

ข้อสอบ $F = ma$ สำหรับการคัดเลือกรอบแรกโครงการฟิสิกส์โอลิมปิกประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นลิขสิทธิ์ของสมาพันธ์ครูฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมฟิสิกส์ไทยได้รับอนุญาตให้แปลและเผยแพร่แก่บุคคลทั่วไปได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในข้อสอบหรือเฉลย ไม่ว่าหน้าใดหน้าหนึ่งหรือทั้งหมด ไปทำซ้ำหรือดัดแปลง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1. ผู้สังเกตยืนอยู่ด้านข้างของด้านหน้าขบวนรถไฟที่จอดอยู่ เมื่อรถไฟเริ่มวิ่งด้วยความเร่งคงที่ โบกี้แรกจะผ่านผู้สังเกตไปโดยใช้เวลา 5 วินาที ต้องใช้เวลาเท่าไร โบกี้ที่ 10 (คิดเฉพาะโบกี้นี้) ถึงจะผ่านผู้สังเกตไป
(A) 1.07 s
(B) 0.98 s
(C) 0.91 s
(D) 0.86 s
(E) 0.81 s

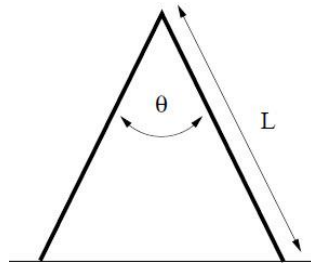
2. ก ยืนห่างจากกำแพง 20 m และ ข ยืนห่างจากกำแพงเดียวกัน 10 m ถ้า ก โยนลูกบอลทำมุมเงย 30° และชนแบบยืดหยุ่นกับกำแพง แล้ว ก ต้องโยนลูกบอลด้วยความเร็วเท่าไร ลูกบอลจึงจะตกที่ ขพอดี ให้ ก และ ข ให้ความสูงเท่ากัน และทั้งคู่อยู่ในแนวตั้งฉากเดียวกันกับกำแพง

- (A) 11 m/s
- (B) 15 m/s
- (C) 19 m/s
- (D) 30 m/s
- (E) 35 m/s

3. ก โยนบอลให้ ข ที่อยู่ห่างออกไป l และ ก สามารถกำหนดเวลา t ที่บอลจะลอยไป จากอัตราเร็วที่ใช้ ซึ่งเขาจะใช้ อัตราเร็วเท่าไรก็ได้จนถึง $v_{\max}$ และเลือกมุมที่ใช้ในการโยนเท่าไรก็ได้ ในช่วง 0° ถึง 90° ถ้าไม่คำนึงถึงแรงต้านอากาศ และถือว่า ก และ ข ความสูงเท่ากัน แล้วข้อความใดต่อไปนี้ผิด

- (A) ถ้า $v_{\max} < \sqrt{gl}$ แล้วบอลจะไม่สามารถไปถึง ข ได้
- (B) กรณีที่บอลไปถึง ข ถ้า $v_{\max}$ เพิ่มขึ้น (ขณะที่ l คงตัว) แล้วค่าต่ำสุดของ t ต้องลดลง
- (C) กรณีที่บอลไปถึง ข ถ้า $v_{\max}$ เพิ่มขึ้น (ขณะที่ l คงตัว) แล้วค่าสูงสุดของ t ต้องเพิ่มขึ้น
- (D) กรณีที่บอลไปถึง ข ถ้า l เพิ่มขึ้น (ขณะที่ $v_{\max}$ คงตัว) แล้วค่าต่ำสุดของ t ต้องเพิ่มขึ้น
- (E) กรณีที่บอลไปถึง ข ถ้า l เพิ่มขึ้น (ขณะที่ $v_{\max}$ คงตัว) แล้วค่าสูงสุดของ t ต้องเพิ่มขึ้น

