

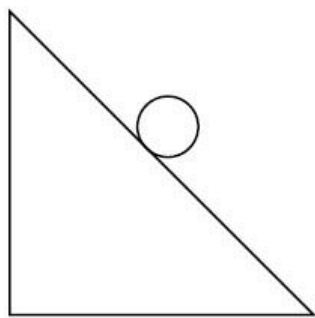
ข้อสอบ $F = ma$ สำหรับการคัดเลือกรอบแรกโครงการฟิสิกส์โอลิมปิกประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นลิขสิทธิ์ของสมาพันธ์ครูฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมฟิสิกส์ไทยได้รับอนุญาตให้แปลและเผยแพร่แก่บุคคลทั่วไปได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในข้อสอบหรือเฉลย ไม่ว่าหน้าใดหน้าหนึ่งหรือทั้งหมด ไปทำซ้ำหรือดัดแปลง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1. รถเลี้ยวขวาด้วยอัตราเร็วคงที่เป็นวงกลม ให้ X เป็นเวกเตอร์โมเมนตัมเชิงมุมรอบศูนย์กลางของวงกลม และ Y เป็นเวกเตอร์ความเร่งของรถ จากมุมมองของคนขับข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- (A) X ไปทางซ้าย และ Y ไปทางซ้าย
- (B) X ไปข้างหน้า และ Y ไปทางขวา
- (C) X พุ่งลง และ Y ไปข้างหน้า
- (D) X ไปทางซ้าย และ Y ไปทางขวา
- (E) X พุ่งลง และ Y ไปทางขวา

2. ลูกบอลกลิ้งลงมาจากพื้นเอียงโดยไม่ไถล ดังรูป



เวกเตอร์ในข้อใด แสดงทิศทางของแรงสุทธิที่ลูกบอลกระทำกับพื้นเอียงได้ถูกต้อง

(A)

(B)

(C)



3. วัตถุที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ มีส่วนที่ลอยพ้นน้ำอยู่ 20% ของวัตถุ ถ้าออกแรงกดที่ด้านบนของวัตถุ 3 N จะทำให้วัตถุจมทั้งชิ้น แล้ววัตถุมีปริมาตรเท่าใด ให้ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ $\rho_{\text{น้ำ}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

- (A) $V_{\text{วัตถุ}} = 0.3$ ลิตร
- (B) $V_{\text{วัตถุ}} = 0.67$ ลิตร
- (C) $V_{\text{วัตถุ}} = 1.2$ ลิตร
- (D) $V_{\text{วัตถุ}} = 1.5$ ลิตร
- (E) $V_{\text{วัตถุ}} = 3.0$ ลิตร

4. จากข้อความที่กำหนด จงหาจำนวนชิ้นส่วน N_1 , N_2 และ N_3 ให้ถูกต้อง ให้สมมติว่าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ และในกรณีที่ไม่สามารถสรุปจำนวนชิ้นส่วนได้ให้ใช้ $N = 1$

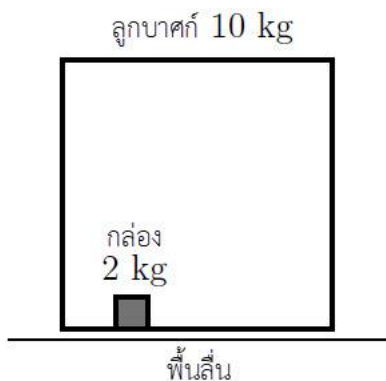
- ถ้าวัตถุระเบิดเป็น N_1 ชิ้น (หรือจำนวนชิ้นน้อยกว่านี้) โดยที่ทราบมวลของแต่ละชิ้นและทราบพลังงานจลน์รวม แล้วเราสามารถหาพลังงานจลน์ของแต่ละชิ้นได้
- ถ้าวัตถุระเบิดเป็น N_2 ชิ้น (หรือจำนวนชิ้นน้อยกว่านี้) ความเร็วของวัตถุแต่ละชิ้นจะต้องอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน
- ถ้าวัตถุระเบิดเป็น N_3 ชิ้น (หรือจำนวนชิ้นน้อยกว่านี้) ความเร็วของวัตถุแต่ละชิ้นจะต้องอยู่บนระนาบ

