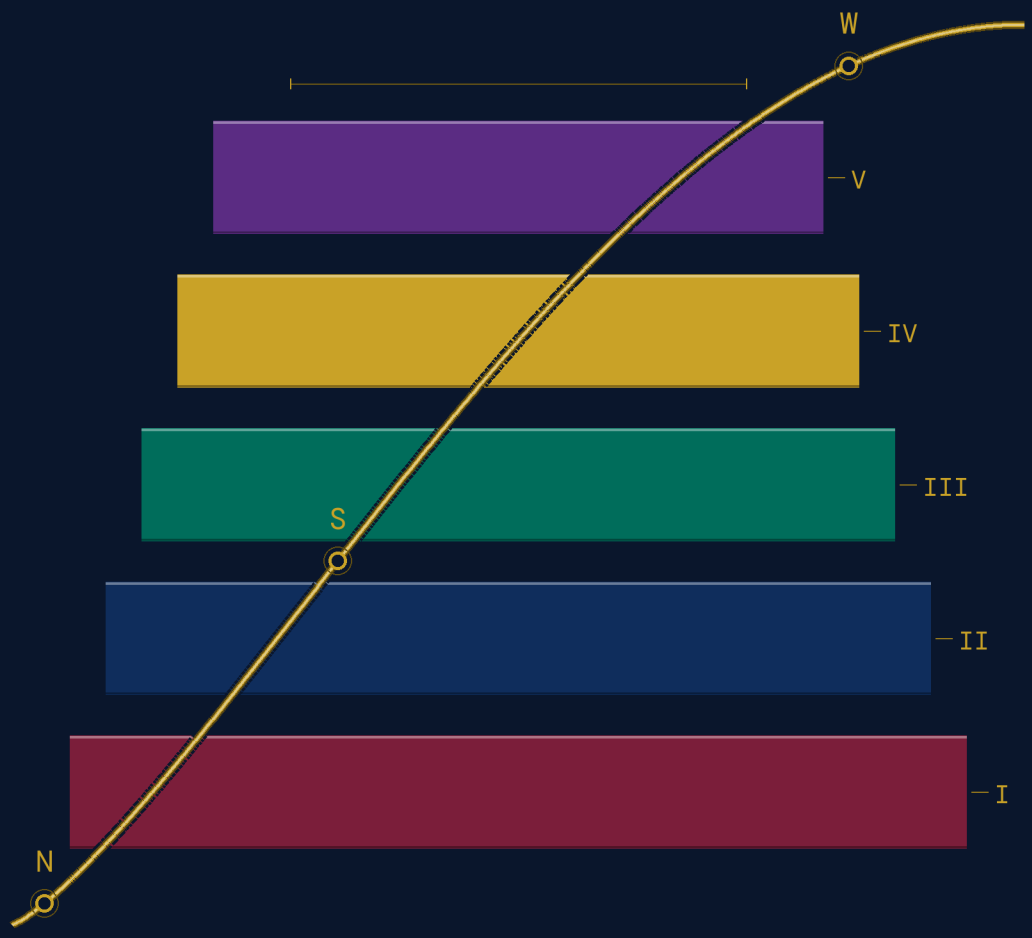
วิทยาการสอน วิทยาศาสตร์

SCIENCE TEACHING METHODOLOGY

กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm
สู่ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ยุคดิจิทัล



ผศ.ดร.ปรัชญา ธงพานิช
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม

วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์

SCIENCE TEACHING METHODOLOGY

กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm

สู่ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ยุคดิจิทัล

Library and Learning, University of Phayao

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญา ธงพานิช

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม

วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์

Science Teaching Methodology

ผู้แต่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญา ธงพานิช

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2569

Library and Learning, University of Phayao

© สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

ห้ามทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่ส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใดหรือด้วยวิธีการใด โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้แต่ง

จัดพิมพ์โดย มหาวิทยาลัยนครพนม

คำนำ

ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงเร็วกว่ายุคใดที่ผ่านมา ทั้งจากความก้าวหน้าของปัญญาประดิษฐ์ ความคาดหวังต่อสมรรถนะของผู้เรียน และความหลากหลายของห้องเรียนจริง ครูวิทยาศาสตร์จึงต้องการมากกว่ารายการเทคนิคการสอน หากต้องการกรอบคิดที่ช่วยตัดสินใจได้ว่าจะเลือกใช้สิ่งใด เมื่อใด และเพราะเหตุใด ตำราเล่มนี้เขียนขึ้นเพื่อตอบความต้องการดังกล่าว โดยเรียบเรียงเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชา 31400302 วิทยาการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ (Science Teaching Methodology) หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนครพนม ผู้เขียนใช้ชื่อตำราว่า “วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์” ซึ่งเป็นชื่อของศาสตร์ที่รายวิชานี้มุ่งพัฒนา เนื้อหาของตำราครอบคลุมคำอธิบายรายวิชาครบทุกหัวข้อและสอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา (CLOs) ทั้งหกข้อ ทั้งยังเปิดให้ครูวิทยาศาสตร์ประจำการและผู้สนใจนำไปใช้ได้กว้างกว่าการใช้ในรายวิชาเดียว

สาระทั้งสิบบทเรียงจากรากฐานสู่การปฏิบัติ เริ่มจากธรรมชาติของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ ผ่านหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทฤษฎีการเรียนรู้ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และการคิดขั้นสูง การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ การวัดและประเมินผล การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ และสะเต็มศึกษา เทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ การปฏิบัติการสอนและการพัฒนาวิชาชีพ จนถึงการบูรณาการสู่การปฏิบัติและทิศทางการวิจัย โดยมีกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm ที่ผู้เขียนพัฒนาขึ้นร้อยเรียงทุกบทให้เป็นเส้นทางเดียวกัน ทุกบทประกอบด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตัวอย่างการประยุกต์รายสาขา ตารางสรุปสมรรถนะ และคำถามเพื่อการสะท้อนคิด พร้อมแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับเต็ม อภิธานศัพท์ และดัชนีท้ายเล่ม

ผู้เขียนตั้งใจให้ตำรานี้รับใช้ผู้อ่านสามกลุ่ม ได้แก่ นักศึกษาวิชาชีพครูที่ใช้เป็นตำราประจำรายวิชา ครูวิทยาศาสตร์ประจำการที่ต้องการยกระดับการสอนด้วยหลักฐานวิจัย และอาจารย์ผู้สอนที่ต้องการเครื่องมือออกแบบรายวิชาตามแนวทางผลลัพธ์การเรียนรู้ การอ้างอิงทุกรายการผ่านการตรวจสอบแหล่งที่มาให้สืบค้นต่อได้จริง

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อสังเกตอันมีค่า ตลอดจนนักศึกษาและครูวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่เป็นทั้งแรงบันดาลใจและครูของผู้เขียน ความดีของตำราเล่มนี้ขอมอบแด่ทุกท่านที่กล่าวถึง และผู้เขียนยินดีรับข้อเสนอแนะจากผู้อ่านเพื่อพัฒนาตำราในการพิมพ์ครั้งถัดไป

ปรัชญา ธงพานิช

ตุลาคม 2569

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญ

คำนำ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญภาพ ..... ฎ

สารบัญตาราง ..... ฐ

บทที่ 1 วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 และกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm 1

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ 1

1.2 พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ 3

1.3 ความหมายและขอบข่ายของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ 5

1.4 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และนัยต่อการจัดการเรียนรู้ 6

1.5 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและการเปลี่ยนมโนทัศน์ หัวใจของการสอนวิทยาศาสตร์ 7

1.6 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 8

1.7 การบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับฐานความรู้ของครูตามกรอบ TPACK 10

1.8 การรู้วิทยาศาสตร์ เป้าหมายปลายทางของการจัดการเรียนรู้ 14

1.9 กรอบแนวคิดหลักของหนังสือ การต่อยอดกระบวนทัศน์ NPU Teaching and Learning Paradigm 14

1.10 สรุปท้ายบท 18

คำถามและกิจกรรมท้ายบท 19

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 1 20

บทที่ 2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กรอบ สสวท. และการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับบริบทไทย 23

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 23

2.1 หลักสูตรในฐานะสะพานเชื่อมนโยบายสู่ห้องเรียน 23

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

2.2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และการปรับปรุง พ.ศ. 2560 24
2.3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 25
2.4 บทบาทของ สสวท. ในการพัฒนาหลักสูตร หนังสือเรียน คู่มือครู และสื่อการเรียนรู้ 26
2.5 การวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การออกแบบหน่วยและแผนการจัดการเรียนรู้ 27
2.6 การวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับบริบทไทย 29
2.7 การประเมินหลักสูตร 31
2.8 การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาและหลักสูตรเฉพาะตามบริบทสู่รายวิชา 33
2.9 การเชื่อมโยงกรอบหลักสูตรไทยกับกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm และมาตรฐานสากล 34
2.10 สรุปท้ายบท 35
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 36
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 2 37
บทที่ 3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 39
และการออกแบบการเรียนรู้ 39
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 39
3.1 เหตุใดครูวิทยาศาสตร์ต้องเข้าใจทฤษฎีการเรียนรู้ 39
3.2 ฐานคิดคอนสตรัคติวิสต์ รากฐานทางทฤษฎี 40
3.3 ความสมดุลระหว่างคอนสตรัคติวิสต์กับทฤษฎีพุทธิปัญญา ข้อถกเถียงร่วมสมัย 42
3.4 การชี้แนะกับการค้นพบ การสังเคราะห์ข้อถกเถียงสู่แนวปฏิบัติ 43
3.5 การออกแบบย้อนกลับ 44
3.6 การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน 46
3.7 ทฤษฎีพหุปัญญากับการออกแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 49
3.8 ทฤษฎีแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 50
3.9 การเรียนรู้แบบร่วมมือในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ 51
3.10 การบูรณาการการออกแบบการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียนตามแบบจำลอง The STUDIES Model 52
3.11 การสังเคราะห์ เมื่อใดควรใช้ทฤษฎีใด 55

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

3.12 สรุปท้ายบท 57
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 58
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 3 59
บทที่ 4 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และการคิดขั้นสูง 61
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 61
4.1 เหตุใดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 จึงเป็นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ 61
4.2 กรอบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 62
4.3 การคิดขั้นสูงและอนุกรมวิธานของ Bloom ฉบับปรับปรุง 63
4.4 การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 64
4.5 จากความรู้ ทักษะ และเจตคติ สู่สมรรถนะของผู้เรียนวิทยาศาสตร์ 68
4.6 กระบวนทัศน์การสอนเพื่อส่งเสริมการคิดขั้นสูงในบริบทไทยตามแบบจำลอง NSW Model 71
4.7 การประเมินการคิดขั้นสูงและการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 73
4.8 ความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์และนวัตกรรม 74
4.9 สรุปท้ายบท 75
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 76
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 4 77
บทที่ 5 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ 79
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 79
5.1 จากทฤษฎีการเรียนรู้สู่การปฏิบัติในชั้นเรียน 79
5.2 รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E 80
5.3 การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาและโครงงานเป็นฐาน 84
5.4 การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นอกห้องเรียน 85
5.5 หลักฐานเชิงประจักษ์ของการเรียนรู้เชิงรุกและการสืบเสาะ 86
5.6 การสร้างสมดุลระหว่างการสอนตรงและการเรียนรู้เชิงรุก 88
5.7 การเชื่อมโยงการเรียนรู้เชิงรุกกับการออกแบบย้อนกลับ 89
5.8 การจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการและงานทดลอง 91

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

5.9 การตั้งคำถามและการสนทนาในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ 92
5.10 ระดับการมีส่วนร่วมเชิงรุกของผู้เรียน มากกว่าการลงมือทำ 93
5.11 การสังเคราะห์การเรียนรู้เชิงรุกบนฐาน NPU Paradigm 94
5.12 ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 96
5.13 สรุปท้ายบท 97
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 98
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 5 99
บทที่ 6 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 101
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 101
6.1 บทบาทของการวัดและประเมินผลในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 101
6.2 การประเมินเพื่อพัฒนา 102
6.3 ประเภทของการประเมินและความสอดคล้องกับเป้าหมาย 104
6.4 เกณฑ์การให้คะแนนและการประเมินทักษะกระบวนการ 107
6.5 การวิเคราะห์การเรียนรู้สำหรับการประเมินเพื่อพัฒนา 112
6.6 ปัญญาประดิษฐ์ในฐานะเครื่องมือช่วยประเมินและการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ 113
6.7 อคติของอัลกอริทึมและความเป็นธรรมในการประเมินด้วย AI 117
6.8 สรุปท้ายบท 118
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 119
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 6 120
บทที่ 7 การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้และสะเต็มศึกษา 122
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 122
7.1 การวางแผนการสอนในฐานะการแปลงทฤษฎีสู่การปฏิบัติ 122
7.2 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ 123
7.3 การวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ 123
7.4 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ กระบวนการและขั้นตอน 124
7.5 หลักการของสะเต็มศึกษา 125

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

7.6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมสะเต็ม 127
7.7 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มบนฐาน NPU Paradigm 129
7.8 ตัวอย่างโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม (5E) 131
7.9 สื่อและเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ 136
7.10 การประเมินผลการจัดการเรียนรู้ 138
7.11 สรุปท้ายบท 139
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 140
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 7 141
บทที่ 8 เทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ และระบบนิเวศการเรียนรู้ 143
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 143
8.1 ความนำ เทคโนโลยีดิจิทัลกับการเปลี่ยนผ่านของการศึกษาวิทยาศาสตร์ 143
8.2 ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล 144
8.3 ปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ 146
8.4 จริยธรรมและธรรมาภิบาลของ AI ในการเรียนรู้ 149
8.5 กรอบการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางตามเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม 151
8.6 ความรอบรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ตามกรอบของ UNESCO 152
8.7 การบูรณาการเทคโนโลยีบนฐาน TPACK 154
8.8 หลักฐานเชิงประจักษ์จากบริบทไทย การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานบูรณาการระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล 156
8.9 ความท้าทายและทิศทางการบูรณาการเทคโนโลยีในบริบทไทย 157
8.10 สรุปท้ายบท 158
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 159
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 8 160
บทที่ 9 การปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน 162
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 162
9.1 การพัฒนาวิชาชีพครูในฐานะการเรียนรู้ตลอดชีวิต 162

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

9.2 การสอนจุลภาคและการฝึกทักษะการสอน 163
9.3 การสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพและการศึกษาบทเรียน 165
9.4 ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ 167
9.5 บทบาทผู้อำนวยความสะดวก โค้ช และพี่เลี้ยงในการปฏิบัติการสอน 168
9.6 หลักฐานเชิงประจักษ์ของการพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพ 169
9.7 การวิจัยในชั้นเรียนเพื่อการพัฒนาตนเอง 170
9.8 ภาวะผู้นำทางวิชาการของครู 172
9.9 แฟ้มสะสมงานวิชาชีพเพื่อพัฒนาและแสดงสมรรถนะ 172
9.10 การบูรณาการ AI เพื่อสนับสนุนการสะท้อนคิด 174
9.11 สรุปท้ายบท 174
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 176
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 9 177
บทที่ 10 การบูรณาการสู่การปฏิบัติและทิศทางการวิจัย 179
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท 179
10.1 จากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติและการสร้างความรู้ใหม่ 179
10.2 การนำกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm สู่การปฏิบัติ 179
10.3 กรณีตัวอย่างการนำกรอบสู่การปฏิบัติและเส้นทางการพัฒนาของครู 181
10.4 ความท้าทายร่วมสมัยและความเสมอภาคในการสอนวิทยาศาสตร์ 183
10.5 ทิศทางการวิจัยในวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ 184
10.6 ข้อเสนอเชิงนโยบายและแนวทางการนำสู่การปฏิบัติ 186
10.7 บทส่งท้าย 188
คำถามและกิจกรรมท้ายบท 189
เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 10 190
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับเต็ม 191
(รูปแบบ NSW Model บนฐานการออกแบบย้อนกลับ) 191
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มฉบับเต็ม 197

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

(รูปแบบ NPU Paradigm).....197
ภาคผนวก ค อภิธานศัพท์.....203
ดัชนีผู้แต่ง Author Index.....207
ดัชนีหัวเรื่อง Subject Index.....211

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 พัฒนาการของวิสัยทัศน์การรู้วิทยาศาสตร์สามระดับ จากเนื้อหาและกระบวนการ สู่บริบทชีวิตและสังคม จนถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงวิพากษ์ 5

ภาพที่ 2 กรอบ TPACK และจุดบรรจบของความรู้สามด้านในบริบทชั้นเรียน 11

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงซ้อนทับและต่อยอดระหว่าง NOS, PCK และ TPACK ในฐานความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ 13

ภาพที่ 4 กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm และเสาหลักทั้งห้า 16

ภาพที่ 5 กระบวนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสาน ADDIE กับการวิจัยเชิงออกแบบ (design-based research) 31

ภาพที่ 6 การเชื่อมโยงกรอบหลักสูตรระดับชาติ กระบวนการออกแบบบนฐาน NPU Paradigm และการปฏิบัติในห้องเรียน 35

ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบคอนสตรัคติวิสต์เชิงพุทธิปัญญาและเชิงสังคมกับนัยต่อการสอนวิทยาศาสตร์ .. 41

ภาพที่ 8 เมทริกซ์การตัดสินใจ ระดับการชี้แนะที่เหมาะสมตามความรู้เดิมของผู้เรียน 44

ภาพที่ 9 สามขั้นของการออกแบบย้อนกลับและความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ 46

ภาพที่ 10 วงจรองค์ประกอบทั้งเจ็ด ของ The STUDIES Model สำหรับการออกแบบการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน 54

ภาพที่ 11 โครงสร้างการโต้แย้งตามแบบจำลองของ Toulmin และความสัมพันธ์กับกรอบ CER 66

ภาพที่ 12 องค์ประกอบของสมรรถนะตามกรอบเข็มทิศการเรียนรู้ ค.ศ. 2030 69

ภาพที่ 13 โครงสร้าง NSW Model สามขั้นใหญ่ ห้าขั้นย่อย พร้อมบทบาทครูในแต่ละขั้น 72

ภาพที่ 14 โครงสร้างการประเมินการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบ CER และ Toulmin 74

ภาพที่ 15 การถ่ายโอนความรับผิดชอบอย่างค่อยเป็นค่อยไปและการปรับระดับการชี้แนะตามความพร้อมของผู้เรียน 89

ภาพที่ 16 การออกแบบย้อนกลับสามขั้นกำกับการเรียนรู้เชิงรุกและวงจร productive failure 91

ภาพที่ 17 การสังเคราะห์การสอนเชิงรุกบนฐานเสาหลัก NPU Teaching and Learning Paradigm 95

ภาพที่ 18 เมทริกซ์ประเภทการประเมินจำแนกตามจุดมุ่งหมายและผู้ประเมิน 106

ภาพที่ 19 ความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการเรียนรู้กับรูปแบบการประเมินที่เหมาะสม 109

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 20 วงจรการปิดวงจรการเรียนรู้ (closing the loop) จากข้อมูลการประเมินสู่การตัดสินใจและการปฏิบัติ 115

ภาพที่ 21 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ในฐานะวงจรการแก้ปัญหา 128

ภาพที่ 22 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มบนฐาน NPU Paradigm ที่บูรณาการมิติ AI-Augmented แบบยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง 130

ภาพที่ 23 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มตามหลักการออกแบบย้อนกลับ 132

ภาพที่ 24 ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง เป็นเครือข่ายปฏิสัมพันธ์ของเนื้อหา เครื่องมือ ผู้เรียน-ครู ข้อมูล และ AI 144

ภาพที่ 25 การจำแนกบทบาทของ AI สามกลุ่มในการสอนวิทยาศาสตร์และจุดเน้นเชิงวิทยาการสอน 149

ภาพที่ 26 ห้ามิติของกรอบการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางบนฐาน NPU Paradigm 151

ภาพที่ 27 วงจรการศึกษาบทเรียน (lesson study) ที่เน้นการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการสังเกต 166

ภาพที่ 28 วงจรการวิจัยในชั้นเรียนเพื่อการพัฒนาตนเองของครู 171

ภาพที่ 29 การบูรณาการเสาหลักทั้งห้าของ NPU Teaching and Learning Paradigm กับเนื้อหาทั้งเล่ม 180

ภาพที่ 30 เส้นทางสี่ระยะของการพัฒนาครูในการนำกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm สู่การปฏิบัติและการวิจัย 182

ภาพที่ 31 การซ้อนชั้นของ NSW Model กับวัฏจักร 5E และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในหน่วย “ภาชนะเก็บความร้อน” 193

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm จำแนกตามเสาหลักทั้งห้าและความสอดคล้องกับ CLO 16
ตารางที่ 2 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 1 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 19
ตารางที่ 3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 25
ตารางที่ 4 ขั้นตอนการออกแบบการเรียนรู้จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัด 27
ตารางที่ 5 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 2 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 36
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบคอนสตรัคติวิสต์เชิงพุทธิปัญญากับเชิงสังคม 40
ตารางที่ 7 พหุปัญญาแปดด้านกับแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 49
ตารางที่ 8 แนวทางเลือกใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ตามคำถามเชิงการสอน 56
ตารางที่ 9 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 3 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 58
ตารางที่ 10 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 4 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 76
ตารางที่ 11 ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะ 5E กับบทบาทครูและผู้เรียน 80
ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบขั้นตอนของรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E กับ 7E 82
ตารางที่ 13 การสังเคราะห์รูปแบบการสอนเชิงรุกบนฐานเสาหลัก NPU Paradigm 94
ตารางที่ 14 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 5 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 98
ตารางที่ 15 ระดับของผลป้อนกลับเพื่อพัฒนาและตัวอย่างถ้อยคำในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ 103
ตารางที่ 16 ประเภทของการประเมินจำแนกตามจุดมุ่งหมายและเครื่องมือ 105
ตารางที่ 17 เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์สำหรับประเมินมโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 110
ตารางที่ 18 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 6 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 119
ตารางที่ 19 กรอบการวิเคราะห์ผู้เรียนห้ามิติและการนำผลไปใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ 124
ตารางที่ 20 โครงสร้างแผนบูรณาการสะเต็มตามขั้น 5E และการฝังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 132
ตารางที่ 21 รายการตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มตามสามระยะของ NPU Paradigm 135

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 22 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 7 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 139
ตารางที่ 23 การจำแนกบทบาทของปัญญาประดิษฐ์ในการสอนวิทยาศาสตร์.....148
ตารางที่ 24 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 8 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 159
ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบบทบาทผู้อำนวยความสะดวก โค้ช และพี่เลี้ยงในการปฏิบัติการสอนและการพัฒนาวิชาชีพ.....168
ตารางที่ 26 องค์ประกอบของแฟ้มสะสมงานวิชาชีพครู 173
ตารางที่ 27 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 9 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ 175
ตารางที่ 28 กรอบทิศทางการวิจัยทั้งสี่กลุ่ม.....185
ตารางที่ 29 ข้อเสนอเชิงนโยบายจำแนกตามระดับการนำไปปฏิบัติ 187
ตารางที่ 30 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 10 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ.....189
ตารางที่ 31 ข้อมูลทั่วไปของหน่วยการเรียนรู้ (แผนตัวอย่าง ก) 191
ตารางที่ 32 กิจกรรมการเรียนรู้และบทบาทครูตามขั้น 5E.....192
ตารางที่ 33 การซ้อนของวัฏจักร 5E กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 193
ตารางที่ 34 เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์สมรรถนะแบบบูรณาการ 194
ตารางที่ 35 กำหนดการสอนรายคาบของแผน NSW 195
ตารางที่ 36 ข้อมูลทั่วไปของหน่วยการเรียนรู้ (แผนตัวอย่าง ข).....197
ตารางที่ 37 กิจกรรมปฏิบัติการเรียนรู้ 5E บูรณาการ EDP (แผนสะเต็ม).....198
ตารางที่ 38 เกณฑ์การให้คะแนนการเรียนรู้แบบหลายแหล่ง 199
ตารางที่ 39 กำหนดการสอนรายคาบและการบริหารเวลา 200
ตารางที่ 40 ตัวอย่างใบกิจกรรมสำหรับผู้เรียน.....201
ตารางที่ 41 อภิธานศัพท์เฉพาะทาง.....203

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 1 วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 และกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายความหมายและขอบข่ายของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ (science teaching methodology) ได้
- ประยุกต์เสาหลักทั้งห้าของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ในการเชื่อมโยงกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา (CLO) ได้
- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เนื้อหา ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยี (TPACK) ในการสอนวิทยาศาสตร์ได้
- ประเมินบทบาทของเทคโนโลยีและปัญญาประดิษฐ์ในฐานะตัวเสริมศักยภาพการเรียนรู้ตามหลักยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางได้

1.1 ที่มาและความสำคัญของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 เผชิญกับความท้าทายที่แตกต่างจากอดีตอย่างมีนัยสำคัญ ในยุคที่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ขยายตัวอย่างรวดเร็วและข้อมูลข่าวสารเข้าถึงได้เพียงปลายนิ้ว บทบาทของครูวิทยาศาสตร์จึงเปลี่ยนจากผู้ถ่ายทอดเนื้อหาไปสู่ผู้ออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการคิด วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ (science teaching methodology) จึงเป็นศาสตร์ที่สำคัญยิ่งต่อการผลิตครูวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ และเป็นหัวใจของรายวิชา 31400302 ที่หนังสือเล่มนี้มุ่งสนับสนุน

ความสำคัญของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ปรากฏชัดเจนเมื่อพิจารณาบริบทของประเทศไทย ผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment: PISA) ที่ผ่านมาสะท้อนว่าผู้เรียนไทยจำนวนมากยังมีสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) โดยเฉพาะความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบการสืบเสาะ และการตีความข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ ในมุมมองของผู้เขียน สถานการณ์นี้บ่งชี้ว่าปัญหามิได้อยู่ที่ปริมาณเนื้อหาในหลักสูตรซึ่งมีอยู่มากเพียงพอแล้ว หากแต่อยู่ที่วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ยังคงเน้นการจดจำข้อเท็จจริงและการคำนวณตามสูตร แนวทางเช่นนี้ให้น้ำหนักกับการจดจำมากกว่าการพัฒนากระบวนการคิดและการสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ที่ลึกซึ้ง

การผลิตครูวิทยาศาสตร์ที่มีสมรรถนะด้านวิทยาการสอนจึงเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศ เจตนารมณ์นี้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่กำหนดให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีองค์ประกอบ 3 ด้านอย่างสมดุล ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) การที่ครูจะบรรลุเป้าหมายนี้ได้ ครูต้องมิใช่เพียงผู้รู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง แต่ต้องเข้าใจว่าจะแปลงเนื้อหานั้นให้กลายเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผู้เรียนเข้าถึงได้และมีความหมายอย่างไร ซึ่งเป็นแก่นแท้ของวิทยาการสอน

หนังสือเล่มนี้เขียนขึ้นโดยมีเป้าหมายให้ผู้อ่านตั้งแต่ระดับนักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิทยาศาสตรศึกษาไปจนถึงระดับบัณฑิตศึกษาและครูประจำการ สามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งใช้เป็นฐานในการอ้างอิงเพื่อทำวิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ บทนี้จึงทำหน้าที่วางรากฐานเชิงมโนทัศน์ที่จำเป็นโดยเริ่มจากการนิยามขอบข่ายของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ อภิปรายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เป็นฐานของการสอน นำเสนอแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) และการบูรณาการเทคโนโลยี (TPACK) อภิปรายการรู้วิทยาศาสตร์ในฐานะเป้าหมายปลายทาง และปิดท้ายด้วยการนำเสนอกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm ที่เป็นแกนร้อยเรียงเนื้อหาตลอดทั้งเล่ม

นิยามศัพท์สำคัญ

เพื่อให้ผู้อ่านทุกระดับเข้าใจตรงกัน ผู้เขียนขอนิยามคำสำคัญที่ใช้ตลอดทั้งเล่มไว้ในเบื้องต้นดังนี้

วิทยาการสอน (teaching methodology) หมายถึง องค์ความรู้และศาสตร์ว่าด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ซึ่งครอบคลุมทั้งทฤษฎี หลักการ และแนวปฏิบัติในการออกแบบ ดำเนินการ และประเมินการเรียนรู้

สมรรถนะ (competency) หมายถึง ความสามารถในการระดมใช้ความรู้ ทักษะ และเจตคติอย่างบูรณาการเพื่อปฏิบัติภารกิจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจโลก ตัดสินใจบนฐานหลักฐาน และมีส่วนร่วมในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในฐานะพลเมือง

NPU Paradigm (NPU Teaching and Learning Paradigm; พัฒนาที่มหาวิทยาลัยนครพนม) หมายถึง กระบวนทัศน์การจัดการเรียนรู้ที่ผู้เขียนพัฒนาและตรวจสอบประสิทธิภาพแล้ว (ปรัชญา ธงพานิช, 2565) ดำเนินเป็นวงจรสามขั้นตอน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ คือ การกำหนดจุดมุ่งหมายการเรียนรู้และระดับคุณภาพของการเรียนรู้ในรูปแบบของภาระงาน (2) การปฏิบัติการเรียนรู้ คือ การออกแบบการเรียนรู้หรือเลือกกลยุทธ์ในการเรียนรู้ การพัฒนาทักษะการเรียนรู้แบบนำตนเอง และการบูรณาการความรู้โดยอาศัยความร่วมมือ และ (3) การประเมินการเรียนรู้ คือ การตรวจสอบแบบย้อนคิดทบทวนและการประเมินความรู้เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ใช้เป็นแกนร้อยเรียงเนื้อหาตลอดทั้งเล่ม

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เสาหลัก (pillar) หมายถึง องค์ประกอบหลักห้าประการของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ผู้เขียนขยายขึ้นจากวงจรสามระยะของกระบวนทัศน์เดิม (ปรัชญา ธงพานิช, 2565) เพื่อให้ครอบคลุมทั้งกระบวนการจัดการเรียนรู้ ฐานความรู้ของครู และการพัฒนาวิชาชีพ ได้แก่ (1) รากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (2) ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม (3) การสืบเสาะและการคิดขั้นสูง (4) การประเมินที่ต่อเนื่อง และ (5) การออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด หนังสือเล่มนี้ใช้คำว่า “เสาหลัก” เป็นคำเรียกองค์ประกอบทั้งห้านี้ตลอดทั้งเล่ม

นิยามเหล่านี้จะได้รับการขยายความและเชื่อมโยงกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในลำดับต่อไป

1.2 พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์

การทำความเข้าใจวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจำเป็นต้องเข้าใจพัฒนาการทางประวัติศาสตร์ของสาขานี้ก่อน เพราะแนวคิดและวิธีการสอนที่ครูใช้อยู่ในทุกวันนี้ล้วนเป็นผลผลิตของการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ (paradigm shift) ที่สั่งสมมาตลอดกว่าครึ่งศตวรรษ ในทัศนะของผู้เขียนซึ่งสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษามากว่าสองทศวรรษ การเห็นภาพพัฒนาการนี้ช่วยให้ครูเข้าใจว่าเหตุใดแนวทางการสอนแบบสืบเสาะและการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางจึงกลายเป็นกระแสหลัก และช่วยให้ครูประเมินได้ว่าแนวทางใหม่ ๆ ที่ปรากฏขึ้นเป็นเพียงกระแสชั่วคราวหรือเป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงรากฐาน

1.2.1 ยุคก่อนการปฏิรูป การสอนที่เน้นเนื้อหาเป็นศูนย์กลาง

ก่อนทศวรรษ 1960 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั่วโลกยึดเนื้อหาและโครงสร้างของศาสตร์เป็นศูนย์กลาง โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อเตรียมผู้เรียนกลุ่มเล็กให้เป็นนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต ครูทำหน้าที่เป็นแหล่งความรู้และถ่ายทอดเนื้อหาให้ผู้เรียนซึ่งมีบทบาทเป็นผู้รับความรู้อย่างนิ่งเฉย (passive recipient) การเรียนการสอนฟิสิกส์ในยุคนั้น เช่น เน้นการบรรยายกฎและสูตร พร้อมการคำนวณตามแบบฝึกหัด โดยให้ความสำคัญน้อยต่อการที่ผู้เรียนจะเข้าใจว่ากฎเหล่านั้นถูกค้นพบและตรวจสอบมาอย่างไร

จุดเปลี่ยนสำคัญเกิดขึ้นภายหลังการที่สหภาพโซเวียตส่งดาวเทียมสปุตนิกขึ้นสู่อวกาศในปี ค.ศ. 1957 ซึ่งกระตุ้นให้ประเทศตะวันตกโดยเฉพาะสหรัฐอเมริกาทุ่มงบประมาณมหาศาลในการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ ในทศวรรษ 1960 เช่น หลักสูตรฟิสิกส์ของ Physical Science Study Committee (PSSC) ได้นำเสนอแนวคิดการมองวิทยาศาสตร์ในฐานะการสืบเสาะ (science as inquiry) ซึ่งเปลี่ยนเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์จากการเน้นพุทธิปัญญาเพียงอย่างเดียวไปสู่การเน้นวิธีการได้มาและการพัฒนาความรู้ บทบาทของครูจึงเปลี่ยนจากผู้บอกความรู้ไปสู่ผู้ออกแบบกิจกรรมการคิดของผู้เรียน และผู้เรียนเปลี่ยนจากผู้รับไปสู่ผู้แสวงหาความรู้อย่างกระตือรือร้น

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

1.2.2 การเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่การเน้นบริบทและสังคม

ในทศวรรษ 1980 ถึง 1990 วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์เผชิญการเปลี่ยนกระบวนทัศน์อีกครั้ง เมื่อนักวิชาการเริ่มตระหนักว่าการสอนวิทยาศาสตร์ที่แยกขาดจากบริบทชีวิตจริงทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ที่จะไม่ได้เป็นนักวิทยาศาสตร์ มองไม่เห็นความหมายและความเกี่ยวข้องของวิทยาศาสตร์กับชีวิตตน ขบวนการวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี-สังคม (Science-Technology-Society: STS) จึงถือกำเนิดขึ้นเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับประเด็นทางสังคมและเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม Hart และ Robottom (1990) ได้วิพากษ์กระบวนการปฏิรูปแบบ STS ว่ามักประสบปัญหาในทางปฏิบัติ เนื่องจากความสำเร็จของการปฏิรูปขึ้นอยู่กับความสามารถของครูในการบูรณาการปรัชญาและแนวปฏิบัติใหม่เข้ากับการสอนจริง ซึ่งเป็นความท้าทายที่มักถูกประเมินต่ำเกินไป

บทเรียนสำคัญจากการวิพากษ์ของ Hart และ Robottom คือการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ยั่งยืนมิอาจเกิดจากการเปลี่ยนหลักสูตรหรือนโยบายเพียงอย่างเดียว แต่ต้องลงทุนในการพัฒนาสมรรถนะของครูอย่างจริงจัง บทเรียนนี้ยังคงมีความเกี่ยวข้องอย่างยิ่งในปัจจุบัน เมื่อระบบการศึกษาทั่วโลกพยายามนำแนวทางใหม่ เช่น สะเต็มศึกษาและการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ เข้าสู่ชั้นเรียน หากปราศจากการเตรียมครูที่เพียงพอ การปฏิรูปเหล่านี้ก็เสี่ยงที่จะล้มเหลวเช่นเดียวกับที่ STS เคยประสบ

1.2.3 วิสัยทัศน์สามระดับของการรู้วิทยาศาสตร์

กรอบที่ทรงอิทธิพลที่สุดในการทำความเข้าใจพัฒนาการของเป้าหมายการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือการจำแนกวิสัยทัศน์ของการรู้วิทยาศาสตร์ที่ Roberts (2007) เสนอไว้ และได้รับการต่อยอดในเวลาต่อมา Roberts จำแนกวิสัยทัศน์ออกเป็น 2 แบบ คือ วิสัยทัศน์ที่ 1 (Vision I) ที่เริ่มต้นและเน้นที่เนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นหลัก กับวิสัยทัศน์ที่ 2 (Vision II) ที่เน้นการนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ในบริบทของชีวิตและสังคม

ต่อมา Sjöström และ Eilks (2018) ได้เสนอวิสัยทัศน์ที่ 3 (Vision III) ที่ก้าวไปไกลกว่าสองวิสัยทัศน์แรก โดยเน้นมิติเชิงจริยธรรม สังคม การเมือง และการมีส่วนร่วมของพลเมืองในการกำหนดทิศทางของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสังคม วิสัยทัศน์นี้เชื่อมโยงกับแนวคิดการศึกษาเพื่อความยั่งยืนและการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง และในการทบทวนวรรณกรรมล่าสุด Sjöström (2025) ได้สังเคราะห์ข้อเสนอเกี่ยวกับวิสัยทัศน์ที่ 3 ที่ปรากฏอย่างน้อย 8 ข้อเสนอนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007 โดยชี้ว่าจุดร่วมสำคัญคือการมีส่วนร่วมเชิงสิ่งแวดล้อม พหุนิยม การยอมรับความซับซ้อน และการรู้คิดที่นำสู่การปฏิบัติอย่างรับผิดชอบ

ผู้เขียนเห็นว่า การเข้าใจวิสัยทัศน์ทั้งสามระดับนี้มีคุณค่าเชิงปฏิบัติต่อครูวิทยาศาสตร์ไทยอย่างยิ่ง เพราะช่วยให้ครูตระหนักว่าการตัดสินใจว่าจะสอน “อะไร” และ “เพื่ออะไร” มิใช่เรื่องที่เป็นกลางทางคุณค่า แต่สะท้อนจุดยืนเชิงปรัชญาการศึกษา ครูที่ยึดเพียงวิสัยทัศน์ที่ 1 จะสอนฟิสิกส์โดยเน้นการคำนวณและการแก้โจทย์ ขณะที่ครูที่ผสานวิสัยทัศน์ที่ 2 และ 3 จะออกแบบการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงฟิสิกส์กับการ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตัดสินใจในชีวิตและประเด็นทางสังคม เช่น พลังงานทดแทนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หนังสือเล่มนี้วางจุดยืนที่บูรณาการทั้งสามวิสัยทัศน์เข้าด้วยกัน โดยไม่ละทิ้งความเข้มข้นของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ขณะเดียวกันก็เชื่อมโยงสู่บริบทและมิติเชิงพลเมือง

พัฒนาการของวิสัยทัศน์การรู้วิทยาศาสตร์สามระดับ



ภาพที่ 1 พัฒนาการของวิสัยทัศน์การรู้วิทยาศาสตร์สามระดับ จากเนื้อหาและกระบวนการ สู่บริบทชีวิตและสังคม จนถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงวิพากษ์

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

ภาพที่ 1 ชี้ให้เห็นว่าวิสัยทัศน์ทั้งสามมิได้แทนที่กันแต่ขยายขอบเขตซ้อนทับกันเป็นชั้น วิสัยทัศน์ที่ 1 ของ Roberts (2007) วางรากที่เนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิสัยทัศน์ที่ 2 ขยายสู่การใช้ความรู้ในบริบทชีวิตและสังคม ส่วนวิสัยทัศน์ที่ 3 ตามข้อเสนอของ Sjöström และ Eilks (2018) เพิ่มมิติเชิงจริยธรรม การเมือง และการมีส่วนร่วมของพลเมือง การที่หนังสือเล่มนี้วางจุดยืนบูรณาการทั้งสามวิสัยทัศน์จึงหมายถึงการสอนที่ไม่ละทิ้งความเข้มข้นของเนื้อหา ขณะเดียวกันก็พาผู้เรียนไปถึงการใช้วิทยาศาสตร์เพื่อร่วมกำหนดทิศทางของสังคม

1.3 ความหมายและขอบข่ายของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่บูรณาการองค์ความรู้จากหลายศาสตร์เข้าด้วยกัน ทั้งวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ จิตวิทยาการเรียนรู้ ปรัชญาการศึกษา และศาสตร์การสอน เพื่อตอบคำถามหลักว่า ครูจะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความหมายได้อย่างไร ขอบข่ายของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์จึงครอบคลุมตั้งแต่การวิเคราะห์ธรรมชาติของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ การทำความ

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เข้าใจวิธีที่ผู้เรียนสร้างความรู้และมโนทัศน์ การออกแบบกิจกรรมและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ การเลือกและใช้สื่อและเทคโนโลยี ไปจนถึงการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดเด่นที่ทำให้วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์การสอนทั่วไป คือการให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมิได้เป็นเพียงชุดของข้อเท็จจริงที่ต้องจดจำ แต่เป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นผ่านกระบวนการสืบเสาะอย่างเป็นระบบ อาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ การให้เหตุผล และการตรวจสอบโดยชุมชนวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการสอนวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงจึงต้องสะท้อนทั้งสองมิติ คือมิติของ ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ (scientific products) ได้แก่ มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎี และมิติของ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (scientific processes) ได้แก่ การตั้งคำถาม การสร้างสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการสร้างคำอธิบายบนฐานหลักฐาน

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบบ่อยในหมู่ครูวิทยาศาสตร์มือใหม่คือการมองว่าการสอนวิทยาศาสตร์เท่ากับการอธิบายเนื้อหาให้ชัดเจน ความเข้าใจนี้ละเลยมิติกระบวนการและทำให้ผู้เรียนได้รับเพียงผลผลิตสำเร็จรูปของวิทยาศาสตร์โดยไม่เข้าใจว่าความรู้นั้นมาได้อย่างไร ผลที่ตามมาคือผู้เรียนอาจท่องจำนิยามและสูตรได้ แต่ไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือประเมินข้ออ้างทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่สะท้อนในผลการประเมิน PISA ดังกล่าวข้างต้น วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งแก้ปัญหานี้โดยตรง ด้วยการเตรียมครูให้ออกแบบการเรียนรู้ที่บูรณาการทั้งเนื้อหาและกระบวนการเข้าด้วยกัน

1.4 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และนัยต่อการจัดการเรียนรู้

รากฐานสำคัญประการหนึ่งของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์คือความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science: NOS) ซึ่งหมายถึงคุณลักษณะเชิงญาณวิทยาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการที่ก่อให้เกิดความรู้นั้น Lederman และ Lederman (2014) ซึ่งเป็นนักวิชาการชั้นนำในสาขานี้ ได้สังเคราะห์ลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูควรเข้าใจและถ่ายทอดแก่ผู้เรียน ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะชั่วคราวและเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่ (tentativeness) อาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ (empirically based) เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของมนุษย์ (creative) ได้รับอิทธิพลจากบริบททางสังคมและวัฒนธรรม (socially and culturally embedded) และตั้งอยู่บนการอนุมานที่แตกต่างจากการสังเกตโดยตรง (distinction between observation and inference)

จากประสบการณ์ของผู้เขียน การที่ครูเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีนัยโดยตรงต่อการออกแบบการสอน ตัวอย่างเช่น หากครูเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะชั่วคราว ครูจะหลีกเลี่ยงการนำเสนอทฤษฎีวิทยาศาสตร์ในฐานะความจริงสัมบูรณ์ที่ไม่อาจโต้แย้งได้ แต่จะเปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนเข้าใจว่าทฤษฎีเป็นคำอธิบายที่ดีที่สุดในปัจจุบันบนฐานหลักฐานที่มีอยู่ และพร้อมปรับเปลี่ยนเมื่อมีหลักฐานใหม่

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ความเข้าใจเช่นนี้ช่วยพัฒนาทั้งความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไปพร้อมกัน เพราะผู้เรียนจะเรียนรู้ที่จะเปิดใจกว้าง ตั้งคำถาม และเคารพหลักฐาน

งานวิจัยร่วมสมัยยังชี้ว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดแจ้งและไตร่ตรอง (explicit and reflective) มีประสิทธิภาพมากกว่าการคาดหวังให้ผู้เรียนซึมซับเองโดยปริยายผ่านการทำกิจกรรม การที่ครูสอดแทรกการอภิปรายเกี่ยวกับวิธีที่นักวิทยาศาสตร์สร้างความรู้ลงในบทเรียนเนื้อหา ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้นทั้งในเนื้อหาและในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นัยเชิงปฏิบัติสำหรับนักศึกษาครูคือ การวางแผนการสอนแต่ละหน่วยควรระบุไม่เพียงว่าจะสอนมโนทัศน์ใด แต่ควรระบุด้วยว่าจะใช้โอกาสใดในการช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจว่ามโนทัศน์นั้นถูกค้นพบและตรวจสอบอย่างไร

1.5 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและการเปลี่ยนมโนทัศน์ หัวใจของการสอนวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่ผู้เขียนเห็นว่าเป็นหัวใจที่สุดของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ และอาจารย์ผู้สอนฟิสิกส์ทุกคนเผชิญในทุกภาคการศึกษา คือปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนเข้าชั้นเรียนพร้อมกับความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติที่สร้างขึ้นเองจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ความเข้าใจเหล่านี้จำนวนมากขัดแย้งกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกัน และเรียกกันว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) หรือมโนทัศน์ทางเลือก (alternative conceptions) ลักษณะสำคัญของมโนทัศน์เหล่านี้คือความดื้อรั้น (robustness) กล่าวคือ มักคงอยู่และต้านทานการสอนที่ขัดแย้งกับมัน แม้ผู้เรียนจะได้รับการสอนเนื้อหาที่ถูกต้องแล้วก็ตาม

ในวิชาฟิสิกส์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนปรากฏชัดเจนและได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางที่สุดในบรรดาสาขาวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างคลาสสิกคือความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ผู้เรียนจำนวนมากยึดถือความเข้าใจแบบอริสโตเติลโดยไม่รู้ตัวว่า วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ต้องมีแรงกระทำอยู่เสมอเพื่อให้คงการเคลื่อนที่ ซึ่งขัดกับกฎข้อที่ 1 ของนิวตันที่ว่าวัตถุจะคงสภาพการเคลื่อนที่โดยไม่ต้องอาศัยแรงหากไม่มีแรงลัพธ์มากระทำ ในประสบการณ์การสอนฟิสิกส์ของผู้เขียน ความเข้าใจคลาดเคลื่อนนี้ฝังลึกมากเพราะสอดคล้องกับประสบการณ์ตรงที่ว่า เมื่อหยุดออกแรงผลักวัตถุ วัตถุก็หยุด ซึ่งในโลกจริงเป็นผลจากแรงเสียดทานที่ผู้เรียนมองไม่เห็น

กรอบทฤษฎีที่ทรงอิทธิพลที่สุดในการอธิบายว่าผู้เรียนเปลี่ยนมโนทัศน์ได้อย่างไร คือทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ (conceptual change) ที่ Posner et al. (1982) เสนอไว้ โดยพัฒนาขึ้นจากการศึกษาผู้เรียนที่เรียนทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษในวิชาฟิสิกส์ ทฤษฎีนี้เสนอว่าการเปลี่ยนมโนทัศน์จะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยเงื่อนไข 4 ประการ ได้แก่ (1) ผู้เรียนต้องไม่พอใจกับมโนทัศน์เดิม (dissatisfaction) (2) มโนทัศน์ใหม่ต้องเข้าใจได้ (intelligible) (3) มโนทัศน์ใหม่ต้องดูสมเหตุสมผลน่าเชื่อ (plausible) และ (4) มโนทัศน์ใหม่ต้องมีประโยชน์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้ (fruitful)

เงื่อนไข 4 ประการนี้มีนัยเชิงปฏิบัติที่ลึกซึ้งต่อการออกแบบการสอนฟิสิกส์ เงื่อนไขแรกอธิบายว่าเหตุใดการสอนแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องจึงไม่ได้ผล เพราะหากผู้เรียนยังไม่รู้สึกว่ามโนทัศน์เดิมของตนมี

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ปัญหา ผู้เรียนก็จะไม่มีแรงจูงใจที่จะเปลี่ยน ครูฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพจึงต้องออกแบบสถานการณ์ที่สร้างความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) เช่น ให้ผู้เรียนทำนายผลการทดลองตามมโนทัศน์เดิม แล้วแสดงให้เห็นว่าผลจริงขัดกับการทำนาย ซึ่งเป็นกลวิธีที่สอดคล้องกับวงจรทำนาย-สังเกต-อธิบาย ที่จะกล่าวถึงในบทต่อ ๆ ไป

งานวิจัยร่วมสมัยยังชี้ว่าความสามารถของครูในการรับรู้และจัดการมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน Yang et al. (2024) ได้พัฒนาเครื่องมือประเมินความรู้ของนักศึกษาครูฟิสิกส์เกี่ยวกับความเข้าใจของผู้เรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ด้วยข้อสอบสามชั้น (three-tier) ที่ปรับจากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแรง (Force Concept Inventory) ผลการศึกษาพบว่าครูก่อนประจำการจำนวนหนึ่งยังมีช่องว่างในการคาดการณ์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบบ่อยของผู้เรียน ข้อค้นพบนี้ตอกย้ำว่าการพัฒนาการวินิจฉัยมโนทัศน์ของผู้เรียนควรเป็นส่วนสำคัญของการผลิตครูวิทยาศาสตร์ และเป็นเหตุผลที่หนังสือเล่มนี้ให้ความสำคัญกับการยกตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเฉพาะเรื่องในแต่ละบท

ผู้เขียนขอเน้นว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมิได้เป็นเพียง “ความผิด” ที่ต้องลบทิ้ง แต่เป็นทรัพยากรทางปัญญาที่ผู้เรียนใช้สร้างความเข้าใจ การสอนที่ดีจึงมิใช่การปฏิเสธความเข้าใจเดิมของผู้เรียน แต่เป็นการช่วยให้ผู้เรียนปรับและขยายความเข้าใจนั้นไปสู่คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ขึ้น มุมมองนี้สอดคล้องกับฐานคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่จะอภิปรายอย่างละเอียดในบทที่ 3 และเป็นรากฐานของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนปรากฏในทุกสาขาวิชา มิใช่เฉพาะฟิสิกส์ ในชีววิทยาผู้เรียนจำนวนมากเข้าใจวิวัฒนาการว่าเป็นความพยายามของสิ่งมีชีวิตที่จะปรับตัวอย่างมีเป้าหมาย แทนที่จะเป็นการคัดเลือกโดยธรรมชาติบนความแปรผันที่มีอยู่ก่อน หรือเข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตใช้อวัยวะแล้วถ่ายทอดลักษณะที่ได้มาสู่รุ่นลูก ในเคมีผู้เรียนมักยึดภาพสสารเป็นเนื้อต่อเนื่องไม่ใช่อนุภาค จึงอธิบายการเปลี่ยนสถานะว่าอนุภาคขยายตัวหรือหดตัวแทนที่จะเป็นการเปลี่ยนระยะห่างและพลังงานจลน์ของอนุภาค

ความคลาดเคลื่อนเหล่านี้มีรากต่างกันและต้องการกลวิธีเปลี่ยนมโนทัศน์ที่ต่างกัน ครูจึงควรสำรวจมโนทัศน์เดิมของผู้เรียนรายสาขาก่อนสอนทุกครั้ง แล้วออกแบบสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนเผชิญความขัดแย้งระหว่างความเข้าใจเดิมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ อันเป็นเงื่อนไขสำคัญของการปรับโครงสร้างความรู้

1.6 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

แนวคิดที่เป็นรากฐานที่สุดของวิทยาการสอนเฉพาะสาขาคือ ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ซึ่ง Shulman (1986) เสนอขึ้นเพื่อท้าทายการแบ่งแยกระหว่างความรู้เนื้อหากับความรู้การสอนที่แยกขาดจากกันในการผลิตครูยุคนั้น เขาเห็นว่าครูที่มีประสิทธิภาพมิได้เป็นเพียงผู้รู้เนื้อหาดีหรือผู้รู้เทคนิคการสอนดีอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่เป็นผู้ที่ผสานความรู้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ทั้งสองเข้าด้วยกันจนเกิดเป็นความรู้ชนิดใหม่ คือความเข้าใจว่าจะนำเสนอเนื้อหาเฉพาะเรื่องอย่างไรให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดีที่สุด

องค์ประกอบสำคัญของ PCK ตามแนวคิดของ Shulman ประกอบด้วยสองส่วนหลัก ส่วนแรกคือความรู้เกี่ยวกับวิธีการนำเสนอและกำหนดรูปแบบเนื้อหา (representations) เช่น การใช้การเปรียบเทียบ ตัวอย่าง ภาพประกอบ การสาธิต และการอธิบายที่ทำให้เนื้อหาที่ยากเข้าถึงได้ ส่วนที่สองคือความเข้าใจว่าอะไรทำให้การเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะเรื่องนั้นง่ายหรือยาก รวมถึงความเข้าใจในมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) ที่ผู้เรียนมักนำติดตัวมา ในทัศนะของผู้เขียน องค์ประกอบที่สองนี้คือสิ่งที่แยกครูผู้เชี่ยวชาญออกจากครูมือใหม่อย่างชัดเจน เพราะครูผู้เชี่ยวชาญสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้าว่าผู้เรียนจะติดขัดตรงจุดใด และเตรียมการสอนเพื่อจัดการกับจุดนั้นโดยเฉพาะ

นับตั้งแต่ Shulman เสนอแนวคิดนี้ PCK ได้กลายเป็นกรอบที่มีอิทธิพลอย่างกว้างขวางในการวิจัยและการผลิตครู การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบล่าสุดโดย Chan และ Park (2026) ที่วิเคราะห์งานวิจัยเชิงประจักษ์ 217 ชิ้นในช่วง ค.ศ. 1986 ถึง 2023 ยืนยันว่า PCK ของครูวิทยาศาสตร์สัมพันธ์กับคุณภาพการสอนและผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ และที่สำคัญคือ PCK สามารถพัฒนาได้ผ่านการฝึกปฏิบัติ การสะท้อนคิด และการพัฒนาวิชาชีพอย่างเป็นระบบ ข้อค้นพบนี้ให้เหตุผลเชิงประจักษ์ที่หนักแน่นว่าเหตุใดการพัฒนา PCK จึงควรเป็นแกนกลางของหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ และเหตุใดรายวิชาวิทยาการสอนจึงสำคัญ

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่าครูควรตระหนักถึงข้อถกเถียงเชิงระเบียบวิธีเกี่ยวกับ PCK ด้วย Neumann et al. (2019) ได้ทดสอบสมมติฐานที่ว่า PCK เป็น สิ่งหลอมรวม (amalgam) ของความรู้เนื้อหาและความรู้การสอนเชิงประจักษ์ และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบความรู้ทั้งสามซับซ้อนกว่าที่แบบจำลองดั้งเดิมเสนอ ขอบเขตระหว่างองค์ประกอบยังคลุมเครือในเชิงปฏิบัติการ ในมุมมองของผู้เขียน ข้อค้นพบนี้มิได้ลดทอนคุณค่าของ PCK แต่เตือนให้ครูใช้กรอบนี้เป็นเลนส์สำหรับสะท้อนคิดและวิเคราะห์การสอนของตน มากกว่าจะเป็นสูตรตายตัวที่แยกองค์ประกอบออกเป็นส่วน ๆ อย่างเป็นกลไก

Library and Learning, University of Phayao

องค์ประกอบของ PCK และการพัฒนาในนักศึกษาครู

เพื่อให้นักศึกษาครูสามารถพัฒนา PCK ของตนได้อย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนเห็นว่าจำเป็นต้องเข้าใจว่า PCK มิใช่ความรู้ก้อนเดียวที่เป็นเอกภาพ แต่ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยหลายมิติที่ทำงานประสานกัน นักวิชาการได้จำแนกองค์ประกอบของ PCK ไว้หลากหลาย แต่โดยทั่วไปครอบคลุมห้ามิติสำคัญ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ (orientations toward science teaching) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (knowledge of science curriculum) ความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหาเฉพาะ (knowledge of students' understanding) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการนำเสนอและกลวิธีการสอน (knowledge of instructional strategies and representations) และความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลในวิทยาศาสตร์ (knowledge of assessment)

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ในทัศนะของผู้เขียนซึ่งสังเกตพัฒนาการของนักศึกษาครูฟิสิกส์มาต่อเนื่อง องค์ประกอบที่พัฒนาได้ยากที่สุดและใช้เวลานานที่สุดคือความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจของผู้เรียน เพราะองค์ประกอบนี้ต้องอาศัยประสบการณ์ตรงในการสังเกตว่าผู้เรียนคิดอย่างไร ติดขัดตรงจุดใด และมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบใด นักศึกษาครูที่เพิ่งเริ่มต้นมักประเมินความยากของเนื้อหาจากมุมมองของตนเองที่เข้าใจเนื้อหาดีแล้ว จึงมองไม่เห็นว่าจุดใดที่ผู้เรียนจะสับสน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าคำสาปของความรู้ (curse of knowledge) ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญของครูมือใหม่

การสังเคราะห์ของ Chan และ Park (2026) ชี้ว่าแนวทางที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการพัฒนา PCK ของนักศึกษาครู คือการผสานการเรียนรู้ทฤษฎีเข้ากับการฝึกปฏิบัติจริงและการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบ ผู้เขียนจึงออกแบบหนังสือเล่มนี้ให้นักศึกษาครูได้เรียนรู้ทั้งฐานทฤษฎีในบทต้น ๆ และได้ฝึกแปลงทฤษฎีสู่การปฏิบัติผ่านการออกแบบแผนการสอนและการฝึกปฏิบัติในบทท้าย ๆ ซึ่งเป็นวงจรที่ช่วยพัฒนา PCK อย่างเป็นระบบ ในบริบทไทย Faikhamta และ Clarke (2013) รายงานการศึกษาตนเอง (self-study) ของอาจารย์ผู้สอนวิชาชีพครูชาวไทย ที่ทบทวนความเข้าใจของตนเกี่ยวกับ PCK ผ่านการจัดรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์แบบอิงภาคสนาม ซึ่งสะท้อนว่าการพัฒนา PCK ของนักศึกษาครูไทยต้องอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างรายวิชาวิธีสอนกับประสบการณ์ในสถานศึกษาจริงอย่างเป็นระบบ มิใช่การเรียนทฤษฎีการสอนแยกส่วนจากการปฏิบัติ

1.7 การบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับฐานความรู้ของครูตามกรอบ TPACK

ในยุคดิจิทัล ฐานความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ได้ขยายขอบเขตจาก PCK ไปสู่การบูรณาการมิติเทคโนโลยีเข้ามาด้วย Mishra และ Koehler (2006) ได้ต่อยอดแนวคิดของ Shulman เสนอกรอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) ซึ่งประกอบด้วยความรู้สามด้านหลัก ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge: PK) และความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK)

จุดสำคัญของกรอบ TPACK มิได้อยู่ที่ความรู้สามด้านนี้แยกกัน แต่อยู่ที่จุดที่ความรู้เหล่านี้ทับซ้อนและบูรณาการกัน ก่อเกิดเป็นความรู้ผสมผสานในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ความรู้การสอนเนื้อหาเฉพาะ (PCK) ความรู้เทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) ความรู้เทคโนโลยีกับการสอน (TPK) และที่สำคัญที่สุดคือจุดบรรจบกลางที่เป็น TPACK อันหมายถึงความสามารถของครูในการเลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีการสอนและเนื้อหาเฉพาะเรื่องพร้อมกัน นอกจากนี้ Mishra และ Koehler ยังเน้นว่า TPACK ดำรงอยู่ภายใต้บริบทเฉพาะของแต่ละชั้นเรียน ทั้งลักษณะผู้เรียน วัฒนธรรมโรงเรียน และทรัพยากรที่มี

ต่อมา Angeli และ Valanides (2009) ได้ขยายข้อถกเถียงเชิงญาณวิทยาและระเบียบวิธีของ TPACK โดยเสนอแนวคิด ICT–TPCK ที่เน้นว่าความรู้ดังกล่าวเป็นองค์ความรู้เฉพาะที่ต้องพัฒนาผ่านการออกแบบและฝึกปฏิบัติจริง มิใช่ผลรวมเชิงเส้นตรงของความรู้สามด้าน ข้อเสนอนี้มีนัยสำคัญต่อการผลิตครู เพราะชี้ว่าการสอนให้นักศึกษาครู “ใช้เครื่องมือดิจิทัลเป็น” เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ หากแต่ต้องฝึกให้

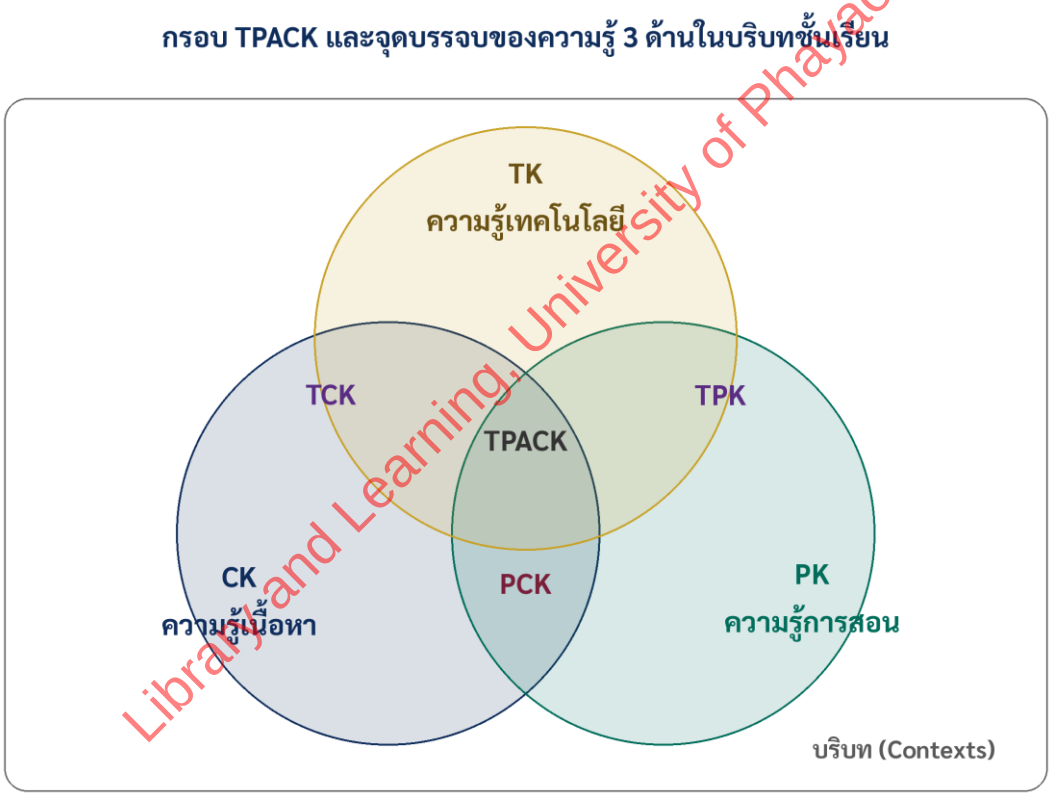
Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

นักศึกษาครูตัดสินใจได้ว่าเทคโนโลยีใดเหมาะกับการสอนมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ใด ด้วยวิธีการสอนแบบใด ในบริบทใด ซึ่งเป็นความสามารถที่พัฒนาได้ผ่านการออกแบบบทเรียนจริงและการสะท้อนคิดเท่านั้น

ผู้เขียนขอเน้นย้ำว่าหลุมพรางที่พบบ่อยที่สุดในการบูรณาการเทคโนโลยีคือการนำเทคโนโลยีมาก่อน แล้วจึงหาเหตุผลสนับสนุนภายหลัง ซึ่งตรงข้ามกับหลักการของ TPACK โดยสิ้นเชิง การบูรณาการเทคโนโลยีที่มีคุณภาพต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ธรรมชาติของเนื้อหาและเป้าหมายการเรียนรู้ก่อน แล้วจึงเลือกเทคโนโลยีที่ตอบสนองต่อความต้องการนั้น มิใช่เลือกเทคโนโลยีเพราะความทันสมัยหรือความน่าตื่นเต้น หลักการนี้จะได้รับการขยายความอย่างละเอียดในบทที่ 8 ที่ว่าด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์

ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สามด้านและจุดบรรจบที่เป็น TPACK สามารถนำเสนอเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 2



Library and Learning, University of Phayao

ภาพที่ 2 กรอบ TPACK และจุดบรรจบของความรู้สามด้านในบริบทชั้นเรียน

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก Mishra & Koehler, 2006)

ภาพที่ 2 ช่วยให้เห็นว่าความรู้ที่ครูวิทยาศาสตร์ยุคดิจิทัลต้องมีนั้นมิได้แยกเป็นส่วน แต่เกิดจากการบรรจบกันของความรู้ด้านเนื้อหา การสอน และเทคโนโลยี เมื่อความรู้สามด้านทับซ้อนกันจึงก่อเป็นความรู้ผสานเฉพาะ เช่น PCK, TCK และ TPK และมาบรรจบกันที่ TPACK ซึ่งเป็นจุดที่ครูบูรณาการทั้งสามด้านเข้ากับบริบทของชั้นเรียนได้อย่างกลมกลืน

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

กรอบความรู้นี้จะถูกขยายต่อในบทที่ 8 ที่ว่าด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งยกระดับองค์ประกอบด้านเทคโนโลยีของกรอบไปสู่ความรอบรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ผู้อ่านจึงควรถือว่าฐานความรู้สามด้านในบทนี้เป็นรากที่บทต่อไปจะต่อยอด

ตัวอย่างรูปธรรมของเครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ที่เข้ามาเสริมฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์มีอย่างน้อยสามกลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือสถานการณ์จำลองเชิงโต้ตอบที่ผนวกผู้ช่วยอัจฉริยะ เช่น คลังสถานการณ์จำลองวิทยาศาสตร์ PhET (phet.colorado.edu) ที่ครูใช้ให้ผู้เรียนสำรวจตัวแปรที่ทดลองจริงได้ยาก กลุ่มที่ 2 คือระบบติวเตอร์อัจฉริยะอย่าง Khanmigo ที่ตั้งคำถามชวนคิดแทนการบอกคำตอบ และกลุ่มที่ 3 คือการใช้แบบจำลองภาษาวิเคราะห์คำตอบอัตนัยของผู้เรียนเพื่อช่วยครูระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้รวดเร็วขึ้น ทั้งนี้ทุกกลุ่มต้องอยู่ใต้หลักการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางที่จะอภิปรายโดยละเอียดในบทที่ 8

ระดับของการบูรณาการเทคโนโลยี จากการทดแทนสู่การเปลี่ยนรูป

นอกจากการเข้าใจองค์ประกอบของ TPACK แล้ว ครูยังควรมีกรอบในการประเมินว่าการบูรณาการเทคโนโลยีของตนอยู่ในระดับใด แบบจำลองที่ครูทั่วโลกนิยมใช้เป็นเครื่องมือสะท้อนคิดในเชิงปฏิบัติคือแบบจำลอง SAMR ซึ่งจำแนกการใช้เทคโนโลยีออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ การทดแทน (Substitution) ที่เทคโนโลยีทำหน้าที่แทนเครื่องมือเดิมโดยไม่เปลี่ยนแปลงเชิงหน้าที่ การเพิ่มขีดความสามารถ (Augmentation) ที่เทคโนโลยีทำหน้าที่แทนพร้อมเพิ่มประสิทธิภาพบางประการ การปรับเปลี่ยน (Modification) ที่เทคโนโลยีเปิดให้ออกแบบงานใหม่ในรูปแบบที่เดิมทำไม่ได้ และการนิยามใหม่ (Redefinition) ที่เทคโนโลยีเปิดให้สร้างภาระงานที่เดิมเป็นไปไม่ได้เลย

