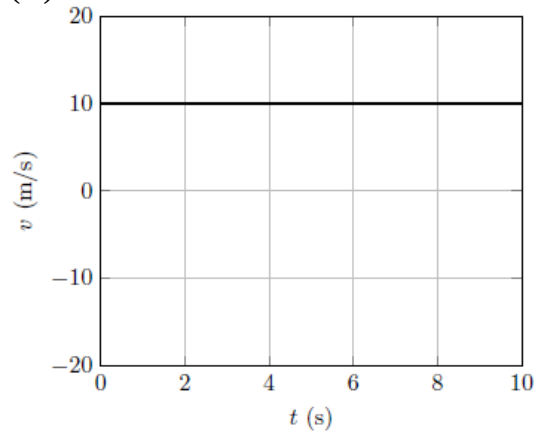


ข้อสอบ $F = ma$ สำหรับการคัดเลือกรอบแรกโครงการฟิสิกส์โอลิมปิกประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นลิขสิทธิ์ของสมาพันธ์ครูฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมฟิสิกส์ไทยได้รับอนุญาตให้แปลและเผยแพร่แก่บุคคลทั่วไปได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

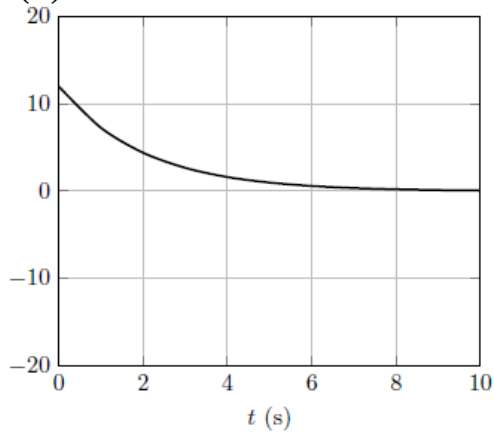
ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในข้อสอบหรือเฉลย ไม่ว่าหน้าใดหน้าหนึ่งหรือทั้งหมด ไปทำซ้ำหรือดัดแปลง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1. กราฟข้อใด แสดงอัตราเร็วกับเวลาของวัตถุที่ถูกขว้างขึ้นไปโดยมีแรงต้านอากาศ ได้ดีที่สุด

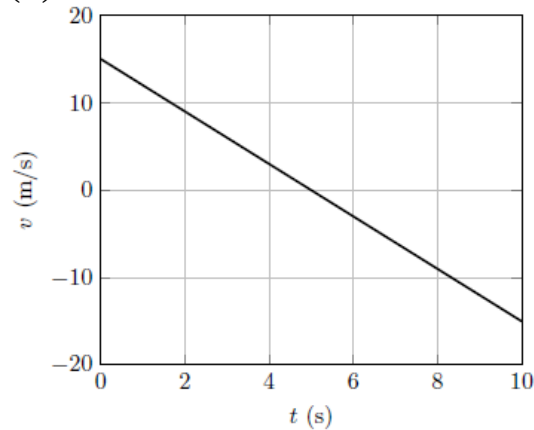
(A)



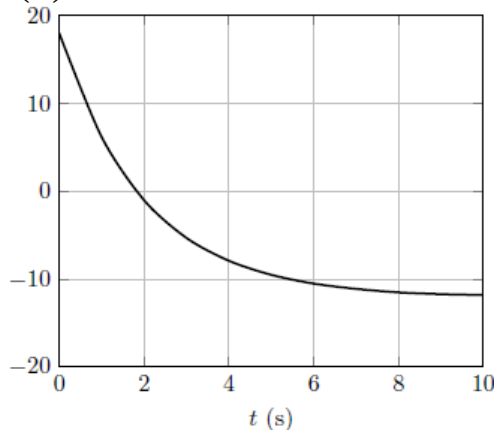
(B)



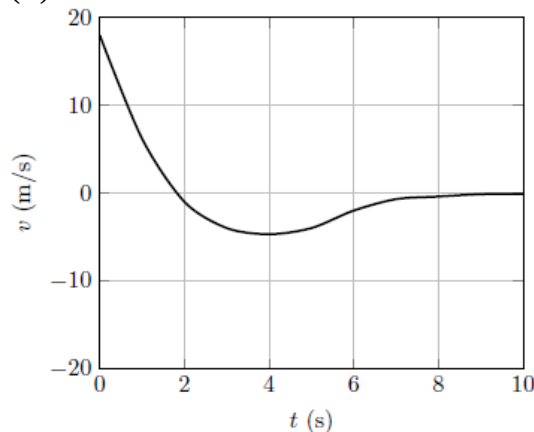
(C)



(D)



(E)



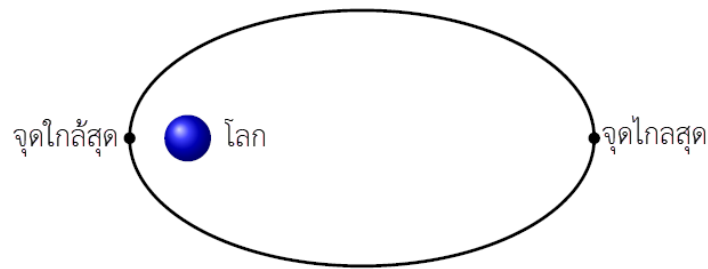
2. มวล 3.0 kg เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว 30 m/s พุ่งชนกับมวล 2.0 kg ที่เคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยอัตราเร็ว 20 m/s หลังการชน จุดศูนย์กลางมวลของระบบจะเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วเท่าใด