- (A) $N_1 = 2, N_2 = 1, N_3 = 1$
(B) $N_1 = 1, N_2 = 2, N_3 = 3$
(C) $N_1 = 2, N_2 = 2, N_3 = 3$
(D) $N_1 = 3, N_2 = 2, N_3 = 3$
(E) $N_1 = 2, N_2 = 3, N_3 = 4$

5. ชี้อัจฉริยะตามรางที่เป็นวงกลมรัศมี 30 m ด้วยอัตราเร็วคงที่ 10 m / s (เร็วมาก!) แล้วขนาดของมุมในการเข้าโค้งของผู้ชี้อัจฉริยะเทียบกับแนวตั้ง ที่ไม่ทำให้จักรยานล้มเท่ากับข้อใด สมมุติว่า ความสูงของคนชี้อัจฉริยะน้อยกว่าความยาวรัศมีของราง

- (A) 9.46°
- (B) 9.59°
- (C) 18.4°
- (D) 19.5°
- (E) 70.5°

6. ลูกบาศก์มวล 10 kg แต่ละด้านยาว 5 m สามารถขยับไปตามพื้นราบได้อย่างอิสระโดยไม่มีแรงเสียดทาน ภายในลูกบาศก์มีกล่องเล็กๆ มวล 2 kg ซึ่งเคลื่อนที่ภายในลูกบาศก์ โดยไม่มีแรงเสียดทาน ที่เวลา $t = 0$ ถ้ากล่องเล็กๆ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ไปยังด้านหนึ่งของกล่อง โดยลูกบาศก์ยังคงหยุดนิ่ง และสัมประสิทธิ์การกระแทกสำหรับการชนกันระหว่างลูกบาศก์กับกล่องเท่ากับ 90% หมายความว่าอัตราเร็วสัมพัทธ์ระหว่างลูกบาศก์กับกล่อง หลังการชนจะเท่ากับ 90% ของอัตราเร็วสัมพัทธ์ระหว่างลูกบาศก์กับกล่อง ก่อนการชน



แล้วระยะทางที่กล่องจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิม หลังผ่านไป 1 นาทีเท่ากับข้อใด

- (A) 0 m
- (B) 50 m
- (C) 100 m
- (D) 200 m
- (E) 300 m

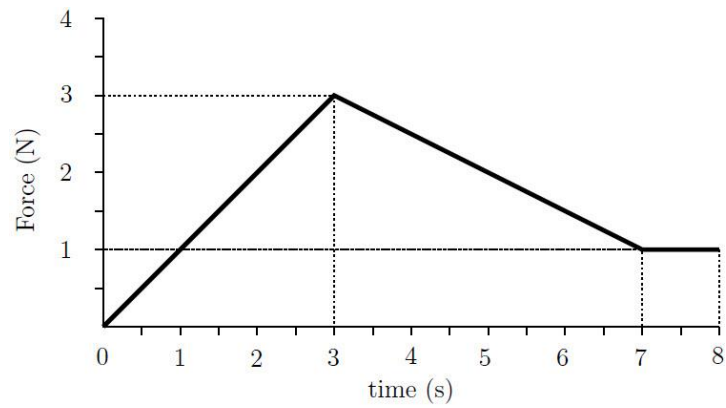
7. คานยาว 1.00 m มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ มีจุดหมุนห่างจากปลายคาน 30 cm ถ้าคานเกิดสมดุลเมื่อวางวัตถุมวล 50.0 g ให้ห่างจากปลายคาน 20 cm (อ้างอิงปลายเดิม) แล้วคานมีมวลเท่าไร

- (A) 35.7 g
- (B) 33.3 g
- (C) 25.0 g
- (D) 17.5 g
- (E) 14.3 g

8. นำวัตถุมวล M ไปแขวนกับสปริงที่มีค่าคงสปริง k และปล่อยให้แขวนลงมาในแนวตั้ง โดยคาบของการสั่นเท่ากับ T_0 ถ้าตัดสปริงให้เหลือครึ่งเดียวแต่ยังใช้มวลเท่าเดิม แล้วนำไปวางบนพื้นลื่นที่เอียง θ กับแนวนอน แล้วคาบของการสั่นบนพื้นเอียงในเทอมของ T_0 เท่ากับข้อใด

