



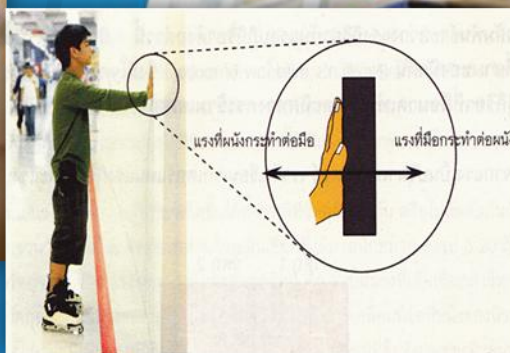
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่

ชุดที่ 2

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่



นายอรรถศักดิ์ บุญจรัส

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
โรงเรียนสิรินธร อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 33
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ รายวิชา ฟิสิกส์ มัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นชุดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทักษะการสืบค้นข้อมูล กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล และการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ โดยครูเป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ และคอยอำนวยความสะดวก ตลอดจนติดตามผลการศึกษาอย่างใกล้ชิด การจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ได้จัดทำทั้งหมด 7 ชุด ดังนี้

- ชุดที่ 1 แรงและการหาแรงลัพธ์
- ชุดที่ 2 กฎการเคลื่อนที่
- ชุดที่ 3 แรงตึงเชือก
- ชุดที่ 4 มวลและน้ำหนัก
- ชุดที่ 5 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
- ชุดที่ 6 แรงเสียดทาน
- ชุดที่ 7 การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้

สำหรับชุดนี้ เป็นชุดที่ 2 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนสิรินธร ผู้เชี่ยวชาญ และคณะครูทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำจนชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้ จะส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิด กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างมีเหตุผล มีคุณธรรม และดำเนินชีวิตอยู่ในสังคมอย่างมีความสุข

อัครศักดิ์ บุญจรัส

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ โรงเรียนสิรินธร

สารบัญ

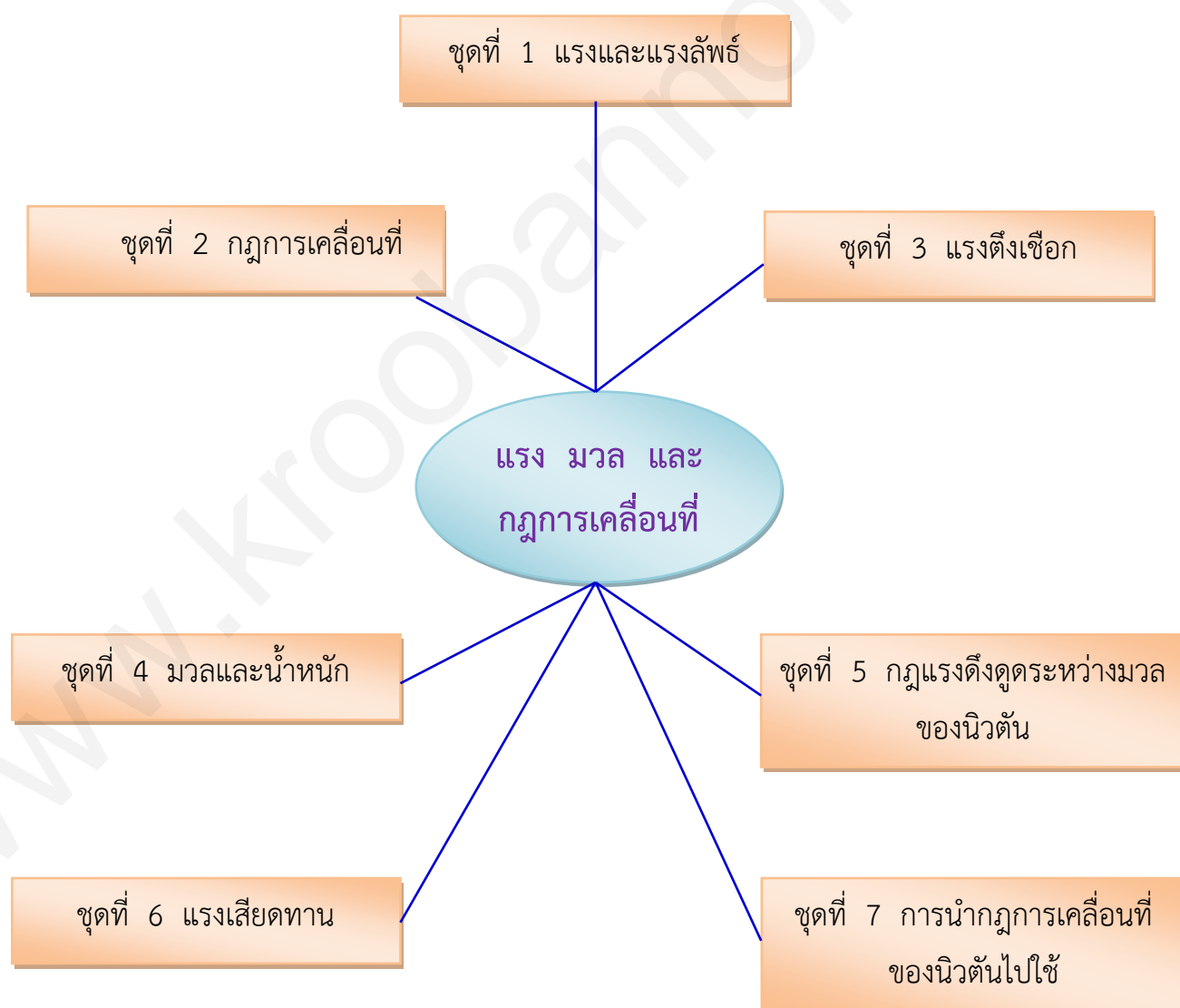
เรื่อง	หน้า
ผังมโนทัศน์ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ (5E)	1
คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ (5E)	2
ผังมโนทัศน์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้น กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)	3
มาตรฐานการเรียนรู้	4
ผลการเรียนรู้	4
จุดประสงค์การเรียนรู้	4
เวลาที่ใช้	4
แบบทดสอบก่อนเรียน	5
ขั้นสร้างความสนใจ	8
ขั้นสำรวจและค้นหา	10
บัตรกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง	11
บัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง	12
บัตรกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา	13
บัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา	14
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	15
เฉลยบัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ ด้วยความเร่ง	16

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เฉลยบัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา	17
ชั้นขยายความรู้	18
บัตรเนื้อหา	19
เซอร์ไอแซค นิวตัน	19
กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	20
- กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	20
- กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน	24
- กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	27
แนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่	31
ชั้นประเมิน	32
บัตรคำถามที่ 1 กฎการเคลื่อนที่	33
บัตรคำถามที่ 2 คำนวณตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	34
เฉลยบัตรคำถามที่ 1 กฎการเคลื่อนที่	35
เฉลยบัตรคำถามที่ 2 คำนวณตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	36
แบบทดสอบหลังเรียน	38
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	41
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	42
แบบสรุปคะแนน	43
บรรณานุกรม	44

ผังมโนทัศน์

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ วิชา ฟิสิกส์
รหัสวิชา ว31201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4





ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ชุดนี้ เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ใช้ประกอบการเรียนและเป็นชุดกิจกรรมที่นักเรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง ให้นักเรียนอ่านคำแนะนำและปฏิบัติตามกิจกรรมตามขั้นตอน นักเรียนจะได้รับความรู้อย่างครบถ้วน โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้



1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)
- ชุดที่ 2 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ วิชา ฟิสิกส์ ว31201 ใช้เวลา 4 ชั่วโมง
2. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ จำนวน 10 ข้อ
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้
5. นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ ดังนี้
 - ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
 - ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
 - ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
 - ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
 - ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)
6. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมครบทั้ง 5 ขั้นตอนแล้ว จึงลงมือทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจอีกครั้งแล้วตรวจคำตอบ เพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียน
7. นักเรียนแต่ละคนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง ไม่เปิดดูเฉลยก่อนเรียน - หลังเรียน

ผังโนทัศน์

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะความรู้ (5E)



มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 : เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่งของวัตถุ เมื่อมวลของวัตถุ มีค่าคงตัว และระหว่างมวลกับความเร่ง เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าคงตัว และสรุปกฎ การเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่ง ข้อที่สอง และกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุที่หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวมีค่าเป็นศูนย์
2. อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุได้
3. สืบค้นความรู้เกี่ยวกับความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ
4. อธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุได้
5. สืบค้นความรู้เกี่ยวกับแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุ

เวลาที่ใช้ 4 ชั่วโมง





แบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบ จำนวน 10 ข้อ คะแนน 10 คะแนน
2. เวลา 10 นาที
3. นักเรียนทำเครื่องหมาย X ทับข้อ ก ข ค หรือ ง ที่เห็นว่า ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดกล่าวถึงกฎข้อที่สองของนิวตันได้ถูกต้อง
 - ก. วัตถุทุกชนิดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ นอกจากมีแรงมากกระทำต่อวัตถุ
 - ข. แรงไม่ใช่คุณสมบัติของวัตถุ แต่จะเกิดจากวัตถุ 2 ชนิดออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน
 - ค. ความเร่งของของวัตถุจะแปรผันตรงกับแรงสุทธิที่กระทำต่อวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ
 - ง. เมื่อวัตถุชิ้นหนึ่งออกแรงกระทำต่อวัตถุอีกชิ้นหนึ่ง วัตถุอันหลังจะออกแรงด้วยขนาดที่เท่ากันแต่ทิศตรงกันข้ามกับแรงที่เกิดจากวัตถุอันแรก
2. ข้อใดแสดงให้เห็นว่า “ วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ ”
 - ก. วัตถุหยุดนิ่ง
 - ข. วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร็วคงตัว
 - ค. วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรงมีความเร่งเท่ากับศูนย์
 - ง. วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรงมีความเร่งค่าหนึ่งคงตัวตลอดไป



8. ชายคนหนึ่งมวล 50 กิโลกรัม อยู่บนตาชั่งในลิฟต์ที่กำลังวิ่งลง ตาชั่งชี้น้ำหนัก 400 นิวตัน จงวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของลิฟต์ ด้วยความเร่งเท่าใด

ก. 2 เมตร/วินาที²

ข. 4 เมตร/วินาที²

ค. 6 เมตร/วินาที² ง.

8 เมตร/วินาที²

9. ลังไม้มวล m_1 เท่ากับ 20 กิโลกรัม วางนิ่งอยู่บนลังไม้มวล m_2 เท่ากับ 30 กิโลกรัม ซึ่งวางอยู่บนพื้นจงหาแรงปฏิกิริยาที่ลังไม้มวล 30 กิโลกรัม กระทำต่อลังไม้ 20 กิโลกรัม

ก. 85 นิวตัน

ข. 112 นิวตัน

ค. 140 นิวตัน ง.

196 นิวตัน

10. การตอกตะปูลงไปในเนื้อไม้เป็นการเคลื่อนที่ตามกฎของนิวตันข้อใด

ก. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

ข. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

ค. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน

ง. เป็นไปได้ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทุกข้อ



ชั้นสร้างความสนใจ



บัตรคำสั่ง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายวิเคราะห์ภาพแล้วตอบคำถามใช้เวลา 5 นาที
2. ให้นักเรียนกลุ่มอาสาสมัคร 1 กลุ่ม ออกมานำเสนอผลการวิเคราะห์หน้าชั้นเรียน 2 - 3 นาที



ภาพที่ 1 รถยนต์กำลังวิ่งด้วยความเร็ว

(ที่มา : <https://www.google.co.th/search>. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2556)



จากภาพให้แต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์แล้ว
ตอบคำถาม



จากภาพนักเรียนคิดว่าช่วงเวลาที่ยรถเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งความเร็วเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

.....

นักเรียนสามารถเพิ่มหรือลดความเร็วของรถยนต์ได้อย่างไร

.....

.....



ร่วมกันอภิปราย ได้คำตอบแล้ว
กลุ่มอาสาสมัครนำเสนอได้เลยครับ



ขั้นสำรวจและค้นหา



บัตรคำสั่ง

นักเรียนในกลุ่มช่วยกันศึกษาบัตรกิจกรรมที่ 1 และบัตรกิจกรรมที่ 2 แล้วร่วมกันทำกิจกรรมการทดลองตอบคำถาม สรุปเป็นความรู้ลงในบัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 1 บัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 2



บัตรกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงลัพธ์กับความเร่งของวัตถุ

วัสดุ/อุปกรณ์

1. รอกเดี่ยว 2 ตัว
2. รถทดลอง 1 คัน
3. ตั้มน้ำหนัก มวล 0.01 กิโลกรัม 4 ตัว

วิธีทดลอง

1. นักเรียนจัดเตรียมอุปกรณ์ ดังภาพ
2. แขวนลูกตัมน้ำหนัก โดยใช้ลูกตัมด้านละ 1 ตัว (แทนมวลด้านซ้ายด้วย m_B และแทนมวลด้านขวาด้วย m_A) ค่อย ๆ ปล่อยมือ สังเกตการเคลื่อนที่ของรถทดลอง
3. ทำการทดลองเช่นเดิม โดยเปลี่ยน m_A เป็น 0.10, 0.20 , 0.30 กิโลกรัม ตามลำดับ สังเกต และบันทึกผลลงในตาราง
4. แปลผลข้อมูล โดยพิจารณาจากคำถามสำคัญประกอบการทดลอง
5. สรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

(ที่มา : การค้นคว้าอิสระของประภากร ไชยเสนา.
2554. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2556)



บัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

สมาชิกในกลุ่ม

1..... 2.....
3..... 4.....
5..... 6.....

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงลัพธ์กับความเร่งของวัตถุ

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ผลการทดลอง

มวล m_A (kg)	มวล m_B (kg)	การเคลื่อนที่ของรถทดลอง

แปรผลข้อมูล

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

สรุปผลการทดลอง

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



บัตรกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา

วัสดุ/อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสปริง 2 อัน

วิธีทดลอง

1. จับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 ให้อยู่ในแนวระดับ สังเกตเข็มของเครื่องชั่งและบันทึกผล
2. จับขอกเกี่ยวเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 พร้อมทั้งดึงเครื่องชั่งในแนวระดับ จนกระทั่งเข็มของเครื่องชั่งชี้เลข 3 นิวตัน บันทึกผล
3. ใช้มืออีกข้างหนึ่งจับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 โดยคล้องขอกเกี่ยวเข้ากับขอกเกี่ยวเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 แล้วออกแรงดึงในแนวระดับ จนกระทั่งเข็มของเครื่องชั่งอันที่ 1 ชี้เลข 3 นิวตัน สังเกตเข็มของเครื่องชั่งอันที่ 2 อ่านค่าและบันทึกผล
4. ร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง และอธิบายการเกิดแรง
5. ร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา จากการทดลอง



ภาพที่ 3 การดึงสปริง (ที่มา : หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 1
กระทรวงศึกษาธิการ. 2553. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2556)



บัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา

สมาชิกในกลุ่ม

- | | |
|--------|---------|
| 1..... | 2. |
| 3..... | 4. |
| 5..... | 6..... |

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ผลการทดลอง

- เมื่อจับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 อยู่นิ่งในแนวระดับ พบว่า
.....
- เมื่อดึงเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 และเข็มชี้ที่เลข 3 นิวตัน ใช้แรงดึงเครื่องชั่งสปริงเท่าใด
.....
- เมื่อใช้เครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 ดึงเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 จนเข็มของเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 อ่านค่าได้ 3 นิวตัน เข็มของเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 อ่านค่าได้เท่าใด
.....
- เครื่องชั่งสปริงออกแรงกระทำต่อมือหรือไม่ และมีมือมีแรงกระทำต่อเครื่องชั่งสปริงหรือไม่
อย่างไร
.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....



ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป



บัตรคำสั่ง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมตามบัตรกิจกรรม
2. ให้นักเรียนกลุ่มอาสาสมัคร 1 กลุ่ม ออกมานำเสนอความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมตามบัตรกิจกรรม
3. ให้นักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้นำเสนอ ออกมานำเสนอเพิ่มเติมในส่วนที่แตกต่างจากกลุ่มอาสาสมัคร
4. ให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อหาความถูกต้องตามเหตุและผล
5. ครูสรุปเพิ่มเติมในส่วนที่ขาดให้สมบูรณ์



PHYSICS

เฉลยบัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงลัพธ์กับความเร่งของวัตถุ

สมมติฐานการทดลอง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ น่าจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

ตัวแปรต้น ขนาดของแรงลัพธ์

ตัวแปรตาม ขนาดของความเร็วที่เปลี่ยนไป

ผลการทดลอง

มวล m_A (kg)	มวล m_B (kg)	การเคลื่อนที่ของรถทดลอง
0.10	0.10	รถทดลองไม่เคลื่อนที่
0.20	0.10	รถทดลองเคลื่อนที่ไปทางด้านมวล m_A
0.30	0.10	รถทดลองเคลื่อนที่ไปทางด้านมวล m_A ด้วยความเร็วที่มากขึ้น

