

ภาคผนวก ก

แบบประเมินความเข้าใจในแนวคิดหลัก เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

**(Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE)**

**แบบประเมินความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่\***  
(Force and Motion Conceptual Evaluation)

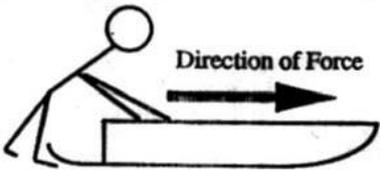
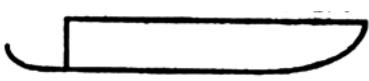
**คำสั่ง:**

- อย่าเขียนคำตอบหรือข้อความใด ๆ ลงในกระดาษคำถามนี้
- ให้เขียนตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องที่สุด ลงในช่องว่างของกระดาษคำตอบ
- คำถามมี 43 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที เสร็จแล้วคืนทั้งกระดาษคำถามและกระดาษคำตอบ

◆-----◆

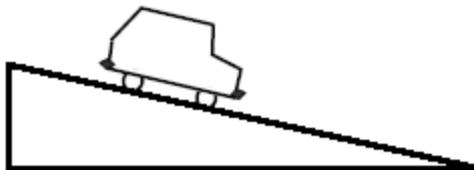
คำถามข้อ 1 – 7 เลื่อนน้ำแข็งเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งซึ่งแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด คนใส่รองเท้าที่พื้นรองเท้ามีปุ่มแหลม ๆ สามารถยืนบนน้ำแข็งและออกแรงเพื่อดันเลื่อนให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นน้ำแข็งได้ จงเลือกแรงหนึ่งแรง (จาก A ถึง G) ที่กระทำต่อเลื่อน ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเลื่อนในแต่ละข้อ (1 – 7)

\* ตัวเลือกแต่ละตัวสามารถใช้ได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ ถ้าคิดว่าไม่มีข้อใดถูกให้ตอบตัวเลือก J

	<p>A. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น</p> <p>B. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดคงตัว</p> <p>C. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่กำลังลดลง</p>
	<p>D. ไม่จำเป็นต้องมีแรงกระทำ</p>
	<p>E. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดที่กำลังลดลง</p> <p>F. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดคงตัว</p> <p>G. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น</p>

- \_\_\_\_\_ 1. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- \_\_\_\_\_ 2. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว
- \_\_\_\_\_ 3. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- \_\_\_\_\_ 4. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- \_\_\_\_\_ 5. เลื่อนถูกดันให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง จนกระทั่งมีความเร็วขนาดหนึ่ง ไปทางขวา แรงใดที่จะทำให้เลื่อนยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วนี้
- \_\_\_\_\_ 6. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอและมีความเร่งไปทางขวา
- \_\_\_\_\_ 7. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

คำถามข้อ 8 – 10 ผลักส่งรถของเล่นอย่างรวดเร็วแล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียง ทำให้รถเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงไปจนถึงตำแหน่งสูงสุดและเคลื่อนที่กลับลงมาอีก **แรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด**



ให้เลือกตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G) เพื่อแสดงแรงสุทธิที่กระทำต่อรถหลังจากรถหลุดออกจากมือแล้ว ตามที่บรรยายในแต่ละข้อข้างล่าง (8 – 10) ถ้าคิดว่าไม่มีตัวเลือกใดถูกให้ตอบตัวเลือก J

- |  |  |
|--|--|
| <input type="radio"/> A แรงสุทธิคงตัว ทิศลงตามพื้นเอียง                      | <input type="radio"/> E แรงสุทธิคงตัว ทิศขึ้นตามพื้นเอียง                      |
| <input type="radio"/> B แรงสุทธิที่มีขนาดกำลังเพิ่มขึ้น<br>ทิศลงตามพื้นเอียง | <input type="radio"/> D แรงสุทธิเป็นศูนย์                                      |
| <input type="radio"/> C แรงสุทธิมีขนาดกำลังลดลง<br>ทิศลงตามพื้นเอียง         | <input type="radio"/> F แรงสุทธิที่มีขนาดกำลังเพิ่มขึ้น<br>ทิศขึ้นตามพื้นเอียง |
|  | <input type="radio"/> G แรงสุทธิที่มีขนาดกำลังลดลง<br>ทิศขึ้นตามพื้นเอียง      |

\_\_\_\_\_ 8. รถกำลังเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงหลังจากหลุดออกจากมือ

\_\_\_\_\_ 9. รถอยู่ที่จุดสูงสุด

\_\_\_\_\_ 10. รถกำลังเคลื่อนที่ลงพื้นเอียง

คำถามข้อ 11 – 13 โยนเหรียญ ๆ หนึ่งขึ้นไปตรง ๆ หลังจากที่ยื่นเหรียญหลุดออกจากมือ เหรียญก็เคลื่อนที่ขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดแล้วตกกลับลงมาอีก ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G) เพื่อบอกว่าแรงใดกำลังกระทำต่อเหรียญในกรณีแต่ละข้อข้างล่าง (11 – 13) ถ้าคิดว่าไม่มีตัวเลือกใดถูกให้ตอบตัวเลือก J **ไม่ต้องคำนึงถึงผลเนื่องจากแรงต้านอากาศ**

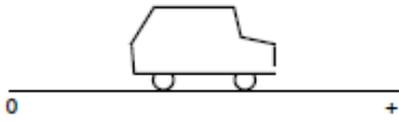
- A. แรงมีทิศลงและมีขนาดคงตัว
- B. แรงมีทิศลงและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- C. แรงมีทิศลงและมีขนาดที่กำลังลดลง
- D. แรงเป็นศูนย์
- E. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดคงตัว
- F. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- G. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดที่กำลังลดลง

\_\_\_\_\_ 11. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ขึ้นหลังจากที่หลุดออกจากมือ

\_\_\_\_\_ 12. เหรียญอยู่ที่จุดสูงสุด

\_\_\_\_\_ 13. เหรียญกำลังเคลื่อนที่

คำถามข้อ 14 – 21 รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือทางซ้ายได้ ตามเส้นตรงในแนวระดับ (บนด้านบวกของแกนอ้างอิงดังรูป) ให้ทิศทางมือคือทิศบวก

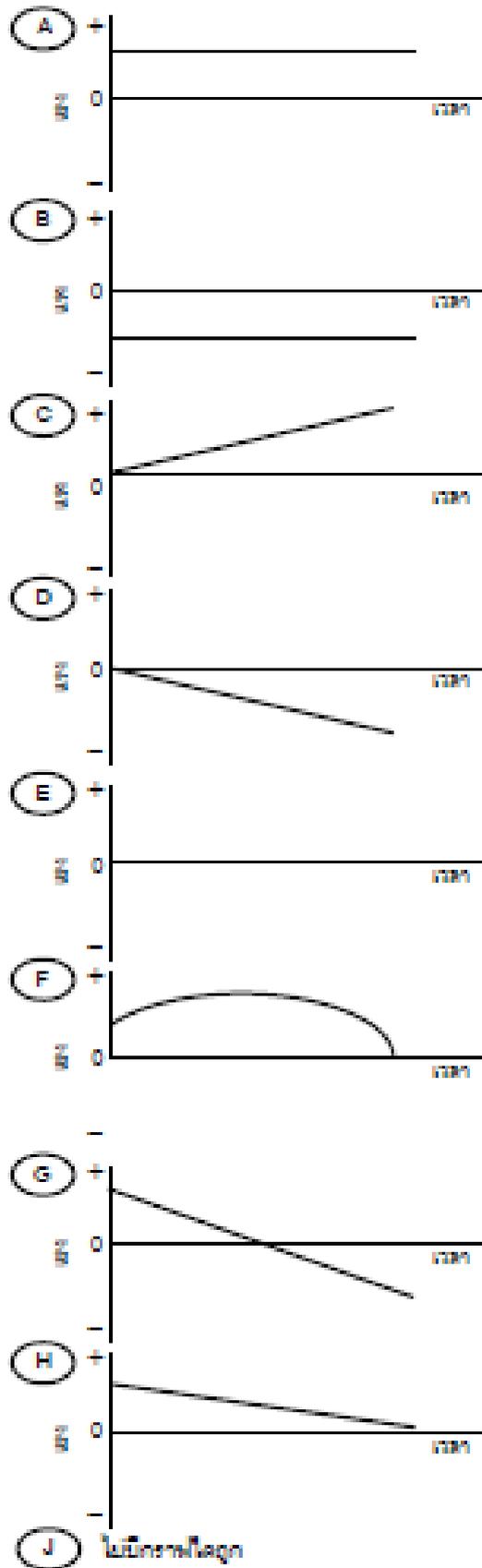


แรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด

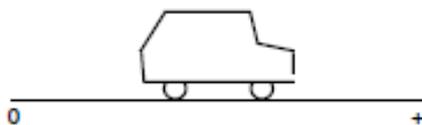
ให้เลือกกราฟของแรงสุทธิที่กระทำต่อรถยนต์กับเวลา (จาก A ถึง H) หนึ่งกราฟสำหรับข้อความแต่ละข้อข้างล่าง (14 – 21) ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของรถเป็นไปตามที่บรรยาย

