

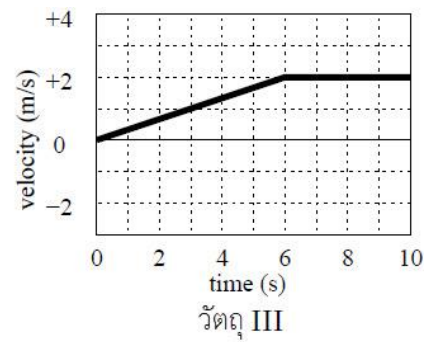
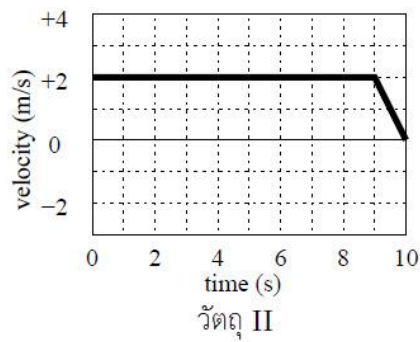
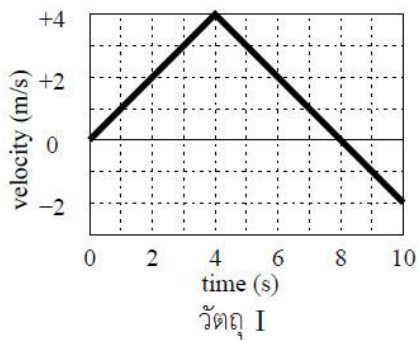
ข้อสอบ $F = ma$ สำหรับการคัดเลือกรอบแรกโครงการฟิสิกส์โอลิมปิกประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นลิขสิทธิ์ของสมาพันธ์ครูฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมฟิสิกส์ไทยได้รับอนุญาตให้แปลและเผยแพร่แก่บุคคลทั่วไปได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในข้อสอบหรือเฉลย ไม่ว่าหน้าใดหน้าหนึ่งหรือทั้งหมด ไปทำซ้ำหรือดัดแปลง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1. ปั่นจักรยานด้วยอัตราเร็วคงที่ 22.0 km/hr และมีการหยุดพัก 20 นาที ถ้าอัตราเร็วเฉลี่ยของการปั่นจักรยานคือ 17.5 km/hr แล้วระยะทางที่ปั่นจักรยานไปได้เท่ากับข้อใด
(A) 28.5 km
(B) 30.3 km
(C) 31.2 km
(D) 36.5 km
(E) 38.9 km

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 2 ถึง 4

กำหนดกราฟแสดงความเร็วต่อเวลาของวัตถุสามชิ้นที่เคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ ดังนี้



2. ข้อใดเรียงลำดับขนาดความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลาสิบวินาทีได้ถูกต้อง

- (A) $I > II > III$
- (B) $II > I > III$
- (C) $III > II > I$
- (D) $I > II = III$
- (E) $I = II = III$

3. ข้อใดเรียงลำดับขนาดความเร็วสูงสุดในช่วงเวลาสปีดวินาทีได้ถูกต้อง

- (A) $I > II > III$
- (B) $II > I > III$
- (C) $III > II > I$
- (D) $I > II = III$
- (E) $I = II = III$

4. ข้อใดเรียงลำดับระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้ในช่วงเวลาสิบวินาทีได้ถูกต้อง

- (A) $I > II > III$
- (B) $II > I > III$
- (C) $III > II > I$
- (D) $I > II = III$
- (E) $I = II = III$

5. โลกที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยอัตราเร็วคงที่ จะมีระยะทางห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 150,000,000 กิโลเมตร ความเร่งของโลกในวงโคจรนี้ควรมีค่าเท่ากับข้อใด

- (A) เข้าใกล้ 0 m/s^2
- (B) 0.006 m/s^2
- (C) 0.6 m/s^2
- (D) 6 m/s^2
- (E) 10 m/s^2

