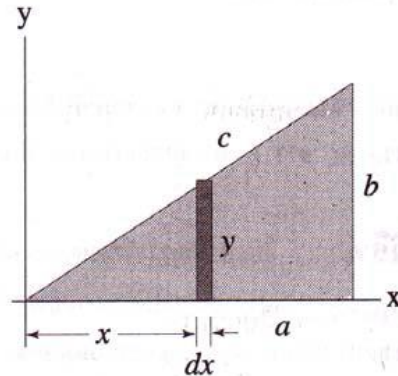
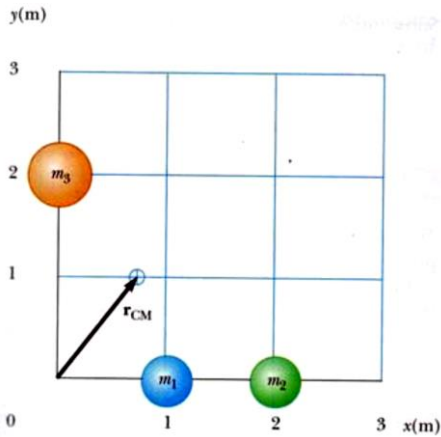
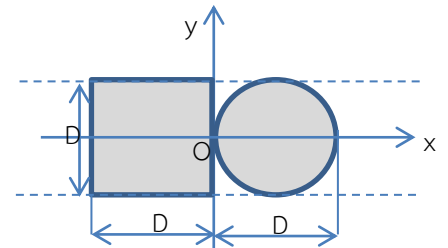




1. อนุภาคมวล 1.0 kg 2.0 kg และ 3.0 kg อยู่ที่ตำแหน่งต่างๆ ดังรูปด้านล่างซ้าย จงหา  $r_{cm}$  หรือ จุดศูนย์กลางมวลของระบบอนุภาคนี้ โดยระบุเป็นพิกัด  $x_{cm}$  และ  $y_{cm}$



2. จากรูปบนด้านขวา จงหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของแผ่นวัตถุที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ รูปสามเหลี่ยมมุมฉากมวล  $M$  และมีขนาดแสดงในรูป
3. เรือ 140 kg ลำหนึ่งลอยนิ่งอยู่ในทะเลสาบ โดยหัวเรือห่างฝั่ง 0.75 m ชาย 60 kg คนหนึ่งยืนอยู่ที่หัวเรือ แล้วออกเดินหันหลังให้ฝั่ง ไปจนถึงท้ายเรือ ความยาวของเรือต้องมีค่าเท่าใด หัวเรือจึงจะกระทบฝั่งพอดี
4. แผ่นวงกลมและแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน และแผ่นทั้งสองมีความหนาเท่ากัน และมีพิกัดอยู่ตามแกนในรูป พิกัดของจุดศูนย์กลางมวลของระบบนี้อยู่ที่ใด
5. พิจารณาแท่งโลหะตรง ยาว 10 cm ในรูปด้านล่าง โดยแท่งโลหะนี้มีความหนาแน่นเชิงเส้นแปรตามตำแหน่งเป็นไปตามฟังก์ชัน  $\lambda(x) = 5.0 + 2.0x$  โดยที่  $x$  เป็นระยะที่วัดจากปลายด้านซ้ายของแท่งโลหะและมีหน่วยเป็น cm และ  $\lambda$  มีหน่วยเป็น g/cm



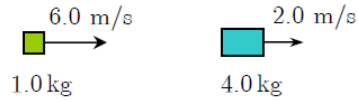
- a. เลข 5.0 กับ 2.0 มีหน่วยหรือไม่ ถ้ามี หน่วยคืออะไร
- b. จงหาจุดศูนย์กลางมวลของแท่งโลหะนี้



