

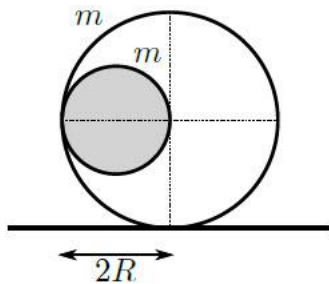
ข้อสอบ  $F = ma$  สำหรับการคัดเลือกรอบแรกโครงการฟิสิกส์โอลิมปิกประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นลิขสิทธิ์ของสมาพันธ์ครูฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมฟิสิกส์ไทยได้รับอนุญาตให้แปลและเผยแพร่แก่บุคคลทั่วไปได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในข้อสอบหรือเฉลย ไม่ว่าหน้าใดหน้าหนึ่งหรือทั้งหมด ไปทำซ้ำหรือดัดแปลง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1. ขี้อมอเตอร์ไซค์ไต่รอบถึงทรงกลมขนาดใหญ่ ถ้าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างยางมอเตอร์ไซค์กับผนัง คือ  $\mu$  แล้ว  $\mu$  น้อยสุดที่ทำให้มอเตอร์ไซค์ไม่หล่นลงไปเท่ากับข้อใด
- ตอบในรูป  $\mu$  ที่แปรผันกับอัตราเร็ว  $s$  ของมอเตอร์ไซค์
- (A)  $\mu \propto s^0$   
(B)  $\mu \propto s^{-1/2}$   
(C)  $\mu \propto s^{-1}$   
(D)  $\mu \propto s^{-2}$   
(E) ไม่มีข้อใดถูก

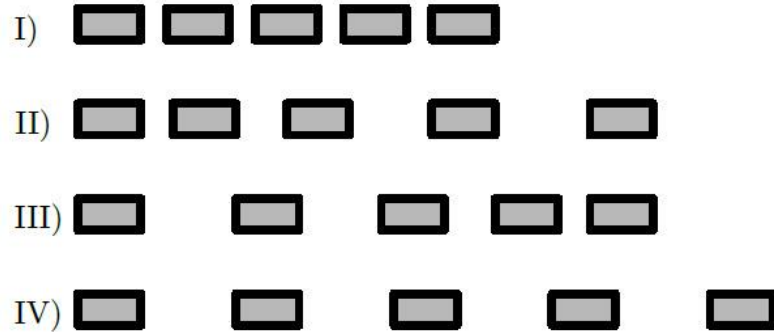
- 
2. มวล  $m$  ถูกแขวนด้วยสปริงเบาที่ติดอยู่เพดานภายในของกล่องมวล  $M$  ขณะกล่องอยู่นิ่งระบบสปริงจะสั้นในแนวตั้งด้วยความถี่เชิงมุม  $\omega$  ถ้าปล่อยกล่องให้ตกลงอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วง แล้วความถี่เชิงมุมจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- (A)  $\omega$  จะไม่เปลี่ยนแปลง
  - (B)  $\omega$  จะเพิ่มขึ้น
  - (C)  $\omega$  จะลดลง
  - (D) การสั่นจะไม่เกิดขึ้น ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว
  - (E)  $\omega$  จะเปลี่ยนแปลง โดยขึ้นกับมวล  $M$  และ  $m$

3. ลูกบอลเล็กรัศมี  $R$  มวล  $m$  ถูกใส่เข้าไปในบอลใหญ่เปลือกบางที่มีมวลเท่ากัน แต่มีรัศมี  $2R$  ให้ตอนแรกลูกบอลเล็กอยู่ที่ผิวด้านข้างของลูกบอลใหญ่ และยังไม่เสียดสีกับพื้นในแนวนอน จากนั้นปล่อยลูกบอลเล็กให้กลิ้งภายในบอลใหญ่ จนหยุดที่ด้านล่างของลูกบอลใหญ่ แล้วลูกบอลใหญ่จะกลิ้งไปได้เท่าไร จากจุดเริ่มต้นที่สัมผัสพื้น



