

Journal of Education Studies

Volume 44
Issue 3 July - September 2016

Article 26

7-1-2016

มุมมอง เรียน

โกเมศ นาแจ้ง

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/educujournal>

 Part of the [Education Commons](#)

Recommended Citation

นาแจ้ง, โกเมศ (2016) "มุมมอง เรียน," *Journal of Education Studies*: Vol. 44: Iss. 3, Article 26.
Available at: <https://digital.car.chula.ac.th/educujournal/vol44/iss3/26>

This Article is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Journal of Education Studies by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

มุมห้องเรียน

Take a Peek at a Classroom Corner

โกเมศ นาแจ่ง

**ถอดบทเรียนจากครูฟิสิกส์:
อุปนัย (Induction) หรือ นิรนัย (Deduction) กับการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์
เรื่อง สมบัติคลื่น**

**A Lesson Derived from A Physics Teacher: Induction or
Deduction to Learning Physics about Wave Properties.**

บทนำ

ทำไมครูสอนวิทยาศาสตร์ต้องเข้าใจวิธีการสอนแบบอุปนัยและนิรนัยอย่างลึกซึ้ง ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะทั้งสองวิธีเป็นหัวใจหลักของกระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักปรัชญาทาง วิทยาศาสตร์ตั้งแต่ยุคก่อนคริสตกาล เป็นองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific thinking skills) ที่ในวงการศึกษาศาสตร์ปัจจุบันใช้คำว่า การโต้แย้งเชิง วิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) (Matthews, 2015: 169) และเป็นวิธีสอนที่ยังคง ร่วมสมัยมาจนถึงปัจจุบัน ครูสามารถนำไปจัดประสบการณ์ให้กับนักเรียนได้เรียนรู้ กระบวนการสร้างองค์ความรู้จนนำไปสู่การสร้างความเข้าใจในโมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่าง เหมาะสมได้ ถึงแม้ว่าครูหลายท่านอาจทราบกันดีว่าการสอนแบบนิรนัยและอุปนัยคืออะไร ทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกัน บางท่านอาจมีความเข้าใจว่า วิธีการสอนแบบอุปนัยดีกว่าแบบ นิรนัย เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ได้ด้วยตนเองตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้แบบ สรรคนิยม (Constructivism) จริงหรือไม่

ในบทความนี้ผู้เขียนใช้วิธีการถอดบทเรียน (Lesson-learned) ซึ่งเป็นกระบวนการ หนึ่งที่ชาวการศึกษาเรียกกันว่า ชุมชมแห่งการเรียนรู้เชิงวิชาชีพ (Professional learning community) เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์การปฏิบัติส่วนบุคคล จากกรณีวิเคราะห์ผลการ จัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบอุปนัยเรื่องสมบัติของคลื่นผิวน้ำ ที่หลายสถานศึกษานิยม ทดลองด้วยถาดคลื่น เพื่อนำนักเรียนไปสู่การสรุปสมบัติของคลื่นผิวน้ำ อันเป็นโมโนทัศน์พื้นฐาน

สำคัญของการสอนสมบัติคลื่นเสียงและแสงในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทำให้พบอุปสรรคในระหว่างการเรียนรู้ของนักเรียนบางประการ จึงทดลองปรับเปลี่ยนวิธีโดยหาแนวทางที่จะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจโมทัศน์เรื่องนี้ได้ง่ายขึ้น ซึ่งพบวิธีที่เหมาะสมที่สามารถช่วยให้นักเรียนสังเกต ทดลองสมบัติต่างๆ ของคลื่นผิวน้ำได้สำเร็จ และเกิดการใช้ความรู้ในกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างมีความหมาย

