

ข้อสอบ $F = ma$ สำหรับการคัดเลือกรอบแรกโครงการฟิสิกส์โอลิมปิกประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นลิขสิทธิ์ของสมาพันธ์ครูฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมฟิสิกส์ไทยได้รับอนุญาตให้แปลและเผยแพร่แก่บุคคลทั่วไปได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในข้อสอบหรือเฉลย ไม่ว่าหน้าใดหน้าหนึ่งหรือทั้งหมด ไปทำซ้ำหรือดัดแปลง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1. พิจารณายอดน้ำจากก๊อกที่อยู่เหนืออ่างล้างจานประมาณ 10 cm ขณะที่หยดหนึ่งแต่ละอ่าง มีหนึ่งหยดอยู่ในอากาศ และมีอีกหยดรออยู่ปากก๊อก แล้วระยะห่างของหยดน้ำที่อยู่ในอากาศกับหยดที่แต่ละอ่างเท่ากับข้อใด

- (A) ระหว่าง 0 ถึง 2 cm
- (B) ระหว่าง 2 ถึง 4 cm
- (C) ระหว่าง 4 ถึง 6 cm
- (D) ระหว่าง 6 ถึง 8 cm
- (E) ระหว่าง 8 ถึง 10 cm

2. กระสุนปืนใหญ่ถูกยิงด้วยความเร็วต้น v_0 เหนือระดับพื้นดิน อยากทราบว่า มุมเงยเล็กสุด $\theta_{\min}$ ที่ทำให้กระสุนมีความสูง H มากกว่าระยะในแนวนอน R ที่วัดจากจุดยิงถึงจุดตกพื้นเท่ากับข้อใด

- (A) $\theta_{\min} = 76^\circ$
- (B) $\theta_{\min} = 72^\circ$
- (C) $\theta_{\min} = 60^\circ$
- (D) $\theta_{\min} = 45^\circ$
- (E) ไม่มีมุมใดที่ทำให้ H มากกว่า R

3. รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ถูกวางบนพื้นเอียงที่มีแรงเสียดทานสูงเกินกว่าจะลื่นไถลงมาได้ แต่ถ้าพื้นเอียงมีความชันมากๆ วัตถุจะ "กลิ้ง" (โดยมีจุดยอดเป็นจุดหมุน) ลงมาได้ แล้วมุมเอียงที่วัตถุจะเริ่มกลิ้งลงมาเท่ากับข้อใด
- (A) 30°
 - (B) 45°
 - (C) 60°
 - (D) การกลิ้งเกิดขึ้นได้กับทุกมุมที่มากกว่าศูนย์
 - (E) ถ้าไถลงมาไม่ได้ ก็ไม่มีทางกลิ้งลงมาได้

4. วัตถุที่เดิมหยุดนิ่งระเบิดออกเป็นสามส่วนเท่าๆ กัน โดยไม่คิดแรงภายนอก ถ้าชิ้นส่วนสองชิ้นแตกออกเป็นมุมฉากกับชิ้นอื่น ๆ ด้วยอัตราเร็ว v เท่ากัน แล้วอัตราเร็วของชิ้นที่สามเท่ากับข้อใด

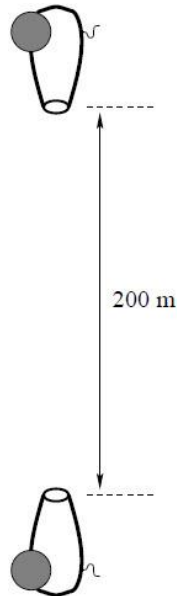
- (A) v
- (B) $\sqrt{2}v$
- (C) $2v$
- (D) $2\sqrt{2}v$
- (E) ไม่มีข้อใดถูก