- (A) 5 m/s
- (B) 10 m/s
- (C) 20 m/s
- (D) 24 m/s
- (E) 26 m/s

3. ให้บอลลูกแรกเคลื่อนที่ไปตามแกน x แล้วชนกับบอลลูกที่สองที่เดิมอยู่นิ่ง และมีมวลเท่ากัน แล้วหลังเกิดการชนข้อใดกล่าวผิด

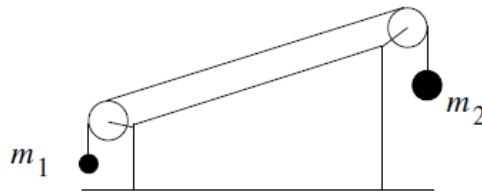
- (A) โมเมนตัมสุดท้ายสุทธิตามแกน x จะเท่ากับโมเมนตัมเริ่มต้นของบอลลูกแรก
- (B) พลังงานจลน์สุทธิหลังเกิดการชน จะเท่ากับพลังงานจลน์เริ่มต้นของบอลลูกแรก
- (C) โมเมนตัมสุดท้ายของลูกบอลทั้งสองตามแกน y ที่ถูกเพิ่มเข้ามาจะเป็นศูนย์
- (D) อัตราเร็วสุดท้ายของจุดศูนย์กลางมวลของลูกบอลทั้งสอง มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราเร็วต้นของบอลลูกแรก
- (E) ลูกบอลทั้งสองจะไม่สามารถหยุดนิ่ง หลังเกิดการชนกันได้

4. ให้ดาวเทียมอยู่ในวงโคจรรอบโลก และเครื่องยนต์สามารถให้แรงดลค่าหนึ่งได้เพียงครั้งเดียว เพื่อให้ดาวเทียมได้พลังงานมากที่สุด แรงดลควรเป็นไปตามข้อใด



- (A) ควรมีทิศตามความเร็วของดาวเทียม และใช้ขณะอยู่จุดใกล้สุด
- (B) ควรมีทิศตามความเร็วของดาวเทียม และใช้ขณะอยู่จุดไกลสุด
- (C) ควรมีทิศพุ่งเข้าหาโลก และใช้ขณะอยู่จุดใกล้สุด
- (D) ควรมีทิศพุ่งเข้าหาโลก และใช้ขณะอยู่จุดไกลสุด
- (E) ควรมีทิศพุ่งออกจากโลก และใช้ขณะอยู่จุดไกลสุด

5. มวลสองอันถูกแขวนอยู่บนรอกด้วยเชือกเบา และรอกนั้นตั้งอยู่บนพื้นเอียง ดังรูป ถ้าทุกพื้นผิวไม่มีแรงเสียดทาน และมวลทั้งสองที่เดิมอยู่หนึ่งถูกปล่อยออก แล้วพื้นเอียงจะเป็นไปตามข้อใด



- (A) จะมีความเร่งไปทางซ้าย ถ้า $m_1 < m_2$
- (B) จะมีความเร่งไปทางขวา ถ้า $m_1 < m_2$
- (C) จะมีความเร่งไปทางซ้าย โดยไม่สนมวลที่ถูกแขวนไว้
- (D) จะมีความเร่งไปทางขวา โดยไม่สนมวลที่ถูกแขวนไว้
- (E) พื้นเอียงไม่เคลื่อนที่ไปไหน

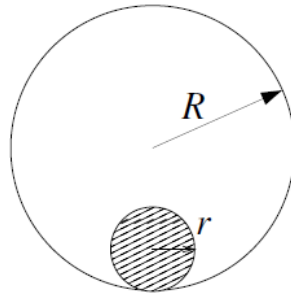
6. ลังใส่ของมวล $m = 15 \text{ kg}$ ถูกดันขึ้นไปบนทางลาดที่มีความยาว 5.00 m และทำมุม 20° กับแนวนอน ด้วยแรง $F = 1.00 \times 10^3 \text{ N}$ ในทิศที่ขนานกับทางลาด และแรงเสียดทานที่ต้านการเคลื่อนที่เท่ากับ $f = 4.00 \times 10^2 \text{ N}$ ถ้าเดิมลังอยู่นิ่ง แล้วอัตราเร็วของลัง ณ จุดบนสุดของทางลาดเท่ากับข้อใด

- (A) 4.24 m/s
- (B) 5.11 m/s
- (C) 7.22 m/s
- (D) 8.26 m/s
- (E) 9.33 m/s

7. ให้รถมีความเร่งมากที่สุดเท่ากับ a_0 และความเร่งต่ำสุดเท่ากับ $-a_0$ แล้วเวลาสั้นสุดที่ทำให้รถที่เดิมอยู่นิ่งวิ่งไปหยุดที่ระยะทาง d เท่ากับข้อใด

