1. แม่น้ำกว้าง 600 เมตร ไหลไปทางทิศใต้ด้วยอัตราเร็ว 4.0 m/s เรือยนต์เล็กมีอัตราเร็ว 5.0 m/s ในน้ำนิ่งขับข้ามฝั่งไปโดยหันหัวเรือไปในทิศทาง ดังรูป



เวลาที่ใช้ในการข้ามแม่น้ำเท่ากับข้อใด

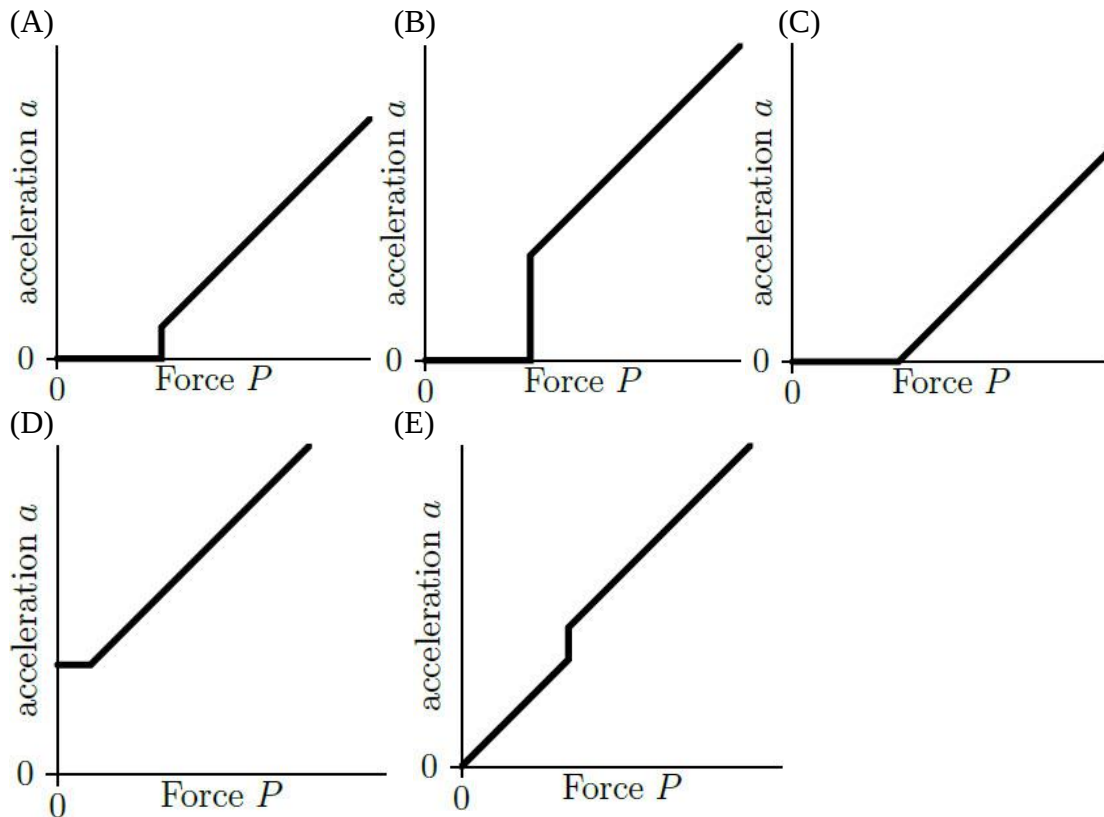
- (A) 67 s
- (B) 120 s
- (C) 150 s
- (D) 200 s
- (E) 600 s

-
2. ขับรถไปทางทิศเหนืออัตราเร็วคงที่ 80 km/hr เป็นระยะทาง 25 km จากนั้นขับต่อไปด้วยอัตราเร็วคงที่ 75 km/hr อีก 75 km อัตราเร็วเฉลี่ยในการเดินทางครั้งนี้เท่ากับข้อใด
- (A) 55.2 km/hr
(B) 57.5 km/hr
(C) 65 km/hr
(D) 69.6 km/hr
(E) 72.5 km/hr