6. เด็กสะกดกลิ้งด้วยความเร็ว v_c บนทะเลสาบน้ำแข็ง ไปชนกับเด็กอีกคนที่เดิมอยู่นิ่ง ซึ่งเขามีมวลเป็น 3 เท่าของเด็กคนแรก หลังการชนทั้งคู่เผลอไปด้วยกัน ความเร็วของคู่หลังการชนเท่ากับข้อใด

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

7. นักเล่นสเก็ตน้ำแข็งสามารถหมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วเชิงมุม ω_0 ขณะยืดแขนออก และเมื่อดึงแขนกลับเข้ามาใกล้ตัวความเร็วเชิงมุมจะเปลี่ยนเป็น $2\omega_0$ โดยไม่มีทอร์กภายนอกใด ๆ มากระทำ แล้วอัตราส่วนของพลังงานจลน์ของการหมุนสุดท้ายกับพลังงานจลน์ของการหมุนเริ่มต้น เท่ากับข้อใด

- (A) $\sqrt{2}$
- (B) 2
- (C) $2\sqrt{2}$
- (D) 4
- (E) 8

8. บล็อกไม้หนัก 30 N หากกดให้จมอยู่ในน้ำเต็มชาม จะมีแรงลอยตัวจากน้ำกระทำกับบล็อกไม้ 50 N เมื่อปล่อยให้ลอยอย่างอิสระ บล็อกไม้จะลอยขึ้นไปผิวหน้า แล้วส่วนที่ลอยพ้นน้ำเป็นเศษส่วนเท่าใดของบล็อกไม้ทั้งชิ้นขณะลอยตัวขึ้นไป

- (A) $1/15$
- (B) $1/5$
- (C) $1/3$
- (D) $2/5$
- (E) $3/5$

9. สปริงสมดุวยาว 2.0 เมตร มีค่านิจสปริง 10 นิวตัน/เมตร ให้ ก ดึงปลายด้านหนึ่งของสปริงด้วยแรง 3.0 นิวตัน ส่วน ข ดึงปลายอีกด้านด้วยแรง 3.0 นิวตัน ในทิศทางตรงกันข้าม ความยาวของสปริง ณ ปัจจุบันเท่ากับข้อใด

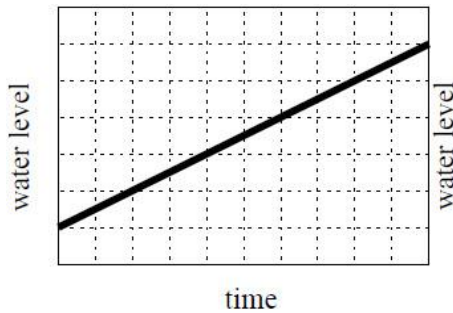
- (A) 1.7 m
- (B) 2.0 m
- (C) 2.3 m
- (D) 2.6 m
- (E) 8.0 m

10. การกระทำในข้อใด ที่ทำให้คาบของลูกตุ้มอย่างง่าย มีค่าเพิ่มขึ้น

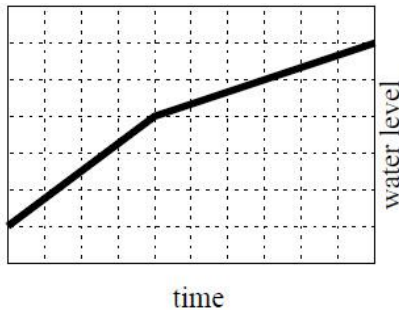
- (A) ลดความยาวลูกตุ้ม
- (B) เพิ่มมวลลูกตุ้ม
- (C) เพิ่มแอมพลิจูดการแกว่งของลูกตุ้ม
- (D) แกว่งลูกตุ้มในลิฟท์ที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้น ด้วยความเร่ง
- (E) แกว่งลูกตุ้มในลิฟท์ที่กำลังเคลื่อนที่ลง ด้วยอัตราเร็วคงที่