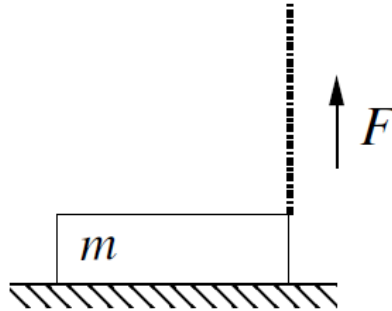
- (A) $\sqrt{d/2a_0}$
- (B) $\sqrt{d/a_0}$
- (C) $\sqrt{2d/a_0}$
- (D) $\sqrt{3d/2a_0}$
- (E) $2\sqrt{d/a_0}$

8. แผ่นกลมรัศมี r กลิ้งอย่างสม่ำเสมอโดยไม่มีการไถล วนอยู่ภายในห่วงที่ถูกตรึงไว้ และห่วงมีรัศมี R ถ้าคาบการกลิ้งของแผ่นกลมเท่ากับ T แล้วอัตราเร็วขณะหนึ่งของจุดที่อยู่ตรงข้ามกับจุดที่แผ่นกลมสัมผัสกับห่วงเท่ากับข้อใด



- (A) $2\pi(R + r)/T$
- (B) $2\pi(R + 2r)/T$
- (C) $4\pi(R - 2r)/T$
- (D) $4\pi(R - r)/T$
- (E) $4\pi(R + r)/T$

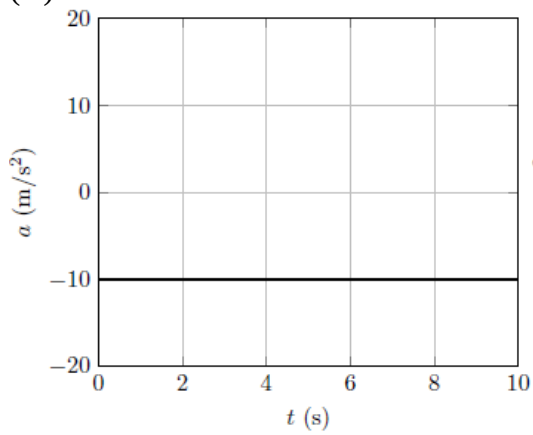
9. แท่งไม้สม่ำเสมอมวล m เดิมวางราบอยู่บนพื้น ปลายด้านหนึ่งมีเชือกผูกไว้ เมื่อดึงเชือกขึ้นในแนวตั้งด้วยแรงตึงคงที่ F แล้วจุดศูนย์กลางมวลของแท่งไม้จะเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง $a < g$ แล้วแรงปกติ N ที่พื้นกระทำกับแท่งไม้ในอีกด้านที่ไม่ถูกยกขึ้น หลังจาก que แท่งไม้ด้านขวาถูกยกขึ้นเหนือพื้นดินเพียงนิดเดียว เท่ากับข้อใด



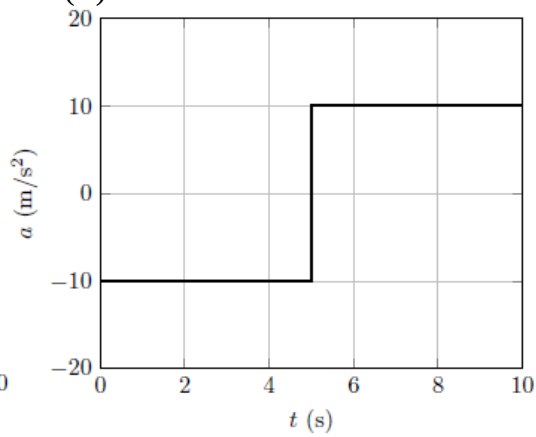
- (A) $N = mg$
- (B) $mg > N > mg/2$
- (C) $N = mg/2$
- (D) $mg/2 > N > 0$
- (E) $N = 0$

10. กราฟข้อใด แสดงความเร่งกับเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่ขึ้นไปโดยมีแรงต้านอากาศ ได้ดีที่สุด

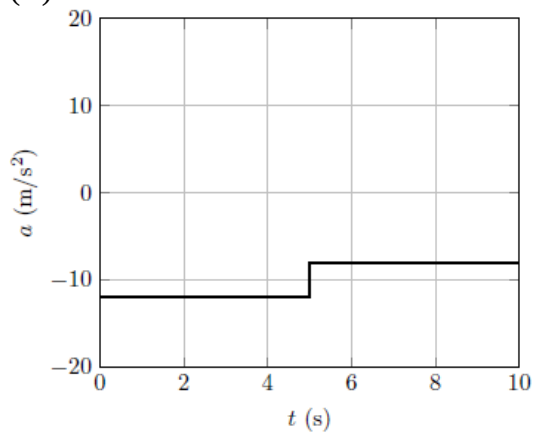
(A)