- (A) T_0
- (B) $T_0/2$
- (C) $2T_0 \sin \theta$
- (D) $T_0 / \sqrt{2}$
- (E) $T_0 \sin \theta / \sqrt{2}$

9. กำหนด กราฟแรงที่กระทำกับวัตถุหนัก 5.00 ตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ดังรูป
ถ้าความเร็วที่ $t = 0.0$ s คือ $+1.0$ m / s แล้วความเร็วของวัตถุที่ $t = 7$ s คือข้อใด



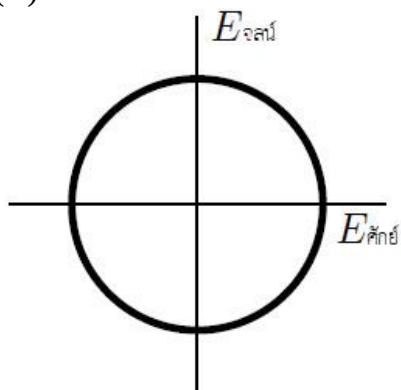
- (A) 2.45 m/s
- (B) 2.50 m/s
- (C) 3.50 m/s
- (D) 12.5 m/s
- (E) 15.0 m/s

10. รถบังคับวิทยุถูกผูกติดกับเสาด้วยเชือกยาว 3.00 m และถูกบังคับให้วิ่งเป็นวงกลม ด้วยความเร็วเชิงมุมเริ่มต้น 1.00 rad/s และเร่งความเร็วต่อเนื่องด้วยอัตรา 4.00 rad/s^2 ถ้าเชือกขาดเมื่อความเร่งสู่ศูนย์กลางเกิน $2.43 \times 10^2 \text{ m/s}^2$ แล้วเราสามารถเร่งความเร็วรถได้นานแค่ไหนก่อนเชือกขาด

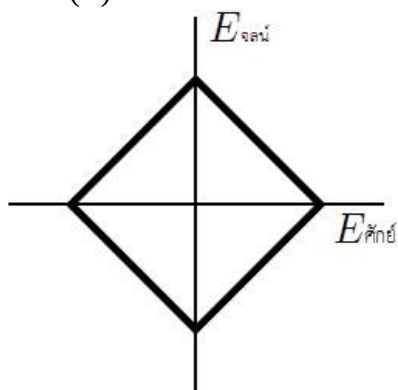
- (A) 0.25 s
- (B) 0.50 s
- (C) 1.00 s
- (D) 1.50 s
- (E) 2.00 s

11. มวล m ติดสปริงในอุดมคติ ถูกนำไปวางในแนวนอนบนพื้นลื่น จากนั้นดึงมวลเล็กน้อย แล้วปล่อยออก ข้อใดแสดงกราฟพลังงานจลน์กับฟังก์ชันของพลังงานศักย์ได้ถูกต้องที่สุด

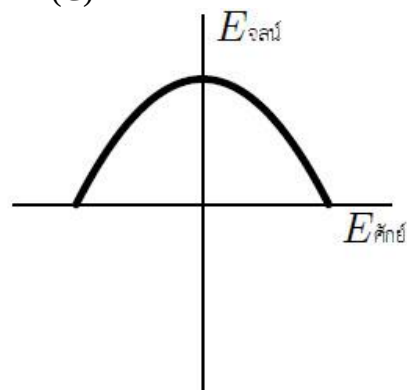
(A)



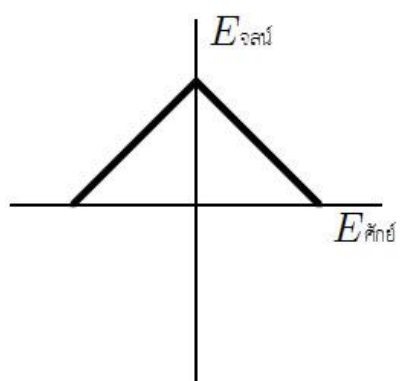
(B)