\* กราฟแต่ละกราฟสามารถเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่เลือกเลยก็ได้ ถ้าคิดว่าไม่มีกราฟใดถูกให้เลือกข้อ J

- \_\_\_\_\_ 14. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา (หนึ่งห่างจากจุดกำเนิด) ด้วยความเร่งคงตัว
- \_\_\_\_\_ 15. รถอยู่นิ่ง
- \_\_\_\_\_ 16. รถเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- \_\_\_\_\_ 17. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (เข้าหาจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว
- \_\_\_\_\_ 18. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- \_\_\_\_\_ 19. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- \_\_\_\_\_ 20. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นแล้วเคลื่อนที่ช้าลง
- \_\_\_\_\_ 21. รถถูกดันไปทางขวาแล้วปล่อย กราฟใดบรรยาย แรงที่กระทำหลังจากที่รถถูกปล่อย

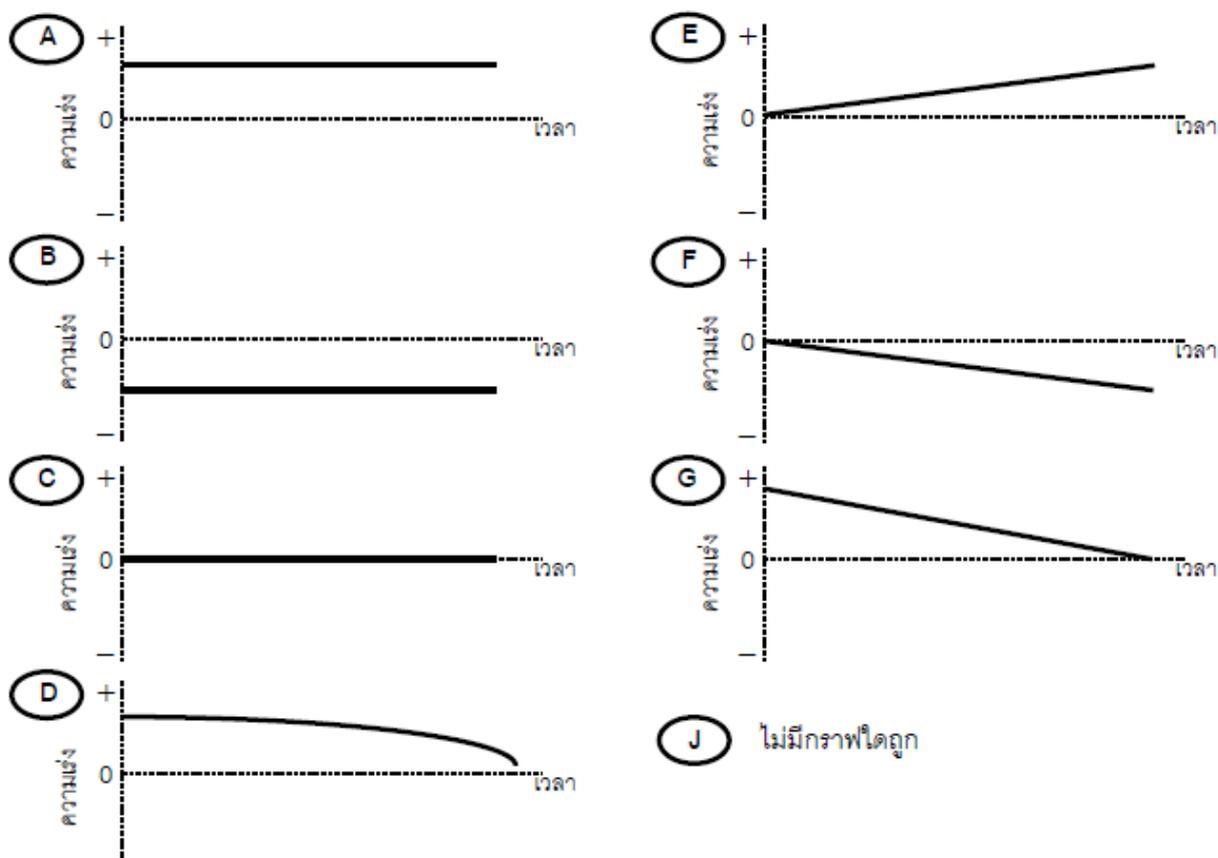


คำถามข้อ 22 – 26 รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือทางซ้ายได้ ตามเส้นตรงในแนวระดับ (บนด้านบนของแกนอ้างอิง ดังรูป) ให้ทีชขวามือคือทิศบวก



