

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

สรุป

จุดประสงค์ของการวิจัย

จุดประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาการพัฒนาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารของนักเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้ ประกอบด้วยนักเรียนชั้นประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตสถาบันราชภัฏ สงขลา ปีการศึกษา 2535 จำนวน 3 กลุ่ม คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 3 และ 5 (คัดเลือกนักเรียนอายุ 6-7, 8-9 และ 10-11 ปี ตามลำดับ) กลุ่มละ 20 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (คัดเลือกนักเรียนอายุ 12-13 ปี) โรงเรียนวนารีย์เฉลิม และ โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา โรงเรียนละ 10 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 80 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ วัตถุ และปรากฏการณ์จริง เทปบันทึกเสียง และแบบบันทึกการสัมภาษณ์

วิธีการเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลตามแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ (The Interview-about-instances) (Osborne & Gilbert, 1980a) โดยมีการนำเสนอวัตถุ และปรากฏการณ์จริงประกอบ ผู้วิจัยสัมภาษณ์ด้วยตนเองทั้งหมด ในช่วงเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ 2536 โดยใช้เวลาสัมภาษณ์คนละประมาณ 30 นาที

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือสถิติเชิงพรรณนา

ผลการวิจัย

1. นักเรียนในระดับชั้นต่ำ ๆ (ประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3) ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อนอธิบายความหมายของคำว่าสสารในเทอมของคำว่า

วัตถุ และสิ่งของ โดยการบ่งบอกหน้าที่ และ ยกตัวอย่างประกอบ แม้ว่านักเรียนทุกระดับชั้นจะอธิบายความหมายของสสารโดยการบ่งบอกสมบัติ แต่จะปรากฏมากในนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป ซึ่งเคยผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้ว ในจำนวนนี้มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึง 65 % และมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 70 % ที่ให้ความหมายของสสารโดยการเชื่อมโยงกับสมบัติที่เกี่ยวกับน้ำหนัก และ/หรือปริมาตร ซึ่งเป็นสมบัติภายในของสสารที่เป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ไม่มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 คนใดที่ให้ความหมายในลักษณะดังกล่าว

2. นักเรียนในระดับชั้นต่ำ ๆ (ประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3) ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อนมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารน้อยมาก กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มนี้จะมีความคิดว่า ของแข็ง ของเหลว และวัสดุชีวภาพบางชนิด และก๊าซไม่ใช่สสาร แต่ไม่มีปัญหาในการจำแนกสิ่งที่ไม่ใช่สสารให้อยู่ในกลุ่มของสสาร ยกเว้นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารมากขึ้นแตกต่างจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 อย่างเห็นได้ชัดเจน กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มนี้จะมีความคิดว่า ของแข็ง ของเหลว วัสดุชีวภาพ และก๊าซเป็นสสาร และจะไม่จำแนกสิ่งที่เป็นสสารให้อยู่ในกลุ่มที่ไม่ใช่สสาร ยกเว้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ยังมีปัญหาในการจำแนกของเหลว และก๊าซอยู่บ้างจะอย่างไรก็ตาม พบว่านักเรียนในกลุ่มนี้ โดยเฉพาะชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลับมีปัญหาในการจำแนกสิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร และสิ่งที่ไม่ใช่สสารมากกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 กล่าวคือ มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวนมากกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 ที่คิดว่าสิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร และสิ่งที่ไม่ใช่สสารเป็นสสาร แต่ปัญหานี้จะลดลงในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กล่าวคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวนน้อยกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (แต่

มากกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3) ที่คิดว่า สิ่งที่มีสัมพันธ์กับสสารเป็นสสาร แต่ไม่มีปัญหาในการจำแนกสิ่งที่ไม่ใช่สสารให้อยู่ในกลุ่มที่จัดว่าเป็นสสาร

3. นักเรียนในระดับชั้นต่ำ ๆ (ประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3) ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อนจะบอกเหตุผลที่คิดว่า ของแข็ง ของเหลว วัสดุชีวภาพ และอากาศเป็นสสาร โดยการระบุหน้าที่ และประโยชน์ของสิ่งนั้น ๆ เป็นหลัก นักเรียนตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ขึ้นไป นอกจากจะให้เหตุผลโดยการระบุหน้าที่แล้ว เขาเริ่มบอกเหตุผลโดยการระบุสมบัติของสิ่งนั้น ๆ มากขึ้น และภายในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป นักเรียนเกือบทั้งหมดจะอธิบายเหตุผลที่คิดว่าสิ่งต่าง ๆ เป็นสสารโดยการระบุสมบัติของสิ่งนั้น ๆ เป็นเกณฑ์

สรุป

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า

1. นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อนมักคิดถึงสสารในรูปของของแข็งที่สามารถมองเห็นได้ และมีประโยชน์ใช้สอยได้ ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วจะคิดถึงสสารในทุกสถานะและสัมพันธ์กับสมบัติของสสารเป็นหลัก
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทั้งที่ผ่าน และไม่ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาก่อนมีความคิดว่า สสารต้องมีตัวตน มองเห็นได้ สัมผัสได้ จับต้องได้
3. ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 1 มีแนวโน้มพัฒนาไปตามประสบการณ์ในโรงเรียน อย่างเห็นได้ชัดเจน
4. นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดว่า ก๊าซไม่ใช่สสาร
5. นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วมีแนวโน้มที่คิดว่า สิ่งที่มีสัมพันธ์กับสสารเป็นสสารมากกว่านักเรียนที่ยังไม่ผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อน

6. นักเรียนส่วนใหญ่ทั้งที่ผ่าน และไม่ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาก่อนให้เหตุผลในการจำแนกสสารตามความหมายของสสารที่เขาให้นิยาม แต่ก็ มีนักเรียนอีกไม่น้อยที่บอกเหตุผลในการจำแนกไม่ได้ และบางคนให้เหตุผลไม่ สอดคล้องกับความหมายของสสารที่ตนอธิบาย แสดงว่านักเรียนมีความรู้แต่ไม่เข้าใจ

อภิปราย

1. จากผลการวิจัยนี้พบว่า นักเรียนในระดับชั้นต่ำ ๆ (ประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3) ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อนมีแนวโน้มที่จะให้ความหมาย ของคำว่าสสาร ในเทอมของวัตถุ หรือสิ่งของ โดยการยกตัวอย่างสิ่งที่เป็นของแข็ง และ/หรือโดยการระบุหน้าที่ หรือประโยชน์ของสสารมากกว่าแบบอื่น แสดงให้เห็น ว่า ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารของเด็กในระดับนี้สัมพันธ์กับวัตถุ สิ่งของที่มี ตัวตน หรือเป็นของแข็งซึ่งมีรูปร่างที่ปรากฏให้เห็นชัดเจน (Modelable) หรือ สัมพันธ์กับวัตถุ สิ่งของที่มีประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น โต๊ะ เก้าอี้ หนังสือ พลาสติก วิทยุ ช้อน ช้อนม เป็นต้น จึงอาจกล่าวได้ว่า รูปแบบทางความคิดเกี่ยว กับสสารของเด็กระดับนี้เป็นความคิดความเข้าใจแบบง่าย ๆ (Alternative ideas) ซึ่งพัฒนามาจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันเป็นหลัก นอกจากนี้ผลการ วิจัยยังพบว่า รูปแบบทางความคิดเช่นนี้คงมีอยู่ในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 แสดงว่ารูปแบบทางความคิดแบบง่าย ๆ นี้ยังคงมีอยู่ในนักเรียน อย่างคงทนแม้เขาเหล่านั้นจะผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วก็ตาม ผล การวิจัยนี้จึงสนับสนุนข้อสรุปของ Halloren และ Hestenes (1985) หนึ่ง ผลการศึกษาทั้งหมดนี้ก็สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Stavy (1991) ในอิสราเอล ส่วนนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผ่าน การเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วมีความคิดเกี่ยวกับสสารทั้ง 3 สถานะใน แห่งของคุณสมบัติ และมีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึง 65 % และ มัธยมศึกษาปี ที่ 1 ถึง 70 % ที่สามารถเชื่อมโยงความหมายของสสารสัมพันธ์กับสมบัติด้านน้ำหนัก

และปริมาตร ซึ่งเป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific views) ในขณะที่ที่ไม่มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 คนใดที่ให้ความหมายดังกล่าว จึงแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารของนักเรียนที่ศึกษาคั้งนี้มีแนวโน้มจะพัฒนาไปตามประสบการณ์การเรียนรู้ในโรงเรียนอย่างเห็นได้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาจะแตกต่างจากการศึกษาของ Stavy (1991) เล็กน้อย กล่าวคือ ในการศึกษานั้น Stavy รายงานว่า มีเพียง 10 % ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องโครงสร้างของสสารมาแล้วก็สามารถเชื่อมโยงความหมายของสสารสัมพันธ์กับน้ำหนัก และปริมาตรได้

2. จากผลการวิจัยนี้ปรากฏว่า ของแข็งที่มีรูปทรงไม่แน่นอน และ ที่มีรูปทรงแน่นอน เป็นที่ยอมรับว่าเป็นสสารโดยนักเรียนส่วนใหญ่ทั้งที่ผ่าน และ ไม่ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาก่อน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าน้ำแข็งได้รับการยอมรับว่าเป็นสสารจากนักเรียนจำนวนน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลที่ว่าน้ำแข็งเป็นสารสามัญมากในชีวิตประจำวัน และ ไม่คงรูป ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มักคิดว่าสสารต้องเป็นของแข็งที่คงรูป ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Stavy (1991)

โดยเฉลี่ยแล้วของแข็งที่เป็นผงได้รับการยอมรับว่าเป็นสสารโดยนักเรียนส่วนใหญ่เช่นเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่ผ่าน และ ไม่ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาก่อน ปรากฏว่า นักเรียนที่ไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อนจำนวนน้อยที่คิดว่าของแข็งที่เป็นผงเป็นสสาร ในขณะที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารมาแล้วจำนวนมาก (เกือบ 100 %) ที่คิดว่าของแข็งที่เป็นผงเป็นสสาร เป็นที่น่าสังเกตว่าในบรรดาของแข็งที่เป็นผง ปรากฏว่า แป้ง ได้รับการยอมรับว่าเป็นสสารจากนักเรียนผู้ซึ่งยังไม่ผ่านการเรียนเรื่องสสารน้อยที่สุด จึงอาจเป็นไปได้ว่า แป้งมีลักษณะเป็นผงซึ่งนักเรียนในระดับนี้ไม่ได้คิดว่าของแข็งที่เป็นผงเป็นสสาร สำหรับผลการวิจัยนี้แตกต่างจากการศึกษาของ Stavy (1991) ที่สรุปว่า ในบรรดากลุ่ม

ของแข็งที่เป็นผง ปรากฏว่า ดิน ได้รับการยอมรับว่าเป็นสสารจากนักเรียนจำนวนน้อยที่สุด โดย Stavy วิจัยพบว่า เหตุผลที่น่าเป็นไปได้คือ เด็กในระดับนี้อาจไม่ได้คิดว่าดินเป็นสิ่งที่เราจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ หรืออาจเป็นไปได้ว่า ดินเป็นสิ่งธรรมดาตามากในชีวิตประจำวันจนกระทั่งนักเรียนไม่คิดว่าดินเป็นวัตถุ

โดยเฉลี่ยแล้ว ของเหลว และวัสดุชีวภาพก็เช่นเดียวกันได้รับการยอมรับจากนักเรียนส่วนใหญ่ว่าเป็นสสาร และก็เช่นเดียวกันคือ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่ผ่าน และไม่ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาก่อน ปรากฏว่านักเรียนที่ไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อนจำนวนน้อยที่คิดว่า ของเหลว และวัสดุชีวภาพเป็นสสาร ในขณะที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารมาแล้วจำนวนมาก (เกือบ 100 %) ที่คิดว่าของเหลว และวัสดุชีวภาพเป็นสสาร เป็นที่น่าสังเกตคือ น้ำ ได้รับการยอมรับจากนักเรียนที่ไม่ผ่านการเรียนเรื่องสสารมาก่อนว่าเป็นสสารน้อยกว่าของเหลวชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้ก็เป็นไปได้ว่า น้ำเป็นสิ่งสามัญในชีวิตประจำวันมากจนนักเรียนไม่คิดว่าน้ำเป็นสสารสำหรับวัสดุชีวภาพนั้น ดูเหมือนว่า จะเป็นการยากที่เด็กเล็ก ๆ ซึ่งไม่เคยเรียนเรื่องสสารมาก่อนจะยอมรับว่าส่วนของร่างกายของสิ่งมีชีวิตเป็นสสาร ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของคนอื่น ๆ (Stavy, 1991; Stavy, Eisen, & Yaakobi, 1987)

นอกจากนี้ยังพบว่า การยอมรับว่าอากาศเป็นสสารนั้นยังเป็นปัญหาเช่นเดียวกับการศึกษาของคนอื่น ๆ (Furio Mas, Perez, & Harris, 1987; Lee et al., 1990; Sere, 1985; Stavy, 1990, 1991) กล่าวคือมีนักเรียนผู้ซึ่งไม่เคยเรียนเรื่องสสารมาก่อนเพียง 7.5% ที่ยอมรับว่า อากาศเป็นสสาร ทั้งนี้ก็เป็นเพราะว่า นักเรียนกลุ่มนี้ยังมีความคิดแบบง่าย ๆ ว่าสสารต้องเป็นของแข็ง มีตัวตน มองเห็นได้ และจับต้องได้เท่านั้น แต่การยอมรับว่าอากาศเป็นสสารจะเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจนในนักเรียนที่เคยเรียนเรื่องสสารมาแล้ว คือมีถึง 70% จะอย่างไรก็ตามมีข้อที่น่าสังเกตคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวนน้อย

กว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (55 และ 85% ตามลำดับ) ที่คิดว่าอากาศเป็น
 สสาร จึงน่าจะเป็นไปได้ว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 นั้นเพิ่งผ่านการเรียน
 เรื่องสสารมาไม่นานจึงมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารถูกต้อง ส่วนนักเรียนชั้น
 มัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งแม้เคยศึกษาเรื่องสสารมาแล้วเมื่อเรียนอยู่ในชั้นประถมศึกษา
 ปีที่ 5 จึงอาจจะลืมเลือนไปบ้าง แต่สิ่งที่คงอยู่คือความคิดแบบง่าย ๆ เช่นเดียวกับ
 เด็กเล็ก ๆ ที่ยังไม่เคยผ่านการเรียนในโรงเรียนมาก่อน ซึ่งก็สอดคล้องกับข้อสรุป
 ของ Halloren และ Hestenes (1985) ที่กล่าวว่าบ่อยครั้งที่พบว่านักเรียนมัก
 จะเก็บความคิดแบบง่าย ๆ (Alternative ideas) ไว้อย่างเหนียวแน่นแม้จะ
 ผ่านการเรียนในโรงเรียนมาแล้วก็ตาม

มีนักเรียนถึง 37.8% จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ตอบว่าสิ่งที่สัมพันธ์กับ
 สสารเป็นสสาร แสดงว่ายังมีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถแยกความแตกต่าง
 ระหว่างตัวสสารเอง และสิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร หรือสมบัติบางประการอันเป็นสมบัติ
 ภายนอกของสสารได้ ซึ่งผลดังกล่าวนี้ก็ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Stavy
 (1991) ที่สรุปว่า 30% ของนักเรียนทั้งหมดที่เข้าศึกษามีความคิดว่าสิ่งที่สัมพันธ์
 กับสสารเป็นสสาร มีข้อที่น่าสังเกตอย่างหนึ่งคือ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนที่
 ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วจำนวนมากกว่าผู้ที่ยังไม่เรียนเรื่อง
 สสารมาก่อนที่มีความคิดว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสสารเป็นสสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งมี
 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารมาไม่นาน) จำนวน
 มากที่สุด ในขณะที่มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารมา
 แล้ว 1 ปี) จำนวนน้อยกว่าเล็กน้อยที่มีความคิดดังกล่าว จึงอาจเป็นไปได้ว่า
 นักเรียนต้องมีความสับสนอะไรบางอย่างจากการเรียนเรื่องสสารในชั้นเรียนอย่าง
 แน่นนอน ข้อสังเกตที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งก็คือ ในบรรดาสิ่งที่สัมพันธ์กับสสารทั้ง
 หกนั้น ปรากฏว่า ลม ได้รับการยอมรับว่าเป็นสสารจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่
 5 มากที่สุด (70%) และเช่นเดียวกับการศึกษาของ Stavy ที่พบว่า มีนักเรียน
 เกรต 7 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องโครงสร้างของสสารมาแล้วถึง 40% ที่มีความคิดดัง

กล่าวว ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่านักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ ที่ไม่เคยเรียนเรื่องสสาร จึงอาจเป็นไปได้ว่า นักเรียนผู้ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารมาแล้วทั้งในประเทศไทย และอิสราเอลคงมีความสับสนระหว่างความหมายของคำว่า ลม และ อากาศ

แม้ว่าความสามารถในการจำแนกสิ่งที่ไม่ใช่สสารของนักเรียนจะพัฒนาไปตาม ประสบการณ์ แต่ก็ยังมีปัญหาเช่นกัน กล่าวคือมีเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึง 46.7% (ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุด) ที่คิดว่าสิ่งที่ไม่ใช่สสารเป็นสสาร ในขณะที่นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 3 เพียง 11.7% เท่านั้นที่มีความคิดดังกล่าว จึงอาจจะกล่าวได้ว่า ความสับสนดังกล่าวนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากการสอนเรื่องสสารในโรงเรียนเป็น สำคัญ หนึ่ง เมื่อพิจารณาโดยเฉลี่ยแล้วจะพบว่า มีนักเรียนถึง 23.33% ที่ยังคิดว่า สิ่งที่ไม่ใช่สสารเป็นสสาร ในขณะที่ Stavy (1991) รายงานว่ามีนักเรียนอิสราเอล เพียง 10.8% ที่มีความคิดดังกล่าว

กล่าวโดยภาพรวม ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Stavy (1991) ต่างกันเพียงเปอร์เซ็นต์และลำดับของการจำแนกเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ นักเรียนที่ Stavy ศึกษา 78.4, 69.1, 66.2, 57.0, 48.7, 29.0, 23.7 และ 10.8 เปอร์เซ็นต์ ที่บอกว่าของแข็งที่เป็นผง ของแข็งที่มีรูปทรงแน่นอน ของแข็งที่มีรูปทรงไม่แน่นอน ของเหลว วัสดุชีวภาพ สิ่งที่มีพันธกับสสาร ก๊าซ และสิ่ง ที่ไม่ใช่สสารเป็นสสารตามลำดับ ในขณะที่นักเรียนที่ศึกษาครั้งนี้ 82.50, 78.33, 69.06, 61.25, 61.25, 38.75, 37.81 และ 23.33 เปอร์เซ็นต์ ที่บอกว่า ของแข็งที่มีรูปทรงไม่แน่นอน ของแข็งที่มีรูปทรงแน่นอน ของแข็งที่เป็นผง ของเหลว วัสดุชีวภาพ ก๊าซ สิ่งที่มีพันธกับสสาร และสิ่งที่ไม่ใช่สสารเป็นสสารตามลำดับ

หนึ่ง เมื่อพิจารณาต่อการพัฒนาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารของนักเรียน ที่มีอายุในช่วงต่าง ๆ กัน (6-13 ปี) ในแต่ละกลุ่มที่มีประสบการณ์ต่างกัน ก็พบว่า ยังสรุปชัดเจนไม่ได้ แต่แนวโน้มที่ปรากฏคือ นักเรียนที่มีอายุในช่วงนี้มีพัฒนาการ ทางความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารคล้ายคลึงกัน และยังคงมีความคิดแบบง่าย ๆ เหมือนที่ Driver และ Easley (1978) กล่าวไว้

3. แม้การวิจัยครั้งนี้จะชี้ให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่เรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วจะมีความคิดเกี่ยวกับสสารในลักษณะที่เป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ดังที่อภิปรายในข้อ 1. ก็ตาม แต่จากผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือผิดพลาด (Misconception) เกี่ยวกับสสารบางประการ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างการให้ความหมายของสสารว่า หมายถึง สิ่งที่มีตัวตน มองเห็นได้ สัมผัสได้ จับต้องได้ มีน้ำหนัก และต้องการที่อยู่ ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจเมื่อถามให้นักเรียนจำแนกสิ่งที่นำเสนอว่า สิ่งใดเป็นสสาร หรือไม่ใช้สสาร เพราะเหตุใด แล้วนักเรียนตอบว่า อากาศไม่ใช่สสาร เพราะอากาศไม่มีตัวตน มองไม่เห็น จับต้องไม่ได้ ส่วนความร้อน ไฟ และ แสง เป็นสสาร เพราะสามารถมองเห็นได้ สัมผัสได้ ซึ่งทั้งหมดนี้ก็สอดคล้องกับข้อสรุปที่ Lee et al. (1990) รายงานไว้ นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกหลายคนตอบว่า นม น้ำ ปรอท เป็นสสาร เนื่องจากต้องการที่อยู่ ถ้าไม่มีที่อยู่มันจะไหลไป และบอกว่า เหล็ก ไม้ ดอกไม้ และส่วนของร่างกาย ไม่ใช่สสาร เพราะว่ามันมีที่อยู่ของมันเองแล้ว จึงไม่ต้องการที่อยู่ จึงอาจแปลได้ว่า ที่อยู่ในความหมายของนักเรียน หมายถึงภาชนะที่บรรจุ มิใช่ที่ว่าง หรือปริมาตรที่วัตถุสามารถครอบครองอันเนื่องจากการมีมวล และจากการที่นักเรียนจำนวนมากยังมีความคิดว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร และสิ่งที่ไม่ใช่สสารเป็นสสารหลังจากที่มีการเรียนเรื่องสสารในชั้นเรียนมาแล้วเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารมีผลต่อเนื่องมาจากประสบการณ์ในโรงเรียนอย่างแน่นอน

สิ่งต่อไปนี้คือ ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุหลักที่นำไปได้อันเป็นเหตุให้นักเรียนมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารผิดพลาด

1) แบบเรียน หนังสืออ่านประกอบ และคู่มือครู เมื่อพิจารณาหนังสือเรียน หนังสืออ่านประกอบ คู่มือครู และแนวการสอนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2524; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ [สสวท], 2532;) ต่างก็ให้ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับคำว่า สสาร ในทำนอง

เดียวกัน คือ สสาร เป็นสิ่งที่สามารถสัมผัสได้ต้องการที่อยู่และมีน้ำหนัก ส่วนอมรรัตนศักดิ์, รัชมิมาศ และ บดิฐพร (มปป) เขียนว่า "สสาร คือสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเรา และต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่ และสัมผัสได้" (หน้า 183) นอกจากนี้แล้ว มายอด, ลัมสัมพันธ์ และเหล่าพาณิชย์ (มปป) ยังระบุสมบัติของสสารนอกเหนือจากนี้ว่า "สามารถจับต้องได้ด้วย" (หน้า 125) ดังนั้นถ้าครูสอนเรื่องสสารในชั้นเรียนของตนโดยดำเนินการสอนตามหนังสือ และ คู่มือเหล่านี้ หรือนักเรียนศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองโดยใช้หนังสือเหล่านี้ ก็ไม่น่าแปลกใจที่จะพบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ตอบว่า "สสาร คือสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา มีตัวตน มองเห็นได้ มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่ สัมผัสได้ จับต้องได้" และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวนมากที่บอกว่า ไฟ ความร้อน และ แสงต่างก็เป็นสสารเพราะสามารถสัมผัสได้ และมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อีกหลายคนที่มีความคิดว่าอากาศไม่ใช่สสาร เพราะ ไม่มีตัวตน จับต้องไม่ได้ และมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

2) ปัญหาอันเนื่องมาจากตัวครู

(1) วิธีการสอนของครู จากการที่พบว่า เด็กสามารถให้ความหมายของคำว่าสสารเป็นรูปแบบที่คล้ายคลึงกันว่า "สสาร คือสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา มีตัวตน มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่ สัมผัสได้" แต่เมื่อถามเหตุผลว่า ทำไมเขาจึงจัดสิ่งต่าง ๆ ที่นำมาให้ดูว่าเป็นสสาร หรือไม่ใช่สสาร มีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ ทั้ง ๆ ที่สามารถให้ความหมายของสสารได้ดังกล่าวแล้ว หรือบางครั้งก็ตอบไม่สอดคล้องกับความหมายที่เขาบอกในตอนแรก จึงน่าเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่า นักเรียนท่องจำความหมายของสสารได้ (มีความรู้) แต่ไม่เข้าใจอย่างแท้จริงว่า สสารคืออะไร และต้องมีสมบัติอะไรเป็นสำคัญ เมื่อผลเป็นเช่นนี้ น่าจะแปลความต่อไปได้ว่า วิธีการเรียนการสอนการสอนในโรงเรียนคงจะใช้วิธีการบอกให้นักเรียนทราบ แม้จะมีการทดลองก็คงจะเป็นการทดลองเพื่อยืนยันความรู้ที่ครูบอกมากกว่าการสอนโดยการให้นักเรียนพัฒนาความคิด ความเข้าใจจากผลการทดลอง

(2) ภาษาที่ครูใช้ จากการที่นักเรียนผู้ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วตอบว่า นม พรอท และน้ำเป็นสสาร เพราะ ต้องการที่อยู่ ถ้าไม่มีที่อยู่มันจะไหลไปที่อื่น และตอบว่าดอกไม้ ส่วนของร่างกาย ฯลฯ ไม่ใช่สสาร เพราะมันมีที่อยู่ของมันเองแล้ว แสดงให้เห็นจริงตามที่ Bell และ Freyberg (1985) กล่าวไว้ คือ เมื่อครูใช้ภาษาที่เกี่ยวข้องกับคำที่นักเรียนคุ้นเคยในความหมายพิเศษในบทเรียนวิทยาศาสตร์ ความสับสนจะเกิดขึ้นทันที เพราะว่าทั้งครู และนักเรียนต่างก็ไม่ทราบ (ถ้าไม่มีการวิเคราะห์) ว่า นั่นคือต้นเหตุของปัญหาภาษาง่าย ๆ ที่ครูใช้ในที่นี้คือ "ต้องการที่อยู่" และคิดว่านักเรียนเคยทราบมาแล้ว แต่ครูหาวิธีไม่ว่าความหมายที่แท้จริงที่ครูตั้งใจจะสื่อในเชิงวิทยาศาสตร์ (ต้องการที่อยู่ = สามารถครอบครองที่ว่าง) นั้นต่างจากที่นักเรียนคิดและแปลความ (ต้องการที่อยู่ = ภาชนะสำหรับบรรจุ) ดังนั้นความเข้าใจไม่ตรงกันจึงเกิดขึ้นโดยที่ทั้งครู และ นักเรียนต่างก็ไม่ทราบเพราะไม่มีการวิเคราะห์ ปรัชญาการค้นหานี้มีในรายงานการวิจัยของ Bell และ Barker (1982)

(3) ตัวครูเองมีความคิดความเข้าใจที่ผิดพลาดเกี่ยวกับสสาร แล้วส่งผ่านความคิดที่ไม่ถูกต้องนั้นไปสู่ นักเรียนก็อาจเป็นได้

ข้อเสนอแนะ

กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ยังมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารไม่สมบูรณ์ทั้งในแง่ของความสามารถในการอธิบายความหมาย และการจำแนกสสาร ที่ปรากฏชัดเจนคือ นักเรียนจำนวนมากคิด และเข้าใจว่า สสารคือสิ่งใดก็ตามที่เขาสามารถมองเห็นและจับต้องได้ ซึ่งได้แก่ ของแข็ง และนักเรียนยังแยกความแตกต่างระหว่างสสารและปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสสารไม่ได้ ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะสอนนักเรียนเรื่องทฤษฎีอนุภาคของสสาร โครงสร้างของสสาร และโมโนมิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสสารในเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจอย่างแท้จริงว่าสสารคืออะไร และไม่ได้คิดว่า

ก๊าซเป็นสสาร (Stavy, 1988) และจะไม่มีประโยชน์อะไรที่จะสอนนิมิตทางชีววิทยา เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ โภชนาการ เป็นต้น ในเมื่อนักเรียนไม่ได้คิดว่า วัสดุทางชีวภาพเป็นสสาร ต่อไปนี้คือข้อเสนอแนะที่คิดว่าน่าจะได้รับ ความสนใจจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับประถม และมัธยมศึกษา

1. ควรมีการปรับปรุงการนำเสนอนิมิตเกี่ยวกับสสารในหนังสือเรียน คู่มือครูต่าง ๆ ในระดับชั้นที่เริ่มบรรจุเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคำว่าสสาร (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในปัจจุบัน) กล่าวคือควรมีการปรับเปลี่ยนนิยามของคำว่าสสารสำหรับเด็กในระดับนี้ โดยการให้นิยามความหมายของสสารอย่างง่าย ๆ แต่ก็เป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ว่า สสารหมายถึง สิ่งที่สามารถครอบครองที่ว่าง (มีปริมาตร) และมีมวล (หรือน้ำหนัก) ซึ่งเป็นการเน้นสมบัติภายในที่สำคัญเพียง 2 ประการเท่านั้น คือมวล และปริมาตร ส่วนสมบัติที่ว่า สัมผัสได้ นั้นแม้ว่าเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของสสาร แต่เป็นสมบัติภายนอกที่ไม่จำเพาะเจาะจงว่าเป็นสมบัติเฉพาะของสสาร เพราะสิ่งที่ไม่ใช่สสาร เช่น ไฟ ความร้อน ก็อาจมีสมบัติดังกล่าวได้ แต่ที่เราไม่จัดไฟ และความร้อนเป็นสสาร เพราะสิ่งเหล่านี้ไม่มีมวล และไม่มีปริมาตร

2. มีนักการศึกษาหลายคนกล่าวว่า ครูจำนวนมากมักคิดว่า นักเรียนมาโรงเรียนด้วยจิตใจ หรือสมองที่ว่างเปล่า ยิ่งไปกว่านั้นก็คือ ครูบางคนเชื่อว่าการสอนแบบเก่า ๆ ดังที่ปฏิบัติกันมาก็สามารถกำจัดความเข้าใจที่ผิดพลาดที่นักเรียนนำติดตัวมาได้ (Gilbert, Osborn & Fensham, 1982; Pope & Gilbert, 1983) ส่วนเด็กที่เก่งแล้วครูก็มักจะเหมาเอาว่า การสอนโดยการบอกความรู้ที่ถูกต้องให้ นั้นเป็นการเพียงพอแล้ว ครูเหล่านี้จึงคิดว่าไม่มีความจำเป็นที่จะไปสนใจความรู้เดิมของนักเรียนก่อนการสอน (Boulaoude, 1991) มีงานวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้มาเข้าชั้นเรียนในภาวะว่างเปล่า แต่เขามาด้วยความเข้าใจของเขาซึ่งอาจเป็นที่ยอมรับ หรือไม่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ก็ได้ (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Strike, 1983) ยิ่งไป

กว่านั้น งานวิจัยเมื่อไม่นานมานี้ได้เปิดเผยให้เห็นว่า ความเข้าใจเหล่านี้ ไม่ว่าจะถูกหรือผิดก็ตาม จะมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ อย่างยิ่ง (Hewson, 1982; Shuell, 1987) ดังนั้นครูผู้สอนในระดับชั้นที่สูงกว่าชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และกำลังจะสอนมโนคติใหม่ที่เกี่ยวข้องกับสสารโปรตรระลึกไว้ว่า นักเรียนที่อยู่ในชั้นของท่านขณะนี้อาจมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สมบูรณ์ เพราะฉะนั้นก่อนที่ท่านจะสอนมโนคติใหม่ที่เกี่ยวข้องกับสสาร โปรตรระให้ทราบ ว่านักเรียนของท่านเข้าใจตรงจุดไหนไม่ถูกต้อง เพื่อจะได้รีบแก้ไขให้ถูกต้องก่อนที่จะสายเกินไป และจากผลการวิจัยนี้ก็พอจะลงความเห็นได้ว่า นักเรียนยังมีความคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสสารในแง่ที่ว่า สสารต้องมีตัวตน สัมผัสได้ จับต้องได้ และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

Posner, Strike, Hewson, และ Gertzog (1982) ได้เสนอหลักการเปลี่ยนความคิด (conceptual change) ของเด็กไว้ว่า ถ้าเด็กจะเปลี่ยนความคิดของเขา ชั้นแรกจะต้องทำให้เด็กรู้สึกก่อนว่า ความคิดของเขาที่มีอยู่นั้นไม่เป็นที่น่าพอใจบางประการ และจะต้องมีทางเลือกอื่นที่น่าสนใจกว่า นั่นคือจะต้องทำให้นักเรียนเห็นว่า ความคิดใหม่นั้นเป็นความคิดที่ **เรียนรู้ได้ง่าย มีเหตุผล และมีประโยชน์** ส่วนข้อเสนอแนะสำหรับครูผู้สอนมโนคติเกี่ยวกับสสารในตอนเริ่มต้น ถ้าท่านต้องการจะหลีกเลี่ยงการสร้างความคิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนคติหลักใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นโดยท่านมิได้ตั้งใจ อาจทำได้โดยการสอนให้เด็กเข้าใจมโนคติหลักนั้น ๆ โดยการให้นักเรียนทดลองหาคำตอบด้วยตนเองแทนการบอกความรู้ และฝึกให้นักเรียนสร้างแผนภาพมโนคติเกี่ยวกับความคิดหลักนั้น ๆ เป็นของตนเอง (ดูตัวอย่างจากภาพ 3) เพื่อแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ มากน้อยเพียงใด

3. เมื่อใดที่ครูใช้ภาษาง่าย ๆ ในความหมายทางวิทยาศาสตร์ ครูควรย้ำให้แน่ใจว่า นักเรียนมีความเข้าใจความหมายของคำนั้น ๆ ตรงตามที่ครูตั้งใจจะสื่อ

4. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ ควรศึกษาความคิดเห็นความเข้าใจเกี่ยวกับสสารของครูประถมศึกษาทั้งก่อนประจำการ และประจำการ เพื่อให้ทราบสถานะที่แท้จริงว่าตัวครูเองมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารถูกต้อง หรือผิดพลาดเพียงใด เพื่อจะได้หาแนวทางในการปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้น อันจะส่งผลให้มีการขยับยั้งลูกโซ่ของความเข้าใจที่ผิดพลาดเกี่ยวกับสสารของนักเรียนในอนาคต

5. ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาของชาติทุกระดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับชั้นประถมศึกษา และมีมัธยมศึกษาควรนำผลการวิจัยนี้ไปประกอบการพิจารณาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ของชาติให้ได้ผลตามปรัชญาที่วางไว้