จุดเริ่มต้นของอุปนัย-นिरนัย

หากกล่าวถึงการอุปนัยและการนिरนัยแล้วนั้น สองวิธีการนี้เป็นวิธีที่นักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญาเริ่มรับรู้ว่ามี การนำมาใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และใช้ตรวจสอบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักปรัชญาวิทยาศาสตร์ชาวกรีกที่ชื่อ อริสโตเติล (384-322 ก่อนคริสตกาล) ในหนังสือ Posterior Analytics, Physics and Metaphysics ซึ่งเขากล่าวไว้ว่าแนวคิดการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการพัฒนาจากการสังเกตปรากฏการณ์จนนำไปสู่การสร้างหลักการทั่วไป และนำหลักการดังกล่าวที่สร้างขึ้นกลับมาอธิบายหรือคาดคะเนปรากฏการณ์อีกครั้ง (Stadler, 2004: 1) จากจุดเริ่มต้นนี้เองทำให้เกิดการตรวจสอบความถูกต้องในวิธีการของอริสโตเติลโดยนักปรัชญาและนักวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ยุคกลาง จนถึงศตวรรษที่ 20 ว่าอุปนัยหรือนिरนัยที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือเป็นวิธีการที่แยกออกจากกันหรือเป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องด้วยกันไม่สามารถพิจารณาแยกออกจากกันได้ ผู้สนใจสามารถอ่านเพิ่มเติมได้ในหนังสือ Induction and deduction in the sciences เขียนโดย Friedrich Stadler

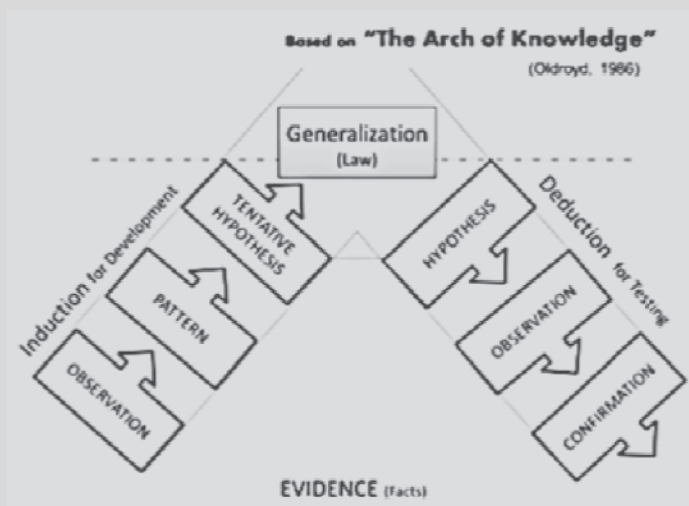
จะพบว่านักปรัชญา นักวิทยาศาสตร์รวมถึงนักการศึกษาต่างเสนอข้อโต้แย้งด้วยหลักการและข้อเท็จจริงเพื่อหาข้อสรุปว่าวิธีใดเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในความเห็นของผู้เขียนมองว่าทั้งอุปนัยและนिरนัยต่างเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อหาคำตอบและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และเป็นวิธีการที่อยู่คู่กัน ขึ้นอยู่กับจะเลือกใช้วิธีใดขึ้นมาทดสอบแนวคิดเพื่ออธิบายและสร้างข้อสรุปใหม่อีกครั้ง

ความหมาย และหลักการอุปนัย-นिरนัย

จากการสืบค้นความหมายในพจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2551: 110, 219) และคำศัพท์ทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เขียนโดย McComas (2014: 31, 49) สรุปได้ว่า อุปนัย (Induction) เป็นวิธีการให้เหตุผลโดยเริ่มจากการสังเกตข้อเท็จจริงย่อยๆ เฉพาะเรื่องชุดหนึ่ง เพื่อนำไปสู่การสร้างกฎ หรือทฤษฎีใหม่ๆ ในขณะที่ นिरนัย (Deduction) เป็นวิธีการให้เหตุผลโดยใช้กฎ หรือทฤษฎีเพื่อทดสอบและประเมินแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เฉพาะเรื่อง

หากศึกษาความหมายในแง่ของวิธีการสอน ดังที่ ทิศนา แคมมณี (2552: 337-342) และราชบัณฑิตยสถาน (2551: 110, 219) ได้ให้ความหมายวิธีการสอนทั้งสองไว้ดังนี้ วิธีการสอนแบบอุปนัย (Induction method) เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนสรุปหลักการจากตัวอย่างต่างๆ ด้วยตนเอง ในขณะที่ วิธีการสอนแบบนิรนัย (Deductive method) เป็นการสอนจากหลักการไปสู่ตัวอย่างย่อยๆ หรือจากกฎเกณฑ์ไปหาตัวอย่าง