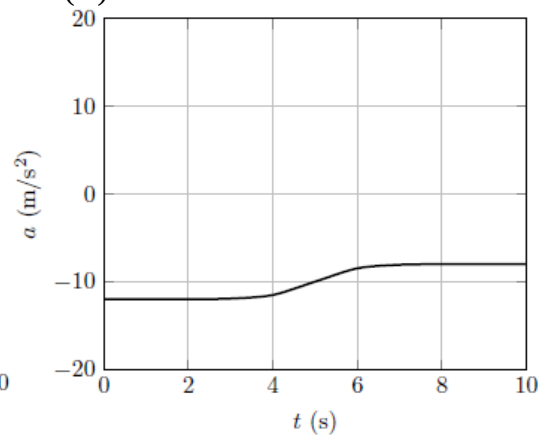
(B)



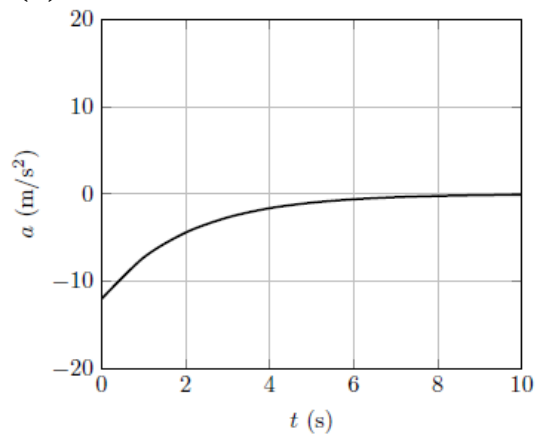
(C)



(D)



(E)



11. ให้สปริงเบาในอุดมคติถูกตรึงปลายด้านหนึ่งไว้ ส่วนปลายอีกด้านติดมวลไว้ แล้วสปริงจะสั่นด้วยความถี่เชิงมุม ω ถ้าปลายสปริงถูกตรึงไว้ทั้งสองด้าน แล้วตัดแบ่งครึ่งเพื่อนำมวลไปติดไว้กึ่งกลางระหว่างสปริงทั้งสอง



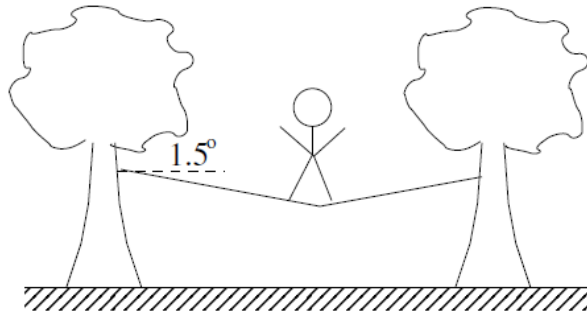
แล้วความถี่เชิงมุมใหม่ของการสั่น จะเท่ากับข้อใด

- (A) $\omega/2$
- (B) ω
- (C) $\sqrt{2}\omega$
- (D) 2ω
- (E) 4ω

12. (เกินหลักสูตรการสอบเข้า สอน.) นักเรียนกลุ่มหนึ่งต้องการวัดความเร่งโน้มถ่วงด้วยลูกตุ้มอย่างง่าย พวกเขาใช้ลูกตุ้มที่มีความยาว $L = 1.00 \pm 0.05 \text{ m}$ และวัดคาบของการแกว่งในหนึ่งครั้งได้ $T = 2.00 \pm 0.10 \text{ s}$ ถ้าสมมุติว่า ทุกความคลาดเคลื่อนมีการกระจายตัวแบบ **Gaussian** (มีการแจกแจงแบบปกติ) แล้วความเร่งโน้มถ่วงที่คำนวณจากผลการทดลองนี้ ควรได้ค่าตามข้อใด

- (A) $9.87 \pm 0.05 \text{ m/s}^2$
- (B) $9.87 \pm 0.15 \text{ m/s}^2$
- (C) $9.9 \pm 0.25 \text{ m/s}^2$
- (D) $9.9 \pm 1.1 \text{ m/s}^2$
- (E) $9.9 \pm 1.5 \text{ m/s}^2$

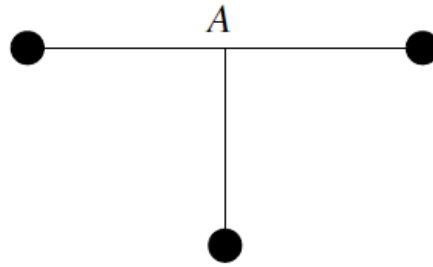
13. ให้เชือกเบามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm (1 นิ้ว) ถูกแขวนในแนวนราบ และอยู่ระหว่างต้นไม้สองต้นที่ห่างกัน 18.0 m แล้วนักไต่เชือกคนหนึ่งเดินไปที่จุดกึ่งกลางของเชือกและทำให้เกิดแรงดึง 7300 N จนเชือกหย่อนลงมาทำมุม 1.50° กับแนวนราบ



จากมอดูลัสของยัง คือ อัตราส่วนของความเค้นส่วนความเครียด โดยความเค้น คือ แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ และความเครียด คือ เศษส่วนของการเปลี่ยนแปลงความยาว $\Delta L/L$ แล้วมอดูลัสของยังของเชือกเท่ากับข้อใด

- (A) $1.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
- (B) $2.0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
- (C) $2.2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
- (D) $2.4 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
- (E) $4.2 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

