เรื่องเล่าจากครูฟิสิกส์แก่ๆ -1

ผศ.ดร.ธีระพันธุ์ สันติเทวกุล 16 กค 2555

มีอยู่วันหนึ่งหัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ได้มาชักชวนผมให้ช่วยกันเขียนบทความ หรือสิ่งที่น่าสนใจลงในเว็บไซต์ของภาค เนื่องจากการเขียนบทความต้องใช้เวลามากในการขัดเกลาภาษา ผมจึงมีความคิดที่จะเขียนแบบไม่คำนึงถึงภาษาเขียนมากนัก เล่าเรื่องราวเกี่ยวกับประสบการณ์ในการเรียนการสอนให้ผู้ที่เป็นครูฟัง เผื่อว่าอาจเป็นประโยชน์บ้าง โดยเขียนกะว่าจะให้เป็นตอนๆ เหมือนหนังเกาหลีที่ขณะนี้กำลังฮิตในเมืองไทย ในส่วนของวิชาการถ้ามีตรงไหนที่ผมเข้าใจผิดก็ทักท้วงกันได้เลยนะครับ ไม่ต้องกลัวว่าผมจะโกรธเพราะให้เด็กมาสอน ผมเองก็เคยมีเรื่องเข้าใจผิดมากมาย ผมปลื้มใจด้วยซ้ำหากครูรุ่นใหม่ๆสามารถทักท้วงได้ ยิ่งมากยิ่งดี เพราะเป็นสิ่งแสดงว่าประเทศไทยเรามีครูที่มีคุณภาพ และในเชิงวิชาการของฟิสิกส์นั้นถ้าไม่ใช่เรื่องที่ยากจริงๆแล้ว สามารถที่จะถกเถียงกันแล้วหาข้อสรุปได้ ไม่เหมือนทางการเมืองที่หลังจากถกเถียงกันแล้ว ต่างคนต่างก็เชื่อเหมือนที่ตนเองเคยเชื่อ

เรื่องที่จะเล่าถึงคือกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ซึ่งเป็นกฎที่นิวตันตั้งขึ้นมาสามร้อยกว่าปีแล้ว ปัจจุบันเราก็ยังคงสอนกฎนี้ให้แก่นักเรียน นักศึกษา ในยุคของนิวตันนั้นเวกเตอร์ยังไม่มี * แต่ในปัจจุบันเราเขียนกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สอง(กรณีของอนุภาค) ของนิวตันโดยใช้เวกเตอร์ว่า (ในเรื่องเล่า-1 นี้ จะข้ามเรื่องคณิตศาสตร์ของเวกเตอร์และแคลคูลัสไปก่อน)

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} \qquad (1)$$

หรือในกรณีมวลคงที่จะได้ $$\sum \vec{F} = m\vec{a} \qquad (2)$$

หรือถ้าเป็นกรณีระบบอนุภาคหรือวัตถุแข็งเกร็ง ก็จะเป็น

$$\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt} \qquad (3)$$

และ $$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_{CM} \qquad (4)$$

เมื่อ $\vec{F}_{ext}$ คือแรงภายนอกระบบ และ $\vec{a}_{CM}$ เป็นความเร่งของจุดศูนย์กลางมวลของระบบ

ในการใช้งานจริงของสมการ 1-4 นั้น เราใช้ในลักษณะองค์ประกอบของเวกเตอร์ ตัวอย่างเช่นสมการ 2 จะได้ว่าแรงในทิศหนึ่งเท่ากับมวลคูณด้วยความเร่งในทิศนั้น

ในการใช้สมการ 1-4 นี้ มีข้อที่จะต้องระวังสองอย่างคือ

---

* เวกเตอร์ที่เราใช้กันในปัจจุบันเป็นแบบของ Josiah Willard Gibbs (1839-1903) เขาพิมพ์ครั้งแรกของหนังสือ Elements of Vector Analysis ในปี 1881 ครั้งหลังในปี 1884 เพื่อสอนลูกศิษย์ที่มหาวิทยาลัย Yale ลูกศิษย์ของเขาคือ Edwin Bidwell Wilson ได้รวบรวมตีพิมพ์ในปี 1901 เป็นหนังสือชื่อ Vector Analysis: A Text Book for the Use of Students of Mathematics and Physics and Founded upon the Lectures of J.Willard Gibbs

