กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

พันธ์ ทองชุมนุม*

บทนำ

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 3 ข้อ ถือเป็นพื้นฐานสำคัญมากต่อการศึกษาวิชาฟิสิกส์ หากพิจารณาอย่างผิวเผินพบว่า กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ซ้ำซ้อนกัน นิวตันมีความจำเป็นหรือไม่ที่จะต้องตั้งกฎมาซ้ำกัน หรือมีอะไรแอบแฝงอยู่ในระหว่างกฎทั้ง 2 ข้อ ความเข้าใจที่ผิดพลาดต่อกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จะส่งผลต่อการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การทำความเข้าในต่อกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันอย่างลึกซึ้งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะครูที่ทำการสอนวิชาฟิสิกส์

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's Law of Motion)

เมื่อปี ค.ศ.1686 เซอร์ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) นักวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่แห่งอังกฤษได้เสนอผลงานซึ่งถือว่าเป็นผลงานที่สำคัญที่สุดเท่าที่เคยมีมาในทางวิทยาศาสตร์ เพราะหลังจากที่นิวตันเสนอผลงานนี้ออกมา เราพบว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุอยู่ในกฎเกณฑ์ที่นิวตันเสนอไว้ แม้เวลาจะล่วงเลยมากว่า 300 ปีแล้วก็ตาม กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้ง 3 มีดังนี้

ข้อที่ 1

"Every body continues in its state of rest or of uniform motion in a straight line, unless a resultant force acts on it"

"วัตถุจะรักษาสภาพนิ่งหรือสภาพการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ"

เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$\Sigma\vec{F} = 0 \qquad [1]$$

ข้อที่ 2

"The acceleration of a body is directly proportional to, and the same direction as, the resultant force that acts on it, and inversely proportional to the mass of the body"

"ความเร่งของวัตถุเป็นสัดส่วนโดยตรง และมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ และเป็นสัดส่วนผกผันกับมวลของวัตถุ"

เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$\Sigma\vec{F} = \vec{ma} \qquad [2]$$

ข้อที่ 3

"To every action, there is an equal and opposite reaction"

"ทุกแรงกริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้าม"

เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \qquad [3]$$

* อาจารย์ระดับ 5 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ความเข้าใจที่คาดเคลื่อน ในกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

หากพิจารณากฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 อย่างผิวเผิน จะเห็นว่ากฎการเคลื่อนที่ทั้งสองข้อซ้ำซ้อนกัน โดยกฎข้อที่ 1 เป็นกรณีหนึ่งของกฎข้อที่ 2 คือ กรณีที่ความเร่งมีค่าเป็นศูนย์ ปัญหาที่น่าคิดก็คือ นิวตันมีความจำเป็นหรือไม่ที่จะต้องแยกกฎทั้งสองข้อออกจากกัน ทั้งที่กฎทั้งสองสามารถรวมกันเป็นหนึ่งข้อได้ และสุดท้ายทำให้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเหลือเพียงสองข้อ หรือถ้าหากกฎข้อที่ 1 และกฎข้อที่ 2 ไม่สามารถรวมกันได้ นิวตันมีความจำเป็นอย่างไร จึงต้องแยกออกจากกัน

จากการพิจารณาอย่างลึกซึ้งพบว่า สาเหตุที่นิวตันต้องแยกกฎข้อที่ 1 ออกจากกฎข้อที่ 2 เพราะกฎข้อที่ 1 เป็นกฎที่กำหนดกรอบอ้างอิงของผู้สังเกตที่ใช้กฎข้อที่ 2 ว่า "กรอบอ้างอิงเฉื่อย" (Inertial Frame of Reference) หรือเป็นกรอบอ้างอิงที่ไม่มีความเร่ง

การนำกฎการเคลื่อนที่ทั้ง 3 ข้อของนิวตันไปใช้นั้นเราพบว่า กฎที่ใช้แก้ปัญหาการเคลื่อนที่โดยตรงคือ กฎข้อที่ 2 ส่วนกฎข้อที่ 1 จะเป็นตัวกำหนดกรอบอ้างอิงของผู้สังเกต สำหรับกฎข้อที่ 3 จะช่วยในการหาแรงที่ต้องการทราบบางแรง การใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ผู้ใช้จะต้องคำนึงสิ่งดังต่อไปนี้