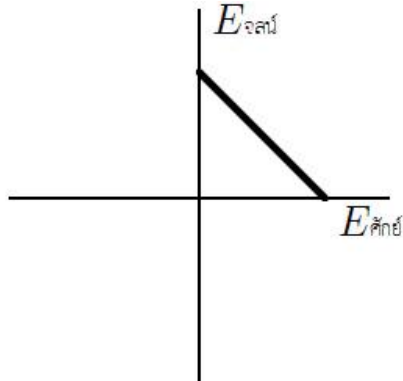
(C)



(D)

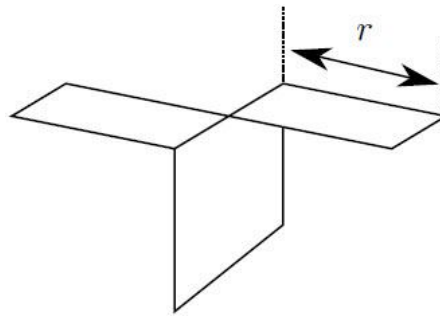


(E)



ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 12 และ 13

เฮลิคอปเตอร์กระดาด มีรัศมีใบพัด r มีน้ำหนัก W ถูกปล่อยที่ความสูง h กลางอากาศที่มีความหนาแน่น ρ



สมมติว่า เฮลิคอปเตอร์ไปถึงความเร็วสุดท้ายด้วยเวลาอันสั้น แล้วฟังก์ชันสำหรับเวลาบิน T สามารถหาได้จาก

$$T = k h^\alpha r^\beta \rho^\delta W^\omega$$

โดยที่ k เป็นค่าคงที่ที่ไม่มีมิติ (ค่าแท้จริงคือ 1.164) α , β , δ , และ ω เป็นค่าคงตัวของเลขชี้กำลังที่ต้องหา

12. ค่า α เท่ากับข้อใด

- (A) $\alpha = -1$
- (B) $\alpha = -1/2$
- (C) $\alpha = 0$
- (D) $\alpha = 1/2$
- (E) $\alpha = 1$

13. ค่า β เท่ากับข้อใด

(A) $\beta = 1/3$

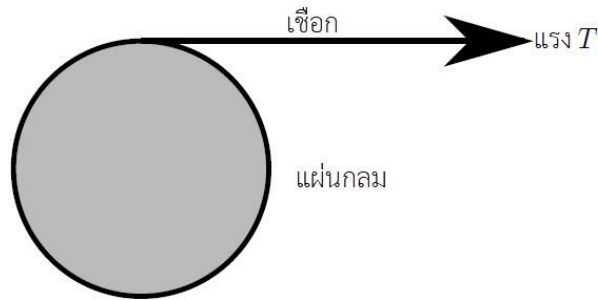
(B) $\beta = 1/2$

(C) $\beta = 2/3$

(D) $\beta = 1$

(E) ข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการหาค่า β

14. (เกินหลักสูตรการสอบเข้า สอน.) แผ่นกลมมวล M มีโมเมนต์ความเฉื่อย I รัศมี R มีเชือกพันรอบแผ่นกลมไว้ ดังรูป แผ่นกลมกลิ้งอย่างอิสระไปตามทิศทางที่แสดงดังรูป มีแรงคงที่ T กระทำที่ปลายเชือก และทำให้แผ่นกลมมีความเร่งบนพื้นลื่น



หลังจากแผ่นกลมมีความเร่งจากระยะทางหนึ่งแล้ว อัตราส่วนของ KE ในการเลื่อนที่กับ KE สุทธิของดิสก์ $KE_{\text{การเลื่อนที่}} / KE_{\text{สุทธิ}}$ เท่ากับข้อใด

- (A) $\frac{I}{MR^2}$
- (B) $\frac{MR^2}{I}$
- (C) $\frac{I}{3MR^2}$
- (D) $\frac{I}{MR^2 + I}$
- (E) $\frac{MR^2}{MR^2 + I}$

