คำถามทางวิทยาศาสตร์: จะฝึกนิสิตครู ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีได้อย่างไร

อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ขุนทะเล เมือง สุราษฎร์ธานี 84100
*E-mail: artitaya_sci@hotmail.com

รับบทความ: 8 เมษายน 2560 ยอมรับตีพิมพ์: 30 เมษายน 2561

บทคัดย่อ

คำถามทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้อย่างมีความหมายคำถามของผู้สอนจะเป็นสิ่งขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบจนกระทั่งพบคำตอบ หากนิสิตครูไม่สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีได้ด้วยตนเอง คงเป็นเรื่องยากหากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นในห้องเรียน และคงเป็นเรื่องยากหากจะพัฒนานักเรียนให้กลายเป็นผู้ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองในอนาคต ดังนั้นบทความฉบับนี้ผู้เขียนจึงมุ่งนำเสนอลักษณะคำถามที่ดีทางวิทยาศาสตร์ ประเภทของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบได้ พร้อมทั้งตัวอย่างกิจกรรมส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์และยุทธวิธีพัฒนานิสิตครูในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: คำถามทางวิทยาศาสตร์ การตั้งคำถาม นิสิตครู

Scientific Question: How to Encourage Pre–service Teachers' Posing a Good Scientific Question?

Artitaya Jituafua

General Science Program, Faculty of Education, Suratthani Rajabat University,
Khun Thale, Muang, Suratthani 84100, Thailand
*E-mail: artitaya_sci@hotmail.com

Received: 8 April 2016 Accepted: 30 April 2017

Abstract

Scientific questioning plays an important role on scientific inquiry and meaningful learning. Teacher's questions will drive learning activities in classroom that lead to scientific investigation until the answers are found. If pre–service teacher cannot pose a good scientific question by themselves, it would be difficult to appear scientific investigation in the classroom. It also would be difficult to develop students to become a good scientific questioner in the future. Therefore, this article focused on proposing of the good characteristics of scientific question and kind of scientific questions. In addition, the examples of activities that promote the pre–service teachers' abilities and strategies to pose scientific questions were provided.

Keywords: Scientific question, Posing, Pre–service teacher

บทนำ

การใช้คำถามเป็นเทคนิคสำคัญในการแสวงหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด การตีความ การไตร่ตรอง สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการจัดกระบวนการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี และครึ่งหนึ่งของเวลาในการจัดการเรียนรู้คือการใช้คำถามของครูผู้สอน ดังนั้นการตั้งคำถามอาจระบุว่าเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่ได้รับความนิยมในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน (Ainscow, 2000) โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น คำถามจะเป็นตัวขับเคลื่อนในการสร้างความรู้ มีศักยภาพเพื่อการเรียนรู้โดยตรง อีกทั้งยังสนับสนุนการอภิปรายและโต้แย้งในชั้นเรียน ช่วยประเมินและตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง เพิ่มแรงจูงใจ ความสนใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น การตั้งคำถามยังมีบทบาทสำคัญดังระบุไว้ในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Education Standards, NSES) คำถามทางวิทยาศาสตร์จะเป็นตัว

ขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนกระทั่งพบคำตอบ ทั้งนี้ความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติได้ระบุพัฒนาการของการตั้งคำถามของผู้เรียนดังนี้ ระดับอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 4 นักเรียนสามารถตั้งคำถามเกี่ยวกับวัตถุ สิ่งมีชีวิต และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม ระดับประถมศึกษาปีที่ 5 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 2 นักเรียนสามารถระบุประเภทคำถามที่สามารถหาคำตอบได้ผ่านการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนสามารถระบุประเภทคำถามและแนวทางในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 1996)

การตั้งคำถามที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ (investigable question) โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ ไม่เพียงแต่เป็นจุดเริ่มต้นความสามารถในการกำหนดและตระหนักรู้เกี่ยวกับคำถามเท่านั้น แต่ยังรวมถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด เพราะคำถามดังกล่าวนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจอันดีของผู้เรียนเกี่ยวกับสิ่งรอบตัว ความเข้าใจนี้ค่อย ๆ ก่อตัวผ่านการวางระบบความคิดและหลักฐานเข้าด้วยกัน เพราะความต้องการที่จะรู้เกี่ยวกับคำถามนั้น ๆ การตั้งคำถามด้วยตนเองเป็นขั้นตอนแรกของการเติมเต็มช่องว่างของความรู้และการขจัดความคลุมเครือ ช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนเกี่ยวกับแนวคิด อีกทั้งช่วยเชื่อมต่อกับแนวคิดอื่น ๆ ทั้งที่ทราบแล้วและยังไม่ทราบ ถึงแม้ว่าผู้เรียนเกิดมาเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ แต่ไม่ได้เข้ามาในชั้นเรียนพร้อมกับความสามารถในการตั้งคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ แต่เป็นความสามารถที่ต้องมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาพร้อมกับการให้คำแนะนำ มีต้นแบบ และผ่านการฝึกฝนในชั้นเรียนภายใต้สิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการตั้งคำถาม ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อเชี่ยวชาญมากขึ้นก็จะเกิดการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามแม้ว่าการสำรวจตรวจสอบทั้งหมดเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Lederman *et al*., 2014) และคำถามทางวิทยาศาสตร์จะเป็นตัวขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จนสามารถพบคำตอบนั้น ๆ (Krajcit *et al*., 2008) แต่งานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของประเทศไทยยังคงมีอยู่น้อยมาก (Inquiring Mind Project, 2012)

บุคคลที่เป็นกำลังหลักสำคัญในการขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนคือนิสิตครูวิทยาศาสตร์ หากนิสิตครูผู้ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการก้าวสู่การเป็นครูวิทยาศาสตร์ในอนาคตยังไม่สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีได้ด้วยตนเอง คงเป็นเรื่องยากที่จะจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างที่วิทยาศาสตร์เป็น และคงเป็นเรื่องยากต่อการพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต ทั้งนี้แม้ว่าการตั้งคำถามถูกระบุว่าเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่ได้รับความนิยมในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน แต่นิสิตครูอาจสำเร็จการศึกษาจากสถาบันการผลิตครูโดยปราศจากความเข้าใจในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นหน่วยงานที่มีบทบาทในการผลิตครูวิทยาศาสตร์ จึงต้องสร้างนิสิตครู

วิทยาศาสตร์ให้พร้อมสู่การเป็นบัณฑิต พร้อมทำงานอย่างครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ ก่อนที่จะมีการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานศึกษา นิสิตครูวิทยาศาสตร์เหล่านี้ควรได้รับการจัดประสบการณ์การฝึกตั้งคำถามที่ดีทางวิทยาศาสตร์ผ่านบริบทชั้นเรียนในฐานะผู้เรียน บทความฉบับนี้จึงมุ่งนำเสนอลักษณะคำถามที่ดีทางวิทยาศาสตร์ และประเภทของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบได้ พร้อมทั้งตัวอย่างกิจกรรมส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ และยุทธวิธีพัฒนานิสิตครูในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับอาจารย์ผู้สอนในหน่วยงานที่มีหน้าที่โดยตรงในการผลิตครูวิทยาศาสตร์นำไปปรับใช้ในบริบทของตนเองเพื่อฝึกนิสิตครูตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีได้ต่อไป

ลักษณะคำถามที่ดีทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร

คำถามเป็นส่วนสำคัญของวิทยาศาสตร์ คำถามจะเป็นตัวกำหนดความลึกและความกว้างของแนวคิดที่ได้เรียนรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนนำมาใช้ รวมถึงระดับความรู้ความเข้าใจในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีสามารถหาคำตอบได้โดยการสังเกตโดยตรงหรือใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ช่วยขยายประสาทสัมผัสของการสังเกต ขณะสังเกตนักวิทยาศาสตร์อาจเริ่มต้นด้วยคำถามที่กว้าง ๆ เช่น "อะไรที่ทำให้เมล็ดพืชเจริญเติบโต" ต่อด้วยการกำหนดคำถามที่มีความเฉพาะมากขึ้น อาทิ “อะไรเป็นปัจจัยสำคัญในการงอกของเมล็ด” “อะไรเป็นปัจจัยที่สำคัญในการงอกของเมล็ดทานตะวัน” นักวิทยาศาสตร์ได้กล่าวทิ้งท้ายข้อความด้วยคำถามที่มักหาคำตอบได้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์หรือการทดลอง หากลองพิจารณาคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ค่า pH ของน้ำมีผลต่อการงอกของเมล็ดทานตะวันหรือไม่อย่างไร” คำถามลักษณะดังกล่าวสามารถให้คำจำกัดความได้ วัดได้ ควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ และแฝงไว้ซึ่งสมมติฐานเพื่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงสะท้อนถึงกระบวนการคิดขั้นสูงของผู้ถาม และสะท้อนถึงความซับซ้อนของกระบวนการหาคำตอบ ซึ่งลักษณะดังกล่าวถือเป็นลักษณะคำถามที่ดีทางวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตาม นักการศึกษาวิทยาศาสตร์บางท่านเห็นว่า ลักษณะคำถามที่ดีอาจไม่เหมือนกันในแต่ละสาขาวิชา คำถามที่ดีของสาขาวิชาหนึ่งอาจเป็นคำถามที่ไม่ค่อยดีในอีกสาขาวิชาหนึ่งก็ได้ (Inquiring Mind Project, 2012) ดังนั้นนักการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงพยายามระบุลักษณะของคำถามที่ดีในทางวิทยาศาสตร์ เช่น Chin and Kayalvizhi (2002) ได้ให้แนวทางในการพิจารณาว่าคำถามนั้น ๆ เป็นคำถามที่ดีทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ดังนี้ ประการแรก คำถามนั้นควรนำไปสู่กิจกรรมที่สามารถลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบได้ มีการจัดกระทำกับตัวแปรที่สามารถรวบรวมและประมวลผลข้อมูลเพื่อตอบคำถาม คำถามดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวขับเคลื่อนและเชื่อมโยงภาระงานที่เกี่ยวข้อง จนนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบนั่นเอง ประการที่สอง คำถามนี้ต้องเป็นเรื่องที่น่าสนใจและท้าทายทั้งในเชิงแนวคิดและปฏิบัติ ตลอดจนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงสิ่งที่พวกเขากระทำหรือดำเนินการได้ คำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบควรมีความหมายและดึงดูดความสนใจของผู้เรียน นอกจากนี้ยังควรให้โอกาสผู้เรียนได้ฝึกความคิด

เชิงวิพากษ์วิจารณ์และความคิดสร้างสรรค์ที่นำไปสู่ผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านแนวคิดและกระบวนการ ประการที่สาม ธรรมชาติของคำถามจะต้องไม่ยากจนเกินไป แต่ต้องเหมาะสมกับการพัฒนาและการสำรวจตรวจสอบโดยสามารถดำเนินการได้ภายใต้ข้อจำกัดของเวลาในการสำรวจตรวจสอบต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้สำรวจตรวจสอบ และไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หรือเทคนิคที่มีความซับซ้อนมากจนเกินไป ประการสุดท้าย คำถามนั้นควรเป็นตัวขับเคลื่อนเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนไม่รู้จักมาก่อน สิ่งเหล่านี้ถือเป็นการค้นพบที่แท้จริงและมีความหมาย และผู้เรียนควรจักได้ดำเนินการหรือปฏิบัติเช่นเดียวกับวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติหรือดำเนินการจนกระทั่งค้นพบคำตอบ

จากลักษณะบ่งชี้ของคำถามทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาว่าคำถามนั้น ๆ เป็นคำถามที่สามารถพัฒนาไปสู่การสำรวจตรวจสอบได้หรือไม่ ดังนี้ 1) คำถามนั้นมีความเป็นไปได้ในการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบ 2) คำถามนั้นมีความน่าสนใจท้าทาย สร้างแรงกระตุ้นให้กับผู้เรียน 3) คำถามนั้นนำไปสู่การปฏิบัติได้ภายใต้เงื่อนไขของเวลาและทรัพยากร 4) คำตอบของคำถามไม่สามารถสืบค้นได้จากหนังสือ ตำรา หรืออินเตอร์เน็ต หรือจะต้องไม่เป็นคำตอบที่ผู้เรียนทราบมาก่อน

ประเภทของคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ (scientific investigation)

ในส่วนของคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์นั้น สามารถจำแนกคำถามออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายลักษณะ ซึ่งรายละเอียดของคำถามในแต่ละกลุ่ม (Chin and Kayalvizhi, 2002; Ladachart and Ladachart, 2016) มีดังนี้

1. คำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ (comparison questions) เป็นการถามเพื่อเปรียบเทียบสิ่งที่จะเกิดขึ้นภายใต้สองเงื่อนไข โดยคำถามมักระบุเงื่อนไขของการเปรียบเทียบไว้อย่างชัดเจน เช่น “พื้นขรุขระกับพื้นเรียบพื้นประเภทใดมีแรงเสียดทานมากกว่ากัน” คำถามประเภทนี้อาจประกอบด้วยตัวเลือกหรือทางเลือกที่จะต้องตัดสินใจว่าสิ่งใดเหมาะสมที่สุด เช่น “วัสดุชนิดใดสามารถเก็บรักษาอุณหภูมิของน้ำร้อนได้ดีกว่ากัน” คำถามประเภทนี้ยังรวมถึงการจัดหมวดหมู่ย่อยสำหรับจำแนกประเภทโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปรียบเทียบ เช่น “วัสดุชนิดใดในกลุ่มนี้เป็นตัวนำไฟฟ้า” นอกจากนี้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบอาจเกี่ยวกับลักษณะหรือสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ ดังคำถาม “เราจะสามารถจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ที่พบในสวนของโรงเรียนได้กี่กลุ่ม อย่างไรบ้าง” คำถามประเภทนี้จึงมักนำไปสู่การทดสอบหรือทดลองทางวิทยาศาสตร์

2. คำถามเกี่ยวกับเหตุและผล (cause–and–effect questions) นำไปสู่การศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างตัวแปร และการลงความเห็นเกี่ยวกับตัวแปรหนึ่ง ๆ ที่ส่งผลกับตัวแปรอื่น การตอบคำถามประเภทนี้ต้องออกแบบการทดลองโดยการจัดกระทำกับตัวแปรหนึ่งก่อนเพื่อสังเกตผลกระทบต่ออีกตัวแปรหนึ่ง ในการตอบคำถามดังกล่าวมักอาศัยการทดลอง หรือการควบคุมตัวแปร ตัวอย่างคำถาม เช่น “ความเข้มข้นมีผลต่ออัตราการละลายของเกลือในน้ำหรือไม่”

3. คำถามเกี่ยวกับการทำนาย (predict-

tion questions) เป็นคำถามที่ช่วยกระตุ้นความคิดเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปร การทดลองอย่างง่ายของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการทำนายผลที่เกิดขึ้นอันเป็นผลมาจากจัดกระทำของตัวแปรหรือการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร คำถามประเภทนี้อาจใช้คำขึ้นต้นประโยคเช่น “อะไรจะเกิดขึ้น ถ้า...” “... ส่งผลกระทบต่อ...อย่างไร?” และ “อะไรจะเป็นผลกระทบของ ... ” ตัวอย่างเช่น “อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพืชไม่ได้รับแสง” “อะไรจะเป็นผลกระทบของ ...” คำถามประเภทนี้ยังเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของเหตุและผล และให้ความสำคัญกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่รวมถึงการทดสอบหรือทดลอง แต่จุดเน้นของคำถามประเภทนี้มักเกี่ยวกับข้องกับการทำนายผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเกตเหตุการณ์ (สิ่งที่เห็น) ไม่ใช่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

4. คำถามเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้าง (design–and–make questions) เป็นคำถามที่อาศัยเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองความต้องการมนุษย์ คำถามนี้จะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนด ต้องใช้แบบจำลองทางวิศวกรรมของการทดลอง โดยเป้าหมายของคำถามเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างคือการจัดกระทำกับตัวแปรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการมากกว่าการตรวจสอบปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จุดเน้นอยู่ที่ตัวแปรของความสำเร็จ และเกณฑ์ในการพิจารณาความสำเร็จคือ สิ่งประดิษฐ์นั้นมีประสิทธิภาพในการทำงานตามที่ต้องการได้หรือไม่ ดังตัวอย่างคำถาม เช่น “ฉันจะสร้างอุปกรณ์อัตโนมัติที่สามารถทำความสะอาดแผ่นใสที่ใช้แล้วได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดอย่างไร”

5. คำถามเกี่ยวกับการสำรวจ (exploratory questions) เกี่ยวข้องกับการสำรวจในเบื้องต้น ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล อย่างไรก็ตามคำถามประเภทนี้จะแตกต่างไปจากคำถามเกี่ยวกับเหตุและผลซึ่งระบุตัวแปรเฉพาะที่น่าสนใจ ทั้งนี้คำถามเกี่ยวกับการสำรวจจะไม่เน้นที่การระบุตัวแปรเท่าใดนัก แต่จะมุ่งเน้นเกี่ยวกับวิธีการและกระบวนการของการทดลอง ตัวอย่างเช่น “อะไรเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ...”

6. คำถามเกี่ยวกับการอธิบาย (descriptive questions) ต้องการให้ผู้เรียนสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์บางอย่างโดยใกล้ชิดและทำการอธิบายในเชิงลึก คำถามดังกล่าวกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบายรายละเอียดของวัตถุ ปรากฏการณ์ หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่สามารถตรวจสอบและหาคำตอบได้โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนสังเกตหรือทดลองอย่างเป็นระบบ ทั้งสถานการณ์ธรรมชาติและสถานการณ์ที่ถูกกำหนด ตัวอย่างเช่น “การศึกษาความหลากหลายชนิดของแมลงที่อาศัยอยู่ในสวนบริเวณโรงเรียน” “การงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโต” “โครงสร้าง การเคลื่อนที่และพฤติกรรมของแมงมุม” “วงจรชีวิตของแมลงหรือกบ” และ “การศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอื่น ๆ เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแข็ง” หรือ “แมลงชนิดใดบ้างที่อาศัยอยู่ในสวนบริเวณของโรงเรียน”

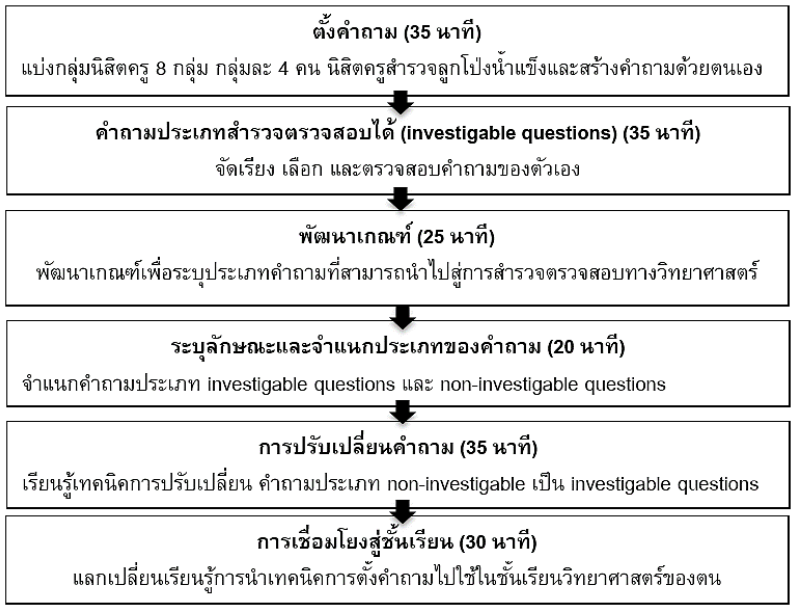
7. คำถามเกี่ยวกับการค้นหาแบบแผน (pattern–seeking questions) เป็นคำถามที่เหมาะกับการสำรวจปรากฏการณ์ทางชีวภาพในธรรมชาติ เช่น ระบบนิเวศ สภาพอากาศ พันธุกรรม ซึ่งนักเรียนไม่สามารถจัดกระทำหรือควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้โดยง่าย ดังคำถาม “อะไรคือความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของเท้ากับระยะระหว่าง

ข้อมือและข้อศอก” “อะไรคือความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพืชกับถิ่นอาศัยที่พบ” และ “อะไรคือความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกับชนิดของอาหารที่กิน” คำถามดังกล่าวจะกระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรกับปรากฏการณ์

7. คำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา (problem– solving questions) เป็นการเชิญชวนให้ผู้เรียนบูรณาการและประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่และความคิดสร้างสรรค์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยต้องการหรือกำหนดให้ผู้เรียนคิดค้นวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่กำหนด ตัวอย่าง เช่น “ฉันสามารถระบุและจำแนกความแตกต่างของผงสีขาวที่ไม่รู้จักทั้งสามชนิดได้อย่างไร” ซึ่งจะแตกต่างจากคำถามเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีและการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ คำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหานี้จะเป็นกระบวนการหาวิธีที่เป็นไปได้ในการดำเนินการ

ตัวอย่างกิจกรรมส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์

การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยคำถาม หนึ่งในวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คือ การเรียนรู้ผ่านการตั้งคำถามบนพื้นฐานของความอยากรู้อยากเห็นของตนเอง ผู้เขียนขอเสนอวิธีการกระตุ้นนิสิตครูให้เกิดความสงสัย เพื่อล้วงลึกคำถามและนำไปสู่การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรม “Ice Balloon Activity” หรือ “กิจกรรมลูกโป่งน้ำแข็ง”ทั้งนี้ ผู้เขียนได้ปรับปรุงกิจกรรมจากสถาบันการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Institute for Inquiry, 2006) โดยรูปแบบกิจกรรมเน้นการลงมือปฏิบัติ (hands–on activity) เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการตั้งคำถามประเภทสำรวจตรวจสอบ ใช้เวลาดำเนินกิจกรรม 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 สรุปกิจกรรมส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์
ที่มา: ดัดแปลงจาก (Institute for Inquiry, 2006)

วัตถุประสงค์ของการดำเนินกิจกรรม เพื่อปรับปรุงทักษะการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์และใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นิสิตครูตั้งขึ้นเพื่อนำไปสู่การออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบของคำถาม รวมถึงตรวจสอบประเภทคำถามและหาวิธีการปรับเปลี่ยนคำถามประเภทไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ (non–investigable questions) ให้พัฒนาไปสู่คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินกิจกรรม ได้แก่ ลูกโป่งน้ำแข็งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว แว่นขยาย ไฟฉาย (อุปกรณ์ประกอบการสังเกตระยะที่ 1) ไม้จิ้มฟัน คลิปหนีบกระดาษ สีผสมอาหาร เกลือหยาบ น้ำตาล ถังบรรจุน้ำ (อุปกรณ์เสริมประกอบการสังเกตระยะที่ 2)

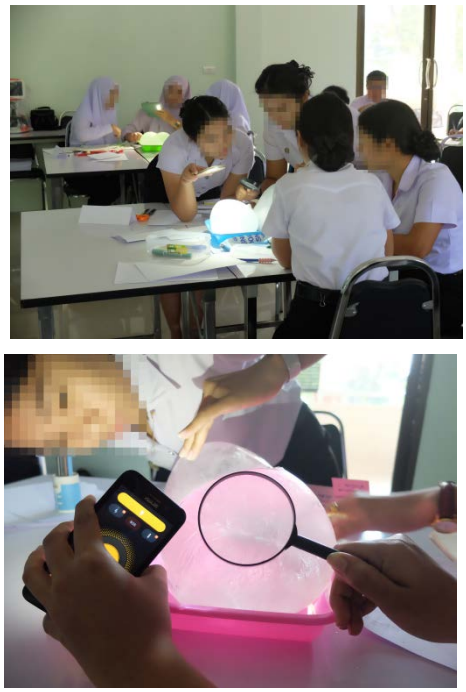
วิธีการดำเนินกิจกรรม

การดำเนินกิจกรรมส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ สามารถดำเนินการได้ตามขั้นตอน (Institute for Inquiry, 2006) ดังนี้

1. *ตั้งคำถาม* (35 นาที)

กิจกรรมในส่วนนี้ นิสิตต้องดำเนินการสำรวจลูกโป่งน้ำแข็ง และเขียนบันทึกคำถามที่สงสัยขณะสำรวจให้ได้มากที่สุดลงในบัตรบันทึกคำถาม กิจกรรมส่วนนี้แบ่งระยะของการสังเกตออกเป็น 2 ระยะย่อย ได้แก่

ระยะที่ 1 นิสิตดำเนินการสังเกตลูกโป่งน้ำแข็งในห้องมืด ขั้นนี้นิสิตสามารถใช้แว่นขยายและไฟฉายประกอบการสังเกต การสังเกตในห้องมืดจะเน้นความลึกลับ น่าค้นหาและความสวยงามของน้ำแข็ง อีกทั้งดึงดูดความสนใจของนิสิตให้เข้ามามีส่วนร่วมในปรากฏการณ์นั้น ขณะสังเกตต้องบันทึกคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตหรือสิ่งที่สงสัยให้ได้มากที่สุด รวมระยะเวลาในการสังเกตและตั้งคำถาม 10 นาที (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 นิสิตครูสำรวจ/สังเกตลูกโป่งน้ำแข็งในห้องมืดเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการตั้งคำถามที่นำไปสู่การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

ระยะที่ 2 นิสิตสำรวจ/สังเกตลูกโป่งน้ำแข็ง และบันทึกคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตลงในบัตรคำถาม อย่างต่อเนื่อง โดยนิสิตสามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์เสริมการสังเกต อาทิ ไม้จิ้มฟัน คลิปหนีบกระดาษ สีผสมอาหาร เกลือหยาบ น้ำตาล ถังบรรจุน้ำ (ดังภาพที่ 3) เพื่อเพิ่มความน่าสนใจในการสังเกตคุณสมบัติของลูกโป่งน้ำแข็ง การใช้อุปกรณ์เสริมการสังเกตจะช่วยกระตุ้นให้นิสิตสามารถตั้งคำถามได้เพิ่มขึ้น ระยะนี้ใช้เวลา 25 นาที ผู้สอนให้นิสิตนับจำนวนคำถามที่ได้ และเลือกคำถามกลุ่มละ 5 คำถาม เพื่อแลกเปลี่ยนกับสมาชิกกลุ่มอื่น ๆ ทั้งนี้ ผู้สอนควรอภิปรายเพื่อ

ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการสังเกตและการตั้งคำถาม โดยมีจุดเน้นที่สำคัญ ดังนี้ 1) มีคำถามเกิดขึ้นมากมาย ทั้งนี้แม้ว่าทุกคนจะสังเกตปรากฏการณ์เดียวกันแต่เห็นในสิ่งที่แตกต่างกัน 2) ปรากฏการณ์ธรรมชาติง่าย ๆ แต่สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น และ 3) การให้เวลาในการสังเกตอย่างเพียงพอ จะทำให้เกิดการสร้างคำถามที่หลากหลายจากผู้สังเกตแต่ละคน

ภาพที่ 3 นิสิตครูเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์เสริม (เกลือ น้ำตาล และสีผสมอาหาร) ในการสำรวจหรือสังเกตลูกโป่ง น้ำแข็ง เพื่อช่วยกระตุ้นการสังเกต ตั้งคำถาม และบันทึกคำถามที่ได้จากการสังเกต

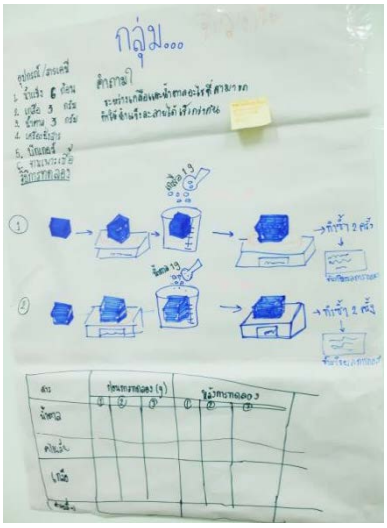
2. *คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้* (35 นาที)

เมื่อนิสิตสามารถตั้งคำถามที่หลากหลายเกี่ยวกับลูกโป่งน้ำแข็ง นิสิตจะต้องจัดเรียงคำถามที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ และคำถามที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ และเลือกคำถามที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ 1 ข้อ เพื่อออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบ ทั้งนี้คำถามที่สามารถนำไปสู่การดำเนินการปฏิบัติได้ (taking action) จะเป็นคำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ ตัวอย่างเช่น คำถามที่ขึ้นต้นประโยคว่า “จะเกิดอะไรขึ้นถ้า…” หรือ “มีวลีเกี่ยวกับเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง…กับ…” หรือเป็นวลีที่เชิญชวนให้ทำการทดลองด้วยวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น “จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อเราใส่เกลือลงบนน้ำแข็ง” หรือ “อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการละลายของน้ำแข็งหรือไม่” โดยระบุแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ในทางตรงกันข้ามคำถามที่ไม่สามารถนำไปสู่กิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ก็จะเป็นคำถามประเภทไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ อาทิ คำถามประเภท “ทำไม” เช่น “ทำไมลูกโป่งน้ำแข็งส่วนใหญ่จึงอยู่ใต้น้ำ” หรือ “ทำไมลูกโป่ง

น้ำแข็งจึงมีลักษณะขุ่น" ซึ่งถือว่าไม่สามารถตรวจสอบได้ หรือมีการระบุไว้ในแบบที่ไม่ได้นำไปสู่กิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติได้โดยตรงในการตอบคำถามตามที่ระบุไว้ แต่ต้องการข้อมูลหรือคำอธิบาย การตอบคำถามเหล่านี้สามารถสืบค้นข้อมูลได้จากหนังสือ อินเตอร์เน็ต หรือผู้มีประสบการณ์ ขณะที่การสำรวจตรวจสอบสามารถดำเนินการโดยใช้วัสดุอุปกรณ์เพื่อตอบคำถาม วิธีการขั้นนี้ นิสิตใช้เวลาในการอ่านคำถามทั้งหมดอย่างรวดเร็ว 5 นาที และจัดเรียงคำถามออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คำถามประเภทที่สำรวจตรวจสอบได้ และกลุ่มที่ 2 คำถามประเภทที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ (ผู้สอนยังไม่ต้องแจ้งเกณฑ์การพิจารณาคำถามทั้ง 2 ประเภท) จากนั้นให้นิสิตเลือกคำถามที่ดีที่สุดที่นำไปสู่การลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบได้ (จากคำถามกลุ่มที่ 1) ภายใต้ระยะเวลาและวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่มา 1 คำถาม และให้นิสิตออกแบบกิจกรรมซึ่งอาจใช้วิธีการทดลอง ทดสอบ สังเกต หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เพื่อหาวิธีการในการหาคำตอบของคำถาม พร้อมทั้งนำเสนอผลการปฏิบัติ (ภาพที่ 4)

3. *พัฒนาเกณฑ์* (25 นาที)

ในขั้นนี้นิสิตยังคงดำเนินกิจกรรมกลุ่ม เพื่ออภิปรายและพัฒนาเกณฑ์ของคำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ โดยผู้สอนแจกกระดาษให้นิสิตและให้นิสิตร่วมอภิปรายเกณฑ์ของคำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ เริ่มต้นด้วยนิสิตเป็นผู้ตรวจสอบคำถามทั้ง 2 กลุ่มที่ได้จำแนกไว้ในขั้นที่ 2 ซึ่งได้แก่ กลุ่มที่ 1 คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ และกลุ่มที่ 2 คำถามที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ นิสิตระดมความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ทำให้คำถามนั้นสามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบได้ และระบุเกณฑ์ของคำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ จากนั้นผู้สอนนำอภิปรายเพื่อถามหาเกณฑ์ดังกล่าวและให้นิสิตร่วมแลกเปลี่ยนเกณฑ์ของตนเองกับสมาชิกกลุ่มอื่น ๆ และร่วมบันทึกเกณฑ์คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ (จากการอภิปรายควรได้ข้อสรุปของเกณฑ์การพิจารณาคำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ดังนี้ 1) ความพร้อมด้านวัสดุอุปกรณ์ คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้นั้นจะต้องมีวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้ในการสำรวจตรวจสอบได้ 2) ความสามารถด้านเวลา คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้นั้นสามารถหาวิธีการสำรวจและดำเนินการสำรวจตรวจสอบได้ ณ ปัจจุบันหรือในอนาคตอันใกล้ และ 3) ความสามารถในการนำไปสู่การดำเนินการปฏิบัติ คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้นั้น จะต้องนำไปปฏิบัติเพื่อหาคำตอบได้โดยอาจใช้วิธีการทดลอง ทดสอบ สังเกต หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เพื่อหา



ภาพที่ 4 การออกแบบกิจกรรมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาวิธีการในการหาคำตอบของคำถามประเภทที่สำรวจตรวจสอบได้

คำตอบ ดังนั้นผู้สอนจึงควรชี้ให้เห็นถึงความสอดคล้องของเกณฑ์และการใช้เกณฑ์เป็นแนวทางเมื่อนิสิตระบุลักษณะหรือประเภทของคำถาม

4. *ระบุลักษณะและจำแนกประเภทของคำถาม* (20 นาที)

เมื่อนิสิตพัฒนาเกณฑ์ของคำถามประเภทสำรวจตรวจสอบเสร็จสิ้น นิสิตจะต้องระบุว่าคำถามที่สร้างขึ้นนั้นสามารถตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่อีกครั้ง โดยสมาชิกแต่ละกลุ่มเป็นผู้อ่านข้อคำถามจากบัตรคำถามที่สร้างขึ้น และร่วมอภิปรายถึงการจัดประเภทคำถามว่าจัดจำแนกได้ถูกต้องหรือไม่ และทำไมคำถามนั้นจึงถูกจัดอยู่ในประเภทนั้น ๆ หากสมาชิกในกลุ่มมีความเห็นพ้องเกี่ยวกับประเภทคำถามก็ให้ย้ายคำถามลงในแผนภูมิการจัดจำแนก โดยดำเนินการจนครบทุกข้อคำถาม (ภาพที่ 5) ระหว่างดำเนินกิจกรรมผู้สอนอาจใช้คำถามว่า “มีคำถามใดบ้างที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบได้” ทั้งนี้ ผู้สอนต้องมั่นใจว่านิสิตเข้าใจความแตกต่างระหว่างคำถามทั้งสองประเภท โดยแนวคิดสำคัญที่นิสิตควรทราบคือ คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้สามารถนำไปสู่การดำเนินการปฏิบัติได้ ขณะที่คำถามประเภทไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้นั้นจะตรงกันข้าม หากนิสิตไม่สามารถตอบได้ เป็นเรื่องที่สำคัญมากที่ผู้สอนจะต้องให้แนวทางเกี่ยวกับแนวคิดดังกล่าวและนำมาอภิปราย

สำหรับคำถามประเภทไม่สามารถสำรวจตรวจสอบ ผู้สอนอาจชี้ให้เห็นถึง คำถามประเภทที่ขึ้นต้นประโยคด้วยคำว่า “ทำไม” เพราะคำถามลักษณะนี้ ต้องอาศัยคำอธิบายแทนที่จะดำเนินการปฏิบัติเพื่อสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ คำถามประเภทนี้สามารถหาคำตอบจากหนังสือ

ภาพที่ 5 นิสิตระบุลักษณะและจำแนกประเภทของคำถาม

อินเตอร์เน็ต หรือสอบถามจากผู้มีประสบการณ์ เช่น “ทำไมเมื่อส่องไฟไปยังฟองภายในลูกโป่งน้ำแข็ง แสงไฟจึงไม่ส่องผ่านทะลุฟองนั้น “ทำไมเมื่อโรยเกลือบนก้อนน้ำแข็งจึงทำให้เกิดเสียง” เป็นต้น สำหรับคำถามประเภทสามารถสำรวจตรวจสอบได้ จะชี้ให้เห็นถึงการดำเนินการหรือการปฏิบัติที่ชัดเจน คำถามประเภทนี้บ่อยครั้งที่เริ่มต้นด้วยคำว่า “อะไรจะเกิดขึ้นถ้า...” หรือมีวลีเปรียบเทียบ อาทิ “ระหว่าง...กับ...” หรือ “...มีผลต่อ...อย่างไร” รวมถึงวลีทางเลือกที่สามารถทดสอบได้ เช่น “มีสารชนิดอื่นอีกหรือไม่ ไม่เฉพาะเกลือที่ช่วยให้น้ำแข็งละลาย” คำถามนี้สนับสนุนการคิดหาคำตอบว่าสารอื่น ๆ ซึ่งเป็นสารทางเลือกมีคุณสมบัติคล้าย ๆ กับเกลืออีกหรือไม่เพื่อดำเนินการทดสอบ และสุดท้ายคือ วลีที่นำไปสู่การลงมือปฏิบัติเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างที่ช่วยให้ค้นพบกับคำตอบ เช่น “อุณหภูมิเท่าไร

ที่ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะ" "ความร้อนจากการส่องไฟฉายเป็นสาเหตุให้น้ำแข็งละลายเร็วกว่าปกติหรือไม่" การให้นิสิตสำรวจลูกโป่งน้ำแข็งโดยใช้อุปกรณ์เสริมการสังเกต เป็นวิธีการที่ช่วยให้นิสิตสามารถตั้งคำถามได้ง่ายขึ้น และใช้คำถามที่สร้างขึ้นเพื่อทำความเข้าใจว่าคำถามประเภทใดที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้

5. *การปรับเปลี่ยนคำถาม* (35 นาที)

เมื่อนิสิตทราบแล้วว่า คำถามที่สร้างขึ้นส่งผลต่อวิธีการหาคำตอบ ในขั้นนี้นิสิตจะได้เรียนรู้เทคนิค "การแสกนตัวแปร" (variables scan) ซึ่งได้รับการพัฒนาเทคนิคโดย Jelly นักการศึกษาและการพัฒนาหลักสูตรชาวอังกฤษ โดยนิสิตสามารถฝึกทักษะการปรับเปลี่ยนคำถามประเภทที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้เพื่อนำไปสู่คำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้ เริ่มต้นจากการแสกนคำถามประเภทที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้เพื่อหาตัวแปรในข้อคำถามและค้นหาองค์ประกอบที่สามารถนำไปสู่การทดลองได้ เทคนิคนี้จะช่วยให้นิสิตรับมือกับคำถามที่ยากในการหาคำตอบโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผู้สอนอาจอ้างถึงคำถามประเภทที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ที่นิสิตสร้างขึ้นจากการสำรวจลูกโป่งน้ำแข็งในขั้นที่ 1 โดยให้นิสิตเลือกคำถามประเภทที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ 1 คำถาม เพื่อร่วมค้นหาและระบุตัวแปรที่สามารถใช้เพื่อปรับเปลี่ยนคำถาม หากไม่มีคำถามที่เหมาะสมผู้สอนสามารถยกตัวอย่าง ได้ดังนี้

คำถามเริ่มต้น "ทำไมน้ำแข็งละลายอย่างรวดเร็วเมื่อเทลงในน้ำ" ทั้งนี้ผู้สอนอาจถามนิสิตเพื่อให้นิสิตร่วมวิเคราะห์ตัวแปร ดังนี้

ผู้สอน: *"จากคำถามนี้ อะไรคือตัวแปร"* *แนวทางการตอบ (น้ำแข็ง น้ำหรือของเหลว)*

ผู้สอน: *"นิสิตจะปรับเปลี่ยนอะไรได้บ้างเกี่ยวกับน้ำแข็ง" แนวทางการตอบ (ขนาดและรูปร่าง)*

ผู้สอน: *"นิสิตจะปรับเปลี่ยนอะไรได้บ้างเกี่ยวกับน้ำหรือของเหลว" แนวทางการตอบ (ปริมาณ อุณหภูมิ น้ำเกลือ น้ำตาล ชนิดของของเหลว)*

จากคำถามเริ่มต้น "ทำไมน้ำแข็งละลายอย่างรวดเร็วเมื่อเทลงในน้ำ" (คำถามนี้ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้) เมื่อนิสิตเลือกที่จะเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกี่ยวกับน้ำแข็ง เช่น รูปร่างของน้ำแข็ง ดังนั้นคำถามที่เป็นไปได้ภายหลังการปรับเปลี่ยนหลังใช้เทคนิคการแสกนตัวแปรคือ "อะไรจะเกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยนรูปร่างของน้ำแข็ง ถ้าปริมาณน้ำแข็งมีค่าเท่ากันน้ำแข็งก้อนเล็กจะละลายได้เร็วกว่าน้ำแข็งก้อนใหญ่" หากนิสิตเลือกที่จะเปลี่ยนแปลงบางอย่างสิ่งเกี่ยวกับน้ำหรือของเหลว ดังนั้นคำถามที่เป็นไปได้ภายหลังการปรับเปลี่ยนจากการใช้เทคนิคแสกนตัวแปรคือ "อะไรจะเกิดอะไรขึ้นถ้าฉันใส่น้ำแข็งลงในน้ำเกลือ" จะเห็นได้ว่าคำถามที่ได้ภายหลังการปรับเปลี่ยนทั้งสองคำถามสามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้นั่นเอง การให้นิสิตฝึกเทคนิคการแสกนตัวแปรจากคำถามประเภทที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ให้กลายเป็นคำถามประเภทสำรวจตรวจสอบได้นั้น เมื่อนิสิตใช้เทคนิคการแสกนตัวแปร อันดับแรกผู้สอนควรให้นิสิตตรวจสอบว่ามีตัวแปรใดที่สามารถเปลี่ยนให้ต่างออกไปจากเดิมได้บ้าง และจะดำเนินการปรับเปลี่ยนอย่างไรก่อนที่นิสิตจะสร้างหรือปรับเปลี่ยนคำถามตามที่ต้องการ

6. *การเชื่อมโยงสู่ชั้นเรียน* (30 นาที)

ในขั้นตอนนี้ นิสิตจะต้องสะท้อนแนว

คิดเกี่ยวกับการตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนยุทธวิธีในการตั้งคำถาม รวมถึงสะท้อนการพัฒนาทักษะการตั้งคำถามสำหรับนักเรียนของตนในอนาคต การดำเนินกิจกรรมนี้เป็นการสะท้อนประสบการณ์ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรม “Ice Balloon Activity” และพูดคุยแลกเปลี่ยนถึงวิธีการที่นิสิตใช้หรือสิ่งที่นิสิตได้เรียนรู้เพื่อช่วยปรับปรุงทักษะการตั้งคำถาม ผู้สอนอาจใช้คำถามเพื่อให้สมาชิกประจำกลุ่มมีส่วนร่วมอภิปรายดังนี้ 1) “คุณมีแนวคิดอะไรบ้างเกี่ยวกับการตั้งคำถาม” คำถามแรกอาศัยพื้นฐานประสบการณ์ในการทำกิจกรรม “Ice Balloon Activity” และ 2) “นิสิตสามารถช่วยนักเรียนให้ตั้งคำถามที่มีประสิทธิภาพได้อย่างไร” ทั้งนี้ ผู้สอนสามารถให้สมาชิกแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิด และร่วมอภิปรายว่านิสิตจะช่วยพัฒนาทักษะการตั้งคำถามของนักเรียนได้อย่างไรจนกระทั่งได้แนวทางที่นำไปสู่การปฏิบัติที่ดี

ยุทธวิธีในการพัฒนานิสิตครูตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ ในส่วนนี้ขอเสนอแนะยุทธวิธีในการพัฒนานิสิตครูตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญดังนี้

1. การส่งเสริมวัฒนธรรมของความอยากรู้อยากเห็นในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์หรือสิ่งเร้าที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นให้เกิดการตั้งประเด็นปัญหาและสร้างคำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนต้องจัดเตรียมบรรยากาศของการสืบเสาะและสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการตั้งคำถามและตอบคำถาม โดยสามารถสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจให้ผู้เรียนได้ฝึกสังเกตและตั้งคำถาม เช่น การใช้ความขัดแย้งของสถานการณ์ความรู้ การใช้กิจกรรมการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง การเรียนรู้จากปัญหา กรณีศึกษา กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมิติทางสังคมของวิทยาศาสตร์ (เช่น ประเด็นด้านสังคม-วิทยาศาสตร์) (Chin and Osborne, 2008) หรือฝึกตั้งคำถามผ่านอนุทิน กระดานคำถาม กล่องรับคำถาม หรือออนไลน์ (Chin, 2004) และอาจจัดมุมเล็ก ๆ ในชั้นเรียนให้เป็นมุมคำถามประจำสัปดาห์ และเปิดโอกาสให้มีช่วงเวลาของการถามตอบคำถามอย่างอิสระ (free question time)

2. การส่งเสริมด้านลักษณะและโครงสร้างการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงประเภทของคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Chin and Kayalvizhi, 2002) การสอนเกี่ยวกับรูปแบบหรือประเภทของคำถามอย่างชัดแจ้งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้สอนสามารถทำให้ผู้เรียนตั้งคำถามได้ (Chin and Osborne, 2008) และเนื่องจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี ดังนั้นนิสิตครูจึงต้องเรียนรู้ธรรมชาติของคำถามทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ เพราะคำถามทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทนำไปสู่วิธีการหาคำตอบแตกต่างกัน เช่น บางคำถามสามารถหาคำตอบจากการสังเกต ขณะที่บางคำถามต้องอาศัยการทดลอง การสำรวจ สร้างแบบจำลอง หรือหาคำตอบจากผลการวิจัยที่มีอยู่ แต่คำถามประเภทอื่น ๆ โดยเฉพาะคำถามที่ขึ้นต้นด้วย “ทำไม” มักไม่สามารถตอบได้ด้วยการสืบเสาะหรือทดลองเพียงอย่างเดียว เนื่องจากคำตอบมักเป็นนามธรรม จึงต้องอาศัยการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกลไกของเหตุและผลในเชิงทฤษฎี (Chin and Kayalvizhi, 2002) นอกจากนี้การแสดงตัวอย่างของคำถามทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนเป็น

สิ่งสำคัญ Chin (2006) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับการเตรียมตัวอย่างของคำถามทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนซึ่งมุ่งเน้นไปที่กระบวนการคิดโดยเฉพาะ (เช่น คำถามเชิงเปรียบเทียบ คำถามเชิงอธิบาย คำถามเชิงทดสอบสมมติฐาน คำถามเชิงทำนาย คำถามเชิงวิเคราะห์ คำถามเกี่ยวกับการลงข้อสรุป)

3. การแนะนำส่งเสริมผ่านการตั้งคำถามและการอภิปรายของครู นอกจากทำให้นิสิตครูเรียนรู้คำถามทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ แล้ว ผู้สอนยังสามารถช่วยนิสิตครูในการกำหนดปัญหาและตั้งคำถามถ้านิสิตครูไม่สามารถตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบได้ (Chin and Kayalvizhi, 2002) ทั้งนี้ผู้สอนอาจทำหน้าที่เปรียบเสมือนนั่งร้าน (scaffold) ที่คอยช่วยเหลือแนะนำหรืออำนวยความสะดวก โดยเฉพาะในช่วงเริ่มต้นที่นิสิตครูยังไม่เข้าใจ หากคำถามเริ่มต้นที่นิสิตตั้งขึ้นไม่สามารถนำไปสู่กระบวนการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์หรือหาคำตอบได้ยาก เช่น จากคำถามเดิมคือ “วัสดุชนิดใดที่สามารถเก็บความเย็นของน้ำแข็งได้เป็นเวลานานที่สุด” หากมีการอภิปรายเกิดขึ้นเกี่ยวกับลักษณะตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ คำถามนี้สามารถที่จะปรับเปลี่ยนให้ดำเนินการสำรวจตรวจสอบได้ง่ายขึ้น ดังนี้ “วัสดุชนิดใดที่สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิน้ำเย็นไว้ในระดับอุณหภูมิต่ำที่สุด” หากพิจารณาคำถามดั้งเดิมคือ “วัสดุชนิดใดที่สามารถเก็บความเย็นของน้ำแข็งได้เป็นเวลานานที่สุด” คำถามนี้เป็นการเปรียบเทียบระยะเวลาจากตัวแปรความแตกต่างของวัสดุที่เลือกใช้ โดยควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นให้คงที่ แล้ววัดระยะเวลาสำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น กับคำถามที่ปรับเปลี่ยนคือ “วัสดุชนิดใดที่สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิน้ำเย็นไว้ในระดับอุณหภูมิต่ำที่สุด” ซึ่งเป็นการเลือกเปรียบเทียบอุณหภูมิจากตัวแปรความต่างของวัสดุที่ใช้ โดยเลือกควบคุมเวลาคงที่ จะเห็นว่าคำถามถัดมาสามารถดำเนินการทดลองได้ง่ายกว่า ทั้งนี้เมื่อผู้สอนเข้าไปร่วมให้แนวทางอภิปราย นิสิตก็จะตระหนักถึงข้อดีและเกิดการปรับเปลี่ยนคำถามตามมา

บทสรุป

คำถามทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะค่อนข้างเฉพาะที่แตกต่างไปจากคำถามประเภทอื่น คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีควรแฝงไว้ซึ่งสมมติฐานที่สามารถนำไปใช้เพื่อหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การจะฝึกนิสิตครูตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีนั้น ผู้สอนอาจใช้ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่น่าตื่นเต้นเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของความสงสัยใคร่รู้ จนนำไปสู่การตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่น่าตื่นเต้นนั้น ๆ และดำเนินการออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่อาจเป็นไปได้ เช่น การทดลอง การสำรวจ การสังเกต การสร้างแบบจำลอง เพื่อตอบคำถามที่นิสิตครูสร้างขึ้นด้วยตนเอง หากคำถามที่นิสิตครูสร้างขึ้นสามารถออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ คำถามนั้นก็จะเป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ ตรงกันข้ามหากคำถามนั้นไม่สามารถออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนอาจเข้าไปทำหน้าที่เปรียบเสมือนนั่งร้านที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ หรือเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนิสิตครูผ่านการตั้งคำถามและการร่วมอภิปรายของครู ผนวกกับการใช้เทคนิคการแสกนตัวแปร เพื่อหา

ตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และดำเนินการปรับเปลี่ยนคำถามให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนิสิตครูจะต้องได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่เหมาะสมแล้วนั้น นิสิตครูเองควรสามารถชี้บ่งความแตกต่างของคำถามทางวิทยาศาสตร์กับคำถามประเภทอื่น ๆ ให้ได้ ตลอดจนทราบเกณฑ์การพิจารณาคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นิสิตครูสามารถประเมินคำถามที่ตนเองสร้างขึ้นได้ นอกจากนี้ ผู้สอนควรแสดงตัวอย่างคำถามให้นิสิตครูเห็นอย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากจะทำให้นิสิตครูสร้างคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้นเมื่อเห็นลักษณะตัวอย่างคำถาม

เอกสารอ้างอิง

Ainscow, M. (2000). The next step for special education: Supporting the development of inclusive practices**. British Journal of Special Education** 27(2):76–80.

Chin, C. (2004). Students' questions: Fostering a culture of inquisitiveness in science classrooms. **School Science Review** 86 (314): 107–112.

Chin, C. (2006). Classroom interaction in science: Teacher questioning and feedback to students' responses. **International Journal of Science Education** 28(11): 1315–1346.

Chin, C., and Kayalvizhi, G. (2002). Posing problems for open investigations: What questions do pupils ask? **Research in Science and Technological Education** 20(2): 269–283.

Chin, C., and Osborne, J. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. **Studies in Science Education** 44(1)**:** 1–39.

Inquiring Mind Project. (2012). **Promoting Ability to Ask Scientific Question.** Retrieved from http://www.inquiringmind.in.th/archives/1554, March 9, 2017. (in Thai)

Institute for Inquiry. (2006). **Raising Question (online).** Retrieved from http://www.exploratorium.edu/ifi, January 19, 2017.

Krajcik, J., McNeill, K. L., and Reiser, B. J. (2008). Learning–goals–driven design model: Developing curriculum materials that align with national standards and incorporate project–based pedagogy. **Science Education** 92(1): 1–32.

Ladachart, L., and Ladachart, L. (2016). Fifth grade students' questioning about science. **Journal of Humanities and Social Sciences Mahasarakham University** 35(1): 187–202. (in Thai)

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., and Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry – The views about scientific inquiry (VASI) Questionnaire. **Journal of Research in Science Teaching** 51(1) : 65–83.

National Research Council [NRC]. (1996). **National Science Education Standards.** Washington, DC: The National Academies.