- (A)  $R$
- (B)  $R/2$
- (C)  $R/4$
- (D)  $3R/8$
- (E)  $R/8$

4. รถแบบเดียวกันหลายคันกำลังติดไฟแดงบนถนนหนึ่งเลน ซึ่งจอดต่อกันเป็นแถวเดียว และมีระยะห่างระหว่างคันเท่ากัน เมื่อขึ้นไฟเขียว รถคันแรกไปทิศขวาด้วยความเร่งคงที่ แล้วรถคันที่สองก็วิ่งแบบเดียวกันใน 0.2 วินาที ให้หลัง และรถคันถัดไปก็จะวิ่งอย่างเดียวกัน ถ้ารถทุกคันเร่งความเร็ว จนมีอัตราเร็ว 45 km/hr จากนั้นวิ่งไปทิศขวาด้วยอัตราเร็วคงที่ พิจารณาการเรียงแถวของรถยนต์ ตามรูป



ก่อนที่รถคันแรกจะเริ่มเร่งไปทิศขวา รถทั้งหมดจะเรียงแถวตามรูป I. แล้วลำดับการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดจะเป็นไปตามข้อใด

- (A) เปลี่ยนจาก I ไป II ไป III  
 (B) เปลี่ยนจาก I ไป II ไป IV  
 (C) เปลี่ยนจาก I ไป IV ไม่มี II และ III  
 (D) เปลี่ยนจาก I ไป II  
 (E) เปลี่ยนจาก I ไป III

---

5. ยิงปืนด้วยอัตราเร็ว  $v_0$  ออกจากขอบหน้าผาสูง  $h$  ทำมุม  $\theta$  กับแนวนอน โดยไม่คำนึงถึงแรงต้านอากาศ จงหา  $\theta$  ที่ทำให้กระสุนพุ่งออกไปในแนวราบได้ไกลที่สุด

(A)  $45^\circ < \theta < 90^\circ$

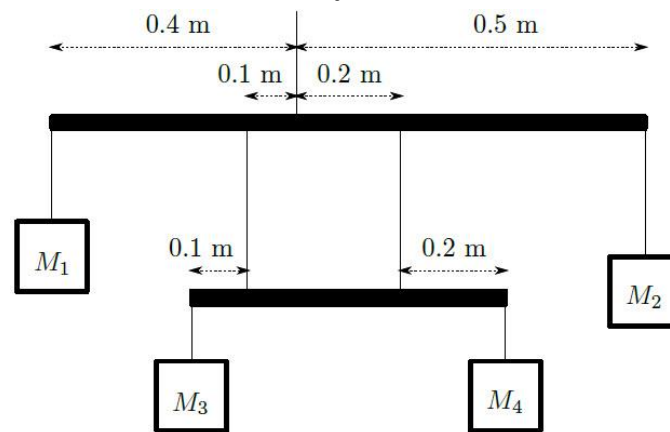
(B)  $\theta = 45^\circ$

(C)  $0^\circ < \theta < 45^\circ$

(D)  $\theta = 0^\circ$

(E)  $\theta < 45^\circ$  หรือ  $45^\circ < \theta$  ขึ้นกับค่า  $h$  และ  $v_0$

6. กำหนดคานสองคาน มีเชือกเบา 7 เส้น ผู้ก้อยู่ในตำแหน่งต่างๆ ดังรูป ถ้ามวลของวัตถุ  $M_1 = 400$  g,  $M_2 = 200$  g และ  $M_4 = 500$  กรัม แล้วมวล  $M_3$  มีค่าเท่าใด เมื่อคานอยู่ในสภาวะสมดุล



- (A) 300 g
- (B) 400 g
- (C) 500 g
- (D) 600 g
- (E) 700 g

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 7 และ 8

รถไฟเดิมมีมวล  $M$  เคลื่อนที่ไปตามแนวราบโดยไม่มีแรงเสียดทาน และมีอัตราเร็วคงที่ เมื่อหิมะเริ่มตกลงมาเกาะรถไฟด้วยอัตรา  $\rho$  โดย  $\rho$  มีหน่วย  $\text{kg/s}$  ซึ่งรถไฟจะต้องรักษาระดับอัตราเร็ว  $v$  ให้คงที่ แม้จะมีหิมะเกาะสะสมอยู่บนรถไฟ