15. ให้ทอร์กสูงสุดที่ออกมาจากเครื่องยนต์ของรถทดลองมวล m คือ τ อัตราเร็วเชิงมุมสูงสุดของเครื่องยนต์คือ ω เครื่องยนต์มีกำลังที่ออกมาคงที่ P และเครื่องยนต์เชื่อมต่อกับล้ออย่างไม่มี การสูญเสียพลังงาน ถ้าล้อมีรัศมี R และสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิตระหว่างล้อกับถนนคือ μ แล้วอัตราเร็วสูงสุดที่รถสามารถวิ่งบนพื้นเอียง 30° องศาได้เท่ากับข้อใด สมมติว่า ไม่มีการสูญเสียจากแรงเสียดทาน และ μ มีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้ยางไม่ไถลขณะวิ่ง

- (A) $v = 2P/(mg)$
- (B) $v = 2P/(\sqrt{3}mg)$
- (C) $v = 2P/(\mu mg)$
- (D) $v = \tau\omega/(mg)$
- (E) $v = \tau\omega/(\mu mg)$

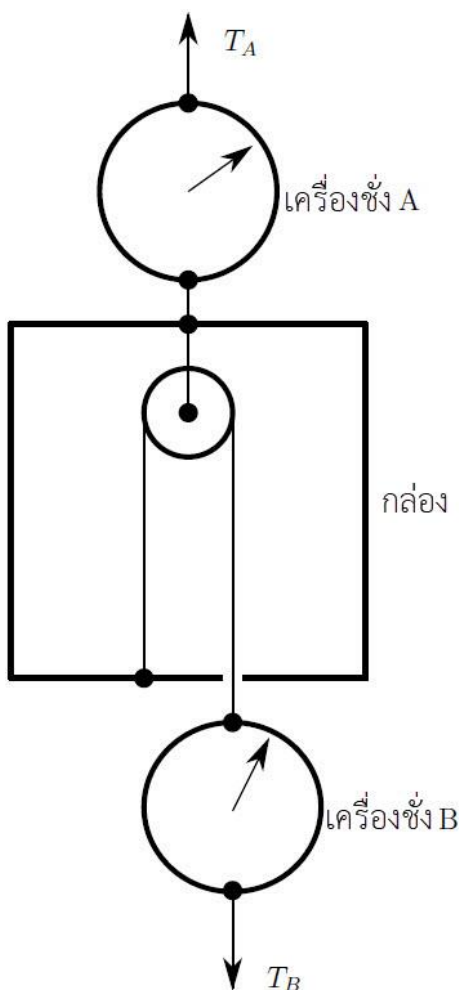
16. วัตถุมวล m_1 เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v_0 ชนกับวัตถุมวล $m_2 = \alpha m_1$ โดย $\alpha < 1$ จากเดิมหยุดนิ่ง การชนนี้อาจยืดหยุ่นสมบูรณ์ ไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ หรือไม่ยืดหยุ่นบางส่วนก็ได้ หลังการชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v_1 และ v_2 สมมติว่า การชนเกิดขึ้นในหนึ่งมิติและวัตถุแรกไม่สามารถพุ่งผ่านวัตถุสองได้ หลังการชน อัตราส่วนอัตราเร็ว $r_1 = v_1 / v_0$ ของวัตถุแรกจะอยู่ในช่วงใด

- (A) $(1 - \alpha) / (1 + \alpha) \leq r_1 \leq 1$
- (B) $(1 - \alpha) / (1 + \alpha) \leq r_1 \leq 1 / (1 + \alpha)$
- (C) $\alpha / (1 + \alpha) \leq r_1 \leq 1$
- (D) $0 \leq r_1 \leq 2\alpha / (1 + \alpha)$
- (E) $1 / (1 + \alpha) \leq r_1 \leq 2 / (1 + \alpha)$