11. แก้วโลหะทรงกระบอกขนาดใหญ่ ลอยอยู่ในอ่างสี่เหลี่ยมที่มีน้ำอยู่ครึ่งอ่าง หลังจากนั้นปล่อยน้ำจากก๊อกให้ไหลเข้ามาในแก้วด้วยอัตราคงที่ จนแก้วจมลงไปอยู่ใต้น้ำทั้งใบ กราฟในข้อใดแสดงระดับน้ำในอ่างกับเวลาได้ถูกต้องที่สุด

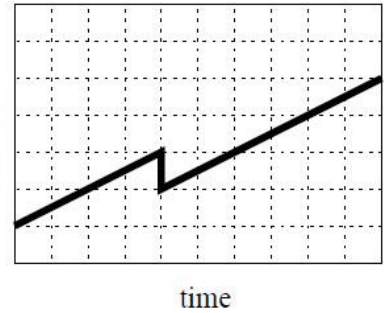
(A)



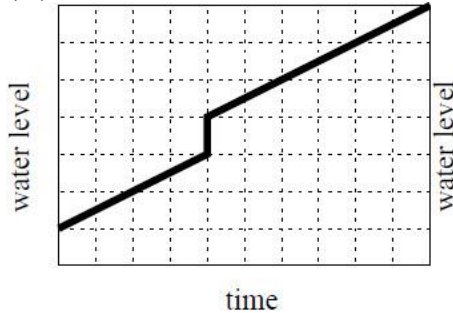
(B)



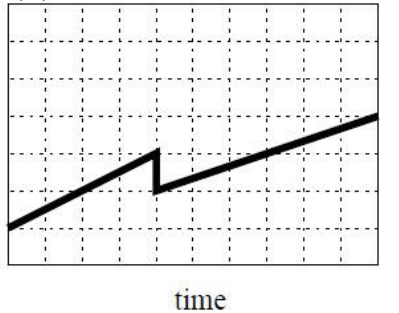
(C)



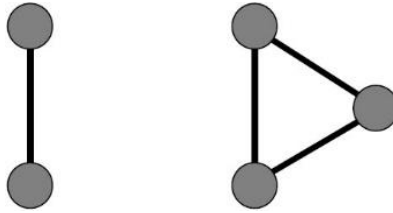
(D)



(E)

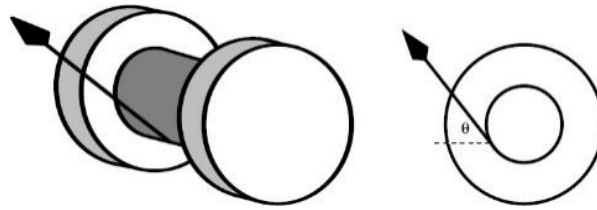


12. พิจารณาลูกบอลที่หนักมากๆ และคานเบา แบบเดียวกัน เมื่อนำลูกบอลสองลูกไปติดไว้ที่ปลายแต่ละด้าน จะเกิดปฏิสัมพันธ์แรงโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน (ตามรูปด้านซ้าย) แรงบีบบนคานจะเท่ากับ F จากนั้นเพิ่มลูกบอลลูกที่สามให้เป็นจุดยอดของรูปสามเหลี่ยม และมีคานเป็นด้านของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า (ตามรูปด้านขวา) แรงบีบบนคานแต่ละอันในกรณีหลังนี้จะเท่ากับข้อใด