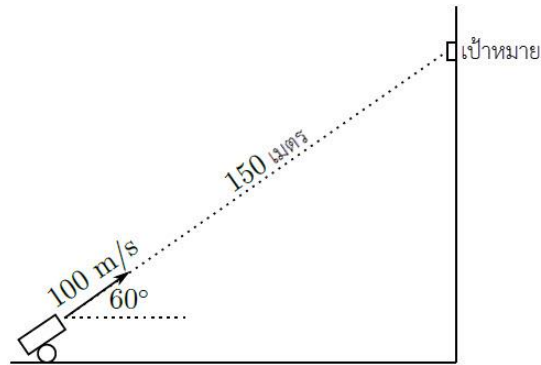
3. แรงต้านการเคลื่อนที่ของเครื่องบินที่ระดับความสูงหนึ่ง หาจาก $F_f = kv^2$, โดย k คือค่าคงที่ v คือ อัตราเร็วของเครื่องบิน ให้กำลังที่ออกมาจากเครื่องยนต์ คือ P_0 เครื่องบินจะบินด้วยอัตราเร็ว v_0 ถ้ากำลังที่ออกมาจากเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น 100% เป็น $2P_0$ แล้วเครื่องบินจะบินได้ด้วยอัตราเร็วเท่าใด

- (A) $1.12v_0$
- (B) $1.26v_0$
- (C) $1.41v_0$
- (D) $2.82v_0$
- (E) $8v_0$

4. กล่องหนัก 2.0 kg อยู่นิ่งบนพื้นราบ มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตระหว่างกล่องและพื้น μ และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องและพื้นผิว $\mu_k = 0.90\mu_s$ ถ้ามีแรงภายนอกมากกระทำกับกล่องในแนวนอนขนาด P แล้วข้อใดเป็นกราฟความเร่งของกล่องเทียบกับแรงภายนอก P



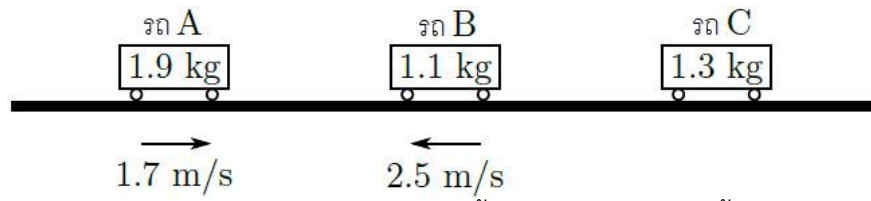
5. ยิงกระสุน 470 กรัม ทำมุมเงย 60 องศา ด้วยอัตราเร็วต้น 100 m/s ตรงไปยังเป้าหมายบนกำแพงที่อยู่ห่างออกไป 150 เมตร ดังรูป



หากไม่คิดแรงต้านอากาศ ระยะที่กระสุนจะพลาดเป้าเมื่อชนกำแพงเท่ากับข้อใด

- (A) 1.3 m
- (B) 2.2 m
- (C) 5.0 m
- (D) 7.1 m
- (E) 11 m

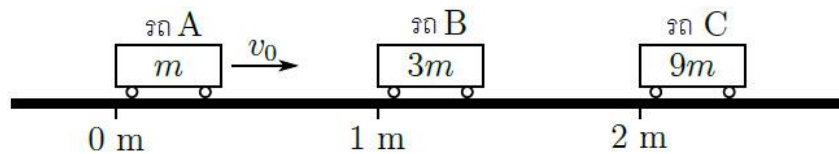
6. รถของเล่นสามคัน เคลื่อนที่หนึ่งมีติดอย่างอิสระตามแนวนอนโดยไม่มีแรงเสียดทาน รถ A มีมวล 1.9 kg ไปทางขวา ด้วยอัตราเร็วต้น 1.7 m/s รถ B มีมวล 1.1 kg ไปทางซ้ายด้วยอัตราเร็วต้น 2.5 m/s รถ C มีมวล 1.3 kg จอดอยู่นิ่งๆ ถ้าการชนระหว่างรถ A และ B ยึดหยุ่นสมบูรณ์ ส่วนการชนระหว่างรถ B และ C ไม่ยึดหยุ่นสมบูรณ์



ความเร็วของจุดศูนย์กลางมวลของระบบเท่ากับเท่าใด หลังรถทั้งสามคันเกิดการชนครั้งสุดท้าย