17. เมฆละอองฝุ่นทรงกลมในอวกาศ มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ ρ_0 มีรัศมี R_0 และมีความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวเมฆเป็น g_0 ถ้าการเกิดก้อนเมฆ (การขยายตัวเนื่องจากความร้อน) ทำให้รัศมีของเมฆเป็น $2R_0$ และละอองฝุ่นยังคงกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ แล้วความเร่งโน้มถ่วงปัจจุบันที่ระยะ R_0 จากศูนย์กลางของก้อนเมฆ เท่ากับข้อใด

- (A) $g_0 / 32$
- (B) $g_0 / 16$
- (C) $g_0 / 8$
- (D) $g_0 / 4$
- (E) $g_0 / 2$

18. พิจารณากล่องและเครื่องชั่งสองอัน ดังรูป ให้เครื่องชั่ง A รับน้ำหนักกล่องผ่านเชือกเบา ภายในกล่องมีรอกแขวนลงมาจากด้านบน และมีเชือกเบาอีกเส้นคล้องผ่านรอก ให้ปลายด้านหนึ่งยึดกับพื้นกล่อง และปลายอีกด้านหนึ่งผูกกับเครื่องชั่ง B ความตึงในเส้นเชือกที่อ่านจากเครื่องชั่งทั้งสองคือ T_A และ T_B ให้เติมเครื่องชั่ง A อ่านได้ 30 นิวตัน และเครื่องชั่ง B อ่านได้ 20 นิวตัน