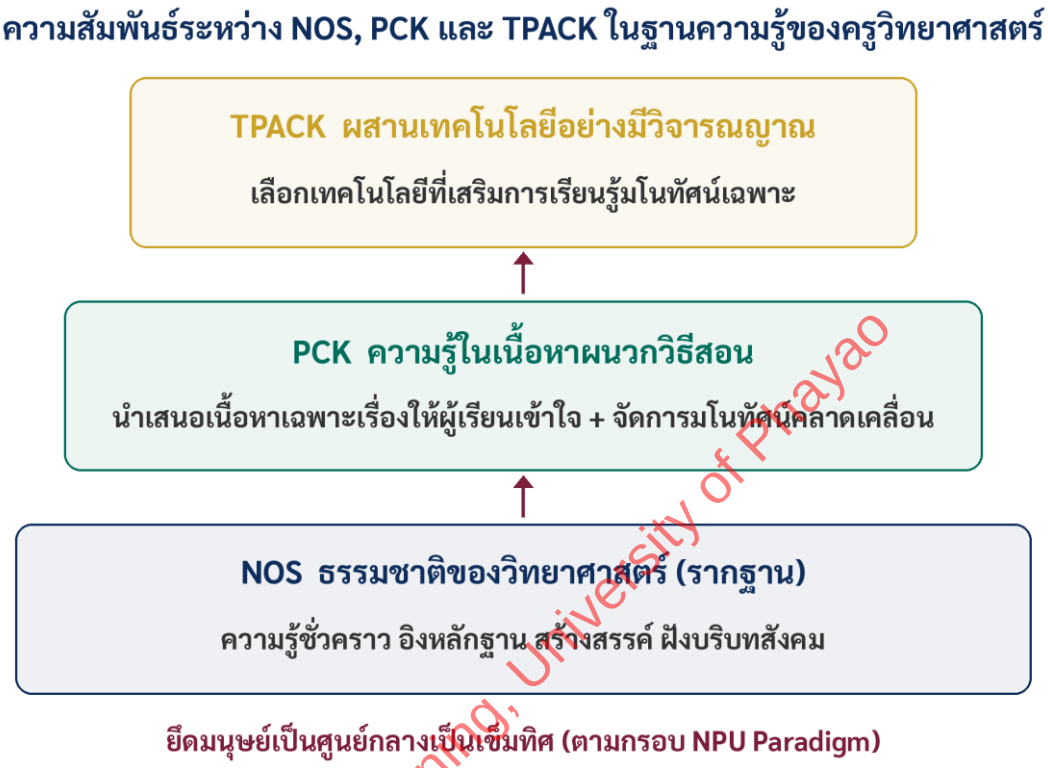
ผู้เขียนขอยกตัวอย่างจากการสอนฟิสิกส์เพื่อให้เห็นภาพทั้ง 4 ระดับ การให้ผู้เรียนใช้โปรแกรมตารางคำนวณบันทึกข้อมูลการทดลองแทนสมุดเป็นการทดแทน การใช้โปรแกรมเดียวกันสร้างกราฟและคำนวณค่าความชันโดยอัตโนมัติเป็นการเพิ่มขีดความสามารถ การให้ผู้เรียนใช้แบบจำลองเชิงโต้ตอบปรับค่าตัวแปรที่ควบคุมได้ยากในห้องปฏิบัติการจริง เช่น แรงโน้มถ่วงบนดาวเคราะห์ต่างกัน เป็นการปรับเปลี่ยน และการให้ผู้เรียนร่วมกันเก็บข้อมูลปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์จากเซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนของแต่ละคนแล้วรวมเป็นชุดข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อวิเคราะห์ร่วมกันข้ามห้องเรียน เป็นการนิยามใหม่

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเตือนว่าแบบจำลอง SAMR แม้จะเป็นเครื่องมือสะท้อนคิดที่มีประโยชน์ แต่ก็มีข้อวิพากษ์สำคัญที่ครูควรตระหนัก ข้อวิพากษ์หลักคือ SAMR เป็นลำดับชั้น (hierarchical) ที่อาจทำให้ครูเข้าใจผิดว่าการบูรณาการระดับสูง เช่น การนิยามใหม่ ย่อมดีกว่าระดับต่ำเสมอ ทั้งที่ในความเป็นจริงระดับการบูรณาการที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับเป้าหมายการเรียนรู้และบริบท การใช้เทคโนโลยีระดับการทดแทนที่ตรงเป้าหมายอาจมีคุณค่ามากกว่าการนิยามใหม่ที่หวือหวาแต่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มุมมองนี้สอดคล้องกับหลักการของ TPACK ที่ผู้เขียนเน้นย้ำตลอดมาว่า เทคโนโลยีต้องรับใช้เป้าหมายการเรียนรู้และธรรมชาติของเนื้อหา มิใช่เป้าหมายในตัวเอง ครูฟิสิกส์จึงควรใช้ SAMR เป็นเครื่องมือตั้งคำถามต่อการออกแบบของตน มากกว่าจะเป็นบันไดที่ต้องไต่ให้ถึงขั้นสูงสุดเสมอ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เมื่อพิจารณาฐานความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ที่อภิปรายมาทั้งหมด จะเห็นว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) มิได้แยกขาดจากกัน แต่ซ้อนทับและต่อยอดกันเป็นฐานความรู้ที่ครูมืออาชีพต้องบูรณาการ ความสัมพันธ์นี้สรุปได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงซ้อนทับและต่อยอดระหว่าง NOS, PCK และ TPACK ในฐานความรู้ของครูวิทยาศาสตร์

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phrayao

ภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าฐานความรู้ของครูมิได้อยู่ในระดับเดียวกัน แต่ซ้อนทับและต่อยอดกันขึ้นไป โดยมีธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นรากฐานที่กำกับวิธีคิด PCK เป็นแกนของการสอนเฉพาะสาขา และ TPACK เป็นชั้นที่ผสานเทคโนโลยีเข้ามาอย่างมีวิจารณญาณ ลำดับชั้นนี้ชี้ว่าการเพิ่มเทคโนโลยีจะมีความหมายก็ต่อเมื่อวางอยู่บนความเข้าใจเนื้อหาและการสอนที่มั่นคงก่อน

จากภาพที่ 3 จะเห็นว่า ผู้เขียนสังเกตว่า ภาพนี้สื่อหลักการสำคัญว่าการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์มิใช่การเพิ่มความรู้ทีละด้านอย่างแยกส่วน แต่เป็นการบูรณาการฐานความรู้หลายมิติให้ทำงานร่วมกันในการตัดสินใจจริงในห้องเรียน ครูที่มีความรู้เนื้อหาดีแต่ขาด PCK อาจสอนได้ไม่เข้าถึงผู้เรียน ครูที่ใช้เทคโนโลยีคล่องแต่ขาดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อาจใช้เทคโนโลยีอย่างฉาบฉวย การพัฒนาวิชาชีพที่ดีจึงต้องพัฒนาฐานความรู้เหล่านี้ไปพร้อมกันอย่างบูรณาการ ซึ่งเป็นแนวคิดที่หนังสือเล่มนี้ยึดถือตลอดทุกบท

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

1.8 การรู้วิทยาศาสตร์ เป้าหมายปลายทางของการจัดการเรียนรู้

เป้าหมายสูงสุดของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์คือการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ของผู้เรียน ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่มีพัฒนาการทางประวัติศาสตร์ยาวนานนับตั้งแต่ Hurd เสนอคำนี้ในปี ค.ศ. 1958 เพื่อเรียกร้องการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เน้นบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการเป็นพลเมือง การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบและการสำรวจความเห็นผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีเดลฟายโดย Busch และ Rajwade (2024) ชี้ว่าการรู้วิทยาศาสตร์มิได้จำกัดอยู่เพียงระดับปัจเจกบุคคล แต่ยังปรากฏในระดับชุมชนที่กลุ่มคนใช้ทรัพยากรและความรู้ร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาส่วนรวม

ในระดับปัจเจกบุคคลซึ่งเป็นจุดเน้นหลักของการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน การรู้วิทยาศาสตร์โดยทั่วไปประกอบด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติ และสมรรถนะในการใช้ความรู้นั้น กรอบการประเมิน PISA นิยามการรู้วิทยาศาสตร์ผ่าน 3 สมรรถนะหลัก ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และการตีความข้อมูลและหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ การที่ครูยึดการรู้วิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายปลายทางมีนัยสำคัญต่อการออกแบบการสอน เพราะมันเปลี่ยนคำถามจาก “ผู้เรียนจำเนื้อหาได้หรือไม่” ไปสู่ “ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจและตัดสินใจในสถานการณ์จริงได้หรือไม่”

ความเชื่อมโยงระหว่างการรู้วิทยาศาสตร์กับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำคัญเป็นพิเศษ ผู้เรียนที่จะประเมินข้ออ้างทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับสุขภาพหรือสิ่งแวดล้อม จำเป็นต้องเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างและตรวจสอบอย่างไร ดังนั้นการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องบูรณาการทั้งการเรียนเนื้อหา การฝึกกระบวนการ และการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน ซึ่งสะท้อนกลับไปยังหลักการที่ผู้เขียนได้อภิปรายไว้ในหัวข้อก่อนหน้า และเป็นเหตุผลที่กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่จะนำเสนอต่อไปให้ความสำคัญกับการบูรณาการมิติเหล่านี้

Library and Learning, University of Phayao

1.9 กรอบแนวคิดหลักของหนังสือ การต่อยอดกระบวนทัศน์ NPU Teaching and Learning Paradigm

เพื่อร้อยเรียงเนื้อหาทั้งหมดให้เป็นระบบและตอบสนองต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา หนังสือเล่มนี้ใช้กระบวนทัศน์การเรียนรู้ NPU Teaching and Learning Paradigm ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ผู้เขียนพัฒนาขึ้นและตรวจสอบประสิทธิภาพแล้ว โดยมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 79.48/77.93 และผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ปรัชญา ธงพานิช, 2565) เป็นสันหลังของเล่ม กระบวนทัศน์นี้ประกอบด้วยสามระยะหลักที่ทำงานเป็นวงจรการออกแบบ-ปฏิบัติ-สะท้อนคิด ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ (กำหนดจุดมุ่งหมายและระดับคุณภาพการเรียนรู้ในรูปภาระงาน) (2) การปฏิบัติการเรียนรู้ (ออกแบบการเรียนรู้ พัฒนาทักษะการเรียนรู้แบบนำ

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตนเอง และบูรณาการความรู้ด้วยความร่วมมือ) และ (3) การประเมินการเรียนรู้ (การตรวจสอบแบบย้อนคิดทบทวน และการประเมินเทียบกับมาตรฐาน)

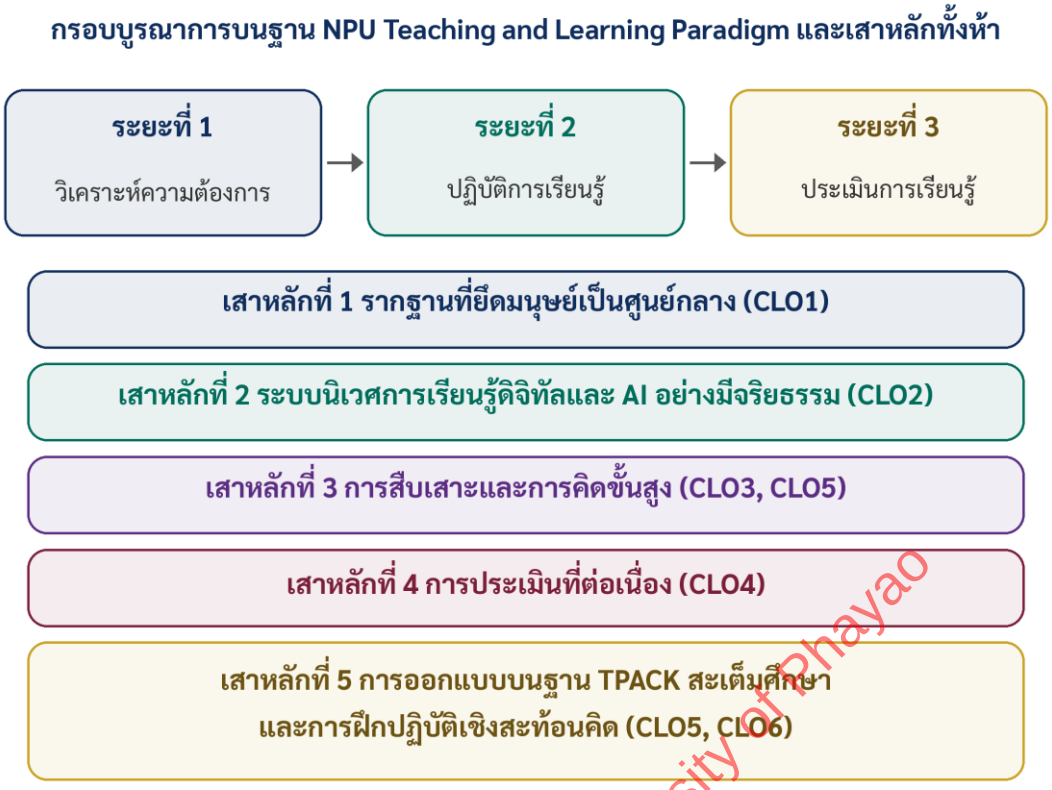
ผู้เขียนได้ต่อยอดกระบวนทัศน์ NPU ผ่านโปรแกรมวิจัยที่ต่อเนื่อง ได้แก่ NSW Model เพื่อส่งเสริมการคิดขั้นสูงในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ปรัชญา ธงพานิช, 2564) และแบบจำลองการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานบูรณาการระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อพัฒนาเมตาคอกนิชันของนักศึกษาครู (Thongpanit & Thongpanit, 2026) ในหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนสังเคราะห์ฐานงานวิจัยดังกล่าวขึ้นเป็นกรอบบูรณาการสำหรับวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ในยุคดิจิทัล ที่ขยายระยะทั้งสามของ NPU ให้ครอบคลุมเสาหลักสำคัญทั้งห้าตามผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา โดยยึดหลักการว่า เทคโนโลยีและปัญญาประดิษฐ์เป็น ตัวเสริมศักยภาพ (augmentation) การตัดสินใจเชิงวิชาชีพของครูและการเรียนรู้ของผู้เรียน มิใช่สิ่งที่เข้ามาแทนที่บทบาทของมนุษย์ สอดคล้องกับข้อเสนอเชิงวิพากษ์ของ Avraamidou (2024) กล่าวให้ชัดกระบวนทัศน์ NPU ฉบับเดิม (ปรัชญา ธงพานิช, 2565) มีเพียงวงจรสามระยะ ส่วนเสาหลักทั้งห้าเป็นส่วนขยายที่ผู้เขียนเสนอขึ้นในหนังสือเล่มนี้

ทั้งนี้ ผู้เขียนตระหนักว่ากระบวนทัศน์ NPU เป็นกรอบสังเคราะห์ที่หลักฐานประสิทธิผลส่วนหนึ่งยังมาจากบริบทการวิจัยของผู้เขียนเอง จึงควรได้รับการทดสอบซ้ำในบริบทที่หลากหลายและโดยนักวิจัยอื่นก่อนสรุปความเป็นสากล อนึ่ง กระบวนทัศน์นี้มิได้แทนที่กรอบสากลเช่น PCK, TPACK หรือการออกแบบย้อนกลับ หากแต่ทำหน้าที่ร้อยเรียงกรอบเหล่านั้นเข้าด้วยกันให้เป็นระบบ ส่วนเงื่อนไขการใช้และข้อจำกัดในทางปฏิบัติจะอภิปรายเพิ่มเติมในบทต่อ ๆ ไป

เพื่อให้เห็นโครงสร้างของกรอบบูรณาการรับฐาน NPU Paradigm อย่างชัดเจน ผู้เขียนนำเสนอดังแผนภาพที่ 4

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 4 กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm และเสาหลักทั้งห้า
(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก ปรัชญา ธงพานิช, 2565)

ภาพที่ 4 สรุปกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ดำเนินเป็นสามระยะ คือการวิเคราะห์ การปฏิบัติ และการประเมิน แล้วกางออกเป็นเสาหลักทั้งห้าที่สอดรับกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา ภาพนี้สื่อจุดยืนหลักของหนังสือที่ว่าการออกแบบการเรียนรู้ต้องยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง โดยใช้เทคโนโลยีและ AI เป็นตัวเสริมศักยภาพ มิใช่แทนที่การตัดสินใจเชิงวิชาชีพของครู กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ในเล่มนี้จำแนกเป็นเสาหลักทั้งห้า ที่สอดรับกับ CLOs ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm จำแนกตามเสาหลักทั้งห้าและความสอดคล้องกับ CLO

เสาหลัก	องค์ประกอบของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm	CLO
1	รากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง คอนสตรัคติวิสต์ การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน เชื่อมโยง STUDIES Model (พิจิตรา ธงพานิช, 2561)	CLO1
2	ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม (Thongpanit & Thongpanit, 2026)	CLO2
3	การสืบเสาะและการคิดขั้นสูง NSW Model และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ปรัชญา ธงพานิช, 2564)	CLO3, CLO5

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เสาหลัก	องค์ประกอบของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm	CLO
4	การประเมินที่ต่อเนื่อง อิงหลักฐาน และใช้ข้อมูลเชิงลึกเพื่อพัฒนา	CLO4
5	การออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด	CLO5, CLO6

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 1 ขยายให้เห็นว่ากรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm มิได้มีเพียงสามระยะ แต่กางออกเป็นเสาหลักทั้งห้าที่สัมพันธ์กัน ตั้งแต่รากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางไปจนถึงการประเมินที่ต่อเนื่อง โดยแต่ละเสาหลักเชื่อมโยงกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา ทำให้ครูแปลงกรอบแนวคิดสู่การออกแบบที่ตรวจสอบได้

เสาหลักทั้งห้านี้มิได้แยกขาดจากกัน แต่ดำเนินไปตามวงจรสามระยะของ NPU Paradigm กล่าวคือ เริ่มจากการวิเคราะห์ความต้องการบนฐานที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ปฏิบัติการเรียนรู้ผ่านระบบนิเวศดิจิทัล การสืบเสาะ และการออกแบบบนฐาน TPACK แล้วกำกับด้วยการประเมินที่ต่อเนื่อง อันสะท้อนทั้งลำดับตรรกะของการจัดการเรียนรู้และจุดยืนเชิงคุณค่าของผู้เขียน

Library and Learning, University of Phayao

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (ฟิสิกส์)

ผู้เขียนขอปิดบทนำด้วยตัวอย่างที่ร้อยแนวคิด PCK และ TPACK เข้ากับเนื้อหาฟิสิกส์เรื่องแรงโน้มถ่วงและการตกอย่างอิสระ (free fall) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งฝังลึกที่สุดในตัวผู้เรียนคือความเชื่อว่า “วัตถุที่หนักกว่าย่อมตกถึงพื้นเร็วกว่าวัตถุที่เบากว่าเสมอ” ความเชื่อนี้มิใช่เรื่องบังเอิญ แต่มีรากมาจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันที่ผู้เรียนสังเกตว่ากระดาษแผ่นหนึ่งตกช้ากว่าก้อนหิน อาจกล่าวได้ว่า ครูที่มีฐาน PCK ดีจะไม่มองข้ามมโนทัศน์นี้ว่าเป็นเพียง “ความไม่รู้” แต่จะเข้าใจว่ามันเป็นทฤษฎีส่วนตัวที่ผู้เรียนสร้างขึ้นอย่างมีเหตุผลจากการสังเกต และจึงต้องอาศัยการออกแบบการสอนที่เผชิญหน้ากับมันโดยตรง มิใช่เพียงบอกสูตรที่ถูกต้องทับลงไป

ผู้เขียนเสนอให้ครูออกแบบการสอนตามวงจรทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict–Observe–Explain) อย่างเป็นขั้นตอน ขั้นแรก ครูตั้งคำถามให้ผู้เรียนทำนายว่าหากปล่อยกระดาษที่ขยำเป็นก้อนพร้อมก้อนหินจากความสูงเท่ากัน วัตถุใดจะตกถึงพื้นก่อน พร้อมให้บันทึกเหตุผลประกอบการทำนาย ขั้นที่ 2 ครูให้ผู้เรียนทดลองจริงและสังเกตว่าทั้งสองตกถึงพื้นเกือบพร้อมกัน ซึ่งขัดกับการทำนายของผู้เรียนส่วนใหญ่ ความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) ที่เกิดขึ้นนี้คือหัวใจของการเปลี่ยนมโนทัศน์ เพราะมันสร้างแรงจูงใจภายในให้ผู้เรียนต้องการคำอธิบายใหม่

ขั้นที่ 3 เป็นจุดที่ TPACK แสดงคุณค่าอย่างแท้จริง เนื่องจากในห้องเรียนปกติ ผู้เรียนยังเห็นว่ากระดาษที่ไม่ได้ขยำตกช้ากว่าก้อนหิน ทำให้ยังเคลือบแคลงว่าแรงโน้มถ่วงกระทำต่อทุกวัตถุเท่ากันจริง

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

หรือไม่ ครูจึงใช้แบบจำลองเชิงโต้ตอบ (interactive simulation) ที่ปรับค่าแรงต้านอากาศได้ เพื่อแสดงให้เห็นว่าเมื่อนำแรงต้านอากาศออก (สภาพสุญญากาศ) ขนนกและก้อนหินจะตกด้วยความเร่งเท่ากันทุกประการ การแยกตัวแปรแรงต้านอากาศออกจากตัวแปรมวลเช่นนี้การทดลองในห้องเรียนปกติทำได้ยาก เทคโนโลยีจึงเข้ามาเติมเต็มช่องว่างเชิงมโนทัศน์โดยตรง

การตัดสินใจเลือกใช้ simulation ในตัวอย่างนี้มิได้เกิดจากการที่เทคโนโลยี “ดูทันสมัย” แต่เกิดจากการวิเคราะห์เชิงวิทยาการสอนว่า ธรรมชาติของมโนทัศน์เรื่องแรงโน้มถ่วงและบทบาทของแรงต้านอากาศ (ความรู้เนื้อหา CK) ต้องการการแสดงภาพที่ควบคุมตัวแปรได้ (ความรู้เทคโนโลยี TK) ภายใต้วิธีสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายที่อาศัยความขัดแย้งทางปัญญา (ความรู้การสอน PK) การบรรจบกันของความรู้สามด้านนี้คือแก่นของ TPACK และตัวอย่างทั้งหมดนี้ก็เป็นภาพย่อของวงจรกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่เริ่มจากการวิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียน สู่การปฏิบัติการเรียนรู้ และการประเมิน ซึ่งจะขยายความอย่างละเอียดตลอดทั้งเล่ม

มองไปข้างหน้า กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ถูกออกแบบให้องค์ประกอบเชิงเทคโนโลยีเป็นชั้นที่ปรับเปลี่ยนได้โดยไม่กระทบแกนกลางที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง เมื่อเทคโนโลยีระลอกใหม่ เช่น การคำนวณเชิงควอนตัมหรือปัญญาประดิษฐ์ขั้นสูงที่วางแผนและให้เหตุผลได้หลายขั้น เข้ามามีบทบาทในการศึกษา คำถามแกนของกรอบจะยังคงเดิม คือเทคโนโลยีนั้นเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของมนุษย์หรือทดแทนการคิดของผู้เรียน หลักการสืบเสาะ การประเมินต่อเนื่อง และการสะท้อนคิดจึงทำหน้าที่เป็นเกณฑ์คัดกรองเทคโนโลยีทุกรุ่นที่จะมาถึง มากกว่าจะผูกกรอบไว้กับเครื่องมือรุ่นใดรุ่นหนึ่ง

1.10 สรุปท้ายบท

ผู้เขียนเห็นว่าแม้แนวคิด PCK และ TPACK จะได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง แต่ก็มีข้อวิพากษ์เชิงระเบียบวิธีที่ครูควรตระหนัก กล่าวคือ การแยกองค์ประกอบความรู้ออกเป็นส่วน ๆ (เนื้อหา การสอน เทคโนโลยี) มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ แต่ในการปฏิบัติจริงองค์ประกอบเหล่านี้หลอมรวมกันจนยากจะแยกวัดได้อย่างชัดเจน ข้อสังเกตนี้มีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับ โดย Neumann et al. (2019) ทดสอบสมมติฐานที่ว่า PCK เป็น สิ่งหลอมรวม (amalgam) ของความรู้เนื้อหาและความรู้การสอน

และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งสามซับซ้อนกว่าที่แบบจำลองดั้งเดิมเสนอ ขอบเขตระหว่างองค์ประกอบจึงยังคลุมเครือเชิงปฏิบัติการ (Neumann et al., 2019) ผู้เขียนจึงเสนอว่าครูควรใช้กรอบเหล่านี้เป็น “เครื่องมือสะท้อนคิด” เพื่อตรวจสอบการออกแบบการสอนของตน มากกว่าจะเป็นสูตรตายตัว และนี่คือเหตุผลที่หนังสือเล่มนี้ไม่หยุดอยู่ที่การอธิบายกรอบ แต่มุ่งให้ผู้เรียนได้วิพากษ์ ทดสอบ และต่อยอดผ่านการปฏิบัติจริงในบทต่อ ๆ ไป

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทนำได้วางรากฐานเชิงมโนทัศน์ของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ผ่านแนวคิด PCK และ TPACK และเสนอกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm เป็นแกนกลางของหนังสือ บทต่อ ๆ ไปจะขยายความแต่ละเสาหลักให้สอดรับกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาอย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 2 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 1 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
ธรรมชาติของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ แนวคิด PCK และ TPACK และกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm	ทักษะการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของเนื้อหา-ศาสตร์การสอน-เทคโนโลยี และการมองภาพรวมเชิงระบบ	ความตระหนักในบทบาทวิชาชีพครู และการเห็นคุณค่าของการบูรณาการความรู้สู่การปฏิบัติ	ธรรมชาติของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ แนวคิด PCK และ TPACK และกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm	ทักษะการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของเนื้อหา-ศาสตร์การสอน-เทคโนโลยี และการมองภาพรวมเชิงระบบ

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 2 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะ พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน ช่วยให้ผู้สอนเห็นเส้นทางจากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- อธิบายความแตกต่างระหว่าง PCK และ TPACK พร้อมยกตัวอย่างในการสอนวิทยาศาสตร์
- วิเคราะห์ว่าเสาหลักทั้งห้าของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm สัมพันธ์กับ CLOs ของรายวิชาอย่างไร
- ออกแบบแนวปฏิบัติการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ของตนเองหนึ่งชุด โดยยึดหลักการเสริมศักยภาพครูมิใช่การแทนที่ พร้อมระบุเงื่อนไขการใช้ ขอบเขตที่ยอมรับได้ และข้อจำกัดอย่างน้อยสามข้อ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 1

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ปรัชญา ธงพานิช. (2564). กระบวนทัศน์การเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยรูปแบบ NSW Model. วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ, 6(7), 18–32. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSBA/article/view/249143

ปรัชญา ธงพานิช. (2565). การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน ด้วยกระบวนทัศน์การเรียนรู้ NPU Teaching and Learning Paradigm. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 33(1), 12–25. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edupsu/article/view/243298

พิจิตรา ธงพานิช. (2561). การพัฒนารูปแบบ The STUDIES Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. นครปฐม โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.

Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education, 52*(1), 154–168. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006

Avraamidou, L. (2024). Can we disrupt the momentum of the AI colonization of science education? *Journal of Research in Science Teaching, 61*(10), 2570–2574. https://doi.org/10.1002/tea.21961

Busch, K. C., & Rajwade, A. (2024). Conceptualizing community scientific literacy: Results from a systematic literature review and a Delphi method survey of experts. *Science Education, 108*(5), 1231–1268. https://doi.org/10.1002/sce.21871

Chan, K. K. H., & Park, S. (2026). Indicators of high-quality PCK and implications for twenty-first-century science education: A systematic literature review. *International Journal of Science Education*. https://doi.org/10.1080/09500693.2026.2641159

Faikhamta, C., & Clarke, A. (2013). A self-study of a Thai teacher educator developing a better understanding of PCK for teaching about teaching science. Research in Science Education, 43(3), 955–979. https://doi.org/10.1007/s11165-012-9300-7

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Hart, E. P., & Robottom, I. M. (1990). The science-technology-society movement in science education: A critique of the reform process. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(6), 575–588. https://doi.org/10.1002/tea.3660270607

Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership, 16*(1), 13–16.

Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II, pp. 600–620). Routledge.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Neumann, K., Kind, V., & Harms, U. (2019). Probing the amalgam: The relationship between science teachers content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education, 41*(7), 847–861. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1497217

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*(2), 211–227. https://doi.org/10.1002/sce.3730660207

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Lawrence Erlbaum Associates.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004

Sjöström, J. (2025). Vision III of scientific literacy and science education: An alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education, 61*(2), 239–274. https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2405229

Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In Y. J. Dori, Z. R. Mevarech, & D. R. Baker (Eds.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education* (pp. 65–88). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Thongpanit, P., & Thongpanit, P. (2026). A phenomenon-based learning management model integrating a digital learning ecosystem to enhance metacognition for pre-service teachers. *Asian Journal of Education and Training, 12*(1), 14–20. https://doi.org/10.20448/edu.v12i1.8084

Yang, L., Huang, L., Wu, X., Xiong, J., Bao, L., & Xiao, Y. (2024). Assessment of preservice physics teachers' knowledge of student understanding of force and motion. *Physical Review Physics Education Research, 20*(1), Article 010148. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010148

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กรอบ สสวท. และการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับบริบทไทย

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- ระบุสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้
- อธิบายโครงสร้างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และสาระสำคัญของการปรับปรุง พ.ศ. 2560 ได้
- อธิบายบทบาทของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการพัฒนาตัวชี้วัด หนังสือเรียน คู่มือครู และสื่อการเรียนรู้ได้
- วิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การออกแบบหน่วยและแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ได้
- ออกแบบกระบวนการวิจัยและพัฒนา (R&D) หลักสูตรและสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับบริบทไทยได้

2.1 หลักสูตรในฐานะสะพานเชื่อมนโยบายสู่ห้องเรียน

บทก่อนหน้าได้นำเสนอองค์ความรู้สากลด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ทฤษฎีการเรียนรู้จนถึงการพัฒนาวิชาชีพ บทนี้มุ่งเชื่อมองค์ความรู้เหล่านั้นเข้ากับกรอบหลักสูตรระดับชาติของไทย ผู้เขียนขอเสนอว่าหลักสูตรเป็นสะพานสำคัญที่เชื่อมนโยบายการศึกษาระดับชาติเข้ากับการปฏิบัติในห้องเรียน ครูวิทยาศาสตร์ที่เข้าใจหลักสูตรอย่างลึกซึ้งจะสามารถออกแบบการเรียนรู้ที่บรรลุเป้าหมายระดับชาติ ขณะเดียวกันก็ปรับให้เหมาะกับผู้เรียนและบริบทเฉพาะของตน ครูที่เข้าใจหลักสูตรเพียงผิวเผินมักสอนตามหนังสือเรียนโดยไม่เห็นเป้าหมายที่แท้จริง ทำให้การสอนขาดทิศทางและความหมาย

บทนี้จะนำเสนอโครงสร้างของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและการปรับปรุง พ.ศ. 2560 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทบาทของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการแปลงตัวชี้วัดสู่การออกแบบการเรียนรู้ และสมรรถนะด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและสื่อที่ครูยุคใหม่พึงมี โดยเชื่อมโยงกรอบไทยกับมาตรฐานสากลและกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ร้อยเรียงตลอดเล่ม ผู้เขียนขอเน้นว่าการเข้าใจหลักสูตรมิใช่การจดจำโครงสร้าง แต่คือการเข้าใจเจตนารมณ์เบื้องหลังเพื่อนำไปปฏิบัติอย่างมีวิจารณญาณ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

นิยามศัพท์สำคัญ

ผู้เขียนขอนิยามคำสำคัญในบทนี้

หลักสูตรแกนกลาง (core curriculum) หมายถึง กรอบหลักสูตรระดับชาติที่กำหนดเป้าหมายและมาตรฐานการเรียนรู้สำหรับสถานศึกษาทั่วประเทศ

มาตรฐานการเรียนรู้ (learning standard) หมายถึง ข้อกำหนดคุณภาพที่ผู้เรียนพึงรู้และทำได้

ตัวชี้วัด (indicator) หมายถึง สิ่งที่ผู้เรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ในแต่ละระดับชั้นซึ่งใช้เป็นเกณฑ์การประเมิน

การวิจัยและพัฒนา (research and development) หมายถึง กระบวนการพัฒนานวัตกรรมการศึกษาอย่างเป็นระบบควบคู่กับการตรวจสอบคุณภาพเชิงประจักษ์

2.2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และการปรับปรุง พ.ศ. 2560

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทยมีหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นกรอบอ้างอิงระดับชาติที่กำหนดวิสัยทัศน์ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และมาตรฐานการเรียนรู้ของแต่ละกลุ่มสาระ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ต่อมากระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามคำสั่งกระทรวงศึกษาธิการที่ สพฐ. 1239/2560 ลงวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2560 และมีการเปลี่ยนแปลงตัวชี้วัดเพิ่มเติมตามคำสั่งที่ 30/2561 โดยปรับปรุงให้ทันสมัย เน้นสมรรถนะ และตอบสนองต่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

สาระสำคัญของการปรับปรุง พ.ศ. 2560 คือการรวม “เทคโนโลยี” เข้าเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสาระการเรียนรู้ จนเกิดเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” โดยบรรจุสาระการออกแบบและเทคโนโลยี และสาระวิทยาการคำนวณ (computing science) เข้าไว้ในกลุ่มสาระเดียวกัน รวมทั้งเน้นการบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา การสืบเสาะ และการเชื่อมโยงสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางสากลที่นำเสนอไว้ในบทก่อนหน้า เช่น กรอบสมรรถนะของ OECD (2019) และกรอบการศึกษาวิทยาศาสตร์ของ National Research Council (2012)

ในมุมมองของผู้เขียน เหตุผลเบื้องหลังการปรับปรุงนี้สะท้อนการเปลี่ยนกระบวนทัศน์การศึกษาวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ การบรรจุวิทยาการคำนวณและการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้าในกลุ่มสาระเดียวกับวิทยาศาสตร์ มิใช่เพียงการเพิ่มเนื้อหา แต่เป็นการประกาศจุดยืนว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต้องเตรียมผู้เรียนให้ไม่เพียงเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ แต่สามารถใช้เทคโนโลยีและการคิดเชิงคำนวณเพื่อแก้ปัญหา การเปลี่ยนแปลงนี้สอดคล้องกับแนวคิดการบูรณาการสะเต็มในบทที่ 7 และสะท้อนความเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเชื่อมโยงกันในการปฏิบัติจริง

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตเชิงวิพากษ์ว่า การเปลี่ยนแปลงหลักสูตรในระดับเอกสารกับการเปลี่ยนแปลงในระดับห้องเรียนเป็นคนละเรื่องกัน การที่หลักสูตรบรรจุวิทยาการคำนวณและการออกแบบ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เชิงวิศวกรรม มิได้รับประกันว่าครูจะสามารถสอนสาระเหล่านี้ได้อย่างมีคุณภาพ โดยเฉพาะเมื่อครูวิทยาศาสตร์จำนวนมากมิได้รับการเตรียมมาในสาระใหม่เหล่านี้ ช่องว่างระหว่างเจตนารมณ์ของหลักสูตรกับความพร้อมของครูจึงเป็นความท้าทายเชิงนโยบายที่สำคัญ ซึ่งเชื่อมโยงกับความจำเป็นของการพัฒนาวิชาชีพครูที่อภิปรายในบทที่ 9 ผู้เขียนเห็นว่า การปฏิรูปหลักสูตรที่ประสบความสำเร็จต้องลงทุนกับการพัฒนาครูควบคู่ไปกับการเปลี่ยนเอกสารหลักสูตรเสมอ ข้อสังเกตนี้มีหลักฐานเชิงประจักษ์ในบริบทไทยรองรับ Dahsah และ Coll (2008) ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียนไทยระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 97 คน ภายหลังการปฏิรูปหลักสูตรระดับชาติ และพบว่านักเรียนไม่ถึงครึ่งมีความเข้าใจที่ยอมรับได้ตามหลักวิทยาศาสตร์ โดยส่วนใหญ่ยังแก้ปัญหาด้วยการจำขั้นตอนการคำนวณโดยขาดความเข้าใจมโนทัศน์ที่รองรับ ผลการศึกษานี้ชี้ว่าการปรับปรุงเอกสารหลักสูตรเพียงลำพังไม่เพียงพอต่อการยกระดับความเข้าใจของผู้เรียน หากไม่มีการเปลี่ยนแนวปฏิบัติการสอนและระบบการวัดผลที่ให้คุณค่ากับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ควบคู่กันไป

ผู้อ่านพึงตระหนักว่าหลักสูตรแกนกลางกำลังอยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่านสู่แนวทางฐานสมรรถนะ สาระในบทนี้จึงนำเสนอหลักการวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การออกแบบที่ใช้ได้กับทั้งหลักสูตรอิงมาตรฐานปัจจุบันและหลักสูตรฐานสมรรถนะที่กำลังพัฒนา ครูควรติดตามประกาศของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและปรับการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ให้สอดรับกับกรอบที่บังคับใช้จริงในแต่ละช่วงเวลา

2.3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จัดเนื้อหาออกเป็น 4 สาระหลัก โดยแต่ละสาระประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ที่ใช้รหัส “ว” กำกับ และในแต่ละมาตรฐานมีตัวชี้วัดจำแนกตามระดับชั้น พร้อมสาระการเรียนรู้แกนกลางกำกับ ดังสรุปในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

สาระการเรียนรู้	มาตรฐาน (รหัส ว)	ขอบข่ายตามมาตรฐาน (ฉบับปรับปรุง 2560)
สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ว 1.1, ว 1.2, ว 1.3	ความหลากหลายของระบบนิเวศและความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม (ว 1.1) หน่วยพื้นฐานและโครงสร้าง-หน้าที่ของสิ่งมีชีวิต (ว 1.2) การถ่ายทอดทางพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการ (ว 1.3)
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	ว 2.1, ว 2.2, ว 2.3	สมบัติและองค์ประกอบของสสารและการเปลี่ยนแปลง (ว 2.1) ธรรมชาติของแรงและการเคลื่อนที่ (ว 2.2) พลังงาน คลื่น เสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ว 2.3)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

สาระการเรียนรู้	มาตรฐาน (รหัส ว)	ขอบข่ายตามมาตรฐาน (ฉบับปรับปรุง 2560)
สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ	ว 3.1, ว 3.2	เอกภพ ดาราศาสตร์ ระบบสุริยะ และเทคโนโลยีอวกาศ (ว 3.1) ระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีและลมฟ้าอากาศ (ว 3.2)
สาระที่ 4 เทคโนโลยี	ว 4.1, ว 4.2	การออกแบบและเทคโนโลยีด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ว 4.1) วิทยาการคำนวณ แนวคิดเชิงคำนวณ และการใช้ ICT อย่างรู้เท่าทันและมีจริยธรรม (ว 4.2)

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

ตารางที่ 3 รวบรวมสาระการเรียนรู้ทั้งสี่สาระพร้อมรหัสมาตรฐาน (ว) และขอบข่ายเนื้อหา ช่วยให้ครูเห็นภาพรวมของโครงสร้างหลักสูตรกลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก่อนแปลงสู่การออกแบบหน่วย

นอกจากสาระพื้นฐานทั้ง 4 แล้ว ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายยังมีสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ได้แก่ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ สำหรับผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้หลักสูตรยังให้ความสำคัญกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) และจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) ซึ่งครูวิทยาศาสตร์ต้องวางแผนพัฒนาควบคู่ไปกับเนื้อหาตามตัวชี้วัด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) จุดเน้นนี้สอดรับโดยตรงกับเสาหลักการสืบเสาะและการคิดขั้นสูงของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

Library and Learning, University of Phayao

2.4 บทบาทของ สสวท. ในการพัฒนาหลักสูตร หนังสือเรียน คู่มือครู และสื่อการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นองค์กรหลักที่รับผิดชอบการพัฒนาและยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของประเทศ ภารกิจสำคัญครอบคลุมการจัดทำมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง การพัฒนาหนังสือเรียน คู่มือครู สื่อการเรียนรู้ และเอกสารเสริม ตลอดจนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน การส่งเสริมสะเต็มศึกษา และการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินระดับนานาชาติ เช่น PISA และ TIMSS (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

สำหรับนักศึกษาครู ความเข้าใจบทบาทของ สสวท. มีนัยเชิงปฏิบัติที่สำคัญ กล่าวคือ ผู้เรียนต้องสามารถจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับกรอบที่ สสวท. กำหนด เลือกและใช้หนังสือเรียนและคู่มือครูอย่างวิเคราะห์ ปรับสื่อและกิจกรรมให้เหมาะกับบริบทของห้องเรียนจริง และพัฒนาสื่อหรือเอกสารเสริมขึ้นเองเมื่อจำเป็น เพื่อเติมเต็มช่องว่างระหว่างทรัพยากรกลางกับความต้องการเฉพาะของผู้เรียนไทย

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

2.4.1 การประเมินระดับนานาชาติในฐานะข้อมูลสะท้อนคุณภาพหลักสูตร

การประเมินผลระดับนานาชาติ โดยเฉพาะโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) และการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์นานาชาติ (TIMSS) เป็นแหล่งข้อมูลสำคัญที่สะท้อนคุณภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับระบบ การประเมินเหล่านี้มีคุณค่าในฐานะกระจกที่สะท้อนจุดแข็งและจุดที่ต้องพัฒนาของระบบการศึกษา PISA เน้นการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) คือความสามารถในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ ประเมินและออกแบบการสืบเสาะ และตีความข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการรู้วิทยาศาสตร์ที่อภิปรายในบทที่ 1 มากกว่าการวัดการจดจำเนื้อหา

ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตเชิงวิพากษ์ต่อการใช้ผลการประเมินนานาชาติอย่างตรงไปตรงมา ประการแรก ผลคะแนนที่สะท้อนว่าผู้เรียนไทยจำนวนมากยังมีสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ เป็นสัญญาณที่ควรนำไปสู่การทบทวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดและการประยุกต์มากกว่าการจดจำ มิใช่การมุ่งติวเพื่อทำข้อสอบ ประการที่สอง การตีความผลต้องคำนึงถึงปัจจัยเชิงบริบท เช่น ความเหลื่อมล้ำระหว่างโรงเรียนและภูมิภาค ซึ่งค่าเฉลี่ยระดับชาติอาจบดบัง และประการที่สาม การใช้ผลการประเมินเพื่อพัฒนาควรมุ่งที่การยกระดับการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนอย่างเป็นระบบ มิใช่การสร้างแรงกดดันต่อครูและผู้เรียน จากประสบการณ์ของผู้เขียน ข้อมูลจากการประเมินนานาชาติจะมีคุณค่าสูงสุดเมื่อครูและผู้กำหนดนโยบายใช้เป็นผลป้อนกลับเพื่อการพัฒนา ตามหลักการปิดวงจรการเรียนรู้ในระดับระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจในบทที่ 6

2.5 การวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การออกแบบหน่วยและแผนการจัดการเรียนรู้

การออกแบบการเรียนรู้ที่มีคุณภาพต้องอิงตัวชี้วัดเป็นจุดตั้งต้น สอดคล้องกับหลักการออกแบบย้อนกลับและการสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ (constructive alignment) ที่กล่าวถึงในบทที่ 3 และเชื่อมโยงกับการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 7 กระบวนการวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่แผนการจัดการเรียนรู้อาจดำเนินตามลำดับในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ขั้นตอนการออกแบบการเรียนรู้จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัด

ขั้นตอน	สาระสำคัญ
1. วิเคราะห์ตัวชี้วัด	แยกองค์ประกอบของตัวชี้วัดเป็นด้านความรู้ (KP) ทักษะ/กระบวนการ (P) และคุณลักษณะ/จิตวิทยาศาสตร์ (A)
2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้	เขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่วัดได้ ครอบคลุมพุทธิพิสัยตามอนุกรมวิธานของ Anderson และ Krathwohl (2001)
3. ออกแบบหลักฐานการเรียนรู้	กำหนดภาระงาน/ชิ้นงานและเกณฑ์การให้คะแนน (rubric) ที่สะท้อนตัวชี้วัดก่อนออกแบบกิจกรรม

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ขั้นตอน	สาระสำคัญ
4. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้	เลือกรูปแบบการสอน เช่น วัฏจักรการสืบเสาะ 5E หรือการใช้ปัญหา/โครงงานเป็นฐาน ให้สอดคล้องกับหลักฐานที่กำหนด
5. กำกับและสะท้อนผล	ใช้การประเมินเพื่อพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามแนวคิดในบทที่ 7 และสะท้อนผลเพื่อปรับปรุงแผน

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 4 ลำดับขั้นการแปลงตัวชี้วัดสู่การออกแบบหน่วยและแผนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบตามหลักความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ ช่วยให้ครูออกแบบโดยยึดตัวชี้วัดเป็นจุดตั้งต้น

การวิเคราะห์ตัวชี้วัดอย่างเป็นระบบช่วยให้ครูออกแบบการเรียนรู้ที่ตรงเป้าหมายระดับชาติ ขณะเดียวกันก็เปิดพื้นที่ให้บูรณาการเทคโนโลยีและ AI ตามเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

เพื่อให้เห็นภาพการวิเคราะห์ตัวชี้วัดอย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวชี้วัดในสาระวิทยาศาสตร์กายภาพเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ สมมติตัวชี้วัดกำหนดให้ผู้เรียน “วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับการเคลื่อนที่ของวัตถุ” เมื่อแยกองค์ประกอบ ด้านความรู้คือมโนทัศน์เรื่องแรงลัพธ์และกฎการเคลื่อนที่ ด้านทักษะคือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการอธิบายเชิงเหตุผล และด้านคุณลักษณะคือการใช้หลักฐานสนับสนุนข้อสรุป จากการแยกองค์ประกอบนี้ ครูกำหนดจุดประสงค์ที่วัดได้ เช่น ผู้เรียนทำนายการเคลื่อนที่จากแรงลัพธ์ที่กำหนดและอธิบายด้วยกฎการเคลื่อนที่ จากนั้นออกแบบหลักฐานการประเมิน เช่น ภาระงานวิเคราะห์สถานการณ์การเคลื่อนที่จริง และจึงออกแบบกิจกรรม 5E ที่นำผู้เรียนไปสู่ความเข้าใจนั้น

คำกริยาในตัวชี้วัดเป็นกุญแจสำคัญที่ครูต้องวิเคราะห์อย่างพิถีพิถัน ตัวชี้วัดที่ใช้คำว่า “วิเคราะห์” หรือ “อธิบาย” เรียกร้องการคิดขั้นสูงกว่าตัวชี้วัดที่ใช้คำว่า “ระบุ” หรือ “บอก” หากครูออกแบบกิจกรรมและการประเมินที่ต่ำกว่าระดับการคิดที่ตัวชี้วัดกำหนด ก็เท่ากับสอนไม่ครบตามเป้าหมายแม้จะครอบคลุมเนื้อหาแล้วก็ตาม การวิเคราะห์ระดับการคิดของตัวชี้วัดตามอนุกรมวิธานของ Anderson และ Krathwohl (2001) จึงเป็นทักษะสำคัญที่ทำให้การออกแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับเจตนารมณ์ของหลักสูตรอย่างแท้จริง มิใช่เพียงครอบคลุมหัวข้อเนื้อหา

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (เคมี)

ผู้เขียนขอสาธิตกระบวนการที่ครูเคมีใช้บ่อยที่สุดในทางปฏิบัติ นั่นคือการแปลงตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางฯ ไปสู่แผนการจัดการเรียนรู้ที่นำไปใช้ได้จริง พิจารณาตัวชี้วัดในสาระที่ 2

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

(วิทยาศาสตร์กายภาพ) เรื่องสมบัติของสารกรด-เบส ขั้นแรกที่สำคัญที่สุดและมักถูกมองข้ามคือการวิเคราะห์คำกริยาแสดงพฤติกรรมในตัวชี้วัด หากตัวชี้วัดระบุว่า “ทดลองและอธิบาย” ย่อมหมายความว่าผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติการทดลองและสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง มิใช่เพียงท่องจำนิยามกรด-เบสหรือจดจำค่า pH จากตำรา

ในทัศนะของผู้เขียน การวิเคราะห์คำกริยานี้กำหนดทิศทางทั้งหมดของแผน เพราะคำว่า “ทดลอง” เรียกร้องกิจกรรมปฏิบัติการ ส่วนคำว่า “อธิบาย” เรียกร้องการประเมินที่ให้ผู้เรียนแสดงเหตุผล มิใช่เพียงเลือกตอบถูกผิด ครูที่ข้ามขั้นนี้แล้วกระโดดไปออกแบบกิจกรรมทันที มักได้แผนที่กิจกรรมไม่สอดคล้องกับระดับพฤติกรรมที่ตัวชี้วัดกำหนด

ขั้นต่อมา ครูออกแบบหลักฐานการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดตามหลักการออกแบบย้อนกลับ เช่น ให้ผู้เรียนทดสอบสารในชีวิตประจำวัน อาทิ น้ำมะนาว น้ำสบู่ และน้ำส้มสายชู ด้วยอินดิเคเตอร์ธรรมชาติที่สกัดจากกะหล่ำปลีม่วง แล้วจำแนกความเป็นกรด-เบสจากการเปลี่ยนสี พร้อมอธิบายผลด้วยกรอบ Claim–Evidence–Reasoning การใช้วัสดุใกล้ตัวเช่นนี้ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์เคมีกับชีวิตจริง และลดข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ในโรงเรียนที่ทรัพยากรจำกัด

จุดที่ครูเคมีมือใหม่มักพลาดคือการออกแบบกิจกรรมที่สนุก เช่น การเปลี่ยนสีของสารละลายที่ดูน่าตื่นตา โดยไม่เชื่อมโยงกลับสู่มโนทัศน์เรื่องไอออนไฮโดรเจนและสมบัติกรด-เบส การออกแบบย้อนกลับที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และ 7 จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ป้องกันการตกใน “กับดักเน้นกิจกรรม” กล่าวคือ ครูต้องเริ่มจากถามว่าตัวชี้วัดต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจอะไร แล้วจึงย้อนกลับมาออกแบบกิจกรรมที่นำไปสู่ความเข้าใจนั้น ตัวอย่างนี้จึงแสดงให้เห็นว่ากระบวนการแปลงตัวชี้วัดสู่แผนมิใช่งานเชิงธุรการ แต่เป็นการตัดสินใจเชิงวิทยาการสอนที่ต้องอาศัยความเข้าใจทั้งเนื้อหาและหลักการเรียนรู้

ความสัมพันธ์ระหว่างกรอบหลักสูตรระดับชาติ กระบวนการออกแบบบนฐาน NPU Paradigm และการปฏิบัติในห้องเรียน สรุปได้ดังภาพที่ 6 ในหัวข้อ 2.9

ทั้งนี้ ครูควรเทียบเคียงการออกแบบกับมาตรฐานสากล ได้แก่ กรอบของ National Research Council (2012) เข็มทิศการเรียนรู้ของ OECD (2019) และกรอบการประเมิน PISA เพื่อยกระดับคุณภาพโดยปรับให้เหมาะกับบริบทไทย

2.6 การวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับบริบทไทย

นอกเหนือจากการนำหลักสูตรไปใช้ ครูวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ยังต้องมีสมรรถนะในการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) หลักสูตร สื่อ และนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ทันสมัยและเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย กระบวนการ R&D ที่นิยมใช้สามารถดำเนินตามแบบจำลอง ADDIE ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ความต้องการ (Analyze) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Develop)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การนำไปใช้ (Implement) และการประเมินผล (Evaluate) ผสานกับการวิจัยเชิงออกแบบ (design-based research) ที่เน้นการพัฒนาและทดสอบนวัตกรรมซ้ำหลายรอบในสภาพห้องเรียนจริง

การวิจัยเชิงออกแบบ (design-based research: DBR) ได้รับความสำคัญเพิ่มขึ้นในการวิจัยการศึกษา การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบโดย Tinoca et al. (2022) ที่วิเคราะห์งานวิจัย 163 ชิ้นจากฐานข้อมูล Scopus และ Web of Science ระหว่างปี ค.ศ. 2013 ถึง 2020 พบว่าจุดเด่นของระเบียบวิธีนี้คือลักษณะการทำซ้ำเป็นวงรอบที่ช่วยให้นักวิจัยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และทดสอบแนวทางการศึกษาใหม่ในสภาพจริง ผู้เขียนสังเกตว่า การวิจัยเชิงออกแบบเหมาะสมเป็นพิเศษกับการพัฒนานวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทไทย เพราะยอมรับความซับซ้อนของห้องเรียนจริง และมุ่งพัฒนานวัตกรรมที่ใช้ได้จริงควบคู่กับการสร้างองค์ความรู้ มิใช่เพียงการทดสอบสมมติฐานในสภาพควบคุม

การพัฒนาสื่อและเอกสารเสริมควรผ่านการตรวจสอบคุณภาพอย่างเป็นระบบ เช่น การหาความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้วยดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) และการหาประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 ก่อนนำไปเผยแพร่ในวงกว้าง แนวปฏิบัติเหล่านี้สอดคล้องกับมาตรฐานการพัฒนาทรัพยากรการเรียนรู้ของ สสวท. และช่วยให้สื่อที่พัฒนาขึ้นน่าเชื่อถือเชิงวิชาการ

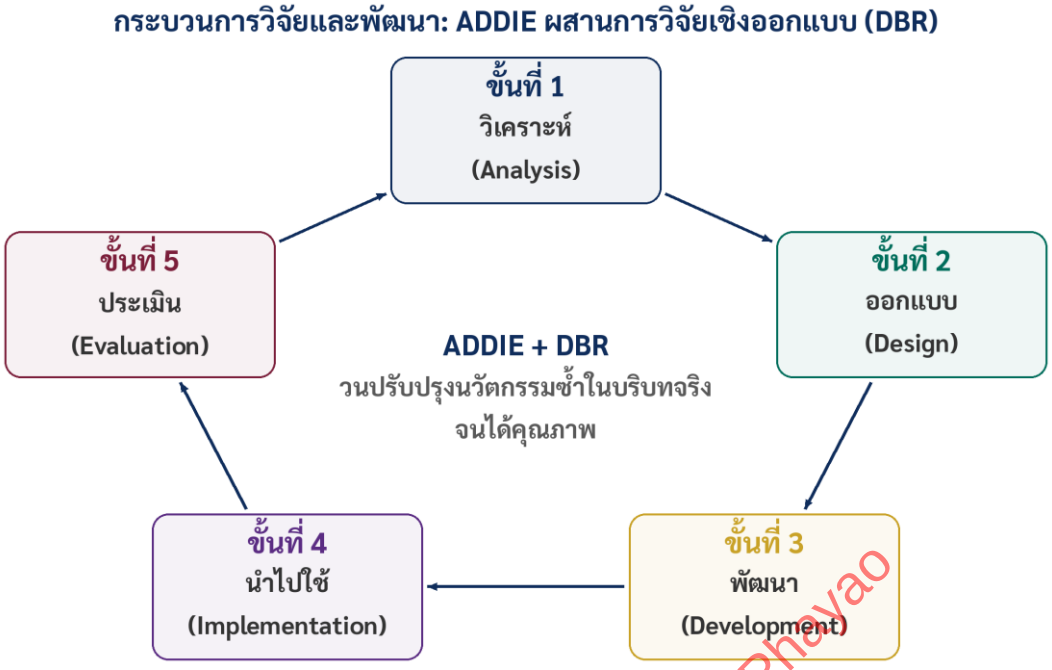
ในมิติของความเหมาะสมเชิงบริบท การพัฒนาหลักสูตรและสื่อสำหรับเยาวชนไทยควรคำนึงถึงการเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 การรู้เท่าทันดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ และการเตรียมผู้เรียนให้ดำรงชีวิตในโลกอนาคตได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งสอดรับกับงานวิจัยด้านสะเต็มศึกษาที่เน้นการบูรณาการความรู้สู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง (Falloon et al., 2020; Li, Wang, Xiao, & Froyd, 2020)

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่าการพัฒนาหลักสูตรและสื่อในบริบทไทยมักเผชิญความตึงเครียดสองประการที่ต้องวิพากษ์อย่างตรงไปตรงมา ประการแรกคือการนำเข้านวัตกรรมการสอนจากต่างประเทศมาใช้โดยขาดการปรับให้เข้ากับบริบทเชิงวัฒนธรรม ทรัพยากร และความพร้อมของครูไทย ซึ่งมักทำให้นวัตกรรมที่ได้ผลในงานวิจัยต้นทางไม่เกิดผลจริงในห้องเรียนไทย ประการที่สองคือการที่เกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการวิจัยการศึกษาไทย แม้จะมีประโยชน์ในการตรวจสอบกระบวนการและผลลัพธ์เบื้องต้น แต่ก็มีข้อจำกัดเชิงระเบียบวิธี เพราะมักอาศัยการทดลองแบบกลุ่มเดียวที่ไม่มีกลุ่มควบคุม ทำให้สรุปความเป็นเหตุเป็นผลได้จำกัด ผู้เขียนจึงเสนอว่าการวิจัยและพัฒนาที่เข้มแข็งควรเสริมด้วยการออกแบบที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ การวัดขนาดอิทธิพล (effect size) และการวิจัยเชิงออกแบบที่ทดสอบนวัตกรรมซ้ำในบริบทจริงหลายรอบ เพื่อให้ได้หลักฐานที่หนักแน่นเพียงพอต่อการตัดสินใจเชิงนโยบาย

กระบวนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสานแบบจำลอง ADDIE กับการวิจัยเชิงออกแบบ สรุปได้ดังภาพที่ 5 หลักการ ได้แก่ นวัตกรรมที่ดีต้องผ่านการทดสอบซ้ำในบริบทจริง และปรับให้เหมาะกับบริบทไทย มิใช่นำเข้าทั้งระบบ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 5 กระบวนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสาน ADDIE กับการวิจัยเชิงออกแบบ (design-based research)

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก Tinoca et al., 2022)

ภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพมิได้จบลงในรอบเดียว แต่ผสานขั้นตอน ADDIE เข้ากับวงจรการวิจัยเชิงออกแบบที่ทดสอบและปรับปรุงนวัตกรรมซ้ำในบริบทจริง ลักษณะวนซ้ำเช่นนี้ช่วยประกันว่านวัตกรรมจะใช้ได้ผลจริงในห้องเรียน มิใช่เพียงสมบูรณ์บนกระดาษ

2.7 การประเมินหลักสูตร

องค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ของวงจรหลักสูตรคือการประเมินหลักสูตร (curriculum evaluation) ซึ่งเป็นกระบวนการรวบรวมและตีความหลักฐานเพื่อตัดสินคุณค่าและคุณภาพของหลักสูตร และนำไปสู่การปรับปรุง ในมุมมองของผู้เขียน การประเมินหลักสูตรมักถูกละเลยหรือเข้าใจว่าเป็นเพียงการวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนปลายทาง แต่แท้จริงแล้วการประเมินหลักสูตรครอบคลุมกว้างกว่านั้นมาก ตั้งแต่การประเมินความเหมาะสมของเป้าหมาย ความสอดคล้องของเนื้อหาและกิจกรรม จนถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง

แนวคิดการประเมินหลักสูตรมีรากฐานจากนักวิชาการคลาสสิกที่ยังทรงอิทธิพล Tyler เสนอหลักการพื้นฐานของหลักสูตรและการสอนที่เน้นการกำหนดวัตถุประสงค์ การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ การจัดระบบประสบการณ์ และการประเมินผลเทียบกับวัตถุประสงค์ (Tyler, 1949) แนวคิดนี้วางรากฐานของการประเมินที่ยึดวัตถุประสงค์เป็นเกณฑ์ ซึ่งเชื่อมโยงกับหลักการออกแบบย้อนกลับและความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ในบทที่ 3 และ 7 โดยตรง

โมเดลการประเมินที่ได้รับการยอมรับและใช้กว้างขวางในการประเมินหลักสูตร และโครงการ คือโมเดล CIPP ของ Stufflebeam ซึ่งเสนอการประเมินสี่ด้านที่สัมพันธ์กัน ได้แก่ การประเมินบริบท

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

(Context) การประเมินปัจจัยนำเข้า (Input) การประเมินกระบวนการ (Process) และการประเมินผลผลิต (Product) (Stufflebeam et al., 1971; Stufflebeam & Shinkfield, 2007) จุดเด่นของโมเดล CIPP ที่ผู้เขียนเห็นว่าสำคัญคือการมองการประเมินเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อพัฒนา (improvement-oriented) มิใช่เพียงการตัดสินคุณค่าขั้นสุดท้าย (judgment-oriented) ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญาการประเมินเพื่อพัฒนาในบทที่ 6 ที่เน้นการใช้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

อาจกล่าวได้ว่า การประเมินหลักสูตรด้วยกรอบ CIPP มีคุณค่าเชิงปฏิบัติต่อครูวิทยาศาสตร์และสถานศึกษา การประเมินบริบทช่วยตรวจสอบว่าเป้าหมายของหลักสูตรตอบสนองความต้องการของผู้เรียนและสังคมหรือไม่ การประเมินปัจจัยนำเข้าพิจารณาความพร้อมของทรัพยากร สื่อ และความสามารถของครู การประเมินกระบวนการติดตามการนำหลักสูตรไปใช้จริงในห้องเรียน และการประเมินผลผลิตวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดกับผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ การประเมินทั้งสี่ด้านนี้ให้ภาพที่สมบูรณ์กว่าการดูเพียงคะแนนสอบปลายทาง และเป็นฐานของการปรับปรุงหลักสูตรอย่างมีหลักฐาน ผู้เขียนขอเน้นว่าการพัฒนาแนวคิดและการประยุกต์โมเดลการประเมินยังคงดำเนินต่อเนื่องในงานวิชาการร่วมสมัย (Stufflebeam & Coryn, 2014) ซึ่งครูและนักพัฒนาหลักสูตรสามารถศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเลือกใช้โมเดลที่เหมาะกับบริบท

การประเมินหลักสูตรเป็นการปิดวงจรการพัฒนาหลักสูตรในระดับระบบ เช่นเดียวกับที่การประเมินเพื่อพัฒนาปิดวงจรในระดับห้องเรียนตามที่อภิปรายในบทที่ 6 ข้อมูลจากการประเมินหลักสูตร รวมถึงผลการประเมินระดับนานาชาติที่กล่าวถึงในหัวข้อ 2.4.1 ควรถูกนำกลับมาใช้ปรับปรุงหลักสูตร สื่อ และการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ มิใช่เก็บไว้เป็นเพียงรายงาน การประเมินที่นำสู่การปฏิบัติเช่นนี้คือหัวใจของการพัฒนาคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง

เพื่อให้เห็นการประยุกต์โมเดล CIPP อย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์เชิงสาธิตกับหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (หลักสูตรสี่ปี) ของมหาวิทยาลัยนครพนม ซึ่งเป็นหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการวิชาเอกฟิสิกส์ ชีววิทยา และเคมีเข้าด้วยกัน ผู้เขียนขอเน้นว่าตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการสาธิตกรอบการคิดแบบ CIPP โดยอ้างอิงโครงสร้างที่ปรากฏในเอกสารหลักสูตร มิใช่รายงานผลการประเมินจริง เพื่อแสดงให้นักศึกษาครูเห็นว่าการประเมินหลักสูตรด้วย CIPP ดำเนินการอย่างไรในทางปฏิบัติ

การประเมินบริบท (Context) จะพิจารณาว่าเป้าหมายของหลักสูตรตอบสนองความต้องการของสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหรือไม่ ในกรณีนี้ หลักสูตรระบุปรัชญามุ่งสร้างครูฟิสิกส์ ชีววิทยา และเคมีที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลและประยุกต์ใช้ทรัพยากรตามบริบทโรงเรียนและชุมชน ผู้ประเมินจะตรวจสอบว่าเป้าหมายนี้สอดคล้องกับความต้องการครูวิทยาศาสตร์ของประเทศและยุทธศาสตร์ชาติเพียงใด การประเมินปัจจัยนำเข้า (Input) จะพิจารณาความพร้อมของทรัพยากร เช่น คุณวุฒิของอาจารย์ผู้สอน ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และโครงสร้างหลักสูตร 126 หน่วยกิตที่บูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์เฉพาะสาขากับศาสตร์การสอน ว่าเพียงพอและเหมาะสมต่อการบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้หรือไม่

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การประเมินกระบวนการ (Process) จะติดตามการจัดการเรียนการสอนจริง เช่น การจัดการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) ตามที่หลักสูตรกำหนด การฝึกปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และการบ่มเพาะสมรรถนะวิชาชีพทั้งในและนอกมหาวิทยาลัย ว่าดำเนินการได้ตามที่ออกแบบหรือไม่ และการประเมินผลผลิต (Product) จะวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดกับบัณฑิต เทียบกับผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหลักสูตร (PLOs) ที่กำหนดไว้ เช่น ความสามารถในการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อการจัดการเรียนรู้ การเลือกใช้เทคโนโลยีดิจิทัล และการมีภาวะผู้นำทางวิชาการ โดยอาจใช้ข้อมูลภาวะการมีงานทำ ความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต และผลการประเมินสมรรถนะของบัณฑิต ผู้เขียนขอเน้นว่าจุดแข็งของการมองผ่านกรอบ CIPP คือการที่ผู้ประเมินได้ภาพครบทั้งสี่ด้าน มิใช่ตัดสินหลักสูตรจากผลผลิตปลายทางเพียงอย่างเดียว ทำให้สามารถระบุได้ว่าหากผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย ปัญหาอยู่ที่การออกแบบเป้าหมาย ความพร้อมของปัจจัยนำเข้า หรือกระบวนการจัดการเรียนการสอน ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงที่ตรงจุด

การประเมินระดับนานาชาติเช่นโปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมีอิทธิพลต่อนโยบายการศึกษาไทยอย่างมาก ตำราระดับสูงควรชวนผู้อ่านพิจารณาอย่างวิพากษ์ว่าการมุ่งยกอันดับการประเมินสากลอาจทำให้หลักสูตรแคบลงสู่สิ่งที่วัดง่าย และอาจไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาผู้เรียนรอบด้านเสมอไป ครูและผู้บริหารจึงควรใช้ผลการประเมินสากลเป็นข้อมูลสะท้อนหนึ่ง ไม่ใช่เป้าหมายสูงสุดที่กำหนดทิศทางการเรียนการสอนทั้งหมด

2.8 การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาและหลักสูตรเฉพาะตามบริบทสู่รายวิชา

หลักสูตรแกนกลางระดับชาติเป็นกรอบกว้างที่ต้องผ่านการแปลงสู่บริบทเฉพาะก่อนถึงห้องเรียน ผู้เขียนขอเสนอว่า ข้อต่อที่สำคัญแต่มักถูกข้ามคือการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา (school-based curriculum) และการปรับหลักสูตรให้เหมาะกับบริบทเฉพาะ ก่อนสะท้อนลงสู่รายวิชาและแผนการจัดการเรียนรู้ หลักสูตรจึงมีหลายระดับที่เชื่อมต่อกัน ตั้งแต่ระดับชาติ ระดับสถานศึกษา ระดับรายวิชา จนถึงระดับห้องเรียน โดยแต่ละระดับเฉพาะเจาะจงเพิ่มขึ้นและใกล้ผู้เรียนมากขึ้น

ผู้เขียนขอเน้นว่าการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาที่มีคุณภาพมิใช่การคัดลอกหลักสูตรแกนกลางมาทั้งหมด แต่เป็นการตีความมาตรฐานและตัวชี้วัดให้สอดคล้องกับบริบทเฉพาะของสถานศึกษา ทั้งลักษณะของผู้เรียน ทรัพยากรในท้องถิ่น ภูมิปัญญาและสภาพแวดล้อมของชุมชน ตัวอย่างเช่น โรงเรียนในพื้นที่เกษตรกรรมอาจออกแบบหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับระบบนิเวศและการเกษตรในท้องถิ่น ขณะที่โรงเรียนในเขตอุตสาหกรรมอาจเชื่อมโยงกับบริบทอุตสาหกรรม การปรับเช่นนี้ทำให้วิทยาศาสตร์มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ตามบริบท (situated learning) และการสร้างความหมายในบทที่ 3

จากหลักสูตรสถานศึกษา การพัฒนาต้องสะท้อนลงสู่รายวิชาอย่างเป็นระบบ ในระดับอุดมศึกษากระบวนการนี้ปรากฏชัดในการจัดทำรายละเอียดของรายวิชาตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิ ซึ่งกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาให้สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของหลักสูตร ในระดับการศึกษาขั้น

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

พื้นฐาน การสะท้อนสู่รายวิชาปรากฏในการจัดทำคำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา และหน่วยการเรียนรู้ที่อิงมาตรฐานและตัวชี้วัด หลักการสำคัญที่ต้องรักษาตลอดการแปลงหลายระดับนี้คือความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ กล่าวคือ ผลลัพธ์การเรียนรู้ทุกระดับต้องเชื่อมโยงและส่งต่อกัน ตั้งแต่เป้าหมายระดับชาติจนถึงจุดประสงค์ของแต่ละคาบเรียน เพื่อมิให้เกิดช่องว่างหรือความขัดแย้งระหว่างระดับ

ผู้เขียนขอเชื่อมโยงประเด็นนี้กลับสู่การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 7 โดยตรง การวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่แผนที่อภิปรายในหัวข้อ 2.5 คือก้าวสุดท้ายของการสะท้อนหลักสูตรสู่รายวิชาและห้องเรียน เมื่อครูเข้าใจว่ารายวิชาที่ตนสอนเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรหลายระดับที่เชื่อมโยงกัน ครูก็จะออกแบบการเรียนรู้ที่มีทิศทางและความหมาย มิใช่สอนเนื้อหาแยกส่วนตามหนังสือเรียน ผู้เขียนเห็นว่าความสามารถในการเชื่อมโยงจากหลักสูตรระดับชาติสู่รายวิชาและห้องเรียนของตนอย่างมีวิจารณญาณคือสมรรถนะหลักของครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ และทำให้หลักสูตรมีชีวิตในห้องเรียนจริง มิใช่เป็นเพียงเอกสารระดับนโยบาย

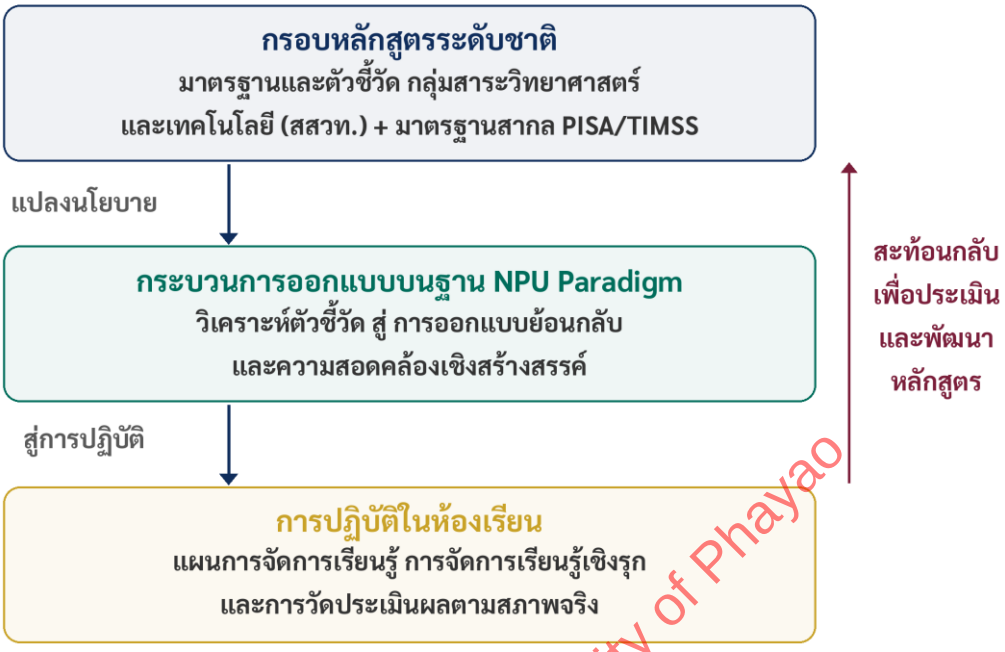
2.9 การเชื่อมโยงกรอบหลักสูตรไทยกับกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm และมาตรฐานสากล

กรอบหลักสูตรแกนกลางฯ และแนวทางของ สสวท. มิได้แยกขาดจากองค์ความรู้สากลและกรอบแนวคิดของหนังสือเล่มนี้ แต่สามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างเป็นระบบ มาตรฐานและตัวชี้วัดของไทยทำหน้าที่กำหนด “เป้าหมายเชิงเนื้อหาและสมรรถนะ” ขณะที่กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ทำหน้าที่เป็น “กระบวนการออกแบบการเรียนรู้” ที่นำพาผู้เรียนไปสู่เป้าหมายนั้น โดยมีจุดยืนเชิงมนุษยนิยมและการใช้เทคโนโลยีอย่างมีจริยธรรมเป็นแกน ดังนี้ครูสามารถเทียบเคียงแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดหลักในกรอบของ National Research Council (2012) และสมรรถนะตามเข็มทิศการเรียนรู้ของ OECD (2019) เพื่อยกระดับคุณภาพการออกแบบ โดยปรับใช้ให้สอดคล้องกับบริบทไทยมากกว่าการลอกเลียนทั้งระบบ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การเชื่อมโยงกรอบหลักสูตรชาติ NPU Paradigm และการปฏิบัติในห้องเรียน



ภาพที่ 6 การเชื่อมโยงกรอบหลักสูตรระดับชาติ กระบวนการออกแบบบนฐาน NPU Paradigm และการปฏิบัติในห้องเรียน
(ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 6 ช่วยให้เห็นว่ากรอบหลักสูตรระดับชาติ มาตรฐานสากล กระบวนการออกแบบบนฐาน NPU Paradigm และการปฏิบัติในห้องเรียนมิได้แยกขาดจากกัน แต่เชื่อมร้อยเป็นระบบเดียวที่แปลงนโยบายสู่การปฏิบัติ พร้อมวงจรสะท้อนกลับจากการประเมินหลักสูตรที่ป้อนข้อมูลกลับไปพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง

Library and Learning, University of Phayao

2.10 สรุปท้ายบท

บทนี้เชื่อมโยงองค์ความรู้สากลในบทก่อนหน้าเข้ากับกรอบหลักสูตรระดับชาติของไทย โดยชี้ให้เห็นโครงสร้างของหลักสูตรแกนกลางฯ และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) บทบาทของ สสวท. ในการพัฒนาทรัพยากรการเรียนรู้ กระบวนการวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การออกแบบแผนและแนวทางการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและสื่อสำหรับบริบทไทย ครูวิทยาศาสตร์ที่เข้าใจและประยุกต์ใช้กรอบเหล่านี้ได้อย่างมีวิจารณญาณ ย่อมสามารถจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองทั้งมาตรฐานระดับชาติและคุณภาพระดับสากล

สาระสำคัญที่ร้อยเรียงทั้งบทคือมุมมองที่ว่าหลักสูตรเป็นสะพานเชื่อมนโยบายสู่ห้องเรียน และครูเป็นผู้แปลเจตนารมณ์ของหลักสูตรสู่การปฏิบัติด้วยวิจารณญาณเชิงวิชาชีพ ผู้เขียนได้แสดงว่าการปรับปรุงหลักสูตร พ.ศ. 2560 สะท้อนการเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่การบูรณาการวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีและการแก้ปัญหา แต่ความสำเร็จขึ้นอยู่กับความพร้อมของครู มิใช่เพียงเอกสารหลักสูตร การวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

แผนเป็นการตัดสินใจเชิงวิทยาการสอนที่ต้องใส่ใจระดับการคิดที่ตัวชี้วัดเรียกร้อง ข้อมูลจากการประเมินนานาชาติเป็นกระจกสะท้อนคุณภาพที่ควรใช้เพื่อการพัฒนา และการวิจัยและพัฒนาที่เข้มแข็งต้องอาศัยระเบียบวิธีที่หนักแน่นและการปรับนวัตกรรมให้เหมาะกับบริบทไทย หลักสูตรไทยและกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm มิได้แยกขาดจากกัน แต่เสริมกัน โดยหลักสูตรกำหนดเป้าหมาย และกรอบ NPU เป็นกระบวนการนำพาสู่เป้าหมายนั้นอย่างยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ซึ่งเป็นการเชื่อมมาตรฐานระดับชาติเข้ากับวิสัยทัศน์ที่ร้อยเรียงตลอดเล่ม และเป็นรากฐานสำหรับการบูรณาการทั้งหมดสู่ทิศทางการวิจัยและการพัฒนาในบทสุดท้าย

ตารางที่ 5 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 2 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
โครงสร้างหลักสูตรแกนกลางฯ มาตรฐานและตัวชี้วัด (ปรับปรุง 2560) บทบาท สสวท. และกระบวนการวิจัยและพัฒนา (R&D)	ทักษะการวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่แผน การเลือก/ปรับใช้สื่อและคู่มือครู และการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร/สื่อ	ความรับผิดชอบต่อมาตรฐานชาติ ความใส่ใจบริบทไทย และเจตคติเชิงวิจัยเพื่อพัฒนา	สมรรถนะการจัดการเรียนรู้ตามกรอบหลักสูตรชาติและการพัฒนาสื่อในบริบทไทย (CLO5, บูรณาการ)	วิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่หน่วย/แผนการเรียนรู้ พัฒนาสื่อและเอกสารเสริมด้วยกระบวนการ R&D (ADDIE/IOC/E1-E2) ใช้สื่อ สสวท. และ digital learning ecosystem ประเมินคุณภาพสื่อด้วยผู้เชี่ยวชาญและการทดลองใช้จริง

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

ตารางที่ 5 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะ พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน ช่วยให้ผู้สอนเห็นเส้นทางจากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- อธิบายบทบาทของ สสวท. ในการพัฒนาหนังสือเรียนและคู่มือครู และยกตัวอย่างแนวทางที่ครูสามารถปรับใช้สื่อเหล่านั้นให้เหมาะกับห้องเรียนของตน

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

- วิเคราะห์ตัวชี้วัดหนึ่งข้อจากกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แล้วออกแบบจุดประสงค์การเรียนรู้และหลักฐานการเรียนรู้ที่สอดคล้องกัน
- ออกแบบเค้าโครงการวิจัยและพัฒนา (R&D) สื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หนึ่งชิ้นที่เหมาะสมกับบริบทไทย พร้อมระบุวิธีตรวจสอบคุณภาพของสื่อ

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 2

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.