แปรผลข้อมูล

- เมื่อมวล m_A เพิ่มขึ้น แรงโน้มถ่วงทางด้าน m_A จะมากกว่า แรงโน้มถ่วงทางด้าน m_B
- แรงลัพธ์เท่ากับ แรง m_A - แรง m_B ทำให้รถทดลองเริ่มเคลื่อนที่จากภาวะหยุดนิ่งไปทางด้าน m_A
- รถทดลองมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว หรือ มีความเร่ง
- เมื่อแรงลัพธ์เพิ่มขึ้น ความเร่งจะเพิ่มขึ้นตาม

สรุปผลการทดลอง

แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง



เฉลยบัตรรายงานการทดลองกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา

สมมติฐานการทดลอง แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาน่าจะมีขนาดของแรงเท่ากัน และมีทิศทางตรงกันข้าม

ตัวแปรต้น ขนาดของแรงดึงและทิศทางของแรงในสปริงอันที่ 1

ตัวแปรตาม ขนาดของแรงดึงและทิศทางของแรงในสปริงอันที่ 2

ผลการทดลอง

- เมื่อจับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 อยู่นิ่งในแนวระดับ พบว่า
เข็มของเครื่องชั่งสปริงชี้ที่เลข 0 แสดงว่าไม่มีแรงกระทำต่อเครื่องชั่งสปริง
- เมื่อดึงเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 และเข็มชี้ที่เลข 3 นิวตัน ใช้แรงดึงเครื่องชั่งสปริงเท่าใด
3 นิวตัน
- เมื่อใช้เครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 ดึงเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 จนเข็มของเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1
อ่านค่าได้ 3 นิวตัน เข็มของเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 อ่านค่าได้เท่าใด
อ่านค่าได้ 3 นิวตันเท่ากัน
- เครื่องชั่งสปริงออกแรงกระทำต่อมือหรือไม่ และมือมีแรงกระทำต่อเครื่องชั่งสปริงหรือไม่
อย่างไร
มีแรงกระทำต่อกัน เมื่อมือดึงเครื่องชั่งสปริง เครื่องชั่งสปริงก็จะดึงมือ ด้วยแรงที่เท่ากัน แต่
ทิศทางตรงกันข้าม

อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่า แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา เป็นแรงที่เกิดขึ้นจากการออกแรง
สัมผัสกันของมือกับตาชั่งสปริง หรือแรงดึงระหว่างตาชั่งสปริงกับตาชั่งสปริง เมื่อใช้ตาชั่ง
สปริงอันที่ 2 ดึงตาชั่ง



ชั้นขยายความรู้

บัตรคำสั่ง

1. ให้นักเรียนแต่ละคนอ่านเนื้อหาจากบัตรเนื้อหา เรื่อง กฎการเคลื่อนที่
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน
กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน และกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน



บัตรเนื้อหา เรื่อง กฎการเคลื่อนที่

เซอร์ไอแซค นิวตัน



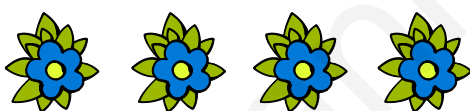
ภาพที่ 4 เซอร์ไอแซค นิวตัน (ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/2/scientist/scientist3/Sir%20Isac%20Newton.html>. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)

เซอร์ไอแซค นิวตัน เกิดวันที่ 25 ธันวาคม ค.ศ. 1642 เมืองลินคอล์นเชียร์ (Lincolnshire) ประเทศอังกฤษ (England) เสียชีวิต วันที่ 20 มีนาคม ค.ศ. 1727 กรุงลอนดอน (London) ประเทศอังกฤษ (England)



- ผลงาน**
- ตั้งกฎแรงดึงดูดของโลก
 - ตั้งกฎเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ
 - ตั้งทฤษฎีแคลคูลัส (Calculus)
 - ประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง
 - ค้นพบสมบัติของแสงที่ว่าแสงสีขาวประกอบขึ้นจากแสงสีรุ้ง

ในบรรดานักวิทยาศาสตร์ทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วและจะกล่าวต่อไป นิวตันเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นอัจฉริยะคนหนึ่งเลยทีเดียว แม้แต่นักวิทยาศาสตร์ผู้มีความสามารถอย่างไอน์สไตน์ก็ได้รับการยกย่องให้ฉลาดเท่ากับนิวตัน นั่นคือการแสดงให้เห็นว่าเขาคืออัจฉริยะคนหนึ่งของโลก



กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน



ชาวกรีกโบราณได้สังเกตเห็นว่า วัตถุทุกชนิดจะมีตำแหน่งหยุดนิ่งตามธรรมชาติ โดยวัตถุเหล่านี้จะพยายามเคลื่อนที่เข้าหาดำแหน่งนี้ เช่น ก้อนหินตกลงสู่พื้น คิวบอยขึ้นสู่อากาศ เมื่อใดที่วัตถุอยู่ ณ ตำแหน่งหยุดนิ่ง ตามธรรมชาติแล้ว วัตถุจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวมันเอง และการที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จะต้องมีแรงมากระทำ



ความเฉื่อย ในคริสต์ศตวรรษที่ 16 นักดาราศาสตร์ชาวอิตาลี ชื่อ กาลิเลโอได้ตั้งข้อสงสัยกับแนวความคิดที่ว่าถ้าต้องการให้วัตถุคงสภาพการเคลื่อนที่ต่อไป จะต้องมีความกระทำกับวัตถุ เขาจึงได้เสนอแนวคิดใหม่ว่า เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แล้วไม่จำเป็นจะต้องมีความเร่งหรือแรงผลักเพื่อให้วัตถุนั้นคงสภาพการเคลื่อนที่ต่อไป แต่ถ้าเราต้องการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเราจำเป็นจะต้องออกแรงกระทำกับวัตถุนั้น แต่ไม่ว่าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่หรืออยู่นิ่งเมื่อใดมีความกระทำวัตถุทุกชนิดจะพยายามต่อต้าน การเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ เราเรียกการต่อต้านการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ว่า ความเฉื่อย (Inertia) ความเฉื่อยจึงเป็นแนวโน้มที่วัตถุต่อต้านการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่

แนวคิดของกาลิเลโอนี้ เป็นแนวทางให้กับแนวคิดของนักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษคนหนึ่ง คือ เซอร์ ไอแซค นิวตัน ในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 16 นิวตันได้ค้นพบกฎพื้นฐานสามข้อที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ โดยกฎข้อที่หนึ่งนั้นมาจากแนวคิดของกาลิเลโอ กฎข้อที่หนึ่งของนิวตันกล่าวว่า วัตถุที่อยู่นิ่งจะยังคงสภาพอยู่นิ่ง และวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ก็ยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่อไป จนกว่าจะมีแรงที่ไม่สมดุลมากระทำ เรามักเรียกกฎข้อนี้ว่าเป็น กฎของความเฉื่อย (Law of Inertia) เหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันสามารถอธิบายได้ด้วยความเฉื่อยตัวอย่าง เช่น ถ้านักเรียนนั่งอยู่ในรถยนต์ที่หยุดอย่างกะทันหัน ความเฉื่อยจะทำให้ตัวนักเรียนยังคงเคลื่อนที่ต่อไปข้างหน้า ดังนั้นนักเรียนจึงต้องการแรงมาช่วยทำให้นักเรียนหยุดการเคลื่อนที่ได้ ซึ่งแรงนั้นมาจากเข็มขัดนิรภัย แต่ในกรณีที่นักเรียนไม่ได้คาดเข็มขัดนิรภัย แรงนั้นอาจจะมาจากกระจกหน้ารถยนต์ก็ได้

กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน หรือกฎแห่งความเฉื่อย กล่าวว่า " วัตถุทุกชนิดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ นอกจากมีแรงมากระทำต่อวัตถุ "

ประเด็นใจความที่สำคัญมี 2 ประเด็นได้แก่

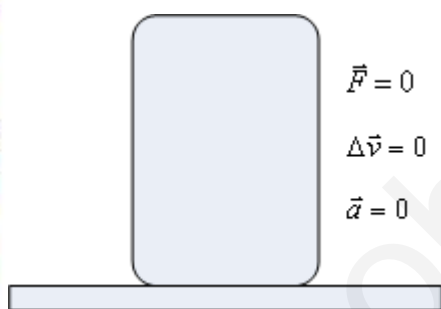
- ก. สถานะเริ่มต้น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ไม่อยู่นิ่งมันจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
- ข. แรงเป็นเงื่อนไขทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว



ตัวอย่างที่ 1 จากเงื่อนไขที่กำหนดให้ ให้อธิบายโดยใช้กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน พร้อมทั้งแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุ

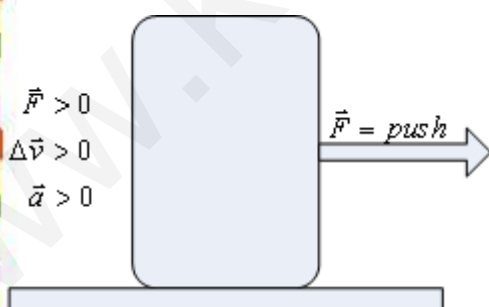
- ก. กล้องวางนิ่งอยู่บนโต๊ะ
- ข. เมื่อออกแรงดึงต้อกล้อง
- ค. กล้องเคลื่อนที่แล้วหยุดนิ่ง
- ง. กล้องเคลื่อนที่บนพื้นลื่น
- จ. ผูกบอลลูกเล็ก ๆ ที่ปลายเชือกแล้วแกว่งเป็นวงกลม

วิธีทำ



- ก. เนื่องจากไม่มีแรงกระทำต่อกล้อง วัตถุยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แต่ในกรณีนี้วัตถุอยู่นิ่ง ความเร็วเป็นศูนย์ ดังนั้น วัตถุจะคงอยู่นิ่งเหมือนเดิม

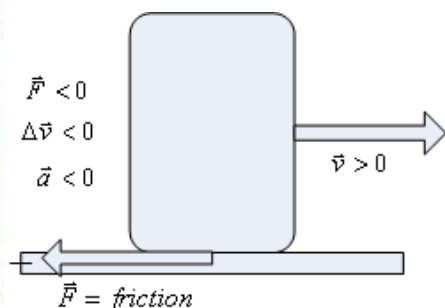
ภาพที่ 5 วัตถุอยู่นิ่งความเร็วเป็นศูนย์ (ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/75/force/index4.htm>. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)



- ข. เมื่อออกแรงดึงกล้อง กล้องจะเคลื่อนที่มี การเปลี่ยนแปลงความเร็วเนื่องจากมีแรงมากระทำ ทำให้เกิดความเร่ง

ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อมีแรงมากระทำ (ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/75/force/index4.htm> สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)



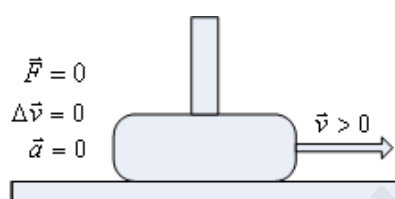


ค. เมื่อกล่องเคลื่อนที่แล้วหยุดนิ่ง กล่องเคลื่อนที่ถ้าไม่มีแรงมากระทำกล่อง ก็ยังคงเคลื่อนที่ต่อไป แต่เนื่องจากกล่องหยุดนิ่งแสดงว่าต้องมีแรงมากระทำต่อกล่อง ในที่นี้คือแรงเสียดทานทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลง
กล่องเคลื่อนที่ช้าลงจนกระทั่งอยู่นิ่ง

ภาพที่ 7 แรงเสียดทานทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลง

(ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/75/force/index4.htm>.

สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)

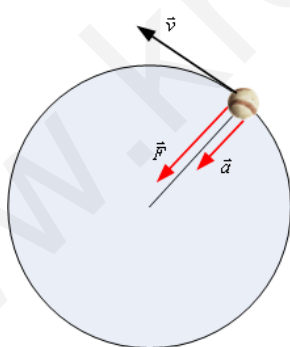


ง. เมื่อกล่องเคลื่อนที่บนพื้นลื่นและไม่มีแรงมากระทำต่อกล่อง กล่องก็ยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่อไป

ภาพที่ 8 กล่องเคลื่อนที่บนพื้นลื่นและไม่มีแรงมากระทำ

(ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/75/force/index4.htm>.

สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)



จ. เมื่อลูกบอลหมุนเป็นวงกลมอัตราเร็วจะคงที่ แต่ทิศทางความเร็วจะเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดแรงบนเส้นเชือก

ภาพที่ 9 ลูกบอลหมุนเป็นวงกลมอัตราเร็วจะคงที่

(ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/75/force/index4.htm>.

สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)



กฎข้อที่สองของนิวตัน



กฎข้อที่สองของนิวตัน เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความเร่งและมวลของวัตถุนั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง แรง มวล และความเร่ง สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{แรง} = \text{มวล} \times \text{ความเร่ง}$$

เราเรียกสมการนี้ว่ากฎข้อที่สองนิวตัน

ก็เช่นเดียวกับในทุกสมการ นักเรียนจะต้องให้ความสำคัญกับหน่วยของปริมาณที่นักเรียนวัด เมื่อหน่วยของความเร่ง คือ เมตรต่อวินาทีต่อวินาที (m/s^2) และมวลมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) ดังนั้น แรงจึงมีหน่วยเป็น กิโลกรัม \times เมตรต่อวินาทีต่อวินาที (kg.m/s^2) หรือเรียกหน่วยนี้ว่า นิวตัน (N) เพื่อเป็นเกียรติแก่ ไอแซค นิวตัน 1 นิวตัน มีค่าเท่ากับแรงที่ใช้เพื่อทำให้ วัตถุมวล 1 กิโลกรัม มีความเร่งเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาทีต่อวินาที

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2$$

สมมติว่านักเรียนมีมวล 50 กิโลกรัม และเดินด้วยความเร่ง 1 เมตร/วินาที.วินาที นักเรียนสามารถหาแรงที่ใช้ได้โดยการแทนค่ามวลและความเร่งลงในสมการ

$$\text{แรง} = \text{มวล} \times \text{ความเร่ง}$$

$$\text{นั่นคือ แรง} = 50 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2$$

$$\text{แรง} = 50 \text{ kg.m/s}^2$$

$$= 50 \text{ N}$$



บางครั้งนักเรียนอาจจำเป็นต้องเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความเร่ง แรง และมวล ในรูปแบบอื่น เช่น

$$\text{ความเร่ง} = \text{แรง} \div \text{มวล}$$

สมการนี้ได้มาจากการจัดกฎข้อที่สองของนิวตันในรูปแบบใหม่

การเปลี่ยนแรงและการเปลี่ยนมวล

นักเรียนพิจารณาสมการของความเร่งที่ว่า $\text{ความเร่ง} = \text{แรง} \div \text{มวล}$ นักเรียนจะมีวิธีการเพิ่มความเร่งของวัตถุได้อย่างไร วิธีหนึ่งที่จะเพิ่มความเร่งได้ก็คือ การเปลี่ยนแรงจากสมการ ความเร่งและแรงมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน การออกแรงมากขึ้นจะทำให้ความเร่งมีค่ามากขึ้นตาม ดังนั้น เพื่อที่จะให้วัตถุมีความเร่งมากขึ้น นักเรียนจะต้องออกแรงดึงให้มากขึ้น

อีกวิธีหนึ่งที่จะเพิ่มความเร่งก็คือ การเปลี่ยนมวลจากสมการนักเรียนจะเห็นว่า ความเร่งและมวลมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามกัน ซึ่งหมายความว่า การเพิ่มมวลจะทำให้ความเร่งลดลง การลดมวลจะทำให้ความเร่งเพิ่มขึ้น ดังนั้น ถ้านักเรียนต้องการที่จะเพิ่มความเร่ง นักเรียนจะต้องลดมวลของวัตถุนั้น

กฎข้อที่สองของนิวตัน กล่าวว่า "ความเร่งของของวัตถุจะแปรผันตรงกับแรงสุทธิที่กระทำต่อวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ" ทิศของความเร่งจะมีทิศเดียวกับแรงสุทธิที่กระทำบนวัตถุ สามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

จากสมการจะได้ว่าแรงรวมที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับมวลคูณด้วยความเร่ง

ประเด็นใจความสำคัญมี 2 ประเด็นได้แก่

ก. มวล พิจารณาวัตถุ 2 ชนิดมีขนาดเท่ากันทุกประการ อันหนึ่งทำจากเหล็กอีกอันหนึ่งทำจากไม้ เมื่อออกแรงผลักวัตถุหรือยกวัตถุทั้งสอง จะรู้สึกว่าวัตถุที่ทำจากเหล็กต้องใช้แรงมากกว่า แสดงว่าขณะที่ออกแรงกระทำต่อวัตถุ วัตถุนั้นจะต่อต้านการเปลี่ยนแปลง เรียกสภาพการต้านทานหรือต่อต้านการเปลี่ยนแปลงสภาวะการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นว่า " ความเฉื่อย " มวลเป็นปริมาณ สเกลาร์ จะมีค่าคงที่ไม่ว่าจะวาง ณ ที่ใดมีหน่วยเป็นกิโลกรัม