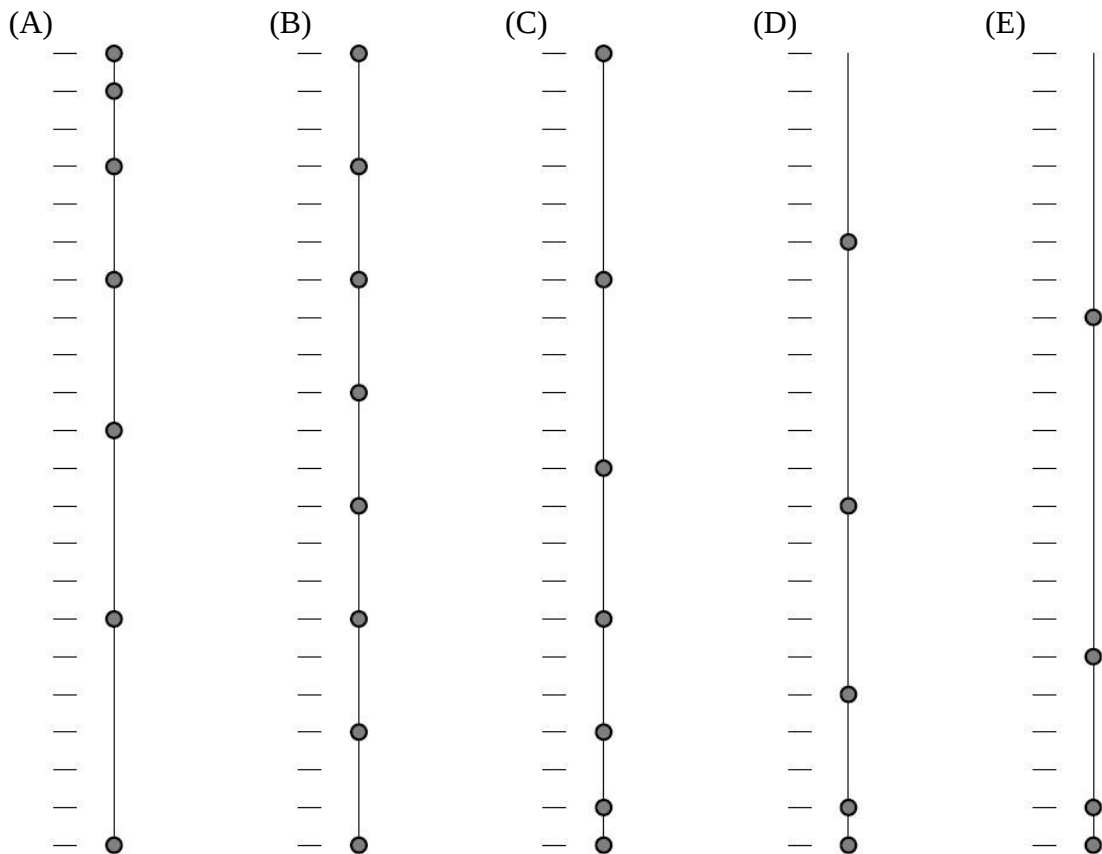
- (A) $\frac{1}{\sqrt{3}}F$
- (B) $\frac{\sqrt{3}}{2}F$
- (C) F
- (D) $\sqrt{3}F$
- (E) $2F$

13. หลอดด้าย มีแกนทรงกระบอกหน้าตัดวงกลมรัศมี 1 cm มีวงกลมรัศมี 2 cm แปะหัวท้ายแกน ดังรูป เมื่อนำไปวางบนพื้นที่กลิ้งได้โดยไม่ไถล แล้วดึงด้ายที่พันรอบแกนขึ้นทำมุม $\theta = 90^\circ$ กับแนวระดับ (ดึงขึ้นเท่านั้น) หลอดด้ายจะหมุนไปทางขวา แล้ว θ มากสุดที่ทำให้หลอดด้ายไม่หมุนไปทางขวา เมื่อดึงด้าย เท่ากับข้อใด



- (A) $\theta = 15^\circ$
 (B) $\theta = 30^\circ$
 (C) $\theta = 45^\circ$
 (D) $\theta = 60^\circ$
 (E) ไม่ข้อใดถูก เพราะ หลอดด้ายจะกลิ้งไปทางขวาเสมอ

14. กำหนดเชือกที่ผูกลูกตุ้มไว้ที่ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งแตกต่างกัน 5 เส้น เชือกทั้งหมดจะถูกห้อยลงมาจากเพดานไปจรดปลายพื้น หากปลดเชือกให้ตกลงสู่พื้น เชือกเส้นใดที่กระทบพื้นแล้วจะเกิดเสียงกระทบเป็นจังหวะแบบสม่ำเสมอ