7. พลังงานจลน์ของรถไฟและหิมะเพิ่มขึ้นในอัตราเท่าใด

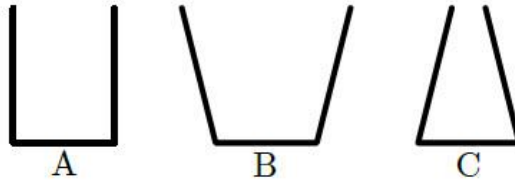
- (A) 0
- (B)  $Mgv$
- (C)  $\frac{1}{2}Mv^2$
- (D)  $\frac{1}{2}\rho v^2$
- (E)  $\rho v^2$

8. กำลังต่ำสุดที่รถไฟต้องใช้รักษาระดับอัตราเร็ว  $v$  ให้คงที่ เท่ากับข้อใด

- (A) 0
- (B)  $Mgv$
- (C)  $\frac{1}{2}Mv^2$
- (D)  $\frac{1}{2}\rho v^2$
- (E)  $\rho v^2$

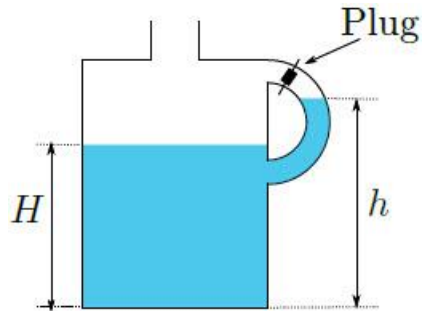


9. ขวด A, B และ C มีฐานเป็นวงกลมรัศมี 2 cm เหมือนกัน ถ้าเทน้ำที่มีปริมาณเท่ากัน ลงในขวดแต่ละใบ โดยไม่ให้มีน้ำล้นออกมา จงเรียงลำดับ แรง  $F$  ที่น้ำกระทำกับฐานของขวดจากมากไปหาน้อย



- (A)  $F_A > F_B > F_C$   
 (B)  $F_A > F_C > F_B$   
 (C)  $F_B > F_C > F_A$   
 (D)  $F_C > F_A > F_B$   
 (E)  $F_A = F_B = F_C$

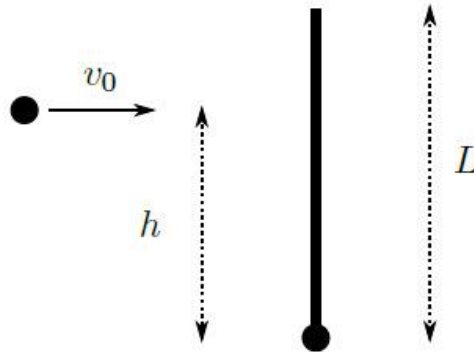
10. หูจับแก๊สของนม มี Plug อุดอยู่เนื่องจากข้อผิดพลาดในการผลิต หลังจากเปิดฝาแล้วเทนมบางส่วนออกมา นมที่อยู่ในแก๊สจะอยู่ต่ำกว่านมที่อยู่ในหูจับ ตามรูปข้อใดเป็นจริงเกี่ยวกับความดันเกจ  $P$  ของนมที่ฐานด้านล่างของแก๊ส เมื่อ  $\rho$  คือ ความหนาแน่นของนม



- (A)  $P = \rho gh$
- (B)  $P = \rho gH$
- (C)  $\rho gH < P < \rho gh$
- (D)  $P > \rho gh$
- (E)  $P < \rho gH$

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 11 และ 12

ทรงกลมตันขนาดเล็กมวล  $m$  รัศมีเล็กมาก เชื่อมกับคานบางยาว  $L$  มีมวล  $2m$  และทรงกลมตันขนาดเล็กอันที่สองมวล  $M$  มีรัศมีเล็กมาก ถูกยิงในแนวตั้งฉากกับคานบางเหนือทรงกลมตันแรกเป็นระยะ  $h$  ดังรูป