5. วัตถุ 12 kg เคลื่อนที่ 4 m / s ไปทางทิศตะวันออก พุ่งชนกับวัตถุ 6 kg ที่เคลื่อนที่ 2 m / s ไปทางทิศตะวันตก
ถ้าหลังการชนวัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยกัน แล้วพลังงานจลน์ที่สูญเสียไปกับการชนกันนี้เท่ากับข้อใด

- (A) 36 J
- (B) 48 J
- (C) 60 J
- (D) 72 J
- (E) 96 J

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 5 และ 6

นำปืนใหญ่สองลำมาเรียงในแนวตั้ง ให้มีระยะห่าง 200 m และหันปากกระบอกเข้าหากัน เมื่อจุดชนวนยิง ความเร็วจากปากกระบอกปืนด้านล่างจะเท่ากับ 25 m/s และความเร็วจากปากกระบอกปืนด้านบนจะเท่ากับ 55 m/s



6. กระสุนปืนจะชนกันที่วินาทีที่เท่าไร

- (A) 2.2 s
- (B) 2.5 s
- (C) 3.6 s
- (D) 6.7 s
- (E) 8.0 s

7. กระสุนปืนจากกระบอกปืนจะพุ่งลงมาได้กี่เมตรก่อนชน

- (A) 31 m
- (B) 67 m
- (C) 110 m
- (D) 140m
- (E) 170 m

8. วัตถุมวล $m = 3.0 \text{ kg}$ เคลื่อนที่ตามแนวนอนไปชนกับสปริงเบา ที่มีค่าคงสปริง $k = 80.0 \text{ N/m}$ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้น คือ $\mu_k = 0.50$ ถ้าวัตถุมีอัตราเร็ว 2.0 m/s เมื่อวัตถุชนกับสปริง แล้วระยะหดของสปริงจะเท่ากับข้อใด

- (A) 0.19 m
- (B) 0.24 m
- (C) 0.39 m
- (D) 0.40 m
- (E) 0.61 m

9. ดาวเคราะห์ทรงกลมสม่ำเสมอรัศมี R มีความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวของดาวเท่ากับ g แล้วความเร็วหลุดพ้นของวัตถุจากพื้นผิวดาวเคราะห์จะเท่ากับข้อใด

(A) $\frac{1}{2}\sqrt{gR}$

(B) $\sqrt{gR}$

(C) $\sqrt{2gR}$

(D) $2\sqrt{gR}$

(E) ไม่สามารถแสดงความเร็วหลุดพ้นของวัตถุ ด้วยเทอมของ g และได้ R

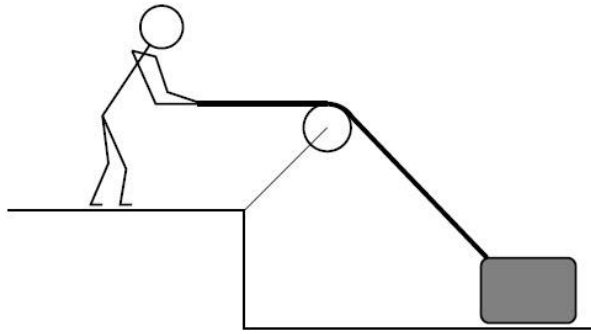
10. วัตถุสี่ชิ้นถูกวางไว้บนพื้นเอียง จากนั้นปล่อยให้ตกลงมาโดยไม่มีแรงเสียดทาน และไม่คำนึงถึงแรงต้านการหมุน และแรงต้านทานอากาศ

- วัตถุ A เป็นลูกบอลทองเหลืองตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง d
- วัตถุ B เป็นลูกบอลทองเหลืองตัน เส้นผ่าศูนย์กลาง $2d$
- วัตถุ C เป็นลูกบอลทองเหลืองกลวง เส้นผ่านศูนย์กลาง d
- วัตถุ D เป็นลูกบอลลูมิเนียมตัน เส้นผ่าศูนย์กลาง d (อะลูมิเนียมมีความหนาแน่นน้อยกว่าทองเหลือง)