15. มวลติดสปริงในแนวตั้งถูกดึงออกมา 20 cm จากสมดุล ถ้ามวล 100 g ผ่านจุดสมดุลด้วยอัตราเร็ว 0.75 m / s แล้วค่านิจสปริงเท่ากับข้อใด

- (A) 90 N/m
- (B) 100 N/m
- (C) 110 N/m
- (D) 140 N/m
- (E) 160 N/m

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 16 และ 17

โจ พยายามใช้เชือกยกเพื่อนที่อยู่ในกล่องใบหนึ่ง ซึ่งแขวนอยู่ที่ด้านข้างของสะพาน ส่วนโจอยู่บนสะพาน ตัวเชือกมีตะขอเกี่ยวกับกล่อง และถูกพาดกับราวจับที่ถูกยึดไว้แน่น โจพยายามยืดอกกล่องไว้โดยการกดเชือกกับราวด้วยหนังสือฟิสิกส์ที่เบาและไร้แรงเสียดทาน มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างเชือกกับราวเป็น μ_s และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างเชือกกับราวเป็น $\mu_k < \mu_s$ มวลของกล่องและเพื่อนรวมกันเป็น M และความสูงเริ่มต้น จากกล่องถึงพื้นคือ h และสมมุติว่าเชือกเบามาก



16. โจ ต้องออกแรงกระทำกับหนังสือฟิสิกส์เท่าใด เชือกจึงจะไม่ไถลลงไป

- (A) Mg
- (B) $\mu_k Mg$
- (C) $\mu_k Mg / \mu_s$
- (D) $(\mu_k + \mu_s) Mg$
- (E) Mg / μ_s

17. โจ้ ใช้แรงตึงฉากรักผูกเชือกไม้ให้ไถลลงไปได้แล้ว แต่เพื่อนของเขากลับกระโดดอยู่ในกล่อง จนกระทั่ง แรงกระแทก
ดึงให้เชือกไถลหลุดออกจากมือโจ้ไป แล้วอัตราเร็วที่กล่องกระแทกลงพื้นเท่ากับข้อใด สมมติว่า แรงตึงฉากรักของโจ้ไม่
เปลี่ยนแปลง

- (A) $\sqrt{2gh} (\mu_k / \mu_s)$
(B) $\sqrt{2gh} (1 - \mu_k / \mu_s)$
(C) $\sqrt{2gh} \sqrt{\mu_k / \mu_s}$
(D) $\sqrt{2gh} \sqrt{1 - \mu_k / \mu_s}$
(E) $\sqrt{2gh} (\mu_s - \mu_k)$

18. บล็อกมวล $m = 3.0 \text{ kg}$ เคลื่อนจากพื้นเอียงแรกไปถึงพื้นเอียงที่สอง มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ของบล็อกกับแต่ละพื้นเอียงเท่ากับ $\mu_k = 0.40$ ถ้าบล็อกเริ่มเคลื่อนลงมาจากความสูง $h_1 = 1.0 \text{ m}$ จากพื้นดิน และพื้นเอียงทั้งสองเอียง 30° กับแนวระดับ ความสูงที่จากพื้นดิน ที่บล็อกหยุดอยู่ที่พื้นเอียงที่สองเท่ากับข้อใด

- (A) 0.18 m
- (B) 0.52 m
- (C) 0.59 m
- (D) 0.69 m
- (E) 0.71 m

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 19 และ 20

วัตถุมวล 2.00 kg เคลื่อนที่ด้วยแรงที่กำหนดจาก

$$\vec{F} = -(8.00\text{ N/m})(x\hat{i} + y\hat{j})$$

โดย $\hat{i}$ และ $\hat{j}$ เป็นเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแกน x และ y และเริ่มปล่อยวัตถุด้วยความเร็วต้น $\vec{v} = (3.00\text{ m/s})\hat{i} + (4.00\text{ m/s})\hat{j}$

