

ข้อสอบ $F = ma$ สำหรับการคัดเลือกรอบแรกโครงการฟิสิกส์โอลิมปิกประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นลิขสิทธิ์ของสมาพันธ์ครูฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมฟิสิกส์ไทยได้รับอนุญาตให้แปลและเผยแพร่แก่บุคคลทั่วไปได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในข้อสอบหรือเฉลย ไม่ว่าหน้าใดหน้าหนึ่งหรือทั้งหมด ไปทำซ้ำหรือดัดแปลง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1. แอปเปิ้ลขนาด 0.3 kg เดิมอยู่นิ่ง ร่วงลงมาจากความสูง 40 cm ลงบนพื้นราบ และหยุดนิ่งใน 0.1 s พื้นผิวที่ตกกระทบพื้นที่เท่ากับ 4 cm² แล้วความดันเฉลี่ยของแอปเปิ้ลขณะตกกระทบพื้นที่เท่ากับข้อใด ไม่ต้องคำนึงถึงแรงต้าน

อากาศ

- (A) 67,000 Pa
- (B) 21,000 Pa
- (C) 6,700 Pa
- (D) 210 Pa
- (E) 67 Pa

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 2 และ 3

วัตถุที่เหมือนกัน 3 ชิ้น ถูกวางโต๊ะที่ไม่มีแรงเสียดทาน ดังรูป ให้มวลที่อยู่ตรงกลางอยู่นิ่ง ส่วนอีกสองชิ้นพุ่งเข้าหาวัตถุที่อยู่ตรงกลางด้วยอัตราเร็ว v เหมือนกัน โดยวัตถุที่อยู่ตรงกลางจะอยู่ใกล้กับวัตถุทางซ้ายมากกว่าทางขวา และการเคลื่อนที่ทั้งหมดเกิดขึ้นหนึ่งมิติ ตามแนวนอน



2. สมมุติว่า การชนแต่ละครั้งใช้เวลาน้อยมากและยืดหยุ่นสมบูรณ์ หลังจากผ่านไปซีกพัก ข้อความใดต่อไปนี้ เป็นจริง

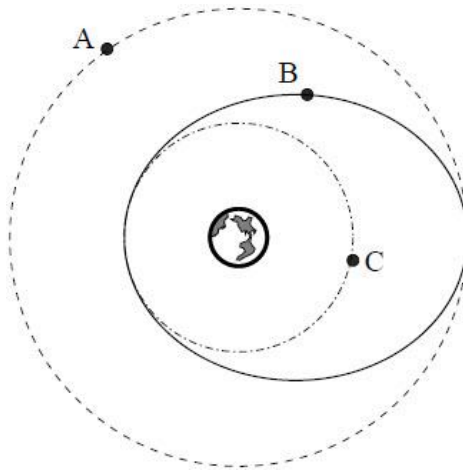
- (A) วัตถุตรงกลาง จะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย
- (B) วัตถุตรงกลาง จะเคลื่อนที่ไปทางขวา
- (C) วัตถุตรงกลาง หยุดนิ่งอยู่ทางด้านซ้ายของตำแหน่งเริ่มต้น
- (D) วัตถุตรงกลาง หยุดนิ่งอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น
- (E) วัตถุตรงกลาง หยุดนิ่งอยู่ทางด้านขวาของตำแหน่งเริ่มต้น

3. สมมุติว่า การชนแต่ละครั้งใช้เวลาน้อยมากและไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ หลังจากผ่านไปซีกฟัก ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริง
- (A) วัตถุตรงกลาง จะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย
 - (B) วัตถุตรงกลาง จะเคลื่อนที่ไปทางขวา
 - (C) วัตถุตรงกลาง หยุดนิ่งอยู่ทางด้านซ้ายของตำแหน่งเริ่มต้น
 - (D) วัตถุตรงกลาง หยุดนิ่งอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น
 - (E) วัตถุตรงกลาง หยุดนิ่งอยู่ทางด้านขวาของตำแหน่งเริ่มต้น

4. นักบินอวกาศมวล 80 kg นั่งอยู่บนยานอวกาศที่กำลังเข้าใกล้พื้นโลก ถ้ายานอวกาศมีความเร่งในทิศขึ้นตั้งฉากกับพื้นโลกเป็นห้าเท่าของความเร่งโน้มถ่วง แล้วแรงที่นักบินกระทำกับยานอวกาศจะเท่ากับข้อใด