ให้วัตถุถูกวางในลักษณะที่ศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งหมดตกลงไปในระยะเดียวกัน และเวลาที่ใช้ในการกลิ้งเป็น T ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริง

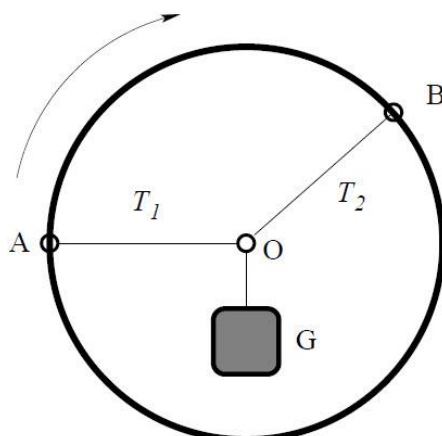
- (A) $T_B > T_C > T_A = T_D$
- (B) $T_B > T_C > T_A = T_D$
- (C) $T_B > T_C > T_A = T_D$
- (D) $T_C > T_A = T_B = T_D$
- (E) $T_A = T_B = T_C = T_D$

11. จากรูป นาย ก ดึงเชือกที่คล้องผ่านรอกที่ถูกยึดไว้ เพื่อช่วยกล่องด้วยอัตราเร็วคงที่ v สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเป็น $\mu < 1$ สมมุติว่า รอกเบามากและไม่มีแรงเสียดทานระหว่างเชือกและรอก ข้อความใดถูกต้องขณะกล่องเคลื่อนที่



- (A) แรงบนเส้นเชือกเป็นค่าคงที่
- (B) แรงเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องจะลดลง
- (C) แรงตั้งฉากของพื้นที่กระทำกับกล่องจะเพิ่มขึ้น
- (D) ความดันกล่องที่พื้นจะเพิ่มขึ้น
- (E) ความดันกล่องที่พื้นเป็นค่าคงที่

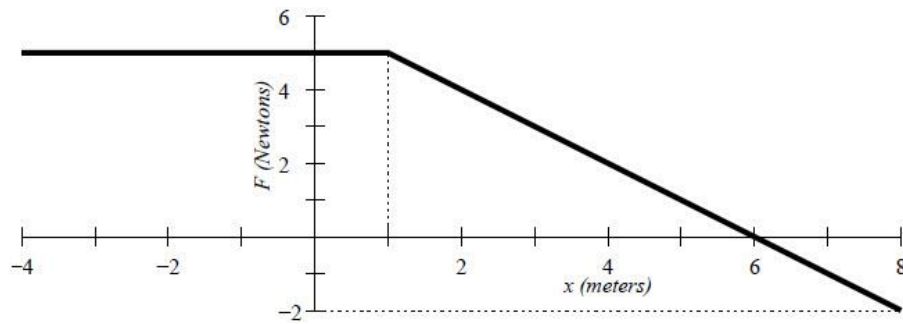
12. ห่วงโลหะสามารถลึกรอบจุดศูนย์กลางได้ มีเชือกเบาสองเส้นผูกติดไว้ที่จุด A และ B (ยึดติดไว้โดยที่ A และ B ไม่สามารถเลื่อนได้) และปลายเชือกอีกด้านผูกติดกับจุดศูนย์กลาง O นอกจากนี้ยังมีวัตถุหนัก G ถูกผูกไว้ที่จุด O ให้เชือกมีความยาวคงที่ น้ำหนัก G มีเฉพาะเชือกที่รับน้ำหนักไว้ และเดิมเส้นตรง OA อยู่ในแนวนอน



ถ้าห่วงนอกเริ่มหมุนช้าๆ ไป 90° ตามเข็มนาฬิกา จนเส้นตรง OA อยู่ในแนวตั้ง และยังคงรักษาขนาดมุมระหว่างเชือกทั้งสองไว้ และวัตถุอยู่ในลักษณะที่ห้อยแบบเดิม ข้อใดกล่าวถึงแรงตึง T_1 และ T_2 ในเชือกทั้งสองเส้นได้ถูกต้อง