6. จงหาโมเมนตัมของอนุภาคมวล 5.0 kg ที่มีความเร็ว  $3.0 \text{ m/s } \hat{i} - 4.0 \text{ m/s } \hat{j}$
7. เมื่อปล่อยลูกบอลมวล 0.10 kg จากความสูง 2.0 m จากพื้น ปรากฏว่า หลังจากตกกระทบพื้น แล้วลูกบอลสะท้อนขึ้นตามแนวตั้งได้สูง 1.50 m จงหา
- a. โมเมนตัมของลูกบอลก่อนและหลังกระทบพื้นพอดี
- b. ขนาดของแรงเฉลี่ยที่พื้นกระทำต่อลูกบอล ถ้าช่วงเวลาในการตกกระทบพื้นของลูกบอลเท่ากับ 10.0 ms
8. แรงสุทธิกระทำต่ออนุภาคมวล  $m$  โดยมีค่าขึ้นกับเวลา  $t$  ดังนี้  $\vec{F} = 26\hat{i} - 12t^2\hat{j}$  โดย  $F$  มีหน่วย N และเวลา  $t$  มีหน่วย s จงหาว่า โมเมนตัมของอนุภาคมีค่าเปลี่ยนไปเท่าใด ในช่วงเวลา  $t = 1.0 \text{ s}$  ถึง  $t = 2.0 \text{ s}$
9. ลูกปืนมวล 180 g ถูกยิงไปชนกับแผ่นไม้มวล 0.75 kg ที่วางไว้บนโต๊ะที่ไม่มี ความเสียดทาน โดยที่อัตราเร็วของลูกปืนก่อนชนกับแผ่นไม้ มีค่า 3.0 m/s ถ้าลูกปืนทะลุไปออกไปด้วยอัตราเร็ว 1.5 m/s จงหาความเร็วของแผ่นไม้หลังจากลูกปืนทะลุผ่านไปพอดี
10. ถ้านำกลอง 2 ใบ วางบนพื้นที่ไม่มี ความเสียดทาน นำสปริงเบาตัวหนึ่งมา โดยยกคดกลองทั้งสองใบ ที่ปลายทั้งสองข้างของสปริงอันนั้น ให้สปริงหดเข้าไปจาก ความยาวสมดุล เมื่อปล่อยให้สปริงคดกลองทั้งสองออก กลองจะวิ่งออกจากกันในทิศทางตรงกันข้าม สมมติว่า กลองแรก มีมวล 1.0 kg วิ่งไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว 3.0 m/s จงหาอัตราเร็วของกลองอีก ซึ่ง มีมวล 3.0 kg
11. วัตถุมวล 1.0 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $10 \text{ m/s } \hat{i}$  เข้าชนกับวัตถุมวล 0.5 kg ซึ่งมีความเร็ว  $5 \text{ m/s } \hat{j}$  ถ้าหลังจากชนแล้ววัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไป จงหาทิศและขนาดของความเร็วหลังการชน
12. เมื่อวัตถุมวล 3.0 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $5 \text{ m/s } \hat{i}$  ชนกับวัตถุมวล 2.0 kg ซึ่งมีความเร็ว  $-3 \text{ m/s } \hat{j}$  จงหาความเร็วหลังชนของมวลทั้งสอง ถ้าการชนครั้งนี้ทั้งคู่เคลื่อนที่ติดกันไป

13. รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1800 kg กำลังจอดติดไฟแดง ปรากฏว่า มีรถยนต์อีกคันหนึ่งมีมวล 900 kg พุ่งเข้าชนท้ายอย่างจัง ด้วยอัตราเร็ว 20 m/s หลังจากชนแล้ว ทั้งสองคันเคลื่อนที่ติดกันไป จงหา

- อัตราเร็วของรถทั้งสอง ทันทีหลังการชน
- พลังงานจลน์สูญเสียไปเท่าใด ในการชนนี้
- โมเมนตัมของรถคันที่จอดนิ่งอยู่เปลี่ยนไปเท่าใด



14. ในรูปด้านบน พิจารณาการชนของมวลสองก้อน โดยที่มวล 1.0 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 6.0 m/s ไปทางขวา เข้าชนมวล 4.0 kg ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2.0 m/s ไปทางขวาเช่นกัน (ไม่มีแรงภายนอกใดๆ มากระทำต่อมวลทั้งสองนี้)

- ถ้าการชนครั้งนี้เป็นการชนแบบ **ยืดหยุ่น** จงหาพลังงานจลน์รวมของมวลทั้งสองภายหลังการชน
- ถ้าการชนครั้งนี้เป็นการชนแบบ **ยืดหยุ่น** ความเร็วหลังชนของมวล 1.0 kg เทียบกับมวล 4.0 kg จะมีขนาดเท่าใด และมีทิศใด
- ถ้าการชนครั้งนี้เป็นการชนแบบ **ไม่ยืดหยุ่นเลย** จงหาพลังงานจลน์รวมของมวลทั้งสองก่อนหลังการชน