Dahsah, C., & Coll, R. K. (2008). Thai grade 10 and 11 students' understanding of stoichiometry and related concepts. International Journal of Science and Mathematics Education, 6(3), 573–600. https://doi.org/10.1007/s10763-007-9072-0

Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. Journal of Science Education and Technology, 29(3), 369–385. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. International Journal of STEM Education, 7, Article 11. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

OECD. (2019). *OECD future of education and skills 2030: OECD learning compass 2030*. OECD Publishing.

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Stufflebeam, D. L., & Coryn, C. L. S. (2014). *Evaluation theory, models, and applications* (2nd ed.). Jossey-Bass.

Stufflebeam, D. L., Foley, W. J., Gephart, W. J., Guba, E. G., Hammond, R. L., Merriman, H. O., & Provus, M. M. (1971). *Educational evaluation and decision making*. F. E. Peacock.

Stufflebeam, D. L., & Shinkfield, A. J. (2007). *Evaluation theory, models, and applications*. Jossey-Bass.

Tinoca, L., Piedade, J., Santos, S., Pedro, A., & Gomes, S. (2022). Design-based research in the educational field: A systematic literature review. *Education Sciences, 12*(6), 410. https://doi.org/10.3390/educsci12060410

Tyler, R. W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. University of Chicago Press.

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และการออกแบบการเรียนรู้

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายหลักการของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญได้
- ประยุกต์หลักการออกแบบย้อนกลับ (backward design) ในการวางแผนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้
- วิเคราะห์ข้อถกเถียงระหว่างการชี้แนะมากกับการค้นพบ และเลือกระดับการชี้แนะที่เหมาะกับความรู้เดิมของผู้เรียนได้
- ออกแบบการเรียนรู้ที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน (UDL) และสนับสนุนแรงจูงใจตามทฤษฎีการกำหนดตนเอง (SDT) ได้

3.1 เหตุใดครูวิทยาศาสตร์ต้องเข้าใจทฤษฎีการเรียนรู้

การออกแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพมิอาจเกิดขึ้นได้จากการลอกเลียนเทคนิคการสอนโดยปราศจากความเข้าใจในรากฐานทางทฤษฎี จากประสบการณ์ของผู้เขียน ครูที่เข้าใจเพียง “วิธีทำ” แต่ไม่เข้าใจ “เหตุผลเบื้องหลัง” มักไม่สามารถปรับการสอนให้เข้ากับบริบทและผู้เรียนที่หลากหลายได้ บทนี้จึงมุ่งปูพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นรากฐานของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ก่อนนำไปสู่หลักการออกแบบการเรียนรู้ในทางปฏิบัติ ได้แก่ การออกแบบย้อนกลับ และการออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน

คำว่า การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (learner-centered learning) ได้กลายเป็นวาทกรรมหลักในการปฏิรูปการศึกษาไทยและทั่วโลก อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนสังเกตว่าคำนี้มักถูกตีความอย่างคลาดเคลื่อนในทางปฏิบัติ บางครั้งถูกเข้าใจว่าหมายถึงการที่ครูลดบทบาทลงจนแทบไม่สอน หรือการให้ผู้เรียนทำกิจกรรมจำนวนมากโดยไม่คำนึงถึงเป้าหมายการเรียนรู้ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้มีรากมาจากการขาดความเข้าใจในทฤษฎีการเรียนรู้ที่อยู่เบื้องหลัง บทนี้จึงนำเสนอทั้งทฤษฎีฝ่ายคอนสตรัคติวิสต์และทฤษฎีฝ่ายพุทธิปัญญา เพื่อให้ผู้อ่านเห็นภาพที่สมดุลและสามารถตัดสินใจเชิงวิชาชีพได้อย่างมีเหตุผล

นิยามศัพท์สำคัญ

เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจตรงกัน ผู้เขียนนิยามคำสำคัญในบทนี้ไว้ดังนี้

ทฤษฎีการเรียนรู้ (learning theory) หมายถึง กรอบคำอธิบายอย่างเป็นระบบว่าผู้เรียนได้มาซึ่งความรู้ ทักษะ และเจตคติอย่างไร

คอนสตรัคติวิสต์ (constructivism) หมายถึง กลุ่มทฤษฎีที่มองว่าผู้เรียนสร้างความรู้ขึ้นอย่างกระตือรือร้นจากการมีปฏิสัมพันธ์กับประสบการณ์และสังคม มิใช่สิ่งที่ถ่ายทอดจากครูสู่ผู้เรียนโดยตรง

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การออกแบบการเรียนรู้ (instructional design) หมายถึง กระบวนการวางแผนประสบการณ์การเรียนรู้อย่างเป็นระบบเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด

3.2 ฐานคิดคอนสตรัคติวิสต์ รากฐานทางทฤษฎี

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีรากฐานทางปรัชญาและจิตวิทยาที่ลึกซึ้ง สามารถจำแนกออกเป็นสองสายหลักที่เสริมกัน สายแรกคือคอนสตรัคติวิสต์เชิงพุทธิปัญญา (cognitive constructivism) ซึ่งมีรากจากงานของ Jean Piaget ที่เสนอว่าผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านกระบวนการปรับตัวทางปัญญาสองลักษณะ คือการซึมซับ (assimilation) ที่ผู้เรียนตีความประสบการณ์ใหม่ด้วยโครงสร้างความรู้เดิม และการปรับโครงสร้าง (accommodation) ที่ผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างความรู้เดิมเมื่อเผชิญประสบการณ์ที่ขัดแย้ง กระบวนการนี้สอดคล้องโดยตรงกับทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่กล่าวถึงในบทที่ 1

สายที่สองคือคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (social constructivism) ซึ่งมีรากจากงานของ Lev Vygotsky ที่เน้นบทบาทของปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและวัฒนธรรมในการสร้างความรู้ แนวคิดสำคัญ คือ เขตพัฒนาการใกล้เคียง (Zone of Proximal Development: ZPD) ซึ่งหมายถึงช่วงระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนทำได้ด้วยตนเองกับสิ่งที่ผู้เรียนทำได้เมื่อได้รับการชี้แนะจากผู้ที่มีความสามารถมากกว่า (Vygotsky, 1978) ในมุมมองของผู้เขียน แนวคิด ZPD มีนัยเชิงปฏิบัติที่สำคัญยิ่งต่อการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะชี้ว่าการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดขึ้นเมื่อครูออกแบบงานที่ท้าทายเกินกว่าที่ผู้เรียนทำได้ลำพังเล็กน้อย พร้อมจัดการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) ที่เหมาะสม

ผู้เขียนขอเน้นว่าการเข้าใจคอนสตรัคติวิสต์ทั้งสองสายสำคัญ เพราะนำไปสู่แนวปฏิบัติที่ต่างกันแต่เสริมกัน คอนสตรัคติวิสต์เชิงพุทธิปัญญาเน้นการออกแบบสถานการณ์ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนปรับโครงสร้างความรู้ เช่น การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา ส่วนคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมเน้นการออกแบบปฏิสัมพันธ์และการเรียนรู้ร่วมกัน เช่น การอภิปรายกลุ่มและการเรียนรู้แบบร่วมมือ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ ครูมักผสานทั้งสองแนวทางเข้าด้วยกัน

ความแตกต่างและจุดเสริมกันของคอนสตรัคติวิสต์สองสายสามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 6 และสรุปเป็นแผนภาพดังภาพที่ 7

Library and Learning, University of Phayao

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบคอนสตรัคติวิสต์เชิงพุทธิปัญญากับเชิงสังคม

ประเด็นเปรียบเทียบ	คอนสตรัคติวิสต์เชิงพุทธิปัญญา (Piaget)	คอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Vygotsky)
กลไกหลักของการเรียนรู้	การปรับสมดุลทางปัญญาภายในตัวบุคคล (assimilation / accommodation)	การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการใช้เครื่องมือทางวัฒนธรรม
บทบาทของผู้อื่น	เป็นแหล่งของความขัดแย้งทางปัญญาที่กระตุ้นการปรับโครงสร้าง	เป็นผู้ชี้แนะภายในเขตพัฒนาการใกล้เคียง (ZPD)

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ประเด็นเปรียบเทียบ	คอนสตรัคติวิสต์เชิงพุทธิปัญญา (Piaget)	คอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Vygotsky)
นัยต่อการสอนวิทยาศาสตร์	ออกแบบสถานการณ์สร้างความขัดแย้งทางปัญญา เช่น ทำนาย-สังเกต-อธิบาย	ออกแบบการเสริมศักยภาพและการเรียนรู้ร่วมกัน เช่น การอภิปรายกลุ่ม

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Piaget, 1952 และ Vygotsky, 1978)

ตารางที่ 6 ช่วยให้เห็นความต่างและจุดเสริมกันของคอนสตรัคติวิสต์สองสายอย่างเป็นระบบ ทั้งกลไกการเรียนรู้ บทบาทของผู้อื่น และนัยต่อการสอน ซึ่งย้ำว่าทั้งสองสายตอบคนละมุมของการสร้างความรู้และครูควรผสานทั้งคู่



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบคอนสตรัคติวิสต์เชิงพุทธิปัญญาและเชิงสังคมกับนัยต่อการสอนวิทยาศาสตร์

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Piaget, 1952; Vygotsky, 1978)

Library and Learning, University of Phayao

ภาพที่ 7 ช่วยให้เห็นว่าคอนสตรัคติวิสต์ทั้งสองสายมิได้ขัดแย้งกัน แต่มองการสร้างความรู้คนละมุม สายพุทธิปัญญาของ Piaget เน้นการที่ผู้เรียนปรับสมดุลทางปัญญาภายในตนเมื่อเผชิญประสบการณ์ใหม่ ขณะที่สายสังคมของ Vygotsky เน้นบทบาทของปฏิสัมพันธ์และการเสริมต่อการเรียนรู้ภายในเขตพัฒนาการ ความเข้าใจทั้งสองมุมนี้ช่วยให้ครูออกแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่ทั้งกระตุ้นการปรับมโนทัศน์ของผู้เรียนและจัดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมไปพร้อมกัน

3.2.1 การเสริมต่อการเรียนรู้และการประยุกต์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์

แนวคิดที่ต่อยอดจากเขตพัฒนาการใกล้เคียงและสำคัญต่อการปฏิบัติคือการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) ซึ่งหมายถึงการสนับสนุนชั่วคราวที่ครูจัดให้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนทำงานที่เกินความสามารถปัจจุบันของตนได้ ลักษณะสำคัญของการเสริมต่อการเรียนรู้ที่ดีคือความเป็นชั่วคราว กล่าวคือ

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ครูต้องค่อย ๆ ถอนการสนับสนุนออก (fading) เมื่อผู้เรียนมีความสามารถมากขึ้น จนในที่สุดผู้เรียนทำได้ด้วยตนเอง ในทัศนะของผู้เขียน จุดที่ครูวิทยาศาสตร์มือใหม่มักพลาดคือการเสริมต่อการเรียนรู้มากเกินไปและนานเกินไป จนผู้เรียนพึ่งพาครูและไม่พัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ การเสริมต่อการเรียนรู้ปรากฏได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้คำถามนำที่ช่วยให้ผู้เรียนคิดต่อโดยไม่บอกคำตอบ การจัดเตรียมแบบฟอร์มบันทึกการทดลองที่มีโครงสร้างช่วยให้ผู้เรียนจัดระบบการสังเกต การให้ตัวอย่างบางส่วนแล้วให้ผู้เรียนทำต่อ และการจัดกลุ่มให้ผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกันทำงานร่วมกัน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากเพื่อน (peer learning) ตามหลักการของ Vygotsky ผู้เขียนเห็นว่าการออกแบบการเสริมต่อการเรียนรู้ที่แม่นยำและการวางแผนถอนการสนับสนุนอย่างเป็นระบบ คือทักษะหลักที่นักศึกษาครูควรฝึกฝน และเป็นหัวใจของการแปลคอนสตรัคติวิสต์สู่การปฏิบัติจริง

3.3 ความสมดุลระหว่างคอนสตรัคติวิสต์กับทฤษฎีพุทธิปัญญา ข้อถกเถียงร่วมสมัย

แม้คอนสตรัคติวิสต์จะเป็นกระบวนทัศน์ที่ทรงอิทธิพลในการศึกษาวิทยาศาสตร์ แต่ผู้เขียนเห็นว่าครูต้องเข้าใจข้อถกเถียงเชิงวิชาการที่สำคัญเกี่ยวกับขอบเขตการประยุกต์ใช้ ทฤษฎีภาระทางปัญญา (cognitive load theory) ที่พัฒนาโดย Sweller et al. ให้มุมมองที่สำคัญและบางครั้งท้าทายต่อคอนสตรัคติวิสต์ ในการทบทวนทฤษฎีหลังจากพัฒนามากว่าสี่สิบปี Sweller et al. (2019) ได้สรุปสถาปัตยกรรมการรู้คิดของมนุษย์ว่าประกอบด้วยหน่วยความจำใช้งาน (working memory) ที่มีขีดจำกัดในการประมวลผลข้อมูลใหม่ และหน่วยความจำระยะยาว (long-term memory) ที่เก็บโครงสร้างความรู้ (schema) ได้แทบไม่จำกัด

นัยสำคัญของทฤษฎีภาระทางปัญญาต่อการสอนวิทยาศาสตร์คือ เมื่อผู้เรียนเป็นมือใหม่ที่ยังไม่มีโครงสร้างความรู้เดิมเพียงพอ การให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาที่ซับซ้อนโดยปราศจากการชี้แนะอาจทำให้หน่วยความจำใช้งานรับภาระเกิน (cognitive overload) จนขัดขวางการเรียนรู้ ข้อค้นพบนี้เป็นที่มาของข้อถกเถียงสำคัญระหว่าง Kirschner et al. (2006) ที่วิจารณ์การสอนแบบชี้แนะน้อย กับ Hmelo-Silver et al. (2007) ที่โต้แย้งว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะและแบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่ออกแบบดีย่อมมีการเสริมต่อการเรียนรู้อย่างเข้มข้น ดังที่ได้อภิปรายไว้ในการวิพากษ์เชิงลึกต่อไปในบทนี้

ในทัศนะของผู้เขียนซึ่งสอนฟิสิกส์มากว่าสองทศวรรษ ข้อถกเถียงนี้มิได้นำไปสู่ข้อสรุปว่าคอนสตรัคติวิสต์ผิดหรือถูก แต่ชี้ว่าครูต้องปรับระดับการชี้แนะให้สอดคล้องกับระดับความรู้เดิมของผู้เรียน สำหรับผู้เรียนมือใหม่ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การให้ตัวอย่างที่อธิบายขั้นตอนอย่างละเอียด (worked examples) และการชี้แนะที่เข้มข้นมักได้ผลดีกว่า ขณะที่เมื่อผู้เรียนสะสมความรู้มากขึ้น ครูจึงค่อยลดการชี้แนะและเปิดให้ผู้เรียนสืบเสาะอย่างอิสระมากขึ้น หลักการปรับระดับการชี้แนะตามความเชี่ยวชาญนี้ (expertise reversal effect) เป็นหนึ่งในข้อค้นพบที่มีค่าที่สุดของทฤษฎีภาระทางปัญญา และเป็นรากฐานของจุดยืนเรื่องการเสริมต่อการเรียนรู้ที่ถอนได้ (fading) ในกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

3.4 การชี้แนะกับการค้นพบ การสังเคราะห์ข้อถกเถียงสู่แนวปฏิบัติ

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่าการตีความคอนสตรัคติวิสต์ว่าหมายถึง “การปล่อยให้ผู้เรียนค้นพบเองโดยครูแทรกแซงน้อยที่สุด” เป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและถูกท้าทายอย่างหนักในวงวิชาการการศึกษาสมัยใหม่ Kirschner et al. (2006) โต้แย้งบนฐานทฤษฎีภาระทางปัญญา (cognitive load theory) และสถาปัตยกรรมการรู้คิดของมนุษย์ว่า การสอนแบบชี้แนะน้อย (minimal guidance) ไม่ได้ผลกับผู้เรียนมือใหม่ เพราะหน่วยความจำใช้งาน (working memory) มีขีดจำกัด และข้อได้เปรียบของการชี้แนะจะลดลงก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีความรู้เดิมมากพอจะ “ชี้แนะตนเอง” ได้

ในทางกลับกัน Hmelo-Silver et al. (2007) ตอบโต้ว่าข้อวิจารณ์ดังกล่าวเข้าใจผิดด้วยการเหมารวมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) และการสืบเสาะ (IL) เข้ากับการค้นพบแบบไร้การชี้แนะ ทั้งที่ PBL และ IL ที่ออกแบบดีนั้นมีการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) อย่างเข้มข้น ซึ่งช่วยลดภาระทางปัญญาลงได้จริง ผู้เขียนเห็นว่าข้อถกเถียงคู่นี้มิได้ขัดแย้งกันโดยสิ้นเชิง แต่บรรจบกันที่ข้อสรุปเดียว คือ คุณภาพของการชี้แนะ (quality of guidance) สำคัญกว่าการเลือกข้างระหว่าง “ครูบอก” กับ “ผู้เรียนค้นพบ” คอนสตรัคติวิสต์ที่ได้ผลจึงคือคอนสตรัคติวิสต์ที่มีการเสริมต่อการเรียนรู้อย่างจงใจ สอดคล้องกับแนวคิด ZPD ของ Vygotsky (1978) ที่เน้นการชี้แนะภายในเขตพัฒนาการ

นัยต่อการผลิตครูวิทยาศาสตร์ไทยคือ นักศึกษาครูต้องเข้าใจว่า “ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง” ไม่เท่ากับ “ครูปล่อยมือ” แต่หมายถึงการออกแบบการเสริมต่อการเรียนรู้ที่แม่นยำ ถอดถอนการช่วยเหลือลงทีละน้อย (fading) เมื่อผู้เรียนมีความสามารถมากขึ้น ซึ่งเป็นจุดยืนที่กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ยึดถือตลอดทั้งเล่ม

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างเชิงปฏิบัติจากการสอนฟิสิกส์เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เพื่อแสดงให้เห็นการปรับระดับการชี้แนะตามความเชี่ยวชาญอย่างเป็นรูปธรรม เมื่อผู้เรียนเพิ่งเริ่มต้น ครูควรใช้ตัวอย่างที่อธิบายขั้นตอนอย่างละเอียด (worked examples) แสดงวิธีวิเคราะห์วงจรอนุกรมทีละขั้นพร้อมเหตุผล เพื่อลดภาระทางปัญญาและช่วยให้ผู้เรียนสร้างโครงสร้างความรู้ เมื่อผู้เรียนเริ่มเข้าใจ ครูจึงเปลี่ยนเป็นตัวอย่างที่เว้นช่องให้ผู้เรียนเติมบางขั้นตอนเอง (completion problems) และเมื่อผู้เรียนมีความสามารถมากขึ้น ครูจึงให้โจทย์ปัญหาที่ผู้เรียนต้องวิเคราะห์ด้วยตนเองทั้งหมด การไล่ลำดับเช่นนี้สะท้อนหลักการ expertise reversal effect ที่ว่าการชี้แนะที่เป็นประโยชน์สำหรับมือใหม่อาจกลายเป็นภาระที่ไม่จำเป็นสำหรับผู้เรียนที่เชี่ยวชาญแล้ว

ผู้เขียนสังเกตว่า ความผิดพลาดที่พบบ่อยในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ไทยมีสองขั้วตรงข้าม ขั้วแรก คือ ครูที่ให้ worked examples มากเกินไปและนานเกินไปจนผู้เรียนไม่เคยได้ฝึกแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้วที่สอง คือครูที่โยนปัญหายากให้ผู้เรียนมือใหม่ตั้งแต่ต้นโดยไร้การชี้แนะ ด้วยความเชื่อว่ากำลังส่งเสริมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ทั้ง 2 ขั้วล้วนไม่เหมาะสม คำตอบที่ถูกต้องคือการวินิจฉัยระดับความรู้เดิมของผู้เรียนแล้วปรับระดับการชี้แนะให้สอดคล้อง ซึ่งเป็นทักษะเชิงวิชาชีพที่ต้องอาศัยทั้งความเข้าใจทฤษฎีและ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ประสบการณ์การสังเกตผู้เรียน จุดบรรจบของข้อถกเถียงนี้สรุปเป็นเมทริกซ์การตัดสินใจสำหรับครูได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เมทริกซ์การตัดสินใจ ระดับการชี้แนะที่เหมาะสมตามความรู้เดิมของผู้เรียน
(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Kirschner et al., 2006; Hmelo-Silver et al., 2007)

ภาพที่ 8 สรุปหลักการสำคัญที่ว่าระดับการชี้แนะที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนยังเป็นมือใหม่ การให้ตัวอย่างที่อธิบายขั้นตอนอย่างละเอียดช่วยลดภาระทางปัญญาได้ดี แต่เมื่อผู้เรียนเชี่ยวชาญขึ้น การชี้แนะแบบเดิมกลับกลายเป็นภาระที่ไม่จำเป็น ครูจึงต้องค่อยเปิดให้ผู้เรียนสืบเสาะอย่างอิสระมากขึ้นตามหลัก expertise reversal effect

3.5 การออกแบบย้อนกลับ

เมื่อครูเข้าใจรากฐานทางทฤษฎีของการเรียนรู้แล้ว คำถามต่อมาคือจะแปลงความเข้าใจนั้นสู่การวางแผนการสอนอย่างเป็นระบบได้อย่างไร แนวทางที่ทรงอิทธิพลที่สุดในปัจจุบันคือการออกแบบย้อนกลับ (backward design) ที่ Wiggins และ McTighe (2005) เสนอไว้ หลักการสำคัญคือการพลิกลำดับการวางแผนแบบดั้งเดิม ที่ครูมักเริ่มจากการเลือกกิจกรรมหรือเนื้อหาที่จะสอนก่อน แล้วจึงค่อยคิดเรื่องการประเมินภายหลัง การออกแบบย้อนกลับเสนอให้ครูเริ่มจากปลายทาง คือกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่พึงประสงค์ก่อน แล้วจึงย้อนกลับมาออกแบบหลักฐานการเรียนรู้และกิจกรรมตามลำดับ

เหตุผลเชิงทฤษฎีที่การออกแบบย้อนกลับมีพลังคือการที่มันบังคับให้ครูแยกแยะระหว่าง “กิจกรรมที่น่าสนใจ” กับ “กิจกรรมที่นำไปสู่การเรียนรู้ตามเป้าหมาย” ซึ่งเป็นสองสิ่งที่ไม่จำเป็นต้องตรงกันเสมอ Wiggins และ McTighe เตือนถึงกับดัก 2 ประการที่ครูมักตกคือ กับดักเน้นกิจกรรม (activity-focused teaching) ที่ผู้เรียนสนุกแต่ไม่เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง และกับดักเน้นการสอนให้ครบเนื้อหา (coverage-focused teaching) ที่ครูเร่งสอนเนื้อหาจำนวนมากโดยผู้เรียนไม่มีเวลาสร้างความเข้าใจ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

3.5.1 สามขั้นของการออกแบบย้อนกลับ

การออกแบบย้อนกลับประกอบด้วยสามขั้นที่ดำเนินตามลำดับ ขั้นที่ 1 คือการระบุผลลัพธ์การเรียนรู้ที่พึงประสงค์ (identify desired results) ซึ่งครูต้องตอบคำถามว่าเมื่อจบบทเรียนแล้ว ผู้เรียนควรเข้าใจอะไรอย่างลึกซึ้ง สามารถทำอะไรได้ และควรมีคำถามสำคัญใดติดตัวไป ระยะที่ 2 คือการกำหนดหลักฐานการเรียนรู้ที่ยอมรับได้ (determine acceptable evidence) ซึ่งครูต้องออกแบบว่าจะรู้ได้อย่างไรว่าผู้เรียนบรรลุผลลัพธ์ ผ่านภาระงานประเมิน หลักฐาน และเกณฑ์ใด และระยะที่ 3 คือการวางแผนประสบการณ์และการสอน (plan learning experiences and instruction) ซึ่งครูออกแบบลำดับกิจกรรมที่นำผู้เรียนไปสู่เป้าหมาย

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการประยุกต์สามขั้นนี้กับหน่วยการเรียนรู้ฟิสิกส์เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ในระยะที่ 1 ครูกำหนดผลลัพธ์ว่าผู้เรียนควรเข้าใจอย่างลึกซึ้งว่าการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่เกิดจากแรงลัพธ์ มิใช่จากการมีแรงกระทำเพียงอย่างเดียว ในระยะที่ 2 ครูออกแบบหลักฐานเป็นภาระงานที่ให้ผู้เรียนวิเคราะห์สถานการณ์จริง เช่น ทำนายและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นที่มีและไม่มีแรงเสียดทาน พร้อมเกณฑ์ที่ประเมินคุณภาพการให้เหตุผล และในระยะที่ 3 ครูจึงออกแบบลำดับกิจกรรมการทดลองและการอภิปรายที่นำผู้เรียนไปสู่ความเข้าใจนั้น สังเกตว่าครูออกแบบการประเมินก่อนเลือกกิจกรรม ซึ่งช่วยประกันว่ากิจกรรมทุกอย่างมีเป้าหมายชัดเจน

3.5.2 ความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์

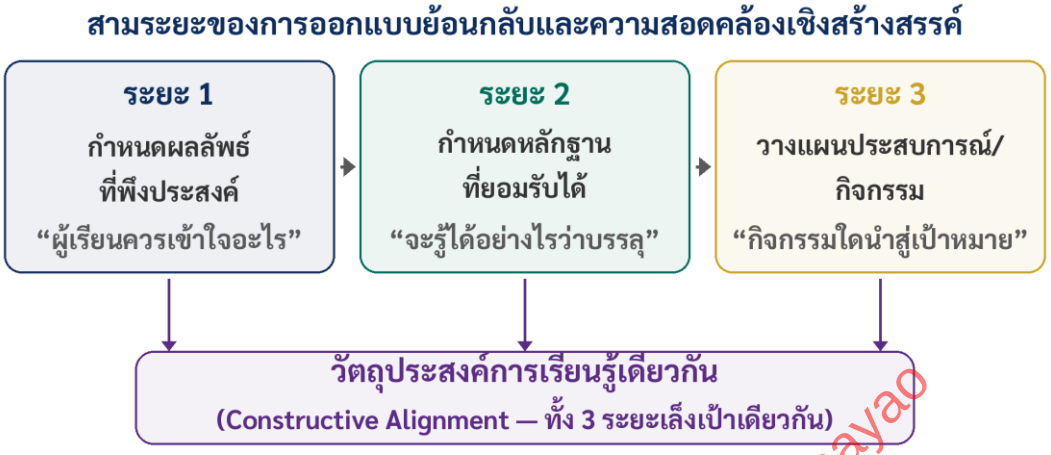
แนวคิดที่เสริมการออกแบบย้อนกลับอย่างสำคัญคือความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ (constructive alignment) ของ Biggs (1996) ที่เน้นว่าวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผล ต้องสอดคล้องเป็นแนวเดียวกันทั้งระบบ คำว่า “สร้างสรรค์” สะท้อนฐานคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่ว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ ส่วนคำว่า “สอดคล้อง” สะท้อนหลักการที่ว่ากิจกรรมและการประเมินต้องเล็งไปที่วัตถุประสงค์เดียวกัน หลักการนี้สอดคล้องกับแนวทางการประเมินเพื่อพัฒนาที่ Black และ Wiliam (1998) ชี้ว่าการมีเป้าหมายและเกณฑ์ความสำเร็จที่ชัดเจนเป็นเงื่อนไขสำคัญของการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ

อาจกล่าวได้ว่า ความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์เป็นเครื่องมือวินิจฉัยที่ทรงพลังสำหรับครู เมื่อผู้เรียนไม่บรรลุผลลัพธ์ ครูสามารถตรวจสอบย้อนกลับว่าความไม่สอดคล้องเกิดขึ้นที่จุดใด เช่น วัตถุประสงค์ระบุว่าต้องการให้ผู้เรียน “วิเคราะห์” แต่การประเมินกลับวัดเพียงการ “จดจำ” หรือกิจกรรมเน้นการฟังบรรยายแต่คาดหวังให้ผู้เรียน “ออกแบบการทดลอง” ได้ การตรวจสอบความสอดคล้องนี้ช่วยให้ครูปรับปรุงการสอนอย่างเป็นระบบ และเป็นรากฐานของระยะการประเมินในกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ความสัมพันธ์ของสามขั้นในการออกแบบย้อนกลับ พร้อมคำถามนำที่ครูใช้กำกับแต่ละระยะ สรุปได้ดังแผนภาพที่ 9 ความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ (Constructive Alignment) ได้แก่ ทั้งสามขั้นต้องเล็งไปที่วัตถุประสงค์เดียวกัน



ภาพที่ 9 สามขั้นของการออกแบบย้อนกลับและความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก Wiggins & McTighe, 2005)

ภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าการออกแบบย้อนกลับพลิกลำดับการวางแผนจากเดิม โดยเริ่มจากการกำหนดผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ ตามด้วยการกำหนดหลักฐาน แล้วจึงออกแบบกิจกรรม หัวใจของแนวคิดนี้คือ การที่ทั้งสามขั้นต้องเล็งไปที่วัตถุประสงค์เดียวกัน อันเป็นสาระของความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ที่ประกันว่ากิจกรรมทุกอย่างนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายจริง

3.5.3 ขั้นตอนสำคัญของการออกแบบย้อนกลับ

- กำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่พึงประสงค์ (เชื่อมโยงกับมาตรฐานและ CLOs)
- กำหนดหลักฐานและวิธีการประเมินที่ยอมรับได้
- ออกแบบประสบการณ์และกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำไปสู่ผลลัพธ์

Library and Learning, University of Phayao

3.6 การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน

กรอบการออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน (Universal Design for Learning: UDL) พัฒนาโดยองค์กร CAST (2018) มีรากฐานทางทฤษฎีจากประสาทวิทยาศาสตร์การเรียนรู้ (learning sciences) ที่ชี้ว่าผู้เรียนแต่ละคนมีเครือข่ายการรับรู้ การประมวลผล และการสร้างแรงจูงใจที่แตกต่างกัน แทนที่จะออกแบบการสอนสำหรับผู้เรียน "โดยเฉลี่ย" แล้วค่อยปรับให้ผู้เรียนที่แตกต่าง UDL เสนอให้ครูออกแบบความยืดหยุ่นไว้ตั้งแต่ต้นใน 3 มิติหลัก ได้แก่ การจัดให้มีวิธีการนำเสนอเนื้อหาที่หลากหลาย (multiple means of representation) การเปิดให้ผู้เรียนแสดงออกได้หลายรูปแบบ (multiple means of action and expression) และการสร้างการมีส่วนร่วมที่หลากหลาย (multiple means of engagement)

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ การประยุกต์ UDL ปรากฏได้หลายลักษณะ ตัวอย่างเช่น ในการสอนมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม ครูอาจนำเสนอเนื้อหาทั้งในรูปข้อความ แผนภาพ แบบจำลองสามมิติ และการสาธิต เพื่อให้ผู้เรียนที่มีความถนัดในการรับรู้ต่างกันเข้าถึงได้ ในด้านการแสดงออก ครูอาจเปิดให้ผู้เรียนเลือกนำเสนอความเข้าใจผ่านการเขียนรายงาน การสร้างแบบจำลอง หรือการนำเสนอด้วยวาจา และในด้านการมีส่วนร่วม ครูอาจเชื่อมโยงเนื้อหากับความสนใจและบริบทชีวิตของผู้เรียนที่หลากหลาย หลักการนี้สอดรับกับเสาหลักรากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ให้ความสำคัญกับความเสมอภาคและการเข้าถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนทุกคน

ในเชิงหลักฐานเชิงประจักษ์ การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบและการวิเคราะห์อภิมานโดย Almeqdad et al. (2023) รายงานแนวโน้มสนับสนุนการประยุกต์หลักการ UDL ในบริบทการศึกษาที่หลากหลาย แม้ผลจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่าครูควรอ่านหลักฐานนี้อย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากงานวิจัยจำนวนหนึ่งในกลุ่มที่นำมาวิเคราะห์ใช้แบบแผนการวิจัยกลุ่มเดียวที่ไม่มีกลุ่มควบคุม และมีความแปรปรวนของผลค่อนข้างสูง (heterogeneity) อีกทั้งยังมีนักวิชาการบางส่วนที่ตั้งคำถามต่อฐานเชิงประจักษ์ของ UDL การยอมรับว่าหลักฐานยังต้องการการพัฒนาต่อ มิได้ลดทอนคุณค่าเชิงหลักการของ UDL แต่เตือนให้ครูประยุกต์ใช้อย่างไตร่ตรองและร่วมสร้างหลักฐานในบริบทของตน

ในบริบทไทย การจัดการเรียนรวม (inclusive education) สำหรับนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษเป็นประเด็นที่สอดคล้องกับเจตนารมณ์ของ UDL โดยตรง งานวิจัยของ ธนเดช ติ้ววงค์ และคณะ (2568) ได้เสนอแนวทางพัฒนาการจัดการเรียนรวมสำหรับนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 1 หลักการ UDL เป็นรากฐานเชิงทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรวมในบริบทไทย เพราะการออกแบบการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและหลากหลายช่องทางตั้งแต่ต้น ช่วยลดอุปสรรคการเรียนรู้ของผู้เรียนที่หลากหลาย รวมถึงผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ยึดหลัก UDL จึงเป็นกลไกสำคัญของการศึกษาที่เสมอภาคและครอบคลุม ซึ่งสอดคล้องกับจุดยืนการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางที่เป็นแก่นของหนังสือเล่มนี้

ผู้เขียนขอเสนอว่า คุณค่าที่สำคัญที่สุดของ UDL มิได้อยู่ที่การเป็นชุดเทคนิคสำเร็จรูป แต่อยู่ที่การเปลี่ยนกระบวนทัศน์ของครูจากการมองความหลากหลายของผู้เรียนเป็น “อุปสรรค” ไปสู่การมองเป็น “เงื่อนไขปกติ” ที่ต้องออกแบบรองรับตั้งแต่ต้น มุมมองนี้สำคัญอย่างยิ่งในบริบทห้องเรียนวิทยาศาสตร์ไทยที่มีผู้เรียนหลากหลายทั้งด้านความพร้อม ความสนใจ และพื้นฐานความรู้ การออกแบบที่ครอบคลุมจึงเป็นทั้งเรื่องของความเสมอภาคทางการศึกษาและประสิทธิผลของการเรียนรู้ไปพร้อมกัน

การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคนจะปฏิบัติได้จริงยิ่งขึ้นเมื่อเชื่อมกับเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น โปรแกรมอ่านออกเสียงข้อความสำหรับผู้เรียนที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน คำบรรยายแทนเสียงในวีดิทัศน์การทดลอง และเครื่องมือแปลงเสียงเป็นข้อความสำหรับการบันทึกผลการสังเกต การจัดหาช่องทางการรับรู้ การแสดงออก และการมีส่วนร่วมที่หลากหลายตั้งแต่ขั้นออกแบบ ช่วยลดความจำเป็นใน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การปรับเป็นรายบุคคลภายหลังและทำให้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์เข้าถึงได้สำหรับผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ

ตัวอย่างรูปธรรมของการนำ UDL สู่ห้องเรียนดิจิทัลคือการใช้เทคโนโลยีช่วยจัดการความแตกต่างรายบุคคล ครูอาจนำเสนอเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงพร้อมกัน 3 ช่องทาง ได้แก่ วีดิทัศน์ที่มีคำบรรยายแทนเสียง บทอ่านที่โปรแกรมอ่านออกเสียงได้ และแบบจำลองเชิงโต้ตอบ ผู้เรียนที่มีข้อจำกัดทางการได้ยินหรือการมองเห็นจึงเข้าถึงสาระเดียวกันได้โดยไม่ต้องรอความช่วยเหลือเฉพาะ ขณะที่ระบบฝึกปรับเหมาะ (adaptive practice) วิเคราะห์คำตอบของผู้เรียนแต่ละคนแล้วปรับระดับความยากของโจทย์ให้พอดีกับความรู้เดิม ซึ่งสอดคล้องกับเมทริกซ์การตัดสินใจในหัวข้อ 3.4 ส่วนปัญญาประดิษฐ์ช่วยครูร่างกิจกรรมทางเลือกหลายระดับจากแผนการจัดการเรียนรู้เดียวกันได้รวดเร็วขึ้น บทบาทของครูจึงเปลี่ยนจากผู้ผลิตสื่อทุกชิ้นด้วยตนเองมาเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและคัดเลือกทางเลือกที่ตอบหลักการ UDL ทั้งสามข้อ รายละเอียดของเครื่องมือเหล่านี้จะอภิปรายในบทที่ 8

3.6.1 การปรับกิจกรรมห้องปฏิบัติการและการสอนวิทยาศาสตร์เชิงรวมสำหรับผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ

หลักการ UDL ในหัวข้อก่อนหน้าเป็นกรอบคิดกว้าง ๆ ที่ใช้ได้กับการเรียนรู้ทุกสาขาวิชา แต่วิชาวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติม เพราะการเรียนรู้จำนวนมากเกิดขึ้นผ่านการปฏิบัติการทดลองที่อาศัยการเคลื่อนไหว การสังเกตด้วยประสาทสัมผัส และการจัดการอุปกรณ์เฉพาะทาง งานทบทวนวรรณกรรมของ Mastropieri และ Scruggs (1992) ซึ่งเป็นหนึ่งในงานบุกเบิกด้านการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียนที่มีความบกพร่อง ชี้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการที่ผ่านการปรับให้เหมาะสม (activities-oriented instruction) ส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนกลุ่มนี้มากกว่าการสอนแบบบรรยายเนื้อหาเพียงอย่างเดียวอย่างสม่ำเสมอ ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าการปรับกิจกรรมปฏิบัติการมิใช่เพียงเรื่องของการเข้าถึง (access) แต่เป็นเงื่อนไขที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนกลุ่มนี้โดยตรง

สำหรับผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางร่างกายหรือการเคลื่อนไหว ครูอาจปรับความสูงของโต๊ะปฏิบัติการให้รองรับรถเข็น เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีด้ามจับขนาดใหญ่หรือน้ำหนักเบาซึ่งควบคุมได้ง่ายขึ้น และจัดบทบาทการทำงานเป็นกลุ่มที่ยืดหยุ่น เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการทดลอง แม้จะมีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหวบางประการ งานวิจัยของ Gin et al. (2020) ที่ศึกษากระบวนการจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการเชิงรุกระดับอุดมศึกษา รายงานแนวปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม เช่น การติดป้ายอักษรเบรลล์บนอุปกรณ์ และการจัดวางผังห้องปฏิบัติการใหม่เพื่อให้ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นเคลื่อนที่ในพื้นที่ปฏิบัติงานได้สะดวกขึ้น ซึ่งครูวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานสามารถปรับใช้แนวคิดเดียวกันได้

สำหรับผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางประสาทสัมผัส ทั้งด้านการมองเห็นและการได้ยิน ครูอาจใช้แบบจำลองสามมิติที่สัมผัสได้แทนแผนภาพสองมิติ ใช้อุปกรณ์วัดที่มีเสียงบอกค่าแทนหน้าจอตัวเลข เช่น เทอร์โมมิเตอร์หรือหัววัดชนิดมีเสียง และจัดให้มีคำบรรยายแทนเสียง (captions) ในวีดิทัศน์สาธิต

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การทดลองทุกรายการ ส่วนผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน ครูควรประสานล่ามภาษามือหรือใช้การสื่อสารด้วยภาพและข้อความควบคู่กันเสมอ โดยเฉพาะในขั้นตอนการอธิบายข้อควรระวังด้านความปลอดภัยตามหัวข้อ 5.12 ซึ่งผู้เรียนทุกคนต้องเข้าถึงข้อมูลได้เท่าเทียมกันโดยไม่มีข้อยกเว้น

สำหรับผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้หรือสมาธิสั้น การปรับใบกิจกรรมปฏิบัติการให้แบ่งเป็นขั้นตอนย่อยที่ชัดเจน ใช้ตารางกำหนดเวลาแบบภาพ (visual schedule) และให้เวลาเพิ่มเติมในการทำความเข้าใจคำสั่งก่อนลงมือปฏิบัติ ช่วยลดภาระด้านความจำใช้งาน (working memory) และทำให้ผู้เรียนมีสมาธิจดจ่อกับแก่นของการทดลองมากกว่าการพยายามจดจำขั้นตอนที่ซับซ้อน แนวทางนี้สอดคล้องกับหลักการช่องทางการรับรู้หลายรูปแบบของ UDL ที่กล่าวถึงในหัวข้อก่อนหน้า

ผู้เขียนขอเน้นว่ากลวิธีการสอนวิทยาศาสตร์เชิงรวม (inclusive science teaching) ที่มีประสิทธิผลที่สุดมักไม่ใช่มาตรการเฉพาะบุคคลที่แยกผู้เรียนออกจากกลุ่ม แต่เป็นการออกแบบกิจกรรมตั้งแต่ต้นให้รองรับความหลากหลายของผู้เรียนทั้งชั้นเรียน เช่น การจัดกลุ่มทำงานแบบคละความสามารถที่ให้บทบาทหมุนเวียนกันในแต่ละขั้นของการทดลอง และการเปิดทางเลือกในการบันทึกและนำเสนอผลการทดลองมากกว่าหนึ่งรูปแบบ แนวทางนี้สอดรับกับข้อเสนอของงานวิจัยไทยของธนเดช ติ้ววงค์ และคณะ (2568) ในหัวข้อก่อนหน้าที่เน้นการจัดการเรียนรวมเป็นวัฒนธรรมของทั้งโรงเรียน มิใช่ภาระของครูผู้สอนวิชาใดวิชาหนึ่งตามลำพัง สำหรับแนวทางการปรับการวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียนกลุ่มนี้โดยเฉพาะ ผู้อ่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ 6.3.2

3.7 ทฤษฎีพหุปัญญากับการออกแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ทฤษฎีพหุปัญญา (Theory of Multiple Intelligences) ของ Gardner (2011) เสนอว่าปัญญาของมนุษย์มิได้มีเพียงมิติเดียวที่วัดได้ด้วยแบบทดสอบเชาวน์ปัญญา หากแต่ประกอบด้วยปัญญาอย่างน้อย 8 ด้านที่ทำงานประสานกัน ผู้เรียนแต่ละคนมีจุดแข็งของปัญญาแตกต่างกัน แนวคิดนี้จึงสอดคล้องกับหลักการออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคนในหัวข้อ 3.6 กล่าวคือ ครูวิทยาศาสตร์ควรเปิดหลายช่องทางให้ผู้เรียนเข้าถึงมโนทัศน์เดียวกันและแสดงความเข้าใจได้หลายรูปแบบ ดังตารางที่ 7

Library and Learning, University of Phayao

ตารางที่ 7 พหุปัญญาแปดด้านกับแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ด้านพหุปัญญา	ลักษณะเด่นของผู้เรียน	แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
1. ปัญญาด้านภาษา (Linguistic)	ถนัดการใช้ถ้อยคำ การอ่าน การเขียน และการเล่าเรื่อง	เขียนรายงานการทดลอง อภิปรายและโต้แย้งด้วยหลักฐานตามกรอบ CER นำเสนอผลการสืบเสาะปากเปล่า
2. ปัญญาด้านตรรกะ-คณิตศาสตร์ (Logical-mathematical)	ถนัดการให้เหตุผล ตัวเลข และการมองเห็นแบบรูป	วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล สร้างกราฟ ทดสอบสมมติฐาน คำนวณปริมาณทางวิทยาศาสตร์

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ด้านพหุปัญญา	ลักษณะเด่นของผู้เรียน	แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
3. ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial)	ถนัดการคิดเป็นภาพ แผนภาพ และการจินตภาพ	วาดแบบจำลอง เขียนแผนผังมโนทัศน์ ออกแบบอินโฟกราฟิก สร้างแบบจำลองสามมิติ
4. ปัญญาด้านดนตรี (Musical)	ถนัดจังหวะ ทำนอง และการรับรู้เสียง	ศึกษาเรื่องเสียงและคลื่นจากเครื่องดนตรี แต่งเพลงหรือจังหวะสรุปมโนทัศน์ช่วยการจำ
5. ปัญญาด้านร่างกาย-การเคลื่อนไหว (Bodily-kinesthetic)	ถนัดการลงมือปฏิบัติ การสัมผัส และการเคลื่อนไหว	ลงมือทำปฏิบัติการทดลอง แสดงบทบาทสมมติจำลองปรากฏการณ์ ประดิษฐ์ชิ้นงานวิทยาศาสตร์
6. ปัญญาด้านมนุษยสัมพันธ์ (Interpersonal)	ถนัดการทำงานร่วมกับผู้อื่นและการสื่อสาร	สืบเสาะแบบกลุ่ม กิจกรรมเพื่อนช่วยเพื่อน อภิปรายกลุ่ม และโครงงานร่วมกับชุมชน
7. ปัญญาด้านการเข้าใจตนเอง (Intrapersonal)	ถนัดการใคร่ครวญ กำกับตนเอง และตระหนักรู้ในตน	เขียนบันทึกสะท้อนคิด ตั้งเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง และประเมินตนเอง
8. ปัญญาด้านธรรมชาติวิทยา (Naturalistic)	ถนัดการสังเกตและจำแนกสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ	สำรวจภาคสนาม จำแนกสิ่งมีชีวิต และทำโครงงานสิ่งแวดล้อมในบริบทท้องถิ่น

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก Gardner, 2011)

ตารางที่ 7 ชี้ให้เห็นว่าการนำทฤษฎีพหุปัญญาไปใช้ออกแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรใช้ในฐานะ “หลายช่องทางการเข้าถึงมโนทัศน์เดียวกัน” มิใช่การจัดกลุ่มหรือติดฉลากผู้เรียนตามประเภทปัญญาแบบตายตัว เพราะหลักฐานวิจัยไม่สนับสนุนการจับคู่วิธีสอนกับแบบการเรียนรายบุคคลแบบเจาะจง แนวปฏิบัติที่เหมาะสมคือการออกแบบหน่วยการเรียนรู้หนึ่ง ๆ ให้มีกิจกรรมผสมผสานหลายด้าน เช่น หน่วยเรื่องระบบนิเวศอาจให้ผู้เรียนสำรวจภาคสนาม (ธรรมชาติวิทยา) วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้ (ตรรกะ-คณิตศาสตร์) เขียนแผนผังสายใยอาหาร (มิติสัมพันธ์) อภิปรายกลุ่ม (มนุษยสัมพันธ์) และเขียนสะท้อนคิด (การเข้าใจตนเอง) เมื่อผนวกกับการออกแบบย้อนกลับในหัวข้อ 3.5 และหลักการออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคนในหัวข้อ 3.6 ทฤษฎีพหุปัญญาจึงเป็นเครื่องมือเสริมที่ช่วยให้แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างเป็นรูปธรรม

Library and Learning, University of Phayao

3.8 ทฤษฎีแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

องค์ประกอบหนึ่งที่มักถูกมองข้ามในการออกแบบการเรียนรู้ แต่สำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จ คือ แรงจูงใจของผู้เรียน ในทัศนะของผู้เขียนซึ่งสอนฟิสิกส์มากว่าสองทศวรรษ ผู้เรียนจำนวนมากมีความสามารถเพียงพอที่จะเข้าใจวิทยาศาสตร์ แต่กลับถอดใจเพราะขาดแรงจูงใจ การเข้าใจทฤษฎีแรงจูงใจจึงเป็นส่วนสำคัญของการเป็นครูวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ และเป็นรากฐานของเสาหลักรากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางในกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ทฤษฎีแรงจูงใจที่มีอิทธิพลและมีหลักฐานสนับสนุนมากที่สุดในปัจจุบันคือทฤษฎีการกำหนดตนเอง (Self-Determination Theory: SDT) ของ Ryan และ Deci (2000) ซึ่งเสนอว่าแรงจูงใจที่ยั่งยืนเกิดจากการตอบสนองความต้องการพื้นฐานทางจิตวิทยา 3 ประการ ได้แก่ ความเป็นอิสระในการกำกับตนเอง (autonomy) ความรู้สึกว่าตนมีความสามารถ (competence) และความรู้สึกเชื่อมโยงกับผู้อื่น (relatedness) การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบและการวิเคราะห์อภิมานโดย Wang et al. (2024) ที่วิเคราะห์การทดลองเชิงแทรกแซงบนฐาน SDT จำนวน 36 ชิ้น (ผู้เข้าร่วม 11,792 คน) พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนความต้องการพื้นฐานทั้งสามช่วยเพิ่มแรงจูงใจภายใน ความเป็นอิสระ และความรู้สึกมีความสามารถของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในบริบทของการศึกษาสะเต็มโดยเฉพาะ Johansen et al. (2023) ได้ศึกษาผลของการเพิ่มความเกี่ยวข้องของเนื้อหากับชีวิตผู้เรียน (content relevance) ต่อแรงจูงใจ และพบว่าการที่ครูช่วยให้ผู้เรียนเห็นว่าเนื้อหาวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของตนอย่างไร ช่วยเพิ่มแรงจูงใจแบบอิสระ (autonomous motivation) และความรู้สึกมีพลังในการเรียน (vitality) ข้อค้นพบนี้มีนัยเชิงปฏิบัติที่ชัดเจนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ คือการตอบคำถามที่ผู้เรียนมักสงสัยว่า “เรียนเรื่องนี้ไปทำไม” มิใช่เรื่องรองที่ครูจะข้ามได้ แต่เป็นกลไกสำคัญในการสร้างแรงจูงใจ

ผู้เขียนเห็นว่า นัยเชิงปฏิบัติของทฤษฎีแรงจูงใจต่อการออกแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีสามประการ ประการแรก การสนับสนุนความเป็นอิสระ ครูควรเปิดให้ผู้เรียนมีทางเลือกในการเรียนรู้ เช่น เลือกหัวข้อโครงงานหรือวิธีการสืบเสาะ แทนที่จะกำหนดทุกอย่างให้ ประการที่สอง การสนับสนุนความรู้สึกมีความสามารถ ครูควรออกแบบงานที่ท้าทายในระดับที่เหมาะสมและให้ผลป้อนกลับที่ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความก้าวหน้าของตน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด ZPD และทฤษฎีภาระทางปัญญาที่กล่าวมาก่อนหน้า และประการที่สาม การสนับสนุนความรู้สึกเชื่อมโยง ครูควรสร้างบรรยากาศชั้นเรียนที่ปลอดภัยและส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน ทั้งสามประการนี้เชื่อมโยงทฤษฎีแรงจูงใจเข้ากับหลักการออกแบบการเรียนรู้ที่นำเสนอตลอดบทนี้อย่างเป็นระบบ

ในบริบทห้องเรียนไทยที่ระบบการสอบแข่งขันมีอิทธิพลสูง แรงจูงใจภายในของผู้เรียนมักถูกแทนที่ด้วยแรงจูงใจภายนอกที่มุ่งคะแนนสอบ ครูวิทยาศาสตร์จึงควรออกแบบงานที่ให้ผู้เรียนได้เลือกประเด็นศึกษาด้วยตนเอง เห็นความก้าวหน้าของความสามารถ และเชื่อมเนื้อหากับปรากฏการณ์ในชีวิตจริง เพื่อรักษาความอยากรู้อยากเห็นซึ่งเป็นแรงขับสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ควบคู่กับการเตรียมความพร้อมด้านการประเมินระดับชาติ

3.9 การเรียนรู้แบบร่วมมือในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์

แนวปฏิบัติที่ต่อยอดโดยตรงจากคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมของ Vygotsky คือการเรียนรู้แบบร่วมมือ (cooperative learning) ซึ่งหมายถึงการจัดให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันในกลุ่มเล็กเพื่อบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ร่วมกัน โดยมีโครงสร้างที่ทำให้สมาชิกแต่ละคนต้องพึ่งพากันในทางบวก (positive

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

interdependence) และรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนและของกลุ่ม การเรียนรู้แบบร่วมมือมิใช่เพียงการ “จับกลุ่มทำงาน” ตามที่เข้าใจกันโดยทั่วไป แต่เป็นการออกแบบปฏิสัมพันธ์อย่างจงใจเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดที่นำไปสู่การสร้างความรู้ร่วมกัน

ผู้เขียนขอเน้นความแตกต่างระหว่างการเรียนรู้แบบร่วมมือที่แท้จริงกับการทำงานกลุ่มทั่วไป ในการทำงานกลุ่มทั่วไป ผู้เรียนที่เก่งกว่ามักทำงานเกือบทั้งหมดขณะที่สมาชิกคนอื่นมีส่วนร่วมน้อย ปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการเกาะกลุ่ม (free-riding) แต่การเรียนรู้แบบร่วมมือที่ออกแบบดีจะมีโครงสร้างที่ป้องกันปัญหานี้ เช่น การมอบหมายบทบาทเฉพาะให้สมาชิกแต่ละคน การใช้เทคนิคจิ๊กซอว์ (jigsaw) ที่สมาชิกแต่ละคนต้องเชี่ยวชาญเนื้อหาส่วนหนึ่งแล้วสอนเพื่อน และการประเมินที่วัดทั้งผลงานกลุ่มและความรับผิดชอบรายบุคคล

หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนประสิทธิผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือในวิทยาศาสตร์อย่างหนักแน่น การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบและการวิเคราะห์อภิมานแนวทางการสอนเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดย Ahmad et al. (2023) ที่วิเคราะห์แนวทางการสอน 35 แนวทาง พบว่าการใช้กลวิธีการสอนที่หลากหลายช่วยยกระดับผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเหนือกว่าการสอนแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีขนาดอิทธิพลโดยรวม (Cohen’s d) เท่ากับ 1.06 และที่น่าสนใจเป็นพิเศษคือการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีขนาดอิทธิพลสูงถึง 3.35

จากประสบการณ์ของผู้เขียน ข้อค้นพบนี้มีนัยที่ต้องตีความอย่างรอบคอบ ขนาดอิทธิพลที่สูงมากของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสะท้อนศักยภาพของแนวทางที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการเรียนรู้ร่วมกัน แต่ก็ต้องระลึกว่าผลลัพธ์ในงานวิจัยเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่ออกแบบและควบคุมอย่างดี การนำไปใช้ในชั้นเรียนจริงต้องอาศัยการออกแบบการเสริมต่อการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียนที่เหมาะสม มิฉะนั้นการเรียนรู้แบบร่วมมืออาจไม่เกิดผลตามที่คาดหวัง ซึ่งสอดคล้องกับข้อถกเถียงเรื่องคุณภาพของการชี้แนะที่อภิปรายไว้ในหัวข้อ 3.4

สำหรับครูวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้แบบร่วมมือมีคุณค่าพิเศษเพราะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เองเป็นกิจกรรมทางสังคม นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นชุมชนที่ตรวจสอบและต่อยอดความรู้ซึ่งกันและกัน การให้ผู้เรียนได้โต้แย้งบนฐานหลักฐาน อภิปรายการตีความข้อมูล และสร้างคำอธิบายร่วมกัน จึงเป็นการจำลองวิธีการทำงานจริงของวิทยาศาสตร์ และเชื่อมโยงโดยตรงกับการพัฒนาทักษะการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่จะอภิปรายในบทที่ 4 การเรียนรู้แบบร่วมมือจึงเป็นทั้งวิธีการเรียนรู้และเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน

3.10 การบูรณาการการออกแบบการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียนตามแบบจำลอง The STUDIES Model

ในบริบทการผลิตครูของไทย พิจิตรา ธงพานิช (2561) ได้พัฒนาและวิจัยแบบจำลอง The STUDIES Model เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียนสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู แบบจำลองนี้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผสานหลักการออกแบบย้อนกลับและการประเมินอิงมาตรฐานเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 7 ประการตามตัวอักษร S-T-U-D-I-E-S ได้แก่ การกำหนดจุดหมายการเรียนรู้ (Setting learning goals) การวิเคราะห์ภาระงาน (Task analysis) การออกแบบการเรียนการสอนที่เป็นสากล (Universal design for instruction) การเรียนรู้จากสื่อดิจิทัล (Digital learning) การบูรณาการความรู้ (Integrated knowledge) การประเมินเพื่อปรับปรุงการสอน (Evaluation to improve teaching) และการประเมินอิงมาตรฐาน (Standard-based assessment)

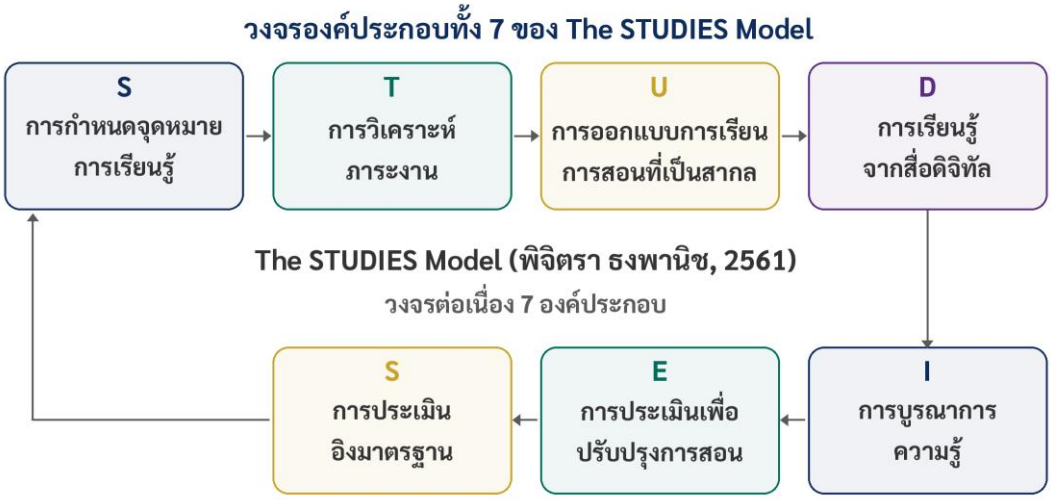
จุดเด่นของ The STUDIES Model คือการเชื่อมโยงการออกแบบการเรียนรู้ การใช้สื่อดิจิทัล และการประเมินอิงมาตรฐานให้เป็นวงจรเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องโดยตรงกับเสาหลักรากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและเสาหลักการประเมินที่ต่อเนื่องของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ในหนังสือเล่มนี้ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์สามารถใช้ขั้นตอนทั้งเจ็ดของ The STUDIES Model เป็นกรอบปฏิบัติในการแปลงตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางฯ (ดังกล่าวในบทที่ 2) ไปสู่แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์

เพื่อให้นักศึกษาครูนำไปใช้ได้จริง ผู้เขียนขอขยายความองค์ประกอบทั้งเจ็ดในเชิงปฏิบัติ องค์ประกอบแรก การกำหนดจุดหมายการเรียนรู้ (S) คือการระบุผลลัพธ์ที่พึงประสงค์อย่างชัดเจนในรูปพฤติกรรมที่สังเกตและประเมินได้ ซึ่งสอดคล้องกับขั้นแรกของการออกแบบย้อนกลับ องค์ประกอบที่สอง การวิเคราะห์ภาระงาน (T) คือการแยกแยะว่าผลลัพธ์นั้นต้องอาศัยความรู้ ทักษะ และเจตคติย่อยใดบ้าง เพื่อออกแบบลำดับการเรียนรู้ที่เหมาะสม องค์ประกอบที่สาม การออกแบบการเรียนการสอนที่เป็นสากล (U) คือการประยุกต์หลักการ UDL เพื่อให้ผู้เรียนที่หลากหลายเข้าถึงการเรียนรู้ได้

องค์ประกอบที่สี่ การเรียนรู้จากสื่อดิจิทัล (D) คือการบูรณาการเทคโนโลยีอย่างมีความหมายตามหลัก TPACK ที่กล่าวในบทที่ 1 องค์ประกอบที่ห้า การบูรณาการความรู้ (I) คือการเชื่อมโยงความรู้ข้ามหน่วยและข้ามสาขาเพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพรวม องค์ประกอบที่หก การประเมินเพื่อปรับปรุงการสอน (E) คือการใช้การประเมินเพื่อพัฒนาเป็นข้อมูลปรับการสอน ตามหลักการประเมินเพื่อพัฒนาของ Black และ Wiliam และองค์ประกอบที่เจ็ด การประเมินอิงมาตรฐาน (S) คือการตัดสินผลการเรียนรู้เทียบกับมาตรฐานที่กำหนด คุณค่าของแบบจำลองนี้อยู่ที่การร้อยองค์ประกอบทั้งเจ็ด ให้เป็นวงจรต่อเนื่อง มิใช่ขั้นตอนแยกส่วน ซึ่งช่วยให้นักศึกษาครูเห็นภาพรวมของกระบวนการออกแบบการเรียนรู้ทั้งระบบ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 10 วงจรองค์ประกอบทั้งเจ็ด ของ The STUDIES Model สำหรับการออกแบบการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก พิจิตรา ธงพานิช, 2561)

ภาพที่ 10 แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทั้งเจ็ด ของ The STUDIES Model มิใช่รายการตรวจสอบที่ทำครั้งเดียวจบ แต่เป็นวงจรที่ไหลต่อเนื่องจากการกำหนดจุดหมายไปสู่การประเมินอิงมาตรฐาน แล้ววนกลับมาทบทวนจุดหมายรอบใหม่ ผลการประเมินในองค์ประกอบท้ายจึงเป็นข้อมูลตั้งต้นของการออกแบบรอบถัดไป สอดรับกับหลักการประเมินเพื่อพัฒนาที่อภิปรายในหัวข้อนี้ และชี้ทิศการต่อยอดสู่ The STUDIES: Education 5.0 ที่ผสานปัญญาประดิษฐ์เข้ากับคุณค่าเชิงมนุษยนิยม

ปัจจุบันแบบจำลองดังกล่าวอยู่ระหว่างการพัฒนาต่อยอดสู่ The STUDIES: Education 5.0 เพื่อขยายขีดความสามารถให้สอดรับกับบริบทการศึกษายุค 5.0 ที่ผสานคุณค่าเชิงมนุษยนิยมเข้ากับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยร่วมระหว่างผู้เขียนกับ พิจิตรา ธงพานิช ที่อยู่ระหว่างการตีพิมพ์ (in press) ซึ่งจะเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์เพิ่มเติมที่เชื่อมโยงกระบวนทัศน์ NPU Paradigm กับแบบจำลอง STUDIES ในการพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครู

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (ชีววิทยา)

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการนำทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไปใช้กับการสอนชีววิทยาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นหนึ่งในมโนทัศน์ที่ผู้เรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุดในวิชาชีววิทยา ผลการวิจัยเชิงมโนทัศน์ทั่วโลกชี้ตรงกันว่าผู้เรียนจำนวนมาก แม้ในระดับมัธยมปลาย ยังเชื่อว่า “พืชได้อาหารจากดินผ่านราก” เช่นเดียวกับที่มนุษย์กินอาหาร ความเชื่อนี้มีรากลึกจากการสังเกตในชีวิตประจำวันที่เห็นว่า

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

พืชเติบโตได้เมื่อรดน้ำและใส่ปุ๋ย จึงสรุปว่าสสารที่ทำให้พืชโตมาจากดิน ในทัศนะของผู้เขียน ครูต้องเข้าใจว่ามโนทัศน์นี้ดื้อต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นพิเศษ เพราะขัดกับสามัญสำนึกที่ว่ามวลของต้นไม้ใหญ่ไม่น่าจะมาจาก “อากาศ” ที่มองไม่เห็น

ครูที่สอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์จะไม่เริ่มจากการบอกสมการการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่เริ่มจากการสำรวจมโนทัศน์เดิมด้วยคำถามกระตุ้น เช่น “เมื่อต้นไม้เติบโตจากเมล็ดเล็ก ๆ จนเป็นต้นสูงใหญ่ มวลที่เพิ่มขึ้นมาจากที่ใด” คำถามนี้เปิดเผยทฤษฎีส่วนตัวของผู้เรียนออกมาให้ทั้งครูและตัวผู้เรียนเองได้เห็น จากนั้นครูจึงนำเสนอหลักฐานที่ท้าทายความเชื่อเดิม เช่น การทดลองคลาสสิกของ Van Helmont ที่ชั่งมวลดินก่อนและหลังปลูกต้นไม้แล้วพบว่าดินแทบไม่ลดลง ขณะที่ต้นไม้มีมวลเพิ่มขึ้นมาก

ผู้เขียนเสนอให้ครูออกแบบการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) อย่างจงใจในขั้นถัดมา โดยให้ผู้เรียนออกแบบการทดลองตรวจสอบว่าปัจจัยใดบ้างจำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น การใช้ใบไม้ที่ปิดบางส่วนด้วยฟอยล์เพื่อทดสอบบทบาทของแสง แล้วทดสอบการมีอยู่ของแป้งด้วยสารละลายไอโอดีน ในกระบวนการนี้ ครูค่อย ๆ ลดการชี้แนะลงเมื่อผู้เรียนเริ่มควบคุมตัวแปรได้เอง ซึ่งเป็นการประยุกต์แนวคิดเขตพัฒนาการใกล้เคียง (ZPD) ของ Vygotsky โดยตรง

ในด้านการประเมินตามหลักการออกแบบย้อนกลับ ครูควรออกแบบภาระงานที่ให้ผู้เรียนแสดงความเข้าใจเชิงลึก มิใช่เพียงท่องจำสมการ ตัวอย่างเช่น ให้ผู้เรียนอธิบายว่าเหตุใดมวลส่วนใหญ่ของต้นไม้จึงมาจากคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ พร้อมเชื่อมโยงกับวัฏจักรคาร์บอน ภาระงานเช่นนี้ประเมินได้ทั้งความเข้าใจมโนทัศน์และการถ่ายโยงความรู้สู่บริบทใหม่ ซึ่งเป็นหลักฐานของการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่แท้จริง สอดคล้องกับความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.5

จุดที่ครูชีววิทยามือใหม่มักพลาดคือการเข้าใจผิดว่า “คอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง ปล่อยให้ผู้เรียนค้นพบเองทั้งหมดโดยครูไม่แทรกแซง” ดังที่ได้อภิปรายไว้ในเนื้อหาหลักของบท หากครูปล่อยให้ผู้เรียนสำรวจโดยไร้การชี้แนะ ผู้เรียนอาจสรุปผิดหรือไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานกับมโนทัศน์ได้ คอนสตรัคติวิสต์ที่ได้ผลจึงคือการที่ครูออกแบบลำดับประสบการณ์และการเสริมต่อการเรียนรู้อย่างแม่นยำ เพื่อนำทางให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องด้วยตนเอง มิใช่การถอยออกจากบทบาทการสอน

Library and Learning, University of Phayao

3.11 การสังเคราะห์ เมื่อใดควรใช้ทฤษฎีใด

เมื่อพิจารณาทฤษฎีและแนวคิดการเรียนรู้ที่นำเสนอในบทนี้ร่วมกัน คำถามเชิงปฏิบัติที่สำคัญที่สุดสำหรับครูคือ เมื่อใดควรใช้ทฤษฎีใด ผู้เขียนสังเกตว่า ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อยคือการเข้าใจว่าทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ ขัดแย้งกันและครูต้องเลือกยึดทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่ง แท้จริงแล้วทฤษฎีเหล่านี้ส่วนใหญ่เสริมกัน และตอบคำถามคนละด้านของการเรียนรู้ ครูที่เชี่ยวชาญจึงมิได้ยึดทฤษฎีเดียว แต่เลือกใช้

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

มุมมองที่เหมาะกับเป้าหมายและสถานการณ์เฉพาะ การสังเคราะห์ว่าทฤษฎีใดให้คำตอบต่อคำถามเชิงการสอนแบบใด สรุปได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แนวทางเลือกใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ตามคำถามเชิงการสอน

ทฤษฎี/แนวคิด	ตอบคำถามเชิงการสอน	เหมาะใช้เมื่อ
คอนสตรัคติวิสต์	ผู้เรียนสร้างความเข้าใจอย่างไร	ออกแบบให้ผู้เรียนสำรวจและสร้างความรู้ด้วยตนเอง เช่น ขั้นสำรวจของการสืบเสาะ
ทฤษฎีพุทธิปัญญา / ภาระทางปัญญา	จะจัดการความจำใช้งานไม่ให้เกินขีดจำกัดอย่างไร	สอนเนื้อหาใหม่ที่ซับซ้อน ต้องจัดลำดับและลดภาระที่ไม่จำเป็น
การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding)	จะช่วยผู้เรียนทำสิ่งที่ยังทำเองไม่ได้อย่างไร	ผู้เรียนเผชิญงานที่ท้าทายเกินระดับปัจจุบัน ต้องการการช่วยเหลือชั่วคราว
การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน (UDL)	จะออกแบบให้ผู้เรียนที่หลากหลายเข้าถึงได้อย่างไร	ห้องเรียนมีผู้เรียนหลากหลาย รวมถึงผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ
ทฤษฎีแรงจูงใจ (SDT)	จะสร้างและรักษาแรงจูงใจของผู้เรียนอย่างไร	ผู้เรียนขาดความสนใจหรือความมุ่งมั่น ต้องเสริมความเป็นอิสระ ความสามารถ และความสัมพันธ์
การเรียนรู้แบบร่วมมือ	จะให้ผู้เรียนเรียนรู้จากกันและกันอย่างไร	ต้องการให้ผู้เรียนสร้างความรู้ร่วมกันผ่านการมีส่วนร่วมเชิงปฏิสัมพันธ์

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

ตารางที่ 8 ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือตัดสินใจ โดยจับคู่ทฤษฎีและแนวคิดแต่ละตัวกับคำถามเชิงการสอนที่ตอบได้และสถานการณ์ที่เหมาะใช้ ช่วยให้ครูเลือกใช้ทฤษฎีตามโจทย์จริงแทนการยึดทฤษฎีเดียว

ในมุมมองของผู้เขียน ตารางนี้สื่อหลักการสำคัญว่าทฤษฎีการเรียนรู้เป็นเครื่องมือคิดที่ครูเลือกใช้ตามสถานการณ์ มิใช่หลักความเชื่อที่ต้องเลือกข้าง ครูที่เข้าใจเช่นนี้จะออกแบบการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและตอบสนองความต้องการจริงของผู้เรียนได้ดีกว่าครูที่ยึดทฤษฎีเดียวอย่างตายตัว

เพื่อให้เห็นการบูรณาการทฤษฎีอย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการประยุกต์ข้ามทฤษฎีในหน่วยการเรียนรู้เดียว สมมติครูชีววิทยาออกแบบหน่วยการเรียนรู้เรื่องระบบนิเวศสำหรับชั้นมัธยมศึกษา ในการออกแบบหน่วยนี้ ครูใช้ทฤษฎีหลายมุมมองประสานกัน เริ่มจากการออกแบบย้อนกลับเพื่อกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้และหลักฐานก่อน จากนั้นในขั้นเปิดหน่วย ครูใช้ทฤษฎีแรงจูงใจด้วยการเชื่อมโยงระบบนิเวศกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นที่ผู้เรียนสนใจ เพื่อสร้างความเป็นอิสระและความหมาย ในการสอน

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

มโนทัศน์ใหม่ที่ซับซ้อน เช่น สายใยอาหารและการถ่ายทอดพลังงาน ครูคำนึงถึงภาระทางปัญญาด้วยการจัดลำดับเนื้อหาและใช้แผนภาพช่วย

ต่อมาครูออกแบบกิจกรรมสำรวจตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ให้ผู้เรียนสำรวจระบบนิเวศจริงและสร้างคำอธิบายความสัมพันธ์ด้วยตนเอง โดยครูใช้การเสริมต่อการเรียนรู้ผ่านคำถามนำและเครื่องมือบันทึกข้อมูลที่มีโครงสร้าง แล้วค่อยถอนเมื่อผู้เรียนทำได้เอง ครูจัดให้ทำงานเป็นกลุ่มตาม การเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อให้ผู้เรียนสร้างความรู้ร่วมกันผ่านการอภิปราย และตลอดหน่วย ครูยึดหลักการ ออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคนด้วยการเปิดหลายช่องทางให้ผู้เรียนเข้าถึงและแสดงความเข้าใจ เช่น การเขียน การวาดแผนภาพ และการนำเสนอด้วยวาจา อาจกล่าวได้ว่า ตัวอย่างนี้แสดงว่าการออกแบบการเรียนรู้ที่มีคุณภาพมิได้อาศัยทฤษฎีเดียว แต่อยู่ที่ครูผสานหลายทฤษฎีอย่างมีวิจารณญาณในหน่วยเดียว โดยแต่ละทฤษฎีตอบโจทย์คนละด้านของการเรียนรู้ ซึ่งสะท้อนหลักการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและการตัดสินใจเชิงวิชาชีพที่เป็นแก่นของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

3.12 สรุปท้ายบท

บทนี้ได้วางรากฐานทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทั้งคอนสตรัคติวิสต์ การออกแบบย้อนกลับ และ UDL ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 1 (รากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง) ของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm และเป็นฐานสำหรับการออกแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบทถัด ๆ ไป

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 9 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 3 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ การออกแบบย้อนกลับ การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน (UDL) และ The STUDIES Model	ทักษะการวิเคราะห์ผู้เรียน การออกแบบการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ และการสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์	การเคารพความแตกต่างของผู้เรียน ความเอาใจใส่ และความเชื่อในศักยภาพของผู้เรียนทุกคน	สมรรถนะการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (CLO1)	เขียนแผนด้วยเทคนิคออกแบบย้อนกลับ และ UDL ออกแบบทางเลือกที่หลากหลายตามความแตกต่างของผู้เรียน ใช้ขั้นตอน STUDIES Model เป็นกรอบประเมินด้วยภาระงานที่สะท้อนเป้าหมายและเกณฑ์ที่กำหนดล่วงหน้า

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 9 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะ พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน ช่วยให้ผู้สอนเห็นเส้นทางจากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- ยกตัวอย่างการใช้การเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) ในการสอนแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรม
- วิเคราะห์ว่าการออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน (UDL) ช่วยลดอุปสรรคการเรียนรู้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร
- ออกแบบโครงร่างหน่วยการเรียนรู้สั้น ๆ ด้วยขั้นตอนการออกแบบย้อนกลับ (backward design)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 3

ธนเดช ติ้ววงค์, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2568). แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรวมสำหรับนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 1. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 23(1), 230–241. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/suedujournal/article/view/275559

พิจิตรา ธงพานิช. (2561). การพัฒนารูปแบบ The STUDIES Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. นครปฐม โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.

Ahmad, Z., Ammar, M., Sellami, A., & Al-Thani, N. J. (2023). Effective pedagogical approaches used in high school chemistry education: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Chemical Education, 100*(5), 1796–1810. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00739

Almeqdad, Q. I., Alodat, A. M., Alquraan, M. F., Mohaidat, M. A., & Al-Makhzoomy, A. K. (2023). The effectiveness of universal design for learning: A systematic review of the literature and meta-analysis. *Cogent Education, 10*(1), 2218191. https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2218191

Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education, 32*(3), 347–364. https://doi.org/10.1007/BF00138871

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 5*(1), 7–74. https://doi.org/10.1080/0969595980050102

CAST. (2018). *Universal design for learning guidelines version 2.2*. CAST. https://udlguidelines.cast.org

Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences* (3rd ed.). Basic Books.

Gin, L. E., Guerrero, F. A., Cooper, K. M., & Brownell, S. E. (2020). Is active learning accessible? Exploring the process of providing accommodations to students with disabilities. *CBE—Life Sciences Education, 19*(4), es12. https://doi.org/10.1187/cbe.20-03-0049

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42*(2), 99–107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Johansen, M. O., Eliassen, S., & Jeno, L. M. (2023). "Why is this relevant for me?": Increasing content relevance enhances student motivation and vitality. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1184804. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1184804

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist, 41*(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

Mastropieri, M. A., & Scruggs, T. E. (1992). Science for students with disabilities. *Review of Educational Research, 62*(4), 377–411. https://doi.org/10.3102/00346543062004377

Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. International Universities Press.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist, 55*(1), 68–78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68

Sweller, J., van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, *31*, 261–292. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wang, Y., Wang, H., Wang, S., Wind, S. A., & Gill, C. (2024). A systematic review and meta-analysis of self-determination-theory-based interventions in the education context. *Learning and Motivation*, *87*, 102015. https://doi.org/10.1016/j.lmot.2024.102015

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2nd ed.). ASCD.

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 4 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และการคิดขั้นสูง

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายกรอบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และความสำคัญต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้
- วิเคราะห์การคิดขั้นสูงตามอนุกรมวิธานของ Bloom และการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้
- ประเมินการบูรณาการความรู้ ทักษะ และเจตคติสู่สมรรถนะของผู้เรียนได้
- ออกแบบกิจกรรมและการประเมินที่ส่งเสริมการคิดขั้นสูงและการโต้แย้งได้

4.1 เหตุใดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 จึงเป็นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกในศตวรรษที่ 21 ทั้งด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม ได้เปลี่ยนคำถามพื้นฐานของการศึกษาจาก “ผู้เรียนควรรู้อะไร” ไปสู่ “ผู้เรียนควรทำอะไรได้ด้วยความรู้นั้น” การเปลี่ยนคำถามนี้มีนัยลึกซึ้งต่อการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะท้าทายแนวทางดั้งเดิมที่เน้นการสะสมเนื้อหา และเรียกร้องให้ครูออกแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาการคิด วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญญาประดิษฐ์สามารถทำงานที่อาศัยการจดจำและการคำนวณตามรูปแบบได้ ดังที่จะอภิปรายในบทที่ 8 ทักษะที่เป็นเอกลักษณ์ของมนุษย์ เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ และการให้เหตุผล จึงยิ่งทวีความสำคัญ

บทนี้มุ่งปูพื้นความเข้าใจเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และการคิดขั้นสูง ก่อนนำสู่แนวทางการพัฒนาทักษะเหล่านี้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มจากกรอบทักษะระดับสากล อนุกรมวิธานของ Bloom ฉบับปรับปรุงในฐานะเครื่องมือออกแบบการคิด การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในฐานะหัวใจของการให้เหตุผล การบูรณาการความรู้ ทักษะ และเจตคติสู่สมรรถนะ และปิดท้ายด้วยแบบจำลอง NSW Model ที่เป็นกระบวนทัศน์การสอนเพื่อส่งเสริมการคิดขั้นสูงในบริบทไทย

Library and Learning University of Phayao

นิยามศัพท์สำคัญ

ผู้เขียนขอนิยามคำสำคัญในบทนี้เพื่อความเข้าใจตรงกัน

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st century skills) หมายถึง ชุดของความสามารถที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการทำงานในโลกปัจจุบัน ครอบคลุมการคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการร่วมมือ

การคิดขั้นสูง (higher-order thinking) หมายถึง กระบวนการคิดที่เกินกว่าการจดจำและการเข้าใจขั้นพื้นฐาน ได้แก่ การวิเคราะห์ การประเมิน และการสร้างสรรค์

สมรรถนะ (competency) หมายถึง ความสามารถในการระดมใช้ความรู้ ทักษะ และเจตคติอย่างบูรณาการเพื่อปฏิบัติภารกิจในสถานการณ์จริง ดังที่นิยามไว้ในบทที่ 1

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

4.2 กรอบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 มักถูกสรุปเป็นสมรรถนะ 4Cs ได้แก่ การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical thinking) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) การสื่อสาร (Communication) และการร่วมมือ (Collaboration) องค์การระหว่างประเทศ เช่น OECD ได้พัฒนากรอบสมรรถนะแห่งอนาคต (OECD Learning Compass 2030) ที่เน้นความสามารถในการปรับตัว การกำกับตนเอง และความรับผิดชอบ Kim et al. (2019) ชี้ว่า การพัฒนาทักษะการสอนแห่งศตวรรษที่ 21 ของครูเป็นเงื่อนไขสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาทักษะดังกล่าวในตัวผู้เรียน

ผู้เขียนขอเสนอว่า ครูควรเข้าใจว่าแนวคิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 มิใช่เรื่องใหม่ทั้งหมด แต่เป็นการเน้นย้ำและจัดระบบความสามารถที่การศึกษาที่ดีพยายามพัฒนามาโดยตลอด สิ่งที่เปลี่ยนไปคือบริบทที่ทำให้ทักษะเหล่านี้สำคัญยิ่งขึ้น เมื่อความรู้เข้าถึงได้ง่ายและเปลี่ยนแปลงเร็ว การเรียนรู้ ปรับตัว และคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงมีค่ามากกว่าการจดจำเนื้อหาที่อาจล้าสมัย นอกจากนี้ ผู้เขียนขอชี้ข้อสังเกตเชิงวิพากษ์ว่า กรอบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่หลากหลายมีจุดอ่อนร่วมกันคือความคลุมเครือในการนิยามและการวัด ครูจึงต้องระวังมิให้ทักษะเหล่านี้กลายเป็นเพียงวาทกรรมลอย ๆ แต่ต้องแปลงเป็นพฤติกรรมที่สังเกตและประเมินได้ในบริบทของเนื้อหาวิทยาศาสตร์เฉพาะเรื่อง

จุดสำคัญที่ผู้เขียนเน้นย้ำคือ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 มิอาจสอนแยกจากเนื้อหาได้ การคิดเชิงวิพากษ์ในวิชาฟิสิกส์ย่อมแตกต่างจากการคิดเชิงวิพากษ์ในวิชาประวัติศาสตร์ เพราะอาศัยความรู้และวิธีการเฉพาะของศาสตร์นั้น ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์จึงพัฒนาทักษะเหล่านี้ได้ดีที่สุดผ่านการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ออกแบบให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ และสร้างสรรค์ มิใช่ผ่านการสอนทักษะแบบลอยตัวแยกจากเนื้อหา มุมมองนี้สอดคล้องกับแนวคิด PCK ในบทที่ 1 และเป็นรากฐานของการเชื่อมโยงทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้ากับการคิดขั้นสูงที่จะอภิปรายต่อไป

4.2.1 การคิดเชิงวิพากษ์และหลักฐานเชิงประจักษ์ของการสืบเสาะ

ในบรรดาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ทั้งหมด การคิดเชิงวิพากษ์ (critical thinking) เป็นทักษะที่ได้รับความสนใจมากที่สุดในการวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ การคิดเชิงวิพากษ์หมายถึงการวิเคราะห์ ประเมิน และตัดสินข้อมูลและข้ออ้างอย่างมีเหตุผลบนฐานหลักฐาน ซึ่งเป็นทักษะที่สอดคล้องโดยตรงกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่อภิปรายในบทที่ 1 การคิดเชิงวิพากษ์เป็นทั้งเป้าหมายและวิธีการของการศึกษาวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ เป็นเป้าหมายที่ต้องการพัฒนาในตัวผู้เรียน และเป็นวิธีการที่ผู้เรียนใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย

คำถามเชิงปฏิบัติที่สำคัญคือ วิธีการสอนแบบใดพัฒนาการคิดเชิงวิพากษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบและการวิเคราะห์อภิมานโดย Arifin et al. (2025) ที่วิเคราะห์งานวิจัย 36 ชิ้น มีผู้เข้าร่วมเกือบ 4,000 คน พบว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (inquiry-based learning) ส่งผลเชิงบวก

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

อย่างมากต่อทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียนในการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยมีขนาดอิทธิพลเฉลี่ยสูงถึง 1.27

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขออ่านข้อค้นพบนี้อย่างมีวิจารณญาณ ขนาดอิทธิพลที่สูงมากนี้น่าสนใจ แต่งานวิจัยรายงานความแปรปรวนระหว่างการศึกษาที่สูงมาก (I^2 = 92%) ซึ่งหมายความว่าประสิทธิผลของการสืบเสาะแตกต่างกันมากตามบริบท ระดับชั้น และวิธีการเฉพาะ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับข้อถกเถียงเรื่องคุณภาพการชี้แนะในบทที่ 3 กล่าวคือ การสืบเสาะมิได้ได้ผลเท่ากันเสมอ แต่ขึ้นอยู่กับการออกแบบและการชี้แนะของครู ผู้เขียนเห็นว่า นัยเชิงปฏิบัติคือ ครูไม่ควรเข้าใจว่า “ให้ผู้เรียนสืบเสาะแล้วการคิดเชิงวิพากษ์จะเกิดขึ้นเอง” แต่ต้องออกแบบการสืบเสาะที่มีการชี้แนะเชิงโครงสร้างและการตั้งคำถามที่กระตุ้นการคิด จึงจะพัฒนาการคิดเชิงวิพากษ์ได้จริง

4.3 การคิดขั้นสูงและอนุกรมวิธานของ Bloom ฉบับปรับปรุง

Anderson และ Krathwohl (2001) ปรับปรุงอนุกรมวิธานของ Bloom เป็นลำดับขั้นการคิด 6 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ โดยสามระดับบนถือเป็นการคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking Skills: HOTS) การออกแบบคำถามและภาระงานที่ผลักดันผู้เรียนสู่ระดับวิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ จึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการสอนวิทยาศาสตร์

การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงอภิมานโดย Antonio และ Prudente (2023) ยืนยันว่าแนวทางการสอนแบบสืบเสาะ (inquiry-based approaches) ส่งผลเชิงบวกต่อทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียนวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับหลักฐานข้ามชาติของ Gómez และ Suárez (2020) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างการสอนแบบสืบเสาะ บรรยากาศโรงเรียน กับผลสัมฤทธิ์และการคิดเชิงวิพากษ์ จากข้อมูล PISA 2015

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่าการสรุปว่า “การสืบเสาะส่งผลดีเสมอ” เป็นการอ่านหลักฐานที่ตื้นเกินไป งานวิจัยเชิงอภิมานของ Furtak et al. ซึ่งวิเคราะห์ 37 งานทดลองและกึ่งทดลอง พบขนาดอิทธิพลเฉลี่ยที่ระดับ .50 ก็จริง แต่ข้อค้นพบที่สำคัญกว่าคือ กิจกรรมที่มี ครูเป็นผู้นำ (teacher-led) มีขนาดอิทธิพลสูงกว่ากิจกรรมที่ให้ ผู้เรียนนำเอง (student-led) อย่างเต็มที่ประมาณ .40 (Furtak et al., 2012) ข้อค้นพบนี้ท้าทายความเข้าใจที่แพร่หลายว่ายิ่งปล่อยให้ผู้เรียนค้นพบเองมากเท่าใดยิ่งดี และชี้ว่าการสืบเสาะที่ได้ผลคือการสืบเสาะที่มีการชี้แนะอย่างเหมาะสม (guided inquiry) มิใช่การสืบเสาะแบบปล่อยอิสระเต็มที่

นัยเชิงปฏิบัติของข้อถกเถียงนี้ต่อการผลิตครูวิทยาศาสตร์ไทยสำคัญ กล่าวคือ นักศึกษาครูมักถูกสอนให้เชื่อว่า “ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง” เท่ากับ “ครูต้องถอยออกให้มากที่สุด” แต่หลักฐานข้างต้นบ่งชี้ตรงกันข้ามว่า บทบาทการชี้แนะเชิงรุกของครู โดยเฉพาะในมิติญาณวิทยา (epistemic) เป็นปัจจัยชี้ขาดประสิทธิผล ด้วยเหตุนี้ กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ในหนังสือเล่มนี้จึงวางจุดยืนว่าการสืบเสาะต้องมาคู่กับการกำกับเชิงโครงสร้างของครู มิใช่การลดบทบาทครูลง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

4.3.1 การประยุกต์อนุกรมวิธานของ Bloom ในการออกแบบกิจกรรมวิทยาศาสตร์

เพื่อให้นักศึกษาครูนำอนุกรมวิธานของ Bloom ฉบับปรับปรุงไปใช้ได้จริง ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการออกแบบกิจกรรมที่ครอบคลุมระดับการคิดทั้งหกในการสอนเรื่องหนึ่ง โดยใช้หัวข้อระบบนิเวศเป็นตัวอย่าง ในระดับจำ (remember) ผู้เรียนระบุองค์ประกอบของระบบนิเวศได้ ในระดับเข้าใจ (understand) ผู้เรียนอธิบายความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อาหาร ในระดับประยุกต์ (apply) ผู้เรียนใช้ความรู้ทำนายผลกระทบเมื่อประชากรสิ่งมีชีวิตหนึ่งเปลี่ยนแปลง ในระดับวิเคราะห์ (analyze) ผู้เรียนแยกแยะปัจจัยที่ส่งผลต่อความสมดุลของระบบนิเวศ ในระดับประเมิน (evaluate) ผู้เรียนตัดสินแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมบนฐานหลักฐาน และในระดับสร้างสรรค์ (create) ผู้เรียนออกแบบแผนฟื้นฟูระบบนิเวศที่เสื่อมโทรม

คุณค่าของการออกแบบเช่นนี้มิได้อยู่ที่การไล่ระดับให้ครบทั้งหก แต่อยู่ที่การที่ครูตระหนักว่ากิจกรรมที่ตนออกแบบส่วนใหญ่อยู่ในระดับใด ครูวิทยาศาสตร์จำนวนมากออกแบบกิจกรรม และข้อสอบที่กระจุกอยู่ในระดับจำและเข้าใจ โดยไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ ประเมิน และสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นระดับการคิดขั้นสูงที่เป็นเป้าหมายของการศึกษาในศตวรรษที่ 21 การใช้อนุกรมวิธานของ Bloom เป็นเครื่องมือตรวจสอบตนเองจึงช่วยให้ครูปรับสมดุลของกิจกรรม และยกระดับการคิดของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ผู้เขียนขอย้ำว่าระดับการคิดขั้นสูงมิได้แยกขาดจากระดับพื้นฐาน แต่ตั้งอยู่บนฐานของความรู้ที่มั่นคง ผู้เรียนไม่อาจวิเคราะห์หรือประเมินสิ่งที่ตนไม่เข้าใจได้ ดังนั้นครูจึงต้องสร้างฐานความรู้ที่แข็งแรงควบคู่กับการพัฒนาการคิดขั้นสูง

ผู้เขียนขอให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับระดับการสร้างสรรค์ (create) ซึ่งเป็นระดับสูงสุดของอนุกรมวิธานและเป็นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่มักถูกละเลยในการสอนวิทยาศาสตร์ไทย มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องของศิลปะมากกว่าวิทยาศาสตร์ ทั้งที่ในความเป็นจริง ความคิดสร้างสรรค์เป็นหัวใจของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การตั้งคำถามวิจัยที่แปลกใหม่ การออกแบบการทดลองที่ชาญฉลาด ไปจนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงทฤษฎีที่ไม่เคยมีมาก่อน จากประสบการณ์ของผู้เขียน ครูวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ได้โดยการเปิดให้ผู้เรียนออกแบบการทดลองของตนเอง เสนอวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เช่นนี้สอดคล้องกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของสะเต็มศึกษา ซึ่งจะอภิปรายในบทที่ 7 และเป็นองค์ประกอบสำคัญของระดับการสร้างสรรค์ในแบบจำลอง NSW Model

4.4 การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลและการโต้แย้งบนฐานหลักฐานเป็นหัวใจของการรู้คิดเชิงวิทยาศาสตร์ Driver et al. (2000) วางรากฐานเชิงทฤษฎีว่าการโต้แย้ง (argumentation) คือการประสานหลักฐานเข้ากับทฤษฎีเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านข้อสรุป ซึ่งทำหน้าที่สองประการพร้อมกัน คือเป็นทั้งกลไกให้ผู้เรียนประสาน

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เป้าหมายเชิงมโนทัศน์กับเชิงญาณวิทยา และเป็นเครื่องมือทำให้กระบวนการคิดของผู้เรียนปรากฏชัดจนครูประเมินเพื่อพัฒนาได้

ต่อมา Osborne et al. (2004) ได้ทดสอบข้อเสนอนี้เชิงประจักษ์ผ่านการพัฒนาและประเมินสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่สนับสนุนการโต้แย้งในโรงเรียนมัธยมเป็นเวลาสองปี ข้อค้นพบสำคัญคือ คุณภาพการโต้แย้งของผู้เรียนไม่ได้เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ แต่ต้องอาศัยการออกแบบกิจกรรมและการพัฒนาสมรรถนะของครูในการจัดการการโต้แย้งอย่างจงใจ ผู้เขียนเห็นว่าประเด็นนี้คือช่องว่างที่พบบ่อยในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ไทย กล่าวคือ ครูจำนวนมากเข้าใจว่าการให้ผู้เรียน “อภิปรายกลุ่ม” เท่ากับการฝึกโต้แย้ง ทั้งที่การอภิปรายทั่วไปขาดโครงสร้างการประสานข้อกล่าวอ้าง-หลักฐาน-เหตุผลที่เป็นแก่นของ argumentation

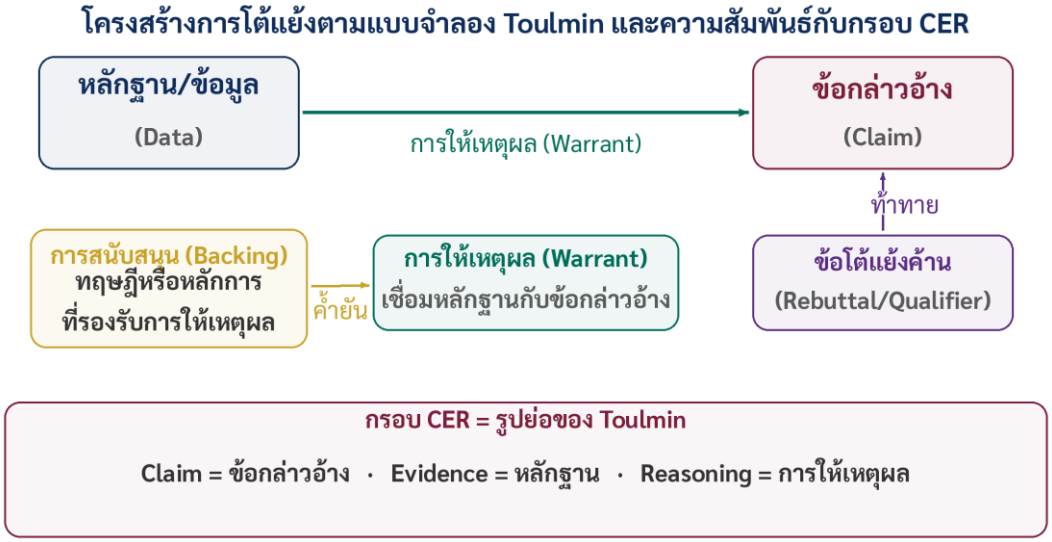
ด้วยเหตุนี้ กรอบ Claim–Evidence–Reasoning (CER) จึงเป็นเครื่องมือที่ครูวิทยาศาสตร์นำไปใช้ได้ทันที โดยกำหนดให้ผู้เรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง (claim) สนับสนุนด้วยหลักฐาน (evidence) และให้เหตุผลเชื่อมโยง (reasoning) อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ผู้เขียนเสนอว่าการนำ CER ไปใช้ให้ได้ผลต้องผนวกกับการชี้แนะเชิงญาณวิทยาของครูตามข้อค้นพบของ Furtak et al. (2012) ข้างต้น จึงจะหลีกเลี่ยงการกลายเป็นเพียงแบบฟอร์มที่ผู้เรียนกรอกตามโดยปราศจากการให้เหตุผลที่แท้จริง

เพื่อให้ครูเข้าใจโครงสร้างของการโต้แย้งอย่างลึกซึ้งขึ้น ผู้เขียนขอนำเสนอแบบจำลองการโต้แย้งของ Toulmin ซึ่งเป็นรากฐานทางทฤษฎีของกรอบ CER และเครื่องมือวิเคราะห์การโต้แย้งส่วนใหญ่ Toulmin เสนอว่าการโต้แย้งที่สมบูรณ์ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (claim) ที่เป็นข้อสรุปที่ต้องการยืนยัน ข้อมูลหรือหลักฐาน (data/grounds) ที่ใช้สนับสนุน หลักการเชื่อมโยง (warrant) ที่อธิบายว่าเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และองค์ประกอบเสริม เช่น การสนับสนุนหลักการ (backing) ตัวบ่งชี้ระดับความมั่นใจ (qualifier) และข้อโต้แย้งค้าน (rebuttal) ในมุมมองของผู้เขียน องค์ประกอบ warrant คือสิ่งที่ผู้เรียนไทยมักขาดมากที่สุด เพราะผู้เรียนมักระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ แต่ไม่สามารถอธิบายตรรกะที่เชื่อมโยงทั้งสองเข้าด้วยกัน การสอนให้ผู้เรียนทำ warrant ให้ชัดเจนจึงเป็นจุดที่ครูควรเน้นเป็นพิเศษ

โครงสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งตามแบบจำลองของ Toulmin และความเชื่อมโยงสู่กรอบ CER สรุปได้ดังภาพที่ 11

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 11 โครงสร้างการโต้แย้งตามแบบจำลองของ Toulmin และความสัมพันธ์กับกรอบ CER

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Toulmin, 2003; Osborne et al., 2004)

ภาพที่ 11 แสดงให้เห็นว่าการโต้แย้งที่สมบูรณ์ตามแบบจำลองของ Toulmin มิได้เป็นเพียงการกล่าวอ้าง แต่เป็นการเชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อกล่าวอ้างด้วยการให้เหตุผล โดยมีการสนับสนุนเสริมความน่าเชื่อถือและข้อโต้แย้งค้านช่วยทดสอบความหนักแน่น เมื่อนำมาใช้ในชั้นเรียน กรอบ CER จึงเป็นการย่อโครงสร้างนี้ให้เหลือสามองค์ประกอบหลัก คือข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งครูและผู้เรียนเข้าถึงได้ง่ายขึ้นโดยไม่สูญเสียแก่นของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

หลักฐานเชิงประจักษ์ร่วมสมัยยืนยันคุณค่าของการโต้แย้งต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์อภิมานกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ออนไลน์ที่รวบรวมข้อมูลผู้เรียน 5,415 คนจากงานวิจัย 46 ชิ้น (Zhou, 2024) จำแนกผลของการโต้แย้งออกเป็นสองด้าน คือการเรียนเพื่อให้โต้แย้งได้ (learn to argue) และการโต้แย้งเพื่อเรียนรู้เนื้อหา (argue to learn) และพบว่ากิจกรรมการโต้แย้งส่งผลเชิงบวกระดับปานกลางค่อนข้างสูงต่อทั้งสองด้าน โดยมีขนาดอิทธิพล (Hedges' g) เท่ากับ 0.603 และ 0.596 ตามลำดับ ในทัศนะของผู้เขียน ข้อค้นพบที่ว่าการโต้แย้งช่วยทั้งการพัฒนาทักษะการโต้แย้งเองและการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน เป็นเหตุผลสำคัญที่ครูควรลงทุนเวลาในการออกแบบกิจกรรมการโต้แย้ง แม้จะดูใช้เวลามากกว่าการบรรยายเนื้อหาโดยตรง

ทักษะการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์สำคัญเพิ่มขึ้นในพื้นที่ออนไลน์ ที่ผู้เรียนเผชิญข้อมูลเท็จ ข่าวลวง และวิทยาศาสตร์เทียมบนสื่อสังคมอย่างต่อเนื่อง การฝึกให้ผู้เรียนแยกข้อกล่าวอ้างออกจากหลักฐาน ตรวจสอบแหล่งที่มา และประเมินความน่าเชื่อถือของการให้เหตุผล จึงเป็นการนำกรอบการโต้แย้งไปใช้ในสนามจริงของพลเมืองยุคดิจิทัล ครูสามารถออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนวิเคราะห์โพสต์หรือคลิปที่อ้างผลทางวิทยาศาสตร์ แล้วสร้างข้อโต้แย้งตอบกลับด้วยหลักฐานที่ตรวจสอบได้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

4.4.1 แนวทางการส่งเสริมการโต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์

คำถามเชิงปฏิบัติที่ตามมาคือ ครูจะส่งเสริมการโต้แย้งที่มีคุณภาพในชั้นเรียนได้อย่างไร ผู้เขียนขอเสนอแนวทางที่สังเคราะห์จากงานวิจัยและประสบการณ์ แนวทางแรกคือการเลือกประเด็นที่เปิดให้โต้แย้งได้ ประเด็นที่ดีสำหรับการโต้แย้งต้องมีความกำกวมหรือมีคำตอบที่เป็นไปได้หลายทางบนฐานหลักฐาน มิใช่คำถามที่มีคำตอบถูกผิดชัดเจนเพียงคำตอบเดียว ตัวอย่างเช่น ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (socio-scientific issues) เช่น การใช้พลังงานนิวเคลียร์ หรือการตัดต่อพันธุกรรม เป็นประเด็นที่กระตุ้นการโต้แย้งได้ดีเพราะเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับคุณค่าและการตัดสินใจในชีวิตจริง

แนวทางที่สองคือการสร้างบรรทัดฐานของห้องเรียนที่เอื้อต่อการโต้แย้ง ผู้เรียนจะกล้าเสนอและท้าทายความคิดเห็นได้ก็ต่อเมื่อรู้สึกว่าห้องเรียนเป็นพื้นที่ปลอดภัยที่การเห็นต่างได้รับการเคารพ ครูจึงต้องสร้างวัฒนธรรมที่มุ่งเน้นการวิจารณ์ความคิดมิใช่การวิจารณ์บุคคล และที่การเปลี่ยนความคิดเมื่อเผชิญหลักฐานที่ดีกว่าถือเป็นความเข้มแข็งทางปัญญา มิใช่ความพ่ายแพ้ แนวทางที่สามคือการใช้คำถามกระตุ้นของครูที่ช่วยให้ผู้เรียนขยายและลึกซึ้งในการให้เหตุผล เช่น การถามว่า หลักฐานใดสนับสนุนข้อสรุปนี้ มีคำอธิบายอื่นที่เป็นไปได้หรือไม่ และจะโน้มน้าวผู้ที่เห็นต่างได้อย่างไร คำถามเหล่านี้คือเครื่องมือเชิงญาณวิทยาที่ทรงพลังที่สุดของครู และนักศึกษาครูควรฝึกฝนจนเป็นธรรมชาติ

Library and Learning, University of Phayao

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (ฟิสิกส์)

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการพัฒนาการคิดขั้นสูงผ่านการโต้แย้งในชั้นเรียนฟิสิกส์เรื่องวงจรไฟฟ้า เนื้อหานี้เต็มไปด้วยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ฝังลึก เช่น แบบจำลอง “กระแสไฟฟ้าถูกใช้หมดไป” ที่ผู้เรียนเชื่อว่าหลอดไฟดวงแรกในวงจรอนุกรมจะสว่างกว่าดวงถัดไปเพราะ “ใช้ไฟไปก่อน” หรือแบบจำลอง “แหล่งจ่ายไฟให้กระแสคงที่เสมอ” ผู้เขียนสังเกตว่า มโนทัศน์เหล่านี้เหมาะอย่างยิ่งกับการฝึกการโต้แย้ง เพราะเป็นความเชื่อที่ผู้เรียนยึดถืออย่างมั่นใจ และสามารถตรวจสอบได้ด้วยการทดลองจริง

ครูเริ่มจากตั้งสถานการณ์ที่ชวนให้เกิดความเห็นต่าง เช่น “หากนำหลอดไฟมาต่อเพิ่มในวงจรอนุกรม ความสว่างของหลอดเดิมจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร” แล้วให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเสนอข้อกล่าวอ้าง (claim) พร้อมทำนายผลและบันทึกเหตุผลเชิงทฤษฎีที่สนับสนุน ขั้นตอนนี้สำคัญเพราะบังคับให้ผู้เรียนทำให้ความคิดที่ซ่อนอยู่ปรากฏชัด และเปิดพื้นที่ให้เกิดการถกเถียงบนฐานของเหตุผล มิใช่การเดา

ผู้เขียนเน้นว่าหัวใจอยู่ที่ขั้นถัดมา คือให้ผู้เรียนต่อวงจรจริงและวัดกระแสกับความต่างศักย์เพื่อรวบรวมหลักฐาน (evidence) เมื่อข้อมูลขัดกับการทำนาย เช่น พบว่าหลอดทุกดวงในวงจรอนุกรมสว่างเท่ากันและหรี่ลงพร้อมกันเมื่อเพิ่มหลอด ผู้เรียนต้องให้เหตุผล (reasoning) เชื่อมโยงผลการวัดกับมโนทัศน์ความต้านทานรวมที่เพิ่มขึ้นทำให้กระแสในวงจรลดลง การจัดกระบวนการตาม

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

กรอบ Claim–Evidence–Reasoning เช่นนี้ทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนมโนทัศน์ผ่านหลักฐานที่ตนเองรวบรวม มิใช่เพราะครูบอก

ตัวอย่างนี้สอดคล้องกับข้อค้นพบของ Osborne, Erduran และ Simon ที่กล่าวไว้ในบทนี้ว่า คุณภาพการโต้แย้งของผู้เรียนต้องอาศัยการออกแบบกิจกรรมและการจัดการของครูอย่างจงใจ มิใช่เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ ผู้เขียนขอเตือนว่า การให้ผู้เรียน “อภิปรายกลุ่ม” โดยไม่มีโครงสร้างการประสานข้อกล่าวอ้าง-หลักฐาน-เหตุผล มักกลายเป็นเพียงการแลกเปลี่ยนความเห็น ครูฟิสิกส์จึงต้องวางบทบาทเป็นผู้กำกับการโต้แย้ง ตั้งคำถามท้าทายให้ผู้เรียนปกป้องหรือทบทวนข้อกล่าวอ้างของตนบนฐานหลักฐานเสมอ

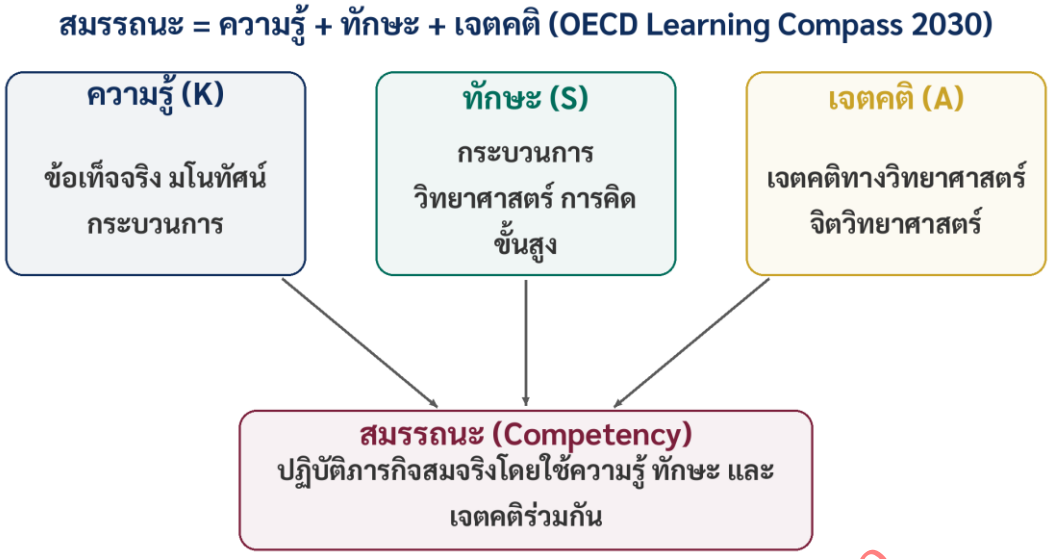
4.5 จากความรู้ ทักษะ และเจตคติ สู่สมรรถนะของผู้เรียนวิทยาศาสตร์

เป้าหมายสูงสุดของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันมิใช่การสะสมความรู้เพียงอย่างเดียว แต่คือการพัฒนา สมรรถนะ (competency) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการนำความรู้ ทักษะ และเจตคติมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อปฏิบัติภารกิจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ OECD (2019) ในกรอบเข็มทิศการเรียนรู้ ค.ศ. 2030 (Learning Compass 2030) นิยามสมรรถนะว่าเป็นการระดมใช้ความรู้ (knowledge) ทักษะ (skills) เจตคติและค่านิยม (attitudes and values) อย่างบูรณาการ ดังนั้นจึงสรุปความสัมพันธ์ได้ว่า สมรรถนะ = ความรู้ + ทักษะ + เจตคติ โดยองค์ประกอบทั้งสามต้องได้รับการพัฒนาไปพร้อมกัน มิใช่แยกส่วน

ความสัมพันธ์ของทั้งสามองค์ประกอบที่หลอมรวมเป็นสมรรถนะ สามารถนำเสนอเป็นแผนภาพได้ดังนี้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 12 องค์ประกอบของสมรรถนะตามกรอบเข็มทิศการเรียนรู้ ค.ศ. 2030

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก OECD, 2019)

ดังที่ปรากฏในภาพที่ 12 สมรรถนะมิได้เกิดจากองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งโดยลำพัง แต่เป็นการหลอมรวมความรู้ ทักษะ และเจตคติเข้าด้วยกันจนผู้เรียนสามารถนำไปใช้ปฏิบัติภารกิจที่สมจริงได้ มุมมองนี้สอดคล้องกับกรอบเข็มทิศการเรียนรู้ของ OECD ที่ถือว่าสมรรถนะคือความสามารถในการระดมความรู้ ทักษะ และเจตคติมาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมกับสถานการณ์

4.5.1 มิติความรู้เชิงข้อเท็จจริง มโนทัศน์ และกระบวนการ

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมทั้งความรู้เชิงข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ และความรู้เชิงกระบวนการ ตลอดจนแนวคิดหลักและแนวคิดข้ามสาขา (crosscutting concepts) ตามกรอบของ National Research Council (2012) ความรู้เหล่านี้เป็นฐานที่ทักษะและเจตคติจะงอกงามขึ้น แต่หากหยุดอยู่เพียงการจดจำย่อมไม่เพียงพอต่อการสร้างสมรรถนะ

อาจกล่าวได้ว่า ครูวิทยาศาสตร์ควรเข้าใจความแตกต่างระหว่างความรู้ประเภทต่าง ๆ เพื่อออกแบบการสอนให้เหมาะสม ความรู้เชิงข้อเท็จจริง (factual knowledge) เช่น สัญลักษณ์ธาตุหรือหน่วยวัด เป็นความรู้ที่จำเป็นแต่จดจำได้ง่ายและค้นหาได้ ความรู้เชิงมโนทัศน์ (conceptual knowledge) เช่น ความเข้าใจว่าเหตุใดสารจึงเกิดปฏิกิริยา เป็นความรู้ที่ลึกกว่าและต้องอาศัยการสร้างความเข้าใจ ส่วนความรู้เชิงกระบวนการ (procedural knowledge) เช่น วิธีการออกแบบการทดลอง เป็นความรู้ที่ต้องฝึกปฏิบัติ การสอนที่เน้นความรู้เชิงข้อเท็จจริงมากเกินไปโดยละเลยความรู้เชิงมโนทัศน์และกระบวนการ คือสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้เรียนไทยมีความรู้แต่ขาดสมรรถนะ การพัฒนาสมรรถนะจึงต้องให้น้ำหนักกับความรู้เชิงมโนทัศน์และกระบวนการที่เป็นฐานของการคิดและการประยุกต์ใช้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

4.5.2 มิติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะศตวรรษที่ 21 และทักษะดิจิทัล

ทักษะที่ครูวิทยาศาสตร์ต้องพัฒนาแก่ผู้เรียนมีสามกลุ่มที่เกื้อหนุนกัน กลุ่มแรกคือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) ซึ่ง Padilla (1990) จำแนกเป็นทักษะขั้นพื้นฐาน เช่น การสังเกต การวัด การจำแนก การลงความเห็น และทักษะขั้นบูรณาการ เช่น การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความข้อมูล โดย Harlen (1999) ย้ำว่าทักษะกระบวนการเหล่านี้แยกไม่ออกจากความเข้าใจมโนทัศน์ และเป็นหัวใจของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย

กลุ่มที่ 2 คือทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (4Cs) ตามที่กล่าวในหัวข้อ 4.1 และกลุ่มที่ 3 คือทักษะดิจิทัล ซึ่งในบริบทการผลิตครู Falloon (2020) เสนอกรอบสมรรถนะดิจิทัลของครู (Teacher Digital Competency: TDC) ที่ขยายจาก การรู้ดิจิทัล (digital literacy) ไปสู่ “สมรรถนะดิจิทัล” อันครอบคลุมความสามารถในการใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และมีจริยธรรม ทักษะกลุ่มนี้สอดรับโดยตรงกับเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลในบทที่ 8

ในทัศนะของผู้เขียนซึ่งสอนฟิสิกส์มากว่าสองทศวรรษ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่ครูต้องสอนอย่างจงใจ มิใช่คาดหวังว่าผู้เรียนจะพัฒนาเองโดยอัตโนมัติจากการทดลอง ตัวอย่างที่ชัดเจนคือทักษะการควบคุมตัวแปร ซึ่งเป็นหัวใจของการออกแบบการทดลองฟิสิกส์ ผู้เรียนจำนวนมากเมื่อทดลองหาปัจจัยที่ส่งผลต่อคาบการแกว่งของลูกตุ้ม มักเปลี่ยนหลายตัวแปรพร้อมกันโดยไม่รู้ตัว ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยใดเป็นสาเหตุ ครูจึงต้องสอนหลักการควบคุมตัวแปรอย่างชัดแจ้ง ให้ผู้เรียนฝึกระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม และเข้าใจว่าเหตุใดการเปลี่ยนทีละตัวแปรจึงจำเป็นต่อการสรุปเชิงเหตุผล การพัฒนาทักษะกระบวนการเช่นนี้ต้องอาศัยการออกแบบกิจกรรมและการชี้แนะอย่างเป็นระบบตามหลักการในบทที่ 3

4.5.3 มิติเจตคติทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitude) และจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) เช่น ความอยากรู้อยากเห็น ความซื่อสัตย์ ความมีเหตุผล การเปิดใจกว้าง และความเพียร เป็นองค์ประกอบเชิงจิตพิสัยที่หล่อหลอมพฤติกรรมการเรียนรู้และการทำงานทางวิทยาศาสตร์ Osborne et al. (2003) ทบทวนวรรณกรรมและชี้ว่าเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดการมีส่วนร่วมและการเลือกเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน สอดคล้องกับที่หลักสูตรแกนกลางฯ กำหนดให้จิตวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายควบคู่กับความรู้และทักษะ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ในมุมมองของผู้เขียน มิติเจตคติเป็นมิติที่ครูพัฒนาและประเมินได้ยากที่สุด เพราะเป็นนามธรรมและเกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน ครูจำนวนมากจึงละเลยมิตินี้หรือกล่าวถึงเพียงผิวเผิน ผู้เขียนเสนอว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์มิได้พัฒนาผ่านการบอกหรือสั่งสอน แต่พัฒนาผ่านการที่ผู้เรียนได้สัมผัสและฝึกปฏิบัติคุณค่าเหล่านั้นในกระบวนการเรียนรู้จริง ตัวอย่างเช่น ความซื่อสัตย์ต่อข้อมูลพัฒนาได้ เมื่อครูสร้างบรรยากาศที่

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เรียนรู้สึกปลอดภัยที่จะรายงานผลการทดลองตามจริงแม้ไม่ตรงกับที่คาดหวัง ความเพียรพัฒนาได้เมื่อครูออกแบบงานที่ท้าทายพอเหมาะและสนับสนุนให้ผู้เรียนเรียนรู้จากความล้มเหลว ดังนั้นการพัฒนาเจตคติจึงเป็นผลพลอยได้จากการออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดี มิใช่หัวข้อที่สอนแยกต่างหาก

4.5.4 มิติการบูรณาการความรู้ ทักษะ และเจตคติในการจัดการเรียนการสอน

การพัฒนาสมรรถนะเกิดขึ้นเมื่อครูออกแบบสถานการณ์การเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องระดมความรู้ ทักษะ และเจตคติมาใช้พร้อมกัน มิใช่สอนแยกเป็นส่วน ๆ ตัวอย่างเช่น การจัดกิจกรรมสืบเสาะหรือโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์ (K) ลงมือปฏิบัติด้วยทักษะกระบวนการและทักษะดิจิทัล (S) ภายใต้ความซื่อสัตย์ต่อข้อมูลและความเพียรในการแก้ปัญหา (A) แนวทางนี้สอดคล้องกับกระบวนทัศน์ NPU Teaching and Learning Paradigm และ NSW Model ของผู้เขียน ที่ออกแบบให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงาน/โครงการบนฐานการสานสร้างความรู้จากสังคม ครูจึงควรกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ เกณฑ์การให้คะแนน และกิจกรรมให้ครอบคลุมทั้งสามมิติอย่างชัดเจน ดังสรุปในตารางท้ายบท

ผู้เขียนขอเน้นว่าการประเมินสมรรถนะต้องสอดคล้องกับธรรมชาติของสมรรถนะ กล่าวคือต้องประเมินจากการที่ผู้เรียนปฏิบัติภารกิจที่สมจริง (authentic task) ซึ่งต้องใช้ความรู้ ทักษะ และเจตคติร่วมกัน มิใช่การวัดแยกส่วนด้วยข้อสอบที่วัดเพียงความจำ ตัวอย่างเช่น การให้ผู้เรียนออกแบบและดำเนินโครงงานแก้ปัญหาในชุมชน แล้วประเมินด้วยเกณฑ์ที่ครอบคลุมทั้งความถูกต้องของความรู้ คุณภาพของกระบวนการ และการแสดงออกถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การประเมินเช่นนี้แม้ใช้เวลาและทรัพยากรมากกว่า แต่ให้ภาพสมรรถนะที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งเป็นประเด็นที่จะอภิปรายอย่างละเอียดในบทที่ 6 ว่าด้วยการวัดและประเมินผล โดยสรุป การบูรณาการทั้งสามมิติคือหัวใจของการพัฒนาสมรรถนะ และเป็นเป้าหมายที่ร้อยเรียงเนื้อหาทั้งบทนี้เข้าด้วยกัน

4.6 กระบวนทัศน์การสอนเพื่อส่งเสริมการคิดขั้นสูงในบริบทไทยตามแบบจำลอง NSW Model

ในบริบทการศึกษาขั้นพื้นฐานของไทย ปรัชญา ธงพานิช (2564) ได้พัฒนากระบวนทัศน์การเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียกว่า NSW Model ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) ของ สสวท. ผสานกับแนวคิดการสานสร้างความรู้จากสังคม (social constructivism) แบบจำลองประกอบด้วยสามขั้นใหญ่ จำแนกเป็นห้าขั้นย่อย ได้แก่ ขั้น N (Needs Analysis) การวิเคราะห์ความต้องการ ครอบคลุมการระบุปัญหาและการออกแบบ/วางแผนแก้ปัญหา ขั้น S (Social Constructivism in the Classroom) การสานสร้างความรู้จากสังคมผ่านการสร้างต้นแบบชิ้นงานหรือโครงการ และขั้น W (Worth Assessment) การประเมินคุณค่า ครอบคลุมการประเมิน/ปรับปรุงต้นแบบและการถอดบทเรียน

ความสัมพันธ์ของขั้นตอนทั้งสามใหญ่และห้าขั้นย่อยของ NSW Model สรุปได้ดังภาพที่ 13 ต่อไปนี้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

โครงสร้าง NSW Model: สามขั้นใหญ่ ห้าขั้นย่อย พร้อมบทบาทครู



ภาพที่ 13 โครงสร้าง NSW Model สามขั้นใหญ่ ห้าขั้นย่อย พร้อมบทบาทครูในแต่ละขั้น

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก ปรัชญา ธงพานิช, 2564)

ภาพที่ 13 สรุปโครงสร้างของ NSW Model ที่ดำเนินเป็นสามขั้นใหญ่ ตั้งแต่การวิเคราะห์ความต้องการ สู่การสานสร้างความรู้จากสังคม และการประเมินคุณค่า โดยจำแนกเป็นห้าขั้นย่อยที่ต่อเนื่องกัน พร้อมระบุบทบาทของครูที่เปลี่ยนจากผู้ตั้งคำถาม ไปสู่ผู้เสริมต่อการเรียนรู้ และผู้ให้ผลป้อนกลับ ลำดับนี้สะท้อนการแปลงแนวคิดการคิดขั้นสูงและการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้เป็นกระบวนการสอนที่ปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน

ผลการวิจัยพบว่ากระบวนทัศน์ NSW Model มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 76.92/76.95 และนักเรียนมีทักษะการคิดขั้นสูงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ปรัชญา ธงพานิช, 2564) แบบจำลองนี้เป็นตัวอย่างรูปธรรมของการแปลงทฤษฎีการคิดขั้นสูงและการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปสู่การปฏิบัติในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ไทย ซึ่งนักศึกษาครูสามารถนำโครงสร้างขั้นตอน N-S-W ไปปรับใช้ในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดขั้นสูงได้โดยตรง

เพื่อให้นักศึกษาครูเข้าใจการประยุกต์ใช้ได้ลึกขึ้น ผู้เขียนขอขยายความตรรกะเชิงการสอนของแต่ละขั้น ขั้น N เน้นการสร้างสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่กระตุ้นความสนใจและความขัดแย้งทางปัญญา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะหาคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขความไม่พอใจมโนทัศน์เดิมในทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่อภิปรายในบทที่ 1 ขั้น S เน้นการให้ผู้เรียนสืบเสาะ รวบรวมหลักฐาน และสร้างคำอธิบายภายใต้การชี้แนะเชิงโครงสร้างของครู ซึ่งสะท้อนหลักการสมดุลระหว่างการชี้แนะกับการค้นพบในบทที่ 3 และขั้น W เน้นการให้ผู้เรียนสรุป สังเคราะห์ และถ่ายโยงความรู้สู่บริบทใหม่ พร้อมสะท้อนคิดกระบวนการเรียนรู้ของตน ซึ่งเป็นการพัฒนาเมตาคอกนิชัน

ผู้เขียนขอเสนอว่า จุดแข็งของ NSW Model คือการที่มันบูรณาการหลักการจากหลายทฤษฎีเข้าเป็นกระบวนการที่ครูไทยนำไปใช้ได้จริง และมีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับในบริบทไทย อย่างไรก็ตาม

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตอย่างตรงไปตรงมาว่า แบบจำลองการสอนทุกแบบรวมถึง NSW Model มิใช่สูตรสำเร็จที่ใช้ได้กับทุกเนื้อหาและทุกบริบทอย่างเป็นกลไก ครูต้องใช้วิจารณญาณในการปรับขั้นตอนให้เหมาะกับธรรมชาติของเนื้อหา ระดับของผู้เรียน และเป้าหมายเฉพาะ การยึดขั้นตอนอย่างเคร่งครัดโดยไม่เข้าใจตรรกะเบื้องหลังอาจทำให้การสอนกลายเป็นพิธีกรรมที่ขาดความหมาย ดังนั้นผู้เขียนจึงเสนอให้นักศึกษาครูเข้าใจ NSW Model ในฐานะกรอบความคิดที่ยืดหยุ่น มิใช่ขั้นตอนที่ตายตัว

4.7 การประเมินการคิดขั้นสูงและการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การพัฒนาการคิดขั้นสูงจะไร้ความหมายหากการประเมินยังวัดเพียงการจดจำ ช่องว่างที่พบบ่อยที่สุดในการจัดการเรียนรู้คือความไม่สอดคล้องระหว่างเป้าหมายที่ประกาศว่าจะพัฒนาการคิดขั้นสูงกับการประเมินที่วัดเพียงความจำ เมื่อข้อสอบถามเพียงนิยามหรือข้อเท็จจริง ผู้เรียนย่อมเรียนเพื่อจดจำ แม้ครูจะออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดเพียงใดก็ตาม การประเมินจึงเป็นสัญญาณที่ทรงพลังที่สุดที่บอกผู้เรียนว่าอะไรคือสิ่งที่มีค่าจริงในห้องเรียน ตามหลักความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ที่อภิปรายในบทที่ 3 และ 7

ผู้เขียนขอเสนอหลักการประเมินการคิดขั้นสูงในวิทยาศาสตร์ ประการแรก ภาระงานประเมินต้องเป็นสถานการณ์ใหม่ที่ผู้เรียนไม่เคยพบ เพราะการคิดขั้นสูงปรากฏเมื่อผู้เรียนต้องถ่ายโยงความรู้สู่บริบทที่ไม่คุ้นเคย มิใช่ทำซ้ำสิ่งที่จดจำ ประการที่สอง การประเมินควรให้ข้อมูลหลักฐานหรือชุดข้อมูลที่ผู้เรียนต้องวิเคราะห์ ตีความ และสรุป มิใช่ถามผลลัพธ์สำเร็จรูป และประการที่สาม เกณฑ์การให้คะแนนต้องประเมินกระบวนการให้เหตุผล มิใช่เพียงคำตอบสุดท้าย โดยเฉพาะการประเมินการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

สำหรับการประเมินการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ ผู้เขียนเสนอให้ครูใช้โครงสร้างของการโต้แย้งเป็นกรอบการประเมิน โดยพิจารณาว่าผู้เรียนระบุข้อกล่าวอ้างได้ชัดเจนเพียงใด ใช้หลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอหรือไม่ และเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างด้วยการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลหรือไม่ โครงสร้างการประเมินการโต้แย้งที่สังเคราะห์จากกรอบของ Toulmin และรูปแบบ CER (Claim-Evidence-Reasoning) แสดงดังภาพที่ 14

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 14 โครงสร้างการประเมินการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบ CER และ Toulmin
(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก กรอบ Toulmin และรูปแบบ CER)

ภาพที่ 14 แสดงให้เห็นว่าครูสามารถนำโครงสร้างเดียวกันกับที่ใช้สอนการโต้แย้งมาเป็นเกณฑ์การให้คะแนนได้ โดยพิจารณาว่าผู้เรียนระบุข้อกล่าวอ้างได้ชัดเจน ใช้หลักฐานเหมาะสมเพียงพอ และเชื่อมโยงด้วยการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลเพียงใด การที่เครื่องมือสอนและเครื่องมือประเมินเป็นโครงสร้างเดียวกันเช่นนี้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายของการโต้แย้งที่มีคุณภาพอย่างชัดเจน และครูติดตามพัฒนาการได้อย่างเป็นระบบ

ผู้เขียนเห็นว่า การที่ครูใช้โครงสร้างนี้เป็นทั้งเครื่องมือสอนและเครื่องมือประเมินพร้อมกัน ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจชัดเจนว่าการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพประกอบด้วยอะไร และครูประเมินพัฒนาการได้อย่างเป็นระบบ การประเมินที่สอดคล้องกับการคิดขั้นสูงเช่นนี้คือกลไกที่ทำให้การพัฒนาการคิดเกิดขึ้นจริง มิใช่เป็นเพียงเป้าหมายที่ประกาศไว้

Library and Learning, University of Phayao

4.8 ความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์และนวัตกรรม

มิติของการคิดขั้นสูงที่มักถูกมองข้ามในการสอนวิทยาศาสตร์คือความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ (scientific creativity) มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่แพร่หลายว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของความถูกต้องตายตัวที่ไม่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ แท้จริงแล้วความคิดสร้างสรรค์เป็นหัวใจของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การตั้งคำถามที่แปลกใหม่ การออกแบบการทดลองที่สร้างสรรค์ การสร้างคำอธิบายเชิงทฤษฎี จนถึงการแก้ปัญหาที่ไม่เคยมีคำตอบสำเร็จ ตามอนุกรมวิธานของ Bloom ฉบับปรับปรุง การสร้างสรรค์ (create) เป็นระดับการคิดสูงสุด ซึ่งสะท้อนว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นเป้าหมายสูงสุดของการพัฒนาการคิด มิใช่ส่วนเสริม

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนว่าความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์พัฒนาได้ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม การวิเคราะห์อภิมานโดย Pinar และ Panergayo (2025) ที่ตีพิมพ์ในวารสาร Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research และสังเคราะห์งานวิจัย 19 ชิ้นตามแนว PRISMA พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานและการใช้ปัญหาเป็นฐานส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ในระดับสูง ขณะที่การจัดการเรียนรู้ตามบริบทสะเต็มและการสืบเสาะส่งผลในระดับปานกลาง จากประสบการณ์ของผู้เขียน ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับหลักการตลอดเล่มที่ว่าการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือแก้ปัญหาจริงในบริบทที่มีความหมาย ส่งเสริมการคิดขั้นสูงได้ดีกว่าการรับความรู้แบบนิ่งเฉย รูปแบบการสอนเหล่านี้เปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์ คือคิดหลายแนวทาง ทดลอง และปรับปรุง ซึ่งเป็นแก่นของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้เขียนขออ่านหลักฐานนี้อย่างมีวิจารณญาณว่า ขนาดอิทธิพลที่รายงานค่อนข้างสูงและมาจากงานวิจัยจำนวนไม่มาก จึงควรตีความด้วยความระมัดระวังและรอการสะสมหลักฐานเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม ทิศทางของผลสอดคล้องกับทฤษฎีและประสบการณ์เชิงปฏิบัติ ในเชิงการนำไปใช้ ผู้เขียนเสนอว่าครูวิทยาศาสตร์ควรออกแบบกิจกรรมที่เปิดให้มีคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหาหลากหลาย (open-ended) ให้คุณค่ากับการตั้งคำถามและการคิดนอกกรอบที่อิงหลักการ และสร้างบรรยากาศที่ปลอดภัยให้ผู้เรียนกล้าเสนอความคิดใหม่โดยไม่กลัวความผิดพลาด การประเมินความคิดสร้างสรรค์ควรพิจารณาทั้งความแปลกใหม่ (originality) และความเหมาะสมเชิงวิทยาศาสตร์ (appropriateness) ควบคู่กัน เพราะความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่าต้องทั้งแปลกใหม่และสอดคล้องกับหลักฐานและหลักการ ซึ่งเชื่อมโยงโดยตรงกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการบูรณาการสะเต็มในบทที่ 7

Library and Learning, University of Phayao

4.9 สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอเสาหลักการสืบเสาะและการคิดขั้นสูงของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm โดยเชื่อมโยงกรอบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 อนุกรมวิธานของ Bloom ฉบับปรับปรุง การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และการบูรณาการความรู้-ทักษะ-เจตคติสู่สมรรถนะ เข้าเป็นแนวทางพัฒนาผู้เรียนวิทยาศาสตร์อย่างเป็นองค์รวม

สาระสำคัญที่ร้อยเรียงทั้งบทคือการเปลี่ยนเป้าหมายจากการสะสมความรู้ไปสู่การพัฒนาสมรรถนะ ผู้เขียนได้ชี้ว่าทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ต้องพัฒนาผ่านเนื้อหาวิทยาศาสตร์เฉพาะเรื่อง มิใช่สอนแบบลอยตัว อนุกรมวิธานของ Bloom เป็นเครื่องมือให้ครูตรวจสอบและยกระดับการคิดของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์บนฐานโครงสร้าง Toulmin และกรอบ CER เป็นหัวใจของการให้เหตุผลที่ต้องอาศัยการชี้แนะเชิงญาณวิทยาของครู และสมรรถนะที่แท้จริงเกิดจากการบูรณาการความรู้ ทักษะ และเจตคติในภารกิจที่สมจริง โดยมีแบบจำลอง NSW Model เป็นกระบวนทัศน์การสอนที่แปลงหลักการเหล่านี้สู่การปฏิบัติในบริบทไทย ความท้าทายที่แท้จริงของครูมิใช่การเลือกว่าจะพัฒนาความรู้หรือทักษะ

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

แต่คือการออกแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาทั้งสองไปพร้อมกันบนฐานของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดี ซึ่งเป็นรากฐานสำหรับการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่จะอภิปรายในบทถัดไป

ตารางที่ 10 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 4 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
มโนทัศน์และแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ อนุกรมวิธานของ Bloom ฉบับปรับปรุง	ทักษะการคิดขั้นสูง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะ 4Cs และทักษะดิจิทัล	ความอยากรู้อยากเห็น ความมีเหตุผล ความซื่อสัตย์ต่อข้อมูล และการเปิดใจกว้าง	สมรรถนะการคิดขั้นสูงและการรู้วิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง (CLO3)	ออกแบบกิจกรรมเชิงรุกแบบสืบเสาะและใช้คำถามไล่ระดับตาม Bloom ฝึกการโต้แย้งด้วยกรอบ CER ใช้สื่อดิจิทัลและ digital learning ecosystem สนับสนุนการคิด ประเมินด้วยเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ (analytic rubric)ที่วัดทั้งกระบวนการคิดและผลงาน

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 10 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะ พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน ช่วยให้ผู้สอนเห็นเส้นทางจากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- ยกตัวอย่างกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบข้อกล่าวอ้าง–หลักฐาน–การให้เหตุผล (CER)
- อภิปรายว่าการสอนแบบสืบเสาะส่งเสริมการคิดขั้นสูงได้อย่างไร โดยอ้างอิงหลักฐานงานวิจัย
- ออกแบบชุดคำถามที่ไล่ระดับจากการจำสู่การสร้างสรรค์ในหัวข้อวิทยาศาสตร์ที่เลือก

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 4

ปรัชญา ธงพานิช. (2564). กระบวนทัศน์การเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยรูปแบบ NSW Model. วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ, 6(7), 18–32. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSBA/article/view/249143

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.

Antonio, R. P., & Prudente, M. S. (2023). Effects of inquiry-based approaches on students' higher-order thinking skills in science: A meta-analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 12*(1), 251–281. https://doi.org/10.46328/ijemst.3216

Arifin, Z., Sukarmin, Saputro, S., & Kamari, A. (2025). The effect of inquiry-based learning on students' critical thinking skills in science education: A systematic review and meta-analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 21*(3), em2592. https://doi.org/10.29333/ejmste/15988

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287–312. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A

Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency (TDC) framework. *Educational Technology Research and Development, 68*(5), 2449–2472. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Gómez, R. L., & Suárez, A. M. (2020). Do inquiry-based teaching and school climate influence science achievement and critical thinking? Evidence from PISA 2015. *International Journal of STEM Education, 7*(1), Article 43. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00240-5

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Harlen, W. (1999). Purposes and procedures for assessing science process skills. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 6*(1), 129–144. https://doi.org/10.1080/09695949993044

Kim, S., Raza, M., & Seidman, E. (2019). Improving 21st-century teaching skills: The key to effective 21st-century learners. *Research in Comparative and International Education, 14*(1), 99–117. https://doi.org/10.1177/1745499919829214

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

OECD. (2019). *OECD future of education and skills 2030: OECD learning compass 2030*. OECD Publishing.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(10), 994–1020. https://doi.org/10.1002/tea.20035

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education, 25*(9), 1049–1079. https://doi.org/10.1080/0950069032000032199

Padilla, M. J. (1990). *The science process skills*. Research Matters — to the Science Teacher No. 9004. National Association for Research in Science Teaching.

Pinar, F. I. L., & Panergayo, A. A. E. (2025). Fostering scientific creativity in science education through scientific problem-solving approaches and STEM contexts: A meta-analysis. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 7*, 18. https://doi.org/10.1186/s43031-025-00137-9

Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument* (Updated ed.). Cambridge University Press.

Zhou, D. (2024). “Learn to argue” and “argue to learn”: Meta-analysis of effective instructional design for online scientific argumentation activities. *Interactive Learning Environments, 32*(9), 4857–4880. https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2205904

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 5 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายและประยุกต์รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E ในการสอนวิทยาศาสตร์ได้
- เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและแบบใช้โครงงานเป็นฐานได้
- วิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนประสิทธิผลของการเรียนรู้เชิงรุกและการสืบเสาะได้
- ออกแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่สมดุลระหว่างการสอนตรงและการสืบเสาะบนฐานการออกแบบย้อนกลับได้

5.1 จากทฤษฎีการเรียนรู้สู่การปฏิบัติในชั้นเรียน

บทก่อนหน้าได้วางรากฐานทางทฤษฎีการเรียนรู้ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และการคิดขั้นสูง บทนี้มุ่งแปลงรากฐานเหล่านั้นสู่การปฏิบัติจริงในชั้นเรียน โดยนำเสนอรูปแบบและวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับ ในทัศนะของผู้เขียน ช่องว่างที่ใหญ่ที่สุดในการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มิได้อยู่ที่การขาดความรู้เชิงทฤษฎี แต่อยู่ที่การแปลงทฤษฎีสู่การปฏิบัติที่มีคุณภาพ ครูจำนวนมากเข้าใจหลักการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แต่เมื่อเข้าสู่ชั้นเรียนจริงกลับหวนกลับไปสู่การบรรยายแบบดั้งเดิม เพราะขาดรูปแบบการสอนที่เป็นรูปธรรมและความมั่นใจในการนำไปใช้

บทนี้จึงนำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญ ได้แก่ รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาและโครงงานเป็นฐาน และการเรียนรู้เชิงรุก พร้อมหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนและข้อพึงระวังในการนำไปใช้ ผู้เขียนขอเน้นตั้งแต่ต้นว่า รูปแบบการสอนเหล่านี้มิใช่สูตรสำเร็จที่รับประกันผลโดยอัตโนมัติ แต่เป็นกรอบที่ช่วยจัดระบบการออกแบบการเรียนรู้ ประสิทธิผลที่แท้จริงขึ้นอยู่กับคุณภาพของการนำไปใช้และการชี้แนะของครู ตามที่ได้อภิปรายเรื่องความสมดุลระหว่างการชี้แนะกับการค้นพบในบทที่ 3

Library and Learning University of Phayao

นิยามศัพท์สำคัญ

ผู้เขียนขอนิยามคำสำคัญในบทนี้

การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (effective teaching) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่นำผู้เรียนไปสู่ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่พึงประสงค์อย่างมีหลักฐานยืนยัน

การเรียนรู้เชิงรุก (active learning) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการคิดและปฏิบัติอย่างกระตือรือร้น มิใช่รับข้อมูลอย่างนิ่งเฉย

การสืบเสาะ (inquiry) หมายถึง กระบวนการที่ผู้เรียนตั้งคำถาม รวบรวมและวิเคราะห์หลักฐาน และสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองภายใต้การชี้แนะของครู

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

5.2 รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E

Bybee (2015) เสนอรูปแบบการเรียนการสอน 5E ซึ่งประกอบด้วยห้าขั้นตอน ได้แก่ การสร้างความสนใจ (Engage) การสำรวจ (Explore) การอธิบาย (Explain) การขยายความรู้ (Elaborate) และการประเมินผล (Evaluate) รูปแบบนี้สอดคล้องกับธรรมชาติการสืบเสาะของวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจด้วยตนเองก่อนรับคำอธิบายเชิงทฤษฎี

ตารางที่ 11 ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะ 5E กับบทบาทครูและผู้เรียน

ขั้น	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
Engage	กระตุ้นความสนใจ เชื่อมโยงความรู้เดิม	ตั้งคำถาม เกิดความอยากรู้
Explore	จัดเตรียมสถานการณ์/การทดลอง	สำรวจ ทดลอง เก็บข้อมูล
Explain	ชี้แนะ เชื่อมโยงสู่มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	อธิบายผลด้วยภาษาตนเองและศัพท์วิทยาศาสตร์
Elaborate	ขยายบริบท เพิ่มความท้าทาย	ประยุกต์ความรู้สู่สถานการณ์ใหม่
Evaluate	ประเมินทั้งระหว่างเรียนและสรุป	สะท้อนคิดและแสดงหลักฐานการเรียนรู้

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก Bybee, 2015)

ตารางที่ 11 ไล่เรียงบทบาทของครูและผู้เรียนในแต่ละขั้นของวัฏจักร 5E ช่วยให้เห็นว่าการสืบเสาะที่ดีต้องให้ผู้เรียนสำรวจ (Explore) ก่อนที่ครูจะอธิบาย (Explain) มิใช่บอกความรู้ตั้งแต่ต้น

ในมุมมองของผู้เขียน จุดแข็งเชิงทฤษฎีของรูปแบบ 5E คือการที่มันสะท้อนทั้งวงจรการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์และธรรมชาติการสืบเสาะของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการวางขั้นสำรวจ (Explore) ไว้ก่อนขั้นอธิบาย (Explain) ซึ่งเป็นหัวใจที่แตกต่างจากการสอนแบบดั้งเดิม ในการสอนแบบดั้งเดิม ครูมักอธิบายทฤษฎีก่อนแล้วจึงให้ผู้เรียนทดลองยืนยัน แต่รูปแบบ 5E พลิกลำดับนี้ โดยให้ผู้เรียนได้สำรวจและสร้างประสบการณ์ตรงก่อน แล้วจึงเชื่อมโยงสู่มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การจัดลำดับเช่นนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ในบทที่ 1 เพราะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเผชิญความขัดแย้งทางปัญญาและสร้างความเข้าใจด้วยตนเองก่อนรับคำอธิบาย

หลักฐานเชิงประจักษ์ล่าสุดสนับสนุนประสิทธิผลของรูปแบบ 5E อย่างหนักแน่น การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบและการวิเคราะห์อภิมานโดย Polanin et al. ที่วิเคราะห์งานวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (randomized controlled trials) จำนวน 61 ชิ้น ครอบคลุม 156 ขนาดอิทธิพล พบว่ารูปแบบการสอน 5E ส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีขนาดอิทธิพล (Hedges' g) เท่ากับ 0.82 (Polanin et al., 2024)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เขียนขอเน้นว่าข้อค้นพบนี้มีน้ำหนักเป็นพิเศษ เพราะตั้งอยู่บนงานวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยที่ให้หลักฐานเชิงสาเหตุที่หนักแน่นที่สุด อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขออ่านอย่างมีวิจารณญาณว่า งานวิจัยรายงานความแปรปรวนระหว่างการศึกษาที่สูง ซึ่งหมายความว่าประสิทธิผลของ 5E มิได้คงที่ในทุกบริบท แต่ขึ้นอยู่กับคุณภาพการนำไปใช้ ผู้เขียนสังเกตว่า นัยเชิงปฏิบัติที่สำคัญคือ การที่ครูปฏิบัติตามขั้นตอน 5E อย่างเป็นกลไกโดยขาดความเข้าใจในตรรกะเบื้องหลังแต่ละขั้น อาจไม่ได้ผลตามที่งานวิจัยรายงาน ครูจึงต้องเข้าใจว่าเหตุใดแต่ละขั้นจึงสำคัญและออกแบบกิจกรรมในแต่ละขั้นให้มีคุณภาพ มิใช่เพียงทำให้ครบห้าขั้น

5.2.1 ตัวอย่างการประยุกต์ 5E ในการสอนฟิสิกส์

เพื่อให้นักศึกษาครูเห็นภาพการนำ 5E ไปใช้อย่างมีคุณภาพ ผู้เขียนขอยกตัวอย่างจากการสอนฟิสิกส์เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล ในขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ครูอาจแสดงปรากฏการณ์ที่ขัดกับสามัญสำนึก เช่น ลูกตุ้มที่แกว่งกลับมาไม่เกินระดับความสูงเดิม แล้วถามว่าพลังงานหายไปไหน เพื่อกระตุ้นความอยากรู้และดึงมโนทัศน์เดิมออกมา ในขั้นสำรวจ (Explore) ครูให้ผู้เรียนทดลองปล่อยรถทดลองจากรางที่ความสูงต่างกันและวัดความเร็วที่ปลายราง โดยยังไม่บอกสูตร เพื่อให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและสังเกตความสัมพันธ์ด้วยตนเอง

ในขั้นอธิบาย (Explain) ครูชี้แนะให้ผู้เรียนเชื่อมโยงข้อมูลที่สังเกตได้กับมโนทัศน์การเปลี่ยนรูปพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์ และแนะนำศัพท์และสมการที่เกี่ยวข้องบนฐานประสบการณ์ที่ผู้เรียนเพิ่งมี ในขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ครูให้ผู้เรียนประยุกต์หลักการกับสถานการณ์ใหม่ เช่น รถไฟเหาะหรือการกระโดดของนักกีฬา ซึ่งรวมถึงการพิจารณาบทบาทของแรงเสียดทานที่ทำให้พลังงานกลบางส่วนเปลี่ยนเป็นความร้อน อันเป็นคำตอบของคำถามในขั้น Engage และในขั้นประเมิน (Evaluate) ครูประเมินทั้งระหว่างเรียนผ่านการสังเกตและคำถาม และเมื่อจบหน่วยผ่านภาระงานที่ให้ผู้เรียนวิเคราะห์สถานการณ์จริง ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่า 5E ที่มีคุณภาพต้องอาศัยการออกแบบกิจกรรมที่เชื่อมโยงกันอย่างมีเป้าหมายในทุกขั้น มิใช่เพียงการจัดกิจกรรมให้ครบห้าขั้นอย่างกลไก

Library and Learning, University of Phayao

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (ชีววิทยา)

ผู้เขียนขอสาธิตการใช้วัฏจักร 5E กับหน่วยชีววิทยาเรื่องความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งพบบ่อยคือผู้เรียนเข้าใจห่วงโซ่อาหารแบบเส้นตรงและคิดว่า “ผู้ล่าควบคุมเหยื่อเท่านั้น” โดยมองไม่เห็นความสัมพันธ์แบบเครือข่ายและผลย้อนกลับ อีกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหนึ่งคือเชื่อว่าการกำจัดสิ่งมีชีวิตที่ดู “เป็นโทษ” ออกจากระบบจะเป็นผลดีเสมอ อาจกล่าวได้ว่า เนื้อหานี้เหมาะกับ 5E เพราะเปิดให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจเชิงระบบผ่านการสำรวจด้วยตนเอง

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ในขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ครูนำเสนอปรากฏการณ์จริงที่ท้าทายมโนทัศน์เดิม เช่น กรณีการลดจำนวนหมาป่าในอุทยานเยลโลว์สโตนที่ส่งผลกระทบลูกโซ่ไปถึงพืชริมน้ำและลำธาร ปรากฏการณ์ที่ขัดกับสามัญสำนึกนี้กระตุ้นความอยากรู้ ในขั้นสำรวจ (Explore) ผู้เรียนใช้แบบจำลองหรือข้อมูลภาคสนามสืบเสาะความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด โดยครูยังไม่ให้คำอธิบายเชิงมโนทัศน์

ในขั้นอธิบาย (Explain) ผู้เขียนเน้นว่าครูต้องเปิดให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลที่สำรวจก่อน แล้วจึงช่วยขัดเกลาด้วยศัพท์และมโนทัศน์ทางวิชาการ เช่น สายใยอาหาร ผู้ผลิต ผู้บริโภค และสมดุลของระบบนิเวศ ลำดับนี้สำคัญเพราะสอดคล้องกับแนวคิด productive failure ที่กล่าวไว้ในบทนี้ คือให้ผู้เรียนปะทะกับความซับซ้อนและสร้างความเข้าใจเบื้องต้นด้วยตนเองก่อนที่ครูจะให้กรอบมโนทัศน์ที่เป็นทางการ

ในขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ผู้เขียนเสนอให้ครูชีววิทยาให้ผู้เรียนประยุกต์แนวคิดสมดุลของระบบนิเวศกับสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นจริง เช่น ผลกระทบของการนำสัตว์ต่างถิ่นเข้ามาหรือการเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตร และปิดท้ายด้วยขั้นประเมิน (Evaluate) ที่วัดทั้งความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และทักษะการให้เหตุผลเชิงระบบ การที่ผู้เรียนได้เชื่อมโยงมโนทัศน์กับบริบทใกล้ตัวเช่นนี้ไม่เพียงสร้างความเข้าใจที่คงทน แต่ยังปลูกฝังเจตคติเชิงอนุรักษ์และความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน

Library and Learning, University of Phayao

5.2.2 การขยายจากรูปแบบ 5E สู่รูปแบบ 7E

รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E ได้รับการขยายต่อเป็นรูปแบบ 7E โดย Eisenkraft (2003) ซึ่งเสนอว่าวัฏจักรเดิมมีจุดเสี่ยงสองประการ ประการแรกคือขั้นสร้างความสนใจอาจข้ามการสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียน ทำให้ครูไม่ทราบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ฝังอยู่ก่อน จึงแยกขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicit) ออกมาให้ชัดเจน ประการที่สองคือขั้นขยายความรู้มักจำกัดอยู่ในบริบทเดิม จึงเพิ่มขั้นขยายสู่บริบทใหม่ (Extend) เพื่อให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ (transfer of learning) ไปสู่สถานการณ์ที่ต่างออกไป ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบขั้นตอนของรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E กับ 7E

ขั้นตอนในรูปแบบ 7E	เทียบกับรูปแบบ 5E	บทบาทสำคัญของครูและผู้เรียน	ตัวอย่างในการสอนวิทยาศาสตร์
1. ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicit)	ขั้นใหม่ใน 7E	ครูใช้คำถามหรือสถานการณ์สั้นเพื่อดึงความรู้เดิมและ	ถามว่า “ถ้าปล่อยลูกบอลหนักกับเบาพร้อมกัน ลูกใดถึงพื้นก่อนเพราะเหตุใด”

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ขั้นตอนในรูปแบบ 7E	เทียบกับรูปแบบ 5E	บทบาทสำคัญของครูและผู้เรียน	ตัวอย่างในการสอนวิทยาศาสตร์
		มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกมาให้ปรากฏ	
2. สร้างความสนใจ (Engage)	Engage	เร้าความสนใจและเชื่อมโยงบทเรียนกับประสบการณ์ของผู้เรียน	สาธิตการตกของกระดาษแผ่นเรียบกับกระดาษที่ขยำเป็นก้อน
3. สำรวจและค้นหา (Explore)	Explore	ผู้เรียนลงมือทดลอง สังเกต และเก็บข้อมูลด้วยตนเอง	วัดเวลาการตกของวัตถุต่างมวลด้วยแอปพลิเคชันจับเวลา
4. อธิบายและลงข้อสรุป (Explain)	Explain	ผู้เรียนอธิบายจากหลักฐานที่เก็บได้ ครูจึงเสริมศัพท์และมโนทัศน์วิทยาศาสตร์	สรุปว่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงไม่ขึ้นกับมวลเมื่อแรงต้านอากาศน้อย
5. ขยายความรู้ (Elaborate)	Elaborate	ผู้เรียนนำมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ภายในขอบเขตเนื้อหาเดิม	คำนวณเวลาตกของวัตถุจากความสูงต่างกันและตรวจสอบกับผลการวัด
6. ประเมินผล (Evaluate)	Evaluate	ประเมินความเข้าใจและทักษะกระบวนการทั้งระหว่างเรียนและเมื่อจบหน่วย	ให้เขียนคำอธิบายตามกรอบ CER พร้อมประเมินตนเองด้วยเกณฑ์ที่แจ้งล่วงหน้า
7. ขยายสู่บริบทใหม่ (Extend)	ขั้นใหม่ใน 7E	ถ่ายโยงมโนทัศน์ไปสู่บริบทหรือสาขาอื่นที่ต่างจากเดิม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน	อภิปรายการตกของวัตถุบนดวงจันทร์ และการออกแบบร่มชูชีพสำหรับสัมภาระ

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Eisenkraft, 2003 และ Bybee, 2015)

ตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบ 7E มิได้ปฏิเสธรูปแบบ 5E แต่เป็นการทำให้กระบวนการที่ครูผู้มีประสบการณ์ทำอยู่แล้วปรากฏชัดเจนเป็นขั้นตอน สองขั้นที่เพิ่มเข้ามาสอดคล้องโดยตรงกับสาระสำคัญของบทที่ 1 และบทที่ 3 กล่าวคือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิมเป็นเครื่องมือสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนก่อนเริ่มบทเรียน ส่วนขั้นขยายสู่บริบทใหม่เป็นการสร้างโอกาสถ่ายโยงความรู้ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดของการเรียนรู้ที่ยั่งยืน ผู้เขียนขอเสนอว่า ครูวิทยาศาสตร์ควรเลือกใช้ตามเงื่อนไขของเวลา และความ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ซับซ้อนของเนื้อหา หากคาบเรียนสั้นและมโนทัศน์ไม่ซับซ้อน รูปแบบ 5E ยังเพียงพอ แต่หากเนื้อหามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแพร่หลาย หรือมุ่งให้ผู้เรียนถ่ายโยงความรู้สู่สถานการณ์จริง รูปแบบ 7E จะให้ผลดีกว่า ทั้งนี้ควรออกแบบให้สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ตามหลักการออกแบบย้อนกลับในหัวข้อ 3.5

5.3 การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาและโครงงานเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) และแบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) ต่างเน้นให้ผู้เรียนเป็นเจ้าของกระบวนการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จริง การทำงานเป็นทีม และการสร้างผลงานหรือคำตอบที่มีความหมาย แนวทางเหล่านี้สนับสนุนทั้งสมรรถนะ 4Cs และทักษะการคิดขั้นสูงที่กล่าวถึงในบทที่ 4

ผู้เขียนขอชี้ความแตกต่างระหว่างสองแนวทางนี้ ซึ่งครูมักสับสน การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเริ่มจากปัญหาที่ยังไม่มีโครงสร้างชัดเจน (ill-structured problem) แล้วให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ที่จำเป็นเพื่อแก้ปัญหานั้น จุดเน้นอยู่ที่กระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการแก้ปัญหา ส่วนการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานเน้นการสร้างผลงานหรือชิ้นงานที่จับต้องได้ (artifact) เป็นเป้าหมายปลายทางโดยผู้เรียนวางแผนและดำเนินโครงงานในระยะเวลาที่ยาวกว่า ในทางปฏิบัติ ทั้งสองแนวทางมักทับซ้อนกันและในการสอนวิทยาศาสตร์มักผสานเข้าด้วยกัน เช่น โครงงานที่มีปัญหาจริงเป็นจุดตั้งต้น

หัวใจของความสำเร็จของทั้งสองแนวทางอยู่ที่คุณภาพของปัญหาหรือโครงงานที่ครูออกแบบ ปัญหาที่ดีต้องมีความสมจริง เชื่อมโยงกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้เรียนรู้ และเปิดให้มีแนวทางแก้ที่หลากหลาย หากปัญหาง่ายเกินไปหรือมีคำตอบเดียวที่ชัดเจน ผู้เรียนก็จะไม่ได้ฝึกการสืบเสาะ และการคิดขั้นสูงอย่างแท้จริง นอกจากนี้ ทั้งสองแนวทางต้องการการชี้แนะของครูที่เหมาะสม เพราะผู้เรียนที่ขาดความรู้พื้นฐานเพียงพออาจรับภาระทางปัญญาเกินและไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ดังที่อภิปรายเรื่องทฤษฎีภาระทางปัญญาในบทที่ 3 ครูจึงต้องจัดสมดุลระหว่างการให้อิสระแก่ผู้เรียนกับการเสริมต่อการเรียนรู้ที่จำเป็น

หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนประสิทธิผลของการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานในวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์อภิมานแนวทางการสอนเคมีโดย Ahmad et al. (2023) ที่อ้างถึงในบทที่ 3 พบว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีขนาดอิทธิพลสูงถึง 3.35 ซึ่งสูงที่สุดในบรรดาแนวทางที่วิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอย้ำว่าขนาดอิทธิพลที่สูงมากเช่นนี้เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขการวิจัยที่ออกแบบและควบคุมอย่างดี การนำไปใช้ในชั้นเรียนจริงที่มีผู้เรียนจำนวนมากและเวลาจำกัด ย่อมต้องปรับให้เหมาะกับบริบท และไม่ควรคาดหวังผลในระดับเดียวกันโดยอัตโนมัติ

เพื่อให้เห็นภาพการออกแบบที่มีคุณภาพ ผู้เขียนขอยกตัวอย่างโครงงานวิทยาศาสตร์แบบใช้โครงงานเป็นฐานเรื่องคุณภาพน้ำในชุมชน ครูเริ่มจากปัญหาจริงที่เชื่อมโยงกับชีวิตผู้เรียนว่าน้ำในแหล่งน้ำของชุมชนมีคุณภาพเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์หรือไม่ ผู้เรียนต้องวางแผนการเก็บตัวอย่าง ออกแบบการ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

วัดตัวแปรคุณภาพน้ำ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย และความขุ่น วิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอข้อสรุปพร้อมข้อเสนอแนะต่อชุมชน โครงงานนี้บูรณาการความรู้เคมีและชีววิทยา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้าด้วยกันในภาระงานเดียว

ผู้เขียนเห็นว่า คุณค่าของโครงงานลักษณะนี้อยู่ที่การที่ผู้เรียนได้ทำงานกับปัญหาจริงที่ไม่มีคำตอบสำเร็จรูป ซึ่งพัฒนาทั้งความเข้าใจเนื้อหาและสมรรถนะการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม ความท้าทายเชิงปฏิบัติที่ครูต้องจัดการคือการประกันว่าผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง มิใช่ปล่อยให้สมาชิกบางคนทำงานแทน และการชี้แนะให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์การทำโครงงานกลับสู่มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน เพราะหากขาดการเชื่อมโยงนี้ ผู้เรียนอาจสนุกกับกิจกรรมแต่ไม่เกิดการเรียนรู้มโนทัศน์ที่ลึกซึ้ง ซึ่งเป็นกับดักเน้นกิจกรรมที่กล่าวถึงในบทที่ 3 ครูจึงต้องออกแบบทั้งโครงงานและจังหวะการสะท้อนคิดที่เชื่อมประสบการณ์กับทฤษฎีอย่างเป็นระบบ

5.4 การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นอกห้องเรียน

การเรียนรู้เชิงรุกที่กล่าวถึงในหัวข้อก่อนหน้ามิได้จำกัดอยู่เฉพาะภายในห้องเรียนสี่เหลี่ยม การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นอกห้องเรียน (out-of-classroom science learning) ครอบคลุมทั้งการทัศนศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์ (field trips) การเรียนรู้ในสวนพฤกษศาสตร์ สนามธรรมชาติ ชุมชน และพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ ฐานคิดสำคัญของแนวทางนี้คือการเรียนรู้แบบอิงพื้นที่ (place-based learning) และการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง (experiential learning) ที่มองว่าความรู้วิทยาศาสตร์มิได้ดำรงอยู่แยกขาดจากบริบทจริง แต่เชื่อมโยงกับสิ่งแวดล้อม ทรัพยากร และปัญหาที่ผู้เรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน หากพิจารณาตามกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm การเรียนรู้นอกห้องเรียนจึงเป็นการขยายระยะปฏิบัติการเรียนรู้ให้ก้าวพ้นขอบเขตทางกายภาพของห้องเรียน โดยยังคงยึดหลักการเดียวกันคือการให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและสร้างความหมายด้วยตนเอง

รูปแบบของการเรียนรู้นอกห้องเรียนมีความหลากหลาย ตั้งแต่การทัศนศึกษาระยะสั้นในพื้นที่ใกล้โรงเรียน เช่น สวนสาธารณะหรือแหล่งน้ำในชุมชน ไปจนถึงการเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา หรือแหล่งเรียนรู้เฉพาะทาง เช่น สวนสัตว์ อุทยานแห่งชาติ และสถานประกอบการด้านเทคโนโลยี ครูวิทยาศาสตร์อาจออกแบบให้ผู้เรียนสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติในสภาพจริง เก็บข้อมูลภาคสนาม สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญหรือปราชญ์ชุมชน หรือทำโครงงานที่ใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นเป็นฐาน กิจกรรมเหล่านี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเผชิญกับความซับซ้อนของปรากฏการณ์จริงที่ห้องปฏิบัติการจำลองในโรงเรียนมิอาจให้ได้ครบถ้วน

หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนคุณค่าของการเรียนรู้นอกห้องเรียนอย่างสม่ำเสมอ การทบทวนวรรณกรรมของ DeWitt และ Storksdieck (2008) สรุปว่าการทัศนศึกษาที่ออกแบบดีส่งผลเชิงบวกต่อความรู้ เจตคติ และแรงจูงใจของผู้เรียน แต่ผลลัพธ์เชิงการเรียนรู้ที่แท้จริงมักไม่ได้เกิดจากช่วงเวลาการเยี่ยมชมเพียงลำพัง หากขึ้นอยู่กับการออกแบบกิจกรรมก่อนและหลังการทัศนศึกษาเป็นสำคัญ สอดคล้อง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

กับกรอบวงจรการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Stern และ Powell (2020) ที่เสนอว่าการเรียนรู้นอกห้องเรียนจะเกิดผลสูงสุดเมื่อผู้เรียนได้ผ่านครบทั้งสี่ขั้น คือ การมีประสบการณ์ตรง (concrete experience) การสะท้อนคิด (reflective observation) การสรุปเป็นหลักการ (abstract conceptualization) และการนำไปทดลองใช้ในสถานการณ์ใหม่ (active experimentation) ครูจึงมิควรมองการทัศนศึกษาเป็นเพียงกิจกรรมเสริมสนุกสนาน แต่ต้องออกแบบให้ครบวงจรการเรียนรู้เช่นเดียวกับการวางแผนบทเรียนในชั้นเรียนปกติ

ในบริบทไทย การศึกษาเปรียบเทียบของ Wong et al. (2025) ที่ทัศนศึกษาในพื้นที่ประเทศไทยทั้งรูปแบบทางกายภาพและรูปแบบเสมือนจริง ชี้ให้เห็นว่าการทัศนศึกษาเสมือน (virtual field trip) สามารถเป็นทางเลือกเสริมที่ขยายการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่ห่างไกลหรือมีข้อจำกัดด้านงบประมาณและเวลาได้ในระดับหนึ่ง แต่ไม่อาจทดแทนประสบการณ์ตรงในพื้นที่จริงได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะในมิติของการรับรู้หลายประสาทสัมผัสและปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่ผันแปร ผู้เขียนเห็นว่าครูวิทยาศาสตร์ไทยอาจพิจารณาใช้ทั้งสองรูปแบบร่วมกันตามความเหมาะสมของบริบทโรงเรียน เช่น ใช้การทัศนศึกษาเสมือนเป็นกิจกรรมเตรียมความพร้อมก่อนการลงพื้นที่จริง หรือใช้ทดแทนในกรณีที่มีข้อจำกัดด้านความปลอดภัยหรือทรัพยากร

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้นอกห้องเรียนมีความท้าทายเชิงปฏิบัติที่ครูต้องวางแผนล่วงหน้าอย่างรอบคอบ ประการแรกคือความปลอดภัยของผู้เรียนตลอดกิจกรรม ซึ่งครอบคลุมทั้งการเดินทาง การสำรวจพื้นที่ล่วงหน้า การประเมินความเสี่ยง และการเตรียมพร้อมรับสถานการณ์ฉุกเฉิน สอดคล้องกับหลักการความปลอดภัยที่กล่าวถึงในหัวข้อ 5.12 ประการที่สองคือการบริหารจัดการกลุ่มผู้เรียนจำนวนมากในพื้นที่เปิดที่ควบคุมตัวแปรได้ยากกว่าห้องเรียน ครูจึงจำเป็นต้องกำหนดบทบาทและข้อตกลงร่วมที่ชัดเจน และประการที่สามคือการเชื่อมโยงกิจกรรมนอกห้องเรียนเข้ากับตัวชี้วัดและผลลัพธ์การเรียนรู้ของหลักสูตรอย่างเป็นรูปธรรม มิใช่เป็นเพียงกิจกรรมเสริมที่แยกขาดจากเนื้อหาที่สอน ครูควรออกแบบใบกิจกรรมหรือคำถามชี้นำที่เชื่อมโยงสิ่งที่พบเห็นในภาคสนามกลับเข้าสู่มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้อย่างชัดเจน

Library and Learning, University of Phayao

5.5 หลักฐานเชิงประจักษ์ของการเรียนรู้เชิงรุกและการสืบเสาะ

หลักฐานเชิงประจักษ์ที่หนักแน่นที่สุดชิ้นหนึ่งมาจากงานวิจัยเชิงอภิมานของ Freeman et al. ที่ตีพิมพ์ใน PNAS ซึ่งวิเคราะห์ 225 งานวิจัยในระดับอุดมศึกษาสาขา STEM พบว่าการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) เพิ่มคะแนนสอบเฉลี่ยขึ้น 0.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผู้เรียนในชั้นที่ใช้การบรรยายแบบดั้งเดิมมีโอกาสสอบตกสูงกว่าถึง 1.5 เท่า (Freeman et al., 2014) ขนาดอิทธิพลระดับนี้หนักแน่นพอจนผู้เขียนบางส่วนในวงวิชาการเสนอว่าไม่จำเป็นต้องพิสูจน์อีกต่อไปว่าการเรียนรู้เชิงรุกดีกว่าการบรรยาย

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่าการสรุปง่าย ๆ ว่า “ให้ผู้เรียนลงมือทำมากเข้าไว้” เป็นการอ่านหลักฐานที่ผิวเผิน เพราะหัวใจมิได้อยู่ที่ “ปริมาณการลงมือทำ” แต่อยู่ที่ “การออกแบบประสบการณ์ที่ทำให้การลงมือทำนั้นเกิดการเรียนรู้” แนวคิด productive failure ของ Kapur (2008) ให้มุมที่ลึกกว่านั้น โดยแสดงหลักฐานว่าการให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาที่ซับซ้อนและ “ล้มเหลว” ในการแก้ก่อนได้รับการสอนอย่างเป็นทางการ กลับช่วยให้เกิดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และการถ่ายโยงความรู้ได้ดีกว่าการสอนแบบให้โครงสร้างครบตั้งแต่ต้น

จุดที่ผู้เขียนเห็นว่าสำคัญที่สุดสำหรับนักศึกษาครูคือ ความล้มเหลวจะ สร้างผล (productive) ได้ก็ต่อเมื่อมีการสอนตามมาที่ต่อยอดจากความพยายามและแนวคิดที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเอง มิใช่ปล่อยให้ล้มเหลวลอย ๆ ข้อค้นพบนี้บรรจบกับข้อถกเถียงเรื่องการชี้แนะในบทที่ 3 และ 4 กล่าวคือ การเรียนรู้เชิงรุกที่ได้ผลคือการเรียนรู้เชิงรุกที่ออกแบบลำดับของการเผชิญปัญหาและการชี้แนะอย่างจงใจ ครูวิทยาศาสตร์จึงต้องเปลี่ยนคำถามจาก “จะให้ผู้เรียนทำกิจกรรมอะไร” เป็น “จะออกแบบลำดับประสบการณ์อย่างไรให้การลงมือทำนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกและถ่ายโยงได้”

งานวิจัยข้ามชาติของ Gómez และ Suárez (2020) ที่วิเคราะห์ข้อมูล PISA 2015 ก็สนับสนุนข้อสรุปนี้ โดยพบว่าการสอนแบบสืบเสาะที่มีการชี้แนะอย่างเหมาะสมสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์และการคิดเชิงวิพากษ์ หลักฐานในบริบทไทยชี้ว่าความสามารถของครูในการออกแบบการสืบเสาะเป็นเงื่อนไขสำคัญของประสิทธิผลดังกล่าว Kruatong et al. (2022) ศึกษานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ไทยจำนวน 49 คน ที่ฝึกออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะห้าขั้น พบว่ามากกว่าร้อยละ 73 ออกแบบขั้นตอนทั้งห้าได้ในระดับดี แต่มีเพียงประมาณร้อยละ 67 ที่กำหนดขอบเขตการเรียนรู้ให้ครอบคลุมศาสตร์ที่ต้องบูรณาการได้ครบถ้วน ข้อค้นพบนี้ชี้ว่าการฝึกออกแบบการสืบเสาะอย่างเป็นระบบยังเป็นความจำเป็นเร่งด่วนในการผลิตครูวิทยาศาสตร์ไทย

นอกจากหลักฐานระดับนานาชาติแล้ว งานวิจัยในบริบทไทยของ Thongpanit et al. (2026) ที่ศึกษากับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ก่อนประจำการ ได้เสนอการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เข้ากับการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ผลการวิจัยพบว่าการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับการคิดเชิงออกแบบส่งเสริมทั้งการคิดวิเคราะห์ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ก่อนประจำการอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในบริบทไทยที่สอดคล้องกับข้อสรุปข้างต้นว่าการผสานยุทธวิธีเชิงรุกเข้ากับกระบวนการออกแบบที่มีโครงสร้างช่วยส่งเสริมทั้งมิติพุทธิปัญญาและแรงจูงใจไปพร้อมกัน

ในมุมมองของผู้เขียน คำถามที่ลึกกว่าการถามว่า “การเรียนรู้เชิงรุกได้ผลหรือไม่” คือการถามว่า “เหตุใดจึงได้ผล” ซึ่งช่วยให้ครูออกแบบได้ดีขึ้น กลไกหลักที่อธิบายประสิทธิผลของการเรียนรู้เชิงรุกมีอย่างน้อยสามประการ ประการแรกคือการที่ผู้เรียนต้องประมวลข้อมูลอย่างลึก (deep processing) เมื่อต้องอธิบาย ให้เหตุผล หรือแก้ปัญหา แทนการรับข้อมูลอย่างผิวเผิน ประการที่สองคือการที่การเรียนรู้เชิงรุกทำให้ความคิดของผู้เรียนปรากฏชัด (made visible) ทั้งต่อตนเองและต่อครู ทำให้เกิดการตรวจสอบและ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ปรับแก้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ทันท่วงที และประการที่สามคือการที่การมีส่วนร่วมเชิงรุกเพิ่มแรงจูงใจและความรู้สึกเป็นเจ้าของการเรียนรู้ ตามทฤษฎีการกำหนดตนเองในบทที่ 3

ความเข้าใจกลไกเหล่านี้มีนัยเชิงปฏิบัติที่สำคัญ กล่าวคือ กิจกรรมที่เรียกว่า “การเรียนรู้เชิงรุก” จะได้ผลก็ต่อเมื่อกระตุ้นกลไกเหล่านี้จริง การให้ผู้เรียนทำกิจกรรมที่ดูเหมือนกระตือรือร้นแต่ไม่ต้องใช้การคิดเชิงลึก เช่น การคัดลอกข้อมูลหรือทำกิจกรรมตามขั้นตอนโดยไม่เข้าใจเหตุผล ย่อมไม่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง จากประสบการณ์ของผู้เขียน นี่คือเหตุผลที่ครูต้องออกแบบกิจกรรมเชิงรุกที่ผลักดันให้ผู้เรียนคิด อธิบาย และให้เหตุผล มิใช่เพียงเคลื่อนไหวร่างกายหรือทำกิจกรรมให้ครบ ความ “รุก” ที่แท้จริงจึงอยู่ที่การรุกทางปัญญา (cognitive engagement) มิใช่เพียงการรุกทางกายภาพหรือทางสังคม

หลักฐานในบริบทไทยช่วยเสริมความเข้าใจว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในสถานศึกษาไทยขึ้นอยู่กับปัจจัยใด งานวิจัยของ กิตติพิชญ์ ศรีเนตร, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์ (2569) ที่ศึกษาครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร พบว่าสมรรถนะของครูเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในสถานศึกษา ข้อค้นพบนี้มีนัยสำคัญต่อการนำการเรียนรู้เชิงรุกสู่การปฏิบัติในบริบทไทย กล่าวคือ การที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เชิงรุกอย่างมีคุณภาพมิได้ขึ้นอยู่กับการประกาศนโยบายหรือการกำหนดในหลักสูตรเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับสมรรถนะของครูในการออกแบบและจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมทางปัญญาของผู้เรียน หลักฐานนี้จึงเน้นย้ำว่าการพัฒนาการเรียนรู้เชิงรุกในประเทศไทยต้องลงทุนกับการพัฒนาสมรรถนะของครูควบคู่กันไป ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาวิชาชีพครูที่อภิปรายในบทที่ 9

5.6 การสร้างสมดุลระหว่างการสอนตรงและการเรียนรู้เชิงรุก

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่แพร่หลายในวงการศึกษาคือการมองว่าการสอนตรง (direct instruction) เป็นสิ่งล้าสมัยที่ต้องแทนที่ด้วยการเรียนรู้เชิงรุกทั้งหมด ในทัศนะของผู้เขียน ความเข้าใจนี้เป็นการแบ่งขั้วที่ผิดพลาด การสอนตรงที่มีคุณภาพและการเรียนรู้เชิงรุกมิใช่สิ่งตรงข้ามที่ต้องเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่เป็นเครื่องมือที่ครูใช้ในจังหวะที่เหมาะสมต่างกัน ดังที่อภิปรายในข้อถกเถียงเรื่องการชี้แนะกับการค้นพบในบทที่ 3 ระดับการชี้แนะที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับระดับความรู้เดิมของผู้เรียนและธรรมชาติของเนื้อหา

การสอนตรงที่มีคุณภาพมิได้หมายถึงการบรรยายให้ผู้เรียนนั่งฟังอย่างนิ่งเฉย แต่หมายถึงการที่ครูนำเสนอเนื้อหาอย่างชัดเจนเป็นลำดับ พร้อมการสาธิต การตรวจสอบความเข้าใจบ่อยครั้ง และการให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติภายใต้การชี้แนะ การสอนตรงมีคุณค่าเป็นพิเศษเมื่อผู้เรียนเป็นมือใหม่ในเนื้อหาที่ซับซ้อนและมีโครงสร้างชัดเจน เช่น การแนะนำมโนทัศน์หรือทักษะใหม่ที่ผู้เรียนยังไม่มีฐานความรู้เดิมเพียงพอที่จะสืบเสาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ การให้ผู้เรียนมือใหม่สืบเสาะโดยไร้การชี้แนะในสถานการณ์เช่นนี้มักนำไปสู่ภาระทางปัญญาเกินและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ในทางกลับกัน การเรียนรู้เชิงรุกและการสืบเสาะมีคุณค่าเป็นพิเศษเมื่อผู้เรียนมีฐานความรู้เพียงพอแล้ว และเป้าหมายคือการพัฒนาการคิดขั้นสูง การประยุกต์ใช้ และการสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ผู้เขียนสังเกตว่า ครูวิทยาศาสตร์ที่เชี่ยวชาญคือผู้ที่สามารถสลับและผสานทั้งสองแนวทางได้อย่างลื่นไหลภายใน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทเรียนเดียว เช่น ใช้การสอนตรงเพื่อแนะนำมโนทัศน์พื้นฐานและทักษะที่จำเป็น แล้วเปลี่ยนเป็นการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อให้ผู้เรียนประยุกต์และขยายความเข้าใจ แนวคิดการถ่ายโอนความรับผิดชอบอย่างค่อยเป็นค่อยไป (gradual release of responsibility) จากครูสู่ผู้เรียนสะท้อนหลักการนี้ และสอดคล้องกับการถอนการเสริมต่อการเรียนรู้ในบทที่ 3 ดังนั้นคำถามที่ถูกต้องสำหรับครูจึงมิใช่ “ควรสอนตรงหรือให้สืบเสาะ” แต่เป็น “เมื่อใดควรใช้แต่ละแนวทาง และจะผสานทั้งสองอย่างไรให้เหมาะกับผู้เรียนและเนื้อหา”

การถ่ายโอนความรับผิดชอบอย่างค่อยเป็นค่อยไปจากครูสู่ผู้เรียน และความสัมพันธ์กับระดับการชี้แนะ สรุปได้ดังแผนภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การถ่ายโอนความรับผิดชอบอย่างค่อยเป็นค่อยไปและการปรับระดับการชี้แนะตามความพร้อมของผู้เรียน

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Kirschner et al., 2006; Hmelo-Silver et al., 2007)

ภาพที่ 15 แสดงให้เห็นว่าการสอนที่มีประสิทธิภาพมิได้เลือกระหว่างการชี้แนะมากกับการปล่อยให้ผู้เรียนค้นพบเอง แต่เป็นการถ่ายโอนความรับผิดชอบอย่างค่อยเป็นค่อยไป จากการที่ครูสาธิตและนำสู่การฝึกร่วมกัน การฝึกแบบร่วมมือ และการทำด้วยตนเอง โดยครูลดการชี้แนะลงเมื่อผู้เรียนพร้อมขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการปรับระดับการชี้แนะตามความเชี่ยวชาญ

5.7 การเชื่อมโยงการเรียนรู้เชิงรุกกับการออกแบบย้อนกลับ

ข้อค้นพบข้างต้นนำไปสู่คำถามเชิงออกแบบว่า ครูจะมั่นใจได้อย่างไรว่ากิจกรรมเชิงรุกที่จัดขึ้นนำไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้จริง มิใช่เป็นเพียงกิจกรรมที่สนุกแต่ไร้ทิศทาง Wiggins และ McTighe (2005) เตือนถึงกับดักสองประการของการออกแบบการสอน คือ กับดักเน้นกิจกรรม (activity-focused) ที่จัดกิจกรรมสนุกโดยไม่เชื่อมกับความเข้าใจเป้าหมาย และ กับดักเน้นการครอบคลุมเนื้อหา (coverage-focused) ที่เร่งสอนให้ครบโดยผู้เรียนไม่เกิดความเข้าใจลึก

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เขียนเห็นว่าการเรียนรู้เชิงรุกที่ขาดการออกแบบย้อนกลับ (backward design)มีความเสี่ยงสูงที่จะตกใน “กับดักเน้นกิจกรรม” ดังนั้นการออกแบบย้อนกลับสามขั้น (กำหนดเป้าหมายความเข้าใจที่พึงประสงค์ ⟶ กำหนดหลักฐานการเรียนรู้ ⟶ ออกแบบกิจกรรม) จึงเป็นกลไกกำกับที่ทำให้กิจกรรมเชิงรุกและ productive failure ดำเนินไปอย่างมีทิศทาง วิธีคิดนี้สอดคล้องโดยตรงกับวงจรของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่เริ่มจากการวิเคราะห์ความต้องการและกำหนดเป้าหมายก่อนการปฏิบัติการเรียนรู้เสมอ นักศึกษาครูจึงควรออกแบบกิจกรรมเชิงรุกโดยเริ่มจากคำถามว่า “เมื่อจบบทเรียน ผู้เรียนควรเข้าใจอะไรอย่างลึกซึ้งและแสดงออกได้อย่างไร” แล้วจึงย้อนกลับมาออกแบบลำดับประสบการณ์

5.7.1 ความล้มเหลวที่ให้ผล

แนวคิดหนึ่งที่ท้าทายสัญชาตญาณของครูแต่มีหลักฐานสนับสนุนคือความล้มเหลวที่ให้ผล (productive failure) ที่ Kapur (2008) เสนอไว้ แนวคิดนี้ชี้ว่าการให้ผู้เรียนพยายามแก้ปัญหาที่ซับซ้อนด้วยตนเองก่อนได้รับการสอนอย่างเป็นทางการ แม้ผู้เรียนจะแก้ปัญหาไม่สำเร็จในเบื้องต้น แต่กระบวนการพยายามนั้นช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ลึกซึ้งกว่าเมื่อได้รับการสอนในภายหลัง เพราะการพยายามล้มเหลวช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนตระหนักถึงช่องว่างในความรู้ของตน และเตรียมความพร้อมทางปัญญาที่จะรับความรู้ใหม่อย่างมีความหมาย

ความล้มเหลวที่ให้ผลมิได้ขัดแย้งกับทฤษฎีภาระทางปัญญาในบทที่ 3 อย่างที่อาจเข้าใจในตอนแรก แต่เสริมกันเมื่อเข้าใจเงื่อนไขอย่างถูกต้อง ความล้มเหลวที่ให้ผลได้ผลเมื่อครูออกแบบให้การพยายามเบื้องต้นนำไปสู่การสอนที่ตามมาอย่างเป็นระบบ มิใช่ปล่อยให้ผู้เรียนล้มเหลวแล้วจบไป กล่าวคือ ระยะการพยายามด้วยตนเองทำหน้าที่เตรียมความพร้อม (preparation) ส่วนการสอนที่ตามมาทำหน้าที่รวบยอด (consolidation) อาจกล่าวได้ว่า นัยเชิงปฏิบัติสำหรับครูวิทยาศาสตร์คือ การไม่รีบให้คำตอบหรือสูตรแก่ผู้เรียนทันที แต่เปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนได้ลองคิดและลองผิดลองถูกก่อน ซึ่งสร้างทั้งความเข้าใจที่ลึกซึ้ง และเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้จากความผิดพลาด อันเป็นจิตวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 16 การออกแบบย้อนกลับสามขั้นกำกับการเรียนรู้เชิงรุกและวงจร productive failure (ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 16 แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้เชิงรุกจะมีทิศทางก็ต่อเมื่อวางอยู่บนการออกแบบย้อนกลับ คือกำหนดผลลัพธ์และหลักฐานก่อนเลือกกิจกรรม ส่วนวงจร productive failure ด้านขวาเสริมว่าการให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาที่ซับซ้อนก่อนแล้วครูจึงจัดโครงสร้างภายหลัง ช่วยให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์ที่ลึกกว่าการบอกคำตอบตั้งแต่ต้น

5.8 การจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการและงานทดลอง

งานปฏิบัติการและการทดลองเป็นเอกลักษณ์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างจากศาสตร์อื่น ในทัศนะของผู้เขียนซึ่งสอนฟิสิกส์มากว่าสองทศวรรษ การปฏิบัติการที่ออกแบบดีเป็นเครื่องมือทรงพลังในการพัฒนาทั้งความเข้าใจมโนทัศน์ ทักษะกระบวนการ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แต่การปฏิบัติการที่ออกแบบไม่ดีกลับกลายเป็นเพียงกิจกรรมทำตามขั้นตอน (cookbook) ที่ผู้เรียนทำตามคู่มือโดยไม่เกิดการคิด ความแตกต่างนี้คือประเด็นสำคัญที่ครูวิทยาศาสตร์ต้องเข้าใจ

ผู้เขียนขอชี้ข้อจำกัดของการปฏิบัติการแบบทำตามขั้นตอนที่พบบ่อยในห้องเรียนไทย ในการปฏิบัติการลักษณะนี้ ผู้เรียนได้รับคู่มือที่ระบุขั้นตอนทุกอย่างและทราบผลที่ควรได้ล่วงหน้า ทำให้การทดลองกลายเป็นการยืนยันสิ่งที่รู้อยู่แล้ว มิใช่การสืบเสาะที่แท้จริง ผู้เรียนจึงมุ่งทำให้ได้ผลที่ครู “ต้องการ” มากกว่าการสังเกตและตีความสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ผู้เขียนขอเสนอว่า การปฏิบัติการที่พัฒนาการคิดต้องเปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนได้มีส่วนในการออกแบบ การตั้งคำถาม การควบคุมตัวแปร และการตีความผล แม้เพียงบางส่วน เช่น การเปลี่ยนจากคู่มือที่ให้ทุกขั้นตอน เป็นการให้ปัญหาแล้วให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการทดลองเอง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเตือนถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า “การลงมือทดลองย่อมนำไปสู่การเรียนรู้มโนทัศน์โดยอัตโนมัติ” งานวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ชี้ว่า ผู้เรียนอาจทดลองสำเร็จและได้ผลถูกต้อง แต่ยังคงมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพราะการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์การทดลองกับมโนทัศน์เชิงทฤษฎีไม่ได้เกิดขึ้นเอง ครูจึงต้องออกแบบช่วงการอภิปรายและการสะท้อนคิดหลังการทดลอง (post-lab discussion) ที่ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับขั้นอธิบาย (Explain) ในรูปแบบ 5E การปฏิบัติการที่มีคุณค่าจึงมิได้จบที่การได้ผลการทดลอง แต่อยู่ที่การที่ผู้เรียนเข้าใจว่าผลนั้นหมายความว่าอย่างไรและเชื่อมโยงกับทฤษฎีอย่างไร

ในโรงเรียนไทยที่ทรัพยากรจำกัด ครูสามารถจัดปฏิบัติการต้นทุนต่ำโดยใช้วัสดุในชีวิตประจำวันแทนครุภัณฑ์ราคาสูง เช่น ใช้ขวดพลาสติกและหลอดเป็นชุดทดลองแรงดัน หรือใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูล ความปลอดภัยต้องมาก่อนเสมอ ครูควรประเมินความเสี่ยงก่อนทุกกิจกรรม จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกัน กำหนดข้อปฏิบัติที่ชัดเจน และดูแลการจัดการสารเคมีและของมีคมอย่างรัดกุม

เมื่อข้อจำกัดด้านครุภัณฑ์หรือความปลอดภัยทำให้การทดลองจริงเป็นไปไม่ได้ ห้องปฏิบัติการเสมือนและสถานการณ์จำลองที่กล่าวถึงในบทที่ 8 เป็นทางเลือกที่ช่วยให้ผู้เรียนสำรวจตัวแปรที่อันตรายหรือสังเกตปรากฏการณ์ในช่วงเวลาที่ยาวหรือสั้นเกินกว่าจะทำในชั้นเรียนได้ อย่างไรก็ตามควรใช้เป็นส่วนเสริมการลงมือจริง ไม่ใช่ทดแทนประสบการณ์ตรงทั้งหมด

5.9 การตั้งคำถามและการสนทนาในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่ทรงพลังที่สุดอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ แต่มักถูกมองข้าม คือคุณภาพของการตั้งคำถามและการสนทนาในชั้นเรียน คำถามที่ครูใช้เป็นเครื่องมือที่กำหนดระดับการคิดของผู้เรียนโดยตรง หากครูถามเพียงคำถามที่ต้องการคำตอบสั้น ๆ ที่จดจำได้ ผู้เรียนก็จะคิดเพียงระดับการจำ แต่หากครูถามคำถามที่เปิดให้วิเคราะห์ ประเมิน และให้เหตุผล ผู้เรียนก็จะถูกกระตุ้นให้คิดในระดับสูงขึ้น คำถามจึงเป็นเครื่องมือเชิงวิทยาการสอนที่เชื่อมโยงโดยตรงกับการพัฒนาการคิดขั้นสูงในบทที่ 4

งานวิจัยเรื่องการประเมินเพื่อพัฒนาของ Black และ Wiliam (1998) ชี้ว่าการตั้งคำถามและการให้ผลป้อนกลับระหว่างเรียนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้เขียนเห็นว่า เทคนิคที่ครูวิทยาศาสตร์ไทยควรพัฒนาเป็นพิเศษคือการเว้นเวลาคิด (wait time) กล่าวคือ การที่ครูหยุดรอหลังจากตั้งคำถามอย่างน้อยสามถึงห้าวินาที เพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาประมวลความคิด งานวิจัยชี้ว่าการเพิ่มเวลารอเพียงเล็กน้อยส่งผลให้คำตอบของผู้เรียนยาวขึ้น ลึกซึ้งขึ้น และมีผู้เรียนตอบมากขึ้น แต่ในทางปฏิบัติครูจำนวนมากรอเพียงเสี้ยววินาทีก่อนจะตอบเองหรือเรียกผู้เรียนคนอื่น

ผู้เขียนขอเสนอแนวทางการตั้งคำถามที่ส่งเสริมการคิดในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ประการแรก คือการใช้คำถามปลายเปิดที่ไม่มีคำตอบถูกผิดชัดเจน เช่น การถามว่าผู้เรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นและเพราะเหตุใด แทนการถามหาคำตอบที่ครูมีอยู่ในใจ ประการที่สองคือการถามต่อเนื่อง (follow-up) ที่ขอให้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เรียนขยายความหรือให้เหตุผล เช่น การถามว่าทราบได้อย่างไร หรือมีหลักฐานใดสนับสนุน ซึ่งผลักดันให้ผู้เรียนให้เหตุผลให้ชัดเจน และประการที่สามคือการสร้างบรรยากาศที่คำตอบที่ผิดถูกใช้เป็นโอกาสการเรียนรู้ มิใช่สิ่งที่ต้องอาย เพราะการวิเคราะห์ว่าเหตุใดคำตอบหนึ่งจึงไม่ถูกต้อง มักให้การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งกว่าการได้คำตอบที่ถูกทันที แนวทางเหล่านี้สอดคล้องกับการส่งเสริมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในบทที่ 4 และเป็นทักษะเชิงวิชาชีพที่นักศึกษาครูควรฝึกฝนอย่างจริงจัง

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการตั้งคำถามที่ยกระดับการคิดจากการสอนฟิสิกส์เรื่องการลอยและการจม แทนการถามว่า “วัตถุนี้จะลอยหรือจม” ซึ่งเป็นคำถามปลายปิดที่ผู้เรียนเดาได้ ครูอาจถามว่า “ผู้เรียนคิดว่าอะไรเป็นตัวกำหนดว่าวัตถุจะลอยหรือจม และจะออกแบบการทดลองอย่างไรเพื่อทดสอบความคิดนั้น” คำถามนี้เปิดให้ผู้เรียนเสนอสมมติฐานที่หลากหลาย เช่น น้ำหนัก ขนาด รูปร่าง หรือความหนาแน่น แล้วครูใช้คำถามต่อเนื่องเพื่อให้ผู้เรียนคิดต่อ เช่น เมื่อผู้เรียนเสนอว่า “วัตถุหนักจะจม” ครูอาจถามว่า “แล้วเรือเหล็กที่หนักมากลอยได้อย่างไร” เพื่อสร้างความขัดแย้งทางปัญญาที่นำไปสู่การปรับมโนทัศน์สู่ความเข้าใจเรื่องความหนาแน่นและแรงลอยตัว

ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่าการตั้งคำถามที่ดีมิใช่เพียงเทคนิค แต่เป็นการประยุกต์ความเข้าใจเรื่องมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและการเปลี่ยนมโนทัศน์ในบทที่ 1 เข้ากับการปฏิบัติจริง ครูที่เชี่ยวชาญจะคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าผู้เรียนน่าจะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอย่างไร แล้วออกแบบคำถามที่นำผู้เรียนเผชิญกับความขัดแย้งระหว่างมโนทัศน์เดิมกับหลักฐาน ความสามารถนี้คือส่วนหนึ่งของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) ที่พัฒนาผ่านประสบการณ์และการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ

Library and Learning, University of Phayao

5.10 ระดับการมีส่วนร่วมเชิงรุกของผู้เรียน มากกว่าการลงมือทำ

แม้หลักฐานจะสนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุกอย่างหนักแน่น แต่จากประสบการณ์ของผู้เขียน ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อยที่สุดในการนำไปปฏิบัติคือการเข้าใจว่า การเรียนรู้เชิงรุกคือการให้ผู้เรียนได้ลงมือทำกิจกรรม ความเข้าใจนี้ตื้นเกินไปและนำไปสู่กิจกรรมที่ผู้เรียนยุ่งอยู่กับการทำ (busy) แต่มิได้คิด (thinking) ผู้เขียนขอเน้นว่าหัวใจของการเรียนรู้เชิงรุกมิได้อยู่ที่การเคลื่อนไหวทางกาย แต่อยู่ที่การมีส่วนร่วมทางปัญญา (cognitive engagement) คือการที่ผู้เรียนใช้ความคิดอย่างกระตือรือร้นในการสร้างความเข้าใจ ผู้เรียนที่นั่งฟังแต่คิดตามอย่างลึกซึ้งอาจมีส่วนร่วมเชิงรุกมากกว่าผู้เรียนที่ทำกิจกรรมกลุ่มโดยไม่ได้คิด

ผู้เขียนขอเสนอการแยกระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียนเพื่อช่วยให้ครูออกแบบและประเมินการเรียนรู้เชิงรุกได้ลึกขึ้น ระดับแรกคือการมีส่วนร่วมเชิงรับ (passive) ที่ผู้เรียนเพียงรับข้อมูล ระดับที่สองคือการมีส่วนร่วมเชิงกระทำ (active) ที่ผู้เรียนลงมือทำบางอย่างกับเนื้อหา เช่น จดบันทึกหรือขีดเส้นใต้ ระดับที่สามคือการมีส่วนร่วมเชิงสร้าง (constructive) ที่ผู้เรียนผลิตสิ่งใหม่ที่เกินกว่าข้อมูลที่ได้รับ เช่น อธิบายด้วยคำของตน หรือสร้างคำอธิบายเชิงเหตุผล และระดับสูงสุดคือการมีส่วนร่วมเชิงปฏิสัมพันธ์

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

(interactive) ที่ผู้เรียนสร้างความรู้ร่วมกันผ่านการโต้แย้งและการต่อยอดความคิดของกันและกัน ครูวิทยาศาสตร์ควรออกแบบกิจกรรมที่ยกระดับผู้เรียนสู่การมีส่วนร่วมเชิงสร้างและเชิงปฏิสัมพันธ์ เพราะเป็นระดับที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกและคงทนที่สุด การจัดกลุ่มให้ผู้เรียนทำกิจกรรมมิได้รับประกันการมีส่วนร่วมระดับสูง หากปราศจากการออกแบบที่บังคับให้ผู้เรียนต้องสร้างและโต้แย้งความคิด

ความเข้าใจเรื่องระดับการมีส่วนร่วมนี้มีนัยเชิงปฏิบัติที่สำคัญต่อการสอนวิทยาศาสตร์ ในทัศนะของผู้เขียน รูปแบบการสอนต่าง ๆ ที่อภิปรายในบทนี้ ตั้งแต่ 5E การใช้ปัญหาเป็นฐาน จนถึงการตั้งคำถามล้วนเป็นเครื่องมือที่มุ่งยกระดับการมีส่วนร่วมทางปัญญาของผู้เรียนทั้งสิ้น ครูจึงควรประเมินกิจกรรมของตนมิใช่ด้วยคำถามว่าผู้เรียนได้ทำอะไรบ้าง แต่ด้วยคำถามว่าผู้เรียนได้คิดอะไรและลึกเพียงใด คำถามหลังนี้คือเกณฑ์ที่แท้จริงของการเรียนรู้เชิงรุกที่มีคุณภาพ

5.11 การสังเคราะห์การเรียนรู้เชิงรุกบนฐาน NPU Paradigm

เมื่อพิจารณารูปแบบการสอนเชิงรุกทั้งหมดที่นำเสนอในบทนี้ร่วมกัน จะเห็นว่ารูปแบบเหล่านี้มิได้แยกขาดจากกัน แต่สามารถผสานเข้าด้วยกันภายใต้กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ได้อย่างเป็นระบบ ในมุมมองของผู้เขียน ครูที่เชี่ยวชาญมิได้เลือกใช้รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งอย่างตายตัว แต่ผสานองค์ประกอบของรูปแบบต่าง ๆ ให้เหมาะกับเป้าหมายและบริบท โดยมีเสาหลักของ NPU Paradigm เป็นกรอบกำกับการตัดสินใจ การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสอนเชิงรุกกับเสาหลักของกรอบ แสดงดังภาพที่ 17

ตารางที่ 13 การสังเคราะห์รูปแบบการสอนเชิงรุกบนฐานเสาหลัก NPU Paradigm

เสาหลัก NPU Paradigm	รูปแบบ/กลวิธีการสอนเชิงรุกที่สอดคล้อง
ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง	การเริ่มจากความรู้เดิมและความสนใจของผู้เรียน (ขั้น Engage ของ 5E); การให้ผู้เรียนเลือกประเด็นปัญหาที่มีความหมายต่อตน (PBL/PjBL)
ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม	การใช้สื่อจำลองและเครื่องมือดิจิทัลในขั้น Explore/Elaborate เพื่อให้ผู้เรียนทดลองตัวแปรได้หลากหลาย (ตามกรอบบทที่ 8)
การสืบเสาะและการคิดขั้นสูง	ขั้น Explore ก่อน Explain (5E); การตั้งคำถามปลายเปิดและการสนทนาเชิงสืบเสาะ; ความล้มเหลวที่ให้ผล (productive failure)
การประเมินที่ต่อเนื่อง	ขั้น Evaluate ที่ประเมินทั้งระหว่างและสรุป (5E); การประเมินกระบวนการระหว่างปฏิบัติการทดลองและโครงงาน

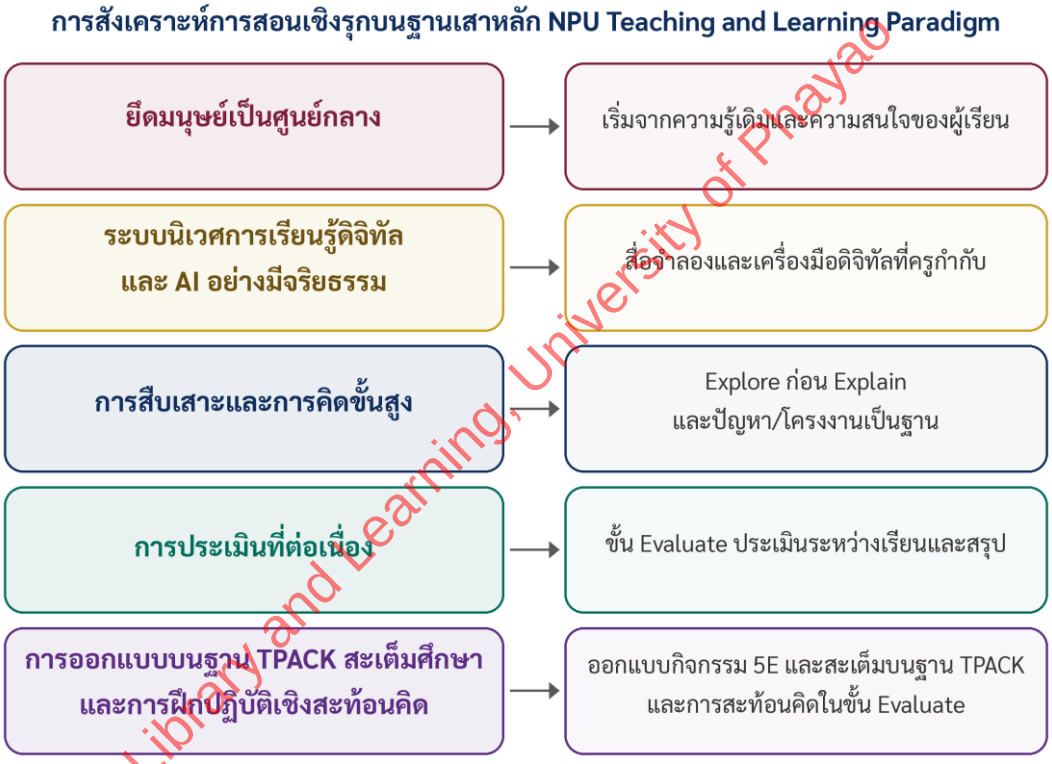
Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เสาหลัก NPU Paradigm	รูปแบบ/กลวิธีการสอนเชิงรุกที่สอดคล้อง
การออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษาและการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด	การออกแบบกิจกรรม 5E และกิจกรรมสะเต็มบนฐาน TPACK ที่เลือกเทคโนโลยีให้รับใช้มโนทัศน์และวิธีสอน (ตามบทที่ 7); การสะท้อนคิดของผู้เรียนในขั้น Evaluate; การที่ครูสะท้อนและปรับการสอนเชิงรุกบนฐานหลักฐาน (ตามบทที่ 9)

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 13 จับคู่เสาหลักของ NPU Paradigm กับรูปแบบและกลวิธีการสอนเชิงรุกที่สอดคล้อง ช่วยให้ครูเลือกใช้เทคนิคการสอนโดยยึดโยงกับหลักการของกรอบ มิใช่ใช้ตามกระแส



Library and Learning, University of Phayao

ภาพที่ 17 การสังเคราะห์การสอนเชิงรุกบนฐานเสาหลัก NPU Teaching and Learning Paradigm

(ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 17 ช่วยให้เห็นว่ารูปแบบการสอนเชิงรุกแต่ละแบบมิได้กระจัดกระจาย แต่เชื่อมโยงกับเสาหลักของ NPU Paradigm อย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม การสืบเสาะและการคิดขั้นสูง การประเมินที่ต่อเนื่อง จนถึงการออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด

ผู้เขียนสังเกตว่า คุณค่าของการมองรูปแบบการสอนเชิงรุกผ่านกรอบ NPU Paradigm คือการเปลี่ยนมุมมองของครูจากการสะสมเทคนิคการสอนที่แยกส่วน ไปสู่การมีกรอบหลักการที่ใช้ตัดสินใจเลือกและผสานเทคนิคอย่างมีเหตุผล ครูที่เข้าใจว่า 5E การใช้ปัญหาเป็นฐาน และการตั้งคำถาม ล้วนเป็น

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เครื่องมือที่รับใช้เป้าหมายเดียวกันคือการยกระดับการมีส่วนร่วมทางปัญญาของผู้เรียนภายใต้หลักการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ย่อมสามารถออกแบบการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและทรงพลังกว่าการทำตามขั้นตอนของรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งอย่างกลไก การสังเคราะห์เช่นนี้ยังเป็นสะพานเชื่อมโดยตรงสู่การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มบนฐาน NPU Paradigm ที่นำเสนอเป็นบทเรือธงในบทที่ 7 ซึ่งผสานรูปแบบการสอนเชิงรุกเหล่านี้เข้าด้วยกันในการออกแบบแผนจริง

5.12 ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นเงื่อนไขพื้นฐานที่ต้องมาก่อนเป้าหมายการเรียนรู้อื่นใดเสมอ สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Science Teaching Association: NSTA, 2015) ระบุในแถลงการณ์จุดยืนว่าครูวิทยาศาสตร์มีหน้าที่ตามมาตรฐานวิชาชีพ (duty of care) ที่ต้องจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการให้ปลอดภัยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้สำหรับผู้เรียนทุกคน ทั้งในการทดลองลงมือปฏิบัติและการสาธิตของครู หลักการนี้สอดคล้องโดยตรงกับกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง เพราะการเรียนรู้เชิงรุกและงานปฏิบัติการที่กล่าวถึงตลอดบทนี้จะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อผู้เรียนและครูปลอดภัยจากอันตรายที่ป้องกันได้

หลักการความปลอดภัยพื้นฐานที่ครูวิทยาศาสตร์ต้องยึดถือครอบคลุมหลายด้าน ด้านแรกคือการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (personal protective equipment: PPE) ที่เหมาะสมกับกิจกรรม เช่น แว่นตานิรภัย ถุงมือ เสื้อคลุมปฏิบัติการ และรองเท้าหุ้มส้น ด้านที่สองคือการจัดเก็บสารเคมีอย่างถูกหลักวิชา โดยแยกประเภทสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากันได้ออกจากกัน ติดฉลากระบุชนิดและระดับความเป็นอันตรายอย่างชัดเจนตามระบบสัญลักษณ์สากล (Hill & Finster, 2010) และจัดเก็บในภาชนะและตำแหน่งที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของสาร ด้านที่สามคือการทำความเข้าใจป้ายสัญลักษณ์อันตรายที่ปรากฏบนบรรจุภัณฑ์และในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ทั้งครูและผู้เรียนประเมินความเสี่ยงได้ก่อนลงมือปฏิบัติ และด้านที่สี่คือความพร้อมของขั้นตอนฉุกเฉิน ได้แก่ ตำแหน่งและการใช้งานอ่างล้างตาฉุกเฉิน เครื่องดับเพลิง ชุดปฐมพยาบาล และเส้นทางอพยพที่ผู้เรียนทุกคนต้องทราบล่วงหน้าก่อนเริ่มกิจกรรมใด ๆ

นอกจากอุปกรณ์และขั้นตอนแล้ว NSTA (2015) ยังให้ข้อเสนอแนะเชิงโครงสร้างที่ส่งผลต่อความปลอดภัยโดยตรง เช่น การจำกัดจำนวนผู้เรียนต่อห้องปฏิบัติการไม่ให้เกินระดับที่ครูสามารถกำกับดูแลได้อย่างทั่วถึง และการจัดสรรพื้นที่ปฏิบัติงานต่อผู้เรียนแต่ละคนให้เพียงพอต่อการเคลื่อนไหวอย่างปลอดภัย ข้อเสนอแนะเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าความปลอดภัยมิใช่เรื่องของอุปกรณ์เพียงอย่างเดียว แต่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการชั้นเรียนและสภาพแวดล้อมทางกายภาพโดยรวม ซึ่งเป็นความรับผิดชอบร่วมกันระหว่างครูผู้สอนและผู้บริหารสถานศึกษาในการจัดสรรทรัพยากรให้เพียงพอ

ผู้เขียนเห็นว่าบทบาทของครูในการสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัย (safety culture) สำคัญไม่น้อยไปกว่าการมีอุปกรณ์ครบถ้วน เพราะอุปกรณ์ป้องกันที่ดีที่สุดจะไร้ความหมายหากผู้ใช้ไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ ครูจึงควรบูรณาการการสอนเรื่องความปลอดภัยเข้าเป็นส่วน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

หนึ่งของทุกกิจกรรมปฏิบัติการ มิใช่เพียงการปฐมนิเทศครั้งเดียวในช่วงต้นภาคเรียน แนวปฏิบัติที่ดี ได้แก่ การทบทวนข้อควรระวังเฉพาะกิจกรรมก่อนเริ่มทุกครั้ง การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมประเมินความเสี่ยงของกิจกรรมด้วยตนเองก่อนลงมือทำ และการสร้างข้อตกลงหรือสัญญาความปลอดภัยร่วมกันในชั้นเรียน แนวทางเหล่านี้มิได้เป็นเพียงการป้องกันอุบัติเหตุ แต่ยังปลูกฝังเจตคติและความรับผิดชอบเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ตามที่กล่าวถึงในหัวข้อ 1.8

ตัวอย่างรายการวัสดุอุปกรณ์และข้อควรระวังด้านความปลอดภัยสำหรับหน่วยการเรียนรู้ที่มีการปฏิบัติการทดลอง ปรากฏโดยละเอียดในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข ท้ายเล่ม ซึ่งครูสามารถปรับใช้เป็นต้นแบบสำหรับการวางแผนความปลอดภัยของหน่วยการเรียนรู้อื่น หลักการเดียวกันนี้ยังขยายไปถึงกิจกรรมนอกห้องเรียนที่กล่าวถึงในหัวข้อ 5.4 ซึ่งครูจำเป็นต้องประเมินความเสี่ยงของสภาพแวดล้อมภาคสนามควบคู่ไปกับความเสี่ยงเฉพาะของห้องปฏิบัติการด้วยเช่นกัน

5.13 สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอรูปแบบและกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ โดยมีรูปแบบ 5E เป็นแกน สังเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์ที่หนักแน่นเรื่องการเรียนรู้เชิงรุก พร้อมวิพากษ์ว่าประสิทธิผลขึ้นอยู่กับการออกแบบลำดับประสบการณ์และการชี้แนะ (productive failure) และการกำกับด้วยการออกแบบย้อนกลับ มิใช่ปริมาณการลงมือทำ ซึ่งเชื่อมโยงโดยตรงกับเสาหลักการสืบเสาะและการคิดขั้นสูงของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

สาระสำคัญที่ร้อยเรียงทั้งบทคือหลักการที่ว่า การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมิได้ขึ้นอยู่กับการเลือกรูปแบบการสอนที่ “ถูกต้อง” เพียงรูปแบบเดียว แต่ขึ้นอยู่กับการที่ครูเข้าใจตรรกะเบื้องหลังแต่ละรูปแบบและเลือกใช้อย่างเหมาะสมกับเป้าหมาย เนื้อหา และผู้เรียน ผู้เขียนได้แสดงให้เห็นว่ารูปแบบ 5E การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาและโครงงานเป็นฐาน และการเรียนรู้เชิงรุก ล้วนมีหลักฐานสนับสนุน แต่ประสิทธิผลแปรผันตามคุณภาพการนำไปใช้ ความล้มเหลวที่ให้ผลเตือนว่าการให้ผู้เรียนพยายามก่อนการสอนมีคุณค่า การสร้างสมดุลระหว่างการสอนตรงกับการเรียนรู้เชิงรุกเป็นทักษะเชิงวิชาชีพที่สำคัญ และการตั้งคำถามที่มีคุณภาพเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังที่สุดอย่างหนึ่งของครู ครูวิทยาศาสตร์ที่เชี่ยวชาญคือ ผู้ที่ผสานเครื่องมือเหล่านี้อย่างมีวิจารณญาณบนฐานการออกแบบย้อนกลับ ซึ่งนำไปสู่ประเด็นการวัดและประเมินผลที่จะอภิปรายอย่างละเอียดในบทถัดไป

ผู้เขียนขอเน้นย้ำสองประเด็นที่เป็นแก่นของบทนี้ ประการแรก หัวใจของการเรียนรู้เชิงรุกอยู่ที่การมีส่วนร่วมทางปัญญาของผู้เรียน มิใช่การเคลื่อนไหวทางกายหรือปริมาณกิจกรรม ครูจึงควรประเมินกิจกรรมด้วยคำถามว่าผู้เรียนได้คิดลึกเพียงใด มิใช่ได้ทำอะไรบ้าง และประการที่สอง รูปแบบการสอนเชิงรุกทั้งหมดสามารถผสานเข้าด้วยกันภายใต้กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ได้อย่างเป็นระบบ โดยมีเสาหลักของกรอบเป็นเข็มทิศที่ช่วยให้ครูเลือกและผสานรูปแบบต่าง ๆ อย่างมีหลักการ การมอง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เช่นนี้เปลี่ยนครูจากผู้สะสมเทคนิคที่แยกส่วน ไปสู่ผู้ออกแบบการเรียนรู้ที่มีกรอบหลักการชัดเจน ซึ่งเป็นรากฐานโดยตรงของการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 7

ตารางที่ 14 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 5 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
รูปแบบการสอน 5E การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) และโครงงานเป็นฐาน (PjBL) และหลักการเรียนรู้เชิงรุก	ทักษะการจัดกิจกรรมเชิงรุก การตั้งคำถามกระตุ้นคิด การอำนวยการเรียนรู้แบบกลุ่ม และการจัดการชั้นเรียน	ความกระตือรือร้น การเห็นคุณค่าการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม และการเคารพความคิดเห็นที่หลากหลาย	สมรรถนะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ (CLO1, CLO3)	จัดกิจกรรมการสอนเชิงรุกด้วยวัฏจักร 5E และ PBL/PjBL ใช้คำถามปลายเปิดและการเรียนรู้แบบร่วมมือ บูรณาการสื่อและ digital learning ecosystem สนับสนุนการสืบเสาะ ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมและชิ้นงาน/โครงงาน

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 14 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุก พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- อภิปรายเงื่อนไขที่ทำให้การสอนแบบสืบเสาะมีประสิทธิผลตามหลักฐานงานวิจัย
- เปรียบเทียบความเหมาะสมของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PjBL) กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ต่างกัน
- ออกแบบแผนการสอนหนึ่งคาบตามรูปแบบ 5E

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 5

กิตติพิชญ์ ศรีเนตร, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2569). *ทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์ของครูที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม*, 16(1), 21–36. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/npuj/article/view/296170

Ahmad, Z., Ammar, M., Sellami, A., & Al-Thani, N. J. (2023). Effective pedagogical approaches used in high school chemistry education: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Chemical Education, 100*(5), 1796–1810. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00739

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 5*(1), 7–74. https://doi.org/10.1080/0969595980050102

Bybee, R. W. (2015). *The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments*. NSTA Press.

DeWitt, J. E., & Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies, 11*(2), 181–197. https://doi.org/10.1080/10645570802355562

Eisenkraft, A. (2003). *Expanding the 5E model. The Science Teacher, 70*(6), 56–59.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Gómez, R. L., & Suárez, A. M. (2020). Do inquiry-based teaching and school climate influence science achievement and critical thinking? Evidence from PISA 2015. *International Journal of STEM Education*, *7*(1), Article 43. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00240-5

Hill, R. H., & Finster, D. C. (2010). *Laboratory safety for chemistry students*. Wiley.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42*(2), 99–107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Kapur, M. (2008). *Productive failure. Cognition and Instruction, 26*(3), 379–424. https://doi.org/10.1080/07370000802212669

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist, 41*(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

Kruatong, S., Kruea-In, N., Nugultham, K., & Wannagatesiri, T. (2022). Science student teachers' ability in preparing 5E inquiry-based STEM lessons. Kasetsart Journal of Social Sciences, 43(3), 707–714. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kjss/article/view/260335

National Science Teaching Association. (2015). *NSTA position statement: Safety and school science instruction*. NSTA. https://www.nsta.org/nstas-official-positions/safety-and-school-science-instruction

Polanin, J. R., Austin, M., Taylor, J. A., Steingut, R. R., Rodgers, M. A., & Williams, R. (2024). Effects of the 5E instructional model: A systematic review and meta-analysis. *AERA Open*, *10*. https://doi.org/10.1177/23328584241269866

Stern, M. J., & Powell, R. B. (2020). Field trips and the experiential learning cycle. *Journal of Interpretation Research, 25*(1), 46–50. https://doi.org/10.1177/1092587220963530

Thongpanit, P., Thongpanit, P., & Onkhum, P. (2026). Active learning and design thinking effects on pre-service science teachers' analytical thinking and achievement motivation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 22*(9), em2903. https://doi.org/10.29333/ejmste/19139

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2nd ed.). ASCD.

Wong, F. K. K., Patnukao, A., Panbamrungkij, T., Vannametee, E., Daungyiwa, C., Lee, J. W. Y., Chan, C.-S., Wang, L., Kwong, I. H. Y., & Cheewinsiriwat, P. (2025). A comparative study of physical and virtual outdoor learning environment: A case study of field trip to Thailand. *Learning Environments Research*, *28*(3), 635–664. https://doi.org/10.1007/s10984-025-09545-0

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 6 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายการใช้ข้อมูลและการวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนได้
- จำแนกการประเมินเพื่อการเรียนรู้ การประเมินขณะเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ได้
- ประเมินความเป็นธรรมและอคติของอัลกอริทึมในการประเมินด้วยปัญญาประดิษฐ์ได้
- ออกแบบเครื่องมือประเมินและเกณฑ์การให้คะแนน (rubric) สำหรับวิทยาศาสตร์ได้

6.1 บทบาทของการวัดและประเมินผลในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินผลเป็นองค์ประกอบที่มักถูกเข้าใจผิดมากที่สุดในการจัดการเรียนรู้ อาจกล่าวได้ว่า ครูจำนวนมากมองการประเมินเป็นเพียงกิจกรรมปลายทางที่ใช้ตัดสินผลและให้เกรด แยกขาดจากการสอน ความเข้าใจเช่นนี้ทำให้พลาดศักยภาพที่แท้จริงของการประเมินในฐานะเครื่องมือขับเคลื่อนการเรียนรู้ บทนี้มุ่งปรับมุมมองดังกล่าว โดยนำเสนอการประเมินในฐานะส่วนหนึ่งที่บูรณาการกับกระบวนการสอนตามหลักการออกแบบย้อนกลับในบทที่ 3 และเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนตามเสาหลักการประเมินที่ต่อเนื่องของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

บทนี้จะปูพื้นแนวคิดและประเภทของการประเมิน ก่อนนำสู่การออกแบบเครื่องมือประเมินที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การใช้เกณฑ์การให้คะแนน และประเด็นร่วมสมัยเรื่องการวิเคราะห์การเรียนรู้และอคติของอัลกอริทึมในการประเมินด้วยปัญญาประดิษฐ์ ผู้เขียนขอเน้นตั้งแต่ต้นว่าหัวใจของการประเมินที่มีคุณภาพคือความสอดคล้อง (alignment) ระหว่างสิ่งที่ประเมินกับเป้าหมายการเรียนรู้ที่แท้จริง หากครูตั้งเป้าให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และสืบเสาะ แต่ประเมินเพียงการจดจำ ผู้เรียนก็จะเรียนรู้เพื่อการจดจำ เพราะการประเมินเป็นตัวส่งสัญญาณที่ทรงพลังที่สุดว่าครูให้คุณค่ากับสิ่งใด

นิยามศัพท์สำคัญ

ผู้เขียนขอนิยามคำสำคัญในบทนี้

การวัด (measurement) หมายถึง กระบวนการกำหนดค่าเชิงปริมาณให้กับคุณลักษณะของผู้เรียน

การประเมิน (assessment) หมายถึง กระบวนการรวบรวมและตีความหลักฐานการเรียนรู้เพื่อตัดสินและพัฒนา ซึ่งกว้างกว่าการวัด

การประเมินผลการเรียนรู้ (assessment of learning หรือ summative assessment) หมายถึง การประเมินเพื่อตัดสินผลเมื่อจบช่วงการเรียน ความแตกต่างระหว่างสองแนวคิดหลังนี้เป็นรากฐานของบทนี้

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

6.2 การประเมินเพื่อพัฒนา

Black และ Wiliam (1998) ในงานทบทวนคลาสสิกได้แสดงหลักฐานว่า การประเมินเพื่อพัฒนา (Formative Assessment) เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทรงพลังที่สุดในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ต่อมา Black และ Wiliam (2009) ได้พัฒนาเป็นทฤษฎีการประเมินเพื่อพัฒนาที่ระบุกลยุทธ์สำคัญ เช่น การทำให้เป้าหมายและเกณฑ์ความสำเร็จชัดเจน การตั้งคำถามที่กระตุ้นการคิด การให้ผลป้อนกลับที่นำไปสู่การพัฒนา การใช้ผู้เรียนเป็นแหล่งเรียนรู้ของกันและกัน และการส่งเสริมการกำกับการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ในการพัฒนาล่าสุด Black และ Wiliam (2018) ได้เชื่อมโยงการประเมินในชั้นเรียนเข้ากับศาสตร์การสอนอย่างแนบแน่น โดยเสนอว่าการประเมินที่ดีคือส่วนหนึ่งของกระบวนการสอน มิใช่กิจกรรมที่แยกออกมาภายหลัง

ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตเชิงวิชาการอย่างตรงไปตรงมาเกี่ยวกับขนาดอิทธิพลของการประเมินเพื่อพัฒนา แม้งานช่วงแรกจะรายงานผลที่สูงมาก แต่การวิเคราะห์อภิมานในภายหลังที่ใช้เกณฑ์เข้มงวดขึ้นพบขนาดอิทธิพลที่ต่ำกว่า โดยบางการศึกษารายงานค่าราว 0.20 ซึ่งยังเป็นผลเชิงบวก แต่ไม่สูงเท่าที่มักอ้างกัน ข้อเท็จจริงนี้มิได้ลดทอนคุณค่าของการประเมินเพื่อพัฒนา แต่เตือนว่าประสิทธิผลขึ้นอยู่กับคุณภาพของการนำไปใช้ การประเมินเพื่อพัฒนาที่ทำเพียงรูปแบบ เช่น การถามว่าผู้เรียนเข้าใจหรือไม่แล้วเดินหน้าต่อ ย่อมไม่เกิดผล สิ่งที่สร้างความแตกต่างคือการที่ครูใช้ข้อมูลจากการประเมินเพื่อปรับการสอนจริง และผู้เรียนใช้ผลป้อนกลับเพื่อปรับการเรียนรู้จริง

ในบริบทการสอนวิทยาศาสตร์ การประเมินเพื่อพัฒนามีรูปแบบเฉพาะที่ทรงพลัง ตัวอย่างเช่น การใช้คำถามวินิจฉัยมโนทัศน์ (diagnostic questions) ที่ออกแบบให้ตัวเลือกที่ผิดสะท้อนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ทำให้ครูทราบไม่เพียงว่าผู้เรียนตอบผิด แต่ทราบว่าผู้เรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนอย่างไร การใช้ใบสะท้อนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนเขียนสิ่งที่ยังสับสน และการให้ผู้เรียนทำนายผลก่อนการทดลองแล้วเปรียบเทียบกับผลจริง ผู้เขียนขอเสนอว่า เครื่องมือเหล่านี้เชื่อมโยงการประเมินเข้ากับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในบทที่ 1 โดยตรง และเป็นหัวใจของการประเมินที่ขับเคลื่อนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การใช้การประเมินวินิจฉัยในบริบทไทยยังมีข้อจำกัดเชิงมุมมองที่ควรตระหนัก Ladachart และ Ladachart (2019) วิเคราะห์เอกสารงานวิจัยไทยจำนวน 78 เรื่อง แล้ว พบว่านักการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยมีแนวโน้มมองความรู้เดิมของผู้เรียนเป็นอุปสรรคที่ต้องกำจัด มากกว่าจะเป็นทรัพยากรที่ใช้ต่อยอด ผู้เขียนจึงขอเน้นว่าการวินิจฉัยความรู้เดิมในหนังสือเล่มนี้วางอยู่บนจุดยืนที่ตรงกันข้าม คือถือว่าความรู้เดิมเป็นต้นทุนตั้งต้นที่ครูต้องใช้เป็นฐานในการออกแบบการเรียนรู้

ก่อนนำสู่รายละเอียดของผลป้อนกลับ ผู้เขียนขอปูพื้นคุณสมบัติพื้นฐานที่การประเมินที่ดีต้องมีสามประการ ประการแรกคือความเที่ยงตรง (validity) หมายถึง การที่เครื่องมือวัดสิ่งที่ตั้งใจจะวัดจริง เช่น หากต้องการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ แต่ข้อสอบวัดเพียงการจำสูตร ก็ขาดความเที่ยงตรง ประการที่สอง คือความเชื่อมั่น (reliability) หมายถึง การที่ผลการวัดมีความคงเส้นคงวา ไม่แปรปรวนตามผู้ตรวจหรือโอกาส เช่น การให้คะแนนด้วยเกณฑ์ที่ชัดเจนช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นระหว่างผู้ตรวจ

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

และประการที่สามคือความเป็นธรรม (fairness) หมายถึง การที่การประเมินไม่ลำเอียงต่อผู้เรียนกลุ่มใด ครูวิทยาศาสตร์ควรเข้าใจว่าคุณสมบัติทั้งสามนี้มักต้องแลกเปลี่ยนกัน เช่น ข้อสอบปรนัยมีความเชื่อมั่นสูง แต่ความเที่ยงตรงในการวัดสมรรถนะระดับสูงอาจต่ำ ขณะที่การประเมินตามสภาพจริงมีความเที่ยงตรงสูงในการวัดสมรรถนะ แต่ต้องออกแบบเกณฑ์อย่างดีจึงจะมีความเชื่อมั่นเพียงพอ การเข้าใจการแลกเปลี่ยนนี้ช่วยให้ครูเลือกและออกแบบการประเมินได้อย่างมีวิจารณญาณ

6.2.1 การให้ผลป้อนกลับที่มีประสิทธิภาพ

หัวใจที่ทำให้การประเมินเพื่อพัฒนาเกิดผลคือคุณภาพของผลป้อนกลับ (feedback) ผู้เขียนเห็นว่าผลป้อนกลับเป็นจุดที่ครูจำนวนมากเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด ครูมักให้ผลป้อนกลับในรูปคะแนนหรือคำชมทั่วไป เช่น ดีมาก หรือ ควรปรับปรุง ซึ่งงานวิจัยชี้ว่ามีผลต่อการเรียนรู้น้อยหรืออาจมีผลทางลบ เพราะคะแนนทำให้ผู้เรียนเปรียบเทียบกับผู้อื่นแทนการมุ่งพัฒนาตน และคำชมทั่วไปไม่ได้บอกว่าควรทำอะไรต่อ ผลป้อนกลับที่มีประสิทธิภาพต้องเจาะจง อิงเกณฑ์ และชี้ทางข้างหน้า กล่าวคือ บอกผู้เรียนว่าขณะนี้อยู่ตรงไหนเทียบกับเป้าหมาย และต้องทำอะไรเพื่อก้าวต่อไป

ผู้เขียนขอเสนอหลักการให้ผลป้อนกลับเชิงสร้างสรรค์ (constructive feedback) ที่นักศึกษาครูควรฝึกฝน ประการแรกคือผลป้อนกลับควรมุ่งที่งานและกระบวนการ มิใช่ตัวบุคคล เช่น การชี้ว่าการให้เหตุผลในข้อนี้ยังขาดการเชื่อมโยงกับหลักฐาน ดีกว่าการบอกว่าผู้เรียนเก่งหรือไม่เก่ง ประการที่สอง คือ ผลป้อนกลับต้องให้ในเวลาที่ผู้เรียนยังนำไปใช้ได้ทัน มิใช่หลังจบหน่วยการเรียนแล้ว และประการที่สาม คือ ผลป้อนกลับควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำไปปรับแก้จริง เพราะผลป้อนกลับที่ผู้เรียนไม่มีโอกาสนำไปใช้ย่อมไร้ความหมาย ในมุมมองของผู้เขียน การออกแบบให้ผู้เรียนได้แก้ไขงานหลังรับผลป้อนกลับ จึงเป็นกลไกสำคัญที่เปลี่ยนการประเมินจากการตัดสินไปสู่การเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดความล้มเหลวที่ให้ผลในบทที่ 5 ที่ความผิดพลาดเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณค่า

6.2.2 ระดับของผลป้อนกลับเพื่อพัฒนาและแนวปฏิบัติ

แม้ครูจะให้ผลป้อนกลับอยู่เสมอ แต่มิใช่ผลป้อนกลับทุกรูปแบบที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนา Hattie และ Timperley (2007) สังเคราะห์งานวิจัยจำนวนมากแล้วเสนอว่าผลป้อนกลับที่มีพลังต้องตอบคำถามสามข้อ ได้แก่ เป้าหมายคืออะไร (feed up) ขณะนี้อยู่ตรงไหน (feed back) และก้าวต่อไปคืออะไร (feed forward) ทั้งยังจำแนกผลป้อนกลับออกเป็นสี่ระดับซึ่งให้ผลต่อการเรียนรู้ไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ระดับของผลป้อนกลับเพื่อพัฒนาและตัวอย่างถ้อยคำในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์

ระดับของผลป้อนกลับ	คำถามหลักที่ตอบให้ผู้เรียน	ผลต่อการเรียนรู้	ตัวอย่างถ้อยคำในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์
1. ระดับงาน (Task)	ถูกหรือผิดอย่างไรเมื่อเทียบกับเกณฑ์	ใช้ได้ผลเมื่อผู้เรียนยังไม่เข้าใจมโนทัศน์พื้นฐาน แต่ถ่ายโยงสู่งานอื่นได้น้อย	“ข้อสรุปยังไม่สอดคล้องกับข้อมูล เพราะกราฟแสดงว่าอุณหภูมิลดลงหลังนาทีที่ 5”

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ระดับของผลป้อนกลับ	คำถามหลักที่ตอบให้ผู้เรียน	ผลต่อการเรียนรู้	ตัวอย่างถ้อยคำในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์
2. ระดับกระบวนการ (Process)	ใช้วิธีคิดหรือกลยุทธ์ใดจึงจะทำงานนี้ได้ดีขึ้น	ได้ผลสูงต่อการเรียนรู้ที่ลึกและถ่ายโยงได้ เหมาะกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	“ลองควบคุมตัวแปรมวลให้คงที่ก่อน แล้วเปลี่ยนเฉพาะความยาวเชือก จะแยกผลของตัวแปรได้ชัดขึ้น”
3. ระดับการกำกับตนเอง (Self-regulation)	จะตรวจสอบและปรับปรุงงานของตนเองได้อย่างไร	ได้ผลสูงสุดต่อการเรียนรู้ที่ยั่งยืน เพราะสร้างผู้เรียนที่กำกับตนเองได้	“ลองใช้เกณฑ์การให้คะแนนตรวจงานตนเองก่อนส่ง แล้วระบุว่าข้อใดยังไม่ถึงระดับที่ตั้งใจไว้”
4. ระดับตัวบุคคล (Self) ควรหลีกเลี่ยง	ชมหรือตำหนิที่ตัวผู้เรียน	แทบไม่ส่งผลต่อการเรียนรู้ และอาจลดแรงจูงใจเมื่อผู้เรียนล้มเหลวครั้งถัดไป	“เก่งมาก” “ไม่ตั้งใจเลย” ซึ่งไม่บอกว่าต้องทำอะไรต่อ

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก Hattie & Timperley, 2007)

ตารางที่ 15 ชี้ให้เห็นว่าคุณภาพของผลป้อนกลับมิได้อยู่ที่ความยาวหรือความสุภาพของถ้อยคำ แต่อยู่ที่ระดับที่ครูเลือกให้ ผู้เขียนขอเน้นข้อสังเกตเชิงปฏิบัติสามประการสำหรับนักศึกษาครู ประการแรก ควรเลื่อนระดับจากงานไปสู่กระบวนการและการกำกับตนเองเมื่อผู้เรียนเริ่มเข้าใจมโนทัศน์แล้ว เพราะระดับที่สูงขึ้นสร้างการถ่ายโยงได้มากกว่า ประการที่สอง ควรให้ผลป้อนกลับขณะที่ผู้เรียนยังแก้ไขงานได้ เพราะผลป้อนกลับที่มาพร้อมคะแนนปลายทางมักถูกละเลย และประการที่สาม ควรจำกัดจำนวนประเด็นในแต่ละครั้งให้ผู้เรียนลงมือแก้ไขได้จริง โดยระบุสิ่งที่ทำได้ดี สิ่งที่ต้องปรับ และก้าวต่อไปอย่างละประเด็น แนวปฏิบัตินี้สอดคล้องกับบทบาทโค้ชในหัวข้อ 9.5 ที่ใช้คำถามและหลักฐานแทนการตัดสิน และเป็นกลไกที่ทำให้การประเมินเพื่อพัฒนาส่งผลต่อการเรียนรู้อย่างแท้จริง

Library and Learning University of Phayao

6.3 ประเภทของการประเมินและความสอดคล้องกับเป้าหมาย

การประเมินสามารถจำแนกตามจุดมุ่งหมายได้เป็นสามประเภทที่เสริมกัน จากประสบการณ์ของผู้เขียน ความเข้าใจความแตกต่างของสามประเภทนี้ช่วยให้ครูเลือกใช้การประเมินอย่างมีเป้าหมาย มิใช่ใช้ข้อสอบปลายภาคเป็นเครื่องมือเดียว การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (assessment for learning) เกิดขึ้นระหว่างเรียนเพื่อให้ข้อมูลปรับการสอน การประเมินขณะเรียนรู้ (assessment as learning) เน้นการให้ผู้เรียนกำกับและประเมินการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งพัฒนาเมตาคอกนิชัน และการประเมินผลการเรียนรู้ (assessment of learning) ใช้ตัดสินผลเมื่อจบช่วงการเรียน ความสัมพันธ์ของสามประเภทสรุปได้ดังตารางที่ 16

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 16 ประเภทของการประเมินจำแนกตามจุดมุ่งหมายและเครื่องมือ

ประเภท	จุดมุ่งหมาย	ตัวอย่างเครื่องมือในวิทยาศาสตร์
Assessment for learning	ปรับการสอน/การเรียนระหว่างทาง	คำถามวินิจฉัย ใบสะท้อนคิด การสังเกต
Assessment as learning	ให้ผู้เรียนกำกับการเรียนรู้ตนเอง	การประเมินตนเองและเพื่อนด้วยเกณฑ์
Assessment of learning	ตัดสินผลการเรียนรู้	ข้อสอบ การประเมินภาคปฏิบัติ ชิ้นงาน

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 16 จำแนกประเภทของการประเมินตามจุดมุ่งหมายพร้อมตัวอย่างเครื่องมือ ในวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วยให้ครูเลือกใช้การประเมินที่เหมาะกับเป้าหมายแต่ละช่วงของการเรียนรู้

ผู้เขียนขอเน้นหลักการสำคัญว่า ประเภทของการประเมินต้องสอดคล้องกับธรรมชาติของเป้าหมายการเรียนรู้ หากเป้าหมายคือการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการคิดขั้นสูง การประเมินด้วยข้อสอบปรนัยที่วัดความจำย่อมไม่สอดคล้อง เพราะวัดสิ่งที่ต่างจากเป้าหมาย การประเมินที่สอดคล้องในกรณีนี้ต้องเป็นการประเมินภาคปฏิบัติ การประเมินจากชิ้นงานหรือโครงงาน และการประเมินที่ให้ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิด นี่คือหลักการความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์จากบทที่ 3 ที่ประยุกต์กับการประเมิน และเป็นจุดที่ครูวิทยาศาสตร์ไทยควรทบทวน เพราะระบบการสอบที่เน้นข้อสอบปรนัยอาจผลักดันให้ครูประเมินเพียงความจำ แม้ตั้งเป้าหมายไว้สูงกว่านั้น

ในทางปฏิบัติ ผู้เขียนเสนอว่าครูควรใช้การประเมินที่หลากหลาย (multiple measures) เพื่อให้ได้ภาพการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ การพึ่งพาการประเมินรูปแบบเดียวย่อมให้ภาพที่จำกัดและอาจลำเอียง เช่น ผู้เรียนที่เข้าใจมโนทัศน์ดีแต่เขียนบรรยายไม่เก่ง อาจได้คะแนนต่ำในข้อสอบเขียน แต่แสดงความเข้าใจได้ดีในการนำเสนอด้วยวาจาหรือการปฏิบัติ การประเมินที่หลากหลายจึงเป็นทั้งเรื่องของความเที่ยงตรงและความเป็นธรรม ซึ่งเชื่อมโยงกับประเด็นความเป็นธรรมในการประเมินที่จะอภิปรายในหัวข้อ 6.7

Library and Learning, University of Phayao

6.3.1 การประเมินตนเองและการประเมินโดยเพื่อน

การประเมินขณะเรียนรู้ (assessment as learning) มีกลไกสำคัญสองประการคือการประเมินตนเอง (self-assessment) และการประเมินโดยเพื่อน (peer assessment) ในทัศนะของผู้เขียน กลไกทั้งสองมีคุณค่าที่มักถูกประเมินต่ำเกินไป เพราะมิได้เป็นเพียงวิธีแบ่งเบาภาระการตรวจของครู แต่เป็นกระบวนการที่พัฒนาเมตาคอกนิชันของผู้เรียนโดยตรง เมื่อผู้เรียนประเมินงานของตนเองหรือของเพื่อนด้วยเกณฑ์ที่ชัดเจน ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจว่างานที่มีคุณภาพเป็นอย่างไร เปรียบเทียบงานกับเกณฑ์และระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุง ซึ่งเป็นทักษะการกำกับการเรียนรู้ที่สำคัญต่อการเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเน้นว่าการประเมินตนเองและการประเมินโดยเพื่อนจะได้ผลก็ต่อเมื่อครูออกแบบและเตรียมผู้เรียนอย่างเหมาะสม ผู้เรียนต้องเข้าใจเกณฑ์อย่างชัดเจน ได้ฝึกใช้เกณฑ์กับตัวอย่างงานก่อน และอยู่ในบรรยากาศที่การวิจารณ์เชิงสร้างสรรค์ได้รับการยอมรับ หากขาดการเตรียมการ

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การประเมินโดยเพื่อนอาจกลายเป็นเพียงการให้คะแนนตามความสัมพันธ์ส่วนตัวหรือการวิจารณ์ที่ไม่สร้างสรรค์ บทบาทของครูในการประเมินขณะเรียนรู้จึงมิใช่การถอนตัว แต่เป็นการออกแบบโครงสร้างและการชี้แนะที่ทำให้ผู้เรียนประเมินได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการเสริมต่อการเรียนรู้ในบทที่ 3 และการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการเปิดรับการวิพากษ์ในบทที่ 4

เพื่อช่วยให้ครูเห็นภาพรวมของประเภทการประเมินและเลือกใช้ได้เหมาะกับวัตถุประสงค์ ผู้เขียนขอนำเสนอเมทริกซ์ที่จำแนกการประเมินตามสองมิติ คือ จุดมุ่งหมาย (เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ หรือเพื่อตัดสินผล) และผู้ประเมิน (ครู ตนเอง หรือเพื่อน) ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 เมทริกซ์ประเภทการประเมินจำแนกตามจุดมุ่งหมายและผู้ประเมิน
(ที่มา: ผู้เขียน)

ภาพที่ 18 ช่วยให้เห็นว่าการประเมินมิได้มีเพียงข้อสอบปลายภาค แต่จำแนกได้ตามสองแกน คือ จุดมุ่งหมาย (เพื่อพัฒนาหรือเพื่อตัดสิน) และผู้ประเมิน (ครู ตนเอง หรือเพื่อน) การมองการประเมินเป็นเมทริกซ์เช่นนี้ช่วยให้ครูเลือกใช้เครื่องมือที่หลากหลายอย่างมีจุดหมาย และเปิดบทบาทให้ผู้เรียนร่วมประเมินด้วย

ผู้เขียนสังเกตว่าเมทริกซ์นี้ช่วยให้ครูตระหนักว่าการประเมินมิได้จำกัดอยู่ที่การที่ครูตัดสินผลปลายทางเท่านั้น แต่ครอบคลุมการประเมินเพื่อพัฒนาและการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน ครูที่ใช้การประเมินครบทุกช่องของเมทริกซ์อย่างสมดุล ย่อมสร้างวัฒนธรรมการประเมินที่ส่งเสริมการเรียนรู้และความรับผิดชอบของผู้เรียน มากกว่าการประเมินที่มุ่งตัดสินผลเพียงอย่างเดียว

6.3.2 การปรับการประเมินผลวิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ

การปรับการประเมินผล (assessment accommodation) เป็นคนละเรื่องกับการปรับการสอน แม้ทั้งสองจะเกี่ยวเนื่องกัน การปรับการสอนตามที่กล่าวถึงในหัวข้อ 3.6.1 มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงและมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ ขณะที่การปรับการประเมินมุ่งให้ผลการวัดสะท้อนความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอย่างเป็นธรรม โดยไม่ให้ข้อจำกัดที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการวัดมาบดบังผลการ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ประเมิน หลักการนี้เชื่อมโยงโดยตรงกับประเด็นความเป็นธรรมในการประเมินที่ผู้เขียนจะกล่าวถึงอีกครั้งในบริบทของ AI ในหัวข้อ 6.7

แนวทางการปรับการประเมินผลวิทยาศาสตร์ที่พบบ่อยครอบคลุมหลายลักษณะ ได้แก่ การขยายเวลาทำข้อสอบหรือปฏิบัติการสำหรับผู้เรียนที่ต้องการเวลาประมวลผลเพิ่มเติม การเปิดทางเลือกรูปแบบการตอบสนอง เช่น การตอบด้วยวาจาแทนการเขียน หรือการสาธิตทักษะปฏิบัติการแทนการทำข้อสอบข้อเขียนล้วน และการใช้เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกระหว่างการประเมิน เช่น โปรแกรมอ่านออกเสียงข้อคำถามหรือโปรแกรมแปลงเสียงเป็นข้อความสำหรับบันทึกคำตอบ แนวปฏิบัติเหล่านี้สอดคล้องกับหลักการช่องทางการแสดงออกหลายรูปแบบของกรอบ UDL (CAST, 2018) ที่ผู้เขียนกล่าวถึงในบทที่ 3

สำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะปฏิบัติการโดยเฉพาะ การประเมินแบบทางเลือก เช่น แฟ้มสะสมผลงานที่รวบรวมหลักฐานการทำงานตลอดภาคเรียน หรือการบันทึกวีดิทัศน์การปฏิบัติงานเพื่อให้ครูประเมินย้อนหลังได้ มักเหมาะสมกว่าการทดสอบครั้งเดียวภายใต้เงื่อนไขเวลาจำกัด เพราะช่วยลดความกดดันเฉพาะหน้าที่อาจส่งผลกระทบต่อผู้เรียนบางกลุ่มมากเป็นพิเศษ โดยยังคงใช้เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ตามหัวข้อ 6.4 เป็นมาตรฐานเดียวกันกับผู้เรียนทุกคน ทั้งนี้ ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตว่าอุปสรรคของการใช้แฟ้มสะสมผลงานในบริบทไทยมิได้อยู่ที่ตัวเครื่องมือ แต่อยู่ที่ความเข้าใจของครูเอง Tangdhanakanond และ Archwamety (2021) พบว่าครูประถมศึกษาไทยมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการใช้แฟ้มสะสมผลงานเพื่อการประเมิน และกระบวนการเปลี่ยนมโนทัศน์สี่ขั้น ได้แก่ การวิเคราะห์ตนเอง การเปรียบเทียบความขัดแย้ง การสร้างความเข้าใจ และการเปลี่ยนมโนทัศน์ ช่วยยกระดับคะแนนมโนทัศน์ของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) การเปลี่ยนมโนทัศน์ของครูจึงเป็นเงื่อนไขเบื้องต้นก่อนที่การประเมินด้วยแฟ้มสะสมผลงานจะเกิดผลจริงในชั้นเรียน

ผู้เขียนเห็นว่าข้อควรระวังสำคัญที่สุดในการปรับการประเมินคือการรักษาความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) กล่าวคือ การปรับรูปแบบต้องไม่เปลี่ยนแปลงสิ่งที่ต้องการวัด งานวิจัยของ Gin et al. (2020) เตือนว่าการให้สิ่งอำนวยความสะดวกที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของผู้เรียน หรือการลดระดับความคาดหวังของงานลงจนกระทบแก่นของสิ่งที่ต้องการประเมิน อาจกลายเป็นการลดทอนคุณภาพการวัดโดยไม่ได้ตั้งใจ ครูจึงควรปรึกษาข้อมูลจากแผนการจัดการศึกษาเฉพาะบุคคล (ถ้ามี) และทีมสหวิชาชีพของโรงเรียนประกอบการตัดสินใจ เพื่อให้การปรับการประเมินเป็นไปอย่างเหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคนอย่างแท้จริง มิใช่การปรับตามความเคยชินของครูแต่ละท่าน

6.4 เกณฑ์การให้คะแนนและการประเมินทักษะกระบวนการ

การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการตีความข้อมูล ควรใช้เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ (analytic rubric) ที่ระบุระดับคุณภาพอย่างชัดเจน เพื่อให้การประเมินเที่ยงตรง โปร่งใส และให้ผลป้อนกลับที่ผู้เรียนนำไปพัฒนาได้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เขียนขอชี้ความแตกต่างระหว่างเกณฑ์การให้คะแนนสองประเภทหลัก เกณฑ์แบบองค์รวม (holistic rubric) ให้คะแนนภาพรวมของชิ้นงานเป็นระดับเดียว เหมาะกับการประเมินที่รวดเร็ว หรือการตัดสินผลโดยรวม ส่วนเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ (analytic rubric) แยกประเมินเป็นมิติย่อยหลายด้าน เช่น การออกแบบ การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ และการสรุป โดยแต่ละมิติมีระดับคุณภาพของตนเอง เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์มีคุณค่ามากกว่าสำหรับการประเมินเพื่อพัฒนา เพราะให้ผลป้อนกลับที่เจาะจงว่าผู้เรียนควรพัฒนาด้านใด ขณะที่เกณฑ์องค์รวมบอกเพียงว่าผลงานดีหรือไม่ดี แต่ไม่บอกว่าควรปรับปรุงตรงไหน

ผู้เขียนเสนอหลักการออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนที่มีคุณภาพสามประการ ประการแรกคือเกณฑ์ต้องสะท้อนเป้าหมายการเรียนรู้ที่แท้จริง มิใช่สิ่งที่วัดง่าย ตัวอย่างเช่น หากเป้าหมายคือการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เกณฑ์ต้องประเมินคุณภาพการให้เหตุผล มิใช่เพียงความถูกต้องของคำตอบสุดท้าย ประการที่สองคือระดับคุณภาพต้องบรรยายอย่างเป็นรูปธรรมและสังเกตได้ มิใช่ใช้คำคลุมเครือ เช่น ดี พอใช้ ที่ตีความต่างกันได้ และประการที่สามคือเกณฑ์ควรเปิดเผยแก่ผู้เรียนตั้งแต่ต้น เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเป้าหมายและใช้กำกับการเรียนรู้ของตน ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินขณะเรียนรู้

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเตือนถึงข้อจำกัดของเกณฑ์การให้คะแนนที่ครูควรระวัง การมีเกณฑ์ที่ละเอียดเกินไปอาจทำให้ผู้เรียนมุ่งทำตามรายการเช็กลิสต์โดยขาดความเข้าใจเชิงลึก และการแปลงคุณภาพที่ซับซ้อนเป็นตัวเลขอาจสูญเสียความหมายบางส่วน อาจกล่าวได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินเชิงวิชาชีพของครู มิใช่สิ่งทดแทน ครูยังต้องใช้วิจารณญาณในการตีความผลงานที่อยู่ระหว่างระดับ หรือผลงานที่สร้างสรรค์เกินกรอบที่เกณฑ์คาดไว้ การประเมินที่ดีจึงผสานความเป็นระบบของเกณฑ์เข้ากับวิจารณญาณเชิงวิชาชีพของครู

ทักษะการเขียนคำให้ผลป้อนกลับเป็นทักษะที่ต้องพัฒนามากที่สุดในช่วงเริ่มต้นวิชาชีพครู ตัวอย่างคำให้ผลป้อนกลับที่ดีต่อรายงานการทดลองควรชี้เฉพาะเจาะจงและชี้ทางต่อ เช่น แทนที่จะเขียนว่าดีมาก หรือควรปรับปรุง ครูเขียนว่ากราฟแสดงแนวโน้มได้ถูกต้องแล้ว ขั้นต่อไปให้ระบุหน่วยของแกน และอธิบายว่าเหตุใดข้อมูลจุดที่สามจึงเบี่ยงจากแนวโน้ม คำให้ผลป้อนกลับที่เชื่อมกับเกณฑ์การให้คะแนนและบอกขั้นตอนถัดไปอย่างเป็นรูปธรรม จะเปลี่ยนการประเมินให้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้อย่างแท้จริง

6.4.1 การประเมินตามสภาพจริงและการประเมินสมรรถนะ

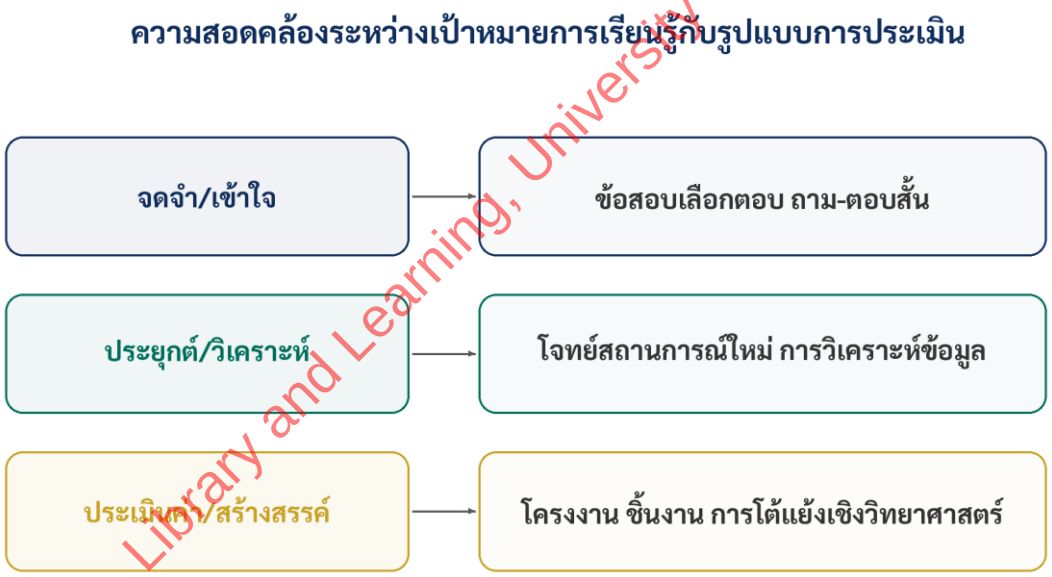
เมื่อเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์เปลี่ยนจากการสะสมความรู้ไปสู่การพัฒนาสมรรถนะดังที่อภิปรายในบทที่ 4 รูปแบบการประเมินก็ต้องเปลี่ยนตามด้วย การประเมินตามสภาพจริง (authentic assessment) หมายถึง การประเมินที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติภารกิจที่สมจริงและมีความหมาย ซึ่งสะท้อนการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในบริบทจริง แทนการตอบคำถามที่แยกขาดจากบริบท ในมุมมองของผู้เขียน การประเมินตามสภาพจริงสำคัญเป็นพิเศษในการประเมินสมรรถนะ เพราะสมรรถนะปรากฏชัดได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนต้องระดมความรู้ ทักษะ และเจตคติมาใช้ร่วมกันในภารกิจที่ซับซ้อน ซึ่งข้อสอบแบบดั้งเดิมไม่สามารถวัดได้ เป้าหมายปลายทางประการหนึ่งของการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์คือการรู้

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ซึ่งต้องประเมินหลายองค์ประกอบไปพร้อมกัน El Islami และ Nuangchalerm (2020) ประเมินนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ไทย 95 คน และอินโดนีเซีย 71 คน ด้วยแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์สี่องค์ประกอบ พบว่ากลุ่มไทยมีคะแนนสูงกว่าเล็กน้อย แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้เขียนเห็นว่าข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นความจำเป็นของการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับการผลิตครู มิใช่รอประเมินเฉพาะที่ตัวผู้เรียนในโรงเรียน

ตัวอย่างของการประเมินตามสภาพจริงในวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การให้ผู้เรียนออกแบบและดำเนินการสืบเสาะเพื่อตอบคำถามวิจัยของตน การวิเคราะห์ข้อมูลจริงเพื่อสร้างข้อสรุป การโต้แย้งบนฐานหลักฐานในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ ผู้เขียนขอเน้นว่าการประเมินตามสภาพจริงมิได้หมายถึงการละทิ้งการประเมินรูปแบบอื่นโดยสิ้นเชิง ข้อสอบที่ออกแบบดียังมีบทบาทในการประเมินความเข้าใจมโนทัศน์อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การประเมินตามสภาพจริงเติมเต็มสิ่งที่ข้อสอบทำไม่ได้ คือการวัดการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนและสมจริง ความสัมพันธ์ของการประเมินกับเป้าหมายและการสอนตามหลักความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ สรุปได้ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการเรียนรู้กับรูปแบบการประเมินที่เหมาะสม

(ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 19 แสดงให้เห็นว่าการประเมินที่มีคุณภาพต้องเล็งไปที่ระดับการคิดเดียวกับเป้าหมายการเรียนรู้ หากเป้าหมายคือการวิเคราะห์หรือสร้างสรรค์ แต่กลับวัดเพียงการจดจำ ก็จะไม่สะท้อนสิ่งที่ตั้งใจพัฒนา ภาพนี้จึงเป็นเครื่องเตือนให้ครูจับคู่รูปแบบการประเมินกับระดับการคิดอย่างสอดคล้อง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทบาทสำคัญประการหนึ่งของการประเมินวินิจฉัยคือการเป็นฐานของการฟื้นฟูการเรียนรู้ ประเด็นนี้สำคัญเพิ่มขึ้นในบริบทไทยหลังสถานการณ์ที่ส่งผลต่อความต่อเนื่องของการเรียน งานวิจัยของ พงษ์พัฒน์ สีดาวงษ์, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์ (2568) ได้เสนอแนวทางการฟื้นฟูภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 1 ผู้เขียนขอเสนอว่า การฟื้นฟูภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ต้องเริ่มจากการประเมินวินิจฉัยที่ระบุได้ว่าผู้เรียนแต่ละคนมีช่องว่างของความเข้าใจตรงจุดใด แล้วจึงออกแบบการช่วยเหลือที่ตรงเป้า การประเมินเพื่อพัฒนาและการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจที่อภิปรายในบทนี้ จึงเป็นเครื่องมือสำคัญของการฟื้นฟูการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะเปลี่ยนการสอนซ่อมเสริมจากการสอนซ้ำทั้งหมด ไปสู่การช่วยเหลือที่เจาะจงตามหลักฐาน ซึ่งมีประสิทธิภาพและเป็นธรรมต่อผู้เรียนมากกว่า

เพื่อให้เห็นเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ (analytic rubric) เต็มรูปแบบอีกชุดในบริบทชีววิทยา ผู้เขียนขอยกตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับภาระงานสืบเสาะเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ผู้เรียนออกแบบการทดลองตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เกณฑ์การให้คะแนนนี้ประเมินสามมิติแบบบูรณาการ คือ ความรู้เชิงมโนทัศน์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์สำหรับประเมินมโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์	ระดับ 1 (เริ่มต้น)	ระดับ 2 (กำลังพัฒนา)	ระดับ 3 (ดี)	ระดับ 4 (ดีเยี่ยม)
มโนทัศน์การสังเคราะห์ด้วยแสง (K)	อธิบายได้คลาดเคลื่อนหรือไม่ครบ	อธิบายกระบวนการพื้นฐานได้แต่ยังสับสนบางส่วน	อธิบายกระบวนการและปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง	อธิบายได้ถูกต้องและเชื่อมโยงกับการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
การออกแบบการทดลอง (S)	ออกแบบได้ไม่ครบองค์ประกอบ ขาดการควบคุมตัวแปร	ออกแบบได้แต่ควบคุมตัวแปรไม่ครบถ้วน	ออกแบบได้ครบควบคุมตัวแปรเหมาะสม	ออกแบบรัดกุม ควบคุมตัวแปรครบ พร้อมระบุข้อจำกัดและการพัฒนา
การวิเคราะห์และตีความข้อมูล (S)	สรุปไม่สอดคล้องกับข้อมูล	ตีความข้อมูลได้บางส่วน	วิเคราะห์และสรุปสอดคล้องกับข้อมูล	วิเคราะห์ลึก เชื่อมโยงข้อมูลกับมโนทัศน์และประเมินความน่าเชื่อถือ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เกณฑ์	ระดับ 1 (เริ่มต้น)	ระดับ 2 (กำลังพัฒนา)	ระดับ 3 (ดี)	ระดับ 4 (ดีเยี่ยม)
ความซื่อสัตย์และการอิงหลักฐาน (A)	สรุปตามความเชื่อมากกว่าข้อมูล	อ้างหลักฐานบ้างแต่ไม่สม่ำเสมอ	สรุปบนฐานหลักฐานอย่างสม่ำเสมอ	ยึดหลักฐานเคร่งครัด เปิดรับการตรวจสอบและทบทวนข้อสรุป

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 17 เป็นตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ที่บรรยายคุณภาพของมโนทัศน์และทักษะกระบวนการเป็นระดับ ช่วยให้การประเมินทักษะมีเกณฑ์ชัดเจนและผู้เรียนเห็นเส้นทางพัฒนาตนเอง

เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์เช่นนี้มีคุณค่าสองประการ ประการแรกคือความโปร่งใส ผู้เรียนรู้ล่วงหน้าว่างานที่มีคุณภาพประกอบด้วยอะไร จึงกำกับการเรียนรู้ของตนได้ และประการที่สองคือการประเมินที่ครอบคลุมทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติแบบบูรณาการ สอดคล้องกับการประเมินสมรรถนะที่อภิปรายในบทนี้และตารางสรุปสมรรถนะประจำบท การที่เกณฑ์การให้คะแนนแยกมิติการประเมินชัดเจนยังช่วยให้ครูให้ผลป้อนกลับที่เจาะจงและนำไปพัฒนาต่อได้ ซึ่งเป็นหัวใจของการประเมินเพื่อพัฒนา

Library and Learning, University of Phayao

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (เคมี)

ผู้เขียนขอยกกรณีการประเมินปฏิบัติการไทเทรชันกรด-เบส ซึ่งเป็นทักษะที่ครูเคมีต้องประเมินทั้งด้านกระบวนการและผลลัพธ์ ปัญหาที่ผู้เขียนพบบ่อยคือครูจำนวนมากประเมินเพียงคำตอบสุดท้ายนั่นคือผู้เรียนคำนวณความเข้มข้นของสารละลายได้ถูกต้องหรือไม่ การประเมินแบบนี้มองข้ามความจริงที่ว่า ผู้เรียนอาจได้ตัวเลขที่ถูกต้องจากการลอกหรือเดา ขณะที่ผู้เรียนอีกคนอาจมีทักษะปฏิบัติที่ดีเยี่ยมแต่ผิดพลาดเล็กน้อยในการคำนวณ การให้คะแนนที่ผลลัพธ์อย่างเดียวจึงไม่สะท้อนสมรรถนะที่แท้จริง

ผู้เขียนเห็นว่า การประเมินที่สมบูรณ์ต้องครอบคลุมทักษะกระบวนการที่สังเกตได้ระหว่างปฏิบัติการ ได้แก่ การเตรียมและการล้างบิวเรตต์อย่างถูกวิธี การไล่ฟองอากาศ การอ่านปริมาตรที่ระดับสายตาเพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนจากพารัลแลกซ์ การหยดสารใกล้จุดยุติทีละหยดอย่างระมัดระวัง และการสังเกตการเปลี่ยนสีถาวรของอินดิเคเตอร์ ทักษะเหล่านี้คือหัวใจของการเป็นนักเคมีที่ดี และต้องได้รับการประเมินอย่างเป็นระบบ

ผู้เขียนเสนอให้ครูออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ (analytic rubric) ที่แยกเกณฑ์ออกเป็นมิติย่อยอย่างชัดเจน เช่น มิติการเตรียมอุปกรณ์ มิติเทคนิคการไทเทรต มิติการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล และมิติการคำนวณ โดยแต่ละมิติระบุระดับคุณภาพตั้งแต่ระดับเริ่มต้นถึงระดับชำนาญพร้อมคำบรรยายเชิงพฤติกรรมที่สังเกตได้ การมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ละเอียดเช่นนี้ทำให้การประเมิน

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

โปร่งใส ผู้เรียนทราบเกณฑ์ล่วงหน้า และครูให้ผลป้อนกลับที่เจาะจงจุดที่ต้องพัฒนาได้ สอดคล้องกับหลักการประเมินเพื่อพัฒนาของ Black และ Wiliam ที่กล่าวไว้ในบทนี้

ตัวอย่างนี้ยังเชื่อมโยงกับประเด็นวิพากษ์เรื่องการประเมินด้วยเทคโนโลยีในบทนี้ กล่าวคือ แม้ระบบวิเคราะห์ข้อมูลหรือแอปพลิเคชันจะช่วยรวบรวมและประมวลผลคะแนนได้รวดเร็ว แต่การตัดสินคุณภาพทักษะปฏิบัติที่ต้องอาศัยการสังเกตการณ์จริง เช่น ความนุ่มนวลในการควบคุมการหยดสาร ยังคงต้องพึ่งวิจารณญาณเชิงวิชาชีพของครูที่อยู่หน้างาน เทคโนโลยีจึงเป็นเครื่องมือเสริม มิใช่สิ่งทดแทนการประเมินภาคปฏิบัติโดยครูผู้เชี่ยวชาญ

6.5 การวิเคราะห์การเรียนรู้สำหรับการประเมินเพื่อพัฒนา

การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) คือการเก็บ วัด วิเคราะห์ และรายงานข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนและบริบทการเรียนรู้ เพื่อทำความเข้าใจและปรับปรุงการเรียนรู้ เมื่อใช้อย่างเหมาะสม ระบบเหล่านี้ช่วยให้ครูระบุผู้เรียนที่ต้องการความช่วยเหลือได้เร็วขึ้น และเปลี่ยนการประเมินจากการ “ตัดสินปลายทาง” ไปสู่การประเมินเพื่อพัฒนาที่ต่อเนื่อง สอดคล้องกับหลักการประเมินเพื่อพัฒนาที่ Black และ Wiliam (1998, 2009) ชี้ว่าผลป้อนกลับที่ทันเวลาและอิงหลักฐานเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดประการหนึ่งของการยกระดับผลสัมฤทธิ์ (Black & Wiliam, 1998, 2009)

หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนศักยภาพของการวิเคราะห์การเรียนรู้ การทบทวนงานวิจัยเชิงระบบโดย Palanci et al. (2024) ที่จะอ้างถึงในบทที่ 8 พบว่าการวิเคราะห์การเรียนรู้ถูกใช้เพื่อการทำนายผลลัพธ์ การระบุผู้เรียนที่เสี่ยงต่อการไม่ผ่าน และการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนและครู ในบริบทการประเมินวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์การเรียนรู้อาจช่วยให้ครูเห็นรูปแบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนร่วมกันของผู้เรียนทั้งชั้น จากการวิเคราะห์การตอบคำถามวินิจฉัย ทำให้ครูปรับการสอนได้ตรงจุด

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเน้นข้อจำกัดเชิงวิพากษ์ที่ครูต้องตระหนักเมื่อใช้การวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อการประเมิน ประการแรกคือข้อมูลที่ระบบเก็บเป็นเพียงร่องรอย (proxy) ของการเรียนรู้ มิใช่การเรียนรู้โดยตรง ดังที่จะอภิปรายในบทที่ 8 ตัวเลขเช่นเวลาที่ใช้กับสื่อหรือจำนวนครั้งที่เข้าระบบ อาจไม่สะท้อนความเข้าใจที่แท้จริง ประการที่สองคือการพึ่งพาข้อมูลเชิงปริมาณมากเกินไปอาจทำให้ครูละเลยมิติเชิงคุณภาพของการเรียนรู้ที่วัดเป็นตัวเลขได้ยาก เช่น ความคิดสร้างสรรค์หรือความลึกของการให้เหตุผล และประการที่สามคือการประเมินที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลอาจสร้างแรงกดดันให้ผู้เรียนและครูมุ่งทำให้ตัวเลขดูดี มากกว่าการเรียนรู้ที่แท้จริง จากประสบการณ์ของผู้เขียน การวิเคราะห์การเรียนรู้จึงควรเป็นเครื่องมือเสริมวิจารณญาณของครู มิใช่แทนที่ และครูต้องตีความข้อมูลด้วยความเข้าใจในบริบทและตัวผู้เรียนเสมอ ซึ่งนำไปสู่ประเด็นความเป็นธรรมและอคติของอัลกอริทึมในหัวข้อถัดไป

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

6.6 ปัญญาประดิษฐ์ในฐานะเครื่องมือช่วยประเมินและการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ

ความต้องการของการประเมินที่ต่อเนื่องและให้ผลป้อนกลับทันเวลา ตามที่อภิปรายในหัวข้อก่อนหน้า เผชิญข้อจำกัดเชิงปฏิบัติที่สำคัญ คือภาระงานของครู การให้ผลป้อนกลับที่มีคุณภาพแก่ผู้เรียนจำนวนมากในทุกชิ้นงานนั้นครูทำได้ยากด้วยเวลาและทรัพยากรที่จำกัด นี่คือจุดที่ปัญญาประดิษฐ์มีศักยภาพในการเสริมต่อการเรียนรู้การประเมิน สอดคล้องกับเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm โดยช่วยลดภาระงานประเมินที่ซ้ำซากของครู เพื่อให้ครูมีเวลาสำหรับการตัดสินใจเชิงวิชาชีพและการปฏิสัมพันธ์เชิงลึกกับผู้เรียนมากขึ้น

ในแวดวงการศึกษาวิทยาศาสตร์ การประยุกต์ใช้ AI เพื่อการประเมินมิใช่เรื่องอนาคต แต่เกิดขึ้นแล้ว Zhai และ Nehm (2023) ที่ตีพิมพ์ในวารสาร Journal of Research in Science Teaching โต้แย้งว่า AI ถูกนำมาใช้ในการประเมินเพื่อพัฒนาในวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวางแล้ว และเรียกร้องให้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ มากกว่าการปฏิเสธ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ที่มีงานวิจัยรองรับได้แก่ การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการโต้แย้งที่ผู้เรียนเขียนโดยอัตโนมัติด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์แบบจำลองที่ผู้เรียนวาดด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์ และการใช้ generative AI ช่วยสร้างคำถามประเมินและให้ผลป้อนกลับเบื้องต้น

ในทัศนะของผู้เขียน คุณค่าที่แท้จริงของ AI ในการประเมินมิได้อยู่ที่การให้คะแนนแทนครู แต่อยู่ที่การช่วยให้ครูประเมินสิ่งที่เคยประเมินได้ยากในวงกว้าง โดยเฉพาะการประเมินคำตอบแบบเปิดที่สะท้อนการคิดของผู้เรียน ในอดีต ครูมักหลีกเลี่ยงการให้ผู้เรียนเขียนอธิบายหรือให้เหตุผล เพราะการตรวจใช้เวลามาก แล้วหันไปใช้ข้อสอบปรนัยที่ตรวจง่ายแต่วัดการคิดได้จำกัด หาก AI ช่วยวิเคราะห์คำตอบแบบเปิดได้ในเบื้องต้น ครูก็สามารถออกแบบการประเมินที่วัดการคิดขั้นสูงได้บ่อยขึ้น ซึ่งเป็นการใช้ AI เพื่อยกระดับคุณภาพการประเมิน มิใช่เพียงเพิ่มความเร็ว อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอย้ำว่าผลการประเมินของ AI ต้องผ่านการตรวจสอบและตัดสินใจขั้นสุดท้ายโดยครูเสมอ เพราะ AI อาจให้คะแนนผิดพลาดหรือลำเอียง ดังที่จะอภิปรายในหัวข้อถัดไป

Library and Learning Resources University of Phayao

6.6.1 การนำข้อมูลจากการประเมินมาใช้ในการตัดสินใจ

การเก็บข้อมูลการประเมินจำนวนมากจะไม่มีคุณค่าใด หากไม่ถูกแปลงเป็นการตัดสินใจที่ปรับปรุงการเรียนการสอน ในมุมมองของผู้เขียน หัวใจของการใช้ข้อมูลให้เกิดประโยชน์คือสิ่งที่เรียกว่าการปิดวงจรการเรียนรู้ (closing the loop) กล่าวคือ กระบวนการที่เริ่มจากการเก็บข้อมูลการประเมิน นำสู่การวิเคราะห์เพื่อให้ได้สารสนเทศที่มีความหมาย แล้วแปลงสารสนเทศนั้นเป็นการตัดสินใจเชิงการสอนและนำการตัดสินใจไปปฏิบัติจริง ก่อนเก็บข้อมูลรอบใหม่เพื่อตรวจสอบผล วงจรนี้เปลี่ยนข้อมูลจากตัวเลขที่นิ่งเฉยให้เป็นเครื่องมือขับเคลื่อนการพัฒนา

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการใช้ข้อมูลการประเมินให้เกิดประโยชน์ในระดับต่าง ๆ ในระดับผู้เรียนรายบุคคล ข้อมูลจากการประเมินช่วยให้ครูระบุได้ว่าผู้เรียนคนใดมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องใด