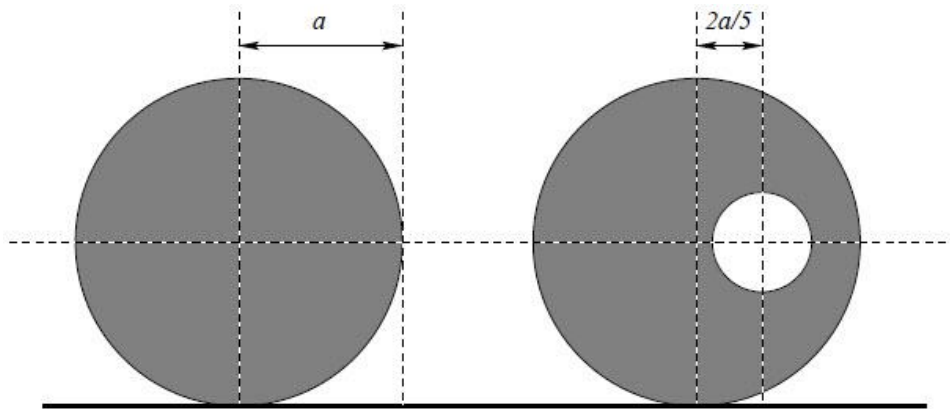
- (A) T_1 จะลดลง
- (B) T_1 จะเพิ่มขึ้น
- (C) T_2 จะเพิ่มขึ้น
- (D) T_2 จะเป็นศูนย์หลังจากหยุดหมุน
- (E) T_2 ตอนแรกจะเพิ่มขึ้น จากนั้นจะลดลง

13. กำหนด กราฟของแรงที่กระทำกับรถเข็นขนาด 40 kg เทียบกับตำแหน่ง x ของรถเข็น ซึ่งเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติบนแกน x ถ้าที่ $x = 0$ รถเข็นมีความเร็ว -3.0 m/s (ในทิศลบ) แล้วข้อใดคืออัตราเร็วสูงสุดของรถเข็น



- (A) 1.6 m/s
- (B) 2.5 m/s
- (C) 3.0 m/s
- (D) 4.0 m/s
- (E) 4.2 m/s

14. ทรงกระบอกรัศมี a เดิมหนัก 80 N หลังเจาะรูให้ห่างจากเส้นผ่านศูนย์กลางไป $2a/5$ จะมีน้ำหนัก 65 N จุดศูนย์กลางของทรงกระบอกและรูจะสูงเท่ากัน และเส้นผ่านศูนย์กลางจะขนานกัน ดังรูป



แรง T ที่กระทำที่ด้านบนของทรงกระบอกในแนวนอน ควรเท่ากับข้อใด จึงจะทำให้ทรงกระบอกอยู่นิ่งได้

- (A) 6 N
- (B) 10 N
- (C) 15 N
- (D) 30 N
- (E) 38 N

15. รถมวล m มีเครื่องยนต์ที่มีกำลังออกมาคงที่ P สมมุติมีแรงเสียดทานเฉพาะล้อกับพื้นเอียง (ไม่มีแรงเสียดทานที่ส่วนอื่นๆ) แล้วอัตราเร็วสูงสุดคงที่ $v_{\max}$ ที่รถคันนี้สามารถขับขึ้นพื้นเอียงทำมุม θ กับแนวนอนได้ เท่ากับข้อใด

