

สนุกกับ บ้านจิ๋มบี้



ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



เวลา 3-4 ชั่วโมง



จุดประสงค์

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องแรง การเปลี่ยนรูปพลังงาน สภาพยืดหยุ่นและกฎของฮุค ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองบ้านจิ๋มบี้



วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. วัสดุประเภทเชือกที่ยึดได้หลาย ๆ ชนิด เช่น สายรัดของ ยางยืด ยาวประมาณ 2 เมตร	ชนิดละ 1 เส้น
2. วัสดุประเภทเชือกที่ยึดไม่ได้หลาย ๆ ชนิด เช่น เชือกป่าน เชือกปอ เชือกฟาง ยาวประมาณ 3 เมตร	ชนิดละ 1 เส้น
3. ไคลโนมิเตอร์	1 อัน
4. เครื่องชั่งสปริง 0-50 นิวตัน	1 เครื่อง
5. ไม้บรรทัด ไม้เมตร หรือ สายวัด	1 อัน/เส้น
6. ภูทรายมวล 500 กรัม	2 ภู



วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาวิดีโอทัศน์และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับบ้านจิ๋มบี้ในหัวข้อต่อไปนี้
 - กิจกรรมบ้านจิ๋มบี้คืออะไร
 - ความสนุก ตื่นเต้น และท้าทายของการทำกิจกรรมบ้านจิ๋มบี้คืออะไร
 - การออกแบบและสร้างบ้านจิ๋มบี้ต้องคำนึงถึงอะไรบ้าง

2. ศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

นักเรียนเป็นวิศวกรในบริษัทที่รับออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งในครั้งนี้นี้ บริษัทได้รับการว่าจ้างจากผู้ประกอบธุรกิจบันจี้จัมป์ให้ออกแบบเชือกที่ใช้ในกิจกรรมบันจี้จัมป์ให้มีความยาวเหมาะสมกับความสูงของหอกระโดดและน้ำหนักของผู้กระโดด บริษัทจึงทำการคัดเลือกกลุ่มวิศวกรที่มีความรู้ความสามารถมาทำงานนี้ โดยจัดให้มีการแข่งขันสร้างแบบจำลองบันจี้จัมป์ที่ทำให้ถุงทรายมวล 1000 กรัม (ถุงทรายจำนวน 2 ถุง ที่มีติดกัน) ตกลงมาจากระดับความสูงที่กำหนดแล้วอยู่ใกล้พื้นมากที่สุดโดยที่ถุงทรายไม่กระทบพื้น และจำลองว่าพื้นบริเวณที่ถุงทรายตกนั้นเป็นพื้นน้ำ ไม่สามารถวัดความสูงจากจุดปล่อยได้โดยตรงในการแข่งขันครั้งนี้กำหนดให้ใช้เชือกที่เป็นวัสดุที่ยืดได้และไม่ยืดอย่างละ 1 เส้น

3. ร่วมกันศึกษาและอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้
 - 3.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก
 - 3.2 การเปลี่ยนรูปพลังงานและการเชื่อมโยงความรู้กับบันจี้จัมป์ (ใบความรู้ที่ 1 เรื่องการเปลี่ยนรูปพลังงาน)
 - 3.3 การทดสอบความยืดหยุ่นของวัสดุพอลิเมอร์ต่าง ๆ เช่น ยาง เชือก ที่มีความเหมาะสมเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบและเลือกใช้เชือกสำหรับบันจี้จัมป์ (ใบความรู้ที่ 1 เรื่องการเปลี่ยนรูปพลังงาน ในส่วนของสภาพยืดหยุ่น)
 - 3.4 การหาความสูงโดยใช้โคลิโนมิเตอร์และกฎของไซน์ (ใบความรู้ที่ 2 เรื่องกฎของไซน์)
4. ทดลองเพื่อหาค่าคงตัวสปริงของเชือกที่เป็นวัสดุที่ยืดได้
5. หาความสูงของจุดปล่อยบันจี้จัมป์
6. ร่วมกันออกแบบและสร้างแบบจำลองบันจี้จัมป์ตามแนวคิด ข้อมูลที่ได้สืบค้น การคำนวณและการทดลอง
7. ทำการแข่งขันว่าถุงทรายของกลุ่มไหนตกใกล้พื้นมากที่สุดโดยถุงทรายไม่กระทบพื้น
8. นำเสนอและร่วมกันอภิปรายแนวคิดและวิธีการออกแบบบันจี้จัมป์ ตลอดจนวิธีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน



สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. วิดีทัศน์เรื่องบันจี้จัมป์
2. ใบกิจกรรม
3. ใบความรู้
 - 3.1 ใบความรู้ที่ 1 เรื่องการเปลี่ยนรูปพลังงาน
 - 3.2 ใบความรู้ที่ 2 เรื่องกฎของไซน์

ใบกิจกรรม

1. ระบุปัญหาหรือสถานการณ์

.....
.....
.....
.....