ข. แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

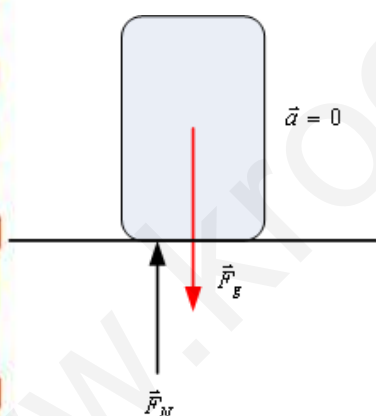




ภาพที่ 10 แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่
(ที่มา : <https://docs.google.com/document/d/1FGEfhIAiz8WKLxrk3YHfyY49WjgNr0k1ZbaxtyKxjSw/edit?hl=th&pli=1>. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)

ตัวอย่างที่ 2 กล้องโบนิ่งวางนิ่งอยู่บนโต๊ะ ให้นักศึกษาเขียนแรงต่าง ๆ ที่กระทำบนกล้องจากนั้นใช้กฎข้อสองของนิวตันเปรียบเทียบขนาดของแรงที่เกิดขึ้นบนกล้อง

วิธีทำ จากตัวอย่างที่ 1 แรงที่กระทำต่อยังไม่ครบสมบูรณ์ แรงที่กระทำต่อกล้อง ได้แก่



แรงโน้มถ่วงมีทิศลง (\vec{F}_g) และโต๊ะออกแรงต้านมีทิศขึ้น แต่กล้องยังคงอยู่นิ่งเหมือนเดิม นั่นคือแรงสุทธิที่กระทำต่อกล้องมีค่าเป็นศูนย์ และเรียกแรงที่โต๊ะกระทำมีทิศขึ้นว่าแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากกับผิว (\vec{F}_N)

จากกฎข้อสองของนิวตัน

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= m \vec{a} \\ \vec{F}_N - \vec{F}_g &= 0 \\ \vec{F}_N &= \vec{F}_g\end{aligned}$$

ภาพที่ 11 แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากกับผิว

(ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/75/force/index4.htm>.

สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)



กฎข้อที่สามของนิวตัน

นิวตันอธิบายไว้ว่า เราไม่ได้ออกแรงกระทำต่อวัตถุเพียงฝ่ายเดียวเท่านั้น เมื่อวัตถุหนึ่งออกแรงกระทำกับอีกวัตถุหนึ่ง วัตถุที่สองก็จะออกแรงกระทำกลับไปยังวัตถุแรก โดยที่แรงกระทำกลับนี้จะมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้ามกับแรงแรก ซึ่งนิวตันเรียกแรงทั้งสองนี้ว่าเป็นแรงกิริยา (Action) และแรงปฏิกิริยา (Reaction) กฎข้อที่สามของนิวตันได้กล่าวไว้ว่า ถ้าวัตถุหนึ่งออกแรงกระทำกับอีกวัตถุหนึ่ง วัตถุที่ถูกกระทำจะออกแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้ามกระทำกลับต่อวัตถุแรก



ภาพที่ 12 การออกแรงตอกตะปูเข้าไปในเนื้อไม้

(ที่มา : http://image.baidu.co.th/s?tn=SE_gthimage_ebolv83a&ie.

สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)

พิจารณารูปค้อนออกแรงตอกตะปูเข้าไปในเนื้อไม้ ในขณะเดียวกัน ตะปูก็ออกแรงกระทำกลับไปยังค้อน ซึ่งทำให้ค้อนหยุดเคลื่อนที่เท่ากันแต่ตรงกันข้าม นักเรียนอาจคุ้นเคยกับตัวอย่างกฎข้อที่สามของนิวตัน นักเรียนอาจเคยเล่นสเกต และเห็นว่าเมื่อนักสเกตคนหนึ่งผลักนักสเกตอีกคนหนึ่ง ส่งผลให้ไม้ไผ่คนที่โดนผลักเท่านั้นที่เคลื่อนที่ แต่ทั้งสองคนมีการเคลื่อนที่ที่นักสเกตที่เป็นคนผลักก็ถูกผลักด้วยแรงที่เท่ากัน แต่มีทิศตรงกันข้าม



อัตราเร็วที่ทั้งสองคนเคลื่อนที่ขึ้นกับมวลของนักสเกตแต่ละคน ถ้าทั้งสองคนมีมวลเท่ากัน ทั้งสองคนก็จะมีอัตราเร็วเท่ากัน แต่ถ้าคนหนึ่งมีมวลมากกว่าคนอื่นๆ นั้นก็จะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าคนที่มวมน้อยกว่า เพราะถึงแม้ว่าแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาจะมีขนาดเท่ากัน และมีทิศทางตรงข้ามกัน แต่จากกฎข้อที่สองของนิวตัน เมื่อแรงเท่ากันกระทำกับมวลที่มากกว่าก็จะทำให้มวลนั้นมีความเร่งน้อยกว่า



แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา กฎข้อที่สามของนิวตันเกิดอยู่ตลอดเวลารอบตัว เวลาเดินดันพื้นด้วยเท้า ดังนั้นพื้นก็ดันเท้ากลับด้วยแรงที่เท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม ซึ่งทำให้เดินไปข้างหน้า นักบินไปข้างหน้าได้ด้วยปีกของมันเป็นออกแรงกระทำต่ออากาศ แล้วอากาศก็ผลักปีกของนกกลับด้วยแรงที่เท่ากัน ทำให้นักบินไปข้างหน้าได้

แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาหักล้างกันหรือไม่ ในเรื่องแรง แรงสมดุล คือ แรงที่เท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม เมื่อนำมารวมกันจะได้แรงลัพธ์เป็นศูนย์ คือ แรงหักล้างกัน ทำให้วัตถุไม่เปลี่ยนการเคลื่อนที่ ดังนั้น เหตุใดแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาในกฎข้อที่สามของนิวตันจึงไม่หักล้างกันเมื่อแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้าม

กฎข้อที่สามของนิวตัน กล่าวถึงแรงที่กระทำต่อวัตถุสองชิ้นที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น นั่งบนเก้าอี้ที่มีล้อเลื่อน แล้วใช้มือออกแรงกิริยาผลักกำแพง กำแพงก็จะออกแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้ามกลับ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ถอยหลัง แรงแรกนั้นกระทำต่อกำแพง แต่แรงหลังนั้นกระทำต่อตัวนักเรียน ดังนั้นแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาจึงไม่สามารถรวมกันได้ เพราะแรงแต่ละแรงกระทำกับวัตถุที่ต่างกัน แรงจะสามารถรวมกันได้ก็ต่อเมื่อมันกระทำต่อวัตถุเดียวกันเท่านั้น



กฎข้อที่สามของนิวตัน กฎของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา กล่าวว่า " เมื่อวัตถุชิ้นหนึ่งออกแรง (แรงกิริยา , action) กระทำต่อวัตถุอีกชิ้นหนึ่ง วัตถุอันหลังจะออกแรงด้วยขนาดที่เท่ากันแต่ทิศตรงกันข้าม (แรงปฏิกิริยา - reaction) กับแรงที่เกิดจากวัตถุอันแรก "

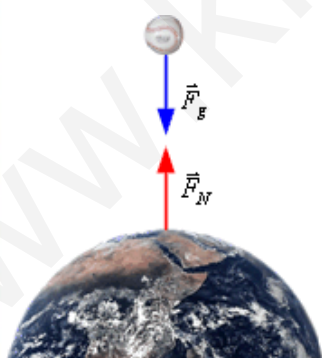
ประเด็นใจความที่สำคัญมี 2 ประเด็น ได้แก่

- ก. แรงไม่ใช่คุณสมบัติของวัตถุ แต่จะเกิดจากวัตถุ 2 ชนิดออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน
- ข. เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยวัตถุทั้งสอง แรงสุทธิต้องเป็นศูนย์

ตัวอย่างที่ 3 พิจารณาจากรูปที่กำหนดให้ ให้เขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุในแต่ละกรณี พร้อมทั้งบอกชื่อของวัตถุที่ออกแรงกิริยา และชื่อของวัตถุที่ออกแรงปฏิกิริยา

- ก. ลูกบอลที่ตกอิสระ
- ข. กล้องวางนิ่งอยู่บนโต๊ะ
- ค. เมื่อรับลูกบอล
- ง.

วิธีทำ



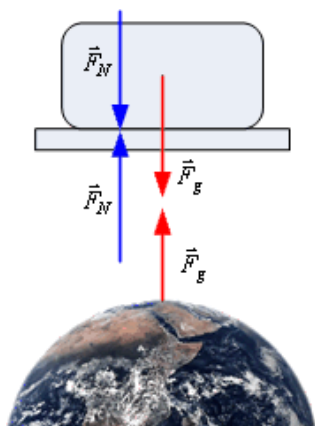
ก. แรงโน้มถ่วงกระทำต่อลูกบอล อาศัยกฎข้อที่สามของนิวตัน โลกจะออกแรงนี้ ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงที่ลูกบอลกระทำต่อโลก แต่เพราะเหตุใดลูกบอลยังตก

ภาพที่ 13 แรงโน้มถ่วงกระทำต่อลูกบอล

(ที่มา : <https://docs.google.com/document>.