ให้เลือกกราฟความเร็ว-เวลา (จาก A ถึง G) ที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของรถที่บรรยายในแต่ละข้อข้างล่าง (22 – 26)

\* กราฟแต่ละกราฟสามารถเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่เลือกเลยก็ได้ ถ้าคิดว่าไม่มีกราฟใดถูกให้ตอบ ตัวเลือก J



- \_\_\_\_\_ 22. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา (หนีห่างจากจุดกำเนิด) โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ
- \_\_\_\_\_ 23. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ
- \_\_\_\_\_ 24. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (เข้าหาจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว
- \_\_\_\_\_ 25. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ
- \_\_\_\_\_ 26. รถเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว

คำถามข้อ 27 – 29 โยนเหรียญขึ้นไปตรง ๆ หลังจากที่เหรียญหลุดออกจากมือ เหรียญเคลื่อนที่ขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุด แล้วตกกลับลงมาอีก ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G) เพื่อบอกความเร่งของเหรียญในแต่ละกรณีที่บรรยายในข้อข้างล่าง (27 – 29) โดยให้ทิศขึ้นเป็นทิศบวก ถ้าคิดว่าไม่มีตัวเลือกใดถูกต้องให้ตอบตัวเลือก J

- A. ความเร่งมีทิศลบและมีขนาดคงตัว
- B. ความเร่งมีทิศลบและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- C. ความเร่งมีทิศลบและมีขนาดที่กำลังลดลง
- D. ความเร่งเป็นศูนย์
- E. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดคงตัว
- F. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- G. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดที่กำลังลดลง

\_\_\_\_\_ 27. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ขึ้นหลังจากหลุดออกจากมือ

\_\_\_\_\_ 28. เหรียญอยู่ที่จุดสูงสุด

\_\_\_\_\_ 29. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ลง

คำถามข้อ 30 – 34 เป็นการชนระหว่างรถยนต์และรถบรรทุก สำหรับการชนในแต่ละข้อ (30 – 34) ข้างล่าง ให้เลือกหนึ่งคำตอบจากตัวเลือก A ถึง J ซึ่งบรรยายแรงระหว่างรถยนต์และรถบรรทุกที่ถูกต้องที่สุด

- A. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ด้วยขนาดที่มากกว่าแรงที่รถยนต์กระทำต่อรถบรรทุก
- B. รถยนต์ออกแรงกระทำต่อรถบรรทุกด้วยขนาดที่มากกว่าแรงที่รถบรรทุกกระทำต่อรถยนต์
- C. รถทั้งสองไม่ได้ออกแรงกระทำต่อกันเลย รถยนต์ถูกชนเพราะว่ามันไปอยู่ขวางทางรถบรรทุก
- D. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ แต่รถยนต์ไม่ได้ออกแรงกระทำต่อรถบรรทุก
- E. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ด้วยขนาดเท่ากับแรงที่รถยนต์กระทำต่อรถบรรทุก
- F. ข้อมูลที่ให้มาไม่เพียงพอที่จะเลือกคำตอบข้อใดข้อหนึ่งจากข้างบนได้
- J. ไม่มีข้อใดถูก

ในคำถามข้อ 30 - 32 รถบรรทุกหนักกว่ารถยนต์มาก ๆ



\_\_\_\_\_ 30. รถทั้งคู่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันขณะที่ชนกัน

\_\_\_\_\_ 31. รถยนต์กำลังเคลื่อนที่เร็วกว่ารถบรรทุกมาก ๆ

\_\_\_\_\_ 32. รถบรรทุกอยู่นิ่งขณะที่รถยนต์เคลื่อนที่เข้าชน

ในคำถามข้อ 33 - 34 เปลี่ยน รถบรรทุกเป็นรถปิกอัพซึ่งมี



น้ำหนักเท่ากับรถยนต์

\_\_\_\_\_ 33. ทั้งรถปิกอัพและรถยนต์กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันขณะที่ชนกัน