15. เพนดูลัมแบบบอลิสติก (Ballistic Pendulum) เป็นระบบที่ใช้วัดขนาดความเร็ว ของวัตถุที่มีความเร็วสูงมากๆ เช่น ลูกปืน เมื่อลูกปืนกระทบและฝังในเนื้อท่อนไม้ที่แขวนไว้ด้วยเชือกเบา ท่อนไม้จะถูกเหวี่ยงไปได้ระยะสูง  $h$  จากระดับปกติ และการชนเป็นแบบไม่ยืดหยุ่น จงหาอัตราเร็วของลูกปืนก่อนกระทบท่อนไม้ ในเทอมของมวลลูกปืน มวลเพนดูลัม และความสูง  $h$

16. จงแสดงให้เห็นว่า เมื่อลูกสनुกเกอร์สีขาวพุ่งชนลูกสनुกเกอร์สีแดงที่อยู่นิ่ง (ให้ถือว่า ทั้งคู่มีมวลเท่ากัน) หลังชนกันแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ ลูกสनुกเกอร์ทั้งสองวิ่งไปในทิศทางที่ตั้งฉากกันเสมอ

17. อนุภาคมวล 2.0 kg กับอนุภาคมวล 3.0 kg มีความเร็ว  $2.0 \text{ m/s } \hat{i} - 3.0 \text{ m/s } \hat{j}$  และ  $1.0 \text{ m/s } \hat{i} + 6.0 \text{ m/s } \hat{j}$  ตามลำดับ จงหา

- ความเร็วของจุดศูนย์กลางมวล
- โมเมนตัมรวมของระบบอนุภาคนี้

18. ถ้าเครื่องยนต์ของจรวดเผาผลาญเชื้อเพลิงในอัตรา 80 kg/s และพุ่งแก๊สออกมาด้วยอัตราเร็ว 2.5 km/s จงหาแรงขับเคลื่อนที่เกิดจากการพุ่งเชื้อเพลิงออกทางด้านหลังจรวด

19. วัตถุหนึ่งอยู่นิ่ง ต่อมาเกิดระเบิดออกเป็น 3 ส่วน คือ A, B และ C โดยมีมวล 3.0 kg 2.0 kg และ 1.0 kg ตามลำดับ ถ้าหลังการระเบิด มวล A มีความเร็ว  $3.0 \text{ m/s } \hat{i}$  และมวล B มีความเร็ว  $-1.0 \text{ m/s } \hat{j}$  จงหาความเร็วของมวล C หลังการระเบิด

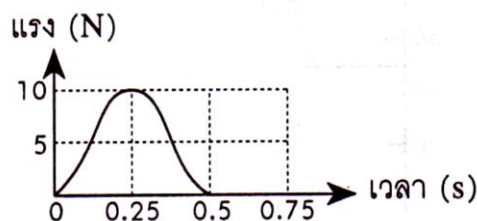
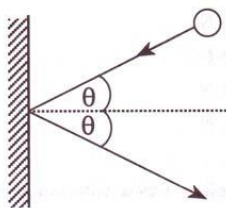
20. โยนระเบิดมวล 0.90 kg ขึ้นไปตรง ๆ ด้วยอัตราเร็วต้น 15.0 m/s เมื่อระเบิดไปถึงจุดสูงสุด ก็ระเบิดออกเป็น 3 ส่วน มวลเท่า ๆ กัน โดยทันทีหลังการระเบิด ชั้นที่ 1 มีความเร็วในทิศที่ขึ้นไปด้วยขนาดเท่ากับ 10.0 m/s ชั้นที่ 2 มีอัตราเร็วเป็นศูนย์

- ทันทีหลังการระเบิด ชั้นที่ 3 มีความเร็วเท่าใด
- ชั้นที่ 1 กับชั้นที่ 3 ตกถึงพื้นต่างกันกี่วินาที

21. ถ้าในข้อ 20. ระเบิดเกิดระเบิดหลังจากโยนไปแล้ว 1.0 s โดยระเบิดออกเป็น 3 ส่วน มวลเท่า ๆ กัน เช่นเดิม แต่ทันทีหลังการระเบิด ชั้นที่ 1 มีความเร็วในทิศที่ขึ้นไปด้วยขนาดเท่ากับ 10.0 m/s ชั้นที่ 2 มียังมีความเร็วในทิศที่ขึ้นไปด้วยขนาดเท่ากับ 10.0 m/s ส่วนชั้นที่ 3 มีความเร็วในทิศที่ขึ้นไปด้วย