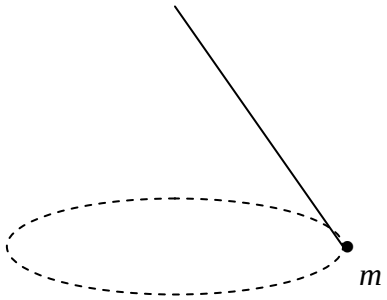
อย่างแรกแรงในทางซ้ายมือของสมการนั้นต้องเป็นแรงจริง แรงจริงคือแรงที่สามารถหาตัวผู้ออกแรงได้ ไม่ใช่แรงเทียมที่เกิดจากความรู้สึกอันเนื่องมาจากการที่ผู้สังเกตอยู่ในกรอบอ้างอิงที่มีความเร่ง

อย่างที่สองคือโมเมนตัมและความเร่งทางด้านขวามือของสมการ 1-4 นั้น ต้องสังเกต* จากผู้สังเกตที่อยู่ในกรอบอ้างอิงเฉื่อย

เราจะมาดูกันว่าแรงจริง มันเป็นอย่างไร

เมื่อประมาณสามสิบปีก่อนสมัยที่ผมยังเป็นนักศึกษาปริญญาโท มีอยู่วันหนึ่งท่านอาจารย์วิจิตร เส็งหะพันธ์ ซึ่งเป็นผู้เป็นผู้สอนกลศาสตร์พวกผม ถามพวกผมในชั้นเรียนว่า ถ้าเราเตะลูกฟุตบอล ตอนที่ลูกบอลลอยในอากาศยังมีแรงเตะที่เท้ากระทำต่อลูกฟุตบอลหรือไม่ จากนั้นท่านเล่าให้ฟังว่าท่านประหลาดใจว่าทำไมจึงมีคนที่คิดว่ายังมีแรงที่เท้ากระทำต่อลูกบอลอยู่ในขณะที่ลูกบอลลอยอยู่ในอากาศ

จากวันนั้นจนถึงวันนี้และจากการเป็นนักศึกษาผมกลายเป็นครูแล้ว และกำลังจะเกษียณอยู่แล้ว ปัญหานี้ก็ยังคงมีอยู่เช่นเดิม ปีแล้วปีเล่าที่ผมพบปัญหาลักษณะนี้ ตัวอย่างเช่นเมื่อถามนักศึกษาว่า ผูกลูกตุ้มมวล m ด้วยเชือก ใช้มือจับปลายเชือกอีกด้านหนึ่งแล้วแกว่งให้เป็นวงกลมดังรูป 1



รูป 1

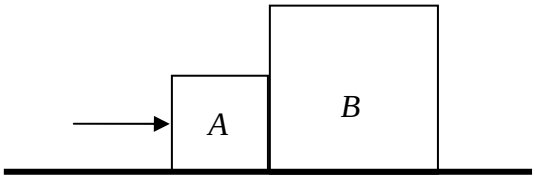
เมื่อถามนักศึกษาว่า มีแรงอะไรบ้างที่กระทำต่อลูกตุ้ม นักศึกษาจะตอบว่ามีแรงดึงดูดของโลก mg แรงตึงเชือก T ซึ่งถูก แต่ก็จะมีนักศึกษาอีกจำนวนหนึ่งที่ตอบว่ามีแรงหนีศูนย์กลางด้วยซึ่งเป็นคำตอบที่ผิด ที่น่าประหลาดใจคือมีนักศึกษาระดับดีเยี่ยมบางคนตอบว่ามีแรงหนีศูนย์กลาง