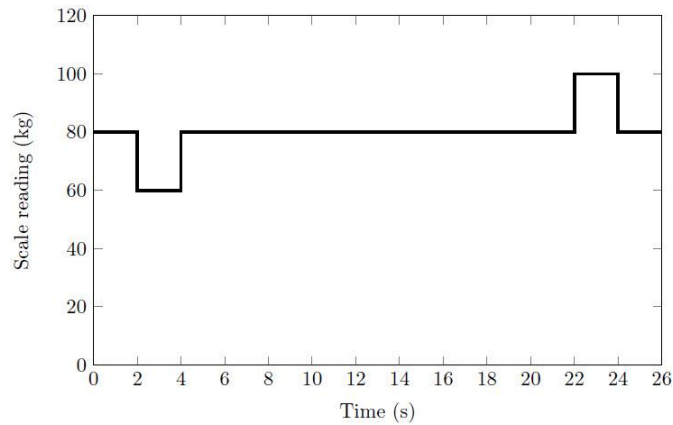
4. ให้ขาตั้งสองขายึดกันด้วยบานพับที่ไม่มีแรงเสียดทาน และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ระหว่างพื้นกับขาตั้งเท่ากับ μ แล้วค่า θ สูงสุดในข้อใด ที่ทำให้ขาตั้งไม่ยุบลง



- (A) $\sin\theta = 2\mu$
- (B) $\sin\theta/2 = \mu/2$
- (C) $\tan\theta/2 = \mu$
- (D) $\tan\theta = 2\mu$
- (E) $\tan\theta/2 = 2\mu$

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 5 และ 6

นักเรียนก้าวเข้าไปในลิฟต์และขึ้นไปอยู่บนเครื่องชั่ง เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่จากชั้นบนสุด ไปชั้นล่างสุดของอาคาร นักเรียนได้บันทึกน้ำหนักตามเวลาที่เปลี่ยนไป ดังนี้



5. ช่วงเวลาใดที่นักเรียนเคลื่อนที่ลงด้วยอัตราเร็วสูงสุด

- (A) ช่วงวินาทีที่ 2 ถึง 4
- (B) ที่วินาทีที่ 4
- (C) ช่วงวินาทีที่ 4 ถึง 22
- (D) ที่วินาทีที่ 22
- (E) ช่วงวินาทีที่ 22 ถึง 24

6. อาคารนี้สูงกี่เมตร

- (A) 50 m
- (B) 80 m
- (C) 100 m
- (D) 150 m
- (E) 400 m

7. ให้รถยนต์และรถบรรทุกมีโมเมนตัมเดียวกัน รถบรรทุกมีน้ำหนักเป็นสิบเท่าของรถยนต์ ข้อใดเปรียบเทียบพลังงานจลน์ของรถทั้งสองคันได้ถูกต้อง

- (A) พลังงานจลน์ของรถบรรทุก มีค่ามากกว่า 100 เท่า
- (B) พลังงานจลน์ของรถบรรทุก มีค่ามากกว่า 10 เท่า
- (C) พลังงานจลน์ของรถทั้งคัน มีค่าเท่ากัน
- (D) พลังงานจลน์ของรถยนต์ มีค่ามากกว่า 10 เท่า
- (E) พลังงานจลน์ของรถยนต์ มีค่ามากกว่า 100 เท่า

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 8 และ 9

รถบรรทุกมีความเร็วเริ่มต้น v คนขับได้เบรกจนกระทั่งรถหยุด โดยเบรกกระทำกับรถด้วยแรงคงที่ F ระยะทางที่รถบรรทุกเคลื่อนที่ไปจนกระทั่งหยุดคือ x และเวลาที่ใช้ในการหยุดรถคือ t

8. ข้อใดแสดงพลังงานจลน์เริ่มต้นของรถบรรทุกได้ถูกต้อง (พลังงานจลน์ก่อนคนขับเบรก)

- (A) Fx
- (B) Fvt
- (C) Fxt
- (D) Ft
- (E) ถูกทั้งข้อ (A) และ (B)

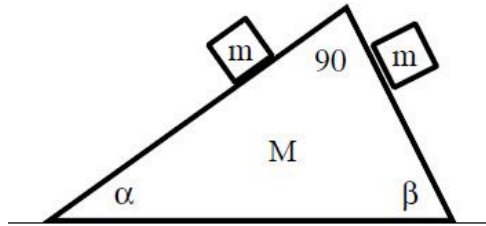
9. ข้อใดต่อไปนี้จะแสดงโมเมนตัมเริ่มต้นของรถบรรทุกได้ถูกต้อง (โมเมนตัมก่อนคนขับรถเบรก)

- (A) Fx
- (B) $Ft/2$
- (C) Fxt
- (D) $2Ft$
- (E) $2Fx/v$

10. ข้อใดคือวิธีแยกบอลกลมตัน กับบอลกลมกลวง ที่มีรัศมีและมวลเท่ากัน ได้ดีที่สุด

- (A) จากการโคจรของมวลทดสอบบอลนั้น
- (B) จากเวลาที่วัตถุลึกลงมาจากพื้นเอียง
- (C) จากแรงไทดัลที่กระทำกับวัตถุในของเหลว
- (D) จากลักษณะการลอยตัวของวัตถุในน้ำ
- (E) จากแรงที่กระทำกับวัตถุในสนามโน้มถ่วงที่สม่ำเสมอ