19. ต้องใช้เวลาเท่าไรวัตถุจึงจะกลับมาที่จุดเริ่มต้น

- (A) 0.785 s
- (B) 1.26 s
- (C) 1.57 s
- (D) 2.00 s
- (E) 3.14 s

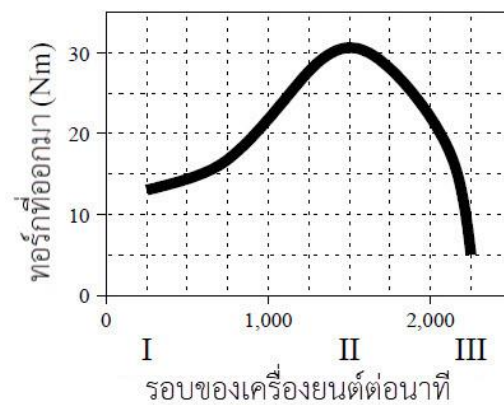
20. ระยะไกลสุด จากจุดเริ่มต้นถึงวัตถุเท่ากับข้อใด

- (A) 2.00 m
- (B) 2.50 m
- (C) 3.50 m
- (D) 5.00 m
- (E) 7.00 m

21. วิศวกรกำหนดปริมาตร V_m ของโลหะที่ใช้สร้างถึงความดันทรงกลมให้คงที่ค่าหนึ่ง โดยสมมติว่า ผนังของถังบางมาก และมีแรงดันสูงจนเข้าใกล้จุดระเบิด ถ้าปริมาณแก๊สที่บรรจุได้เท่ากับ n (หน่วยโมล) ซึ่งไม่ขึ้นกับรัศมี r ของถัง แต่ขึ้นอยู่กับ V_m (หน่วย m^3), อุณหภูมิ T (หน่วย K), ค่าคงที่แก๊สในอุดมคติ R (หน่วย $J / (K \cdot mol)$) และความทนแรงดึงของโลหะ σ (หน่วย N / m^2) ค่า n ในเทอมของตัวแปรดังกล่าวเท่ากับข้อใด

- (A) $n = \frac{2}{3} \frac{V_m \sigma}{RT}$
 (B) $n = \frac{2}{3} \frac{\sqrt[3]{V_m} \sigma}{RT}$
 (C) $n = \frac{2}{3} \frac{\sqrt[3]{V_m} \sigma^2}{RT}$
 (D) $n = \frac{2}{3} \frac{\sqrt[3]{V_m^2} \sigma}{RT}$
 (E) $n = \frac{2}{3} \sqrt[3]{\frac{V_m \sigma^2}{RT}}$

22. กำหนด กราฟของทอร์กที่ออกมาจากเครื่องยนต์เบนซินกับฟังก์ชันความถี่ของการหมุน เครื่องยนต์ไม่สามารถทำงานนอกช่วงของกราฟได้



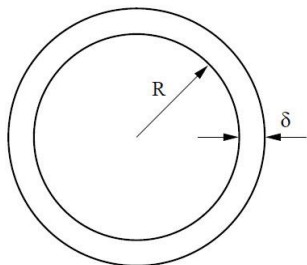
RPM ของเครื่องยนต์ (รอบของเครื่องยนต์ต่อนาที) ในข้อใด ที่ให้กำลังสูงสุด

- (A) ที่จุด I
- (B) ระหว่างจุด I และ II
- (C) ที่จุด II
- (D) ระหว่างจุด II และ III
- (E) ที่จุด III