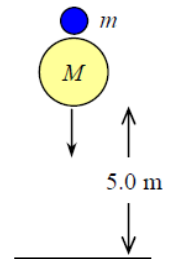
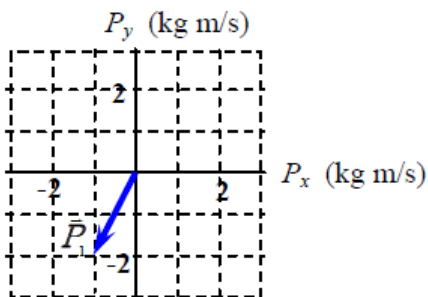
- ทันทีหลังการระเบิด ชั้นที่ 2 กับชั้นที่ 3 มีอัตราเร็วเท่าใด
- ชั้นไหนตกถึงพื้นหลังสุด
- ชั้นสุดท้ายที่ตกถึงพื้น ใช้เวลานานกว่าชั้นที่ตกถึงพื้นเป็นชั้นแรกกี่วินาที
- ตำแหน่งที่ชั้นที่ 1 กับชั้นที่ 3 ตกถึงพื้นอยู่ห่างกันเท่าใด

22. ถ้าลูกบอลมวล  $m$  วิ่งเข้าชนกำแพงด้วยอัตราเร็ว  $u$  และสะท้อนออกด้วย อัตราเร็ว  $u$  โดยมีทิศทางการทำมุม  $\theta$  กับเส้นตั้งฉากดังรูปข้างล่าง ถ้าช่วงเวลาเวลาที่ลูกบอลใช้ตอนที่กระทบกับกำแพงมีค่า  $t$  แรงเฉลี่ยที่ลูกบอลทำกับกำแพงมีค่าเท่าใด

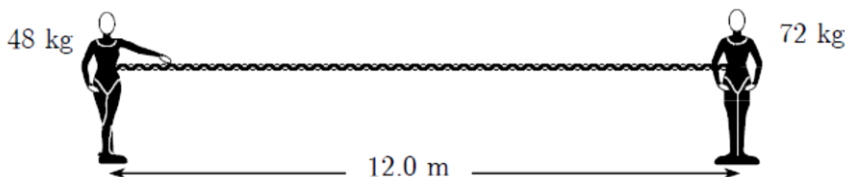


23. จากรูปบนด้านขวา เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ไม่แทนนิสทำต่อลูกเทนนิสขณะกระทบกัน กับเวลาตั้งแต่เกิดกระทบกัน จนลูกเทนนิสกระเด็นออกจากไม้ ถ้าพื้นที่ใต้กราฟมีค่าเท่ากับ 2.5 กิโลกรัมเมตรต่อวินาที อยากทราบว่า แรงเฉลี่ยที่ไม่แทนนิสกระทำต่อลูกเทนนิสมีค่าเท่าใด