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

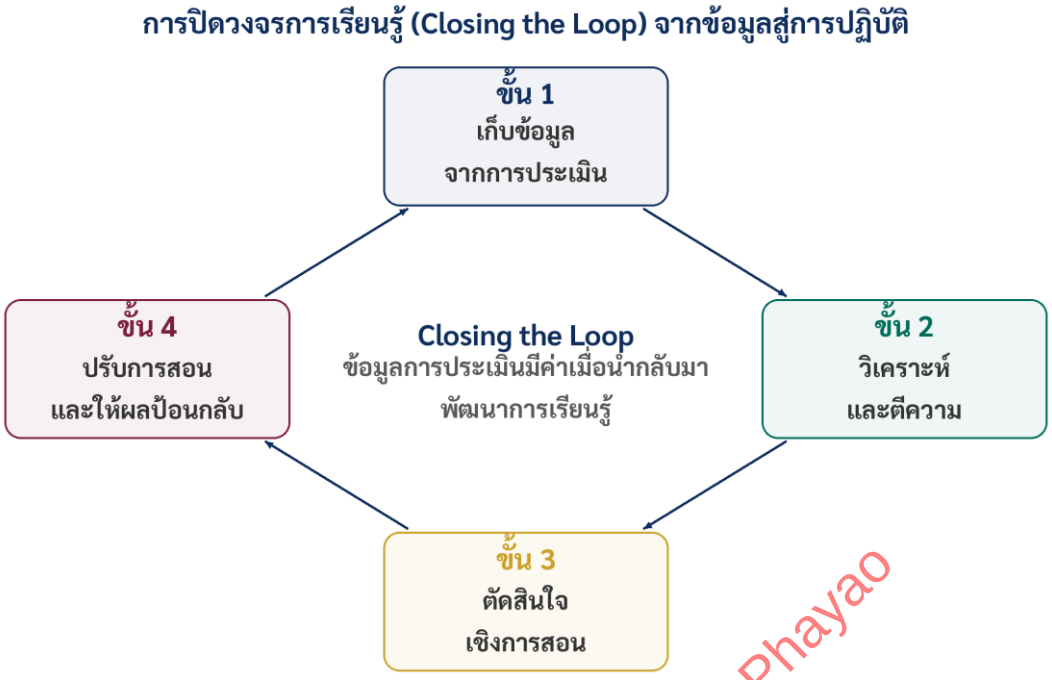
และออกแบบการช่วยเหลือที่ตรงจุด ในระดับชั้นเรียน การวิเคราะห์รูปแบบการตอบของทั้งชั้นช่วยให้ครูเห็นว่ามโนทัศน์ใดที่ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจ ซึ่งอาจสะท้อนว่าการสอนเรื่องนั้นต้องปรับ และในระดับหลักสูตร ข้อมูลการประเมินที่สะสมข้ามปีช่วยให้เห็นแนวโน้มและจุดที่หลักสูตรหรือการสอนควรพัฒนา การใช้ข้อมูลทั้งสามระดับนี้คือการประยุกต์การวิเคราะห์ข้อมูล (data analytics) เพื่อการตัดสินใจที่มีหลักฐานรองรับ (evidence-based decision making) ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญของครูและผู้บริหารการศึกษาในยุคดิจิทัล ทั้งนี้ Khong-ngam et al. (2014) ได้ศึกษาการนำผลการประเมินไปใช้พัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทไทยทั้งในระดับผู้บริหารสถานศึกษาและระดับครูผู้สอน ซึ่งครอบคลุมทั้งสามระดับที่กล่าวมา

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเน้นหลักการเชิงวิพากษ์ที่สำคัญสองประการ ประการแรกคือข้อมูลต้องนำไปสู่การกระทำ มิใช่เพียงการรายงาน การมีแดชบอร์ดที่แสดงข้อมูลสวยงามแต่ไม่นำไปสู่การปรับการสอนย่อมไร้ประโยชน์ ครูจึงต้องพัฒนาความสามารถในการตีความข้อมูลและแปลงเป็นการกระทำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความรอบรู้ด้านข้อมูล (data literacy) ที่ครูยุคใหม่ต้องมี และประการที่สองคือข้อมูลเชิงปริมาณต้องถูกตีความร่วมกับความเข้าใจเชิงคุณภาพเกี่ยวกับผู้เรียนและบริบท ตัวเลขเพียงอย่างเดียวไม่เคยบอกเรื่องราวทั้งหมด ผู้เขียนสังเกตว่า ครูที่ใช้ข้อมูลอย่างชาญฉลาดคือผู้ที่ผสานหลักฐานเชิงปริมาณจากการวิเคราะห์ข้อมูลเข้ากับวิจารณญาณเชิงวิชาชีพและความเข้าใจในตัวผู้เรียน เพื่อตัดสินใจที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการใช้ทั้ง AI และข้อมูลในแบบที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางอย่างแท้จริง

กระบวนการปิดวงจรการเรียนรู้ที่ใช้ข้อมูลขับเคลื่อนการตัดสินใจ สรุปได้ดังแผนภาพที่ 20 หัวใจได้แก่ ข้อมูลมีคุณค่าเมื่อนำสู่การกระทำที่ปรับปรุงการเรียนรู้ โดยมีครูเป็นผู้ตัดสินใจบนฐาน AI และข้อมูลมิใช่ปล่อยให้อัลกอริทึมตัดสินแทน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 20 วงจรการปิดวงจรการเรียนรู้ (closing the loop) จากข้อมูลการประเมินสู่การตัดสินใจและการปฏิบัติ

(ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 20 สื่อหลักการสำคัญว่าข้อมูลจากการประเมินจะมีค่าก็ต่อเมื่อถูกนำกลับมาใช้พัฒนาการเรียนรู้ วงจรเริ่มจากการเก็บข้อมูล วิเคราะห์และตีความ ตัดสินใจเชิงการสอน แล้วปรับการสอนและให้ผลป้อนกลับ การปิดวงจรเช่นนี้ทำให้การประเมินเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ มิใช่จุดสิ้นสุด

เพื่อให้เห็นภาพการประยุกต์ใช้ AI และการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอยกตัวอย่างจากการสอนฟิสิกส์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ สมมติว่าครูให้ผู้เรียนทั้งชั้นเขียนอธิบายว่าเหตุใดวัตถุที่ถูกโยนขึ้นไปจึงชะลอความเร็วลง ซึ่งเป็นคำถามที่เปิดเผยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องแรงกับการเคลื่อนที่ได้ดีในอดีต การตรวจคำอธิบายของผู้เรียนทั้งชั้นใช้เวลามาก ทำให้ครูมักเลี่ยงไปใช้ข้อสอบปรนัย แต่ด้วยเครื่องมือ AI ที่ช่วยจำแนกคำตอบ ครูสามารถให้ผู้เรียนทุกคนเขียนอธิบาย แล้วใช้ AI ช่วยจัดกลุ่มคำตอบตามรูปแบบการให้เหตุผล เช่น กลุ่มที่เข้าใจถูกต้องว่าแรงโน้มถ่วงทำให้ชะลอ กลุ่มที่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่ามีแรงจากมือยังคงดันวัตถุขึ้น และกลุ่มที่สับสนระหว่างความเร็วกับแรง

ข้อมูลที่จัดกลุ่มนี้คือจุดที่การวิเคราะห์ข้อมูลแปลงเป็นการตัดสินใจ เมื่อครูเห็นว่าผู้เรียนครึ่งชั้นมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบ “แรงจากมือยังคงอยู่” ครูก็ทราบว่าต้องออกแบบการสอนที่เผชิญมโนทัศน์นี้โดยตรง เช่น การอภิปรายหรือการทดลองที่แสดงว่าเมื่อวัตถุพ้นมือแล้วไม่มีแรงใดดันขึ้นอีก ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นการทำงานร่วมกันที่ลงตัวระหว่างมนุษย์กับ AI กล่าวคือ AI ทำสิ่งที่มันเก่ง คือการประมวลคำตอบจำนวนมากและจำแนกรูปแบบอย่างรวดเร็ว ส่วนครูทำสิ่งที่ AI ทำไม่ได้ คือการตีความความหมายเชิงการสอน ตัดสินใจว่าจะปรับการสอนอย่างไร และดำเนินการช่วยเหลือผู้เรียนด้วยความเข้าใจในบริบท นี่คือแก่นของการใช้ AI และข้อมูลแบบ AI-Augmented ที่เสริมศักยภาพครู มิใช่แทนที่

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เขียนขอเพิ่มข้อพึงระวังเชิงปฏิบัติว่า การจัดกลุ่มคำตอบด้วย AI อาจมีความคลาดเคลื่อน เช่น จัดคำตอบที่ถูกต้องไว้ในกลุ่มที่ผิด หรือไม่เข้าใจสำนวนเฉพาะของผู้เรียนไทย ครูจึงต้องสุ่มตรวจสอบผลการจัดกลุ่มของ AI ก่อนนำไปใช้ตัดสินใจ และไม่ควรเชื่อผลของ AI โดยปริยาย โดยเฉพาะเมื่อเครื่องมือ AI ส่วนใหญ่ได้รับการฝึกด้วยข้อมูลภาษาอังกฤษ การนำมาใช้กับคำตอบภาษาไทยจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ข้อพึงระวังนี้นำไปสู่ประเด็นอคติของอัลกอริทึมและความเป็นธรรมที่จะอภิปรายในหัวข้อถัดไป

6.6.2 การใช้ AI สร้างข้อสอบและการวิเคราะห์ข้อสอบ

นอกจากการช่วยให้คะแนนและจัดกลุ่มคำตอบแล้ว การประยุกต์ใช้ AI ที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากคือการสร้างข้อสอบโดยอัตโนมัติ (automatic item generation: AIG) และการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ (item analysis) อาจกล่าวได้ว่า สองด้านนี้มีศักยภาพช่วยแก้ปัญหาที่ครูวิทยาศาสตร์เผชิญมานาน คือการสร้างคลังข้อสอบที่มีคุณภาพและหลากหลายต้องใช้เวลาและความเชี่ยวชาญสูง ทำให้ครูจำนวนมากใช้ข้อสอบเดิมซ้ำหรือข้อสอบที่มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ

ในด้านการสร้างข้อสอบ การทบทวนงานวิจัยเชิงระบบโดย Song et al. (2025) ที่วิเคราะห์งานวิจัย 71 ชิ้นระหว่างปี ค.ศ. 2010 ถึง 2024 พบว่าการสร้างข้อสอบโดยอัตโนมัติส่วนใหญ่เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ และโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (large language models) สามารถสร้างข้อสอบได้อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพในหลายภาษาและหลายสาขาวิชา ในทางปฏิบัติ ครูวิทยาศาสตร์อาจใช้ generative AI สร้างข้อสอบเบื้องต้นจากเนื้อหาที่กำหนด เช่น การให้ AI สร้างคำถามวินิจฉัยมโนทัศน์พร้อมตัวลวง (distractor) ที่สะท้อนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบบ่อย หรือการสร้างโจทย์ที่หลากหลายในระดับความยากต่าง ๆ เพื่อประหยัดเวลาในการพัฒนาข้อสอบ

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเน้นข้อค้นพบเชิงวิพากษ์ที่สำคัญจากงานทบทวนเหล่านี้ว่า งานวิจัยจำนวนมากให้ความสำคัญกับการสร้างข้อสอบได้จำนวนมากและรวดเร็ว แต่ละเลยการประเมินคุณภาพและรากฐานทางการศึกษาของข้อสอบที่สร้างขึ้น กล่าวคือ AI อาจสร้างข้อสอบที่ดูถูกต้องตามรูปแบบ แต่อาจวัดเพียงการจำ มีตัวลวงที่ไม่สมเหตุสมผล หรือมีความคลาดเคลื่อนเชิงเนื้อหาที่ผู้ไม่เชี่ยวชาญมองไม่เห็น นี่ยืนยันหลักการเดิมว่า AI สร้างข้อสอบเป็นเพียงร่างเบื้องต้นที่ครูผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาต้องตรวจสอบ แก้ไข และรับรองคุณภาพก่อนนำไปใช้จริงเสมอ โดยเฉพาะการตรวจสอบความสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้และความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์ บทบาทของครูจึงเปลี่ยนจากผู้สร้างข้อสอบทั้งหมด ไปเป็นผู้ออกแบบข้อกำหนด ตรวจสอบ และรับรองคุณภาพ ซึ่งเป็นการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในด้านการวิเคราะห์ข้อสอบ การวิเคราะห์ข้อมูลช่วยให้ครูประเมินคุณภาพของข้อสอบหลังการใช้งานได้อย่างเป็นระบบ ดัชนีสำคัญที่ครูควรเข้าใจมีสองค่า ค่าแรกคือค่าความยากของข้อสอบ (difficulty index) ซึ่งคือสัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบข้อนั้นถูก ข้อที่ง่ายหรือยากเกินไปอาจไม่ช่วยจำแนกผู้เรียน และค่าที่สองคือค่าอำนาจจำแนก (discrimination index) ซึ่งบอกว่าข้อสอบนั้นแยกผู้เรียนที่เก่งกับอ่อนได้ดีเพียงใด นอกจากนี้การวิเคราะห์ตัวลวง (distractor analysis) ช่วยให้ครูเห็นว่าตัวเลือกที่ผิดข้อใดที่ไม่มีผู้เรียนเลือกเลย ซึ่งอาจเป็นตัวลวงที่ไม่มีประสิทธิภาพและควรปรับปรุง ผู้เขียนขอเสนอว่า เครื่องมือดิจิทัล

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

และ AI ช่วยให้การวิเคราะห์ข้อสอบเหล่านี้ทำได้รวดเร็วและเป็นอัตโนมัติ เปลี่ยนข้อมูลการตอบของผู้เรียนให้เป็นสารสนเทศที่ครูใช้ปรับปรุงคลังข้อสอบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการประยุกต์การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อยกระดับคุณภาพการประเมินในระยะยาว ตามหลักการปิดวงจรการเรียนรู้ที่อภิปรายข้างต้น

ผู้เขียนขอสรุปจุดยืนเชิงหลักการว่า การใช้ AI สร้างและวิเคราะห์ข้อสอบเป็นตัวอย่างที่ชัดเจนของหลักการ AI-Augmented กล่าวคือ AI รับภาระงานที่ใช้เวลามากและทำซ้ำ เช่น การร่างข้อสอบจำนวนมากและการคำนวณดัชนีทางสถิติ ส่วนครูใช้วิจารณญาณเชิงวิชาชีพในการกำหนดเป้าหมายการประเมิน ตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา และตัดสินใจปรับปรุงข้อสอบบนฐานข้อมูล การแบ่งบทบาทเช่นนี้ทำให้ครูสร้างและพัฒนาเครื่องมือประเมินที่มีคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยที่วิจารณญาณและความเชี่ยวชาญของมนุษย์ยังคงเป็นศูนย์กลางของกระบวนการ

6.7 อคติของอัลกอริทึมและความเป็นธรรมในการประเมินด้วย AI

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่าการนำ data analytics และการให้คะแนนด้วย AI มาใช้ในการประเมินมาพร้อมความเสี่ยงเชิงจริยธรรมที่ร้ายแรงและมักถูกมองข้ามในวาทกรรมการศึกษาสมัยใหม่ที่ตื่นเต้นกับเทคโนโลยี Baker และ Hawn (2022) ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและแสดงให้เห็นว่า อคติของอัลกอริทึม (algorithmic bias) ในการศึกษาปรากฏจริงและส่งผลกระทบไม่เท่ากันต่อผู้เรียนต่างกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มที่เปราะบางทางสังคม เพราะแบบจำลองทำนายมักเรียนรู้จากข้อมูลในอดีตที่สะท้อนความเหลื่อมล้ำเชิงโครงสร้างอยู่แล้ว

กรณีศึกษาที่ชัดเจนคือเหตุการณ์การให้เกรดด้วยอัลกอริทึมในการสอบ A-level ของสหราชอาณาจักรปี ค.ศ. 2020 ที่อัลกอริทึมปรับลดเกรดผู้เรียนจากโรงเรียนที่มีประวัติผลการเรียนต่ำลงอย่างเป็นระบบ ส่งผลกระทบต่อผู้เรียนจากครอบครัวรายได้น้อยมากกว่ากลุ่มอื่น ผู้เขียนเห็นว่ากรณีนี้เป็นบทเรียนสำคัญสำหรับครูวิทยาศาสตร์ไทยว่า ตัวเลขจากระบบมิได้ “เป็นกลาง” โดยอัตโนมัติ แต่สะท้อนสมมติฐานและข้อมูลที่ป้อนเข้าไป การมอบอำนาจการตัดสินผลการเรียนให้อัลกอริทึมโดยปราศจากการตรวจสอบจึงอาจตอกย้ำความเหลื่อมล้ำแทนที่จะลดทอน

ด้วยเหตุนี้ จุดยืนของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ในหนังสือเล่มนี้คือ data analytics และ AI ต้องทำหน้าที่ “เสริมศักยภาพ” วิจารณญาณเชิงวิชาชีพของครู มิใช่ “แทนที่” การตัดสินใจของครู ครูวิทยาศาสตร์ควรใช้ข้อมูลจากระบบเป็นสารสนเทศประกอบ แล้วตรวจสอบด้วยหลักฐานเชิงคุณภาพและบริบทของผู้เรียนแต่ละคน พร้อมคำนึงถึงความโปร่งใส ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล และความเป็นธรรมเสมอ ทั้งนี้ครูควรพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามต่อระบบ เช่น แบบจำลองนี้ฝึกจากข้อมูลใด ตัวแปรใดถูกใช้ทำนาย และผลกระทบต่อผู้เรียนกลุ่มใดเป็นพิเศษ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ AI Literacy ที่จะกล่าวถึงในบทที่ 8

ความเสี่ยงของอคติอัลกอริทึมเห็นเป็นรูปธรรมเมื่อระบบให้คะแนนอัตโนมัติถูกฝึกด้วยตัวอย่างงานที่ไม่หลากหลายพอ ทำให้ลงโทษคำตอบที่ใช้สำนวนหรือโครงสร้างต่างจากตัวอย่างส่วนใหญ่ แม้เนื้อหา

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

วิทยาศาสตร์จะถูกต้อง ผู้เรียนที่ใช้ภาษาแม่ต่างกันหรือมีพื้นเพต่างกันจึงอาจได้คะแนนต่ำกว่าที่ควร ครูจึงต้องไม่มอบการตัดสินขั้นสุดท้ายให้ระบบ ควรสุ่มตรวจสอบผลของระบบเทียบกับการประเมินของมนุษย์ และเปิดช่องให้ผู้เรียนอุทธรณ์ผลที่คลาดเคลื่อนได้เสมอ

6.8 สรุปท้ายบท

บทนี้เสนอเสาหลักการประเมินที่ต่อเนื่อง โดยเน้นการประเมินเพื่อพัฒนาที่บูรณาการเข้ากับการสอน การออกแบบเกณฑ์ที่ชัดเจน การใช้ learning analytics สำหรับการประเมินเพื่อพัฒนา และการวิพากษ์อคติของอัลกอริทึมเพื่อธำรงความเป็นธรรม โดยยืนยันว่าวิจารณญาณเชิงวิชาชีพของครูต้องอยู่เหนืออัลกอริทึมเสมอ

สาระสำคัญที่ร้อยเรียงทั้งบทคือการปรับมุมมองการประเมินจากการตัดสินปลายทางไปสู่การขับเคลื่อนการเรียนรู้ ผู้เขียนได้แสดงว่าการประเมินเพื่อพัฒนาที่มีคุณภาพโดยเฉพาะการให้ผลป้อนกลับที่เจาะจงและชี้ทางข้างหน้า เป็นปัจจัยที่ทรงพลังต่อการเรียนรู้ แต่ประสิทธิผลขึ้นอยู่กับการนำไปใช้จริง มิใช่เพียงรูปแบบ การประเมินสามประเภทต้องสอดคล้องกับเป้าหมาย เกณฑ์การให้คะแนนที่ดีต้องสะท้อนเป้าหมายที่แท้จริงและผสานกับวิจารณญาณของครู การประเมินตามสภาพจริงสำคัญเพิ่มขึ้นเมื่อเป้าหมายเป็นสมรรถนะ และเทคโนโลยีการวิเคราะห์การเรียนรู้กับ AI เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพแต่ต้องใช้ด้วยความตระหนักถึงข้อจำกัดและอคติ หลักการที่ยึดโยงทั้งบทคือ การประเมินต้องรับใช้การเรียนรู้และความเป็นธรรมต่อผู้เรียน โดยมีครูเป็นผู้ใช้วิจารณญาณเชิงวิชาชีพและจริยธรรมเป็นผู้ตัดสินสุดท้าย ซึ่งสอดคล้องกับเสาหลักการประเมินที่ต่อเนื่องและการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm และเป็นรากฐานสำหรับการนำทุกองค์ประกอบมาบูรณาการในการวางแผนการสอนที่จะอภิปรายในบทถัดไป

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 18 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 6 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
หลักการวัดและประเมินผล การประเมินเพื่อพัฒนา/เพื่อตัดสิน คุณภาพเครื่องมือ (ความตรง ความเที่ยง) และการประเมินตามสภาพจริง	ทักษะการสร้างแบบทดสอบ การออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินภาคปฏิบัติ และการให้ผลป้อนกลับเชิงพัฒนา	ความเที่ยงธรรม ความโปร่งใส และความรับผิดชอบต่อความเป็นธรรมในการประเมิน	สมรรถนะการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (CLO4)	ออกแบบเครื่องมือวัดให้สอดคล้องตัวชี้วัด สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blueprint) และเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ ใช้การประเมินเพื่อพัฒนา (formative) และ learning analytics จาก digital learning ecosystem ประกอบการตัดสินใจเชิงวิชาชีพ

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 18 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะการวัดและประเมินผล พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- อภิปรายข้อควรระวังเชิงจริยธรรมในการใช้การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics)
- ออกแบบเครื่องมือประเมินเพื่อพัฒนาหนึ่งชิ้นสำหรับบทเรียนวิทยาศาสตร์
- สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (analytic rubric) สำหรับประเมินการออกแบบการทดลองของนักเรียน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 6

พงษ์พัฒน์ สีดาวงษ์, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2568). แนวทางการฟื้นฟูภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 1. วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 12(2), 1–13. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/284666

Baker, R. S., & Hawn, A. (2022). Algorithmic bias in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 32*(4), 1052–1092. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00285-9

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 5*(1), 7–74. https://doi.org/10.1080/0969595980050102

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21*(1), 5–31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5

Black, P., & Wiliam, D. (2018). Classroom assessment and pedagogy. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 25*(6), 551–575. https://doi.org/10.1080/0969594X.2018.1441807

CAST. (2018). *Universal design for learning guidelines version 2.2*. CAST. https://udlguidelines.cast.org

El Islami, R. A. Z., & Nuangchalerm, P. (2020). Comparative study of scientific literacy: Indonesian and Thai pre-service science teachers report. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE), 9*(2), 261–268. https://doi.org/10.11591/ijere.v9i2.20355

Gin, L. E., Guerrero, F. A., Cooper, K. M., & Brownell, S. E. (2020). Is active learning accessible? Exploring the process of providing accommodations to students with disabilities. *CBE—Life Sciences Education, 19*(4), es12. https://doi.org/10.1187/cbe.20-03-0049

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). *The power of feedback. Review of Educational Research, 77*(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Khong-ngam, S., Wongwanich, S., & Piromsombat, C. (2014). Principals' and teachers' use of evaluation results for student learning in science. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 116*, 1902–1907. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.492

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Ladachart, L., & Ladachart, L. (2019). Thai science educators' perspectives on students' prior knowledge: A documentary research. *Science Education International, 30*(2), 116–127. https://doi.org/10.33828/sei.v30.i2.5

Palanci, A., Yilmaz, R. M., & Turan, Z. (2024). Learning analytics in distance education: A systematic review study. *Education and Information Technologies, 29*(17), 22629–22650. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12737-5

Song, Y., Du, J., & Zheng, Q. (2025). Automatic item generation for educational assessments: A systematic literature review. *Interactive Learning Environments, 33*(9), 5386–5405. https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2482588

Tangdhanakanond, K., & Archwamety, T. (2021). Development of a process to change teachers' misconceptions in using portfolio for elementary school student assessment. *Kasetsart Journal of Social Sciences, 42*(4), 871–877. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kjss/article/view/255744

Zhai, X., & Nehm, R. H. (2023). AI and formative assessment: The train has left the station. *Journal of Research in Science Teaching, 60*(6), 1390–1398. https://doi.org/10.1002/tea.21885

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 7 การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้และสะเต็มศึกษา

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายหลักการของสะเต็มศึกษาและการบูรณาการข้ามศาสตร์ได้
- ประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มตามเกณฑ์คุณภาพและหลักความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ได้
- ออกแบบกิจกรรมสะเต็มโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้
- เขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบครบถ้วนและสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ได้

7.1 การวางแผนการสอนในฐานะการแปลงทฤษฎีสู่การปฏิบัติ

บทก่อนหน้าได้วางรากฐานทฤษฎีการเรียนรู้ การออกแบบการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล บทนี้มุ่งบูรณาการองค์ความรู้ทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการวางแผนการสอนที่เป็นรูปธรรม ผู้เขียนเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้คือจุดที่ความรู้เชิงทฤษฎีทั้งหมดของครูถูกแปลงเป็นการกระทำ และเป็นเครื่องมือสำคัญที่สะท้อนคุณภาพการคิดเชิงวิทยาการสอนของครู แผนที่ดีมิใช่เพียงเอกสารที่เขียนเพื่อส่งให้ผู้บริหารตรวจ แต่เป็นพิมพ์เขียวการคิดที่ช่วยให้ครูคาดการณ์ ออกแบบ และเตรียมการจัดการเรียนรู้อย่างมีเป้าหมาย

บทนี้จะนำเสนอองค์ประกอบและกระบวนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ หลักการของสะเต็มศึกษาและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในฐานะแนวทางบูรณาการข้ามศาสตร์ที่ทรงพลัง พร้อมตัวอย่างโครงสร้างแผน และครอบคลุมองค์ประกอบสนับสนุนที่สำคัญ ได้แก่ การออกแบบและเลือกสื่อการสอน การจัดทำเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ และการประเมินผลการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการสอนของครูเอง ผู้เขียนขอเน้นว่าองค์ประกอบทั้งหมดนี้ต้องสอดคล้องกันภายใต้หลักการออกแบบย้อนกลับในบทที่ 3 กล่าวคือ เริ่มจากเป้าหมายการเรียนรู้ แล้วจึงออกแบบหลักฐานการประเมินและกิจกรรม สื่อ และเอกสารให้สอดรับกัน

Library and Learning, University of Phayao

นิยามศัพท์สำคัญ

ผู้เขียนขอนิยามคำสำคัญในบทนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ (lesson plan) หมายถึง เอกสารที่ระบุเป้าหมาย กิจกรรม สื่อ และการประเมินของการจัดการเรียนรู้ในหน่วยหรือคาบเรียนหนึ่ง

สะเต็มศึกษา (STEM education) หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันผ่านการแก้ปัญหาในบริบทจริง

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process: EDP) หมายถึง กระบวนการเป็นวงจรที่ผู้เรียนระบุปัญหา ออกแบบ สร้าง ทดสอบ และปรับปรุงวิธีแก้ปัญหา ซึ่งเป็นหัวใจของกิจกรรมสะเต็ม

7.2 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดีควรมีองค์ประกอบที่สอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ตามหลักการออกแบบย้อนกลับในบทที่ 3 ได้แก่ มาตรฐาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ (เช่น ตามรูปแบบ 5E) สื่อและแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ และการสะท้อนผลหลังสอน

ผู้เขียนขอขยายความองค์ประกอบสำคัญแต่ละส่วน มาตรฐานและผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นจุดเริ่มต้นที่กำหนดว่าผู้เรียนควรรู้และทำอะไรได้ ซึ่งในบริบทไทยอ้างอิงจากหลักสูตรแกนกลางและตัวชี้วัดที่อภิปรายในบทที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้ควรครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติตามแนวคิดสมรรถนะในบทที่ 4 และเขียนในลักษณะที่สังเกตและประเมินได้ สาระสำคัญคือแก่นมโนทัศน์ที่ผู้เรียนต้องเข้าใจ ซึ่งครูต้องวิเคราะห์ให้ชัดว่าอะไรคือความเข้าใจที่ลึกซึ้งที่ต้องการ มิใช่เพียงรายการหัวข้อเนื้อหา

กิจกรรมการเรียนรู้เป็นหัวใจของแผน ซึ่งควรออกแบบตามรูปแบบการสอนที่เหมาะกับเป้าหมาย เช่น 5E (Bybee et al., 2006) สำหรับการสืบเสาะ และระบุบทบาทของครูและผู้เรียนในแต่ละขั้นอย่างชัดเจน สื่อและแหล่งเรียนรู้ต้องเลือกให้สนับสนุนการเรียนรู้ตามเป้าหมาย การวัดและประเมินผลต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ตามหลักความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ในบทที่ 3 และการประยุกต์กับการประเมินในบทที่ 6 และการสะท้อนผลหลังสอนเป็นองค์ประกอบที่ครูมักละเลย แต่ในมุมมองของผู้เขียนเป็นส่วนที่มีคุณค่าที่สุดต่อการพัฒนาวิชาชีพ เพราะเป็นการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงของครูเอง ซึ่งจะอภิปรายในบทที่ 9 หัวข้อ 9.3

7.3 การวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

ก่อนลงมือเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ครูจำเป็นต้องวิเคราะห์ผู้เรียนเสียก่อน เพราะแผนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมิได้เริ่มจากเนื้อหาที่ครูต้องการสอน แต่เริ่มจากคำถามว่าผู้เรียนกลุ่มนี้เป็นใคร รู้อะไรมาแล้ว และต้องการการสนับสนุนแบบใด การวิเคราะห์ผู้เรียน (learner analysis) จึงเป็นสะพานเชื่อมระหว่างการวิเคราะห์ตัวชี้วัดในบทที่ 2 กับการเขียนแผนในหัวข้อถัดไป ผู้เขียนเสนอกรอบการวิเคราะห์ผู้เรียนห้ามิติที่ครูวิทยาศาสตร์ควรพิจารณา ดังตารางที่ 19

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 19 กรอบการวิเคราะห์ผู้เรียนห้ามิติและการนำผลไปใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

มิติการวิเคราะห์ผู้เรียน	คำถามหลักที่ครูต้องตอบ	วิธีเก็บข้อมูล	การนำผลไปใช้ในการเขียนแผน
1. ความรู้เดิมและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เรียนเข้าใจเรื่องนี้มาอย่างไรก่อนเรียน และมีความเข้าใจใดที่คลาดเคลื่อน	แบบทดสอบก่อนเรียน คำถามปลายเปิด ผังมโนทัศน์ กิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย	เลือกสถานการณ์ขั้นสร้างความสนใจที่ท้าทายความเข้าใจเดิมโดยตรง
2. ความพร้อมด้านทักษะกระบวนการ	ผู้เรียนใช้เครื่องมือ วัด บันทึก และตีความข้อมูลได้ในระดับใด	การสังเกตการปฏิบัติการ แบบตรวจสอบรายการทักษะ ผลงานปฏิบัติการครั้งก่อน	กำหนดระดับการชี้แนะและใบชี้แนะให้เหมาะกับทักษะที่มีอยู่
3. ความแตกต่างด้านการเรียนรู้และความต้องการพิเศษ	ผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหาและแสดงออกได้ดีด้วยช่องทางใด มีผู้เรียนที่ต้องการการสนับสนุนเพิ่มหรือไม่	ข้อมูลจากครูประจำชั้น แฟ้มสะสมงาน การสังเกตพฤติกรรม การพูดคุยรายบุคคล	ออกแบบทางเลือกการนำเสนอและการแสดงออกหลายรูปแบบตามหลัก UDL
4. แรงจูงใจและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนเห็นคุณค่าและความเกี่ยวข้องของเนื้อหากับชีวิตตนเองเพียงใด	แบบสอบถามเจตคติ การสนทนากลุ่ม บันทึกสะท้อนคิด	เลือกบริบทและปัญหาที่เชื่อมกับชีวิตจริงและชุมชนของผู้เรียน
5. บริบทและทรัพยากรการเรียนรู้	ผู้เรียนเข้าถึงอุปกรณ์ อินเทอร์เน็ต และแหล่งเรียนรู้ได้มากน้อยเพียงใด	การสำรวจความพร้อมของห้องเรียน ข้อมูลพื้นฐานของสถานศึกษา	เลือกปฏิบัติการต้นทุนต่ำและสื่อที่ใช้ได้จริงในบริบทนั้น

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Tomlinson, 2014 และ CAST, 2018)

ตารางที่ 19 ชี้ให้เห็นว่าการวิเคราะห์ผู้เรียนมิใช่ขั้นตอนทางเอกสารที่ทำเพียงเพื่อกรอกแบบฟอร์ม แต่ผลการวิเคราะห์แต่ละมิติต้องส่งผลต่อการตัดสินใจในแผนอย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอเน้นว่าข้อมูลจากมิติที่ 1 ควรกำหนดสถานการณ์ในขั้นสร้างความสนใจโดยตรง ข้อมูลจากมิติที่ 2 กำหนดระดับการชี้แนะตามหลักการถ่ายโอนความรับผิดชอบอย่างค่อยเป็นค่อยไปในบทที่ 5 ข้อมูลจากมิติที่ 3 นำไปสู่การออกแบบทางเลือกตามหลักการออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคนในหัวข้อ 3.6 และทฤษฎีพหุปัญญาในหัวข้อ 3.7 ส่วนมิติที่ 4 และ 5 กำหนดการเลือกบริบทของปัญหาและความเป็นไปได้ของปฏิบัติการ เมื่อครูนำผลการวิเคราะห์ทั้งห้ามิติมาประกอบกับตัวชี้วัดและผลลัพธ์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จึงเป็นแผนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญอย่างแท้จริง มิใช่แผนที่เน้นการสอนเนื้อหาให้ครบตามกำหนดเวลาเท่านั้น

7.4 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ กระบวนการและขั้นตอน

การเข้าใจองค์ประกอบของแผนยังไม่เพียงพอ ครูต้องเข้าใจกระบวนการสร้างแผนที่มีคุณภาพจากประสบการณ์ของผู้เขียน ข้อผิดพลาดที่พบบ่อยที่สุดในการเขียนแผนคือการเริ่มจากกิจกรรม กล่าวคือ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ครูคิดก่อนว่าจะให้ผู้เรียนทำกิจกรรมอะไรที่น่าสนใจ แล้วจึงหาเป้าหมายมาใส่ภายหลัง วิธีนี้นำไปสู่กิจกรรมที่สนุกแต่ไม่บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ ดังที่อภิปรายเรื่องกับดักเน้นกิจกรรมในบทที่ 3 ผู้เขียนจึงเสนอให้ครูสร้างแผนตามหลักการออกแบบย้อนกลับอย่างเคร่งครัด คือเริ่มจากเป้าหมายเป็นอันดับแรกเสมอ

ผู้เขียนขอเสนอขั้นตอนการสร้างแผนตามหลักการออกแบบย้อนกลับ (Wiggins & McTighe, 2005) สามขั้น ขั้นที่ 1 คือการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่พึงประสงค์ ครูต้องตอบคำถามว่าเมื่อจบบทเรียนแล้วผู้เรียนควรเข้าใจมโนทัศน์ใด ทำทักษะใดได้ และมีเจตคติอย่างไร โดยวิเคราะห์จากมาตรฐานและตัวชี้วัด พร้อมระบุความเข้าใจที่คงทน (enduring understanding) ที่ต้องการ ขั้นที่ 2 คือการกำหนดหลักฐานการประเมินที่ยอมรับได้ ครูต้องออกแบบว่าจะรู้ได้อย่างไรว่าผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย โดยกำหนดทั้งการประเมินเพื่อพัฒนาและการประเมินสรุปก่อนออกแบบกิจกรรม ซึ่งช่วยให้กิจกรรมมุ่งสู่เป้าหมายที่วัดได้จริง และขั้นที่ 3 คือการออกแบบลำดับประสบการณ์การเรียนรู้และการสอน ครูจึงค่อยออกแบบกิจกรรม สื่อ และลำดับการสอนที่นำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายและเตรียมพร้อมสำหรับการประเมินที่กำหนดไว้

การสร้างแผนที่ดีต้องอาศัยการคาดการณ์เชิงวิทยาการสอน กล่าวคือ ครูต้องคาดการณ์ล่วงหน้าว่าผู้เรียนน่าจะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอย่างไร จุดใดที่ผู้เรียนน่าจะเข้าใจยาก และจะออกแบบกิจกรรมและคำถามอย่างไรเพื่อจัดการกับจุดเหล่านั้น การคาดการณ์นี้คือการประยุกต์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) ในบทที่ 1 เข้ากับการวางแผน และแยกแผนของครูผู้เชี่ยวชาญออกจากแผนของมือใหม่ ครูมือใหม่มักเขียนแผนที่ระบุเพียงสิ่งที่ครูจะทำ ส่วนครูผู้เชี่ยวชาญเขียนแผนที่คาดการณ์สิ่งที่ผู้เรียนจะคิดและตอบสนอง ผู้เขียนจึงแนะนำให้นักศึกษาครูฝึกเขียนแผนที่ระบุการตอบสนองที่คาดว่าจะเกิดจากผู้เรียนและแนวทางการชี้แนะของครูในแต่ละสถานการณ์

ครูรุ่นใหม่จำนวนมากใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างช่วยร่างแผนการสอน ซึ่งทำได้หากใช้อย่างมีวิจารณญาณ ครูควรใช้ระบบช่วยระดมแนวกิจกรรมหรือร่างโครงเบื้องต้น แล้วตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และความเหมาะสมกับผู้เรียนด้วยตนเองเสมอ ข้อพึงระวังคือระบบอาจสร้างข้อมูลที่น่าเชื่อแต่คลาดเคลื่อน อ้างอิงที่ไม่มีจริง หรือกิจกรรมที่ไม่ปลอดภัย แผนที่ได้จึงต้องผ่านการพิจารณาของครูในฐานะผู้รับผิดชอบวิชาชีพก่อนนำไปใช้

Library and Learning, University of Phayao

7.5 หลักการของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือแนวทางบูรณาการความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในบริบทจริง การทบทวนแนวโน้มงานวิจัยอย่างเป็นระบบโดย Li et al. (2020) แสดงให้เห็นการเติบโตอย่างรวดเร็วและความหลากหลายของงานวิจัยสะเต็มศึกษาในระดับนานาชาติ (Li et al., 2020) ขณะที่ English (2016) ตั้งข้อสังเกตเชิงวิพากษ์เกี่ยวกับสถานะของคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษาที่มักถูกมองข้าม

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Falloon et al. (2020) เสนอกรอบแนวคิดการพัฒนา การรู้สะเต็ม (STEM literacy) สำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งช่วยให้ครูเข้าใจธรรมชาติเชิงบูรณาการของสะเต็มและออกแบบหลักสูตรได้อย่างเป็นระบบ

หลักฐานเชิงประจักษ์ล่าสุดสนับสนุนประสิทธิผลของสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการ การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบและการวิเคราะห์อภิมานโดย Chen et al. (2026) ที่ตีพิมพ์ในวารสาร Review of Educational Research และวิเคราะห์งานวิจัยเชิงทดลองและกึ่งทดลอง 109 ชิ้นในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานระหว่างปี ค.ศ. 2010 ถึง 2022 พบว่าสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการส่งผลเชิงบวกต่อการได้มาซึ่งความรู้และทักษะ การแก้ปัญหา และเจตคติของผู้เรียน เมื่อเทียบกับการสอนแบบดั้งเดิม โดยการแทรกแซงทั้งสามลักษณะให้ขนาดอิทธิพลระดับกลางต่อการได้มาซึ่งความรู้ และเฉพาะการใช้เทคโนโลยีในสะเต็มบูรณาการมีขนาดอิทธิพล g = 0.61

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขออ่านอย่างมีวิจารณญาณว่า ประสิทธิผลของสะเต็มศึกษาแปรผันตามวิธีการนำไปใช้ และยังมีการถกเถียงเชิงวิชาการเกี่ยวกับระเบียบวิธีการเปรียบเทียบสะเต็มแบบบูรณาการกับการสอนแบบแยกศาสตร์ ครูจึงไม่ควรเข้าใจว่าการจัดกิจกรรมสะเต็มย่อมได้ผลดีโดยอัตโนมัติ แต่ต้องใส่ใจคุณภาพการบูรณาการและการชี้แนะ

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่าวาทกรรมสะเต็มศึกษาสมัยใหม่มักตกในกับดักของการ “บูรณาการแต่ในนาม” กล่าวคือ จัดกิจกรรมที่มีกลิ่นอายของวิศวกรรมหรือเทคโนโลยี แต่แท้จริงแล้วแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ถูกลดทอนเหลือเพียงฉากหลัง ข้อสังเกตเชิงวิพากษ์ของ English (2016) ที่ว่าคณิตศาสตร์มักถูกมองข้ามในสะเต็มศึกษา เป็นสัญญาณเตือนที่สำคัญ ผู้เขียนจึงเสนอว่าการบูรณาการสะเต็มที่มีคุณภาพต้องรักษาความเข้มข้นเชิงมโนทัศน์ของแต่ละศาสตร์ไว้ มิใช่เจือจางทุกศาสตร์เพื่อให้กิจกรรมดู “สนุก” การออกแบบหน่วยสะเต็มจึงควรเริ่มจากการระบุแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างลึกซึ้งก่อน แล้วจึงออกแบบบริบทวิศวกรรมที่ทำให้แนวคิดนั้นจำเป็นต้องถูกใช้จริง

ในบริบทไทย สะเต็มศึกษาได้รับการส่งเสริมอย่างเป็นระบบโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2560) ซึ่งพัฒนากรอบแนวทางและกิจกรรมสะเต็มสำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐานและบรรจุสาระเทคโนโลยีและการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ในหลักสูตรแกนกลางฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางสากลที่ผนวกการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการศึกษาวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2012) ตามที่อภิปรายในบทที่ 2 ในทัศนะของผู้เขียน การที่สะเต็มศึกษาถูกบรรจุในหลักสูตรอย่างเป็นทางการเป็นพัฒนาการเชิงนโยบายที่สำคัญ แต่ก็นำมาซึ่งความท้าทายเชิงปฏิบัติ คือครูวิทยาศาสตร์จำนวนมากได้รับการเตรียมมาให้สอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์เฉพาะสาขา มิได้เตรียมมาให้บูรณาการข้ามศาสตร์หรือสอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การพัฒนาวิชาชีพครูด้านสะเต็มจึงเป็นเงื่อนไขสำคัญที่กำหนดความสำเร็จของนโยบาย

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตเชิงวิพากษ์ต่อการนำสะเต็มศึกษาไปปฏิบัติในบริบทไทยว่า ความท้าทายมิได้อยู่ที่การขาดกิจกรรมหรือสื่อ เพราะ สสวท. และแหล่งต่าง ๆ ได้พัฒนากิจกรรมสะเต็มไว้มาก แต่อยู่ที่ความเข้าใจเชิงลึกของครูว่าจะบูรณาการอย่างมีคุณภาพอย่างไร ครูจำนวนหนึ่งนำกิจกรรมสำเร็จรูปไปใช้โดยไม่เข้าใจว่ามโนทัศน์วิทยาศาสตร์ใดเป็นแก่นของกิจกรรม ทำให้กิจกรรมกลายเป็นการประดิษฐ์ที่สนุกแต่ขาดการเรียนรู้เชิงลึก นอกจากนี้ ระบบการประเมินและการสอบที่ยังเน้นความรู้แยกสาขาอาจไม่สอดคล้องกับเป้าหมายเชิงบูรณาการของสะเต็ม การพัฒนาสะเต็มศึกษาไทยให้ยั่งยืนจึงต้องพัฒนาทั้งสมรรถนะการบูรณาการของครู ระบบการประเมินที่สอดคล้อง และความเข้าใจร่วมกันว่าสะเต็มมิใช่การเพิ่มภาระ แต่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้วิทยาศาสตร์มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ความเข้าใจของครูเองก็เป็นเงื่อนไขหนึ่งที่มักถูกมองข้าม Ladachart et al. (2020) วิเคราะห์ภาพวาดและคำบรรยายของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาไทยจำนวน 272 คน เกี่ยวกับภาพลักษณ์ของวิศวกรขณะทำงาน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความเข้าใจของครูไทยเกี่ยวกับธรรมชาติของงานวิศวกรรมเป็นตัวแปรที่ต้องได้รับการพัฒนาก่อน จึงจะคาดหวังให้ครูจัดกิจกรรมออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างมีความหมายต่อผู้เรียน

โจทย์สะเต็มไม่จำเป็นต้องเป็นวิศวกรรมล้วน ประเด็นสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชนเป็นบริบทที่กว้างและใกล้ตัวผู้เรียน เช่น การออกแบบระบบกรองน้ำอย่างง่ายสำหรับชุมชน การวางแผนลดขยะอาหารในโรงเรียน หรือการวิเคราะห์คุณภาพอากาศในพื้นที่ โจทย์เหล่านี้บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ากับมิติสังคมและสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของความรู้ต่อการแก้ปัญหาจริงและพัฒนาความเป็นพลเมืองไปพร้อมกัน การเลือกบริบทที่ใกล้ตัวผู้เรียนยังมีนัยต่อการสร้างอัตลักษณ์ทางสะเต็มด้วย Ladachart et al. (2024) สำรวจว่าการยอมรับจากบุคคลใดมีความหมายต่อการพัฒนาอัตลักษณ์ทางสะเต็มของนักเรียนมัธยมศึกษาไทย ซึ่งสะท้อนว่าอัตลักษณ์ทางสะเต็มมิได้เกิดจากความสามารถทางวิชาการเพียงลำพัง แต่เกี่ยวข้องกับการที่ผู้เรียนได้รับการยอมรับจากบุคคลรอบข้างในบริบทวัฒนธรรมไทย ครูจึงมีบทบาทมากกว่าการถ่ายทอดเนื้อหา

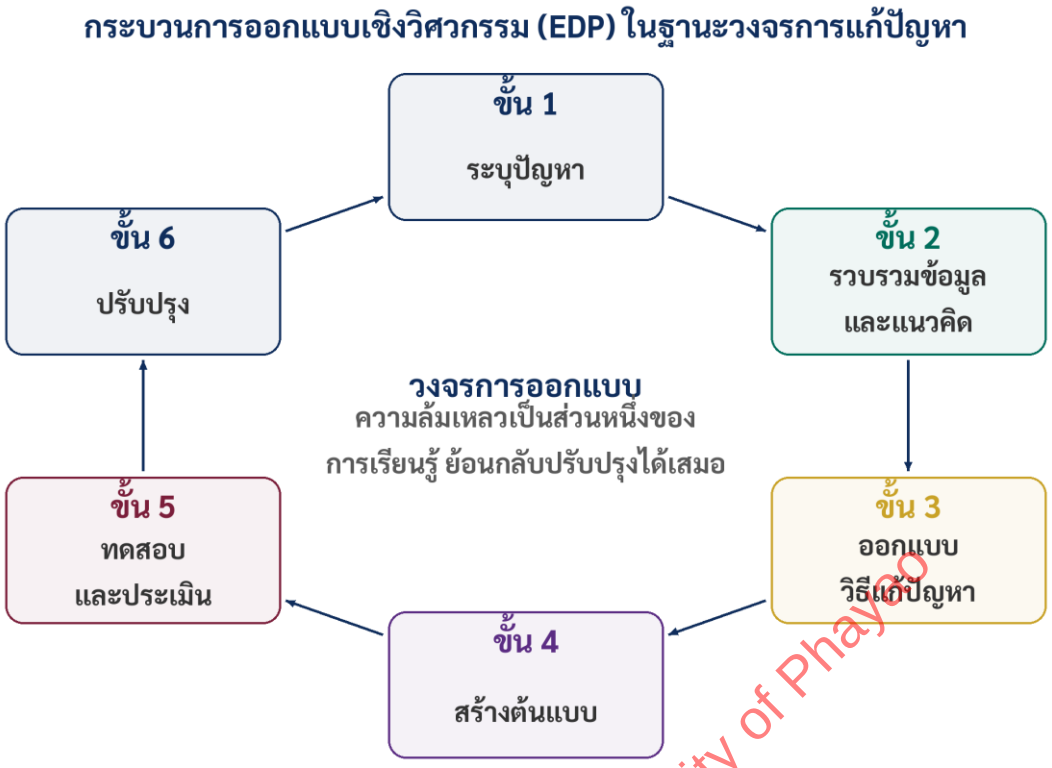
7.6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมสะเต็ม

หัวใจของกิจกรรมสะเต็มจำนวนมากคือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ซึ่งให้ผู้เรียนนิยามปัญหา ระดมแนวทาง ออกแบบ สร้างต้นแบบ ทดสอบ และปรับปรุงอย่างเป็นวงรอบ กระบวนการนี้เปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจริงและพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงไปพร้อมกัน

ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในฐานะวงจรที่ทำซ้ำได้ สรุปได้ดังภาพที่ 21 ลักษณะสำคัญ ได้แก่ เป็นวงจรที่ยอมรับความล้มเหลวเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ ผู้เรียนปรับปรุงงานบนฐานผลการทดสอบ สอดคล้องกับแนวคิด productive failure ในบทที่ 5

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 21 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ในฐานะวงจรการแก้ปัญหา

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก กรอบ EDP มาตรฐาน)

ภาพที่ 21 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมิได้ดำเนินเป็นเส้นตรง แต่เป็นวงจรที่ครูและผู้เรียนสามารถย้อนกลับไปปรับปรุงงานได้ตลอด ตั้งแต่การระบุปัญหาจนถึงการปรับปรุงชิ้นงาน หัวใจของกระบวนการนี้อยู่ที่การยอมรับว่าความล้มเหลวเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทดลอง ปรับแก้ และพัฒนาแนวคิดอย่างต่อเนื่อง

ผู้เขียนขอชี้ประเด็นเชิงมโนทัศน์ที่ครูสะเต็มมักสับสน คือความแตกต่างระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มุ่งตอบคำถามว่า “ปรากฏการณ์นี้เป็นอย่างไรและเพราะเหตุใด” โดยมีเป้าหมายคือการสร้างคำอธิบายที่ถูกต้อง ส่วนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมุ่งตอบคำถามว่า “จะแก้ปัญหานี้อย่างไร” โดยมีเป้าหมาย คือการสร้างวิธีแก้ที่ใช้ได้ภายใต้ข้อจำกัด ผู้เขียนสังเกตว่า ความเข้าใจความแตกต่างนี้สำคัญ เพราะกิจกรรมสะเต็มที่มีคุณภาพต้องให้ผู้เรียนใช้ทั้งสองกระบวนการอย่างเหมาะสม กล่าวคือ ผู้เรียนต้องเข้าใจวิทยาศาสตร์เบื้องหลัง (ผ่านการสืบเสาะ) จึงจะออกแบบวิธีแก้ปัญหาที่ดีได้ (ผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรม) หากกิจกรรมเน้นการสร้างชิ้นงานโดยไม่เชื่อมโยงกับความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ก็จะกลายเป็นกิจกรรมประดิษฐ์ที่ขาดแก่นวิทยาศาสตร์ ดังที่เตือนไว้ในหัวข้อก่อนหน้า

ตัวอย่างการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปบูรณาการกับการออกแบบการเรียนรู้ในบริบทไทย ปรากฏในงานวิจัยของ ปรัชญา ธงพานิช (2565) ที่พัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน ด้วยกระบวนทัศน์การเรียนรู้ NPU Teaching and Learning Paradigm กระบวนทัศน์นี้ประกอบด้วยสามระยะ ได้แก่ การวิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ (กำหนดจุดมุ่งหมายและระดับคุณภาพการเรียนรู้ในรูปภาระงาน) การปฏิบัติการเรียนรู้ (ออกแบบการเรียนรู้ พัฒนาทักษะการเรียนรู้แบบนำตนเอง และบูรณาการความรู้ด้วยความร่วมมือ)

และการประเมินการเรียนรู้ (การตรวจสอบแบบย้อนคิดทบทวน และการประเมินเทียบกับมาตรฐาน) ผลการวิจัยพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับ NPU Teaching and Learning Paradigm มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 79.48/77.93 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ปรัชญา ธงพานิช, 2565) กระบวนทัศน์ NPU นี้เป็นฐานที่ต่อยอดสู่ NSW Model ในบทที่ 4 และเป็นแนวทางที่นักศึกษาครูสามารถนำไปใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มได้

7.7 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มบนฐาน NPU Paradigm

หัวข้อนี้สังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งหมดในบทนี้และบทก่อนหน้าเข้าสู่แนวทางการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่เป็นระบบบนฐานกระบวนทัศน์ NPU Teaching and Learning Paradigm ที่ผู้เขียนพัฒนาและตรวจสอบประสิทธิภาพแล้ว (ปรัชญา ธงพานิช, 2565) คุณค่าของการใช้กระบวนทัศน์นี้เป็นแกนการออกแบบ คือการที่มันเชื่อมโยงสามระยะของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ การวิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ การปฏิบัติการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้ เข้ากับหลักการออกแบบย้อนกลับและรูปแบบ 5E กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างสอดคล้อง ทำให้ครูมีกรอบคิดที่เป็นระบบในการแปลงเป้าหมายสู่การปฏิบัติ

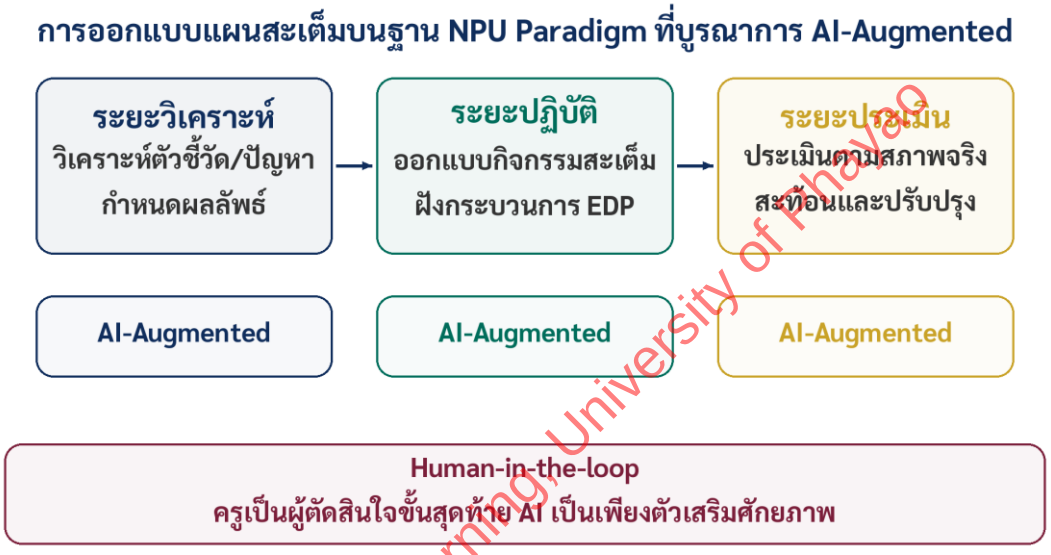
อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอวิพากษ์ขอบเขตและข้อจำกัดของกระบวนทัศน์ NPU อย่างตรงไปตรงมาเพื่อให้ผู้อ่านใช้อย่างมีวิจารณญาณ ประการแรก กระบวนทัศน์นี้แสดงคุณค่าชัดเจนภายใต้เงื่อนไขที่ครูมีเวลาออกแบบ มีอิสระในการจัดหลักสูตร และมีทรัพยากรเทคโนโลยีพอสมควร แต่ในชั้นเรียนขนาดใหญ่เวลาจำกัด หรือบริบทที่ขาดแคลนอุปกรณ์ ครูอาจต้องลดทอนบางระยะลงหรือปรับใช้เพียงบางส่วน ประการที่สอง หลักฐานประสิทธิผลของกระบวนทัศน์นี้ยังมาจากบริบทการวิจัยของผู้เขียนเองเป็นหลัก จึงควรได้รับการทดสอบซ้ำในบริบทที่หลากหลายและโดยนักวิจัยอื่นก่อนสรุปความเป็นสากล

ประการที่สาม เมื่อวางเทียบกับกรอบสากล กระบวนทัศน์ NPU มิได้แทนที่รูปแบบ 5E ของ BSCS (Bybee et al., 2006) หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามกรอบ NGSS (National Research Council, 2012) หากแต่ทำหน้าที่เป็นโครงร่างระดับมหภาคที่ห่อหุ้มทั้งสองกรอบและเพิ่มมิติการวิเคราะห์ความต้องการกับการเสริมต่อการเรียนรู้ด้วยปัญญาประดิษฐ์ ในหลายสถานการณ์ที่เป้าหมายเป็นการสืบเสาะมโนทัศน์ล้วน การใช้รูปแบบ 5E เพียงกรอบเดียวก็อาจเพียงพอโดยไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนทัศน์เต็มรูป การตระหนักถึงขอบเขตเหล่านี้ช่วยให้ครูเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะกับเป้าหมายและบริบทจริงมากกว่ายึดกรอบใดกรอบหนึ่งอย่างตายตัว

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เขียนขอเสนอการเชื่อมโยงสามระยะของ NPU Paradigm เข้ากับกระบวนการออกแบบแผนสะเต็มอย่างเป็นรูปธรรม ระยะที่ 1 คือการวิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับขั้นกำหนดเป้าหมายในการออกแบบย้อนกลับ ครูวิเคราะห์มาตรฐาน ตัวชี้วัด และมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ที่เป็นแก่น แล้วกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ในรูปสมรรถนะและภาระงานที่สมจริง ระยะที่ 2 คือการปฏิบัติการเรียนรู้ ซึ่งครูออกแบบลำดับกิจกรรมตามรูปแบบ 5E โดยฝังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ในขั้นขยายความรู้ พร้อมส่งเสริมการเรียนรู้แบบนำตนเองและการเรียนรู้ร่วมกัน และระยะที่ 3 คือการประเมินการเรียนรู้ ซึ่งครูออกแบบการประเมินที่ต่อเนื่องทั้งระหว่างเรียนและสรุป พร้อมเปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนสะท้อนคิดทบทวน การเชื่อมโยงสามระยะนี้กับองค์ประกอบการออกแบบแผนสรุปได้ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มบนฐาน NPU Paradigm ที่บูรณาการมิติ AI-Augmented แบบยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง

(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก ปรัชญา ธงพานิช, 2565)

Library and Learning, University of Phayao

ภาพที่ 22 แสดงให้เห็นว่าสามระยะของ NPU Paradigm ดำเนินสอดประสานกัน โดยมีชั้น AI-Augmented รองรับการตัดสินใจในแต่ละระยะ ทว่าภาพยังย้ำหลักการสำคัญผ่านแถบ Human-in-the-loop ว่าไม่ว่าจะใช้เทคโนโลยีมากเพียงใด ครูยังคงเป็นผู้ตัดสินใจขั้นสุดท้ายที่รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

จุดเด่นของแนวทางนี้คือการบูรณาการมิติ AI-Augmented เข้าไปในทุกระยะของการออกแบบอย่างเป็นระบบ โดยยึดหลักการมนุษย์อยู่ในวงจรการตัดสินใจ (human-in-the-loop) ซึ่งสอดคล้องกับหลักวิจารณญาณเชิงวิชาชีพของครูที่ต้องอยู่เหนืออัลกอริทึม ตามที่อภิปรายในหัวข้อ 6.6 ของบทที่ 6 กล่าวคือ ในระยะวิเคราะห์ความต้องการ ปัญญาประดิษฐ์อาจช่วยวิเคราะห์ตัวชี้วัดและร่างภาระงาน แต่ครูเป็นผู้ตัดสินเป้าหมายเชิงวิทยาการสอน ในระยะปฏิบัติการเรียนรู้ ปัญญาประดิษฐ์อาจช่วยร่างสื่อ ใบงาน และคำถาม แต่ครูปรับให้เหมาะกับผู้เรียนและตรวจสอบความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์ และในระยะประเมิน ปัญญาประดิษฐ์อาจช่วยจัดกลุ่มคำตอบและวิเคราะห์ข้อสอบ แต่ครูเป็นผู้ตัดสินใจขั้นสุดท้ายและ

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตีความเชิงการสอน อาจกล่าวได้ว่า การบูรณาการเช่นนี้สะท้อนหลักการ AI-Augmented และ Human-Centered ที่เป็นแก่นของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ทั้งเล่ม และเป็นแนวทางที่ช่วยให้ครูใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพการออกแบบการสอนโดยไม่สูญเสียวิจารณญาณเชิงวิชาชีพ

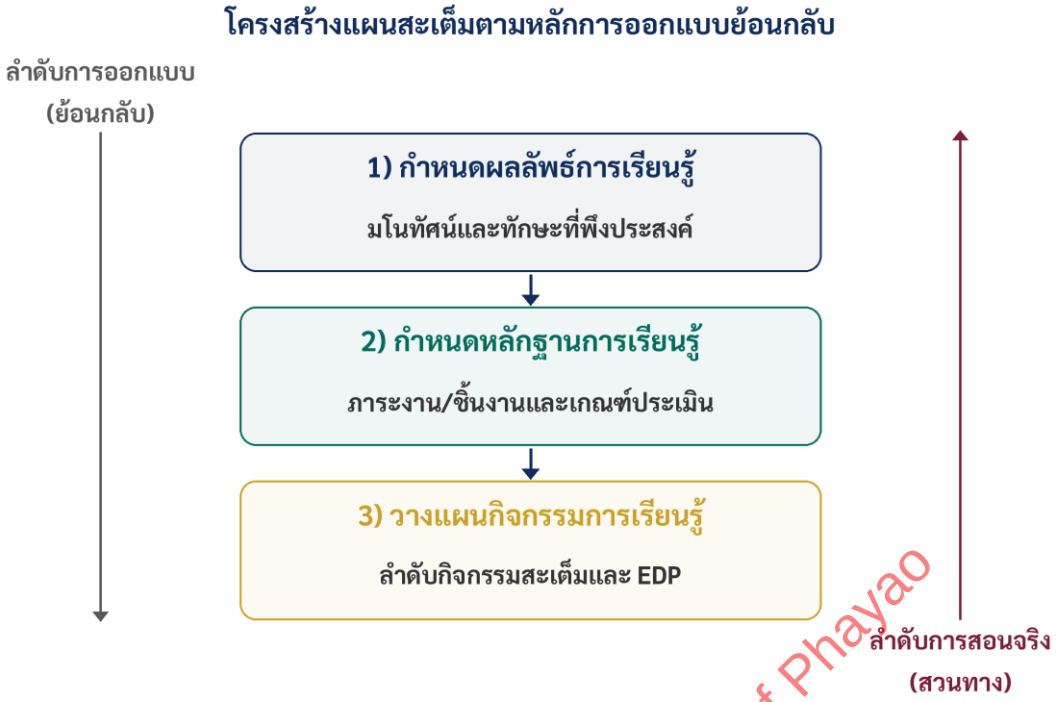
ผู้เขียนขอเสนอเวิร์กโฟลว์การออกแบบแผนสะเต็มแบบ AI-Augmented บนฐาน NPU Paradigm เป็นลำดับขั้นที่นักศึกษาครูนำไปปฏิบัติได้ ขั้นที่ 1 ครูวิเคราะห์มาตรฐานและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยอาจใช้ AI ช่วยสำรวจแนวทางการกำหนดภาระงาน ขั้นที่ 2 ครูร่างโครงสร้างกิจกรรม 5E และจุดฝัง EDP แล้วใช้ AI ช่วยสร้างสื่อและเอกสารประกอบเบื้องต้น ขั้นที่ 3 ครูตรวจสอบและปรับแต่งผลงานของ AI ด้วยความเชี่ยวชาญเนื้อหาและความเข้าใจในผู้เรียน โดยเฉพาะความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์และความเหมาะสมกับบริบทไทย ขั้นที่ 4 ครูออกแบบการประเมินและเกณฑ์ที่สอดคล้องกับเป้าหมาย ขั้นที่ 5 หลังการสอน ครูใช้ข้อมูลการประเมิน (โดยอาจใช้ AI ช่วยวิเคราะห์) เพื่อสะท้อนและปรับปรุงแผน ตามวงจรการปิดวงจรการเรียนรู้ในบทที่ 6 เวิร์กโฟลว์นี้ทำให้ครูได้ประโยชน์จากประสิทธิภาพของ AI โดยที่การออกแบบเชิงวิทยาการสอนยังคงเป็นผลงานของครูที่ใช้วิจารณญาณตลอดกระบวนการ

7.8 ตัวอย่างโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม (5E)

เพื่อให้นักศึกษาครูเห็นภาพการประกอบองค์ประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน ผู้เขียนขอนำเสนอโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการรูปแบบ 5E กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โครงสร้างนี้แสดงให้เห็นการไหลของแผนจากเป้าหมายสู่กิจกรรมและการประเมินตามหลักการออกแบบย้อนกลับดังภาพที่ 23

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 23 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มตามหลักการออกแบบย้อนกลับ
(ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 23 แสดงให้เห็นว่าการออกแบบย้อนกลับมีลักษณะเด่นที่ลำดับการออกแบบกับลำดับการสอนจริงสวนทางกัน กล่าวคือครูออกแบบโดยเริ่มจากเป้าหมายและหลักฐานก่อน แล้วจึงวางกิจกรรม แต่เมื่อสอนจริงผู้เรียนจะเดินจากกิจกรรมไปสู่เป้าหมาย การมองเห็นความสวนทางนี้ช่วยให้ครูวางแผนโดยยึดผลลัพธ์เป็นตัวตั้งอย่างแท้จริง

ผู้เขียนขอเน้นว่าลำดับการนำเสนอในแผนตามภาพข้างต้นสะท้อนตรรกะการออกแบบย้อนกลับ คือเป้าหมายและการประเมินมาก่อนกิจกรรม แม้ว่าในการสอนจริงผู้เรียนจะเผชิญกิจกรรมก่อนการประเมินก็ตาม การจัดวางเช่นนี้เตือนครูให้ออกแบบกิจกรรมที่มุ่งสู่เป้าหมายและเตรียมผู้เรียนสำหรับการประเมินที่กำหนดไว้ รายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบในขั้นกิจกรรม 5E ที่บูรณาการกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 โครงสร้างแผนบูรณาการสะเต็มตามขั้น 5E และการฝังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

องค์ประกอบ	รายละเอียดโดยสังเขป	ขั้น EDP ที่สัมพันธ์
ผลลัพธ์การเรียนรู้	ระบุมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และทักษะที่บูรณาการกับเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (T/E/M)	-
Engage	นำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่ต้องการการออกแบบ	ระบุปัญหา (Identify)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

องค์ประกอบ	รายละเอียดโดยสังเขป	ขั้น EDP ที่สัมพันธ์
Explore	ทดลอง เก็บข้อมูล และสำรวจปรากฏการณ์	ค้นคว้า/ระดมแนวคิด (Research, Imagine)
Explain	อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง	เชื่อมหลักการสู่การออกแบบ
Elaborate	ออกแบบและสร้างต้นแบบตามกระบวนการ EDP	ออกแบบ สร้าง ทดสอบ (Plan, Build, Test)
Evaluate	ทดสอบ ปรับปรุง และประเมินด้วย rubric ที่สอดคล้องกับเป้าหมาย	ปรับปรุง/ประเมิน (Improve)

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 20 แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างแผนบูรณาการสะเต็มสามารถวางทาบกับขั้น 5E ได้อย่างลงตัว โดยฝังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ในขั้น Elaborate และ Evaluate ช่วยให้ครูเห็นว่ากิจกรรมสะเต็มกับวัฏจักรการสืบเสาะเสริมกันอย่างไร

Library and Learning, University of Phayao

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (ฟิสิกส์)

ผู้เขียนขอนำเสนอตัวอย่างหน่วยสะเต็มฟิสิกส์ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) เป็นแกน โจทย์คือให้ผู้เรียนออกแบบและสร้างกังหันลมจิ๋วที่ผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดจากลมที่มีความเร็วคงที่จากพัดลมตั้งโต๊ะ หน่วยนี้บูรณาการมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องการแปลงพลังงานจลน์ของลมเป็นพลังงานกลและพลังงานไฟฟ้า เข้ากับทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้ผู้เรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่าใบพัดยิ่งใหญ่ยิ่งให้พลังงานมากเสมอ หรือเข้าใจว่าพลังงานถูก “สร้างใหม่” มิใช่ “แปลงรูป” ครูจึงควรออกแบบคำถามให้ผู้เรียนอธิบายเส้นทางการแปลงพลังงานเพื่อจัดการมโนทัศน์เหล่านี้ตามหลักความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนในบทที่ 1

ผู้เขียนเสนอให้ครูดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างเป็นระบบ เริ่มจากให้ผู้เรียนระบุปัญหาและศึกษาความรู้พื้นฐานเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานลมกับการหมุน จากนั้นออกแบบใบพัดโดยกำหนดตัวแปรที่จะทดสอบ เช่น จำนวนใบพัด มุมปะทะของใบพัด และรัศมีของกังหัน สิ่งสำคัญที่ผู้เขียนเน้นคือผู้เรียนต้องทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปร (fair test) โดยควบคุมตัวแปรอื่นให้คงที่ แล้ววัดแรงดันไฟฟ้าที่ได้ด้วยมัลติมิเตอร์ บันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อหาความสัมพันธ์