23. วัตถุถูกยิงจากพื้นของดาวทรงกลมสม่ำเสมอที่อยู่นิ่ง ด้วยมุมหนึ่งเทียบกับแนวตั้ง ถ้าวัตถุเคลื่อนที่โดยไม่สนใจแรงต้านอากาศ และตกกลับในที่สุด โดยนักบินอวกาศชายอธิบายว่าวัตถุจะเคลื่อนที่แบบพาราโบลา ตามกฎการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ส่วนนักบินอวกาศหญิงจากกฎของเคปเลอร์ได้ว่า ทุกวงโคจรที่อยู่รอบดาวจะเป็นวงรี (หรือวงกลม) และแรงโน้มถ่วงของทรงกลมสม่ำเสมอจะมีค่าเหมือนกับว่ามวลทั้งหมดรวมกันเป็นจุดมวลที่ศูนย์กลางจุดเดียว แล้วข้อใดอธิบายความแตกต่างของคำอธิบายทั้งสองได้ดีที่สุด

- (A) เนื่องจากการทดลองเกิดใกล้กับผิวของทรงกลม จึงไม่ควรแทนทรงกลมด้วยจุดมวล
- (B) เนื่องจากวัตถุตกกลับมา แสดงว่าวัตถุไม่ได้อยู่ในวงโคจรของดาวนั้น ดังนั้นเส้นทางการเคลื่อนที่อาจจะไม่ใช่วงรี
- (C) นักบินอวกาศหญิง มองข้ามเรื่องการเคลื่อนที่รอบจุดมวล ที่อาจจะพาราโบลาหรือไฮเพอร์โบลาก็ได้
- (D) กฎของเคปเลอร์ ใช้กับวงโคจรที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น
- (E) วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงรี แต่เกือบจะเป็นพาราโบลา เพราะระยะที่ยิ่งขึ้นไปสั้นมาก เมื่อเทียบกับระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของดาวเคราะห์

24. เครื่องเล่นแผ่นเสียง มีวงแหวนเทฟลอน ที่มีรัศมีวงใน R และรัศมีวงนอก $R + \delta$ ($\delta \ll R$) ดังรูป และการหมุนแผ่นเสียงด้วยอัตราคง จะต้องใส่พลังงานให้มากกว่างานจากแรงเสียดทาน ถ้าผู้ผลิตเครื่องเล่นต้องการลดการใช้พลังงาน โดยไม่เปลี่ยนอัตราการหมุน น้ำหนักของเครื่องเล่นหรือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของผิวเทฟลอน วิศวกรจึงเสนอสองทางเลือก คือ การเพิ่มความกว้างของแบร์ริง (เพิ่ม δ) หรือเพิ่มรัศมี (เพิ่ม R) ข้อใดสรุปผลที่จะตามมาได้ถูกต้อง



- (A) การเพิ่ม δ ไม่มีผลต่อกำลังการทำงาน แต่การเพิ่ม R ทำให้กำลังการทำงานเพิ่มขึ้น
- (B) การเพิ่ม δ ไม่มีผลต่อกำลังการทำงาน แต่การเพิ่ม R ทำให้กำลังการทำงานลดลง
- (C) การเพิ่ม δ ทำให้กำลังการทำงานเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่ม R ไม่มีผลต่อกำลังการทำงาน
- (D) การเพิ่ม δ ทำให้กำลังการทำงานลดลง แต่การเพิ่ม R ไม่มีผลต่อกำลังการทำงาน
- (E) การเปลี่ยนแปลงทั้งสองไม่มีผลใดๆ ต่อกำลังการทำงาน

25. ให้ทรงกระบอกกลวงที่มีผนังบางมาก (เช่น แกนกระดาดชำระ) กับบล็อกอันหนึ่ง วางนิ่งอยู่บนระนาบที่มีความชัน θ กับแนวนอน ถ้าทรงกระบอกกลิ้งลงมาโดยไม่ไถล และบล็อกก็เลื่อนลงมาจากระนาบ มาถึงด้านล่างระนาบพร้อมกัน แล้วค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ ระหว่างบล็อกกับระนาบเท่ากับข้อใด

- (A) 0
- (B) $\frac{1}{3}\tan \theta$
- (C) $\frac{1}{2}\tan \theta$
- (D) $\frac{2}{3}\tan \theta$
- (E) $\tan \theta$