11. บล็อกไม้รูปสามเหลี่ยมมุมฉากมวล M วางอยู่บนโต๊ะ ดังรูป มีลูกบาศก์ไม้ขนาดเล็ก มวล m สองอัน วางในแต่ละด้านของด้านประกอบมุมฉาก ให้พื้นผิวสัมผัสระหว่างลูกบาศก์และบล็อกไม้ไม่มีแรงเสียดทาน และในขณะที่ยุ่ลูกบาศก์เล็กเลื่อนลงมา บล็อกไม้สามเหลี่ยมจะยังคงอยู่ที่เดิม แล้วแรงในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส (Normal Force) ของระบบกับโต๊ะเท่ากับข้อใด



- (A) $2mg$
- (B) $2mg + Mg$
- (C) $mg + Mg$
- (D) $Mg + mg(\sin\alpha + \sin\beta)$
- (E) $Mg + mg(\cos\alpha + \cos\beta)$

12. (เกินหลักสูตรการสอบเข้า สอน.) ทรงกลมกลวงมวล M รัศมี R มีของเหลวมวล M บรรจุไว้เต็ม โดยไม่มีแรงเสียดทาน (ไม่มีความหนืด) ทรงกลมที่เดิมอยู่นิ่ง ถูกปล่อยลงมาจากทางลาดที่ทำมุม θ กับแนวนอน โดยไม่มีการไถล แล้วความเร่งของทรงกลมหลังปล่อยลงมาเท่ากับข้อใด สมมติว่า ความเร่งของการตกอย่างอิสระคือ g โมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกลมกลวงรัศมี r มวล m ที่จุดศูนย์กลางมวล คือ $I = \frac{2}{3} mr^2$

โมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกลมตันรัศมี r มวล m ที่จุดศูนย์กลางมวล คือ $I = \frac{2}{5} mr^2$

(A) $a = g \sin\theta$

(B) $a = \frac{3}{4} g \sin\theta$

(C) $a = \frac{1}{2} g \sin\theta$

(D) $a = \frac{3}{8} g \sin\theta$

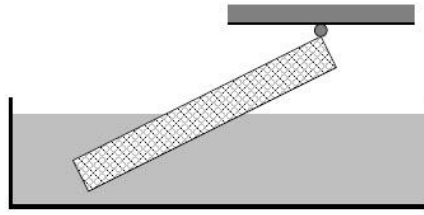
(E) $a = \frac{3}{5} g \sin\theta$

13. ที่วงแหวนด้านนอกของดาวเสาร์ การระบุชั้นที่เป็นส่วนหนึ่งของดาวเสาร์ หรือชั้นที่เป็นดาวบริวารของดาวเสาร์ เราจะต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว v ของแต่ละชั้นในวงแหวน และระยะทางที่วัดจากศูนย์กลางของดาวเสาร์ R ของแต่ละชั้นเสียก่อน จงพิจารณาว่าข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง
- (A) ถ้า $v \propto R$ แสดงว่า ชั้นนั้นเป็นส่วนหนึ่งของดาวเสาร์
 - (B) ถ้า $v^2 \propto R$ แสดงว่า ชั้นนั้นเป็นดาวบริวารของดาวเสาร์
 - (C) ถ้า $v \propto 1/R$ แสดงว่า ชั้นนั้นเป็นส่วนหนึ่งของดาวเสาร์
 - (D) ถ้า $v^2 \propto 1/R$ แสดงว่า ชั้นนั้นเป็นส่วนหนึ่งของดาวเสาร์
 - (E) ถ้า $v \propto R^2$ แสดงว่า ชั้นนั้นเป็นดาวบริวารของดาวเสาร์

14. รถเข็นมวล m เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็ว 12 m/s ชนแบบยืดหยุ่นกับรถเข็นมวล 4.0 kg ที่เดิมอยู่นิ่ง หลังการชน รถเข็นมวล m เคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็ว 6.0 m/s ถ้าการชนแบบยืดหยุ่นเกิดในมิติเดียว แล้วความเร็วที่จุดศูนย์กลางมวล (v_{cm}) ของรถเข็นทั้งสองคัน ก่อนชนเท่ากับข้อใด