แรงดึงดูดของโลก ผู้ออกแรงกระทำคือโลก แรงตึงเชือกผู้ออกแรงกระทำคือเชือก ดังนั้นทั้งสองแรงนี้เป็นแรงจริง แต่แรงหนีศูนย์กลางเราหาผู้ออกแรงไม่เจอ เพราะมันไม่ใช่แรงจริง เรา

* คำว่าสังเกตนั้นจริงๆแล้วคือการวัด

เรียกมันว่าเป็นแรงเทียม ซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากความรู้สึกของผู้สังเกตที่อยู่ในกรอบอ้างอิงที่มีความเร่ง

อีกตัวอย่างหนึ่งเช่นมีกล่องสองใบวางติดกันใช้มือผลักกล่อง A ดังรูป 2



รูป 2

เมื่อถามว่ากล่อง B ถูกแรงจากมือกระทำด้วยหรือไม่ มีนักศึกษาจำนวนหนึ่งตอบว่ามี เพื่อที่จะให้เขาเข้าใจ ผมใช้วิธีให้เขาออกมายืนข้างห้องเรียนแต่ให้ห่างจากผนังห้อง แล้วบอกให้เขาผลักผนังห้อง ซึ่งมันเป็นไปไม่ได้เพราะยื่นมือไปไม่ถึงผนัง แต่ถ้าให้มือแตะผนังแล้วเขาผลักได้ เขาก็เข้าใจได้เองว่าแรงจากมือถ้าไม่แตะวัตถุจะออกแรงกระทำต่อวัตถุไม่ได้

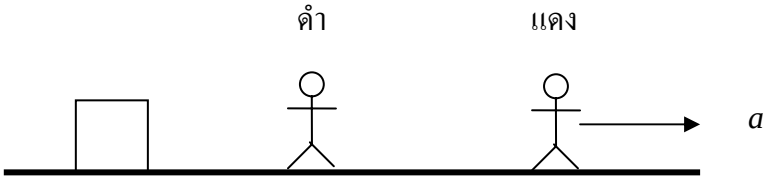
ที่เล่ามานี้อยากบอกว่า การที่เราปล่อยให้เด็กคิดเองนั้น พวกเขาคิดเองไม่ได้ แม้เป็นเด็กระดับดี เขาก็ยังเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ เราควรจะสอนหลักการคิดให้เขา เด็กบางคนเพียงแค่บอกเขาก็เข้าใจได้ทันที แต่บางคนต้องให้เวลาคิดและอาจต้องใช้อุปกรณ์ช่วย แต่มันก็เป็นเพียงแค่อุปกรณ์ง่ายๆที่แทบจะไม่ต้องซื้อ

อันที่จริงแล้วในวิชากลศาสตร์อย่างแรกเลยคือต้องมองให้ออกว่าระบบ(หรือวัตถุ) ที่เราสนใจ ถูกแรงอะไรบ้างกระทำ เพราะกลศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ และตัวที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ก็คือแรง การวิเคราะห์หาแรงจริงที่กระทำต่อวัตถุ(ระบบ)ที่เราสนใจนี้ ทำได้ง่ายๆโดยการดูจากธรรมชาติของแรงแต่ละอย่าง แรงบางอย่างถ้าไม่สัมผัสกับวัตถุจะไม่สามารถออกแรงกระทำต่อวัตถุนั้นได้เช่นแรงจากมือ แรงจากเชือก แรงจากสปริง แรงที่พื้นผิวกระทำต่อวัตถุ ฯลฯ แต่มีแรงบางอย่างที่ไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุก็ออกแรงได้ เช่นแรงดึงดูดของโลก แรงระหว่างประจุไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้นในการวิเคราะห์หาแรงที่กระทำต่อวัตถุก็ดูว่าวัตถุนั้นแตะกับอะไร สิ่งที่วัตถุแตะก็สามารถออกแรงแบบที่ต้องสัมผัสกระทำต่อวัตถุ ที่เหลือก็เป็นแรงแบบไม่ต้องสัมผัส ซึ่งในกรณีของวิชากลศาสตร์ มักเป็นแรงดึงดูดของโลก