(A) $v_{\max} = P/(mg \sin\theta)$

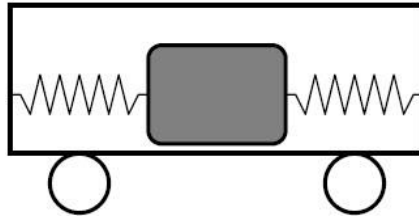
(B) $v_{\max} = P^2 \sin\theta / mg$

(C) $v_{\max} = \sqrt{2P/mg} / \sin\theta$

(D) ไม่มีอัตราเร็วสูงสุดคงที่

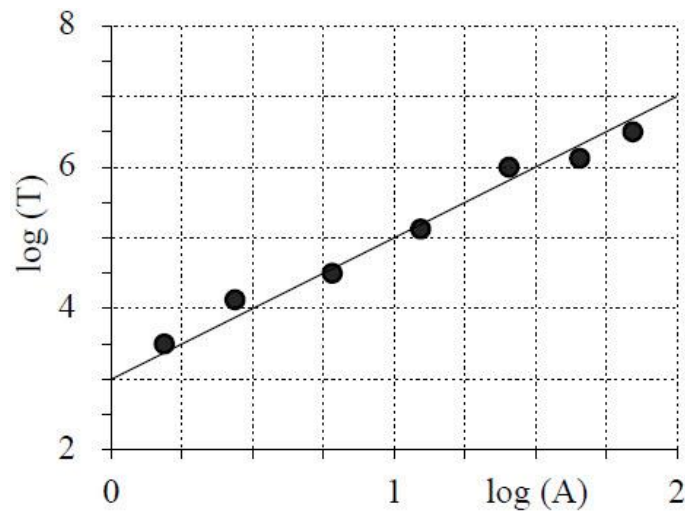
(E) อัตราเร็วสูงสุดคงที่ขึ้นกับความยาวของพื้นเอียง

16. รถกระป๋องมีความเร่งในแนวนอนด้วยความเร่ง a ภายในมีกล่องมวล M ต่อกับสปริงสองเส้นที่มีค่าคงสปริง k_1 และ k_2 ถ้ากล่องสามารถขยับได้โดยไม่มีแรงเสียดทานในแนวนอน แล้วความถี่ในการสั่นของกล่องเท่ากับข้อใด



- (A) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1+k_2}{M}} + a$
 (B) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1 k_2}{(k_1+k_2)M}}$
 (C) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1 k_2}{(k_1+k_2)M}} + a$
 (D) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{|k_1-k_2|}{M}}$
 (E) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1+k_2}{M}}$

17. กำหนดกราฟ $\log / \log$ จากแอมพลิจูดและคาบของการสั่นที่ไม่เป็นเชิงเส้น ดังรูป



จากกราฟ ข้อใดอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคาบ T กับแอมพลิจูด A ได้ดีที่สุด

(A) $T = 1000A^2$

(B) $T = 100A^3$

(C) $T = 2A + 3$

(D) $T = 3\sqrt{A}$

(E) คาบเป็นอิสระกับแอมพลิจูดในระบบการสั่น

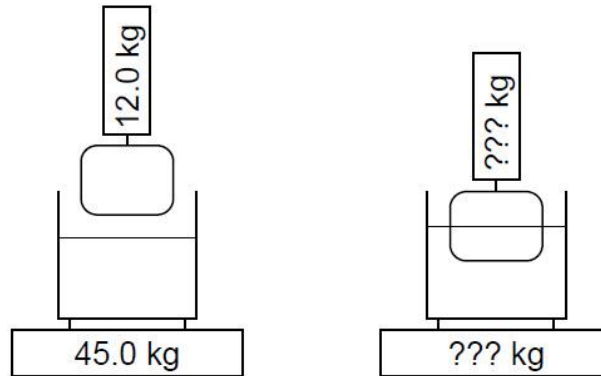
18. มวลแขวนอยู่บนเพดานภายในกล่องด้วยสปริงในอุดมคติ เดิมให้กล่องอยู่นิ่ง ส่วนมวลจะมีความเร็วเริ่มต้น และมีการสั่นเฉพาะในแนวตั้ง เมื่อมวลทิ้งตัวถึงจุดต่ำสุด กล่องจะถูกปล่อยให้ร่วงลงมา หากพิจารณาเฉพาะภายในกล่อง ปริมาณใดต่อไปนี้จะไม่เปลี่ยนแปลง ขณะกล่องร่วงลง โดยไม่สนใจแรงต้านอากาศ