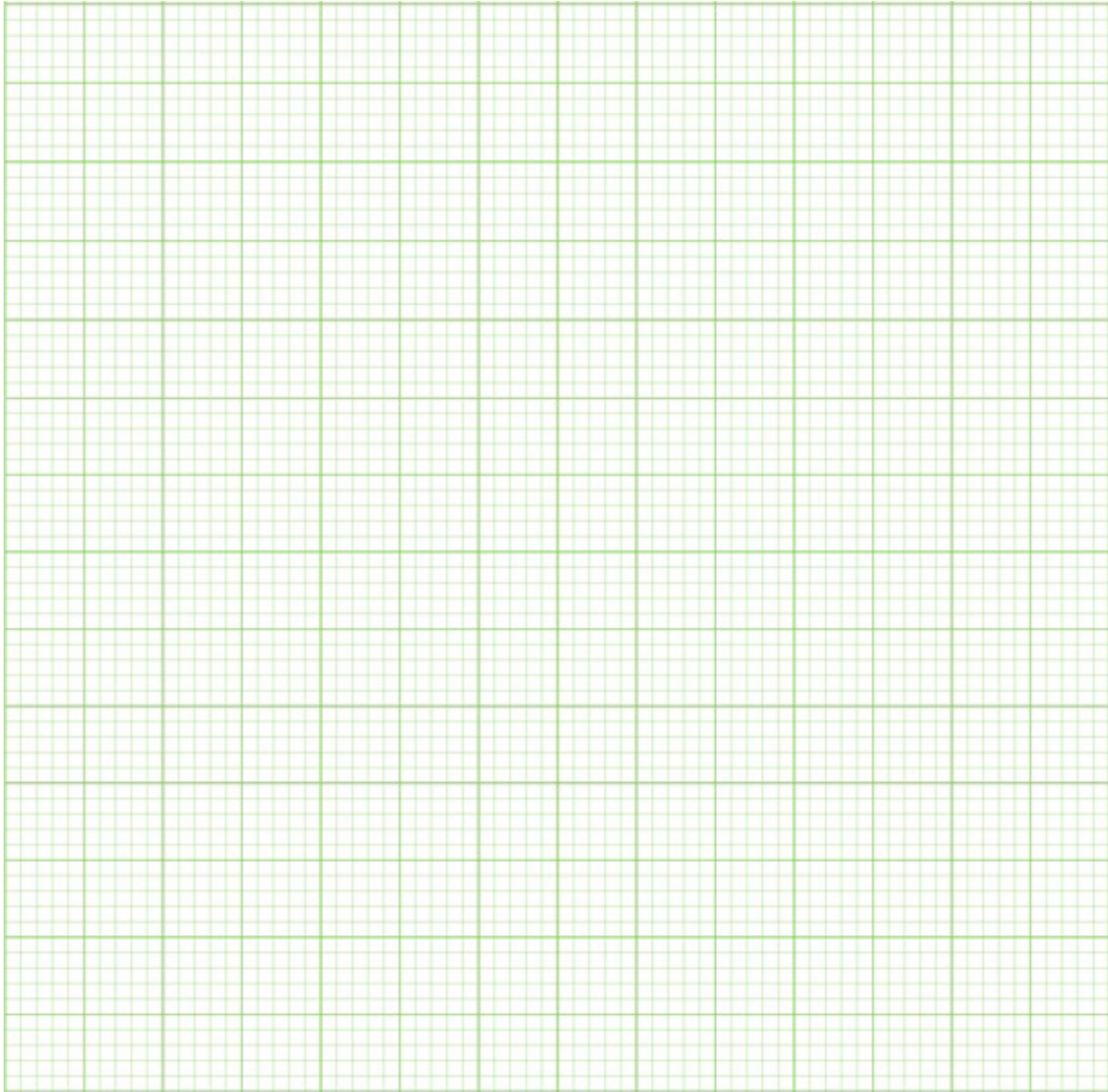
2. ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่เชือกยืดออกกับขนาดของแรงที่ใช้ดึงเชือก