- (A) 4800 N
- (B) 4000 N
- (C) 3200 N
- (D) 800 N
- (E) 400 N

5. ดาวเทียมขนาดเท่ากันสามดวง A, B และ C อยู่ในวงโคจรของดาวเคราะห์ ตามรูป ถ้าขนาดของโมเมนตัมเชิงมุมของดาวเทียมที่วัดจากดาวเคราะห์ เท่ากับ L_A , L_B และ L_C แล้วข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง



- (A) $L_A > L_B > L_C$
- (B) $L_C > L_B > L_A$
- (C) $L_B > L_C > L_A$
- (D) $L_B > L_A > L_C$
- (E) การจัดลำดับขนาดจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับช่วงเวลานั้นๆ

6. วัตถุถูกโยนด้วยอัตราเร็วต้นคงที่ v_0 ด้วยมุมที่ต่างกัน α กับแนวราบ ที่ความสูงคงที่ค่าหนึ่ง h เหนือจุดยิง อัตราเร็ว v ของวัตถุจะมีค่าตามฟังก์ชันของมุมเริ่มต้น α ข้อใดอธิบาย v ที่เปลี่ยนไปตามมุม α ได้ดีที่สุด (สมมติว่า มีความสูง h ตามเงื่อนไข และไม่มีแรงต้านอากาศ)

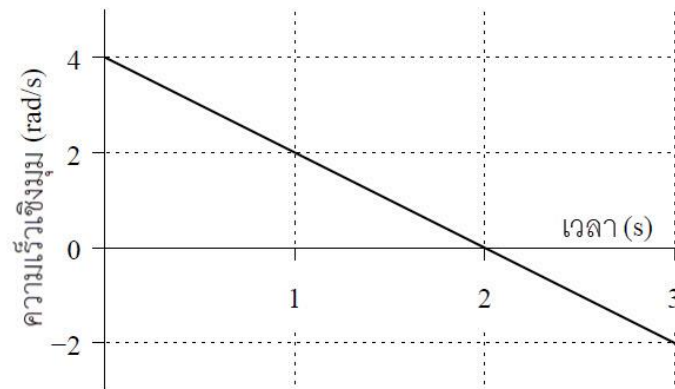
- (A) v จะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับทางเดียวตาม α
- (B) v จะเพิ่มขึ้นถึงค่าวิกฤต $v_{\max}$ ค่าหนึ่ง หลังจากนั้นจะลดลง
- (C) v จะคงที่ โดยไม่ขึ้นกับ α
- (D) v จะลดลงถึงค่าวิกฤต $v_{\min}$ ค่าหนึ่ง หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้น
- (E) ไม่มีข้อใดถูก

7. นักต้วหนึ่งบินเป็นเส้นตรง โดยตอนแรกบิน 10 m/s แล้วเพิ่มอัตราเร็วอย่างสม่ำเสมอจนถึง 15 m/s ได้ระยะทางทั้งหมด 25 m ความเร่งของนักเท่ากัข้อใด

- (A) 5.0 m/s^2
- (B) 2.5 m/s^2
- (C) 2.0 m/s^2
- (D) 0.5 m/s^2
- (E) 0.2 m/s^2

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 8 และ 9

ให้แผ่นกลมหมุนรอบแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลาง และตั้งฉากกับระนาบของแผ่นกลม ด้วยความเร็วเชิงมุมตามกราฟด้านล่าง



8. ความเร่งเชิงมุมของแผ่นกลมที่ $t = 2.0$ s เท่ากับข้อใด

- (A) $-12 \text{ rad} / \text{s}^2$
- (B) $-8 \text{ rad} / \text{s}^2$
- (C) $-4 \text{ rad} / \text{s}^2$
- (D) $-2 \text{ rad} / \text{s}^2$
- (E) $0 \text{ rad} / \text{s}^2$

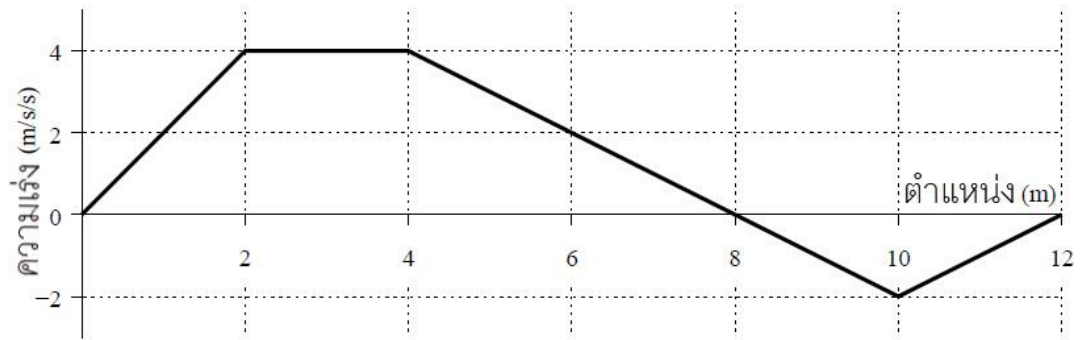
9. มุมที่กวาดไปได้ในช่วง 3 วินาที เท่ากับข้อใด