14. ให้มวลที่เหมือนกันสามชิ้นเชื่อมกับคานแข็งแบบเดียวกัน และมีจุดหมุนที่จุด A เมื่อมวลก้อนล่างสุดถูกดันในแนวนอนเบาๆ ไปทางซ้าย จะเกิดการแกว่งด้วยคาบ T_1 เมื่อเปลี่ยนเป็นดันเบาๆ ที่ด้านหน้าแบบตั้งฉากกับกระดาษ จะได้คาบของการแกว่งเท่ากับ T_2 แล้วอัตราส่วน T_1/T_2 เท่ากับข้อใด

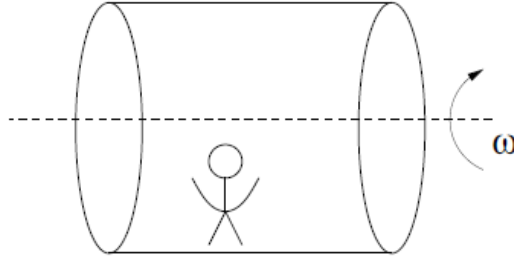


- (A) $1/2$
- (B) 1
- (C) $\sqrt{3}$
- (D) $2\sqrt{2}$
- (E) $2\sqrt{5}$

15. ถ้ายานอวกาศที่อยู่ในวงโคจรรวมกลมรอบโลก มีคาบในการโคจรรยาวนาน เพราะได้รับผลกระทบจากแรงต้านอากาศ ซึ่งทำให้พลังงานสุทธิของยานอวกาศลง 1 J แล้วพลังงานจลน์ของดาวเทียมจะเป็นไปตามข้อใด

- (A) จะเพิ่มขึ้น 1 J
- (B) ยังคงเท่าเดิม
- (C) จะลดลง $\frac{1}{2}$ J
- (D) จะลดลง 1 J
- (E) จะลดลง 2 J

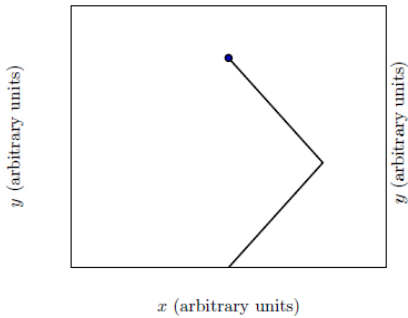
16. สถานีอวกาศทรงกระบอกสามารถสร้าง “แรงโน้มถ่วงเทียม” จากการหมุนด้วยความถี่เชิงมุม ω ให้พิจารณาในกรอบอ้างอิงที่สถานีอวกาศกำลังหมุน ถ้านักบินอวกาศเดิมยืนนิ่งอยู่บนพื้น และหันหน้าไปในทิศที่สถานีอวกาศกำลังหมุน แล้วเขากระโดดขึ้นในแนวตั้งเทียบกับพื้นด้วยอัตราเร็วต้นที่น้อยกว่าอัตราเร็วของพื้น แล้วหลังหลุดออกจากพื้น การเคลื่อนที่ของเขาเทียบกับพื้นของสถานีอวกาศจะเป็นไปตามข้อใด



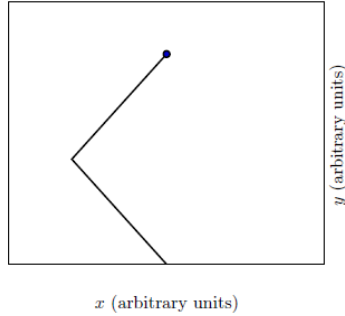
- (A) จะมีส่วนประกอบของความเร่ง ที่มีทิศชี้ไปยังพื้นเสมอ และจะตกกลับมาที่จุดเดิมที่เคยกระโดดขึ้น
- (B) จะมีส่วนประกอบของความเร่ง ที่มีทิศชี้ไปยังพื้นเสมอ และจะตกกลับมาหน้าจุดเดิมที่เคยกระโดดขึ้น
- (C) จะมีส่วนประกอบของความเร่ง ที่มีทิศชี้ไปยังพื้นเสมอ และจะตกกลับมาหลังจุดเดิมที่เคยกระโดดขึ้น
- (D) จะมีส่วนประกอบของความเร่ง ที่มีทิศชี้ออกจากพื้นเสมอ และจะตกกลับมาหลังจุดเดิมที่เคยกระโดดขึ้น
- (E) จะมีความเร่งเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับพื้น และเขาจะไม่กลับมาสู่พื้นอีก

17. มีทรายร่วงลงมาเป็นสายจากเฮลิคอปเตอร์ที่เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยอัตราเร็วคงที่ v แล้วเปลี่ยนทิศกระทันหันไปทางซ้ายแล้วมีอัตราเร็วคงที่ v ถ้าไม่คิดถึงแรงต้านอากาศ แล้วรูปร่างของสายทรายที่มองเห็นจากพื้นดิน จะเป็นไปตามข้อใด ให้จุดสีดำ คือ เฮลิคอปเตอร์

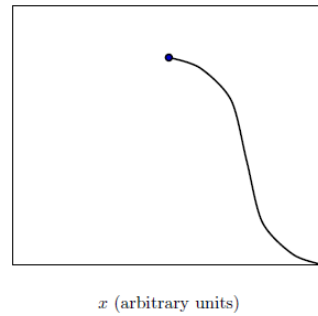
(A)