ให้นักเรียนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะที่เชือกยืดออก (s) มีหน่วยเป็นเมตรกับแรงที่ใช้ดึงเชือก (F) มีหน่วยเป็นนิวตัน โดยให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และหาค่าคงตัวสปริง (k) ของเชือก จากกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าว

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่เชือกยืดออก (s) กับขนาดของแรงที่ใช้ดึง (F)



วิธีการคำนวณหาค่าคงตัวสปริงในเส้นเชือก (k)

.....

.....

.....

.....

.....

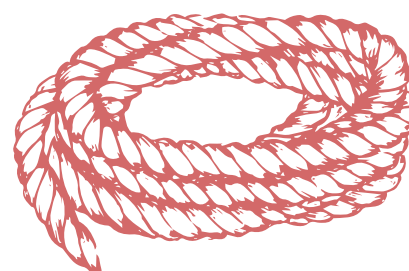
4. การหาความสูงของจุดปล่อยบันจีจัมป์

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ดังนั้น ความสูงของจุดปล่อยบันจีจัมป์ เท่ากับเมตร

5. การคำนวณหาความยาวของเชือกที่ใช้

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



6. ภาพร่างการออกแบบชิ้นงาน

(ให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานพร้อมระบุประเภทของเชือกที่เลือกใช้ ความยาว และค่าคงตัวสปริงของเชือก)



7. ผลการทดสอบแบบจำลองบันจีจัมป์คะแนน

8. วิธีการปรับปรุงชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

9. ประเมินผลชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากการทดลอง ปัจจัยใดบ้างที่มีผลให้ถุงทรายตกลงมาใกล้พื้นที่สุดโดยไม่กระทบพื้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมนี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนได้บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมในการออกแบบและสร้างแบบจำลองบันจีจัมปอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง การเปลี่ยนรูปพลังงาน

พลังงาน (energy) คือ ความสามารถในการทำงาน เราไม่สามารถมองเห็นหรือจับต้องพลังงานได้ แต่สามารถรับรู้ได้จากผลของพลังงานนั้น ๆ พลังงานจลน์ (kinetic energy) เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ส่วนพลังงานศักย์ (potential energy) เป็นพลังงานของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างอันเป็นผลมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น ทั้งพลังงานจลน์และพลังงานศักย์รวมเรียกว่า พลังงานกล (mechanical energy)

1. พลังงานจลน์

พลังงานจลน์เป็นพลังงานในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่หรือมีความเร็ว กำหนดสัญลักษณ์ E_k แทนพลังงานจลน์ v แทนความเร็ว และ m แทนมวลของวัตถุ จะได้ว่า

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

หน่วยของพลังงานจลน์คือ กิโลกรัม เมตร² ต่อวินาที² ($\text{kg m}^2/\text{s}^2$) ซึ่งเท่ากับ นิวตัน เมตร (Nm) หรือ จูล (J)

2. พลังงานศักย์

พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่ถูกเก็บสะสมไว้ในวัตถุต่าง ๆ เนื่องจากตำแหน่งหรือภาวะของวัตถุ พลังงานศักย์ของวัตถุซึ่งอยู่ในที่สูงจากระดับอ้างอิง ซึ่งเกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ เรียกว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง (gravitational potential energy) ส่วนพลังงานศักย์ของสปริงที่ถูกอัดหรือดึงซึ่งเกิดจากแรงยืดหยุ่นของสปริง เรียกว่า พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (elastic potential energy)

ก. พลังงานศักย์โน้มถ่วง

กำหนดสัญลักษณ์ E_p แทนพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุซึ่งอยู่สูงจากระดับอ้างอิงเป็นระยะ h จะมีค่าเป็น

$$E_p = mgh$$

หน่วยของพลังงานศักย์โน้มถ่วงในระบบเอสไอ คือ จูล (J) และเป็นปริมาณสเกลาร์เช่นเดียวกับงานและพลังงานจลน์ จะเห็นว่า ค่าของพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุเมื่อเทียบกับระดับอ้างอิง