- (A) 9 rad
- (B) 8 rad
- (C) 6 rad
- (D) 4 rad
- (E) 3 rad

10. ชายคนหนึ่งยืนอยู่ที่ขอบประตูหนีไฟ เขาขว้างแอปเปิ้ลสองลูกพร้อมกัน โดยอันหนึ่งโยนขึ้นด้วยอัตราเร็ว 7 m/s และอีกอันขว้างลงด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ระยะห่างของแอปเปิ้ลทั้งสองที่ วินาทีที่ 2 หลังโยนออกไปเท่ากับข้อใด สมมติว่าทั้งสองยังไม่ตกถึงพื้น

- (A) 14 m
- (B) 20 m
- (C) 28 m
- (D) 34 m
- (E) 56 m

11. มวล 2.25 kg มีการเร่งอัตราเร็วดังกราฟ งานที่กระทำกับมวลได้เท่ากับข้อใด



- (A) 36 J
- (B) 22 J
- (C) 5 J
- (D) -17 J
- (E) -36 J

12. แบทแมนมวล $M = 100 \text{ kg}$ ปีนขึ้นดาดฟ้าสูง 30 m จากนั้นโยนเชือกเบาให้โรบินจับไว้ แล้วดึงโรบินที่มีมวลประมาณ 75 kg ขึ้นมาบนดาดฟ้า งานสุทธิที่แบทแมนทำหลังโรบินขึ้นมาบนดาดฟ้าได้เท่ากับข้อใด

- (A) 60 J
- (B) $7 \times 10^3 \text{ J}$
- (C) $5 \times 10^4 \text{ J}$
- (D) 600 J
- (E) $3 \times 10^4 \text{ J}$

13. ก (มวล 33.1 kg) ข (มวล 63.7 kg) และ ค (มวล 24.3 kg) นั่งห่างกันบนกระดานหกสมมาตรที่มีน้ำหนักเบา เว้นระยะห่าง 2.74 m ตามลำดับ (ข อยู่ระหว่าง ก และ ค) ทำให้กระดานหกสมดุล ใครมีทอร์กบนกระดานหกมากที่สุด (ในแง่ของขนาด) ไม่ต้องสนมวลของ กระดานหก

(A) ก

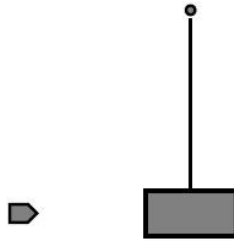
(B) ข

(C) ค

(D) ทั้งสามมีทอร์กเท่ากัน

(E) ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการตอบคำถาม

14. บล็อกไม้ (มวล M) ถูกแขวนบนเชือกเบาที่ถูกปักหมุดไว้ กระสุนที่มาด้วยอัตราเร็ว (มีมวล m และอัตราเร็วต้น v_0) ชนกับบล็อกที่เวลา $t = 0$ และฝังอยู่ในนั้น ถ้า S เป็นระบบที่ประกอบด้วย บล็อกและกระสุน แล้วปริมาณใดที่ถูกอนุรักษ์ไว้ในช่วง $t = -10$ s ถึง $t = +10$ s



- (A) โมเมนตัมเชิงเส้นรวมของ S
- (B) องค์ประกอบในแนวนอนของ โมเมนตัมเชิงเส้นของ S
- (C) พลังงานกลของ S
- (D) โมเมนตัมเชิงมุมของ S ที่วัดเทียบกับแกนตั้งฉากกับหมด
- (E) ไม่มีปริมาณใดถูกอนุรักษ์ไว้

15. กระเป๋าเดินทาง 22.0 kg ถูกลากด้วยอัตราเร็วคงที่ 1.10 m/s เป็นเส้นตรง โดยนักเรียนคนหนึ่งที่จะไปสอบ IPhO ครั้งที่ 40 ที่ประเทศเม็กซิโก ถ้าเขาลากกระเป๋าที่สนามบินด้วยแรง 1.00×10^2 N เอียงทำมุมสูง 30.0 องศาับแนวระดับ แล้วสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ ระหว่างกระเป๋าเดินทางกับพื้นเท่ากับข้อใด