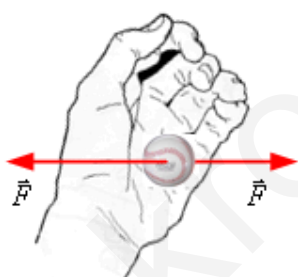
สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)





ข. โลกออกแรงโน้มถ่วงกระทำต่อกล่อง ดังนั้นกล่องจะถูกผลักขึ้น โต๊ะออกแรงขึ้นในทิศตั้งฉากกับผิวโต๊ะ อาศัยกฎข้อที่สามของนิวตัน จะได้ว่ากล่องจะออกแรงในทิศลงกระทำต่อโต๊ะ เมื่อ \vec{F}_g และ \vec{F}_N คือ คู่ของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

ภาพที่ 14 แรงโน้มถ่วงกระทำต่อลูกบอล (ที่มา : <https://docs.google.com/document.> สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)



ค. เมื่อรับลูกบอลมือจะออกแรงกระทำต่อลูกบอล อาศัยกฎข้อที่สามของนิวตัน ลูกบอลจะออกแรงขนาดเท่ากัน ในทิศตรงข้ามกระทำกับมือ

ภาพที่ 15 แรงโน้มถ่วงกระทำต่อลูกบอล (ที่มา : <https://docs.google.com/document.> สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556)



แนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่

วัตถุเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่แสดงว่ามีแรงกระทำต่อวัตถุนั้น ทำให้ทิศทางของวัตถุเปลี่ยนไป ผลของแรงที่เกิดขึ้นกับวัตถุสรุปพอสังเขปได้ดังนี้

ถ้าทิศทางของแรงขนานกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นแนวตรงเหมือนเดิมแต่จะมีค่าความเร่งเกิดขึ้น ถ้าแรงกระทำไปทางเดียวกับการเคลื่อนที่ทำให้ความเร่งมีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ วัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น ถ้าแรงกระทำมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ทำให้ค่าความเร่งของวัตถุเป็นลบ วัตถุเคลื่อนที่ช้าลง จนหยุด และถ้ามีแรงกระทำอย่างต่อเนื่องวัตถุจะเคลื่อนที่ย้อนกลับทางเดิม

ถ้าทิศทางของแรงไม่ขนานกับการเคลื่อนที่ แรงนั้นจะทำให้วัตถุเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ไปตลอดเวลา จนกว่าจะหมดแรงกระทำ และลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุจะไม่เป็นเส้นตรง

สรุปกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

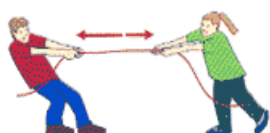
- กฎข้อที่หนึ่ง $\Sigma \vec{F} = 0$ เป็นกฎของการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยที่เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ก็จะเกิดความเร่ง แต่ถ้าวัตถุมีความเร็วคงที่ ก็จะทำให้ความเร่งเป็น 0 ถึงแม้ว่า วัตถุจะมีความเร็ว แต่ถ้าหากความเร่งเป็น 0 ก็จะไม่มีการเพิ่มความเร็ว ทำให้วัตถุเหมือนอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง
- กฎข้อที่สอง $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ ถ้าหากมีแรงมากระทำกับวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง โดยความเร่งจะแปรผันกับแรงที่กระทำ
- กฎข้อที่สาม $\Sigma \vec{F} = -\Sigma \vec{F}$ แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น แรงจึงมีทิศทางที่ตรงไป
- ทุกทิศทางจะมีแรงสวนทิศทางของแรงนั้นเสมอ



ชั้นประเมิน



บัตรคำสั่ง



1. ให้นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามตามบัตรคำถาม เพื่อทบทวนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่
2. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ



บัตรคำถามที่ 1

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (10 คะแนน) เวลา 10 นาที

1. ถ้ามีแรง 2 แรงกระทำต่อวัตถุที่เคลื่อนที่ วัตถุสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่หรือไม่
อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. แรง F มีทิศทางอยู่ในแนวตั้งฉากกระทำต่อก้อนอิฐมวล m ซึ่งวางอยู่บนพื้น ขนาด
ของแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก(N) เป็นอย่างไรเมื่อขนาดของแรง F เพิ่มขึ้นจากศูนย์

2.1 ถ้าแรง F กระทำลง

2.2 ถ้าแรง F กระทำขึ้น

.....

.....

.....

.....

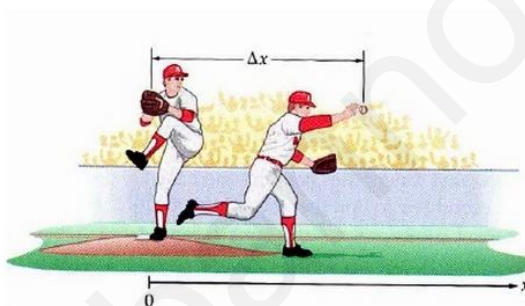


บัตรคำถามที่ 2

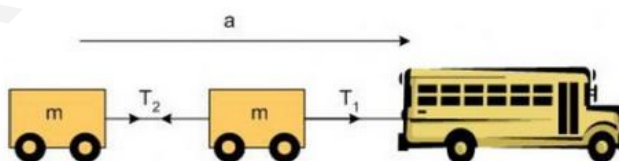
เรื่อง คำนวณกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (10 คะแนน) เวลา 15 นาที

1. นักกีฬาเบสบอลขว้างลูกเบสบอลน้ำหนัก 0.15 กิโลกรัม ไปข้างหน้า ลูกเบสบอลมีความเร็ว 90 ไมล์ต่อชั่วโมง จงหาแรงที่นักกีฬาใช้ขว้างบอล



2. รถโดยสารคันหนึ่งลากรถพ่วงอีก 2 คัน ถ้าไม่คิดแรงเสียดทานจงหาว่าแรงดึงระหว่างหัวรถจักรกับรถพ่วงคันแรก จะมีค่าเป็นกี่เท่าของแรงดึงระหว่างรถพ่วงคันแรกกับคันที่สอง



เฉลยบัตรคำถามที่ 1

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่

1. ถ้ามีแรง 2 แรงกระทำต่อวัตถุที่เคลื่อนที่ วัตถุสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่หรือไม่
อย่างไร

ถ้าแรงทั้งสองนั้นมีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้ามกระทำต่อวัตถุ จะหักล้างกัน
จะได้ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุที่เคลื่อนที่นั้นเป็นศูนย์ ดังนั้น กล่าวได้ว่า ถ้าวัตถุเคลื่อนที่
ด้วยความเร็วคงที่ และมีแรงสองแรงซึ่งมีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้ามมากระทำต่อมัน
แรงจะหักล้างกัน และวัตถุยังคงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงที่

2. แรง F มีทิศทางอยู่ในแนวตั้งฉากกระทำต่อก้อนอิฐมวล m ซึ่งวางอยู่บนพื้น
ขนาดของแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก(N) เป็นอย่างไรเมื่อขนาดของแรง F เพิ่มขึ้นจากศูนย์

2.1 ถ้าแรง F กระทำลง

2.2 ถ้าแรง F กระทำขึ้น

ถ้าแรง F กระทำลงและมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ขนาดของ N จะเพิ่มขึ้นจากค่า
เริ่มต้น mg แต่ถ้าแรง F กระทำมีทิศในแนวขึ้น และมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ขนาด
ของ N จะลดลงจาก mg จนเหลือศูนย์ (ก้อนอิฐเริ่มเคลื่อนที่และลอยจากพื้น)

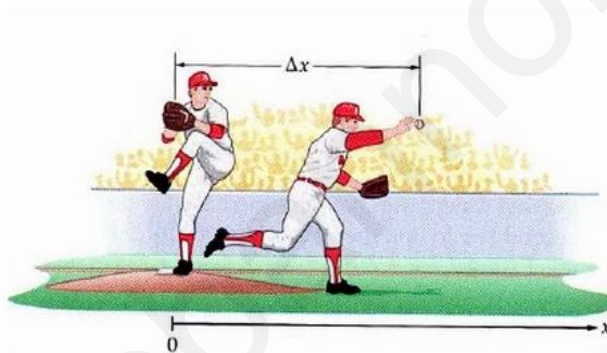
ถ้าแรงกดลงบนวัตถุเพิ่มขึ้น แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (มวลและ
น้ำหนักของวัตถุยังคงเหมือนเดิม) แต่ถ้าแรงดึงขึ้นกระทำต่อวัตถุเพิ่มขึ้น แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก
จะลดลง (มวลและน้ำหนักของวัตถุยังคงเหมือนเดิม)