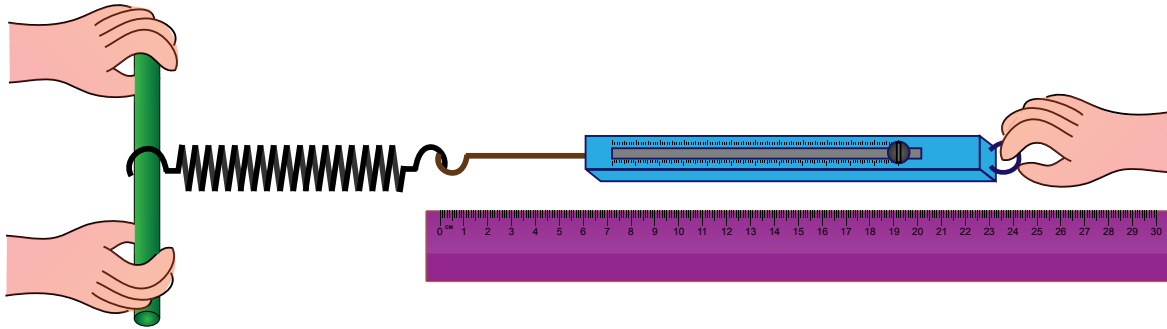
ข. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

ถ้าออกแรงดึงสปริงหรือสิ่งที่คล้ายกับสปริงให้ยืดออกจากตำแหน่งเริ่มต้น จะมีความรู้สึกว่ามีแรงจากสปริงดึงมือ การออกแรงอัดสปริงให้หดเข้าจากตำแหน่งเริ่มต้นก็เช่นเดียวกัน จะรู้สึกว่ามีแรงจากสปริงดันมือ แรงที่มือดึงสปริงกับแรงที่สปริงดึงมือเป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา แรงที่สปริงดึงหรือดันมือทำให้สปริงเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น เรียกตำแหน่งเริ่มต้นนี้ว่า ตำแหน่งสมดุล

จากกฎของฮุก (Hooke's law) เมื่อออกแรงดึงสปริงด้วยแรง F จะมีความสัมพันธ์กับ s ซึ่งเป็นระยะที่สปริงยืดออกจากตำแหน่งสมดุล ดังสมการ

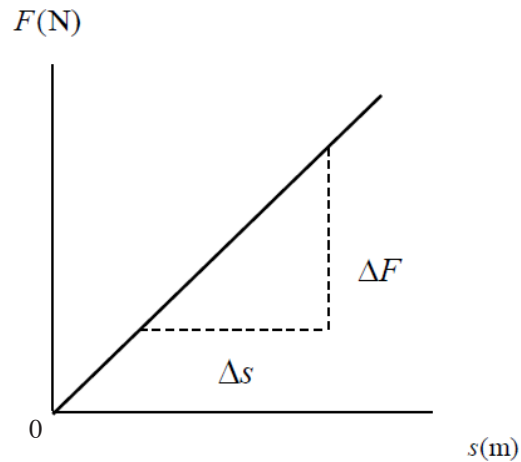
$$F = ks$$

k คือ ค่าคงตัวสปริง (spring constant) หรือค่าคงตัวของแรง (force constant) ซึ่งหมายถึงแรงที่ทำให้สปริงยืดหรือหดต่อความยาวหนึ่งหน่วย มีหน่วย นิวตันต่อเมตร (N/m) โดยค่าคงตัวสปริงของสปริงแต่ละอันจะไม่เท่ากันขึ้นกับความแข็งของสปริง และเป็นค่าคงตัวในช่วงจำกัดช่วงหนึ่ง



ภาพการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่สปริงยืดออกกับขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริง

ทั้งนี้ เราสามารถหาค่าคงตัวสปริง (k) ได้จากความชันของกราฟระหว่างระยะทางที่สปริงยืดออกกับขนาดของแรงที่ใช้ดึง หรือ $k = \frac{\Delta F}{\Delta s}$



ภาพ การหาความชันของกราฟระหว่างระยะยืดจากตำแหน่งสมดุลกับแรงดึงสปริง

กำหนดสัญลักษณ์ E_p แทนพลังงานศักย์ในสปริง ซึ่งเรียกว่า พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง งานของแรงที่ดึงหรือกดสปริงให้มีระยะเปลี่ยนไป s จากตำแหน่งสมดุลมีค่าดังสมการ

$$E_p = \frac{1}{2} ks^2$$

หน่วยของพลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ จูล (J) เช่นเดียวกับหน่วยของงาน