- (A) 0.11 m/s
- (B) 0.16 m/s
- (C) 1.4 m/s
- (D) 2.0 m/s
- (E) 3.23 m/s

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 7 และ 8



รถ A, B และ C วางเรียงกับอยู่บนพื้นลื่น รถมีมวล m , $3m$ และ $9m$ ตามลำดับ เดิมรถ B จอดที่ระยะ 1.0 เมตร

รถ C จอดที่ระยะ 2.0 เมตร ณ จุดที่กำหนดตำแหน่งไว้ ส่วนรถ A อยู่ที่จุดเริ่มต้นที่ระยะศูนย์เมตร ได้เคลื่อนที่ไปทางรถ B ที่อัตราเร็ว v_0

7. สมมติว่าการชนกันทั้งหมดไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ แล้วอัตราเร็วสุดท้ายของรถ C เท่ากับข้อใด

- (A) $v_0/13$
- (B) $v_0/10$
- (C) $v_0/9$
- (D) $v_0/3$
- (E) $2v_0/5$

8. สมมุติว่าการชนกันทั้งหมดยืดหยุ่นสมบูรณ์ แล้วอัตราเร็วสุดท้ายของรถ C เท่ากับข้อใด
- (A) $v_0/8$
 - (B) $v_0/4$
 - (C) $v_0/2$
 - (D) v_0
 - (E) $2v_0$

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 9 และ 10

ลูกบอล 0.650 kg เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 5.00 m/s ชนกับลูกบอล 0.750 kg ที่เดิมอยู่นิ่ง หลังการชนลูกบอล 0.750 kg เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 4.00 m/s และลูกบอล 0.650 kg กระเด็นทำมุมฉากกับทิศที่ลูกบอล 0.750 kg เคลื่อนที่ออกไป

9. อัตราเร็วสุดท้ายของลูกบอล 0.650 kg เท่ากับข้อใด

- (A) 1.92 m/s
- (B) 2.32 m/s
- (C) 3.0 m/s
- (D) 4.64 m/s
- (E) 5.77 m/s

10. ให้การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์สุทธิจากการชนครั้งนี้ หาจาก $\Delta K = K_f - K_i$ โดย K_f คือ พลังงานจลน์สุดท้ายสุทธิ และ K_i คือ พลังงานจลน์เริ่มต้นสุทธิ แล้วข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง

(A) $\Delta K = (K_f + K_i)/2$

(B) $K_f < \Delta K < K_i$

(C) $0 < \Delta K < K_f$

(D) $\Delta K = 0$

(E) $-K_i < \Delta K < 0$

-
11. ทรงกลมลอยอยู่ในน้ำ โดย $\frac{2}{3}$ ของปริมาตรทรงกลมจมอยู่ในน้ำ ถ้าหยิบทรงกลมไปวางในน้ำมันที่มีความหนาแน่น $\frac{3}{4}$ ของน้ำ แล้วสัดส่วนของทรงกลมที่จมอยู่ในน้ำมันเท่ากับข้อใด
- (A) $\frac{1}{12}$
(B) $\frac{1}{2}$
(C) $\frac{8}{9}$
(D) $\frac{17}{12}$
(E) ทรงกลมจะไม่ลอย แต่จะจมในน้ำมัน

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 12 และ 13

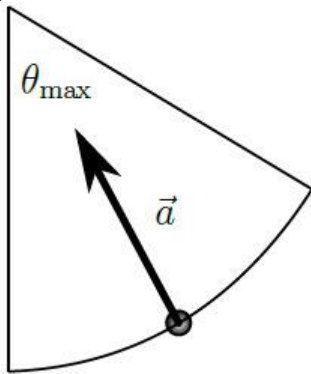
ลูกตุ้มประกอบไปด้วย ตั้มนขนาดเล็กมวล m ผูกติดกับเชือกยาว L ให้ลูกตุ้มที่เดิมอยู่นิ่งแกว่งลงมาจากจุดที่ทำมุม $\theta_{\max} < 90$ องศา

12. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความเร่งของลูกตุ้ม

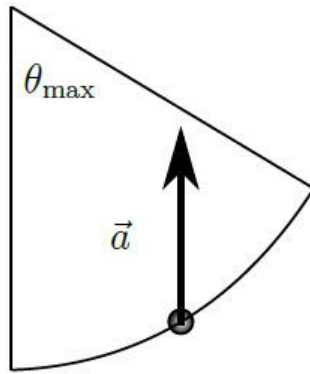
- (A) ขนาดของความเร่งจะคงที่ สำหรับการแกว่งนี้
- (B) ขนาดของความเร่งที่จุดต่ำสุดมีค่าเท่ากับ g ความเร่งเป็นไปตามการตกอย่างอิสระ
- (C) ขนาดของความเร่งเป็นศูนย์ ณ บางจุดของการแกว่งนี้
- (D) ความเร่งจะชี้ไปที่จุดศูนย์กลางของวงกลมเสมอ
- (E) ความเร่งที่จุดต่ำสุดของการแกว่งจะชี้ขึ้นในแนวตั้ง

13. พิจารณา ขณะลูกตุ้มทำมุม $\theta = \frac{1}{2} \theta_{\max}$ ขณะแกว่งขึ้น (ขึ้นไปทาง $\theta_{\max}$) ภาพใดแสดงเวกเตอร์ทิศของความเร่งของลูกตุ้มได้ถูกต้อง

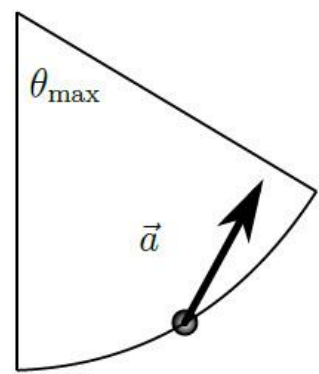
(A)



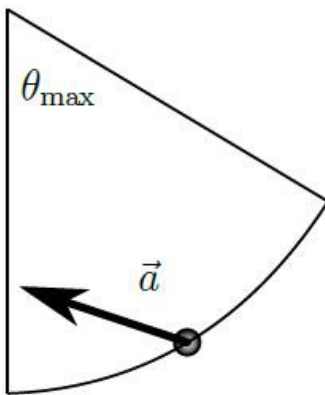
(B)



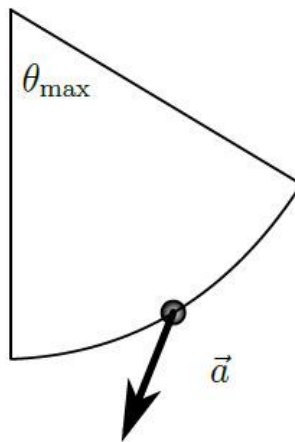
(C)



(D)



(E)



ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 14 และ 15

คานเบายาว 3.0 เมตร สามารถหมุนตามแนวนอนได้อย่างอิสระรอบจุดศูนย์กลาง ที่ปลายคานามีวัตถุสองชิ้นมวล 5.0 กิโลกรัม วางอยู่ วัตถุสามารถเลื่อนได้อย่างอิสระบนคาน โดยไม่มีแรงเสียดทาน และมีเชือกเบาผูกวัตถุทั้งสองขึ้นไว้ไม่ให้หล่นออกจากคาน

ให้เดิกระบบหมุน 4.0 เรเดียนต่อวินาที ถือว่าระบบไม่มีแรงเสียดทาน และไม่สนใจความไม่เสถียรของระบบ