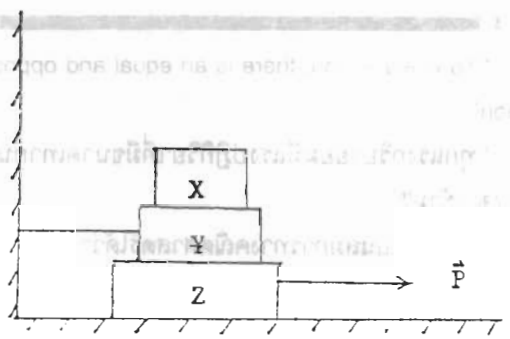
1. ระบบ (System) หรือวัตถุ (Body) หมายถึงสิ่งที่เรากำลังพิจารณาการเคลื่อนที่ อาจจะหมายถึงวัตถุทั้งก้อนหรือวัตถุมากกว่าหนึ่งก้อน โดยมีข้อแม้ว่าจะต้องไม่มีช่องโหว่ระหว่างวัตถุ ต้องเป็นลักษณะที่ต่อเนื่อง

จากรูปที่ 1 ระบบอาจจะเป็น x หรือ y หรือ z หรือ x + y หรือ y+z แต่ระบบจะเป็น x + z ไม่ได้

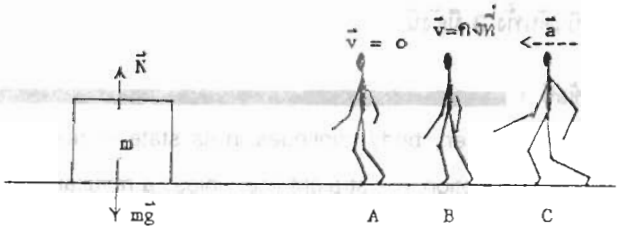
2. แรงภายนอก (External Forces) ที่กระทำต่อระบบ เพราะในการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเป็นสิ่งที่มีบทบาทสำคัญที่สุด แรงสามารถจำแนกได้เป็นแรงภายใน (Internal Forces) และแรงภายนอก (External Forces) โดยแรงภายในเป็นแรงที่เกิดจากภายในระบบ ส่วนแรงภายนอกเป็นแรงที่เกิดจากภายนอกระบบที่เรียกว่า สิ่งแวดล้อม (Surrounding) ซึ่งแรงภายนอกเท่านั้นที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ตัวอย่างที่จะแสดงต่อไปนี้ต้องการยืนยันว่า กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน เป็นกฎที่กำหนดว่ากรอบอ้างอิงของผู้สังเกตที่ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 นั้น ต้องเป็นกรอบอ้างอิงเฉื่อย (Inertial Frame of Reference) หรือเป็นกรอบอ้างอิงที่ไม่มีความเร่ง เพราะหากเป็นกรอบอ้างอิงที่มีความเร่ง (Accelerated Frame of Reference) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จะไม่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1 A, B และ C เป็นผู้สังเกตที่สังเกตวัตถุมวล m ที่วางอยู่นิ่ง ๆ โดย A อยู่นิ่งกับที่ B เคลื่อนที่เข้าหามวลด้วยความเร็ว คงที่ v และ C เคลื่อนที่เข้าหามวลด้วยความเร่งคงที่ $\vec{a}$ จงใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 พิจารณาการเคลื่อนที่จากผู้สังเกต ทั้งสามคน



รูปที่ 1 การเลือกระบบ



รูปที่ 2 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1

ผู้สังเกต A มองวัตถุที่อยู่นิ่ง ด้วยความเร่ง $\vec{a} = 0$

จาก $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

แนวราบ $0 = m(0)$ [1]

แนวดิ่ง $N-mg = 0$ [2]

ผู้สังเกต B มองวัตถุที่อยู่นิ่งด้วยความเร่ง $\vec{a} = 0$

จาก $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

แนวราบ $0 = m(0)$ [3]

แนวดิ่ง $N-mg = 0$ [4]

ผู้สังเกต C มองวัตถุที่อยู่นิ่งด้วยความเร่ง $\vec{a}$

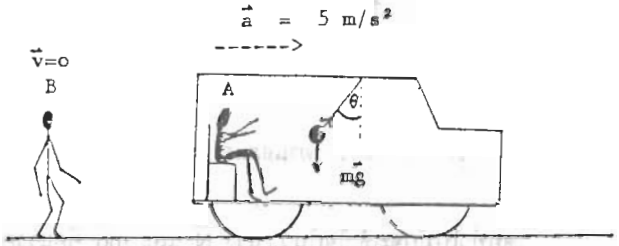
จาก $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