- (A) $\mu_k = 0.013$
- (B) $\mu_k = 0.394$
- (C) $\mu_k = 0.509$
- (D) $\mu_k = 0.866$
- (E) $\mu_k = 1.055$

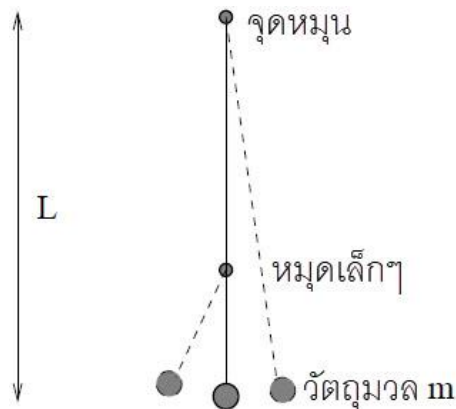
16. วัตถุมวล m สองอันที่เหมือนกัน นำไปติดที่ปลายทั้งสองของสปริง ที่มีค่าคงสปริง k และวางอยู่บนพื้นที่ไม่แรงเสียดทานในแนวนอน แล้วที่ความถี่เชิงมุม ω ของระบบสั้นเท่ากับข้อใด

- (A) $\sqrt{k/m}$
- (B) $\sqrt{2k/m}$
- (C) $\sqrt{k/2m}$
- (D) $2\sqrt{k/m}$
- (E) $\sqrt{k/m}/2$

17. ถ้าคุณมีก้อนมวลมาตรฐาน 1 กิโลกรัม และส้อมเสียงในหน่วย Hz นอกจากนี้คุณยังมีเครื่องมือในห้องปฏิบัติการครบชุด แต่เป็นเครื่องมือที่ไม่ได้ให้ค่าในหน่วย SI และไม่ทราบค่าคงที่พื้นฐานใดๆ แล้วปริมาณใดที่สามารถวัดในหน่วย SI ได้

- (A) ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง
- (B) อัตราเร็วแสงในสุญญากาศ
- (C) ความหนาแน่นของน้ำอุณหภูมิห้อง
- (D) ค่านิจสปริงของสปริงที่กำหนด
- (E) ความดันอากาศในห้อง

18. ลูกตุ้มอย่างง่ายมีเชือกเบาความยาว L แขนงวัตถุมวล m กับจุดหมุนหนึ่ง และปักหมุดเล็กๆ ขวางไว้ได้จุดหมุนที่ $2L/3$ เพื่อให้ลูกตุ้มแกว่งตามรูป ถ้าจับมวลออกไป 5 องศาับแนวตั้ง แล้วปล่อยออก จะต้องใช้เวลานานเท่าใด ลูกตุ้มจึงจะกลับมาที่จุดเริ่มต้น



- (A) $\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \sqrt{\frac{2}{3}}\right)$
 (B) $\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(2 + \frac{2}{\sqrt{3}}\right)$
 (C) $\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{3}\right)$
 (D) $\pi \sqrt{\frac{L}{g}} (1 + \sqrt{3})$
 (E) $\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$

19. ถ้ากองหลังฟุตบอลสามารถโยนลูกฟุตบอลไปได้ไกลสุด 80 เมตรตามแนวนราบ แล้วลูกฟุตบอลที่ถูกโยนไปได้ไกลสุด จะมีจุดสูงสุดเท่ากับข้อใด ไม่ต้องสนใจแรงต้านอากาศ

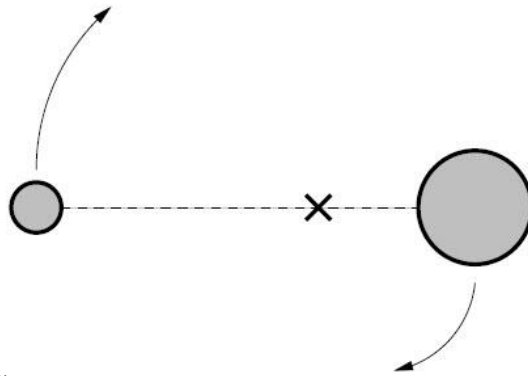
- (A) 10 m
- (B) 20 m
- (C) 30 m
- (D) 40 m
- (E) 50 m

20. พิจารณาการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ของวัตถุสองก้อน ถ้าก้อนที่ 1 มีมวล m และ เคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยอัตราเร็ว v_0 ส่วนก้อนที่ 2 มีมวล $3m$ เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกด้วยอัตราเร็ว $v_0/2$ แล้วอัตราเร็วสุดท้ายหลังการชนเท่ากับข้อใด ไม่ต้องคำนึงถึงแรงโน้มถ่วง และถือว่าวัตถุทั้งสองติดไปด้วยกันหลังการชน