ในความคิดเห็นของผม การเรียนในระดับมัธยมศึกษารวมทั้งชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยควรใช้แรงจริง ถึงแม้ว่าการใช้แรงเทียมกับโจทย์บางประเภทนั้นทำให้การคำนวณง่ายขึ้นมาก แต่มักทำให้เด็กสับสนถ้าเขาไม่มีแนวคิด(concept) ในการใช้แรงจริงที่แน่นพอ จึงควรใช้เมื่อมีความรู้เกี่ยวกับการใช้แรงจริงดีแล้ว

เรื่องของแรงจริงบางแรงผมจะกล่าวในตอนต่อๆไป คราวนี้เรามาดูด้านขวามือของสมการ 1-4 กันบ้าง ซึ่งก็คือโมเมนตัมและความเร่งต้องวัดจากกรอบอ้างอิงเฉื่อย

สมมติมีกล่องวางนิ่งบนพื้น ดำอยู่นิ่งเมื่อเทียบกับพื้น ส่วนแดงเคลื่อนไปทางขวามือด้วยความเร่ง a ดังรูป 3



รูป 3

ดำสังเกตเห็นกล่องอยู่นิ่ง เขาบอกว่าแรงลัพธ์ที่ทำต่อกล่องเป็นศูนย์ ซึ่งถูก แต่แดงจะสังเกตเห็นกล่องมีความเร่ง a มีทิศไปทางซ้ายมือ แดงจึงบอกว่ามีแรงซึ่งมีทิศไปทางซ้ายมือกระทำต่อกล่อง ซึ่งผิด ที่ผิดเพราะเขาไม่ได้อยู่ในกรอบอ้างอิงเฉื่อย

ในกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันนั้น ความนัยที่แฝงอยู่คือมีกรอบอ้างอิงชนิดหนึ่งที่เรียกว่ากรอบอ้างอิงเฉื่อย ซึ่งเป็นกรอบอ้างอิงที่กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเป็นจริง

อีกอย่างที่กฎข้อที่หนึ่งบอกคือวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัวโดยไม่ต้องมีแรงกระทำ เพราะก่อนหน้านั้นนักวิทยาศาสตร์บางคนเชื่อว่าต้องมีแรงกระทำวัตถุจึงจะเคลื่อนที่ได้ นิวตันคงอยากจะบอกชัดๆว่าไม่ใช่ จึงได้ตั้งกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งขึ้นมา

ปัญหาในระดับมัธยมรวมทั้งปี 1 มหาวิทยาลัย เราถือว่าพื้นโลกที่เราอยู่นี้เป็นกรอบอ้างอิงเฉื่อยได้ ทั้งนี้ก็เพราะความเร็วของวัตถุและเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่นั้นไม่มากนัก ตัวอย่างเช่นการขว้างก้อนหินให้เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แต่ถ้าเป็นปัญหาบางอย่างเช่นการยิงปืนใหญ่ ซึ่งลูกปืนมีความเร็วมาก อยู่ในอากาศก็นานกว่าขว้างก้อนหินมาก แบบนี้จะถือว่าโลกเป็นกรอบอ้างอิงเฉื่อยไม่ได้ เพราะลูกปืนใหญ่จะเคลื่อนที่แบบเลี้ยว ไม่ได้เคลื่อนที่ในระนาบ*

* การที่เราเห็นลูกปืนใหญ่เลี้ยวเป็นผลมาจากแรงเทียมชนิดหนึ่ง คือแรง Coriolis การหมุนของพายุไซโคลนในแถบซีกโลกเหนือกับซีกโลกใต้หมุนย้อนทิศกัน ก็เป็นผลจากแรงเทียม Coriolis เช่นกัน จะเห็นว่าถึงแม้จะเป็นแรงเทียมแต่มันส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุให้เราเห็น