อาจกล่าวได้ว่า อุปนัยเป็นกระบวนการใช้ที่ใช้เพื่อสร้างแนวคิดและหลักการทั่วไป ในขณะที่นิรนัย เป็นกระบวนการให้เหตุผลที่สัมพันธ์กับอุปนัยใช้เพื่อทดสอบแนวคิด ซึ่งมีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการอุปนัยและวิธีการนิรนัยเป็นซุ้มประตูความรู้ (The arch of knowledge) ดังภาพ (Oldroyd, 1986: 49)



โดยซุ้มประตูเริ่มต้นจากการใช้วิธีอุปนัยด้วยการสังเกตข้อเท็จจริง เพื่อสร้างแบบแผนหลักการทั่วไป หรือกฎ ซึ่งหลักการทั่วไปที่ดีจะต้องประกอบขึ้นจากสิ่งสังเกตและอธิบายสิ่งสังเกตได้มากที่สุด และแสดงได้ว่าใช่หรือไม่ใช่ จากนั้นจึงเป็นการใช้วิธีนิรนัยเพื่อตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือที่ Oldroyd เรียกว่า Hypothetico-deductive เป็นลักษณะที่สำคัญของซุ้มประตูความรู้ โดยเริ่มต้นจากการเขียนเพื่อกำหนดสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ จากนั้นลงมือทดลอง หรือเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเพื่อทดสอบสมมติฐาน และ

พิจารณาว่าเป็นไปตามหลักการหรือไม่ ซึ่งบทบาทของทั้งสองวิธีต่างเป็นหัวใจที่สำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (The nature of science) จึงสรุปได้ว่า ครูวิทยาศาสตร์จึงควรส่งเสริมโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลทั้งสองวิธี

ถอดบทเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เรื่อง สมบัติคลื่นผิวน้ำ

หากครูลองฝึกใช้คำถามต่อไปนี้

- 1) มีวิธีการใดบ้างที่สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจโมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้
- 2) มีโมโนทัศน์พื้นฐานใดที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้ก่อนเรียน
- 3) มีโมโนทัศน์ใดอาจจะเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ได้บ้าง
- 4) มีสื่อการเรียนรู้หรือเครื่องมือใดที่ครูต้องมีเพื่อช่วยส่งเสริมการสร้างความสำเร็จของนักเรียนได้ง่ายยิ่งขึ้น

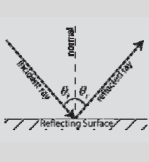
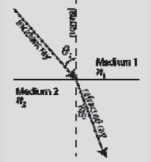
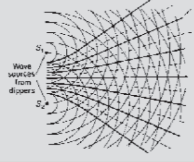
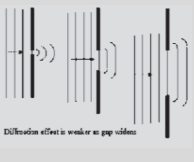
คำถามข้างต้นเป็นคำถามที่ Gess-Newsome และ Lederman (1999: 95) ได้กล่าวไว้ว่า หากครูใช้คำถามลักษณะนี้ก่อนออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนของตนเองและปฏิบัติเป็นประจำ จะเป็นครูที่มีความรู้เกี่ยวกับวิชาชีพครูสูง (Pedagogy Content Knowledge: PCK) ผู้เขียนมีความเห็นว่า ครูไม่เพียงมีความรู้เรื่องความหมายหรือเปรียบเทียบความต่างของอุปนัยและนิรนัยเพียงเท่านั้น แต่ต้องสามารถเลือกวิธีการสอนแบบอุปนัยหรือนิรนัย หรือทั้งสองวิธีโดยใช้อย่างเหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของโมโนทัศน์ที่สอน เลือกวิธีการเรียนรู้ที่ทำให้ให้นักเรียนเข้าใจและเห็นภาพได้ง่าย เหมาะสมกับคาบเรียนที่มีอยู่อย่างจำกัดและเกิดประสิทธิภาพ และไม่ลืมที่จะช่วยให้นักเรียนของตนเกิดความสามารถ คุณลักษณะ และทักษะที่จำเป็นผ่านกระบวนการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