11. ถ้าไม่ต้องการให้คานหมุนหลังเกิดการชน ทรงกลมตันที่สองควรพุ่งชนที่ตำแหน่งใด

- (A)  $h = 0$
- (B)  $h = L/3$
- (C)  $h = L/2$
- (D)  $h = L$
- (E) จุดใดก็ได้ บน  $L$

12. ถ้าไม่ต้องการให้คานหมุนหลังเกิดการชน ทรงกลมตันที่สองควรมีมวล  $M$  เท่าใด
- (A)  $M = m$
  - (B)  $M = 1.5m$
  - (C)  $M = 2m$
  - (D)  $M = 3m$
  - (E)  $M$  มีมวลเท่าใดก็ได้

---

13. เชือกเบาคล้องผ่านรอกที่ไม่มีความฝืด วัตถุมวล  $M$  และ  $M + m$  ถูกแขวนที่ปลายเชือกแต่ละด้าน ถ้า  $m = 0$  แล้วแรงดึงเชือก  $T$  เท่ากับ  $Mg$  แล้วกรณีที่เพิ่มค่า  $m$  ถึงอนันต์ แรงดึงเชือกจะเปลี่ยนไปอย่างไร

- (A) คงที่
- (B) ลดลง และเข้าใกล้ค่าคงที่ที่ไม่ใช่ศูนย์
- (C) ลดลง และเข้าใกล้ 0
- (D) เพิ่มขึ้น และเข้าใกล้ค่าคงที่ค่าหนึ่ง
- (E) เพิ่มขึ้น และมีค่าเป็นอนันต์

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 14 และ 15

กำหนดให้ วัตถุจากจุดหนึ่งกลิ้งลงบนพื้นลาดเอียงโดยไม่ไถล

14. ถ้าวัตถุในแต่ละข้อมีมวล  $M$  รัศมี  $R$  เหมือนกัน แล้วข้อใดมีอัตราเร่งมากที่สุด ขณะกลิ้งลงมา

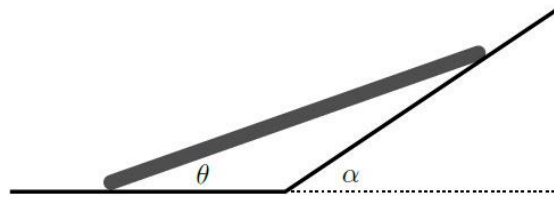
- (A) ทรงกลมตัน
- (B) แผ่นกลม
- (C) ทรงกลมกลวง
- (D) ห่วง
- (E) ทุกข้อมีอัตราเร่งเท่ากัน

---

15. ถ้าวัตถุในแต่ละข้อเป็นทรงกลมสม่ำเสมอ ที่เดิมอยู่นิ่งและถูกปล่อยออกเหมือนกัน แล้วข้อใดจะมีอัตราเร็วมากที่สุด หลังจุดศูนย์กลางมวลเคลื่อนที่ตามแนวตั้งไปได้ระยะ  $h$  แล้ว

- (A) ทรงกลมมวล  $M$  รัศมี  $R$
- (B) ทรงกลมมวล  $2M$  รัศมี  $\frac{1}{2}R$
- (C) ทรงกลมมวล  $M/2$  รัศมี  $2R$
- (D) ทรงกลมมวล  $3M$  รัศมี  $3R$
- (E) ทุกข้อมีอัตราเร็วเท่ากัน

16. ไม้ท่อนหนึ่งถูกวางพาดกับผนังเอียง ดังรูป ถ้าส่วนปลายของไม้ที่สัมผัสพื้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v$  แล้วอัตราเร็วส่วนปลายที่สัมผัสกับผนังจะมีค่าเท่ากับข้อใด