แนวราบ $0 = ma$ [5]

แนวดิ่ง $N-mg = 0$ [6]

พิจารณาคำตอบสมการที่ 1 และสมการที่ 3 พบว่าตรงกันแต่ไม่ตรงกับสมการที่ 5 สมการที่ 1 และสมการที่ 3 นั้นตรงกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน กล่าวคือ เมื่อ $\vec{F} = 0$ จะทำให้ $\vec{a} = 0$ ด้วย ส่วนสมการที่ 5 นั้นแม้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ แต่ผู้สังเกตมองเห็นวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง $\vec{a}$ ซึ่งเมื่อแทนค่าในกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันแล้วพบว่าสมการที่ 5 ไม่เหมือนกับสมการที่ 1 และ 3 จากการพิจารณาอย่างลึกซึ้งพบว่า สมการที่ 5 ผิด เพราะวัตถุจะมีความเร่งไม่ได้ถ้าไม่มีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำ แสดงว่า ถ้าเราจะใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ผู้สังเกตจะต้องอยู่ในกรอบอ้างอิงเฉื่อย (Inertial Frame of Reference) คือต้องมีความเร่งเป็นศูนย์เท่านั้น ดังนั้นการที่นิวตันต้องแยกกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ออกจากข้อที่ 2 เพราะต้องการให้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 กำหนดกรอบอ้างอิงของผู้ที่จะใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 เป็นกรอบอ้างอิงเฉื่อยนั่นเอง

ตัวอย่างที่ 2 รถตู้คันหนึ่งวิ่งด้วยความเร่ง 5 เมตร/วินาที^{2} ที่เพดานของรถตู้ได้ผูกลูกตุ้มมวล m ห้อยไว้ จงหาค่าของมุมที่เชือกผูกลูกตุ้มจะทำกับแนวดิ่งที่ผู้สังเกต A และ B จะสังเกตได้เมื่อ A นั่งอยู่บนรถ และ B อยู่นิ่งนอกรถ



รูปที่ 3 แสดงผู้สังเกตที่อยู่กรอบอ้างอิงเฉื่อย และกรอบอ้างอิงที่มีความเร่ง

เมื่อ B เป็นผู้สังเกต (กรอบอ้างอิงเฉื่อย)

$T\sin\theta = ma$ [1]

$T\cos\theta = mg$ [2]

[1]/[2] $\tan\theta = a/g$

$\theta = \tan^{-1}(\ ?\ )$

$= 29.5$

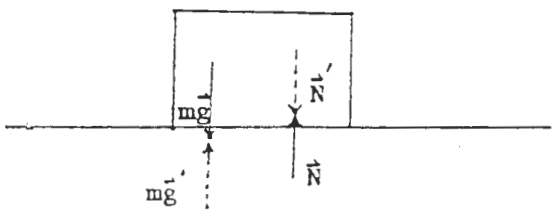
เมื่อ A เป็นผู้สังเกต (กรอบอ้างอิงที่มีความเร่ง)

A จะสังเกตลูกตุ้มหยุดนิ่งคือ $\vec{a} = \theta$

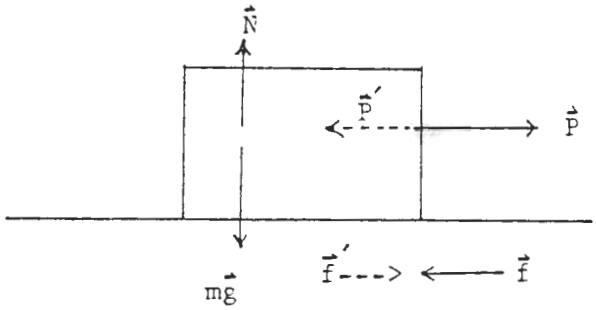
เมื่อคิดแรงที่กระทำแนวระดับ $T\sin\theta = 0$ [3]