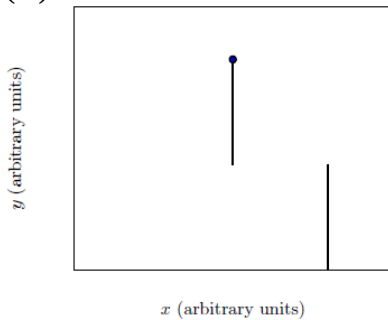
(B)



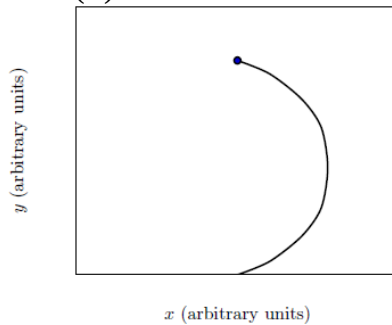
(C)



(D)



(E)



18. มวล m ติดกับคานบางยาว l ซึ่งสามารถหมุนเป็นวงกลมในแนวตั้งได้อย่างอิสระด้วยคาบ T แล้วผลต่างของแรงตึงบนคานขณะมวลแกว่งอยู่ที่ด้านบนของวงกลม กับที่ด้านล่างของวงกลมจะเท่ากับข้อใด

- (A) $6mg^2T^2/l$
- (B) $4\pi mg^2T^2/l$
- (C) $6mg$
- (D) π^2ml / T^2
- (E) $4\pi ml / T^2$

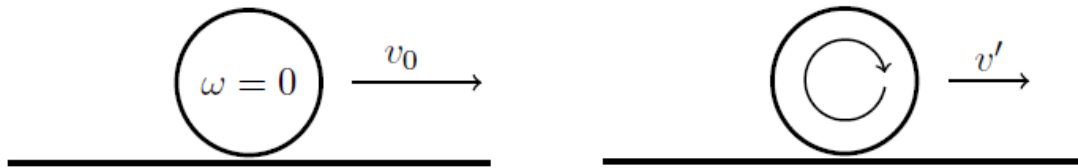
19. ให้ปริมาณฝนที่ตกมีความหนาแน่น n หยดต่อลูกบาศก์เมตร หยดฝนมีรัศมี r_0 กระแทบพื้นด้วยอัตราเร็ว v_0 ความดันบนพื้นดินที่เกิดจากฝนเท่ากับ P_0 ถ้าปริมาณความหนาแน่นของฝนเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า แต่หยดฝนมีรัศมีลดลงครึ่งหนึ่ง อัตราเร็วลดลงครึ่งหนึ่ง แล้วความดันใหม่จะเท่ากับข้อใด

- (A) P_0
- (B) $P_0/2$
- (C) $P_0/4$
- (D) $P_0/8$
- (E) $P_0/16$

20. เมื่อยืดสปริงให้ยาวเป็นสองเท่าของความยาวตามปกติ จะมีพลังงานศักย์ U_0 ถ้าตัดสปริงครึ่งหนึ่ง แล้วนำแต่ละส่วนมายืดให้ยาวเป็นสองเท่าของความยาวตามปกติ แล้วพลังงานศักย์สุทธิของสปริงทั้งสองเท่ากับข้อใด