เฉลยบัตรคำถามที่ 2

เรื่อง คำนวณกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

1. นักกีฬาเบสบอลขว้างลูกเบสบอลน้ำหนัก 0.15 กิโลกรัม ไปข้างหน้า ลูกเบสบอลมีความเร็ว 90 ไมล์ต่อชั่วโมง จงหาแรงที่นักกีฬาใช้ขว้างบอล



วิธีทำ

$$V = 90 \text{ mi/h} = \frac{1.5 \text{ mi}}{\text{Min}} \approx \frac{2400 \text{ mi}}{60 \text{ s}} = 40 \text{ m/s}$$

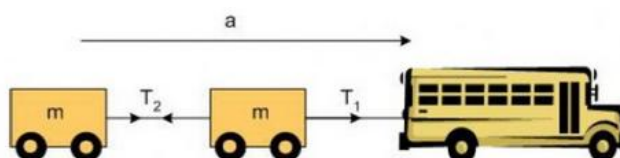
$$a_x = \frac{v^2 - v_0^2}{2\Delta x} = \frac{(40 \text{ m/s})^2 - 0}{2(2.0 \text{ m})} = 400 \text{ m/s}^2$$

$$F_x = ma_x = (0.15 \text{ kg})(400 \text{ m/s}^2) = 60 \text{ N}$$

ตอบ แรงที่นักกีฬาใช้ขว้างบอล คือ 60 นิวตัน



2. รถโดยสารคันหนึ่งลากรถพ่วงอีก 2 คัน ถ้าไม่คิดแรงเสียดทานจงหาว่าแรงดึงระหว่างหัวรถจักรกับรถพ่วงคันแรก จะมีค่าเป็นกี่เท่าของแรงดึงระหว่างรถพ่วงคันแรกกับคันที่สอง



วิธีทำ ให้ใช้หลักการคิดดังนี้

1. การที่วัตถุถูกลากไปด้วยกัน แสดงว่ามีความเร่งเท่ากันทั้งระบบ
2. ถ้าเชือกเบาเท่ากันแล้ว แรงดึงในเส้นเชือกจะเท่ากัน
3. ถ้าเชือกเบาคนละเส้นเนื่องจากมีมวลมากขึ้น แรงดึงเชือกจะไม่เท่ากัน
4. แรงดึงเชือกมีทิศพุ่งออกจากจุดหรือระบบที่เราสนใจเสมอ

พิจารณารถพ่วงคันแรกในระบบ

จากสูตร $\Sigma F = ma$
 จะได้ $T_1 - T_2 = ma$ (1)

พิจารณารถพ่วงคันที่สองในระบบ

จากสูตร $\Sigma F = ma$
 จะได้ $T_2 = ma$ (2)

นำ (2) แทนใน (1) จะได้

$$T_1 - T_2 = T_2$$

แสดงว่า $T_1 = 2T_2$

คำตอบ แรงดึงระหว่างหัวรถจักรกับรถพ่วงคันแรกจะมีค่าเป็นสองเท่าของแรงดึงระหว่างรถพ่วงคันแรกกับคันที่สอง



แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



คำชี้แจง

1. แบบทดสอบ จำนวน 10 ข้อ คะแนน 10 คะแนน
2. เวลา 10 นาที
3. นักเรียนทำเครื่องหมาย X ทับข้อ ก ข ค หรือ ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดแสดงให้เห็นว่า “ วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ ”
 - ก. วัตถุหยุดนิ่ง
 - ข. วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร็วคงตัว
 - ค. วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรงมีความเร่งเท่ากับศูนย์
 - ง. วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรงมีความเร่งค่าหนึ่งคงตัวตลอดไป
2. ข้อใดกล่าวถึงวัตถุที่อยู่นิ่งหรือความเร่งคงที่ได้ถูกต้อง
 - ก. วัตถุนั้นไม่มีแรงกระทำเสมอ
 - ข. วัตถุนั้นมีแรงลัพธ์เป็นศูนย์เสมอ
 - ค. วัตถุนั้นมีแรงกระทำเป็นศูนย์เสมอ
 - ง. วัตถุนั้นมีแรงกระทำที่มีขนาดและทิศทางคงที่เสมอ
3. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้องตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน
 - ก. มีทิศตรงข้าม
 - ข. เป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุต่างชนิดกัน
 - ค. ประกอบด้วยแรงสองแรงมีขนาดเท่ากัน
 - ง. เป็นแรงที่ทำให้แรงลัพธ์บนวัตถุเป็นศูนย์



4. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน มีความหมายตรงกับข้อใด

- ก. วัตถุจะคงสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ
- ข. วัตถุจะคงสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวในแนวตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ
- ค. วัตถุจะคงสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเป็นวงกลม นอกจากจะมีแรงลัพธ์ ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ
- ง. วัตถุจะคงสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวเป็นวงกลม นอกจากจะมีแรงลัพธ์ ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ

5. การตอตะปูลงไปในเนื้อไม้เป็นการเคลื่อนที่ตามกฎของนิวตันข้อใด

- ก. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน
- ข. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน
- ค. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน
- ง. เป็นไปได้ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทุกข้อ

6. ข้อใดกล่าวถึงกฎข้อที่สองของนิวตันได้ถูกต้อง

- ก. วัตถุทุกชนิดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ นอกจากมีแรงมากระทำต่อวัตถุ
- ข. แรงไม่ใช่คุณสมบัติของวัตถุ แต่จะเกิดจากวัตถุ 2 ชนิดออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน
- ค. ความเร่งของของวัตถุจะแปรผันตรงกับแรงสุทธิที่กระทำต่อวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ
- ง. เมื่อวัตถุชิ้นหนึ่งออกแรงกระทำต่อวัตถุอีกชิ้นหนึ่ง วัตถุอันหลังจะออกแรงด้วยขนาดที่เท่ากันแต่ทิศตรงกันข้ามกับแรงที่เกิดจากวัตถุอันแรก

7. สมการตามข้อใดเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

ก. $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

ข. $\sum \vec{F} = 0$

ค. $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

ง. $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_4 + \vec{F}_5$



8. ลังไม้มวล m_1 เท่ากับ 20 กิโลกรัม วางนิ่งอยู่บนลังไม้มวล m_1 เท่ากับ 30 กิโลกรัม ซึ่งวางอยู่บนพื้นจงหาแรงปฏิกิริยาที่ลังไม้มวล 30 กิโลกรัม กระทำต่อลังไม้ 20 กิโลกรัม

ก. 85 นิวตัน

ข. 112 นิวตัน

ค. 140 นิวตัน ง.

196 นิวตัน

9. สมการตามข้อใดเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

ก. $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

ข. $\sum \vec{F} = 0$

ค. $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

ง. $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_4 + \vec{F}_5$

10. ชายคนหนึ่งมวล 50 กิโลกรัม อยู่บนตาชั่งในลิฟต์ที่กำลังวิ่งลง ตาชั่งชี้น้ำหนัก

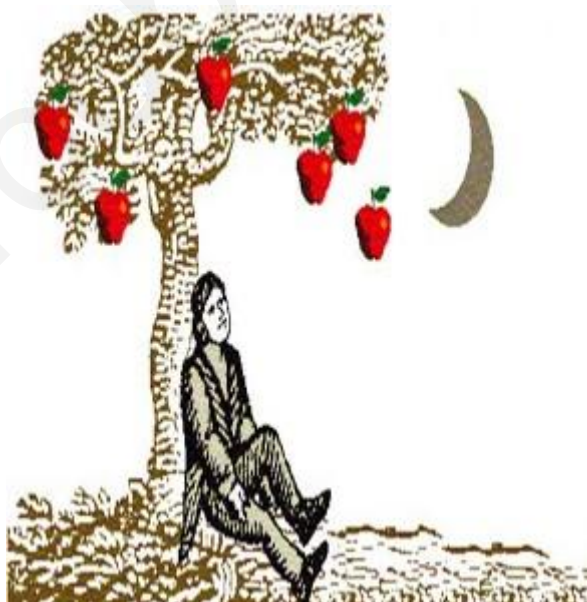
400 นิวตัน จงวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของลิฟต์ ด้วยความเร่งเท่าใด