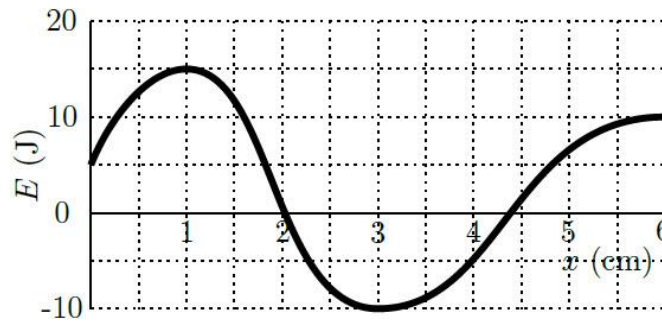
14. แรงดึงเชือกเดิมเท่ากับข้อใด

- (A) 60 N
- (B) 106 N
- (C) 120 N
- (D) 240 N
- (E) 480 N

15. ให้เชือกค้อยๆ ดึงขึ้น ด้วยมอเตอร์เบาอันเล็กๆ ติดที่อยู่บนวัตถุชิ้นหนึ่ง โดยมอเตอร์จะช่วยดึงทั้งสองวัตถุให้เข้ามาใกล้จุดศูนย์กลางของแกนหมุน จงหางานที่มอเตอร์ใช้ดึงทั้งสองวัตถุจากปลายคานมาอยู่ที่ระยะ 0.5 เมตร จากจุดศูนย์กลางของแกนหมุน

- (A) 120 J
- (B) 180 J
- (C) 240 J
- (D) 1440 J
- (E) 1620 J

16. พิจารณากราฟพลังงานศักย์กับตำแหน่งของวัตถุ 0.50 kg



จากกราฟในช่วง $0 \text{ cm} < x < 6 \text{ cm}$ ข้อใดเป็นเท็จ

- (A) วัตถุสมดุลที่ $x = 1 \text{ cm}$ หรือ $x = 3 \text{ cm}$
- (B) พลังงานต่ำสุดสุทธิที่เป็นไปได้สำหรับวัตถุนี้เท่ากับ -10 J
- (C) แรงที่กระทำบนวัตถุที่ $x = 4 \text{ cm}$ มีค่าประมาณ 1000 N
- (D) ถ้าพลังงานสุทธิของวัตถุเท่ากับ 0 J แล้ววัตถุจะมีพลังงานจลน์ 10 J
- (E) ความเร่งของวัตถุที่ $x = 2 \text{ cm}$ มีค่าประมาณ 4 cm/s^2

17. เราสามารถใช้ลวดหนุ่นเพื่อเก็บพลังงานจลน์ได้ ถ้าลวดมีลักษณะเป็นแผ่นกลม มีความหนาแน่น ρ ความทนต่อแรงดึง σ (ใช้หน่วยปาสคาล) รัศมี r และความหนา h และลวดสามารถหนุ่นที่ความเร็วเชิงมุมสูงสุดได้โดยไม่แตกหัก แล้วข้อใดคือพลังงานจลน์สูงสุดต่อกิโลกรัมที่ลวดสามารถเก็บพลังงานไว้ได้ สมมติว่า α เป็นค่าคงที่ (ระดับเตรียมสอบ สอวน. ให้ใช้การวิเคราะห์มิติ)

(A) $\alpha\sqrt{\rho\sigma/r}$

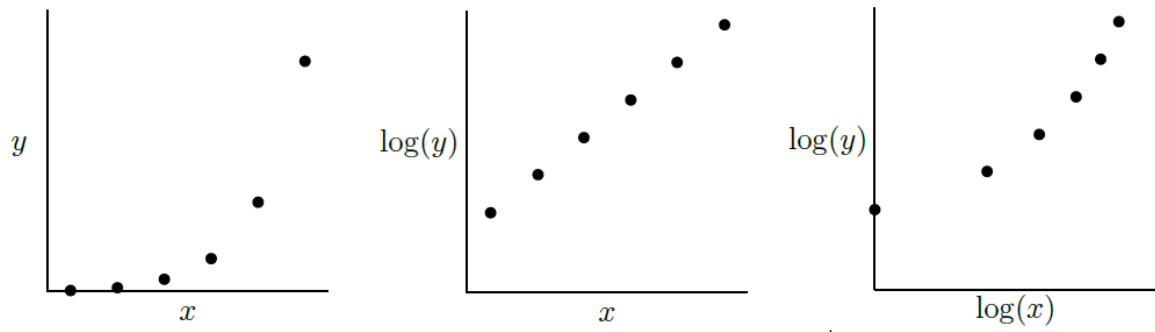
(B) $\alpha h\sqrt{\rho\sigma/r}$

(C) $\alpha\sqrt{(h/r)}(\sigma/\rho)^2$

(D) $\alpha(h/r)(\sigma/\rho)$

(E) $\alpha\sigma/r$

18. พิจารณาสามกราฟ ที่มาจากข้อมูลเดียวกัน



ฟังก์ชันในข้อใดสอดคล้องกับกราฟของข้อมูลดังกล่าว สมมติว่า a และ b เป็นค่าคงที่

- (A) $y = ax + b$
- (B) $y = ax^2 + b$
- (C) $y = ax^b$
- (D) $y = ae^{bx}$
- (E) $y = a \log x + b$