- (A) $7/6 v_0$
- (B) $\sqrt{5}/8 v_0$
- (C) $\sqrt{13}/8 v_0$
- (D) $5/8 v_0$
- (E) $\sqrt{13}/8 v_0$

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 21 และ 22

ดาวสองดวงโคจรรอบมวลศูนย์กลางหนึ่ง ดังรูป โดยมวลของดาวเท่ากับ $3M$ และ M และดาวทั้งสองดวงห่างกัน d



21. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของดาวทั้งสองดวงในระบบเท่ากับข้อใด

- (A) $-\frac{GM^2}{d}$
- (B) $\frac{3GM^2}{d}$
- (C) $-\frac{GM^2}{d^2}$
- (D) $-\frac{3GM^2}{d}$
- (E) $-\frac{3GM^2}{d^2}$

22. คาบวงโคจรของมวล $3M$ เท่ากับข้อใด

(A) $\pi\sqrt{\frac{d^3}{GM}}$

(B) $\frac{3\pi}{4}\sqrt{\frac{d^3}{GM}}$

(C) $\pi\sqrt{\frac{d^3}{3GM}}$

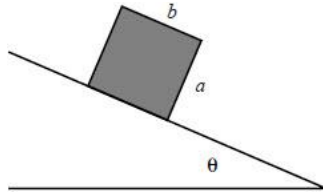
(D) $2\pi\sqrt{\frac{d^3}{GM}}$

(E) $\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{d^3}{GM}}$

23. นำมวลติดกับสปริงอุดมคติ และสปริงมีความยาวตามปกติ ที่เวลา $t = 0$ มวลได้รับความเร็วต้น ถ้าคาบการสั่นแบบซิมเปิลฮาร์โมนิกเท่ากับ T แล้ว ณ เวลาใดที่สปริงจะกระทำกับมวลด้วยกำลังที่มากที่สุดเป็นครั้งแรก

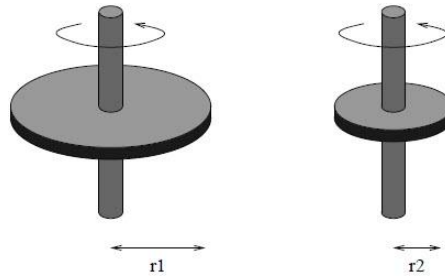
- (A) $t = 0$
- (B) $t = T/8$
- (C) $t = T/4$
- (D) $t = 3T/8$
- (E) $t = T/2$

24. บล็อกไม้สี่เหลี่ยมผืนผ้าสม่ำเสมอมวล M ยาว b สูง a อยู่บนพื้นเอียงดังรูป บล็อกและพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน μ_s และพื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ ในบางมุมวิกฤติบล็อกอาจพลิกลง หรือไถลไปตามพื้นเอียงก็ได้ จงหาความสัมพันธ์ระหว่าง a , b และ μ_s ที่ทำให้บล็อกพลิกลง (และไม่ไถล) ที่มุมวิกฤติ อย่าลืมว่า บล็อกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ $a \neq b$



- (A) $\mu_s > a/b$
- (B) $\mu_s > 1 - a/b$
- (C) $\mu_s > b/a$
- (D) $\mu_s < a/b$
- (E) $\mu_s < b/a - 1$

25. แผ่นดิสก์สองแผ่น มีแกนหมุนเบาเสียบที่จุดศูนย์กลางและตั้งฉากกับแผ่นพอดี โดยแกนหมุนจะต้องอยู่ในแนวตั้งตลอดเวลา และดิสก์สามารถหมุนบนแกนได้โดยไม่มีแรงเสียดทาน ถ้าดิสก์หนาเท่ากัน และทำจากวัสดุเดียวกัน แต่รัศมีแตกต่างกันเป็น r_1 และ r_2 ดิสก์จะมีความเร็วเชิงมุมเป็น ω_1 และ ω_2 ตามลำดับ เมื่อนำขอบดิสก์มาสัมผัสกัน จะเกิดแรงเสียดทานจนกระทั่งสองแผ่นหยุดชะงัก แล้วข้อใดสรุปความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง ไม่ต้องคำนึงผลที่เกิดจากแกนหมุนแนวตั้ง



- (A) $\omega_1^2 r_1 = \omega_2^2 r_2$
 (B) $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$
 (C) $\omega_1 r_1^2 = \omega_2 r_2^2$
 (D) $\omega_1 r_1^3 = \omega_2 r_2^3$
 (E) $\omega_1 r_1^4 = \omega_2 r_2^4$