ก. 2 เมตร/วินาที²

ข. 4 เมตร/วินาที²

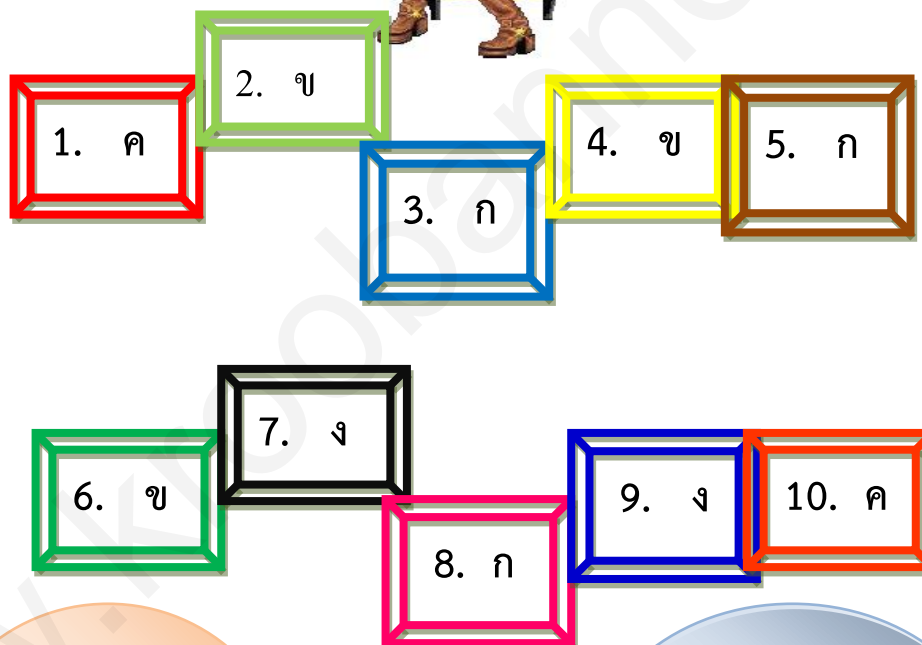
ค. 6 เมตร/วินาที² ง.

8 เมตร/วินาที²



เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



ตอบถูกอีกแล้ว
เยี่ยมยอดจริง ๆ
ตบมือให้ตนเอง
หน่อย



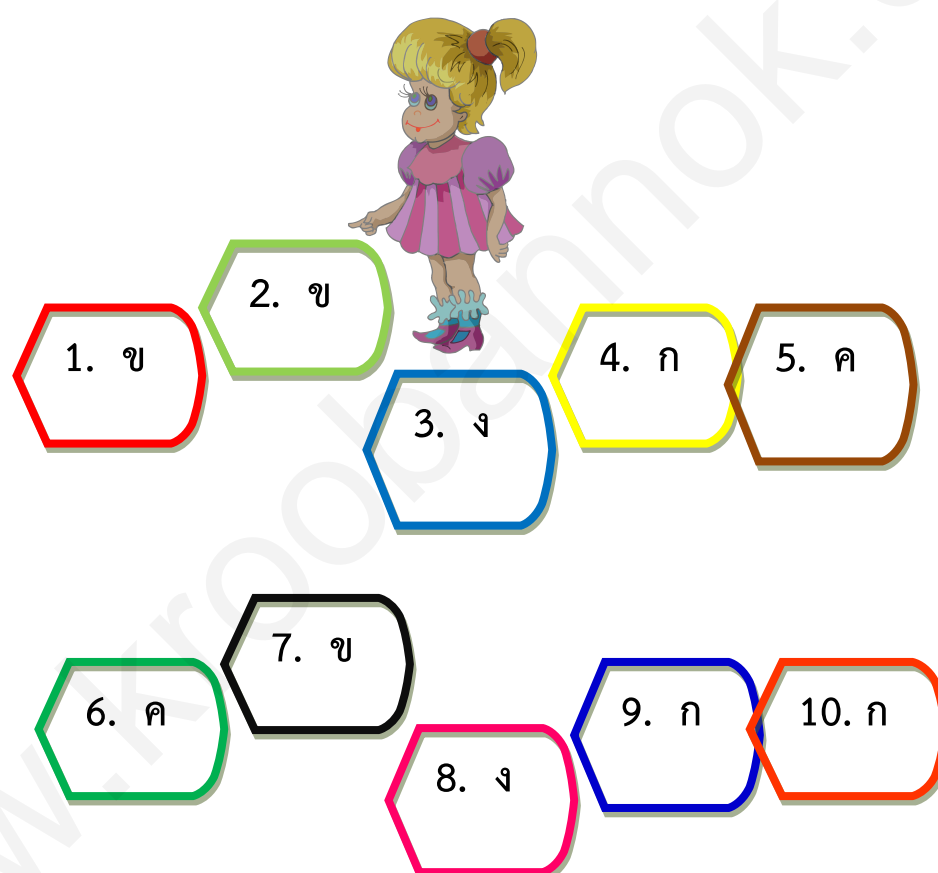
ตอบถูกทุกข้อ... ไข่ใหม่
เก่งจริง ๆ เลย
ไม่ถูกก็ทบทวนใหม่
อีกครั้ง



เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



ไฮโย.....พวกเราทำถูกทุกข้อเลย
เก่งกันจริง.....เก่งกันจัง



แบบสรุปคะแนน

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชุดที่ 2 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่

คะแนน	บัตรรายงาน การทดลอง กิจกรรม ที่ 1	บัตรรายงาน การทดลอง กิจกรรม ที่ 2	บัตร คำถาม ที่ 1	บัตร คำถาม ที่ 2	แบบ ทดสอบ ก่อนเรียน	แบบ ทดสอบ หลังเรียน	คะแนน การ พัฒนา
คะแนนเต็ม	10	10	10	10	10	10	
คะแนนที่ได้							
คิดเป็น ร้อยละ							

(ลงชื่อ) ผู้ประเมิน

(นายจรัสศักดิ์ บุญจรัส)

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ โรงเรียน

เกณฑ์การประเมินบัตรกิจกรรม/บัตรคำถาม

ระดับคุณภาพ

ระดับ 4 9 - 10 คะแนน ข้อมูลถูกต้องครบถ้วนตามจุดประสงค์

ระดับ 3 7 - 8 คะแนน ข้อมูลถูกต้องสมบูรณ์พอสมควรตามจุดประสงค์

ระดับ 2 5 - 6 คะแนน ข้อมูลถูกต้องเป็นบางส่วนไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

ระดับ 1 ต่ำกว่า 5 คะแนน ข้อมูลถูกต้องเป็นส่วนน้อยไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

เกณฑ์การตัดสินผลการประเมิน ได้ระดับ 3 ขึ้นไป ถือว่าผ่าน

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน

ระดับคุณภาพ

ระดับ 4 9 - 10 คะแนน หมายถึง ดี

ระดับ 3 7 - 8 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 5 - 6 คะแนน หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 ต่ำกว่า 5 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

เกณฑ์การตัดสินผลการประเมิน ตั้งแต่ 7 คะแนน ขึ้นไปถือว่าผ่าน

บรรณานุกรม

- จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. **คู่มือรวมสุดยอดเทคนิค ฟิสิกส์ Entrance**. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, 2550.
- จารึก สุวรรณรัตน์. **หนังสือคู่มือฟิสิกส์ ม.4 - 6 รายวิชาเพิ่มเติม เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : เดอะบุคส์ จำกัด, 2553.
- ช่วง ทมทิตชงค์ และคณะ. **ฟิสิกส์ ม.4 - 6**. กรุงเทพฯ : ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง, 2553.
- นิรันดร์ สุวรรณ. **คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 1 ม. 4 - 6**. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, 2553.
- ประกิตเผ่า ทมทิตชงค์. **คู่มือเตรียมสอบวิชาฟิสิกส์ ม.4**. กรุงเทพฯ : ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง, 2550.
- ประสิทธิ์ จันทะภา. **ติวสบายสไตลล์ลุยโจทย์ฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : บริษัท ภูมิบัณฑิตการพิมพ์ จำกัด, ม.ป.ป.
- พรเพ็ญ วัฒนพานิช. **คู่มือเตรียมสอบฟิสิกส์รายวิชาเพิ่มเติม เล่ม 1 ม.4 - 6**. กรุงเทพฯ : บริษัท ภูมิบัณฑิตการพิมพ์ จำกัด, ม.ป.ป.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์และคณะ. **ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญวิชาวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ, 2546.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2555
- _____. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2555.
- วรณัฐ ทองพูล. **กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน** [ออนไลน์]. <http://www.academia.edu/4463798>. [8 สิงหาคม 2556].
- เสมา สอนประสม. **กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน** [ออนไลน์]. www.mwit.ac.th/~tae_mwit/Newton_laws_of_Motion_AJ_Tae.pdf. [7 สิงหาคม 2556].
- Applied Physics. **กฎของนิวตัน**. [ออนไลน์]. <http://www.kmitl.ac.th/~ktbencha/project44/CAI/force/newton/newton.htm>. [6 สิงหาคม 2556].
- Myfirstbrain. **การเคลื่อนที่ของนิวตัน** [ออนไลน์]. http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=75479. [8 สิงหาคม 2556].