การสอนเรื่องสมบัติคลื่นผิวน้ำ ผู้เขียนขออภิปรายเป็นลำดับหัวข้อ ดังนี้

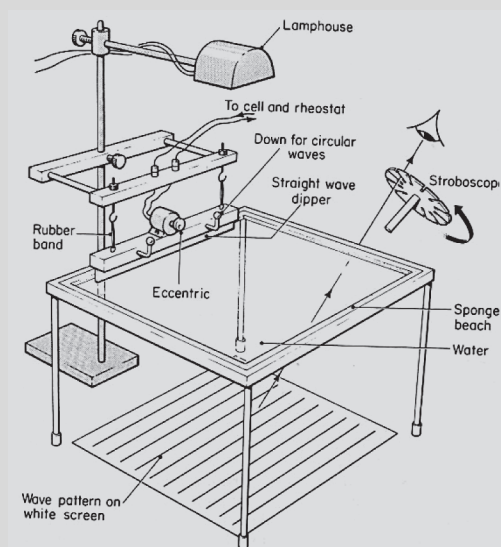
การวิเคราะห์โมโนทัศน์ เรื่องสมบัติคลื่นผิวน้ำ

สมบัติของคลื่นเป็นหัวข้อหนึ่งที่อยู่ภายใต้หัวข้อหลักเรื่องคลื่น (Wave) ในวิชาฟิสิกส์ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของคลื่น ซึ่งสมบัติคลื่นประกอบด้วย 4 สมบัติได้แก่ สมบัติการสะท้อน สมบัติการหักเห สมบัติการแทรกสอด และสมบัติการเลี้ยวเบน โดยทั้ง 4 สมบัตินี้จะเป็นความรู้พื้นฐานให้กับการเรียนรู้เรื่องสมบัติของคลื่นเสียงและคลื่นแสงต่อไป เมื่อวิเคราะห์สามารถสรุปเป็นตัวอย่างได้ดังตาราง วิเคราะห์สมบัติคลื่นผิวน้ำ ดังนี้

ตาราง วิเคราะห์หมโนทัศน์ของสมบัติคลื่นผิวน้ำทั้ง 4 สมบัติ

สมบัติ หมโนทัศน์	การสะท้อน	การหักเห	การแทรกสอด	การเลี้ยวเบน
ภาพหรือ ลักษณะของ สมบัติคลื่น ที่สังเกตได้				
เงื่อนไขการ เกิดสมบัติ คลื่นผิวน้ำ	เมื่อคลื่นไปเจอ สิ่งกีดขวางที่มีขนาด ใหญ่กว่าความยาว คลื่น	เมื่อระดับน้ำมีความลึกดิน แตกต่างกัน	เมื่อมีแหล่งกำเนิดคลื่น ตั้งแต่ 2 แหล่ง	เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่าน ช่องแคบเดียว
หลักการของ สมบัติคลื่น ผิวน้ำ	มุมตกกระทบ- มุมสะท้อน	ความยาวคลื่นในน้ำลึก มากกว่าในน้ำตื้น	ความสัมพันธ์ของผลต่าง ระยะทางมีค่าเป็นจำนวน เท่าของความยาวคลื่น	ความกว้างของช่องแคบ มีผลต่อการเลี้ยวเบน ของคลื่น
กฎหรือ สมการความ สัมพันธ์	กฎการสะท้อน	กฎของสเนลล์ $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$	$IS_1P-S_2PI = n \lambda$	$dsine = n \lambda$

ลักษณะของคลื่นผิวน้ำทั้ง 4 สมบัติ ครูผู้สอนสามารถแสดงเพื่อให้นักเรียนสังเกตผ่าน
การทดลองโดยใช้ถาดคลื่นน้ำดังภาพ



ที่มาภาพ <http://physicsmax.com/>

ก่อนที่นักเรียนจะสามารถบันทึกลักษณะต่างๆ ของสมบัติคลื่นได้นั้น นักเรียนควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับองค์ประกอบของคลื่นทั้งหมด เนื่องจากเป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่นักเรียนจะใช้ศึกษาสมบัติคลื่น เช่น การสังเกตความยาวคลื่น 1 ลูกคลื่นสังเกตอย่างไร การคำนวณหาอัตราเร็วคลื่นจาก การสังเกตแนวขั้ว แนวปฏิบัติขั้ว ที่เกิดจากการซ้อนทับกันของคลื่น การหาสมการความสัมพันธ์ของผลต่างระยะทางมีลักษณะเป็นอย่างไร เป็นต้น