- (A) $v_{\text{cm}} = 2.0 \text{ m/s}$
- (B) $v_{\text{cm}} = 3.0 \text{ m/s}$
- (C) $v_{\text{cm}} = 6.0 \text{ m/s}$
- (D) $v_{\text{cm}} = 9.0 \text{ m/s}$
- (E) $v_{\text{cm}} = 18 \text{ m/s}$

15. คานสม่ำเสมอ มีส่วนหนึ่งจมอยู่ในน้ำและปลายด้านหนึ่งถูกแขวนไว้ ดังรูป ถ้าคานมีความหนาแน่นเป็น $5/9$ ของน้ำ แล้วที่ภาวะสมดุล สัดส่วนของคานที่อยู่เหนือน้ำจะเท่ากับข้อใด



- (A) 0.25
- (B) 0.33
- (C) 0.5
- (D) 0.67
- (E) 0.75

16. แนวคิดจาก โจทย์โอลิมปิกฟิสิกส์นานาชาติ 2012 ที่ เอสโตเนีย

อนุภาคขนาดเล็กจำนวนมากรวมตัวเป็นเมฆทรงกลมในอวกาศ ที่สภาวะหยุดนิ่ง อนุภาคจะมีความหนาแน่นของมวลต่อปริมาตรเป็น ρ_0 และมีรัศมี r_0 ถ้าแรงโน้มถ่วงทำให้ยุบตัว โดยมีเฉพาะแรงโน้มถ่วงที่กระทำระหว่างกัน (ไม่มีแรงอื่น)

แล้วต้องใช้เวลาานแค่ไหนเมฆจึงจะยุบตัวสมบูรณ์ (ค่าจริงของ 0.5427 คือ $\sqrt{\frac{3\pi}{32}}$)

(A) $\frac{0.5427}{r_0^2 \sqrt{G \rho_0}}$

(B) $\frac{0.5427}{r_0 \sqrt{G \rho_0}}$

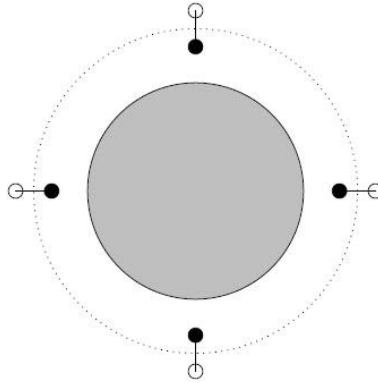
(C) $\frac{0.5427}{\sqrt{r_0} \sqrt{G \rho_0}}$

(D) $\frac{0.5427}{\sqrt{G \rho_0}}$

(E) $\frac{0.5427}{\sqrt{G \rho_0}} r_0$

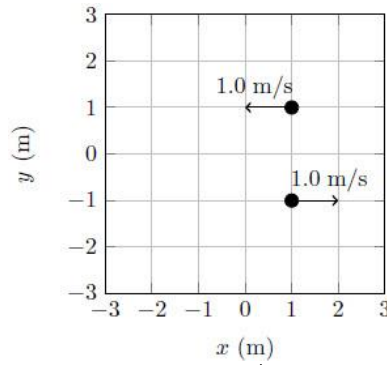
17. วัตถุมวลเท่ากันสองอันเชื่อมกันด้วยคานเบา และโคจรรอบดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง โดยคานมีความยาวระดับหนึ่ง แต่สั้นกว่ารัศมีวงโคจร ขณะโคจร คานจะอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับดาวเคราะห์เสมอ

- มีแรงเกิดขึ้นที่คานหรือไม่ ? ถ้ามีจะเป็นแรงดึงหรือแรงอัด ?
- จะเกิดสภาวะสมดุลเสถียร ไม่เสถียร หรือตามธรรมชาติ เมื่อมีการรบกวนการทำมุมของคานเพียงเล็กน้อย ? (การรบกวนในที่นี้ คือ การรบกวนการรักษาอัตราการหมุนที่ทำให้คานยังคงตั้งฉากกับดาวเคราะห์)