24. บล็อกมวล 1.0 kg อันหนึ่งวางอยู่บนพื้นลื่น โดยด้านหนึ่งติดกับสปริงเบาที่มีค่าคงตัว  $k = 900\text{N/m}$  และยึดกับกำแพงอยู่ ถ้ายิงลูกปืนมวล 5.0 g ไปกระทบบล็อกด้านตรงข้ามกับที่ติดกับสปริง โดยลูกปืนมีอัตราเร็วก่อนกระทบ 400 m/s ถ้าหลังกระทบลูกปืนฝังไปในบล็อกและบล็อกก็เคลื่อนที่อัดสปริงเข้าไปเป็นระยะสูงสุด 5.0 cm จงหา
- อัตราเร็วที่ของลูกปืนและบล็อก ทันทีหลังกระทบ
  - พลังงานที่สูญเสียไป
25. ลูกบอลมวล 0.2 kg วางอยู่นิ่งบนยอดเสาซึ่งสูง 5.0 m จากพื้นราบ เมื่อยิงลูกปืนมวล 0.01 kg โดยมีความเร็ว 500 m/s ซึ่งมีทิศทางในแนวระดับ ก่อนทะลุผ่านในแนวศูนย์กลางของลูกบอลนี้ไป พบว่า หลังจากที่ลูกปืนวิ่งทะลุไปแล้ว ลูกบอลไปตกบนพื้นราบ โดยจุดตกห่างจากโคนเสา 20 m จงหา
- ลูกปืนตกลงสู่พื้นราบห่างจากโคนเสากี่เมตร
  - ปริมาณพลังงานจลน์ของลูกปืนที่กลายเป็นความร้อนในการผ่าทะลุเข้าไปในลูกบอล
26. รถเข็น คนที่นั่งในรถเข็น และก้อนหินมีมวลรวมกันเท่ากับ 95.0 kg แต่มวลของก้อนหินอย่างเดียวมีค่า 0.300 kg ในตอนแรก รถเข็นวิ่งไปด้านหน้าบนพื้นราบด้วยอัตราเร็วคงตัว 0.500 m/s ต่อมาคนในรถยกก้อนหิน ออกไปจากรถด้วยอัตราเร็ว 16.0 m/s โดยที่ค่าอัตราเร็วทั้งสองนี้เป็นค่าที่วัดเทียบกับพื้น ให้นักศึกษาหาว่าหลังปาก้อนหิน รถเข็นจะมีอัตราเร็วเท่าใด ถ้า
- ก้อนหินถูกปาออกไปทางด้านหน้า
  - ก้อนหินถูกปาออกไปทางด้านหลัง
27. วัตถุ 2 ชิ้นมีมวล 3.0 kg และ 8.0 kg เกิดการชนกันแล้วเคลื่อนที่ติดกันไป ให้นักศึกษาคำนวณหาอัตราเร็วหลังชนของวัตถุทั้งสองนี้ ใน 2 กรณี
- กรณีแรก ก่อนชนกัน 3.0 kg อยู่นิ่ง และ 8.0 kg เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 25 m/s
  - กรณีที่สอง ก่อนชนกัน 8.0 kg อยู่นิ่ง และ 3.0 kg เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 25 m/s
28. ลูกบอล 500 g เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็ว 4.0 m/s เข้าชนกับลูกบอลมวลเท่ากันที่อยู่นิ่ง ถ้าลูกศรในรูปแสดงเวกเตอร์ โมเมนตัม  $\vec{P}_1$  ของลูกบอลลูกแรกหลังการชน จงวาดเวกเตอร์ โมเมนตัม  $\vec{P}_2$  ของลูกบอลอีกลูกหลังการชน



29. ลูกบอลเล็กมวล  $m$  อยู่เหนือลูกบอลใหญ่มวล  $M = 3m$  ปล่อยลูกบอลทั้งสองพร้อมกันให้ตกลงกระทบพื้น จากความสูง 5.0 m ดังรูป มวล  $m$  จะกระดอนขึ้นด้วยอัตราเร็วเท่าไร (กำหนดให้การชนทุกชั้นเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ไม่คิดแรงต้านอากาศ และให้ใช้  $g = 10\text{ m/s}^2$  ได้)
30. นักสเก็ตน้ำแข็งสองคนใส่รองเท้าสเก็ตยืนนิ่งอยู่ในลานน้ำแข็ง โดยทั้งสองคนถูกผูกไว้ด้วยกันด้วยเส้นเชือกเบายาว 12.0 m ดังรูป คนซ้ายมีมวล 48 kg ส่วนคนขวามีมวล 72 kg และตอนเริ่มต้นเส้นเชือกตึง จากนั้นคนซ้าย ก็ดึงเส้นเชือกเข้าหาตัวเองหนึ่งครั้ง เพราะต้องการให้คนขวาลื่นเข้ามาหาเขา



- ตอนเริ่มต้น นักสเก็ตน้ำแข็งคนซ้ายอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางมวลของระบบเป็นระยะเท่าใด
- หลังจากคนซ้ายกระตุกเส้นเชือก คนซ้ายจะมีการเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด
- ขณะที่จุดศูนย์กลางมวลอยู่ห่างจากคนซ้ายเป็นระยะทาง 4.8 m ทั้งสองคนอยู่ห่างกันเป็นระยะเท่าใด
- ขณะที่จุดศูนย์กลางมวลอยู่ห่างจากคนซ้ายเป็นระยะทาง 4.8 m คนซ้ายมีอัตราเร็วเป็นกี่เท่าของคนขวา
- นักสเก็ตน้ำแข็งคนขวาลื่นที่ไปได้เป็นระยะทางทั้งหมดเท่าใดตอนที่ทั้งคู่เลื่อนมาถึงกัน