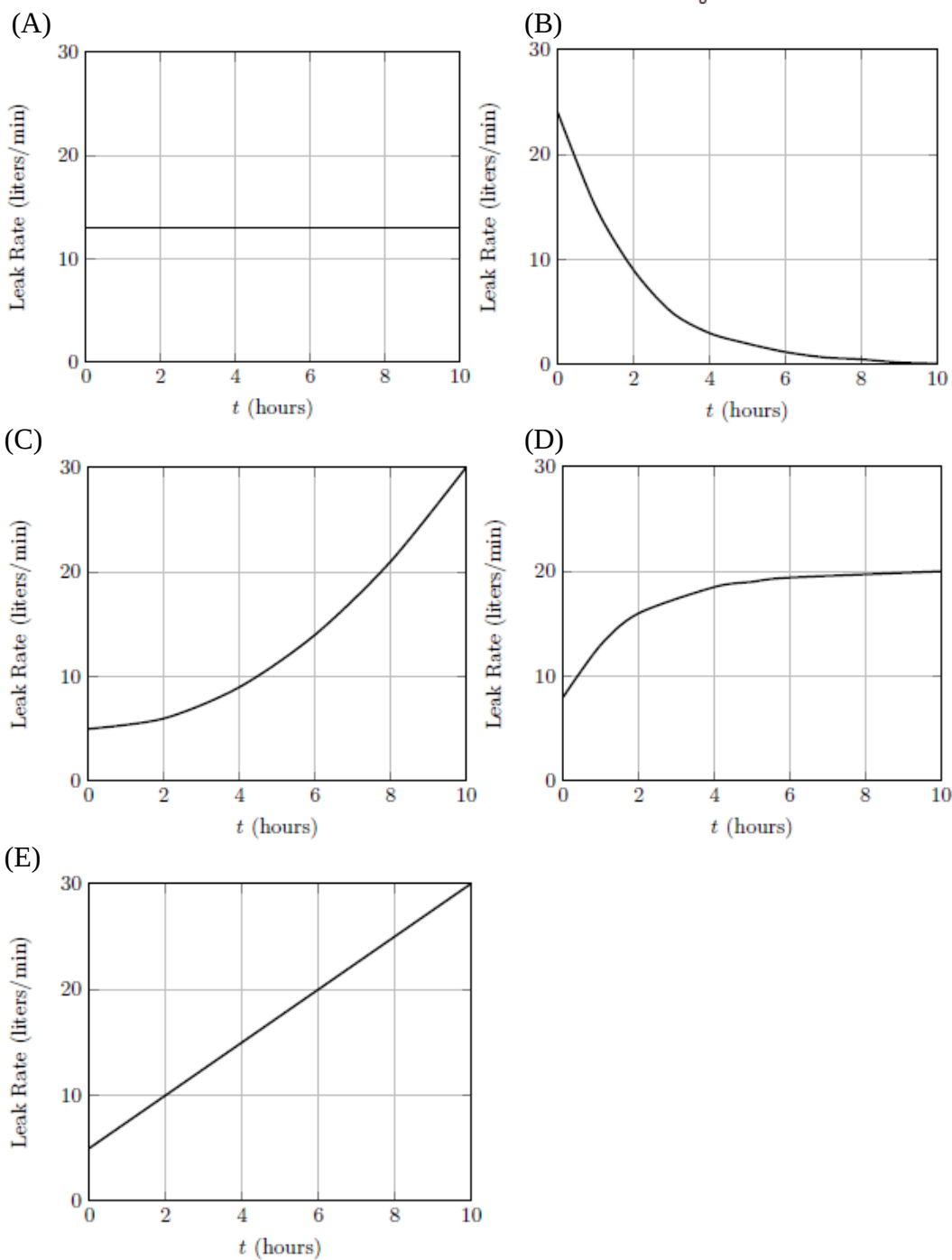
- (A) $4U_0$
- (B) $2U_0$
- (C) U_0
- (D) $U_0/2$
- (E) $U_0/4$

21. ลูกปิงปอง (ทรงกลมกลวง) มวล m อยู่บนพื้นและมีความเร็วต้น v_0 มีอัตราเร็วเชิงมุมเป็นศูนย์ที่เวลา $t = 0$ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างลูกปิงปองกับพื้นเป็น $\mu_s = \mu_k = \mu$ แล้วเวลาที่ลูกปิงปองจะเริ่มกลิ้งโดยไม่ลื่นไถล เท่ากับข้อใด



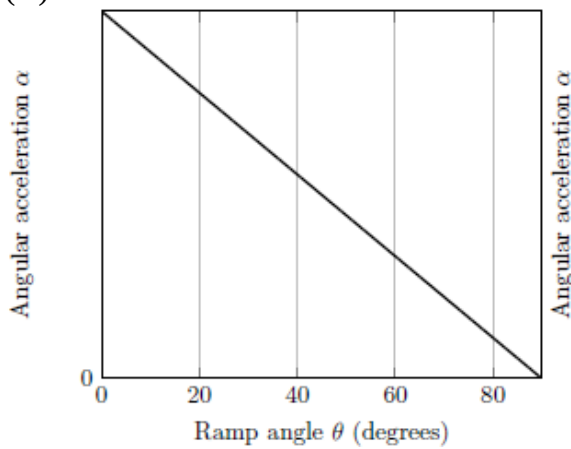
- (A) $t = (2/5)v_0/\mu g$
- (B) $t = (2/3)v_0/\mu g$
- (C) $t = v_0/\mu g$
- (D) $t = (5/3)v_0/\mu g$
- (E) $t = (3/2)v_0/\mu g$

22. เรือทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากมีรูรั่วเล็กๆ อยู่ที่ใต้ท้องเรือ ทำให้มีน้ำไหลเข้ามา และเรือก็ค่อยๆ จมลงใต้น้ำ แล้วกราฟข้อใดแสดงอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้ามาในเรือเทียบกับเวลา (leak rate) ได้ดีที่สุด สมมติให้ขณะจมลง เรือยังคงอยู่ในแนวราบ

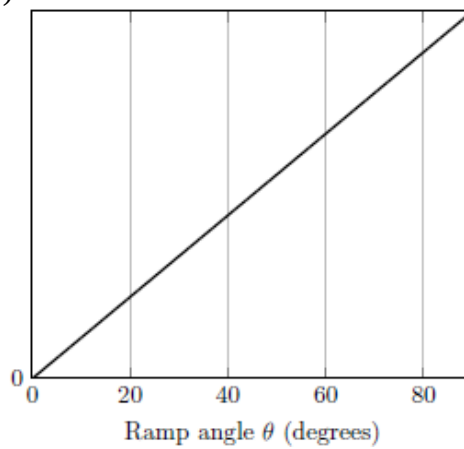


23. ให้สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์สถิตระหว่างลูกบอลและทางลาดเท่ากับ $\mu_s = \mu_k = \mu$ ถ้าลูกบอลที่เดิมอยู่นิ่ง ถูกปล่อยลงมาจากด้านบนของทางลาด แล้วกราฟข้อใดแสดงความเร่งเชิงมุมของลูกบอลที่จุดศูนย์กลางมวล เทียบกับขนาดมุมของทางลาดได้ดีที่สุด