ซึ่งสมการที่ 3 จะเป็นศูนย์ไม่ได้ ผิดข้อเท็จจริง เพราะสมการที่ 3 จะเป็นศูนย์ได้เมื่อ T หรือ $\sin\theta$ ตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองค่าเป็นศูนย์ ซึ่งในความเป็นจริงเราพบว่า T และ $\sin\theta$ ทั้งสองค่ามีค่าไม่เป็นศูนย์ นั่นคือจะใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ได้ ก็ต่อเมื่อผู้สังเกตต้องอยู่ในกรอบอ้างอิงเฉื่อยเท่านั้น

นอกจากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ที่ครูผู้สอนหรือนักเรียนมักไม่เข้าใจอย่างลึกซึ้งแล้ว ยังพบว่ากฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3 ซึ่งเกี่ยวข้องกันแรงกริยาและแรงปฏิกริยามักจะเข้าใจคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกัน พิจารณารูปที่ 4



รูปที่ 4 แรงกริยาและแรงปฏิกริยา



รูปที่ 5 แรงภายนอกที่กระทำต่อมวล

โดยทั่วไปมักจะเข้าใจกันว่า แรง $\vec{N}$ และ $m\vec{g}$ คือแรงคู่กริยา-ปฏิกริยากัน ความจริงแล้วแรงคู่นี้กระทำต่อวัตถุคนละวัตถุ **ในรูปที่ 4 แรงคู่กริยา-ปฏิกริยา คือ** $m\vec{g}$ กับ $m\vec{g}'$ และ $\vec{N}$ กับ $\vec{N}'$ แรง $\vec{N}$ เป็นแรงที่พื้นกระทำต่อมวล m ส่วน $\vec{N}'$ คือ แรงที่มวล m กระทำต่อพื้นส่วนแรง $m\vec{g}$ คือแรงที่โลกกระทำต่อมวล m ส่วน $m\vec{g}'$ **เป็นแรงที่มวล** m กระทำต่อโลก

ในเรื่องแรงกริยาและแรงปฏิกริยานั้นพบว่าหลายครั้งนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังที่จะแสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 3 นักเรียนคนหนึ่งถามว่าถ้ากฎข้อที่ 3 ของนิวตันเป็นจริง จะมีประโยชน์อะไรที่เขาจะลากวัตถุมวล m ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวราบ เพราะเมื่อเขาออกแรงลากเท่าไร วัตถุก็จะมีแรงต้านกลับออกมาเท่านั้น ซึ่งทำให้เขาไม่สามารถลากวัตถุให้เคลื่อนที่ได้ ในฐานะเป็นครูสอนวิชาฟิสิกส์ ท่านจะอธิบายอย่างไร

ความเข้าใจของนักเรียนคนนี้คลาดเคลื่อน เพราะความเป็นจริงแรงพยายาม $\vec{P}$ เป็นคู่กริยา-ปฏิกริยากับแรง $\vec{P}'$ ส่วนแรงเสียดทาน $\vec{f}$ เป็นกริยา-ปฏิกริยากับ $\vec{f}'$ ดังนั้นแรง $\vec{P}$ และ $\vec{f}$ ต่างก็เป็นแรงภายนอกที่กระทำต่อมวล m ไม่ได้เป็นแรงคู่กริยา-ปฏิกริยากัน เมื่อออกแรงพยายาม P มากกว่าแรงเสียดทาน f วัตถุก็สามารถเคลื่อนที่ไปตามแนวราบได้

บทสรุป

จากประสบการณ์ในการสอนนักเรียนและนักศึกษา พบว่าปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเรียนวิชาฟิสิกส์คือ การขาดมโนมติ (concept) ที่ถูกต้องในเนื้อหานั้น ๆ การเรียนการสอนในปัจจุบันมุ่งเน้นแต่การที่จะให้นักเรียนสอบเข้ามหาวิทยาลัยได้ มุ่งแต่การแก้ปัญหาโจทย์เป็นหลัก ซึ่งในความเป็นจริงพบว่า การแก้ปัญหาโจทย์ได้ในบางครั้ง ไม่ได้หมายความว่านักเรียนคนนั้นจะมีมโนมติที่ถูกต้องในเรื่องนั้น ดังนั้นการทำให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

บรรณานุกรม

กำธร สุวรรณชวลิต. ***คู่มือการอบรมครูวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) มัธยมศึกษาตอนปลายภาคใต้ ครั้งที่ 1.*** สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2530.

พันธ์ ทองชุมนุม. ***ชุดเสริมประสบการณ์ฟิสิกส์เล่ม 1.*** ปัตตานี : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2531.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. ***แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2 ว 021.*** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2534.