3. สภาพยืดหยุ่น

สภาพยืดหยุ่น (elasticity) เป็นสมบัติของวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เมื่อมีแรงมากระทำและสามารถคืนตัวกลับสู่รูปร่างเดิมเมื่อหยุดออกแรงกระทำ เมื่อดึงสปริงให้ยืดออกจะพบว่าความยาวที่สปริงยืดออกแปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง แต่ถ้าเพิ่มแรงดึงสปริงให้ยืดออกไปเรื่อย ๆ อีก เมื่อถึงระยะหนึ่ง จะพบว่าความยาวที่สปริงยืดออกไม่แปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง

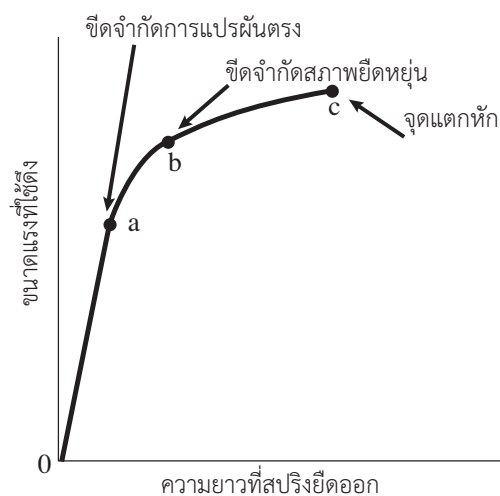


ก. ก่อนสปริงถูกดึง

ข. สปริงถูกยืดจนใกล้ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น

ค. สปริงถูกยืดจนเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น

ภาพรูปร่างของสปริงเมื่อถูกแรงกระทำ



กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่สปริงยืดออกกับขนาดของแรงดึง

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดึงกับความยาวที่สปริงยืดออกแสดงให้เห็นว่า ความยาวที่สปริงยืดออกแปรผันตรงกับขนาดของแรงดึงอยู่ในช่วงแรกเท่านั้น คือ ในช่วง $0a$ ของเส้นกราฟ ซึ่งการยืดของสปริงจะเป็นไปตามกฎของฮุก หลังจากนั้นความยาวที่สปริงยืดออกจะไม่แปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง จุด a ซึ่งเป็นตำแหน่งสุดท้ายที่ความยาวที่สปริงยืดออกแปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง เรียกว่า ขีดจำกัดการแปรผันตรง (proportional limit) ถ้าออกแรงดึงสปริงให้ยืดอีกเล็กน้อยจนถึงจุด b เมื่อหยุดออกแรงกระทำ พบว่าสปริงจะกลับไปอยู่ในสภาพเดิม ตำแหน่งสุดท้าย (จุด b) ที่สปริงยืดออกแล้วยังสามารถคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมได้เรียกว่า ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น (elastic limit) จะเห็นว่าเส้นกราฟช่วง $0b$ เป็นช่วงที่สปริงสามารถคืนตัวสู่รูปร่างเดิมได้ สภาพของวัสดุในช่วง $0b$ ก็คือสภาพยืดหยุ่น ส่วนช่วงของกราฟตั้งแต่จุด b เป็นต้นไปสปริงเปลี่ยนรูปร่างไปอย่างถาวร ไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิม และถ้าดึงต่อไปก็จะถึงจุด c ซึ่งเป็นจุดที่เส้นวัสดุขาด จุดนี้เรียกว่า จุดแตกหัก (breaking point) สภาพของวัสดุในช่วง bc ก็คือ สภาพพลาสติก

4. กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

พลังงานกลรวมของระบบจะไม่สูญหาย แต่อาจเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งโดยผลรวมของพลังงานยังคงเดิม ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล (law of conservation of mechanical energy) สำหรับการอนุรักษ์พลังงานกลจะเกิดเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ ทำให้ผลรวมของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ทุกตำแหน่งมีค่าคงตัว

5. การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

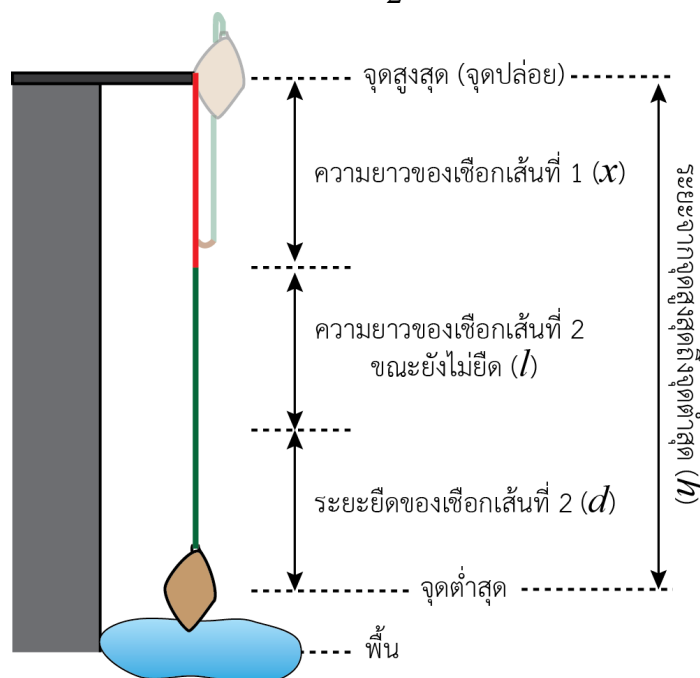
กฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้ในการอธิบายและบรรยายการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น การเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบตั้ง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วง

เมื่อพิจารณابันจี้จัมป์จำลอง ซึ่งเป็นการปล่อยตุร่ายที่ผูกเข้ากับปลายเชือกจากที่จุดปล่อยที่อยู่สูงจากพื้น ถ้าพิจารณาว่า เชือกที่ใช้เป็นเชือกเบาและไม่มีมวล จะมีพลังงานที่เกี่ยวข้อง คือ พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ ดังนี้ ก่อนปล่อยตุร่ายจะมีแต่พลังงานศักย์โน้มถ่วงของตุร่าย เมื่อกระโดดแล้ว ช่วงที่เชือกยังไม่ยืด พลังงานศักย์โน้มถ่วงลดลง และพลังงานจลน์ของตุร่ายเพิ่มขึ้น ช่วงที่เชือกยืดออก จะมีทั้งพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของเชือก พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของตุร่าย ขณะเชือกยืดออกมากที่สุด จะมีแต่พลังงานศักย์โน้มถ่วงของผู้กระโดด และพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของเชือก ส่วนพลังงานจลน์ของผู้กระโดดเป็นศูนย์ การเปลี่ยนรูปพลังงานเหล่านี้เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล นั่นคือ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ พลังงานกลจะมีค่าคงตัว

จากกฎการอนุรักษ์พลังงานกล

พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่จุดสูงสุด = พลังงานศักย์ยืดหยุ่นที่จุดต่ำสุด

$$mgh = \frac{1}{2}kd^2$$



ภาพบันจี้จัมป์จำลองและปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

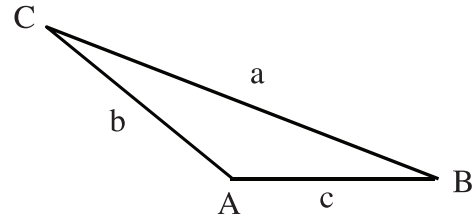
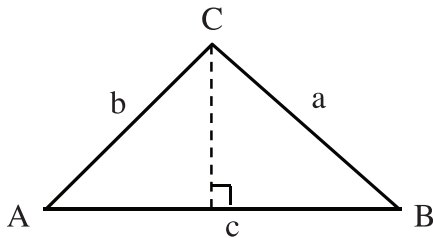
ใบความรู้ที่ 2

เรื่อง กฎของไซน์

ในชีวิตประจำวัน เราต้องเกี่ยวข้องกับปริมาณต่าง ๆ มากมาย ความยาวเป็นปริมาณชนิดหนึ่งที่ใช้บ่อยมาก โดยเรียกในชื่อต่าง ๆ เช่น ความสูง ระยะทาง รัศมี เส้นผ่านศูนย์กลาง การหาความยาวข้างต้น อาจทำได้โดยตรงโดยใช้เครื่องมือวัด เช่น ไม้เมตร สายวัด แต่บางครั้งการวัดโดยตรงอาจทำได้ยาก ดังนั้นเราจึงต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

ฟังก์ชันตรีโกณมิติเป็นฟังก์ชันของจำนวนจริงหรือของมุม สามารถนำมาใช้ในการหาความยาวของด้านและขนาดของมุมของรูปสามเหลี่ยมได้ โดยกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างด้านและมุมของรูปสามเหลี่ยมและฟังก์ชันตรีโกณมิติดังนี้