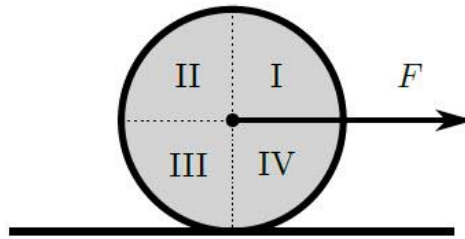
- (A)  $v \frac{\sin \theta}{\cos(\alpha - \theta)}$   
 (B)  $v \frac{\sin(\alpha - \theta)}{\cos(\alpha + \theta)}$   
 (C)  $v \frac{\cos(\alpha - \theta)}{\sin(\alpha + \theta)}$   
 (D)  $v \frac{\cos \theta}{\cos(\alpha - \theta)}$   
 (E)  $v \frac{\sin \theta}{\cos(\alpha + \theta)}$



17. วัตถุถูกขว้างลงมาในแนวดิ่งจากอาคารสูง 180 เมตร ถ้าผ่านไป 1.0 วินาที วัตถุเคลื่อนที่ได้ 60 เมตร แล้วอัตราเร็วต้นของวัตถุที่ขว้างลงมาเท่ากับข้อใด

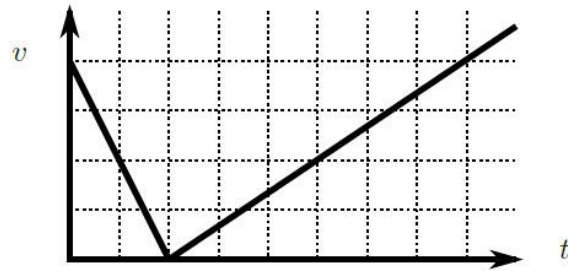
- (A) 15 m/s
- (B) 25 m/s
- (C) 35 m/s
- (D) 55 m/s
- (E) ข้อมูลไม่เพียงพอ

18. แผ่นกลมถูกดึงด้วยแรง  $F$  ผ่านเชือกที่ยึดกับจุดศูนย์กลางมวล ดังรูป สมมุติว่า แผ่นกลมกลิ้งโดยไม่มีการไถล ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ พื้นที่ใดที่มีความเร่งเป็นศูนย์ (ถ้ามี)



- (A) พื้นที่ I
- (B) พื้นที่ II
- (C) พื้นที่ III
- (D) พื้นที่ IV
- (E) ทุกจุดบนแผ่นกลมมีความเร่ง

19. ลูกชอกกี้ถูกตีขึ้นทางลาดที่ทำมุม  $30^\circ$  กับแนวนอน ได้กราฟอัตราเร็วของลูกชอกกี้กับเวลา ดังรูป แล้วค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างลูกชอกกี้กับทางลาดเท่ากับข้อใด



- (A) 0.07
- (B) 0.15
- (C) 0.22
- (D) 0.29
- (E) 0.37

---

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 20, 21 และ 22

วัตถุมวล  $m$  เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว  $v_0$  ชนกับวัตถุมวล  $M$  ซึ่งเดิมอยู่นิ่ง จะได้สัดส่วนการถ่ายโอนโมเมนตัม  $f$  คือ  
ค่าสัมบูรณ์ของโมเมนตัมสุดท้ายของ  $M$  หารด้วยโมเมนตัมเริ่มต้นของ  $m$

20. ถ้าการชนนั้นไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ แล้วเงื่อนไขในข้อใด ที่ทำให้สัดส่วนการถ่ายโอนโมเมนตัมของสองวัตถุ มีค่ามากที่สุด

- (A)  $m/M \ll 1$
- (B)  $0.5 < m/M < 1$
- (C)  $m = M$
- (D)  $1 < m/M < 2$
- (E)  $m/M \gg 1$

21. ถ้าการชนนั้นยืดหยุ่นสมบูรณ์ แล้วสัดส่วนการถ่ายโอนโมเมนตัมที่มีค่ามากที่สุด ที่เป็นไปได้  $f_{\max}$  มีค่าเท่าใด

(A)  $0 < f_{\max} < \frac{1}{2}$

(B)  $f_{\max} = \frac{1}{2}$

(C)  $\frac{1}{2} < f_{\max} < \frac{3}{2}$

(D)  $f_{\max} = 2$

(E)  $f_{\max} \geq 3$

---

22. สัดส่วนการถ่ายโอนพลังงาน คือ ค่าสัมบูรณ์ของพลังงานจลน์สุดท้ายของ  $M$  หารด้วยพลังงานจลน์เริ่มต้นของ  $m$  ถ้าการชนนั้นยืดหยุ่นสมบูรณ์ แล้วเงื่อนไขในข้อใด ที่ทำให้สัดส่วนการถ่ายโอนพลังงานของสองวัตถุ มีค่ามากที่สุด