- (A) แอมพลิจูดของการสั่น
- (B) คาบของการสั่น
- (C) อัตราเร็วสูงสุดของมวล
- (D) ความสูงขณะที่มวลมีอัตราเร็วสูงสุด
- (E) ตำแหน่งที่สูงที่สุดของมวล

19. ใช้มอเตอร์ 1,500 วัตต์ สูบน้ำจากความสูงแนวตั้ง 2.0 เมตร จากชั้นใต้ดินที่มีน้ำท่วมอยู่ ผ่านท่อทรงกระบอก ถ้า น้ำไหลออกจากปากท่อด้วยอัตราเร็ว 2.5 m / s โดยไม่มีแรงเสียดทาน และสมมติว่าพลังงานทั้งหมดของมอเตอร์ใช้ไปกับการสูบน้ำ แล้วรัศมีของท่อน้ำควรเท่ากับข้อใด ให้ความหนาแน่นของน้ำเป็น $\rho = 1000 \text{ /m}^3$

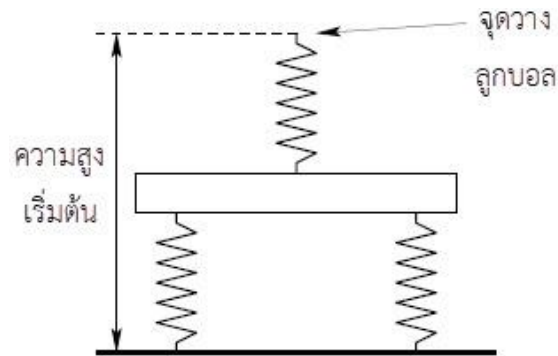
- (A) 1/3 cm
- (B) 1 cm
- (C) 3 cm
- (D) 10 cm
- (E) 30 cm

20. ภาพขณะบรรจุน้ำถูกวางบนเครื่องชั่ง อ่านน้ำหนักได้ $M_1 = 45 \text{ kg}$ และบล็อกไม้ถูกแขวนบนเครื่องชั่งที่สอง อ่านน้ำหนักได้ $M_2 = 12 \text{ kg}$ ถ้าไม้มีความหนาแน่น 0.60 g/cm^3 และน้ำมีความหนาแน่น 1.00 g/cm^3 เมื่อหย่อนบล็อกไม้ครึ่งหนึ่งลงไปในน้ำ แล้วน้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่งจะเท่ากับข้อใด



- (A) $M_1 = 45 \text{ kg}$ และ $M_2 = 2 \text{ kg}$
 (B) $M_1 = 45 \text{ kg}$ และ $M_2 = 6 \text{ kg}$
 (C) $M_1 = 45 \text{ kg}$ และ $M_2 = 10 \text{ kg}$
 (D) $M_1 = 55 \text{ kg}$ และ $M_2 = 6 \text{ kg}$
 (E) $M_1 = 55 \text{ kg}$ และ $M_2 = 2 \text{ kg}$

21. กำหนดระบบสปริงหนึ่งประกอบด้วย แท่นหนัก 10 N อยู่ด้านบนของสปริงสองอัน ซึ่งมีค่านิจสปริง 75 N/m ทั้งสองอัน และด้านบนแท่นมีสปริงที่สามที่มีค่านิจสปริง 75 N/m ถ้าวางลูกบอลหนัก 5.0 N บนสปริงที่สามจนน้ำหนักค่อย ๆ กดสปริงทั้งระบบลง แล้วระยะที่ลูกบอลตกลงมาจะเท่ากับข้อใด