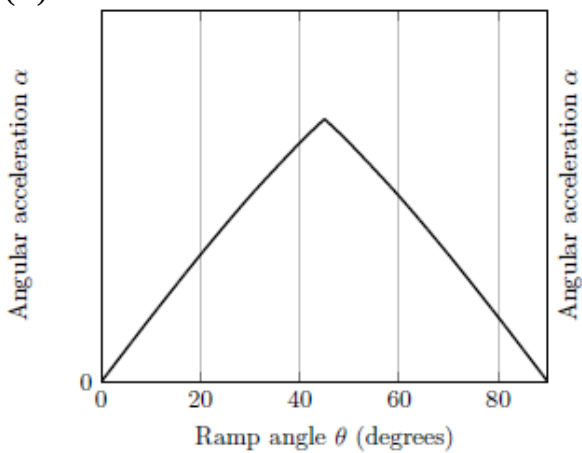
(A)



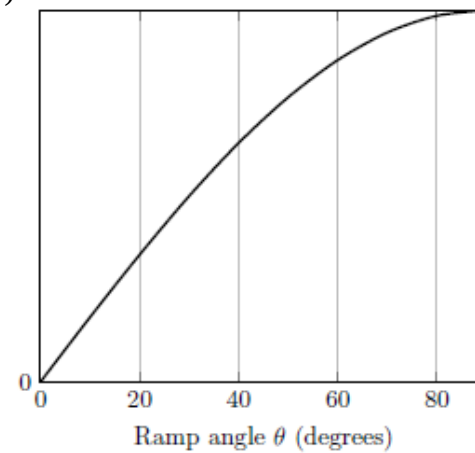
(B)



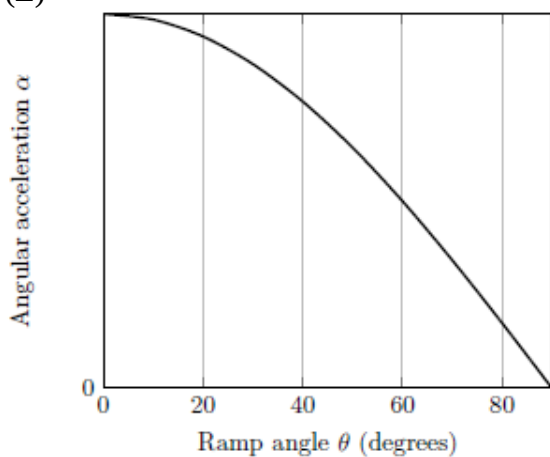
(C)



(D)



(E)



24. ให้มวลติดที่ปลายด้านหนึ่งของคันแขึง และอีกด้านของคันติดกับเพลาสั้นในแนวนอนที่สามารถหมุนได้รอบ 360° มวลถูกแขวนที่ปลายคัน และคันอยู่ในแนวตั้ง ให้มวลจะมีพลังงานจลน์เริ่มต้น K ถ้า K มีขนาดเล็กมาก มวลก็จะเปรียบเสมือนลูกตุ้ม เมื่อสั่นด้วยมุมเล็กๆ จะได้คาบของการแกว่ง T_0 แล้วกรณีที่ K เพิ่มขึ้น คาบของมวลจะเป็นไปตามข้อใด

- (A) ยังคงเท่าเดิม
- (B) เพิ่มขึ้น และเข้าใกล้ค่าหนึ่งที่หาค่าได้
- (C) ลดลง และเข้าใกล้ค่าหนึ่งที่ไม่ใช่ศูนย์ และหาค่าได้
- (D) ลดลง และเข้าใกล้ศูนย์
- (E) ตอนแรกจะเพิ่มขึ้น แล้วลดลง

25. (เกินหลักสูตรสอบเข้า สอวน.) ก และ ข กำลังเขียนรายงานผลการทดลอง โดย ก วัดคาบของลูกตุ้มได้ 1.013 ± 0.008 s ในขณะที่ ข วัดได้คาบ 0.997 ± 0.016 s ซึ่งทั้งคู่สามารถสรุปข้อมูลที่ได้ตามวิธีต่อไปนี้

วิธีที่ 1 : ใช้ข้อมูลของ ก โดยไม่สนของ ข

วิธีที่ 2 : ใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูล ก และ ข

วิธีที่ 3 : ใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของข้อมูล ก และ ข โดยถ่วงให้ ก มีน้ำหนักมากกว่า ข อยู่ 4 เท่า

ข้อใดสรุป ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ในแต่ละวิธี ได้ดีที่สุด

- (A) วิธีที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนวิธีที่ 2 มีความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด
- (B) วิธีที่ 3 มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนวิธีที่ 2 มีความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด
- (C) วิธีที่ 2 มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนวิธีที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด
- (D) วิธีที่ 3 มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนวิธีที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด
- (E) วิธีที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนวิธีที่ 3 มีความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด