

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก

Tenth Grade Students' Misunderstandings about the Earth's Gravitational Force

สุภารัตน์ น้อยนาง

pausemind@hotmail.com

โรงเรียนมาบตาพุดพันพิทยาคาร ตำบลเนินพระ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาคำถามความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 คน เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก โดยใช้ข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยอ่านและตีความข้อมูล เพื่อบ่งชี้คำตอบที่แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 23 คำตอบ จากนั้น ผู้วิจัยจัดกลุ่มความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมดออกเป็น 6 กลุ่ม ในจำนวนนี้ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่ปรากฏบ่อยที่สุดคือความสับสนระหว่างแรงโน้มถ่วงของโลกและสนามโน้มถ่วงของโลก ผู้วิจัยจึงเสนอว่า กิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องแรงโน้มถ่วงควรส่งเสริมให้นักเรียนเห็นทั้งความแตกต่างและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทั้งสอง

คำสำคัญ: ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน; แรงโน้มถ่วง; นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Abstract

This article presents results of an investigation of eight tenth grade students' misunderstandings of the Earth's gravitational force using four open-ended questions in conjunction with individual interviews. The researcher read and interpreted data in order to identify answers showing misunderstandings, which totally included 23 items. Then, the researcher categorized all the misunderstandings into 6 groups. Of these, the most frequently apparent misunderstanding was the confusion between the Earth's gravitational force and its gravitational field. The researcher thus suggests that instructional activities should help students discern both difference and relationship between these two quantities.

Keywords: Misunderstandings; Gravitational force; Tenth grade students

บทนำ

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพแขนงหนึ่ง ซึ่งเน้นการบรรยายและการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในรูปแบบของกฎและทฤษฎี ตามลำดับ ความรู้ฟิสิกส์ส่วนหนึ่งมาจากการที่นักวิทยาศาสตร์สังเกต ทดลอง และสร้างแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลองนั้น ด้วยเหตุนี้แนวคิดทางฟิสิกส์ส่วนใหญ่จึงมีความซับซ้อนและเป็นนามธรรมสูง ซึ่งอาจไม่ใช่เรื่องง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยผู้ที่ไม่คุ้นเคย อย่างไรก็ตาม นักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานควรมีความรู้และความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับแนวคิดทางฟิสิกส์ต่างๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

งานวิจัยต่างๆ ในต่างประเทศได้เปิดเผยว่า นักเรียนจำนวนมากประสบกับปัญหาในการเรียนรู้แนวคิดทางฟิสิกส์ และไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง (Reiner *et al.*, 2000) การเรียนรู้แนวคิดทางฟิสิกส์สำหรับนักเรียนเหล่านี้จึงกลายเป็นกิจกรรมที่ขาดซึ่งความหมาย แม้ว่าในบางครั้งผู้สอนได้พยายามจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเหล่านี้ได้คิดและลงมือปฏิบัติ พร้อมทั้งกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเหล่านี้แล้วก็ตาม

Ausubel (1968) เสนอว่า นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เรื่องใดๆ ได้อย่างมีความหมาย ก็ต่อเมื่อนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และความเข้าใจเดิมของตนเองกับแนวคิดหรือเนื้อหาใหม่ ด้วยเหตุนี้ ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องใดๆ ก็ตามผู้สอนจึงควรทราบล่วงหน้าว่า นักเรียนของตนเองมีความรู้และความเข้าใจเดิมเรื่องนั้นอย่างไรบ้าง ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับนักเรียน นอกจากนี้ ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้และความเข้าใจเดิมของตนเอง เพื่อให้นักเรียนได้เกิดความตระหนักและสามารถเปรียบเทียบความรู้และความเข้าใจเดิมนั้นกับแนวคิดหรือเนื้อหาใหม่ (วรณจรีย์ มังสิงห์, 2537) การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ทั้งระหว่างผู้สอนกับนักเรียน และระหว่าง

กลุ่มนักเรียนด้วยตัวเอง เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนทราบและตระหนักถึงความรู้และความเข้าใจเดิมของตนเอง

แรงโน้มถ่วงของโลกเป็นแนวคิดทางฟิสิกส์หนึ่งที่ปรากฏใน “*ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553: 59) ซึ่งระบุไว้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายควรเข้าใจว่า

“ในสนามโน้มถ่วง จะมีแรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุจะตกแบบเสรี สนามโน้มถ่วงทำให้วัตถุต่างๆ ไม่หลุดจากโลก เช่น การโคจรของดาวเทียมรอบโลก และอาจใช้แรงโน้มถ่วงไปใช้ประโยชน์ เพื่อหาแนวตั้งของช่างก่อสร้าง” (ว 4.1 ม. 4 – 6/1)

แม้ว่าแนวคิดเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลกมีประโยชน์อย่างมากในการทำนายและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ แต่แนวคิดดังกล่าวก็มีความเป็นนามธรรมสูง ซึ่งอาจไม่ถนัดสำหรับนักเรียนที่ไม่คุ้นเคย ตัวอย่างเช่น ขจรศักดิ์ บั้วระพันธ์ & เพ็ญจันทร์ สิงห์ (2550: 56 – 57) ได้สรุปสิ่งที่นักเรียนมักเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลกไว้ดังนี้

1. แรงโน้มถ่วงของโลกไม่มีจริง วัตถุตกลงสู่พื้นตามธรรมชาติของมัน
2. ความดันอากาศมีผลต่อค่าของแรงโน้มถ่วงของโลก
3. ขนาดของวัตถุมีผลต่อหรือสัมพันธ์กับขนาดของแรงโน้มถ่วงของโลก
4. แรงโน้มถ่วงของโลกจะกระทำต่อวัตถุ เมื่อแรงขับเคลื่อนภายในวัตถุนั้นหมดลง
5. แรงโน้มถ่วงของโลกต้องอาศัยตัวกลาง
6. แรงโน้มถ่วงของโลกทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวระดับข้างลง

การมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้ส่วนหนึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทำนายและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ บนโลกได้อย่างถูกต้อง

ในฐานะผู้สอนเรื่องแรงโน้มถ่วงในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของตนเอง จะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงอย่างไรบ้าง ในการนี้ ผู้วิจัยเห็นด้วยกับข้อเสนอของ Jones et al. (1991) และ Larkin (2012) ที่ว่า ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเป็นเสมือน “ทรัพยากร” ที่มีคุณค่าสำหรับผู้สอน ทั้งในแง่ของการเรียนรู้และการใช้ประโยชน์เพื่อการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 คน (นักเรียนชาย 3 คน และ นักเรียนหญิง 5 คน) เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก โดยใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ (ดูภาคผนวก) ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล จากนั้น ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการอ่าน ตีความ และบ่งชี้คำตอบที่สื่อถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน พร้อมทั้งจัดกลุ่มความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านั้น ตลอดจนนับความถี่และคำนวณหาค่าร้อยละของจำนวนคำตอบในแต่ละกลุ่ม

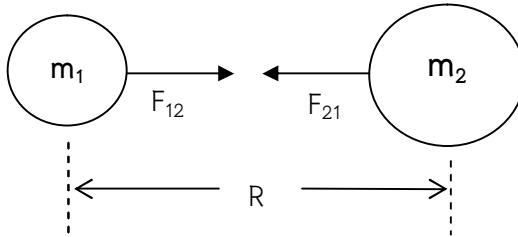
บทความนี้มุ่งนำเสนอความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 คน เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก บทความนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ส่วนที่ 1 เป็นการนำเสนอความเข้าใจของนักฟิสิกส์เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้อ่านในการตีความและเปรียบเทียบกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งจะถูกนำเสนอไว้ในส่วนที่ 2 ของบทความนี้ ในส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายของบทความนี้ ผู้วิจัยจะนำเสนอบทสรุปและข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษานี้ไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก

ความเข้าใจของนักฟิสิกส์เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก

แรงโน้มถ่วง

ในทางฟิสิกส์แล้ว แรงโน้มถ่วงเป็นแรงดึงดูดระหว่างมวลของคู่วัตถุใดๆ (เช่น โลกกับดวงอาทิตย์ โลกกับลูกเทนนิส โต๊ะกับเก้าอี้ และ สำลึกับเศษกระดาษ เป็นต้น)

แรงโน้มถ่วงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากว่า วัตถุทั้งคู่มีมวลเป็นของตนเอง ในกรณีของวัตถุคู่ใดๆ (m_1 และ m_2) แรงโน้มถ่วงนี้จะเกิดขึ้นในลักษณะของคู่แรงกิริยา-ปฏิกิริยา (Action-Reaction) ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ดังแสดงในแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 การเกิดแรงโน้มถ่วงหรือแรงดึงดูดระหว่างคู่มวลใดๆ

กล่าวคือ แรงหนึ่ง (F_{12}) จะกระทำต่อวัตถุที่หนึ่ง (m_1) ซึ่งมีทิศออกไปยังวัตถุที่สอง (m_2) ในขณะที่อีกแรงหนึ่ง (F_{21}) จะกระทำต่อวัตถุที่สอง (m_2) และชี้ออกไปยังวัตถุที่หนึ่ง (m_1) โดยขนาดของแรงทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับผลคูณของมวลของวัตถุทั้งสอง และระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสองยกกำลังสอง ดังแสดงในสมการที่ 1

$$F_{12} = F_{21} = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

สมการที่ 1 ขนาดของแรงโน้มถ่วงหรือแรงดึงดูดระหว่างคู่มวลใดๆ

โดย

F_{12} คือ ขนาดของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่ 1 มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

F_{21} คือ ขนาดของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่ 2 มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

G คือ ค่าโน้มถ่วง ซึ่งมีค่าคงตัวประมาณ $6.673 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$

m_1 คือ มวลของวัตถุที่ 1 มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

m_2 คือ มวลของวัตถุที่ 2 มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

R คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ 1 และของวัตถุที่ 2 มีหน่วยเป็นเมตร (m)

แรงโน้มถ่วงของโลก

เนื่องจากโลกเป็นวัตถุหนึ่งที่มีมวล ดังนั้น โลกกับวัตถุใดๆ ที่มีมวลจึงสามารถเกิดแรงโน้มถ่วงหรือแรงดึงดูดระหว่างกัน ในการนี้ หากสมมติให้โลกมีมวลเท่ากับ M และวัตถุใดๆ มีมวลเท่ากับ m ขนาดของแรงโน้มถ่วงระหว่างโลกและวัตถุนั้นจะเป็นไปตามสมการที่ 2

$$F_g = \frac{GMm}{R^2}$$

สมการที่ 2 ขนาดของแรงโน้มถ่วงระหว่างโลกและวัตถุที่มีมวลใดๆ

โดย

F_g คือ ขนาดของแรงโน้มถ่วงระหว่างโลกและวัตถุใดๆ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

G คือ ค่านิจโน้มถ่วง ซึ่งมีค่าคงตัวประมาณ $6.673 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$

M คือ มวลของโลก ซึ่งมีค่าคงตัวประมาณ $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

m คือ มวลของวัตถุใดๆ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

R คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของโลกและของวัตถุใดๆ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นแรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกและมวลของวัตถุใดๆ ดังนั้น แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุใดๆ จะชี้ไปยังจุดศูนย์กลางมวลของโลกเสมอ

สนามโน้มถ่วงของโลก

เนื่องจากขนาดของแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุใดๆ ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุนั้น (m) ดังนั้น เพื่อแสดงอิทธิพลที่มวลของโลกมีต่อขนาดของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุนั้น ณ ตำแหน่งใดๆ นักฟิสิกส์จึงได้กำหนดปริมาณทางฟิสิกส์ขึ้นมาหนึ่งตัว โดยให้ชื่อว่า “สนามโน้มถ่วงของโลก” ซึ่งมีค่าเท่ากับ ขนาดแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุใดๆ ต่อมวลของวัตถุนั้น ดังแสดงในสมการที่ 3

$$g = \frac{F_g}{m} = \frac{\left(\frac{GMm}{R^2}\right)}{m} = \frac{GM}{R^2}$$

สมการที่ 3 ขนาดของสนามโน้มถ่วงของโลก

โดย g คือ ขนาดของสนามโน้มถ่วงของโลก มีหน่วยเป็น N/kg ซึ่งเมื่อแทนค่าคงตัวต่างๆ ได้แก่ G M และ R ณ ตำแหน่งต่างๆ แล้ว นักฟิสิกส์สามารถทราบได้ว่า ขนาดของสนามโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งต่างๆ มีค่าเท่าไร ตัวอย่างเช่น ขนาดของสนามโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งผิวโลก มีค่าประมาณ $9.81 N/kg$

ความเร่งของวัตถุใดๆ อันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก

เนื่องจากแรงใดๆ สามารถกระทำต่อวัตถุหนึ่ง และส่งผลต่อสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น แรงโน้มถ่วงของโลกจึงสามารถส่งผลต่อสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆ ที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลกเช่นเดียวกัน จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ที่ว่า “เมื่อมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุใดๆ วัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งค่าหนึ่ง โดยขนาดของแรงลัพธ์ (ΣF) จะมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวล (m) และขนาดของความเร่ง (a) ของวัตถุนั้น” ($\Sigma F = ma$) ดังนั้น สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆ อันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียวจะเป็นไปตามสมการที่ 4 ดังนี้

$$\sum F = ma$$

$$F_g = ma$$

$$\frac{GMm}{R^2} = ma$$

$$\frac{GM}{R^2} = a$$

$$g = a$$

สมการที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสนามโน้มถ่วงของโลกและความเร่งของวัตถุในกรณีที่วัตถุนั้นตกอย่างเสรีภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก

นั่นคือ ในกรณีนี้ ขนาดของความเร่งของวัตถุจะมีค่าเท่ากับขนาดของสนามโน้มถ่วงของโลกพอดี โดยหน่วยของความเร่งของวัตถุ (m/s^2) สามารถเทียบเคียงได้กับหน่วยของสนามโน้มถ่วง (N/kg) และเนื่องจากกระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุมักมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับรัศมีของโลก นักฟิสิกส์จึงมักอนุมูลอิมว่า ขนาดของสนามโน้มถ่วงของโลกมีค่าคงตัวประมาณ $9.81 N/kg$

น้ำหนักของวัตถุ

นอกจากนี้ นักฟิสิกส์ยังได้กำหนดปริมาณทางฟิสิกส์ขึ้นมาอีกหนึ่งตัว เพื่อแทนแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุใดๆ ที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลก โดยนักฟิสิกส์ได้ให้ชื่อของปริมาณฟิสิกส์นี้ว่า “น้ำหนัก” ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 5 ดังนี้

$$W = F_g = \frac{GMm}{R^2} = \left(\frac{GM}{R^2}\right)m = mg$$

สมการที่ 5 น้ำหนักของวัตถุ

โดย W คือ น้ำหนักของวัตถุใดๆ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 คน (นักเรียนชาย 3 คน และ นักเรียนหญิง 5 คน) เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก ผู้วิจัยสามารถบ่งชี้คำตอบที่สื่อถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ทั้งหมด 23 คำตอบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก

ลำดับ ที่	ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	จำนวน (คำตอบ)	ร้อยละ
1	การเกิดแรงโน้มถ่วงของโลก	1	4.35
2	แรงโน้มถ่วงของโลก และ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	3	13.04
3	แรงโน้มถ่วงของโลก และ สนามโน้มถ่วงของโลก	12	52.17
4	การเคลื่อนที่อย่างเสรีของวัตถุอันเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	4	17.39
5	ขนาดของแรงโน้มถ่วง และ สภาวะไร้น้ำหนัก	2	8.70
6	มวลของวัตถุ และ น้ำหนักของวัตถุ	1	4.35
	รวม	23	100

ในการนี้ ผู้วิจัยนำเสนอคำตอบของนักเรียนแต่ละคน โดยใช้สัญลักษณ์ S แล้วตามด้วยตัวเลข (เช่น 1 – 8) ซึ่งแสดงนักเรียนคนที่ 1 – 8 ตามลำดับ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

การเกิดแรงโน้มถ่วงของโลก

แม้ว่าคำถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลไม่ได้ถามโดยตรงเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดแรงโน้มถ่วงของโลก ที่กระทำต่อวัตถุต่างๆ บนโลก (นั่นคือ มวลของโลกและมวลของวัตถุ) แต่นักเรียนคนหนึ่งระบุว่า

แรงโน้มถ่วงของโลกคือพลังงานแม่เหล็กของโลกและสิ่งต่างๆ ใต้พื้นโลก ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวกับวัตถุ ทำให้วัตถุไม่ลอยตัว (S1)

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่มีอยู่ไม่เพียงพอในการลงข้อสรุปว่า นักเรียนคนอื่นๆ มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในลักษณะเดียวกันนี้หรือไม่

แรงโน้มถ่วงของโลก และ ความเร่งของวัตถุใดๆ เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

นักเรียนส่วนหนึ่งแสดงความสับสนระหว่าง “แรงโน้มถ่วงของโลก” และ “ความเร่งของวัตถุใดๆ เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก” แม้ว่าปริมาณทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ($\Sigma F = ma$) แต่ทั้งสองเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง กล่าวคือ แรงเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในขณะที่ความเร่งเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่แสดงถึงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างคำตอบที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

แรงโน้มถ่วงของโลกคือแรงดึงดูดที่มาจากแกนโลก มีค่าแรงดึงดูด = 9.81 m/s^2 ซึ่งมีทิศทางการดึงดูดในแนวตั้งเข้าหาแกนโลก (S₄)

แรงโน้มถ่วงคือแรงที่ดึงดูด(วัตถุ)สู่ใจกลางโลก มีทิศทางตั้งลงไปยังใจกลางโลก มีค่าประมาณ 9.81 m/s^2 (S₆)

แรงโน้มถ่วงคือความเร่ง เช่น ถ้ามีวัตถุพุ่งเข้ามายังโลก วัตถุจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นใน 1 หน่วยวินาที กล่าวคือ แรงโน้มถ่วงคือความเร็วใน 1 หน่วยวินาที ... 1 วินาทีที่มีความเร็วเพิ่มขึ้น 9.81 m/s^2 จึงกลายเป็นความเร่งเท่ากับ 9.81 m/s^2 (S₆)

คำตอบข้างต้นแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่ว่า แรงโน้มถ่วงและความเร่งของวัตถุอันเนื่องจากแรงโน้มถ่วงนั้นเป็นปริมาณเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ นักเรียนเหล่านี้จึงเขียนว่า แรงโน้มถ่วงมีหน่วยเป็น m/s^2 แทนหน่วยเป็น N

แรงโน้มถ่วงของโลก และ สนามโน้มถ่วงของโลก

ในการทำงานเดียวกัน นักเรียนส่วนหนึ่งแสดงความสับสนระหว่าง “แรงโน้มถ่วงของโลก” และ “สนามโน้มถ่วงของโลก” แม้ว่าปริมาณทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน (ตั้งสมการ $F_g = mg$) แต่ทั้งสองก็ไม่ใช่ปริมาณเดียวกัน กล่าวคือ แรงโน้มถ่วงเป็นปริมาณที่มีผลต่อสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆ ในสนามโน้มถ่วงหนึ่ง ในขณะที่สนามโน้มถ่วงแสดงถึงอิทธิพลที่มวลของวัตถุหนึ่ง (เช่น โลก) มีผลต่อขนาดของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุนั้น ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างคำตอบที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

ความเร่งจะมีค่าเท่ากับแรงโน้มถ่วงของโลก ในกรณีที่วัตถุมีทิศทางในทางเดียวกับแรงโน้มถ่วงของโลก คือ มีทิศทางลงตั้งเข้าหาใจกลางโลก ค่าความเร่งจะเท่ากับ 9.81 m/s^2 หรือ 10 m/s^2 (S₅)

ซึ่งจากสมการที่ 4 ความเร่งของวัตถุใดๆ ที่ตกอย่างเสรีในสนามโน้มถ่วงของโลกจะมีค่าเท่ากับสนามโน้มถ่วงของโลก ไม่ใช่แรงโน้มถ่วงของโลก

นอกจากนี้ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวยังปรากฏเมื่อนักเรียนต้องคำนวณหาน้ำหนักของวัตถุใดๆ ในสนามโน้มถ่วงของโลก ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

มวล (m) คือ เนื้อสารในตัว ... มีหน่วยเป็นกิโลกรัม น้ำหนัก (W) คือ มวล x แรงโน้มถ่วงของโลก ... มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) (S6)

ค่ามวล = 50 kg แต่น้ำหนักคือ ค่ามวล x แรงโน้มถ่วงของโลก = $50 \times 10 = 500 \text{ N}$ (S5)

การที่มวลคูณกับแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้ได้น้ำหนัก (S2)

มวล = สสารที่อยู่ในวัตถุนั้น น้ำหนัก = มวล x ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (S8)

น้ำหนักก็คือ $m \times g$ ซึ่งกำหนดให้ m ... เป็นมวล และ g คือแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2 หรือ 10 m/s^2 ซึ่งหมายความว่า น้ำหนัก = มวล x แรงโน้มถ่วงของโลก หรือ $W = mg$ (S1)

ถ้าหากเราอยู่บนโลกมีน้ำหนัก 50 N และมีมวลเท่ากับ 5 กิโลกรัม เพราะโลกมีแรงโน้มถ่วงอยู่มาก น้ำหนัก(ก็)เลย(มีค่า)มาก แต่ถ้าหากเราไปยืนบนดวงจันทร์ มวลของเรายังคงเดิมและปกติ ส่วนน้ำหนักจะน้อยลง เพราะมีแรงโน้มถ่วงบนดวงจันทร์น้อย เหตุที่มวลยังคงเดิม เพราะมวลคือสิ่งที่อยู่ติดตัวเราอยู่

แล้ว (จึง)มีปริมาณปกติ เหตุที่น้ำหนักลดและเพิ่ม บัจจัยก็คือแรงโน้มถ่วงของสถานที่นั้น เพราะน้ำหนักเป็นการนำมวลมาคูณกับแรงโน้มถ่วง (S1)

การที่เรายืนบนพื้นโลก น้ำหนักของเราจะมีค่ามากกว่าการที่เรายืนอยู่บนดวงจันทร์ เพราะโลกมีแรงโน้มถ่วงมากกว่าดวงจันทร์ จึงทำให้เรา(มี)น้ำหนักน้อยเมื่ออยู่(บน)ดวงจันทร์ (S2)

น้ำหนักจะต่างกันเนื่องจากโลกและดวงจันทร์มีแรง g ไม่เท่ากัน แต่มวลจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามแรงดึงดูด (S4)

มวลของเราจะไม่มีเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะไปอยู่บนดวงจันทร์หรือดาวดวงอื่นๆ แต่น้ำหนักของเราจะมีการเปลี่ยนแปลงและขึ้นอยู่กับค่าแรงโน้มถ่วงของแต่ละที่ (S5)

ดวงจันทร์มีแรงโน้มถ่วงน้อยกว่าโลกมาก แต่มวลของวัตถุยังเท่าเดิม ... น้ำหนักจะไม่เท่าเดิม เพราะขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์ด้วย น้ำหนัก
 $= m \times \text{แรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์} \dots \text{แรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์มีค่าประมาณ } 1/6 \text{ ของแรงโน้มถ่วงของโลก} = m \times \text{แรงโน้มถ่วงของโลก} \times 1/6$ (S6)

โลกมีแรงโน้มถ่วงมาก แต่ดวงจันทร์มีแรงโน้มถ่วงน้อย แต่มวลจะ...เท่ากันทั้งสองที่ แต่น้ำหนักจะขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วง (S3)

คำตอบข้างต้นทั้งหมดแสดงความสับสนระหว่าง “แรงโน้มถ่วงของโลก” และ “สนามโน้มถ่วงของโลก” กล่าวคือ น้ำหนักเป็นผลคูณระหว่างมวลของวัตถุและสนาม

โน้มถ่วงของโลก (ไม่ใช่แรงโน้มถ่วงของโลก) ในทางฟิสิกส์แล้ว น้ำหนักของวัตถุใดๆ ก็คือแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุนั้น

การเคลื่อนที่อย่างเสรีของวัตถุอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก

นอกจากนี้ นักเรียนส่วนหนึ่งแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่อย่างเสรีอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก กล่าวคือ เมื่อวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียว วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่มีทิศเดียวกันกับทิศของแรงโน้มถ่วงของโลก โดยขนาดของความเร่งของวัตถุนี้จะมีค่าเท่ากับขนาดของสนามโน้มถ่วงของโลกพอดี ดังแสดงในสมการที่ 4 ($g = a$) ต่อไปนี้เป็นคำตอบที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

เมื่อมีแรงโน้มถ่วงมาก ยิ่งทำให้วัตถุตกลงมาในแนวตั้งหรือแนวแกน y แต่ถ้ามีแรงโน้มถ่วงน้อย วัตถุอาจจะลอยขึ้นหรือตกลงมาอย่างช้า (S3)

แรงโน้มถ่วงของโลกคือแรงที่มากกระทำกับวัตถุ (ทำให้วัตถุสามารถอยู่นิ่งเคลื่อนที่ก็ได้ มีทิศทางลงตั้งเข้าหาใจกลางโลก (S5)

แรงโน้มถ่วงของโลกคือแรงดึงดูดที่กระทำต่อวัตถุ สิ่งของ และสิ่งมีชีวิต ... (แรงโน้มถ่วงของโลก)ทำให้เกิดความสมดุลของสิ่งต่างๆ ของพื้นโลก (S2)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ คือ(ว่า) ในทุกๆ วินาทีที่วัตถุเคลื่อนที่ (วัตถุ)จะมีค่า g เพิ่มขึ้นครึ่งละ 9.81 m/s^2 (S8)

ความหมายของความเร่งก็คือ(ว่า) ความเร่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่ 9.81 m/s^2 จนกว่าจะมีแรงมากกระทำให้วัตถุหยุดนิ่ง (S2)

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ส่วนหนึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่าง “แรงโน้มถ่วงของโลก” และ “ความเร่งของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก”

แรงโน้มถ่วง และ สภาวะไร้น้ำหนัก

แม้ว่าคำถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลไม่ได้ถามโดยตรงเกี่ยวกับสภาวะไร้น้ำหนัก แต่ถามให้นักเรียนเปรียบเทียบน้ำหนักของวัตถุเดียวกัน เมื่ออยู่บนโลกและเมื่ออยู่บนดวงจันทร์ ในการนี้ นักเรียนส่วนหนึ่งแสดงความสับสนว่า เมื่อวัตถุใดๆ อยู่บนดวงจันทร์ (ซึ่งยังคงมีสนามโน้มถ่วงค่าหนึ่งอยู่ แต่ค่านี้น้อยกว่าสนามโน้มถ่วงของโลก) นักเรียนเหล่านี้กลับเข้าใจว่า วัตถุนั้นจะอยู่ในสภาวะไร้น้ำหนัก ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างคำตอบที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

เมื่อเราไปอยู่บนโลกหรือดวงจันทร์ มวลของเราจะเท่าเดิม แต่น้ำหนักของเราจะเปลี่ยน เนื่องจากน้ำหนักคือ $W = mg$ ดังนั้น เมื่อเราอยู่บนพื้นโลก เราจะยืนบนพื้นโลกโดยไม่ลอยได้ เพราะเกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงดึงดูดของโลก แต่เมื่อเราไปอยู่บนพื้นของดวงจันทร์ จะทำให้เราลอยหรือที่เรียกว่า สภาวะไร้น้ำหนัก นั่นคือ เพราะค่า g บนพื้นโลกมีค่ามากกว่าค่า g บนพื้นดวงจันทร์ (S8)

ไม่ว่าเราจะอยู่ในไหน มวลของเราก็ยังเท่าเดิม คือ 50 kg ส่วนน้ำหนักเราจะไม่เท่าเดิม เพราะน้ำหนักมีค่า g ถ้าเราไปยืนบนดวงจันทร์ ค่า g ของดวงจันทร์ = $1/6$ (ของ)โลก ซึ่งค่า g (ของดวงจันทร์)จะน้อยกว่า(ค่า g ของ)โลก ดังนั้น ถ้าเราไปยืนบนดวงจันทร์ เราจะมือน้ำหนักที่น้อยกว่ายืนอยู่บนโลก แต่มวลเราจะเท่าเดิม ... เรียกว่า สภาวะไร้น้ำหนัก ไม่ใช่ สภาวะไร้มวล (S7)

คำตอบของนักเรียนข้างต้นแสดงว่า นักเรียนอาจมีความสับสนระหว่าง “สภาวะที่มีสนามโน้มถ่วงน้อย” กับ “สภาวะที่ไม่มีสนามโน้มถ่วง” โดย Libarkin & Stokes (2011) อธิบายว่า นี่เป็นผลจากการผสมผสานกันระหว่างความเข้าใจเดิมกับ ข้อมูลใหม่ที่นักเรียนได้รับมา

มวลของวัตถุ และ น้ำหนักของวัตถุ

นักเรียนคนหนึ่งแสดงความสับสนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง “มวลของวัตถุ” และ “น้ำหนักของวัตถุ” กล่าวคือ นักเรียนคนนี้เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า “มวลคือค่าการคูณกันของน้ำหนักกับแรง g ” ($S4$) ทั้งๆ ที่ในทางฟิสิกส์แล้ว น้ำหนักของวัตถุใดๆ เป็นผลคูณระหว่างมวลกับสนามโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งของวัตถุนั้น

บทสรุปและการอภิปรายผล

บทความนี้ได้นำเสนอความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 คน ซึ่งปรากฏในข้อคำถามแบบปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. แรงโน้มถ่วงของโลกเกิดจากพลังงานแม่เหล็กของโลก
2. ความสับสนระหว่างแรงโน้มถ่วงของโลกและความเร่งของวัตถุใดๆ เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
3. ความสับสนระหว่างแรงโน้มถ่วงของโลกและสนามโน้มถ่วงของโลก
4. การเคลื่อนที่อย่างเสรีของวัตถุใดๆ เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
5. ขนาดของแรงโน้มถ่วงและสภาวะไร้น้ำหนัก
6. ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของวัตถุและน้ำหนักของวัตถุ

โดยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ที่ปรากฏในการศึกษานี้ก็คือความสับสนระหว่างปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น ความสับสนระหว่าง “แรงโน้มถ่วงของโลก” กับ

“ความเร่งอันทันเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก” และ ความสับสนระหว่าง “แรงโน้มถ่วงของโลก” กับ “สนามโน้มถ่วงของโลก” ซึ่งไม่ปรากฏในการทบทวนเอกสารงานวิจัยของ ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ & เพ็ญจันทร์ ชิงห์ (2550)

แม้ว่าการศึกษานี้ไม่ได้ไปถึงสิ่งที่มาของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก แต่จากการพิจารณา “สาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553: 59) ผู้วิจัยเห็นคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ จำนวนมาก ได้แก่ “สนามโน้มถ่วง” “แรงกระทำต่อวัตถุ” “น้ำหนัก” “(การ)ตกแบบเสรี” และ “แรงโน้มถ่วง” แม้ว่าคำสำคัญเหล่านี้เกี่ยวข้องกับสัมพันธกันอย่างไรก็ตามแต่ไม่ใช่แนวคิดเดียวกัน ดังนั้น หากนักเรียนไม่ได้รับการเน้นย้ำเกี่ยวกับความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างคำสำคัญเกี่ยวกับปริมาณทางฟิสิกส์เหล่านี้อย่างชัดเจนแล้ว นักเรียนก็อาจเกิดความสับสนได้ ทั้งนี้เพราะปริมาณทางฟิสิกส์เหล่านี้มีความเป็นนามธรรมสูง ซึ่งนักเรียนไม่สามารถสังเกตและวัดได้โดยตรงในชีวิตประจำวัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้เปิดเผยความเข้าใจคลาดเคลื่อนอีกแบบหนึ่ง ซึ่งน่าสนใจและยังไม่ปรากฏให้เห็นในงานวิจัยก่อนหน้านี้บ่อยนัก (โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทย) นั่นคือ นักเรียนส่วนหนึ่งมีความสับสนระหว่างแรงโน้มถ่วงของโลกและสนามโน้มถ่วงของโลก นักเรียนเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเข้าใจว่า ทั้งสองคือปริมาณทางฟิสิกส์เดียวกัน และสามารถใช้แทนกันได้ ด้วยเหตุนี้ นักเรียนเหล่านี้จึงไม่สามารถนำแนวคิดทางฟิสิกส์ไปใช้ในการทำนายและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกได้อย่างเหมาะสม ในการนี้ ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะว่า ผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนเห็นทั้งความแตกต่างและความสัมพันธ์ระหว่างแรงโน้มถ่วงของโลกและสนามโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลกได้อย่างมี

ความหมายต่อไป นอกจากนี้ นักเรียนควรได้รับการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความเข้าใจที่ว่า แรงโน้มถ่วงของโลกโดยแท้จริงแล้วก็คือแรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกและมวลของวัตถุใดๆ ที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลกนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ & เพ็ญจันทร์ ชิงห์. (2550). แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่. **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์**, 22(3), 49 – 63.
- วรรณจรรย์ มั่งสิงห์. (2537). **เอกสารประกอบการสอน วิชาการเรียนรู้โมติทางวิทยาศาสตร์**. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Ausubel. D. P. (1968). **Education Physiology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Jones, M. G., Carter, G. & Rua, M. J. (1999). Children’s Concepts: Tools for Transforming Science Teachers’ Knowledge. **Science Education**, 83(5), 545 – 557.
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about “Misconceptions”: Preservice Secondary Science Teachers’ Views on the Value and Role of Student Ideas. **Science Education**, 96(5), 927 – 959.

- Libarkin, J. & Stokes, A. (2011). The Moon Has No Gravity: Examples of Idea-Mixing in Explanations of Physical Processes. **Planet**, (24), 50 – 54.
- Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. H., & Resnick, L. B. (2000). Naïve Physics Reasoning: A Commitment to Substance-Based Conceptions. **Cognition and Instruction**, 18(1), 1 – 34.

ภาคผนวก

ข้อคำถามในการเก็บข้อมูล

1. นักเรียนคิดว่า แรงโน้มถ่วงของโลกคืออะไร มีลักษณะและทิศทางอย่างไร
2. “ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่า 9.81 m/s^2 ” นักเรียนคิดว่า คำกล่าวนี้หมายความว่าอย่างไร
3. สมมติว่า นักเรียนยืนบนตาชั่ง แล้วอ่านค่าจากตาชั่งได้ 50 กิโลกรัม นักเรียนคิดว่า มวลและน้ำหนักของนักเรียนคืออะไร
4. จากข้อที่ 4 มวลและน้ำหนักของนักเรียนจะเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับระหว่างกรณีที่นักเรียนยืนอยู่บนพื้นโลก และกรณีที่นักเรียนยืนอยู่บนพื้นดวงจันทร์