- (A) 0.033 m
- (B) 0.067 m
- (C) 0.100 m
- (D) 0.133 m
- (E) 0.600 m

22. เสียงที่เบาที่สุดที่เราได้ยินจะมีความเข้มเสียง $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ ถ้าเปลี่ยนเป็นหน่วยพื้นฐานกิโลกรัม, เมตร และ วินาที จะมีค่าเท่ากับข้อใด

- (A) $I_0 = 10^{-12} \text{ kg/s}^3$
- (B) $I_0 = 10^{-12} \text{ kg/s}$
- (C) $I_0 = 10^{-12} \text{ kg}^2\text{m/s}$
- (D) $I_0 = 10^{-12} \text{ kg}^2\text{m/s}^2$
- (E) $I_0 = 10^{-12} \text{ kg/m}\cdot\text{s}^3$

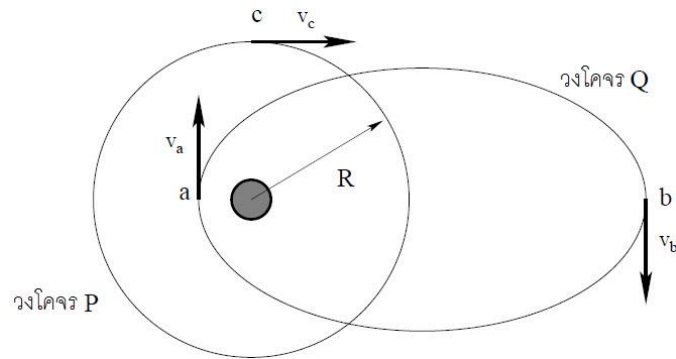
23. เครื่องมือวัดในข้อใด **ไม่สามารถ** วัดความเร่งโน้มถ่วง (g) ได้

- (A) เครื่องชั่งสปริง (อ่านค่าในหน่วยแรง) และวัตถุที่ทราบมวล
- (B) คานที่ทราบความยาว, แต่ไม่ทราบมวล และนาฬิกาจับเวลา
- (C) พื้นเอียงที่ทราบความชัน, รถจำลองหลายขนาดๆ ที่ทราบมวล และนาฬิกาจับเวลา
- (D) ปืนที่ยิงแบบโพรเจกไทล์ที่ทราบอัตราเร็ว, กระสุนที่ทราบมวล และไม่บรรทัด
- (E) มอเตอร์ที่ทราบกำลังที่ออกมา, วัตถุที่ทราบมวล, เส้นเชือกที่ทราบความยาว และนาฬิกาจับเวลา

24. วัตถุมวล m สามชิ้น นำมาติดกันด้วยสปริงแบบเดียวกัน เมื่อวางบนพื้นราบจะเห็นเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีความยาวด้าน l เมื่อหมุนวัตถุรูปสามเหลี่ยมรอบ ๆ จุดศูนย์กลางด้วยความเร็วเชิงมุม ω วัตถุรูปสามเหลี่ยมจะมีความยาวด้านใหม่เป็น $2l$ แล้วค่าสปริง k เท่ากับข้อใด

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

25. พิจารณาสองวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ที่แสดงดังรูป วงโคจร P เป็นวงกลมมีรัศมี R วงโคจร Q เป็นวงรี มีจุดยอดไกลสุด b อยู่ระหว่าง $2R$ และ $3R$ และจุดยอดใกล้สุด a อยู่ระหว่าง $R/3$ และ $R/2$ ถ้าความเร็วในวงโคจร P เป็น v_c ความเร็วในวงโคจร Q ที่จุด a เป็น v_a และที่จุด b เป็น v_b แล้วข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง



- (A) $v_b > v_c > 2v_a$
 (B) $2v_c > v_b > v_a$
 (C) $10v_b > v_a > v_c$
 (D) $v_c > v_a > 4v_b$
 (E) $2v_a > \sqrt{2}v_b > v_c$