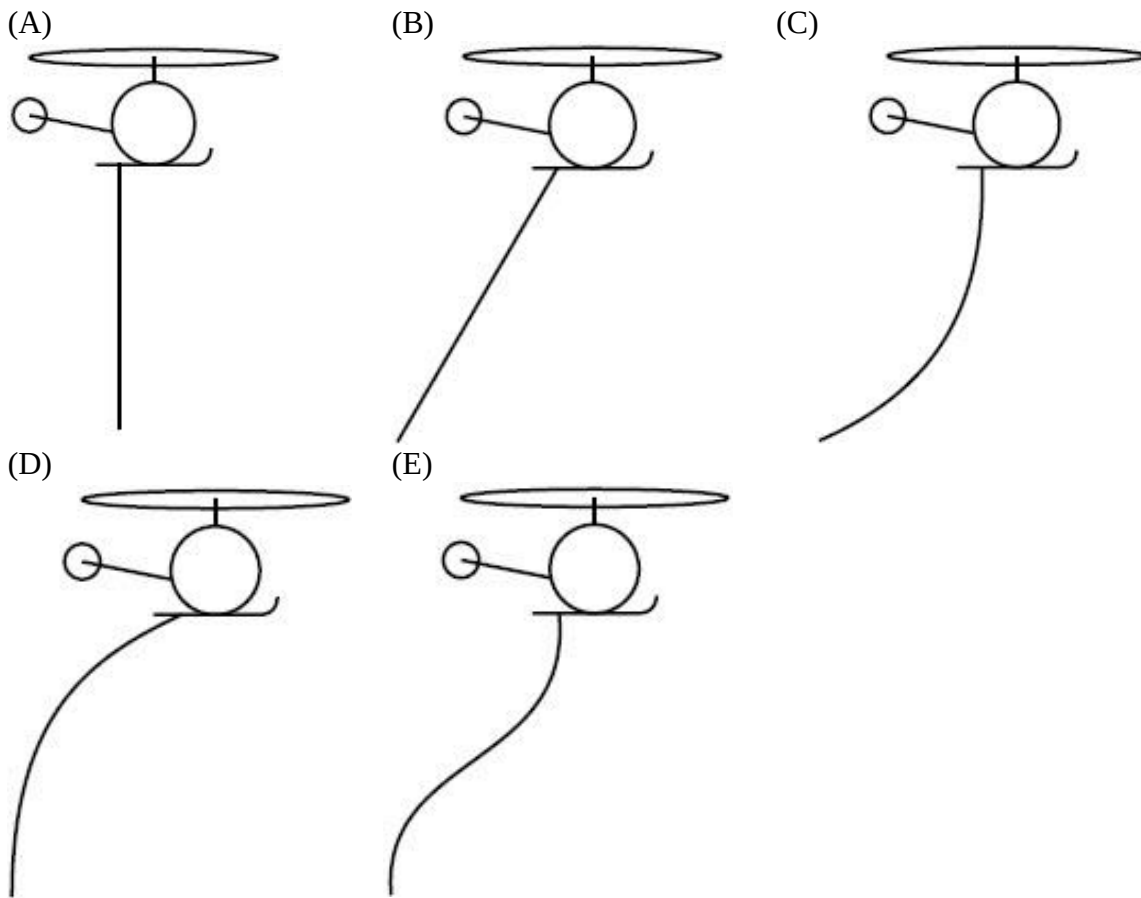


ถ้าเพิ่มแรงดึงบนเครื่องชั่ง B จนอ่านค่าได้ 30 นิวตัน แล้วเครื่องชั่ง A จะอ่านค่าได้เท่าใด

(ดัดแปลงมาจากการสาธิตของ Richard Berg)

- (A) 35 นิวตัน
- (B) 40 นิวตัน
- (C) 45 นิวตัน
- (D) 50 นิวตัน
- (E) 60 นิวตัน

19. เฮลิคอปเตอร์บินตามแนวนอนด้วยอัตราเร็วคงที่มีสายเคเบิลที่ยึดหุ้้นสมบรูณ์ตลอดเส้นผูกติดไว้ที่ใต้เฮลิคอปเตอร์ และมีแรงต้านอากาศกระทำกับสายเคเบิลอยู่พอสมควร แล้วข้อใดแสดงลักษณะของสายเคเบิลขณะที่เฮลิคอปเตอร์บินไปทางขวาได้ถูกต้องที่สุด



20. (เกินหลักสูตรการสอบเข้า สอน.) นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างสถานีอวกาศแห่งใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายล้อรถ มีรัศมี R โครงสร้างทั้งหมดมีมวล M อยู่ที่ส่วนขอบ เมื่อนักบินอวกาศมาถึงสถานี สถานีจะหมุนในอัตราที่ทำให้วัตถุที่ขอบของสถานีมีความเร่งสู่ศูนย์กลางเป็น g ให้ใกล้เคียงกับแรงโน้มถ่วงของโลก โดยสภากะนั้นต้องพึ่งจรวดเล็กสองลำ แต่ละลำมีแรงดัน T นิวตัน ให้ติดตั้งบนขอบของสถานี แล้วจรวดต้องใช้เวลาเดินเครื่อง t เท่าใด จึงจะทำให้เกิดสภาวะที่ต้องการ (ดัดแปลงมาจาก *Physics for Scientists and Engineers* โดย Richard Wolfson)

(A) $t = \sqrt{gR^3 M / (2T)}$

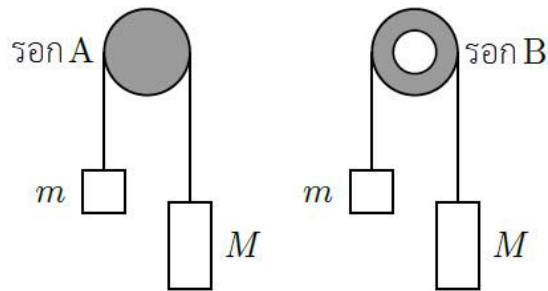
(B) $t = \sqrt{gR} M / (2T)$

(C) $t = \sqrt{gR} M / T$

(D) $t = \sqrt{gR / \pi} M / T$

(E) $t = \sqrt{gR} M / (\pi T)$

21. (เกินหลักสูตรการสอบเข้า สอน.) ให้รอกสองอัน ทำจากโลหะชนิดเดียวกันมีความหนาแน่น ρ (แสดงดังรูป) รอก A เป็นแบบแผ่นกลมสม่ำเสมอมีรัศมี R รอก B เป็นแบบวงแหวน ส่วนที่กลวงมีรัศมี $R/2$ นำกล่องสองใบมวล $M = \alpha m$ ($\alpha > 1$) แขนงกับรอกผ่านเชือกเบา และหมุนโดยไม่ไถล แล้วอัตราส่วนความเร่งในระบบ A กับ B เท่ากับข้อใด ถ้ามวลของรอก A เท่ากับ $M + m$