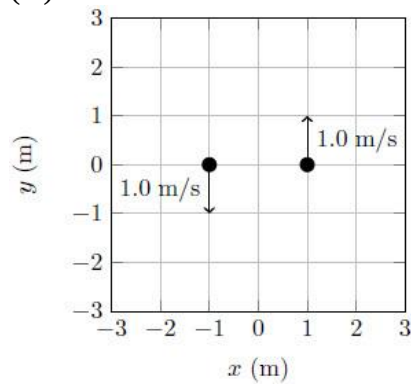
- (A) ไม่มีแรงใดเกิดขึ้น และมีสภาวะสมดุลตามธรรมชาติ
- (B) มีแรงดึงเกิดขึ้น และมีสภาวะสมดุลเสถียร
- (C) มีแรงอัดเกิดขึ้น และมีสภาวะสมดุลเสถียร
- (D) มีแรงดึงเกิดขึ้น และมีสภาวะสมดุลไม่เสถียร
- (E) มีแรงอัดเกิดขึ้น และมีสภาวะสมดุลไม่เสถียร

18. อนุภาคมวล 1 kg สองอัน มีสถานะเริ่มต้น ดังรูป

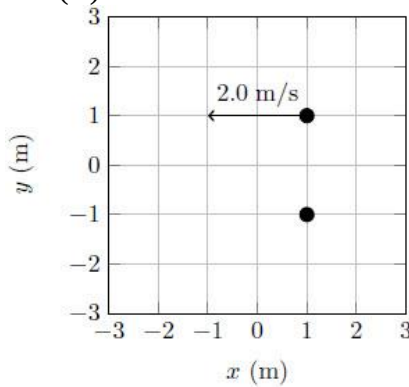


ถ้ามีเฉพาะแรงภายใน แล้วข้อใดแสดงสถานะหลังผ่านไประยะหนึ่งได้ถูกต้องที่สุด

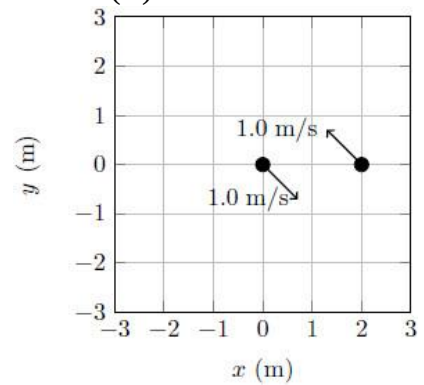
(A)



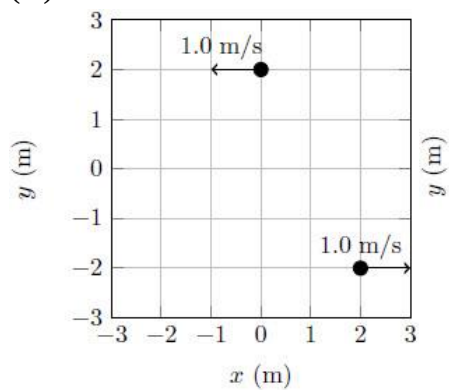
(B)



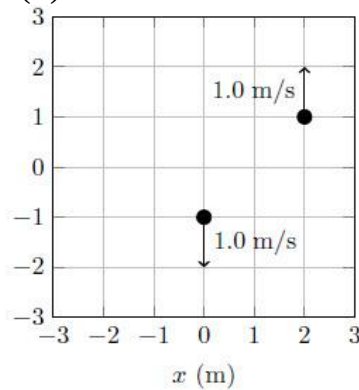
(C)



(D)



(E)



ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 19, 20 และ 21

การทดสอบลูกตุ้มอย่างง่าย ประกอบด้วย ลูกตุ้มมวล m ที่ยึดกับแกนหมุนด้วยแท่งเบายาว L ภายใต้สนามโน้มถ่วงคงที่ ลูกตุ้มที่เดิมอยู่นิ่งจะถูกปล่อยลงมาจากมุม $\theta_0 < \pi/2$ กับแนวเดิม และคาบของการแกว่งคือ T_0 โดยไม่คำนึงถึงแรงต้านอากาศและแรงเสียดทาน

19. ขณะที่ลูกตุ้มแกว่ง มุม θ_g ใด ที่ทำให้เกิดแรงตึงที่แท่งยึดลูกตุ้มมากที่สุด

- (A) แรงตึงมากที่สุดที่ $\theta_g = \theta_0$
- (B) แรงตึงมากที่สุดที่ $\theta_g = 0$
- (C) แรงตึงมากสุดในช่วง $0 < \theta_g < \theta_0$
- (D) แรงตึงคงที่
- (E) ไม่ข้อใดถูกต้อง เพราะ $0 < \theta_0 < \pi/2$