- (A)  $m/M \ll 1$
- (B)  $0.5 < m/M < 1$
- (C)  $m = M$
- (D)  $1 < m/M < 2$
- (E)  $m/M \gg 1$

---

23. สปริงขณะยังไม่ถูกดึงยาว 1.0 เมตร เมื่อยืดสปริงให้ยาว 10 เมตร การสั่นของคลื่นจากปลายหนึ่งไปสู่อีกปลายใช้เวลา 1.0 วินาที ถ้ายืดสปริงให้ยาว 20 เมตร แล้วเวลาที่ใช้ในการสั่นของคลื่นจากปลายหนึ่งไปสู่อีกปลาย จะมีค่าใกล้เคียงกับข้อใด

- (A) 0.5 วินาที
- (B) 0.7 วินาที
- (C) 1 วินาที
- (D) 1.4 วินาที
- (E) 2 วินาที

24. บอลมวล  $m$  เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว  $v$  ชนกับสปริงเบาที่มีค่านิจสปริง  $k$  โดยสปริงติดอยู่กับกล่องนิ่งมวล  $M$  ในอวกาศ ถ้าการชนไม่มีการสูญเสียพลังงานเชิงกล และระบบไม่เกิดการหมุน แล้วระยะหดมากที่สุดของสปริง  $x$  มีค่าเท่ากับข้อใด

(A)  $x = v\sqrt{\frac{mM}{(m+M)k}}$

(B)  $x = v\sqrt{\frac{m}{k}}$

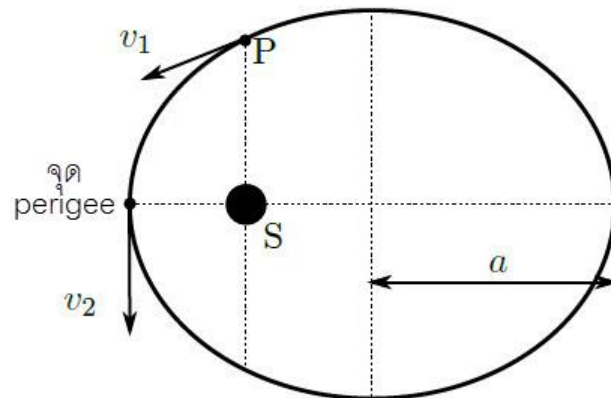
(C)  $x = v\sqrt{\frac{M}{k}}$

(D)  $x = v\sqrt{\frac{m+M}{k}}$

(E)  $x = v\sqrt{\frac{(m+M)^3}{mMk}}$



25. ดาวเคราะห์ดวงหนึ่งโคจรรอบดาวฤกษ์  $S$  ดังรูป ให้ระยะครึ่งแกนเอกถึงวงโคจร เท่ากับ  $a$  และ ระยะที่สั้นที่สุดระหว่างดาวเคราะห์กับดาวฤกษ์ มีค่าเท่า  $0.5a$  ถ้าดาวเคราะห์เคลื่อนผ่านไป จุด  $P$  (จุดบนเส้นตรงที่ผ่านดาวฤกษ์  $S$  และตั้งฉากกับแกนเอก) ด้วยอัตราเร็ว  $v_1$  แล้วอัตราเร็ว  $v_2$  ขณะผ่านจุด perigee มีค่าเท่ากับข้อใด



- (A)  $v_2 = \frac{3}{\sqrt{5}} v_1$   
 (B)  $v_2 = \frac{3}{\sqrt{7}} v_1$   
 (C)  $v_2 = \frac{2}{\sqrt{3}} v_1$   
 (D)  $v_2 = \frac{\sqrt{7}}{\sqrt{3}} v_1$   
 (E)  $v_2 = 4v_1$