\_\_\_\_\_ 34. รถปิกอัพอยู่นิ่งขณะที่รถยนต์เคลื่อนที่เข้าชน

คำถามข้อ 35 – 38 รถบรรทุกคันใหญ่ซึ่งจอดเสียอยู่บนถนน ถูกดันกลับเข้าเมืองด้วยรถยนต์เล็ก



ให้เลือกหนึ่งคำตอบจากตัวเลือก A ถึง J ที่บรรยายแรงระหว่างรถยนต์และรถบรรทุกในแต่ละสถานการณ์ (35 – 38) ได้ถูกต้อง

- A. แรงที่รถยนต์ดันรถบรรทุกมีขนาดเท่ากับแรงที่รถบรรทุกดันรถยนต์กลับ
- B. แรงที่รถยนต์ดันรถบรรทุกมีขนาดน้อยกว่าแรงที่รถบรรทุกดันรถยนต์กลับ
- C. แรงที่รถยนต์ดันรถบรรทุกมีขนาดมากกว่าแรงที่รถบรรทุกดันรถยนต์กลับ
- D. เนื่องจากรถยนต์ติดเครื่องอยู่ดังนั้นรถยนต์จึงออกแรงกระทำต่อรถบรรทุก แต่เพราะเครื่องยนต์รถบรรทุกดับอยู่ รถบรรทุกจึงไม่สามารถออกแรงดันรถยนต์กลับได้
- E. รถทั้งสองไม่ได้ออกแรงกระทำซึ่งกันและกันเลย รถบรรทุกถูกดันไปข้างหน้าเพราะว่ามันไปอยู่ขวางทางรถยนต์
- J. ไม่มีข้อใดถูก

\_\_\_\_\_ 35. รถยนต์กำลังดันรถบรรทุกแต่ไม่สามารถทำให้รถบรรทุกเคลื่อนที่ได้

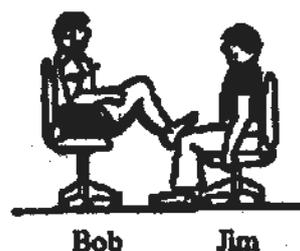
\_\_\_\_\_ 36. ขณะที่รถยนต์กำลังดันรถบรรทุก รถยนต์กำลังเร่งเครื่องเร็วขึ้นเพื่อให้ได้อัตราเร็วที่ต้องการแล่น

\_\_\_\_\_ 37. รถยนต์ซึ่งกำลังดันรถบรรทุกกำลังแล่นด้วยอัตราเร็วที่ต้องการและยังคงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยอัตราเร็วเดิม

\_\_\_\_\_ 38. รถยนต์ซึ่งกำลังดันรถบรรทุกกำลังแล่นด้วยอัตราเร็วที่ต้องการอยู่ขณะที่คนขับรถบรรทุกเหยียบเบรกและทำให้ รถยนต์เคลื่อนที่ช้าลง

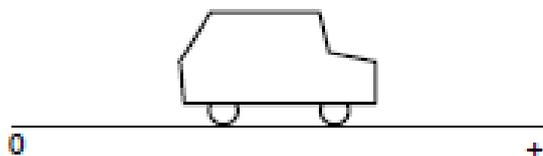
\_\_\_\_\_ 39. นักเรียนสองคนนั่งอยู่บนเก้าอี้สำนักงานที่เหมือนกันทุก

ประการและหันหน้าเข้าหากัน บ็อบมีมวล 95 kg ขณะที่จิมมีมวล 77 kg บ็อบวางเท้าเปล่าของเขามนเข้าของจิมดังที่แสดงให้เห็นในรูปด้านขวามือ บ็อบดันเท้าของเขาออกไปทันทีทันใดทำให้เก้าอี้ทั้งสองเลื่อน ในขณะที่เท้าของบ็อบยังแตะอยู่กับหัวเข่าของจิม ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อถูกต้อง