กฎของไซน์ ในรูปสามเหลี่ยม ABC ใด ๆ ถ้า a, b และ c เป็นความยาวของด้านตรงข้ามมุม A, B และ C ตามลำดับ

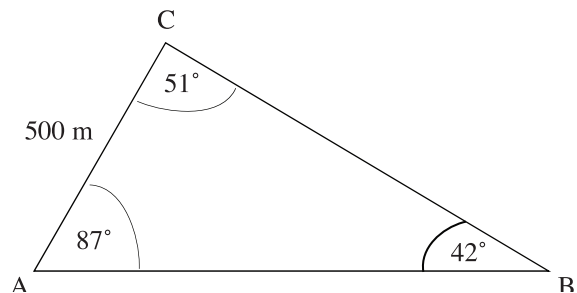


$$\text{จะได้ } \frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$$

กฎของไซน์ใช้หาความยาวของด้านของรูปสามเหลี่ยมดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 สวนสาธารณะแห่งหนึ่งมีทางเดินโดยรอบเป็นรูปสามเหลี่ยม กำหนดให้เป็น ABC โดย A, B และ C เป็นมุมที่มีค่า 87, 42 และ 51 องศา ตามลำดับ ถ้าทางเดิน AC มีความยาว 500 เมตร ทางเดิน AB และ BC มีความยาวเท่าใด

วิธีทำ เขียนแผนภาพทางเดินรอบสวนสาธารณะได้ดังนี้



จากกฎของไซน์ จะได้
$$\frac{\sin A}{BC} = \frac{\sin B}{AC} = \frac{\sin C}{AB}$$

แทนค่า
$$\frac{\sin 87^\circ}{BC} = \frac{\sin 42^\circ}{500\text{m}} = \frac{\sin 51^\circ}{AB}$$

จะได้

$$BC = \frac{(500\text{m})(0.9986)}{(0.6691)} \approx 746\text{m}$$

$$AB = \frac{(500\text{m})(0.0771)}{(0.6691)} \approx 581\text{m}$$

ตอบ ทางเดิน AB มีความยาวประมาณ 581 เมตร และทางเดิน BC มีความยาวประมาณ 746 เมตร

ตัวอย่างที่ 2 เนตรยืนอยู่บนสนามแห่งหนึ่งมองเห็นยอดเสาธงเป็นมุมเงย 15 องศา แต่เมื่อเดินตรงเข้าไปหาเสาธงอีก 60 เมตร เขามองเห็นยอดเสาธงเป็นมุมเงย 75 องศา ถ้าความสูงจากพื้นถึงระดับสายตาของเนตรมีค่าเป็น 150 เซนติเมตร จงหาความสูงของเสาธง

วิธีทำ ให้ CD เป็นความสูงของเสาธงส่วนที่เหนือระดับสายตา

จุด A เป็นจุดที่เนตรมองยอดเสาธงในครั้งแรก

จุด B เป็นจุดที่เนตรมองยอดเสาธงในครั้งหลัง

และระยะ AB เท่ากับ 60 เมตร

เนื่องจาก $\angle CAD = 15^\circ$ และ $\angle CBD = 75^\circ$

จะได้ $\angle ADB = 60^\circ$

พิจารณา $\triangle ABD$ จากกฎของไซน์

$$\text{จะได้ } \frac{\sin 15^\circ}{BD} = \frac{\sin 60^\circ}{AB}$$

$$BD = (60\text{m}) \frac{\sin 15^\circ}{\sin 60^\circ}$$

พิจารณา $\triangle BCD$ จากกฎของไซน์

$$\text{จะได้ } \frac{\sin 75^\circ}{CD} = \frac{\sin 90^\circ}{BD}$$

$$CD = BD \sin 75^\circ$$

$$CD = (60\text{m}) \frac{\sin 15^\circ}{\sin 60^\circ} \sin 75^\circ$$

$$= (60\text{m}) \frac{(0.2588)}{(0.8660)} (0.9659) \approx 17.32\text{m}$$

เนื่องจากความสูงจากพื้นถึงระดับสายตาของเนตรเป็น 1.50 เมตร

ดังนั้นเสาธงสูงประมาณ 17.32 เมตร + 1.50 เมตร หรือประมาณ 18.82 เมตร

ตอบ ความสูงของเสาธงเท่ากับ 18.82 เมตร