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 19 และ 20

มาโนมิเตอร์รูปตัวยู (U-tube manometer) คือ ท่อทรงกระบอกที่โค้งงอเป็นรูปตัว U มีเส้นผ่านศูนย์กลางสม่ำเสมอตลอดเส้น ภายในท่อจะมีน้ำที่มีความหนาแน่น ρ_w ระดับความสูงของน้ำในท่อทั้งสองฝั่งจะเท่ากับ L ในที่นี้เราจะไม่สนใจความตึงผิวและความหนืดของของเหลว

19. ถ้าน้ำในท่อฝั่งหนึ่งขยับตัวสูงขึ้นมา x แล้วน้ำในท่ออีกฝั่งจะลดลงมา x ด้วยเช่นกัน แล้วความถี่การขึ้นลงของน้ำในท่อเท่ากับข้อใด

(A) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{2g/L}$

(B) $2\pi \sqrt{g/L}$

(C) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{2L/g}$

(D) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{g/\rho_w}$

(E) $2\pi \sqrt{\rho_w g L}$

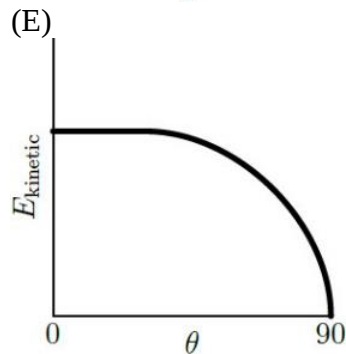
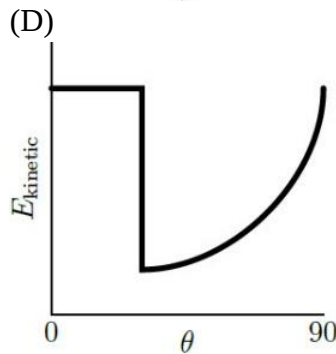
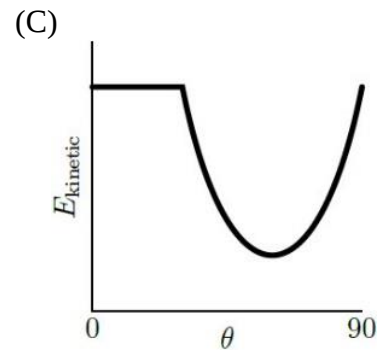
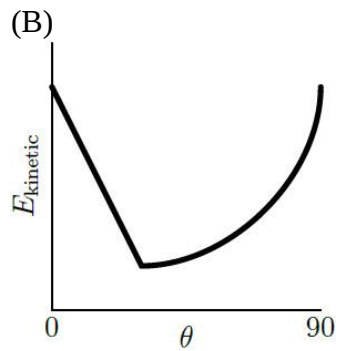
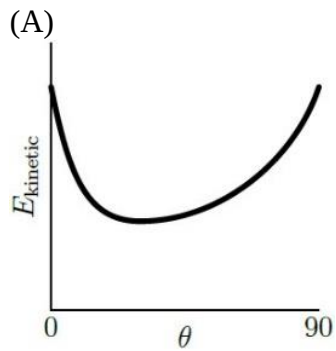
20. ถ้าเติมน้ำมันที่มีความหนาแน่นครึ่งหนึ่งของน้ำลงไปในด้านหนึ่งของท่อ จนกระทั่งความยาวของลำน้ำมันเท่ากับ ความยาวของลำน้ำ จงหาผลต่างความสูงของน้ำและน้ำมันที่จุดสมดุล