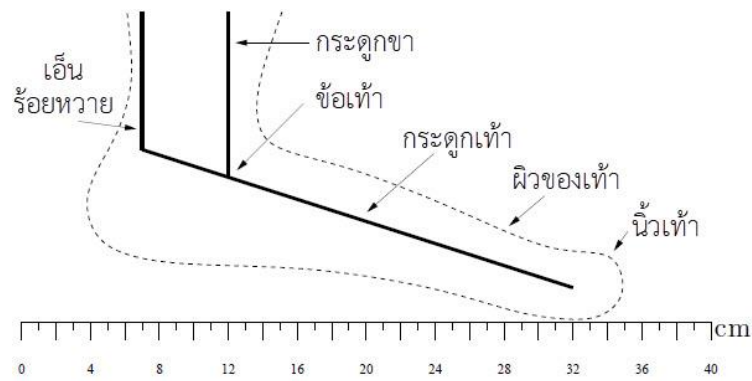
20. แรงดึงมากที่สุดที่แท่งยึดลูกตุ้ม จะมีค่าเท่าใด

- (A) mg
- (B) $2mg$
- (C) $mL \theta_0/T_0^2$
- (D) $mg \sin \theta_0$
- (E) $mg(3 - 2 \cos \theta_0)$

21. ถ้าทำการทดลองใหม่ด้วยแท่งยึดลูกตุ้มยาว $4L$ โดยใช้มุมเดิมคือ θ_0 จะได้คาบของการแกว่งคือ T แล้วข้อความใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง

- (A) $T = 2T_0$ โดยไม่คำนึงถึง θ_0
- (B) $T > 2T_0$ โดย $T \approx 2T_0$ ถ้า $\theta_0 \ll 1$
- (C) $T < 2T_0$ โดย $T \approx 2T_0$ ถ้า $\theta_0 \ll 1$
- (D) $T > 2T_0$ ในบาง θ_0 และ $T < 2T_0$ ในบาง θ_0
- (E) ไม่สามารถหาค่า T และ $2T_0$ ได้ เพราะไม่ใช่การแกว่งแบบมีคาบ (ยกเว้นกรณี $\theta_0 \ll 1$)

22. กำหนดภาพจำลองแท่งมนุษย์ ดังรูป ถ้านักเรียนมวล $m = 60 \text{ kg}$ ยืนด้วยนิ้วเท้าเดียว แล้วแรงดึง T ในเอ็นร้อยหวายควรเท่ากับข้อใด



- (A) $T = 600 \text{ N}$
- (B) $T = 1200 \text{ N}$
- (C) $T = 1800 \text{ N}$
- (D) $T = 2400 \text{ N}$
- (E) $T = 3000 \text{ N}$

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 23 และ 24

คนมวล m กระโดดบันจี้จัมลงมาจากสะพานสูง ได้ระยะตกสูงสุด H จากนั้นเชือกจะหน่วงให้เขาอยู่นิ่งชั่วขณะก่อนที่จะดีกลับขึ้นไป ให้เชือกมีความยืดหยุ่นสมบูรณ์ ตามกฎแรงของฮุก (Hooke's force law) มีค่านิจสปริง k และสามารถยืดจากความยาวเดิม L_0 ถึง $L = L_0 + h$ ได้ และแรงดึงสูงสุดในเส้นเชือกจะเท่ากับสี่เท่าของน้ำหนักคน

23. ค่านิจสปริงควรมีค่าเท่าใด

(A) $k = \frac{mg}{h}$

(B) $k = \frac{2mg}{h}$

(C) $k = \frac{mg}{H}$

(D) $k = \frac{4mg}{H}$

(E) $k = \frac{8mg}{H}$

24. จงหาระยะยี่ดสูงสุดของเชือก h

(A) $h = \frac{1}{2}H$

(B) $h = \frac{1}{4}H$

(C) $h = \frac{1}{5}H$

(D) $h = \frac{2}{5}H$

(E) $h = \frac{1}{8}H$

25. ก้อนหิน W เลื่อนลงมาจากพื้นเอียง 30° ด้วยอัตราเร็วคงที่ ภายใต้แรงโน้มถ่วงและแรงเสียดทาน ถ้าเพิ่มแรง P กระทำกับก้อนในแนวนอนจะทำให้ก้อนเคลื่อนที่ขึ้นด้วยอัตราเร็วคงที่ แล้วขนาดของ P ควรเท่ากับข้อใด

- (A) $P = W/2$
- (B) $P = 2W/\sqrt{3}$
- (C) $P = W$
- (D) $P = \sqrt{3}W$
- (E) $P = 2W$