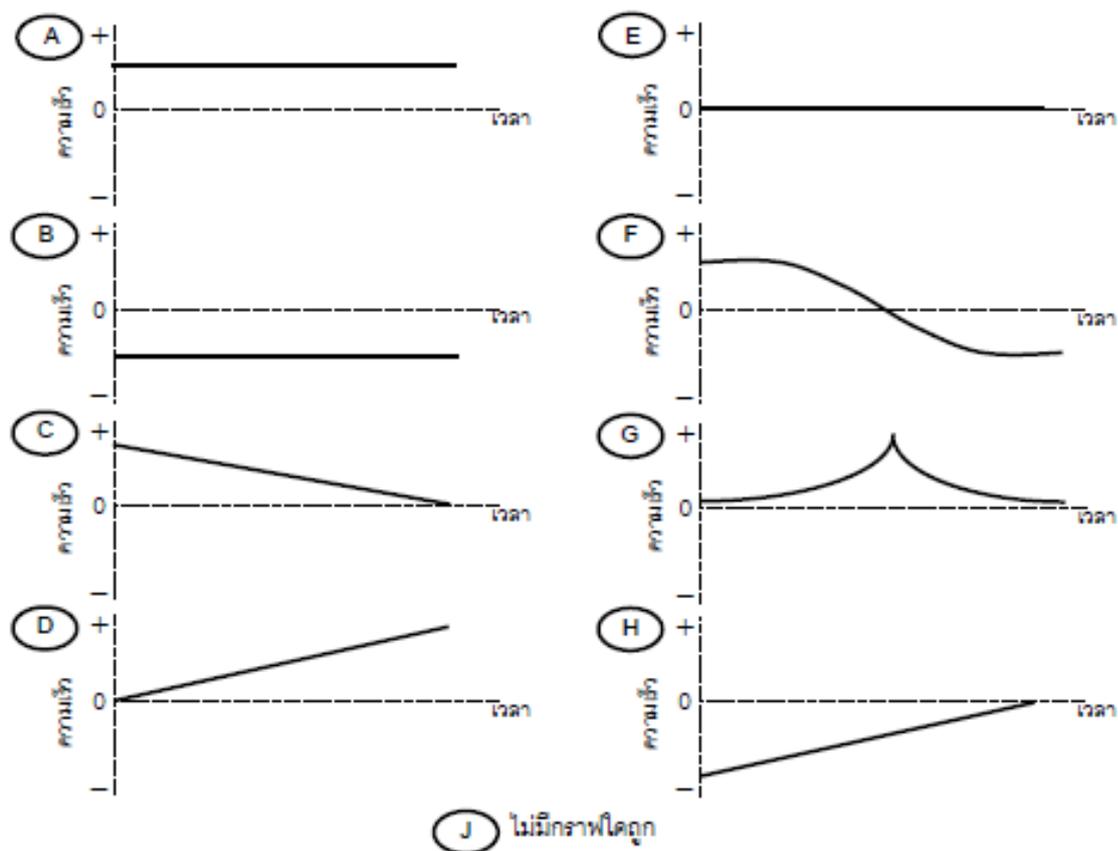
- A. นักเรียนทั้งสองไม่ได้ออกแรงกระทำต่อกันเลย
- B. บ็อบออกแรงทำต่อจิม แต่จิมไม่ได้ออกแรงใด ๆ ทำต่อบ็อบเลย
- C. นักเรียนแต่ละคนต่างออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน แต่จิมออกแรงมากกว่า
- D. นักเรียนแต่ละคนต่างออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน แต่บ็อบออกแรงมากกว่า
- E. นักเรียนแต่ละคนออกแรงขนาดเท่ากันกระทำต่อกันและกัน
- J. ไม่มีข้อใดถูก

คำถามข้อ 40 – 43 รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือซ้าย ตามเส้นตรงในแนวระดับ (บนด้านบวกของแกนอ้างอิง ดังรูป) ให้ที่ศบวคือทิศขวามือ



ให้เลือกกราฟความเร็ว-เวลา (ตัวเลือก A – H) ที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของรถที่บรรยายในแต่ละข้อข้างล่าง (40 – 43)

\* กราฟแต่ละกราฟสามารถเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่เลือกเลยก็ได้ ถ้าคิดว่าไม่มีกราฟใดถูกต้องให้ตอบตัวเลือก J



\_\_\_\_\_ 40. รถกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา (ออกจากจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว

\_\_\_\_\_ 41. รถมีการเคลื่อนที่ย้อนกลับทิศ

\_\_\_\_\_ 42. รถกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (เข้าหาจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว

\_\_\_\_\_ 43. รถกำลังเพิ่ม อัตราเร็ว ด้วยอัตราสม่ำเสมอ