- (A) $a_A / a_B = 47 / 48$
 (B) $a_A / a_B = 31 / 32$
 (C) $a_A / a_B = 15 / 16$
 (D) $a_A / a_B = 9 / 6$
 (E) $a_A / a_B = 3 / 4$

22. ดาวเคราะห์มวล M และ $m \ll M$ อยู่ในวงโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวล ภายใต้แรงดึงดูดซึ่งกันและกัน และดาวทั้งสองอยู่ห่างกัน R ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าดาวทั้งสองดวง

ถ้าชิ้นส่วนเล็ก ๆ ขนาด $\delta m \ll m$ จากดาวมวล m ถูกดูดไปยังดาวมวล M โดยการถ่ายโอนนี้เกิดขึ้นในขณะที่วงโคจรของดาวทั้งสองยังเป็นวงกลม และยังคงห่างกัน R แล้วข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริง

- (A) แรงดึงดูดระหว่างดาวทั้งสองจะเพิ่มขึ้น
- (B) แรงดึงดูดระหว่างดาวทั้งสองจะยังคงที่
- (C) โมเมนตัมเชิงมุมสุทธิของระบบจะเพิ่มขึ้น
- (D) โมเมนตัมเชิงมุมสุทธิของระบบจะยังคงที่
- (E) คาบของวงโคจรของดาวเคราะห์ทั้งสองจะยังคงเป็นค่าคงที่

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 23 และ 24

นักบินอวกาศมวล 100 kg พกปืนที่บรรจุกระสุนขนาดใหญ่ไว้ 10 kg ตัวปืนและชุดนักบินมีมวลน้อยมาก เมื่อเหนี่ยวไก กระสุนจะพุ่งออกด้วยอัตราเร็วสัมพัทธ์ 50 m/s เทียบกับนักบิน

23. ขณะเหนี่ยวไก นักบินอวกาศจะได้รับแรงดลจากปืนเท่าใด

- (A) 455 Ns
- (B) 500 Ns
- (C) 550 Ns
- (D) 5000 Ns
- (E) 5500 Ns

24. หากก่อนหน้านี้ นักบินอวกาศมาด้วยความเร็ว 10 m/s (วัดในกรอบอ้างอิงหนึ่ง) แล้วเขาต้องการยิงปืน เพื่อให้ความเร็วของเขาเปลี่ยนไปจากเดิมเป็นมุมที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับทิศเดิม (วัดในกรอบอ้างอิงเดียวกัน) แล้วขนาดของมุมที่มากที่สุดเท่ากับข้อใด (คำแนะนำ: ลองวาดภาพประกอบดู)

- (A) 24.4°
- (B) 26.6°
- (C) 27.0°
- (D) 30.0°
- (E) 180.0°

25. ปล่อยกล่องมวล m จากหยุดนิ่ง ให้ลงมาตามทางลาดโดยไม่มีแรงเสียดทาน ที่ความสูง h_1 จากฐานของทางลาด เมื่อเลื่อนมาถึงฐานทางลาดแรกมันจะเลื่อนขึ้นทางลาดที่สอง โดยสัมผัสที่แรงเสียดทานของกล่องกับทางลาดที่สอง เท่ากับ μ_k ถ้าทั้งสองทางลาดทำมุม θ กับแนวนอน แล้วความสูง h_2 ที่วัดจากฐานของทางลาดที่สองที่ทำให้กล่องขึ้นไปได้ เท่ากับข้อใด

(A) $h_2 = (h_1 \sin\theta) / (\mu_k \cos\theta + \sin\theta)$

(B) $h_2 = (h_1 \sin\theta) / (\mu_k + \sin\theta)$

(C) $h_2 = (h_1 \sin\theta) / (\mu_k \cos^2 \theta + \sin\theta)$

(D) $h_2 = (h_1 \sin\theta) / (\mu_k \cos^2 \theta + \sin^2 \theta)$

(E) $h_2 = (h_1 \cos\theta) / (\mu_k \sin\theta + \cos\theta)$