ปัญหาและอุปสรรคที่พบหลังใช้วิธีการสอนแบบอุปนัยกับการทดลองเรื่องสมบัติคลื่นผิวน้ำ

เริ่มแรกผู้เขียนได้ทดลองสอนโดยให้นักเรียนสังเกตลักษณะเฉพาะของสมบัติคลื่นผิวน้ำทั้ง 4 สมบัติ ผ่านการทดลอง ทำให้พบปัญหาที่ว่า นักเรียนยังไม่รู้วิธีการสังเกตแบบแผนหรือลักษณะเฉพาะของสมบัติคลื่นผิวน้ำ

ทั้ง 4 การวาดภาพแสดงองค์ประกอบที่เป็นลักษณะสำคัญของสมบัติคลื่นแต่ละสมบัติขาดความชัดเจน ซึ่งอาจสะท้อนว่า นักเรียนทดลองไปโดยไม่รู้ว่สิ่งที่สังเกตคืออะไร ส่งผลให้นักเรียนใช้เวลาในการปฏิบัติการทดลองมาก การสอนไม่บรรลุผลสำเร็จ ข้ายังครูต้องใช้เวลาเพื่ออธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้

จึงกล่าวได้ว่า การสอนเรื่องสมบัติคลื่นผิวน้ำอาจไม่เหมาะสมกับวิธีการแบบอุปนัยเท่าไรนัก

เมื่อปรับเปลี่ยนวิธีสอนเป็นวิธีการสอนแบบนิรนัยสำหรับการทดลองเรื่อง สมบัติคลื่นผิวน้ำ

ครูจะต้องสอนเรื่องสมบัติคลื่นผิวน้ำทั้ง 4 โดยใช้การสอนแบบสืบสอบร่วมกับการใช้คำถาม การใช้สื่อวีดิทัศน์ สื่อแอนิเมชัน แผนภาพที่แสดงสมบัติคลื่นประกอบ เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ในสมบัติคลื่นทั้ง 4 สมบัติก่อน จากนั้นจึงนำนักเรียนทดลองเพื่อสังเกตลักษณะของสมบัติคลื่นแต่ละสมบัติ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนมีความรู้เชิงทฤษฎีมาก่อนแล้วว่าลักษณะสมบัติคลื่นเป็นอย่างไร ครูจึงควรกำหนดภาระงานในการทดลองแต่ละสมบัติของคลื่นผิวน้ำ รวมถึงการพัฒนาการทำงานเป็นทีม วางแผนเพื่อทดลองให้สำเร็จตามเป้าหมาย ซึ่งตัวอย่างการกำหนดภาระงานมีดังนี้

1) *สมบัติการสะท้อน* ให้นักเรียนทดลองเพื่อแสดงสมบัติการสะท้อนโดยการวางองค์ประกอบของคลื่นให้ถูกต้องดังปรากฏในแผนภาพที่ 1 พร้อมวัดความยาวคลื่น ความถี่ และคำนวณหาอัตราเร็วคลื่น จากนั้นจึงวาดภาพบันทึกลงในสมุดบันทึก

2) **สมบัติการหักเห** ให้นักเรียนทดลองเพื่อแสดงสมบัติการหักเห โดยการวางองค์ประกอบของคลื่นให้ถูกต้องดังปรากฏในแผนภาพที่ 2 พร้อมวัดความยาวคลื่นในน้ำตื้นและน้ำลึกเปรียบเทียบกัน รวมถึงคำนวณหาอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้นและน้ำลึก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อธิบายภาพบันทึกลงในสมุดบันทึก

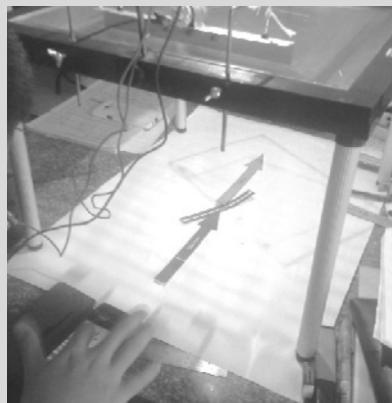
3) **สมบัติการแทรกสอด** ให้นักเรียนทดลองเพื่อแสดงสมบัติการแทรกสอด โดยคำนวณหาผลต่างระยะทางจากจุดที่สนใจที่อยู่บนแนวปฏิบัติและบัพ เพื่อคำนวณหาความยาวคลื่นทั้งสองกรณี พร้อมวาดภาพบันทึกลงในสมุดบันทึก

4) **สมบัติการเลี้ยวเบน** ให้นักเรียนทดลองเพื่อแสดงสมบัติการเลี้ยวเบน โดยศึกษาเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนดีหรือไม่ดี พร้อมระบุแนวบัพที่เกิดขึ้น และวาดภาพลงในสมุดบันทึก

ภาพตัวอย่าง การทดลองเรื่องสมบัติคลื่นผิวน้ำที่นำลูกศรมาช่วยการสังเกตปรากฏการณ์ให้ง่ายขึ้น



ภาพ 1 การทดลองสมบัติการเลี้ยวเบน



ภาพ 2 การทดลองสมบัติการหักเห

ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น คือ นักเรียนสามารถกำกับตนเองและสมาชิกในกลุ่มเพื่อทดลองสมบัติของคลื่นผิวน้ำทั้ง 4 สมบัติได้ อีกทั้งยังสามารถวาดภาพที่สะท้อนลักษณะสำคัญของสมบัติคลื่นออกมาได้อย่างถูกต้อง ผู้เขียนจึงเสนอวิธีการนิรนัยเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการสอนลักษณะสมบัติของคลื่น

บทสรุป

การสอนวิทยาศาสตร์ไม่ว่าสาขาวิชาใดก็ตามล้วนมีความเกี่ยวข้องกับวิธีการอุปนัยและวิธีการนิรนัย เนื่องจากวิธีการทั้งสองเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่ออธิบายและหาคำตอบ ครูผู้สอนควรวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของเนื้อหาว่านักเรียนควรใช้วิธีการเรียนรู้แบบใด เนื้อหาใดที่ครูสามารถออกแบบให้นักเรียนทดลองเพื่อเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรและนำไปสู่ข้อสรุปได้ วิธีการที่ใช้ควรเป็น วิธีการสอนแบบอุปนัย เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจที่มาของกระบวนการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น ความเร่ง กฎของโอห์ม ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้านทาน การเกิดภาพจากเลนส์ เป็นต้น แต่ถ้าหากเนื้อหาดังกล่าวนักเรียนมีความจำเป็นต้องมีความรู้มาก่อนจึงจะเรียนรู้ได้ดี วิธีการที่ใช้ควรเป็น วิธีการสอนแบบนิรนัย ตัวอย่างเช่น การทดลองสมบัติคลื่น และการสอนเรื่องการสังเกตกลุ่มดาวบนท้องฟ้าจริง กล่าวคือ ก่อนที่นักเรียนจะสามารถสังเกตกับท้องฟ้าจริงได้ นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจก่อนว่ากลุ่มดาวมีลักษณะการเรียงตัว เป็นอย่างไร จึงจะสามารถไปสังเกตกลุ่มดาวในท้องฟ้าจริงอย่างมีความหมายได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ราชบัณฑิตยสถาน (2551). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ อักษร A-L ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.
- ทิศนา ชัมมณี (2552). *ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพมหานคร: บริษัทด้านสุทธการพิมพ์ จำกัด.

ภาษาอังกฤษ

- Oldroyd, D. R. (1986). *The arch of knowledge: An introductory study of the history of the Philosophy and methodology of science*. New York, NY: Methuen.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. (1999). *Examining pedagogical content knowledge: The Construct and its implications for science education*. Boston, MA: Kluwer.
- Stadler, F. (2004). *Induction and deduction in the sciences*. Austria: Springer Science + Business Media, B.V.

McComas, F.W. (2014). *The Language of Science Education An Expanded Glossary of Key Terms and Concepts in Science Teaching and Learning*. Netherlands: Sense Publishers

Michael, R.M. 2015. *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science, 20th anniversary revised and expanded edition*. (2nd edition.) New York: Routledge

ผู้เขียน

อาจารย์โกเมศ นาแจ่ม อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม E-mail: komed.na@gmail.com