- (A) L
- (B) $L/2$
- (C) $L/3$
- (D) $3L/4$
- (E) $L/4$

21. ยิงวัตถุขึ้นฟ้าด้วยอัตราเร็ว 50 m/s แล้วตกกลับลงมาพื้นดินด้วยสัมประสิทธิ์การกระแทก $C_R = 0.9$ หมายความว่า วัตถุจะมีการกระเด็นกลับด้วยอัตราเร็ว 90% ของอัตราเร็วที่ตกลงมา จงหาเวลารวมที่ใช้ ตั้งแต่เริ่มยิงวัตถุจนกระทั่งตกกลับลงมาถึงพื้นแล้วหยุดนิ่ง สมมุติว่าเวลาในการกระแทกเป็นศูนย์ (การกระเด็นกลับเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว) เหตุการณ์นี้เป็นแบบอุดมคติ และไม่สนใจผลควอนตัมใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับการกระแทก

- (A) 71 s
- (B) 100 s
- (C) 141 s
- (D) 1000 s
- (E) ∞ (วัตถุจะไม่มีวันหยุดนิ่ง)

22. ปล่อยลูกบอลตันกลิ้งจากจุดหนึ่งไปตามพื้นเอียงที่มีมุม θ ต่างๆ แต่ความสูง h มีค่าเท่ากัน ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิต และแรงเสียดทานจลน์ทั้งสองมีค่าเท่ากับ μ กราฟใดแสดงพลังงานจลน์สุทธิของลูกบอลที่ด้านล่างของพื้นเอียง ที่เปลี่ยนไปตามมุม θ ต่างๆ ได้ถูกต้อง



23. วัตถุ 2.0 kg เดิมหยุดนิ่งตกลงมาจากความสูง 5.0 เมตร ไปโดนวัตถุ 6.0 kg ที่ตั้งอยู่บนสปริงเบาที่มีค่าคงสปริง $k = 72 \text{ N/m}$ จากการกระแทก ทำให้วัตถุทั้งสองติดไปด้วยกันและทำให้สปริงเกิดการสั้น จงหาว่าวัตถุ 6.0 kg จะเคลื่อนที่ไปได้ไกลเท่าไรจากจุดเริ่มต้น

- (A) 0.27 m
- (B) 1.1 m
- (C) 2.5 m
- (D) 2.8 m
- (E) 3.1 m

24. อัตราเร็วของคลื่นตามขวางในเส้นลวดเหล็ก หาจาก

$$v = \sqrt{\frac{T}{M/L}}$$

โดย T คือ แรงตึงในเส้นลวด M คือ มวล และ L คือ ความยาวลวด สมมติว่าไม่มีการยืดจากแรงตึง

ถ้าลวดเหล็กสองอันที่ยาวเท่ากัน แต่เส้นแรกมีรัศมี r_1 เส้นที่สองมีรัศมี $r_2 = 4r_1$ แต่ละสายถูกตึงให้ตึงที่สุดเท่าที่จะตึงได้

โดยไม่ขาดออก แล้วอัตราส่วนความถี่มูลฐานของการสั่น ของลวดทั้งสองเส้น f_1/f_2 เท่ากับข้อใด

- (A) 1
- (B) $\sqrt{2}$
- (C) 2
- (D) $2\sqrt{2}$
- (E) 4

25. รถกระป๋อง A และ B เหมือนกันทุกประการ แต่ละคันมีมวล m ทั้งสองคันเชื่อมกันด้วยสปริงที่มีค่าคงสปริง k และมีสปริงอีกสองเส้นเชื่อมรถทั้งสองกับกำแพง ดังรูป รถสามารถขยับตามการสั่นของสปริงได้อย่างอิสระ และเคลื่อนที่ทางเดียวโดยไม่มีความฝืด



ภายใต้เงื่อนไขเริ่มต้น รถสองคันจะมีเฟสการแกว่ง คือ

$$x_A(t) = x_0 \sin \omega_1 t = x_B(t)$$

โดย x_A และ x_B คือ ระยะของรถเทียบกับตำแหน่งสมดุลของรถแต่ละคัน

ภายใต้เงื่อนไขเริ่มต้นอีกแบบ รถสองคันจะมีเฟสการแกว่ง คือ

$$x_A(t) = x_0 \sin \omega_2 t = -x_B(t)$$

อัตราส่วน ω_2 / ω_1 จะมีค่าเท่ากับข้อใด

- (A) $\sqrt{3}$
- (B) 2
- (C) $2\sqrt{2}$
- (D) 3
- (E) 5