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เมื่อได้ข้อมูลแล้ว ผู้เรียนวิเคราะห์ว่าการออกแบบใดให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุด แล้วปรับปรุงต้นแบบและทดสอบซ้ำ วงรอบการออกแบบ-ทดสอบ-ปรับปรุงนี้คือหัวใจของกระบวนการวิศวกรรม ในมุมมองของผู้เขียน คุณค่าทางวิทยาการสอนของหน่วยนี้อยู่ที่การที่ผู้เรียนได้ฝึกการควบคุมตัวแปรอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ถ่ายโยงไปใช้กับการวิจัยได้ และได้สัมผัสว่าความรู้ฟิสิกส์นำไปแก้ปัญหาจริงได้อย่างไร

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอย้ำข้อวิพากษ์ที่กล่าวไว้ในเนื้อหาหลักของบทนี้ว่า หากครูปล่อยให้กิจกรรมหนักไปทางการประดิษฐ์และการแข่งขันว่าใบพัดใครหมุนเร็วกว่า จนละเลยการเชื่อมโยงกลับสู่หลักฟิสิกส์ หน่วยสะเต็มก็จะกลายเป็น “การบูรณาการแต่ในนาม” ที่ผู้เรียนสนุกแต่ไม่เกิดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ครูจึงต้องออกแบบช่วงสรุปบทเรียนให้ผู้เรียนอธิบายผลการทดลองด้วยหลักการแปลงพลังงานและความสัมพันธ์ของตัวแปรอย่างชัดเจน เพื่อให้สะเต็มศึกษาบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง มิใช่เป็นเพียงกิจกรรมประดิษฐ์

7.8.1 หมายเหตุการออกแบบ การวิเคราะห์ตัวอย่างตามฐาน NPU Paradigm

เพื่อให้นักศึกษาครูเห็นเหตุผลเบื้องหลังการตัดสินใจในการออกแบบ ผู้เขียนขอวิเคราะห์ตัวอย่างหน่วยกังหันลมข้างต้นตามสามระยะของ NPU Paradigm ในหัวข้อ 7.7 ในระยะวิเคราะห์ความต้องการ ผู้ออกแบบเลือกมโนทัศน์แก่นคือการแปลงพลังงาน ซึ่งเป็นมโนทัศน์สำคัญที่ผู้เรียนมักเข้าใจคลาดเคลื่อน และกำหนดภาระงานที่สมจริงคือการสร้างกังหันที่ผลิตแรงดันไฟฟ้าสูงสุด เหตุผลการออกแบบคือภาระงานนี้ทำให้มโนทัศน์การแปลงพลังงานจำเป็นต้องถูกใช้จริง มิใช่ท่องจำ ในระยะปฏิบัติการเรียนรู้ ผู้ออกแบบฝังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ในขั้น Elaborate และกำหนดให้ผู้เรียนทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปร เหตุผลคือเพื่อให้ผู้เรียนฝึกการควบคุมตัวแปรซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเป้าหมายควบคู่ และในระยะประเมิน ผู้ออกแบบใช้ทั้งการสังเกตระหว่างทำและการประเมินชิ้นงานด้วยเกณฑ์ เหตุผลคือเพื่อประเมินทั้งกระบวนการและผลลัพธ์ตามหลักการประเมินที่หลากหลายในบทที่ 6

ผู้เขียนขอเสนอว่า การฝึกวิเคราะห์เหตุผลเบื้องหลังการออกแบบเช่นนี้สำคัญต่อการพัฒนานักศึกษาครู เพราะเปลี่ยนการเรียนรู้จากการลอกแบบแผนสำเร็จรูป ไปสู่การเข้าใจหลักการที่นำไปประยุกต์กับบริบทอื่นได้ นักศึกษาครูควรฝึกเขียนหมายเหตุการออกแบบ (design rationale) กำกับแผนของตน โดยระบุว่าเหตุใดจึงเลือกออกแบบแต่ละองค์ประกอบเช่นนั้น ซึ่งทำให้แผนเป็นหลักฐานการคิดเชิงวิทยาการสอน มิใช่เพียงเอกสารขั้นตอน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

7.8.2 เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพแผนและการบูรณาการสะเต็ม

ผู้เขียนขอเสนอเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่สังเคราะห์จากหลักการทั้งบท เพื่อให้นักศึกษาครูใช้ตรวจสอบและพัฒนาแผนของตนเองก่อนนำไปใช้ เครื่องมือนี้จัดเป็นรายการตรวจสอบตามสามระยะของ NPU Paradigm พร้อมเกณฑ์คุณภาพในแต่ละด้าน ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 รายการตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มตามสามระยะของ NPU Paradigm

ระยะ/ด้าน	รายการตรวจสอบคุณภาพ
1. การวิเคราะห์ความต้องการ	ระบุมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ที่เป็นแก่นชัดเจน · เป้าหมายครอบคลุม K-S-A · ภาระงานสมจริงและทำให้มโนทัศน์จำเป็นต้องถูกใช้
2. การบูรณาการสะเต็ม	วิทยาศาสตร์เป็นแก่น ไม่ถูกลดเป็นฉากหลัง · เทคโนโลยี/วิศวกรรม/คณิตศาสตร์เชื่อมโยงอย่างมีความหมาย · มีกิจกรรมประดิษฐ์ที่ขาดแก่นวิทยาศาสตร์
3. การปฏิบัติการเรียนรู้	กิจกรรม 5E ต่อเนื่องมีเป้าหมาย · ฝัง EDP ในจุดที่เหมาะ · มีการชี้แนะและการตั้งคำถามกระตุ้นการคิด · สื่อ/เอกสารรับใช้เป้าหมาย
4. การประเมิน	สอดคล้องกับเป้าหมาย (constructive alignment) · มีทั้ง formative และ summative · เกณฑ์ชัดเจนและเปิดเผยแก่ผู้เรียน
5. มิติ AI/ดิจิทัล	ใช้ AI/สื่อดิจิทัลเสริมเป้าหมายอย่างมีวิจารณญาณ · ครูตรวจสอบความถูกต้อง · คำนึงถึงการเข้าถึงที่เป็นธรรม
6. การสะท้อนและพัฒนา	มีพื้นที่บันทึกการสะท้อนหลังสอน · ระบุหมายเหตุการออกแบบ (design rationale)

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

ตารางที่ 21 เป็นรายการตรวจสอบคุณภาพแผนที่อิงสามระยะของ NPU Paradigm ครูใช้เป็นเครื่องมือกำกับตนเองว่าแผนครอบคลุมตั้งแต่การวิเคราะห์ การปฏิบัติ ไปจนถึงการประเมินอย่างครบถ้วน

เครื่องมือนี้มิใช่เพียงรายการเช็กลิสต์ทางการ แต่เป็นกรอบการคิดที่ช่วยให้นักศึกษาครูตรวจสอบว่าแผนของตนสอดคล้องกับหลักการที่อภิปรายตลอดเล่มหรือไม่ โดยเฉพาะหลักการความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ การรักษาแก่นมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ในการบูรณาการสะเต็ม และการใช้เทคโนโลยีแบบยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ผู้เขียนแนะนำให้ใช้เครื่องมือนี้ทั้งในการออกแบบแผนใหม่และการประเมินแผนของเพื่อนร่วมวิชาชีพ ซึ่งเชื่อมโยงกับการพัฒนาวิชาชีพร่วมกันที่จะอภิปรายในบทที่ 9

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

7.8.3 ไฮไลต์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับเต็มในภาคผนวก ก และ ข

เพื่อให้ผู้อ่านเห็นการแปลงหลักการในบทนี้สู่แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ ผู้เขียนได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตัวอย่างเต็มรูปแบบสองแผนไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข ซึ่งผู้อ่านสามารถศึกษาประกอบบทนี้เพื่อความต่อเนื่อง ในที่นี้ผู้เขียนขอสรุปไฮไลต์ของทั้งสองแผนเพื่อเชื่อมโยงกับหลักการที่อภิปรายมา

แผนแรก (ภาคผนวก ก) เป็นแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการออกแบบภาชนะเก็บความร้อนที่ออกแบบตามแบบจำลอง NSW Model ของผู้เขียน แผนนี้สาธิตการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสืบเสาะและสร้างความเข้าใจเรื่องการถ่ายโอนความร้อนผ่านการแก้ปัญหาจริง โดยบูรณาการการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ แผนที่สอง (ภาคผนวก ข) เป็นแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มเรื่องการออกแบบกังหันลม ที่ออกแบบตามกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm อย่างเต็มรูป แผนนี้สาธิตการเดินครบเสาหลักทั้งห้า ตั้งแต่การเริ่มจากปัญหาที่มีความหมายต่อผู้เรียน การสืบเสาะและการออกแบบเชิงวิศวกรรม การใช้เทคโนโลยีและสื่อจำลองอย่างมีวิจารณญาณ การประเมินที่ต่อเนื่องด้วยเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ (analytic rubric) จนถึงการสะท้อนผลหลังสอน

ผู้เขียนเห็นว่า การศึกษาแผนทั้งสองในภาคผนวก ก และ ข จะช่วยให้ผู้อ่านเห็นว่าหลักการและกรอบที่นำเสนอในบทนี้แปลงสู่การปฏิบัติจริงอย่างไร โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบของแผน กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเสาหลักทั้งห้า ของกรอบ NPU Paradigm ผู้เขียนแนะนำให้ผู้อ่านวิเคราะห์แผนทั้งสองโดยใช้เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพแผนในหัวข้อ 7.8.2 เป็นกรอบ เพื่อฝึกการประเมินและพัฒนาแผนอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญของครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ

7.9 สื่อและเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้

สื่อการสอนและเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้เป็นองค์ประกอบสนับสนุนที่กำหนดคุณภาพการนำแผนไปปฏิบัติ ครูจำนวนมากเลือกสื่อตามความสะดวกหรือความน่าสนใจ มากกว่าการพิจารณาว่าสื่อนั้นสนับสนุนการเรียนรู้ตามเป้าหมายอย่างไร หลักการสำคัญที่ผู้เขียนเสนอคือ สื่อต้องรับใช้เป้าหมายการเรียนรู้ มิใช่เป็นจุดหมายในตัวเอง สื่อที่ตระการตาแต่ไม่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่ต้องการย่อมด้อยค่ากว่าสื่อเรียบง่ายที่ทำให้แนวคิดนามธรรมเป็นรูปธรรม การเลือกสื่อจึงต้องเริ่มจากคำถามว่ามโนทัศน์ใดที่ผู้เรียนเข้าใจยาก และสื่อใดช่วยให้มโนทัศน์นั้นเข้าถึงได้

ในการสอนวิทยาศาสตร์ สื่อมีหลายประเภทที่ทำหน้าที่ต่างกัน สื่อของจริงและอุปกรณ์การทดลองให้ประสบการณ์ตรงที่ทรงพลังที่สุด สื่อจำลองและแบบจำลอง (model/simulation) ช่วยให้ผู้เรียนเห็นปรากฏการณ์ที่สังเกตยาก เช่น การเคลื่อนที่ของอนุภาคหรือระบบสุริยะ สื่อดิจิทัลและการจำลองสถานการณ์ (simulation) ตามที่อภิปรายในบทที่ 8 ช่วยให้ผู้เรียนทดลองกับตัวแปรที่ควบคุมในห้องเรียนจริงได้ยาก และสื่อภาพ เช่น แผนภาพและกราฟ ช่วยจัดระเบียบข้อมูลและความสัมพันธ์ จากประสบการณ์ของผู้เขียน ครูควรเลือกสื่อโดยพิจารณาทั้งความสอดคล้องกับเป้าหมาย ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

และข้อจำกัดด้านทรัพยากร โดยตระหนักว่าสื่อที่เรียบง่ายและออกแบบดีมักมีประสิทธิภาพกว่าสื่อที่ซับซ้อนแต่รบกวนสมาธิ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการลดภาระทางปัญญาที่ไม่จำเป็นในทฤษฎีภาระทางปัญญาในบทที่ 3

เพื่อให้เห็นภาพการเลือกสื่ออย่างมีเป้าหมาย ผู้เขียนขอยกตัวอย่างจากการสอนฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มโนทัศน์ที่ผู้เรียนเข้าใจยากคือการที่การเคลื่อนที่ในแนวราบและแนวดิ่งเป็นอิสระต่อกัน หากครูใช้เพียงการบรรยายและสมการ ผู้เรียนมักไม่เห็นความเป็นอิสระนี้ สื่อที่เหมาะสมจึงอาจเป็นการจำลองสถานการณ์ (simulation) ที่แสดงองค์ประกอบความเร็วในแนวราบและแนวดิ่งแยกกันแบบเรียลไทม์ ควบคู่กับการทดลองจริงด้วยการยิงวัตถุและบันทึกวีดิทัศน์เพื่อวิเคราะห์เฟรมต่อเฟรม ในมุมมองของผู้เขียน การผสานสื่อจำลองที่ทำให้สิ่งที่เป็นนามธรรมมองเห็นได้ เข้ากับประสบการณ์จริงที่จับต้องได้ เป็นการเลือกสื่อที่ตอบโจทย์มโนทัศน์ที่ยากโดยตรง ซึ่งทรงพลังกว่าการใช้สื่อที่หรูหราแต่ไม่เจาะจงจุดที่ผู้เรียนเข้าใจยาก

เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ เช่น ใบงาน ใบกิจกรรม ใบความรู้ และคู่มือปฏิบัติการ เป็นเครื่องมือที่กำหนดทิศทางการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยตรง ในทัศนะของผู้เขียน คุณภาพของเอกสารเหล่านี้สะท้อนคุณภาพการคิดเชิงวิทยาการสอนของครู ใบงานที่ดีมิใช่เพียงชุดคำถามให้ผู้เรียนกรอก แต่เป็นเครื่องมือที่ออกแบบให้ผู้เรียนคิด เช่น ใบงานที่ให้ผู้เรียนทำนายก่อนสังเกต อธิบายเหตุผล หรือเชื่อมโยงแนวคิด ผู้เขียนขอเตือนถึงข้อจำกัดของคู่มือปฏิบัติการแบบทำตามขั้นตอน ดังที่อภิปรายในบทที่ 5 ว่าเอกสารที่ระบุทุกขั้นตอนและผลที่ควรได้ ทำให้ผู้เรียนไม่ได้ฝึกการคิด เอกสารประกอบที่พัฒนาการคิดจึงควรเปิดพื้นที่ให้ผู้เรียนมีส่วนในการตัดสินใจและให้เหตุผล มิใช่เพียงทำตามคำสั่ง การออกแบบเอกสารประกอบที่ดีจึงเป็นทักษะเชิงวิชาชีพที่นักศึกษาครูควรฝึกฝนควบคู่กับการเขียนแผน

7.9.1 การประยุกต์ใช้ AI และระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลในการพัฒนาสื่อและเอกสาร

การพัฒนาสื่อและเอกสารประกอบที่มีคุณภาพต้องใช้เวลาและความเชี่ยวชาญสูง ซึ่งเป็นภาระที่ครูเผชิญร่วมกับการเตรียมการสอนด้านอื่น ในมุมมองของผู้เขียน ปัญญาประดิษฐ์และระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่อภิปรายในบทที่ 8 มีศักยภาพช่วยลดภาระนี้ สอดคล้องกับเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ครูสามารถใช้ generative AI ช่วยร่างใบงาน คำถามกระตุ้นการคิด หรือสถานการณ์ปัญหาสำหรับกิจกรรมสะเต็มได้อย่างรวดเร็ว แล้วใช้เวลาที่ประหยัดได้ไปกับการปรับแต่งให้เหมาะกับผู้เรียนและการเตรียมการชี้แนะ

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเน้นหลักการเดียวกับที่อภิปรายในบทที่ 6 ว่า AI สร้างได้เพียงร่างเบื้องต้นที่ครูผู้เชี่ยวชาญต้องตรวจสอบและปรับปรุง โดยเฉพาะความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์และความสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ สื่อหรือใบงานที่ AI สร้างอาจมีความคลาดเคลื่อนเชิงเนื้อหา ใช้ตัวอย่างที่ไม่เหมาะกับบริบทไทย หรือเน้นการจำมากกว่าการคิด ครูจึงต้องใช้วิจารณญาณเชิงวิชาชีพในการคัดกรองและปรับแต่งเสมอ บทบาทของครูในการพัฒนาสื่อจึงเปลี่ยนจากผู้สร้างทั้งหมด ไปเป็นผู้ออกแบบข้อกำหนด ตรวจสอบคุณภาพ และปรับให้เหมาะกับผู้เรียน ซึ่งเป็นการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ ครูต้อง

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

คำนึงถึงจริยธรรมและความเป็นส่วนตัวของข้อมูลผู้เรียนเมื่อใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ โดยหลีกเลี่ยงการป้อนข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เรียนเข้าสู่ระบบภายนอก และตรวจสอบอคติที่อาจแฝงในผลลัพธ์ของปัญญาประดิษฐ์ก่อนนำไปใช้

ในเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล ผู้เขียนเห็นว่าครูควรมองสื่อและเอกสารมิใช่เป็นชิ้นส่วนแยกกัน แต่เป็นส่วนหนึ่งของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกัน เช่น การใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลที่รวมใบงาน สื่อจำลองสถานการณ์ (simulation) แหล่งข้อมูล และช่องทางการให้ผลป้อนกลับไว้ด้วยกัน ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงทรัพยากรการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องทั้งในและนอกห้องเรียน สื่อจำลองสถานการณ์มีคุณค่าเป็นพิเศษในการสอนสะเต็ม เพราะช่วยให้ผู้เรียนทดลองกับตัวแปรและออกแบบซ้ำได้โดยไม่จำกัดด้วยทรัพยากรกายภาพ เช่น การจำลองการออกแบบวงจรไฟฟ้าหรือโครงสร้างก่อนสร้างจริง อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเตือนถึงความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีที่อภิปรายในบทที่ 8 ว่าการออกแบบระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลต้องคำนึงถึงความพร้อมของผู้เรียนและโรงเรียน เพื่อมิให้เทคโนโลยีกลายเป็นอุปสรรคแทนที่จะเป็นเครื่องมือ การเลือกใช้สื่อดิจิทัลจึงต้องสมดุลระหว่างศักยภาพของเทคโนโลยีกับความเป็นจริงของบริบท

7.10 การประเมินผลการจัดการเรียนรู้

องค์ประกอบสุดท้ายที่ครูมักละเลยแต่มีคุณค่าสูงต่อการพัฒนาวิชาชีพคือการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งต่างจากการประเมินผู้เรียนในบทที่ 6 ตรงที่เป็นการประเมินคุณภาพการสอนของครูเอง ผู้เขียนสังเกตว่า การสอนที่ดีมิได้เกิดจากการเขียนแผนที่ดีเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากวงจรการสะท้อนและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ครูที่พัฒนาคือครูที่ตรวจสอบว่าการสอนของตนบรรลุเป้าหมายหรือไม่ อะไรได้ผล อะไรไม่ได้ผล และจะปรับปรุงอย่างไร

ผู้เขียนขอเสนอแหล่งข้อมูลสำหรับการประเมินผลการจัดการเรียนรู้หลายแหล่ง แหล่งแรก คือ หลักฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งเป็นหลักฐานที่ตรงที่สุด หากผู้เรียนส่วนใหญ่ยังไม่บรรลุเป้าหมาย ก็เป็นสัญญาณว่าการสอนต้องปรับ แหล่งที่สอง คือ การสะท้อนคิดของครูเองหลังการสอน โดยพิจารณาว่ากิจกรรมใดที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมหรือสับสน จังหวะใดที่ราบรื่นหรือติดขัด และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น แหล่งที่สาม คือ ผลสะท้อนจากผู้เรียน เช่น การถามความคิดเห็นหรือการสังเกตการตอบสนอง และแหล่งที่สี่ คือ การสังเกตการสอนโดยเพื่อนครูหรือการบันทึกวีดิทัศน์การสอนของตนเองเพื่อทบทวน ซึ่งเป็นแนวทางที่เชื่อมโยงกับการพัฒนาวิชาชีพในบทที่ 9

หัวใจของการประเมินผลการจัดการเรียนรู้คือการมองว่าการสอนเป็นการสืบเสาะรูปแบบหนึ่ง กล่าวคือ ครูตั้งสมมติฐานว่าการออกแบบการสอนแบบหนึ่งจะนำไปสู่การเรียนรู้ แล้วเก็บหลักฐานเพื่อตรวจสอบสมมติฐานนั้น และปรับปรุงบนฐานหลักฐาน มุมมองนี้เปลี่ยนการสอนจากกิจวัตรที่ทำซ้ำไปสู่การปฏิบัติเชิงวิชาชีพที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ครูควรเป็นแบบอย่าง คือการเปิดรับหลักฐานและพร้อมปรับเปลี่ยนความเชื่อเมื่อเผชิญหลักฐานใหม่ การสะท้อนผล

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

หลังสอนที่บันทึกไว้ในแผนจึงมิใช่พิธีกรรม แต่เป็นกลไกการเรียนรู้ของครูที่ทำให้แผนการสอนพัฒนาขึ้นในแต่ละรอบการนำไปใช้

7.11 สรุปท้ายบท

บทนี้เสนอแนวทางการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ และการบูรณาการสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเสาหลักการออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิดของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

สาระสำคัญที่ร้อยเรียงทั้งบทคือการบูรณาการองค์ความรู้ทั้งหมดจากบทก่อนหน้าเข้าสู่การวางแผนการสอนที่เป็นรูปธรรม ผู้เขียนได้แสดงว่าแผนที่ดีเริ่มจากเป้าหมายตามหลักการออกแบบย้อนกลับ มิใช่เริ่มจากกิจกรรม การสร้างแผนต้องอาศัยการคาดการณ์เชิงวิทยาการสอนที่แยกครูผู้เชี่ยวชาญออกจากมือใหม่ สะเต็มศึกษาและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแนวทางบูรณาการที่ทรงพลังเมื่อรักษาแก่นมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไว้ และมีหลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุน แต่ต้องนำไปใช้อย่างมีคุณภาพในบริบทไทย สื่อและเอกสารประกอบต้องรับใช้เป้าหมายการเรียนรู้ โดย AI และระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลช่วยเสริมการพัฒนาภายใต้วิจารณญาณของครู และการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ในฐานะการสืบเสาะของครูเองเป็นกลไกการพัฒนาวิชาชีพที่ต่อเนื่อง อาจกล่าวได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดีจึงเป็นทั้งเครื่องมือการสอนและหลักฐานการคิดเชิงวิชาชีพของครู ซึ่งนำไปสู่การฝึกประสบการณ์วิชาชีพและการพัฒนาวิชาชีพที่จะอภิปรายในบทถัดไป

สมรรถนะที่บูรณาการได้จากบทนี้ ซึ่งหลอมรวมความรู้ ทักษะ และเจตคติเข้าเป็นสมรรถนะการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสะเต็ม (CLO5) สรุปดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 7 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ หลักการออกแบบย้อนกลับ สะเต็มศึกษา และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ทักษะการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ การออกแบบหน่วยบูรณาการ STEM และการแปลงตัวชี้วัดสู่กิจกรรม	ความประณีตในการออกแบบ ความคิดสร้างสรรค์ และความรับผิดชอบต่อคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน	สมรรถนะการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสะเต็ม (CLO5)	เขียนแผนด้วยเทคนิคออกแบบย้อนกลับ (เป้าหมาย⟶หลักฐาน⟶กิจกรรม) ออกแบบหน่วย STEM ด้วย EDP ตามแบบ NPU Paradigm ใช้สื่อและ digital learning ecosystem ประกอบกิจกรรม ประเมินแผนด้วยเกณฑ์คุณภาพแผนและความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 22 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะการจัดทำแผน พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน ช่วยให้ผู้สอนเห็นเส้นทางจากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- อภิปรายความท้าทายในการบูรณาการคณิตศาสตร์เข้ากับกิจกรรมสะเต็มตามข้อสังเกตของ English (2016)
- วิเคราะห์ว่ากิจกรรมสะเต็มหนึ่งกิจกรรมพัฒนาสมรรถนะ 4Cs (การสื่อสาร การร่วมมือ การคิดเชิงวิพากษ์ และความคิดสร้างสรรค์) อย่างไร
- เขียนแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มหนึ่งแผนตามโครงสร้าง 5E

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 7

ปรัชญา ธงพานิช. (2565). การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน ด้วยกระบวนทัศน์การเรียนรู้ NPU Teaching and Learning Paradigm. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 33(1), 12–25. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edupsu/article/view/243298

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือครูหลักสูตรปรับปรุง 2560. https://www.scimath.org/teacherguide2560

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS. https://media.bscs.org/bscsmw/5es/bscs_5e_full_report.pdf

CAST. (2018). *Universal design for learning guidelines version 2.2*. CAST. https://udlguidelines.cast.org

Chen, B., Chen, J., Wang, M., Tsai, C.-C., & Kirschner, P. A. (2026). The effects of integrated STEM education on K-12 students' achievements: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 96*(2), 619–668. https://doi.org/10.3102/00346543251318297

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 3. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1

Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology, 29*(3), 369–385. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x

Ladachart, L., Phothong, W., Suaklay, N., & Ladachart, L. (2020). Thai elementary science teachers' images of “engineer(s)” at work. Journal of Science Teacher Education, 31(6), 631–653. https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1743563

Ladachart, L., Sriboonruang, O., & Ladachart, L. (2024). Whose recognition is meaningful in developing a STEM identity? A preliminary exploration with Thai secondary school students. Research in Science Education, 54(5), 809–825. https://doi.org/10.1007/s11165-023-10151-4

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7, Article 11. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165

Tomlinson, C. A. (2014). *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners* (2nd ed.). ASCD.

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2nd ed.). ASCD.

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 8 เทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ และระบบนิเวศการเรียนรู้

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายแนวคิดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและบทบาทของปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้
- ประยุกต์หลักจริยธรรมและธรรมาภิบาลในการใช้ AI เพื่อการเรียนรู้อย่างมีวิจารณญาณได้
- วิเคราะห์บทบาท ประโยชน์ และข้อจำกัดของปัญญาประดิษฐ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ได้
- ออกแบบการบูรณาการเทคโนโลยีและ AI ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางตามกรอบ TPACK ได้

8.1 ความนำ เทคโนโลยีดิจิทัลกับการเปลี่ยนผ่านของการศึกษาวิทยาศาสตร์

การเข้ามาของเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้เปลี่ยนภูมิทัศน์ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน การเปลี่ยนผ่านนี้มิใช่เพียงการเพิ่มเครื่องมือใหม่เข้าสู่ห้องเรียน แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างที่ส่งผลต่อบทบาทของครู วิธีการเรียนรู้ของผู้เรียน และแม้แต่นิยามของสิ่งที่ผู้เรียนควรรู้และทำได้ บทนี้จึงมุ่งปูพื้นความเข้าใจเชิงทฤษฎีและเชิงวิพากษ์เกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลและ AI ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ก่อนนำสู่หลักการประยุกต์ใช้อย่างมีความหมายและมีจริยธรรม

ผู้เขียนขอเน้นตั้งแต่ต้นว่า ท่าทีที่เหมาะสมต่อเทคโนโลยีในการศึกษามิใช่ทั้งการต่อต้านด้วยความกลัว และมิใช่การยอมรับด้วยความตื่นเต้นโดยไร้การไตร่ตรอง แต่เป็นท่าทีเชิงวิพากษ์ที่ตั้งอยู่บนหลักการว่าเทคโนโลยีต้องรับใช้เป้าหมายการเรียนรู้และคุณค่าความเป็นมนุษย์ มิใช่ในทางกลับกัน ท่าทีนี้สอดคล้องกับเสาหลักยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ยึดว่าเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของมนุษย์ มิใช่สิ่งทดแทนบทบาทของครูหรือการคิดของผู้เรียน

นิยามศัพท์สำคัญ

เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจตรงกัน ผู้เขียนนิยามคำสำคัญในบทนี้ดังนี้

ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล (digital learning ecosystem) หมายถึง เครือข่ายของผู้เรียน ครู เนื้อหา เครื่องมือดิจิทัล ข้อมูล และปฏิสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันเป็นระบบเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้

ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำงานซึ่งโดยทั่วไปต้องอาศัยสติปัญญาของมนุษย์ เช่น การเรียนรู้ การให้เหตุผล และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ

ความรอบรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI literacy) หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจ ใช้งาน ประเมิน และตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ต่อระบบ AI อย่างมีวิจารณญาณและมีจริยธรรม

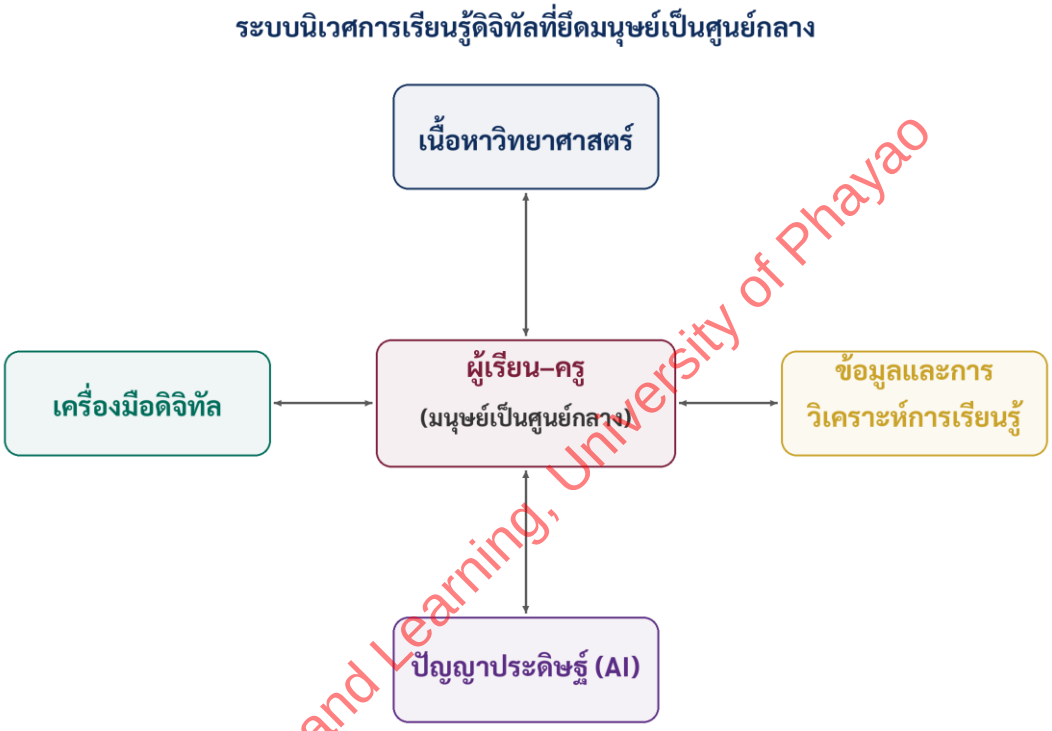
Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

8.2 ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล

ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลหมายถึงเครือข่ายของผู้เรียน ครู เนื้อหา เครื่องมือ แพลตฟอร์ม และข้อมูล ที่มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างเป็นพลวัตเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ระบบนิเวศนี้อาจประกอบด้วยห้องปฏิบัติการเสมือน เซนเซอร์เก็บข้อมูล แพลตฟอร์มจำลองสถานการณ์ และระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) ที่ช่วยให้ครูเข้าใจความก้าวหน้าของผู้เรียนได้แบบทันท่วงที

ความสัมพันธ์เชิงเครือข่ายขององค์ประกอบในระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสรุปได้ดังแผนภาพ บริบทเชิงจริยธรรมและธรรมาภิบาล ได้แก่ ความเป็นส่วนตัว ความเป็นธรรม ความรับผิดรับชอบของมนุษย์



ภาพที่ 24 ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง เป็นเครือข่ายปฏิสัมพันธ์ของเนื้อหา เครื่องมือ ผู้เรียน-ครู ข้อมูล และ AI

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Miao & Cukurova, 2024; Miao et al., 2024)

ภาพที่ 24 สื่อให้เห็นว่าเทคโนโลยีและ AI มิใช่ศูนย์กลางของการเรียนรู้ แต่เป็นองค์ประกอบหนึ่งในระบบนิเวศที่มีผู้เรียนและครูเป็นแกนกลาง โดยเนื้อหา เครื่องมือดิจิทัล ข้อมูลการเรียนรู้ และ AI ต่างเชื่อมโยงกันอย่างมีปฏิสัมพันธ์เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของมนุษย์ มุมมองเชิงระบบนิเวศเช่นนี้ช่วยให้ครูเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างมีจุดหมาย โดยไม่ปล่อยให้เครื่องมือกำหนดทิศทางการเรียนรู้แทนวิจารณญาณเชิงวิชาชีพ

แนวคิดระบบนิเวศ (ecosystem) ที่ยืมมาจากชีววิทยามีคุณค่าเชิงอุปมาที่สำคัญต่อการเข้าใจการเรียนรู้ดิจิทัล เช่นเดียวกับระบบนิเวศทางธรรมชาติที่องค์ประกอบทุกส่วนพึ่งพาและส่งผลต่อกัน ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลก็เป็นระบบที่การเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบหนึ่งส่งผลกระทบต่อ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

องค์ประกอบอื่น ผู้เขียนขอเสนอว่า อุปมานี้เตือนครูว่าการนำเทคโนโลยีเข้าสู่ชั้นเรียนมิใช่การเพิ่มเครื่องมือแบบแยกส่วน แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งระบบ ตัวอย่างเช่น การนำระบบวิเคราะห์การเรียนรู้เข้ามาย่อมเปลี่ยนทั้งวิธีที่ครูติดตามผู้เรียน วิธีที่ผู้เรียนรับผลป้อนกลับ และความสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้เรียน

องค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางมีสี่ส่วนที่ทำงานประสานกัน ส่วนแรกคือผู้เรียนและครูที่เป็นศูนย์กลางของระบบ ส่วนที่สองคือเนื้อหาและทรัพยากรการเรียนรู้ทั้งในรูปดิจิทัลและกายภาพ ส่วนที่สามคือเครื่องมือและแพลตฟอร์ม เช่น ห้องปฏิบัติการเสมือนแบบจำลองเชิงโต้ตอบ และระบบ AI และส่วนที่สี่คือข้อมูลการเรียนรู้ที่ไหลเวียนในระบบ หัวใจที่ทำให้ระบบนิเวศนี้ “ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง” คือการที่เทคโนโลยีและข้อมูลทั้งหมดถูกออกแบบให้รับใช้การเรียนรู้และการตัดสินใจเชิงวิชาชีพของครู มิใช่ครอบงำหรือแทนที่ ครูยังคงเป็นผู้ตัดสินใจสุดท้ายบนฐานของข้อมูลที่ระบบให้มา

ผู้เขียนขอเน้นข้อพึงระวังเชิงวิพากษ์ว่า ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่ออกแบบไม่ดีอาจกลายเป็นระบบที่เทคโนโลยีเป็นศูนย์กลางแทนที่จะเป็นมนุษย์ เช่น เมื่อครูถูกบังคับให้ปรับการสอนตามข้อจำกัดของแพลตฟอร์ม หรือเมื่อข้อมูลที่ระบบเก็บกลายเป็นเครื่องมือควบคุมมากกว่าสนับสนุน การออกแบบระบบนิเวศที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางจึงต้องอาศัยการตัดสินใจเชิงคุณค่าอย่างจงใจ มิใช่ปล่อยให้เทคโนโลยีกำหนดทิศทางเอง ประเด็นนี้เชื่อมโยงโดยตรงกับจริยธรรมและธรรมาภิบาลของ AI ที่จะอภิปรายในหัวข้อถัดไป

8.2.1 การวิเคราะห์การเรียนรู้ในระบบนิเวศดิจิทัล

องค์ประกอบหนึ่งของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่มีศักยภาพสูงคือการวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) ซึ่งหมายถึงการวัด เก็บรวบรวม วิเคราะห์ และรายงานข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนและบริบทการเรียนรู้ เพื่อทำความเข้าใจและปรับปรุงการเรียนรู้ การทบทวนงานวิจัยเชิงระบบโดย Palanci et al. (2024) ชี้ว่าการวิเคราะห์การเรียนรู้ถูกนำมาใช้เพื่อหลายวัตถุประสงค์ ทั้งการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ การสร้างกลยุทธ์การเรียนการสอนที่มีส่วนร่วม การทำนายผลลัพธ์การเรียนรู้ และการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนและครู

ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์การเรียนรู้อาจช่วยให้ครูเห็นได้ว่าผู้เรียนคนใดกำลังประสบปัญหากับมโนทัศน์ใด ผ่านการวิเคราะห์รูปแบบการตอบคำถามหรือการมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ ทำให้ครูสามารถแทรกแซงได้ทันท่วงที อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนเห็นว่า ครูต้องเข้าใจว่าข้อมูลที่ระบบให้มาเป็นเพียงร่องรอย (proxy) ของการเรียนรู้ มิใช่การเรียนรู้โดยตรง ตัวอย่างเช่น เวลาที่ผู้เรียนใช้กับสื่อหนึ่งอาจสะท้อนทั้งความสนใจและความสับสน ครูจึงต้องตีความข้อมูลด้วยวิจารณญาณเชิงวิชาชีพ ประกอบกับการสังเกตและการสนทนากับผู้เรียนโดยตรง การวิเคราะห์การเรียนรู้ที่มีคุณค่าจึงเป็นการวิเคราะห์ที่เสริมการตัดสินใจของครู มิใช่แทนที่ ประเด็นการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การเรียนรู้ในการประเมินได้รับการอภิปรายอย่างละเอียดในบทที่ 6

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

8.2.2 เครื่องมือดิจิทัลสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภายในระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล มีเครื่องมือหลายประเภทที่มีคุณค่าเฉพาะต่อการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้เขียนขอจำแนกและอภิปรายเครื่องมือสำคัญเพื่อให้ครูเลือกใช้ได้อย่างมีเป้าหมายตามหลัก TPACK ประเภทแรกคือการจำลองสถานการณ์และแบบจำลองเชิงโต้ตอบ (simulations and interactive models) ซึ่งมีคุณค่าเป็นพิเศษในการทำให้มโนทัศน์นามธรรมที่มองไม่เห็นกลายเป็นรูปธรรมที่สำรวจได้ เช่น การเคลื่อนที่ของอนุภาค สนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือปฏิกิริยาเคมีระดับโมเลกุล จุดแข็งของเครื่องมือประเภทนี้คือการเปิดให้ผู้เรียนปรับตัวแปรและสังเกตผลได้ทันที ซึ่งสนับสนุนการเรียนรู้แบบสืบเสาะและการทดสอบสมมติฐาน

ประเภทที่สองคือห้องปฏิบัติการเสมือน (virtual laboratories) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนทดลองที่อาจมีข้อจำกัดในห้องปฏิบัติการจริง ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลด้านความปลอดภัย ค่าใช้จ่าย หรือเวลา ในมุมมองของผู้เขียน ห้องปฏิบัติการเสมือนมีคุณค่าในฐานะส่วนเสริม แต่ต้องไม่ใช้แทนที่ประสบการณ์การทดลองจริงทั้งหมด เพราะการลงมือปฏิบัติจริงพัฒนาทักษะการจัดการอุปกรณ์ การสังเกต และการเผชิญกับความไม่แน่นอนของข้อมูลจริง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ครูจึงควรออกแบบให้ห้องปฏิบัติการเสมือนและจริงเสริมกัน เช่น ใช้เสมือนเพื่อให้ผู้เรียนฝึกก่อนลงมือจริง หรือเพื่อสำรวจสภาวะที่ทำจริงไม่ได้

ประเภทที่สามคือเครื่องมือเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล (data collection and analysis tools) เช่น เซนเซอร์ดิจิทัลที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์พกพา และโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเก็บข้อมูลจริงด้วยความแม่นยำสูงและวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว จากประสบการณ์ของผู้เขียน เครื่องมือประเภทนี้มีคุณค่าทางวิทยาการสอนสูง เพราะช่วยให้ผู้เรียนใช้เวลากับการคิดวิเคราะห์และตีความข้อมูลมากกว่าการคำนวณด้วยมือที่ใช้เวลานาน อย่างไรก็ตาม ครูต้องระวังมิให้ผู้เรียนพึ่งเครื่องมือจนละเลยความเข้าใจหลักการเบื้องหลัง เช่น ผู้เรียนควรเข้าใจว่ากราฟที่โปรแกรมสร้างหมายความว่าอย่างไร มิใช่เพียงรับผลลัพธ์มา หลักการเลือกใช้เครื่องมือทั้งสามประเภทนี้กลับมาที่หัวใจของ TPACK เสมอ คือเทคโนโลยีต้องตอบสนองต่อธรรมชาติของเนื้อหาและเป้าหมายการเรียนรู้ มิใช่ถูกเลือกเพราะความแปลกใหม่

Library and Learning University of Phayao

8.3 ปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

ในบรรดาเทคโนโลยีดิจิทัลทั้งหมด ปัญญาประดิษฐ์เป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงการศึกษามากที่สุดและก่อให้เกิดข้อถกเถียงมากที่สุดเช่นกัน ก่อนพิจารณาการประยุกต์ใช้ ผู้เขียนเห็นว่าครูควรเข้าใจความแตกต่างระหว่าง AI ประเภทต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา AI เชิงวิเคราะห์ (analytical AI) ทำหน้าที่จำแนก ทำนาย และวิเคราะห์รูปแบบจากข้อมูล เช่น ระบบที่ทำนายว่าผู้เรียนคนใดเสี่ยงต่อการไม่ผ่าน ส่วน AI เชิงสร้าง (generative AI) เช่น ChatGPT สามารถสร้างข้อความ ภาพ และเนื้อหาใหม่จากคำสั่ง ความแตกต่างนี้สำคัญเพราะ AI แต่ละประเภทมีโอกาสและความเสี่ยงทางการศึกษาที่ต่างกัน การเข้าใจความแตกต่างช่วยให้ครูตัดสินใจได้อย่างมีเป้าหมายว่าจะใช้ AI ประเภทใดเพื่อวัตถุประสงค์ใด

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การทบทวนงานวิจัยเชิงประจักษ์อย่างเป็นระบบโดย Almasri (2024) พบว่า AI ถูกนำมาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์อย่างหลากหลาย ทั้งระบบติวเตอร์อัจฉริยะ การให้ผลป้อนกลับอัตโนมัติ และการปรับการเรียนรู้ให้เหมาะกับรายบุคคล โดยมีแนวโน้มส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์และแรงจูงใจของผู้เรียน ขณะที่ Cooper (2023) สำรวจการประยุกต์ใช้ generative AI เช่น ChatGPT ในการออกแบบกิจกรรมและการช่วยงานของครูวิทยาศาสตร์ พร้อมเสนอข้อพึงระวังด้านความถูกต้องของเนื้อหา

Chiu (2023) วิเคราะห์ผลกระทบของ generative AI ต่อแนวปฏิบัติ นโยบาย และทิศทางการวิจัยทางการศึกษา โดยชี้ว่าครูจำเป็นต้องพัฒนาสมรรถนะในการออกแบบกิจกรรมที่ใช้ AI อย่างมีวิจารณญาณควบคู่กับการสร้างความรู้เท่าทัน AI (AI literacy) ให้แก่ผู้เรียน

ประเด็นที่ผู้เขียนเห็นว่ามีนัยลึกซึ้งที่สุดต่อการออกแบบการเรียนรู้และการประเมิน มาจากการศึกษาเชิงประจักษ์ของ Zhai et al. (2024) ที่เปรียบเทียบความสามารถของ ChatGPT และ GPT-4 กับผู้เรียนในการแก้โจทย์วิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบ NAEP โดยจำแนกตามระดับความต้องการเชิงปัญญา (cognitive demand) ของข้อสอบ ผลการศึกษาพบว่า แม้คะแนนของผู้เรียนจะสูงขึ้นตามความสามารถเมื่อความต้องการเชิงปัญญาเพิ่มขึ้น แต่ AI กลับไม่อ่อนไหวต่อการเพิ่มขึ้นของความต้องการเชิงปัญญา กล่าวคือ AI ทำข้อที่ยากเชิงปัญญาได้พอ ๆ กับข้อที่ง่าย

ข้อค้นพบของ Zhai et al.มีนัยที่ท้าทายต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างยิ่ง หากงานที่เคยถือว่ายากเชิงปัญญาสำหรับมนุษย์กลับเป็นงานที่ AI ทำได้โดยง่าย คำถามที่ตามมาคือ การศึกษาวิทยาศาสตร์ควรมุ่งพัฒนาความสามารถใดในตัวผู้เรียน ผู้เขียนเห็นว่าข้อค้นพบนี้สนับสนุนการปรับเป้าหมายการศึกษาจากการสะสมความรู้และการแก้โจทย์ตามรูปแบบ ไปสู่การพัฒนาความสามารถเชิงสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ และการประยุกต์ความรู้ในบริบทใหม่ ซึ่งเป็นความสามารถที่ AI ยังทำได้จำกัด นัยนี้ยังเรียกร้องให้ครูทบทวนวิธีการประเมิน โดยลดน้ำหนักของข้อสอบที่วัดเพียงการจดจำหรือการคำนวณตามสูตร ซึ่ง AI ทำแทนได้ และเพิ่มน้ำหนักของการงานที่วัดการให้เหตุผล การออกแบบการสืบเสาะ และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง สอดคล้องกับเป้าหมายการรู้วิทยาศาสตร์ที่อภิปรายในบทที่ 1

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเตือนถึงข้อจำกัดเชิงระเบียบวิธีที่ครูควรตระหนัก การที่ AI ทำคะแนนแบบทดสอบได้ดีมิได้หมายความว่า AI “เข้าใจ” วิทยาศาสตร์ในความหมายเดียวกับมนุษย์ AI สร้างคำตอบจากรูปแบบทางสถิติของข้อมูลที่ฝึก มิใช่จากความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ดังนั้นการที่ AI ตอบถูกอาจมาพร้อมกับการให้เหตุผลที่ผิดพลาด หรือการกุข้อมูล (hallucination) ที่ดูน่าเชื่อถือ ครูวิทยาศาสตร์จึงต้องสอนให้ผู้เรียนใช้ AI อย่างรู้เท่าทัน คือใช้เป็นเครื่องมือเสริมการคิด มิใช่แหล่งคำตอบที่เชื่อได้โดยไม่ตรวจสอบ ซึ่งนำไปสู่ประเด็นจริยธรรมและธรรมาภิบาลที่จะอภิปรายต่อไป

8.3.1 รูปแบบการประยุกต์ใช้ AI ในการสอนวิทยาศาสตร์

ในเชิงปฏิบัติ ผู้เขียนขอจำแนกรูปแบบการประยุกต์ใช้ AI ในการสอนวิทยาศาสตร์ออกเป็นสามกลุ่มหลัก เพื่อให้ครูเห็นภาพการใช้งานที่หลากหลายและเลือกใช้ได้อย่างมีเป้าหมาย กลุ่มที่ 1 คือ AI ที่สนับสนุน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การเรียนรู้ของผู้เรียนโดยตรง เช่น ระบบติวเตอร์อัจฉริยะ (intelligent tutoring systems) ที่ปรับเนื้อหาและคำถามตามระดับความเข้าใจของผู้เรียนแต่ละคน และระบบให้ผลป้อนกลับอัตโนมัติที่ช่วยให้ผู้เรียนทราบจุดที่ต้องปรับปรุงได้ทันที กลุ่มที่ 2 คือ AI ที่สนับสนุนการทำงานของครู เช่น การช่วยออกแบบกิจกรรม การสร้างแบบฝึกหัด และการช่วยตรวจงานเบื้องต้น ซึ่งช่วยลดภาระงานธุรการให้ครูมีเวลาสำหรับการปฏิสัมพันธ์เชิงลึกกับผู้เรียนมากขึ้น

กลุ่มที่ 3 คือ AI ที่เป็นวัตถุของการเรียนรู้เอง กล่าวคือ การให้ผู้เรียนเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการทำงานของ AI และฝึกใช้ AI เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้ AI วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองขนาดใหญ่ หรือการจำแนกภาพถ่ายทางชีววิทยา ในทัศนะของผู้เขียน การจำแนกสามกลุ่มนี้ช่วยให้ครูตัดสินใจได้ชัดเจนว่ากำลังใช้ AI เพื่อวัตถุประสงค์ใด และประเมินได้ว่าการใช้นั้นเสริมศักยภาพการเรียนรู้จริงหรือไม่ ผู้เขียนเห็นว่ากลุ่มที่ 3 สำคัญเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพราะสะท้อนความจริงที่ว่า AI กำลังกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการทำงานจริงของนักวิทยาศาสตร์ การเตรียมผู้เรียนให้ใช้ AI อย่างรู้เท่าทันจึงเป็นส่วนหนึ่งของการเตรียมพวกเขาสู่การเป็นพลเมืองและนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต

การจำแนกบทบาทของ AI สามกลุ่มและจุดเน้นเชิงวิทยาการสอนของแต่ละกลุ่มสรุปได้ดังแผนภาพ

ตารางที่ 23 การจำแนกบทบาทของปัญญาประดิษฐ์ในการสอนวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 1 AI สนับสนุนผู้เรียน	กลุ่มที่ 2 AI สนับสนุนครู	กลุ่มที่ 3 AI เป็นวัตถุการเรียนรู้
ตัวอย่าง ระบบติวเตอร์อัจฉริยะ ผลป้อนกลับอัตโนมัติ การเรียนรู้แบบปรับเหมาะ	ตัวอย่าง ช่วยออกแบบกิจกรรม สร้างแบบฝึกหัด ช่วยตรวจงานเบื้องต้น	ตัวอย่าง ใช้ AI วิเคราะห์ข้อมูลทดลอง จำแนกภาพ ฝึกใช้ AI สืบเสาะ
จุดเน้น ลดภาระทางปัญญา เพิ่มการเรียนรู้รายบุคคล	จุดเน้น คืนเวลาให้ครูปฏิสัมพันธ์เชิงลึกกับผู้เรียน	จุดเน้น พัฒนาความรอบรู้ด้าน AI และทักษะอนาคต
หลักร่วม ทุกกลุ่มต้องยึดหลัก AI-Augmented คือเสริมศักยภาพมนุษย์ มิใช่แทนที่การคิดของผู้เรียนหรือการตัดสินใจของครู		

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 23 จำแนกบทบาทของ AI ออกเป็นสามกลุ่มพร้อมตัวอย่างและจุดเน้นเชิงวิทยาการสอน โดยย้ำว่าทุกกลุ่มยึดหลัก AI-Augmented ร่วมกัน คือใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพมนุษย์ มิใช่แทนที่วิจารณญาณเชิงวิชาชีพ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 25 การจำแนกบทบาทของ AI สามกลุ่มในการสอนวิทยาศาสตร์และจุดเน้นเชิงวิทยาการสอน (ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 25 ช่วยจำแนกบทบาทของ AI ในการสอนวิทยาศาสตร์ออกเป็นสามกลุ่มที่ครูควรแยกแยะ คือ AI ที่สนับสนุนผู้เรียนโดยตรง AI ที่ช่วยลดภาระงานของครู และ AI ในฐานะวัตถุการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องรู้เท่าทัน แม้บทบาททั้งสามจะต่างกัน แต่ล้วนยึดหลัก AI-Augmented ร่วมกัน คือใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพมนุษย์ มิใช่แทนที่วิจารณญาณเชิงวิชาชีพ

8.4 จริยธรรมและธรรมาภิบาลของ AI ในการเรียนรู้

แม้ AI จะเปิดโอกาสมหาศาล แต่ก็มาพร้อมความเสี่ยงเชิงจริยธรรม Avraamidou (2024) ตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ต่อแนวโน้มที่ AI อาจ “ครอบงำ” การศึกษาวิทยาศาสตร์ และเรียกร้องให้รักษาคุณค่าเชิงมนุษยนิยม ความเสมอภาค และการรู้คิดเชิงญาณวิทยาของผู้เรียนไว้ ข้อเสนอนี้เป็นหัวใจของเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมในกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ยืนยันว่า AI ต้อง “เสริมศักยภาพ” มิใช่ “แทนที่” การตัดสินใจเชิงวิชาชีพของครู

ประเด็นจริยธรรมที่ครูวิทยาศาสตร์ต้องพิจารณาอย่างจริงจังมีสี่ประการหลัก ประการแรกคือความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (data privacy) เมื่อระบบ AI และระบบวิเคราะห์การเรียนรู้เก็บข้อมูลพฤติกรรมและผลการเรียนของผู้เรียนจำนวนมาก คำถามคือใครเป็นเจ้าของข้อมูล ข้อมูลถูกนำไปใช้อย่างไร และผู้เรียนกับผู้ปกครองรับรู้และยินยอมหรือไม่ ครูมีหน้าที่ปกป้องข้อมูลของผู้เรียนและใช้เฉพาะเพื่อประโยชน์ทางการศึกษา

ประการที่สองคืออคติของอัลกอริทึม (algorithmic bias) ระบบ AI เรียนรู้จากข้อมูลที่อาจมีอคติแฝงอยู่ จึงอาจผลิตซ้ำหรือขยายความไม่เท่าเทียม เช่น ระบบที่ประเมินผู้เรียนอาจให้ผลที่ลำเอียงต่อผู้เรียนบางกลุ่ม ครูจึงต้องไม่เชื่อผลลัพธ์ของ AI โดยปราศจากการตรวจสอบ ประการที่สามคือความซื่อสัตย์ทางวิชาการ (academic integrity) การที่ผู้เรียนใช้ generative AI สร้างงานแทนการคิดเอง เป็นความท้าทายที่ครูต้องจัดการด้วยการออกแบบภาระงานที่เน้นกระบวนการคิดและการประยุกต์ มากกว่าผลลัพธ์ที่ AI

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผลิตได้ง่าย และประการที่สี่คือความเสมอภาคในการเข้าถึง (equity of access) ที่ผู้เรียนซึ่งมีทรัพยากรต่างกันย่อมเข้าถึงเทคโนโลยีได้ไม่เท่ากัน ซึ่งอาจขยายช่องว่างทางการศึกษา

ผู้เขียนเห็นว่าการจัดการประเด็นเหล่านี้ต้องอาศัยธรรมาภิบาล (governance) ที่ชัดเจนทั้งในระดับสถานศึกษาและระดับนโยบาย มิใช่ปล่อยให้เป็นภาระของครูแต่ละคน อย่างไรก็ตาม ครูในฐานะผู้ปฏิบัติหน้างานยังคงมีบทบาทสำคัญในการธำรงการกำกับของมนุษย์ (human agency) คือการเป็นผู้ตัดสินใจสุดท้ายที่ใช้วิจารณญาณเชิงวิชาชีพและจริยธรรม มิใช่มอบการตัดสินใจให้ระบบอัตโนมัติ หลักการนี้นำไปสู่ความจำเป็นในการพัฒนาความรอบรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ที่จะอภิปรายต่อไป

เพื่อให้เห็นภาพการจัดการประเด็นความซื่อสัตย์ทางวิชาการอย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอยกสถานการณ์ที่ครูวิทยาศาสตร์มักเผชิญ เมื่อมอบหมายให้ผู้เรียนเขียนรายงานการทดลองหรือเรียงความเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนอาจใช้ generative AI สร้างเนื้อหาทั้งหมด ผู้เขียนสังเกตว่า การตอบสนองที่ได้ผลมิใช่การห้ามใช้ AI โดยสิ้นเชิง ซึ่งทั้งบังคับใช้ยากและไม่เตรียมผู้เรียนสู่โลกจริงที่ AI เป็นเครื่องมือทำงาน แต่เป็นการออกแบบภาระงานใหม่ที่เน้นกระบวนการและการคิดที่ AI ทำแทนไม่ได้ เช่น การให้ผู้เรียนเก็บข้อมูลการทดลองของตนเองแล้ววิเคราะห์ การให้อธิบายเหตุผลเบื้องหลังการตัดสินใจในการออกแบบการทดลอง หรือการให้สะท้อนคิดว่าผลที่ได้ขัดหรือสอดคล้องกับสมมติฐานอย่างไร ภาระงานเช่นนี้ทำให้การลอก AI ไม่เกิดประโยชน์ เพราะคุณค่าอยู่ที่กระบวนการคิดเฉพาะตัวของผู้เรียน

ผู้เขียนยังเสนอแนวทางเชิงบวกคือการสอนให้ผู้เรียนใช้ AI อย่างโปร่งใสและมีจริยธรรม เช่น การให้ผู้เรียนระบุว่าใช้ AI ช่วยในส่วนใดและอย่างไร แล้วประเมินวิจารณญาณในการใช้นั้น แนวทางนี้เปลี่ยนการใช้ AI จากการกระทำที่ต้องปกปิดไปสู่ทักษะที่ฝึกฝนได้อย่างเปิดเผย ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาความรอบรู้ด้าน AI การจัดการความซื่อสัตย์ทางวิชาการในยุค AI จึงเป็นโอกาสให้ครูทบทวนว่าภาระงานที่มอบหมายวัดสิ่งที่มีคุณค่าจริงหรือไม่ หากภาระงานใดถูก AI ทำแทนได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่สูญเสียคุณค่าการเรียนรู้ ก็อาจถึงเวลาที่ครูต้องออกแบบภาระงานนั้นใหม่

นอกจากประเด็นจริยธรรมแล้ว ครูที่ใช้ระบบดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ยังมีหน้าที่ตามกฎหมายในการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เรียน การเก็บ ใช้ และเปิดเผยข้อมูลการเรียนรู้ต้องเป็นไปเท่าที่จำเป็น มีฐานการประมวลผลที่ชอบด้วยกฎหมาย และแจ้งวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนและผู้ปกครองทราบ ครูควรหลีกเลี่ยงการป้อนข้อมูลที่ระบุตัวบุคคลเข้าสู่บริการภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ เลือกใช้ระบบที่โรงเรียนรับรอง และลบข้อมูลเมื่อสิ้นความจำเป็น การปฏิบัติเช่นนี้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล และเป็นส่วนหนึ่งของธรรมาภิบาลข้อมูลในชั้นเรียน

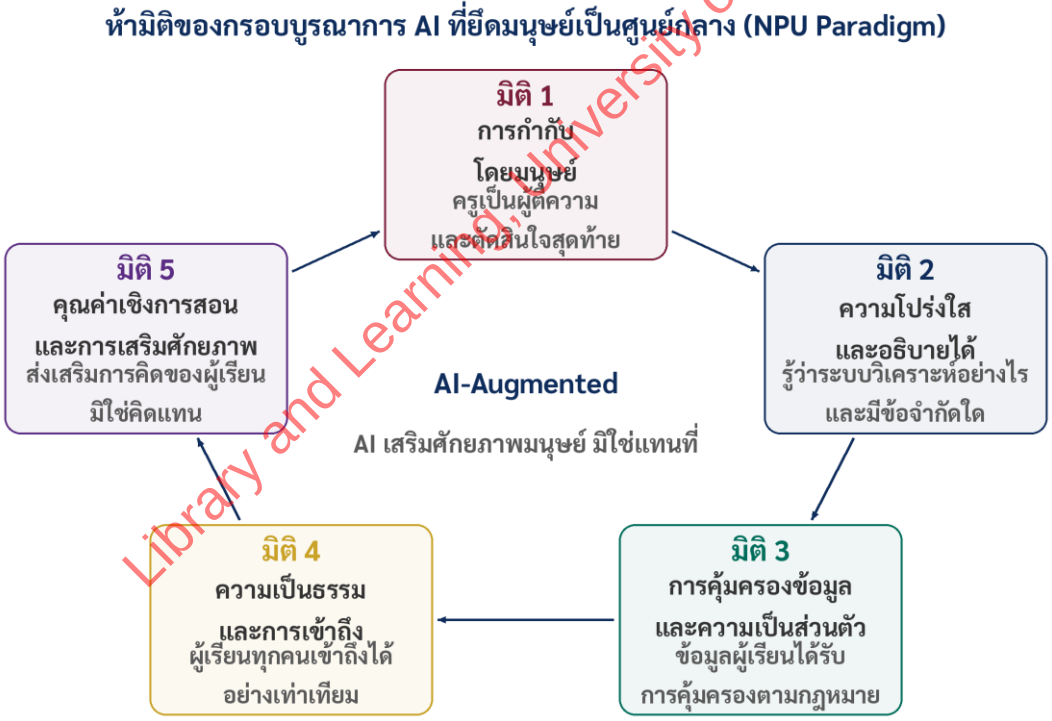
Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

8.5 กรอบการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางตามเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม

จากการอภิปรายเรื่องโอกาสและความเสี่ยงของ AI ในหัวข้อก่อนหน้า ผู้เขียนขอเสนอกรอบเชิงแนวคิดที่สังเคราะห์จุดยืนตลอดเล่มให้เป็นโครงสร้างที่ชัดเจนและนำไปใช้เป็นกรอบวิเคราะห์ และออกแบบได้ กรอบนี้คือการขยายเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ให้เป็น กรอบการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางในการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Human-Centered AI Integration บนฐาน NPU Paradigm) ผู้เขียนขอเน้นว่ากรอบนี้เป็นข้อเสนอเชิงแนวคิดที่พัฒนาจากการสังเคราะห์วรรณกรรมและประสบการณ์เชิงวิชาชีพ ซึ่งยังต้องการการตรวจสอบและสะสมหลักฐานเชิงประจักษ์เพิ่มเติม มิใช่ข้อยุติที่พิสูจน์แล้ว

หลักการแกนของกรอบนี้คือ AI ต้องเสริมศักยภาพ (augment) มิใช่แทนที่ (replace) วิจารณญาณเชิงวิชาชีพของครูและการเรียนรู้เชิงรุกของผู้เรียน ผู้เขียนเสนอว่าการบูรณาการ AI ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางประกอบด้วยห้ามิติที่สัมพันธ์กัน ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ห้ามิติของกรอบการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางบนฐาน NPU Paradigm

(ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 26 สรุปกรอบการตั้งคำถามห้ามิติที่ครูและสถาบันใช้ตรวจสอบการนำ AI มาใช้ได้อย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การคงไว้ซึ่งการกำกับโดยมนุษย์ ความโปร่งใส การคุ้มครองข้อมูล ความเป็นธรรม ไปจนถึง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

คุณค่าเชิงการสอน ทั้งห้ามิติยึดหลักการเดียวกันว่า AI ต้องเสริมศักยภาพการตัดสินใจของครูและการเรียนรู้ของผู้เรียน มิใช่เข้ามาแทนที่

อาจกล่าวได้ว่า คุณค่าของกรอบนี้อยู่ที่การเป็นเครื่องมือคิดที่ครูและสถาบันใช้ตรวจสอบการนำ AI มาใช้ได้อย่างเป็นระบบ เมื่อจะนำเครื่องมือ AI ใด ๆ มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถตั้งคำถามตามห้ามิตินี้ว่า เครื่องมือนี้รักษาการกำกับโดยมนุษย์หรือไม่ โปร่งใสเพียงใด คุ้มครองข้อมูลผู้เรียนอย่างไร ส่งผลต่อความเสมอภาคอย่างไร และส่งเสริมหรือบั่นทอนการคิดของผู้เรียน การวิเคราะห์เช่นนี้เปลี่ยนการตัดสินใจเรื่อง AI จากการตามกระแสเทคโนโลยี ไปสู่การตัดสินใจเชิงวิชาชีพที่มีหลักการรองรับ

8.5.1 ธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ในระดับสถาบัน จากนโยบายสู่การปฏิบัติ

ห้ามิติข้างต้นมิได้จำกัดอยู่ในระดับห้องเรียน แต่ขยายสู่ระดับหลักสูตรและระดับสถาบัน ในมุมมองของผู้เขียน การบูรณาการ AI ที่ยั่งยืนต้องอาศัยธรรมาภิบาลระดับสถาบัน (institutional AI governance) ที่วางกรอบเชิงนโยบายให้การใช้ AI ทั้งองค์กรเป็นไปอย่างมีหลักการ มิใช่ปล่อยให้เป็นการตัดสินใจของผู้สอนแต่ละคนโดยลำพัง จากประสบการณ์การมีส่วนร่วมพัฒนานโยบายปัญญาประดิษฐ์ในระดับมหาวิทยาลัย ผู้เขียนพบว่าองค์ประกอบสำคัญของนโยบาย AI ระดับสถาบันที่ดีควรครอบคลุมหลายด้านที่สอดคล้องกับห้ามิติข้างต้น

ประการแรก คือ การกำหนดหลักการการกำกับโดยมนุษย์ให้ชัดเจนว่า การตัดสินใจที่มีผลกระทบสูงต่อผู้เรียน เช่น การประเมินและการตัดสินผล ต้องมีมนุษย์เป็นผู้รับผิดชอบขั้นสุดท้ายเสมอ ประการที่สอง คือ การวางแนวปฏิบัติด้านการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เรียนและบุคลากรให้สอดคล้องกับกฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ทั้งการเก็บ การใช้ และการเปิดเผยข้อมูล ประการที่สาม คือ การกำหนดแนวปฏิบัติด้านความซื่อสัตย์ทางวิชาการในยุค generative AI ที่ชัดเจนและเป็นธรรม ประการที่สี่ คือ การส่งเสริมการเข้าถึง AI อย่างเสมอภาคเพื่อมิให้เทคโนโลยีขยายความเหลื่อมล้ำระหว่างผู้เรียน และประการที่ห้าคือการพัฒนาความรอบรู้ด้าน AI ของบุคลากรและผู้เรียนอย่างเป็นระบบ

ผู้เขียนขอเน้นว่านโยบายระดับสถาบันจะมีความหมายก็ต่อเมื่อแปลงสู่การปฏิบัติจริงในห้องเรียน นโยบายที่ดีจึงต้องไม่เป็นเพียงเอกสารกำกับ แต่ต้องมาพร้อมการพัฒนาวิชาชีพที่ช่วยให้ครูเข้าใจและนำหลักการไปใช้ได้ การเชื่อมโยงระดับนโยบายสถาบันกับการปฏิบัติของครูเช่นนี้ สะท้อนหลักการเดียวกับการเชื่อมหลักสูตรระดับชาติสู่ห้องเรียนในบทที่ 2 และข้อเสนอเชิงนโยบายหลายระดับในบทที่ 10 กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืนต้องสอดประสานกันตั้งแต่ระดับนโยบายจนถึงการปฏิบัติ โดยมีการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางเป็นเข็มทิศร่วม

8.6 ความรอบรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ตามกรอบของ UNESCO

เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนความสัมพันธ์ “ครู-ผู้เรียน” ไปสู่ “ครู-AI-ผู้เรียน” องค์การ UNESCO ได้เผยแพร่กรอบสมรรถนะด้านปัญญาประดิษฐ์สองฉบับในปี ค.ศ. 2024 ได้แก่ กรอบสมรรถนะ AI สำหรับ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ครู (AI Competency Framework for Teachers) และกรอบสมรรถนะ AI สำหรับผู้เรียน (AI Competency Framework for Students) (Miao & Cukurova, 2024; Miao et al., 2024) กรอบสำหรับครูกำหนด 15 สมรรถนะในห้ามิติ โดยมี กรอบคิดที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (human-centred mindset) เป็นแกน ซึ่งเตือนว่าครูอาจสูญเสียสมรรถนะสำคัญหากพึ่งพา AI มากเกินไป จึงต้องธำรงการกำกับของมนุษย์ (human agency) และความรับผิดรับชอบไว้เสมอ

ผู้เขียนเห็นว่าจุดยืน human-centred ของ UNESCO สอดรับโดยตรงกับแกนของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ยืนยันว่า AI ต้อง “เสริมศักยภาพ” มิใช่ “แทนที่” ครู ทั้งนี้ AI Literacy มิได้หมายถึงเพียงทักษะการใช้เครื่องมือ แต่ครอบคลุมการเข้าใจหลักการทำงาน การประเมินผลลัพธ์อย่างมีวิจารณญาณ และการตระหนักถึงนัยเชิงจริยธรรมและพลเมือง ครูวิทยาศาสตร์จึงควรพัฒนา AI Literacy ทั้งของตนเองและของผู้เรียนควบคู่กัน เพื่อให้ผู้เรียนเป็นทั้งผู้ใช้และผู้ร่วมสร้างสรรค์ AI อย่างรับผิดชอบ

เพื่อให้นักศึกษาครูนำกรอบของ UNESCO ไปใช้ได้ ผู้เขียนขอสรุปมิติสำคัญของความรอบรู้ด้าน AI ที่ครูและผู้เรียนควรพัฒนา มิติแรกคือกรอบคิดที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (human-centred mindset) ซึ่งเป็นการตระหนักว่ามนุษย์ต้องคงการกำกับและความรับผิดชอบไว้เสมอ มิติที่สองคือจริยธรรมของ AI (ethics of AI) ที่ครอบคลุมความเข้าใจประเด็นความเป็นส่วนตัว อคติ และความเป็นธรรม มิติที่สามคือรากฐานและการประยุกต์ใช้ AI (AI foundations and applications) ที่เป็นความเข้าใจหลักการทำงานพื้นฐานของ AI และการใช้งานอย่างเหมาะสม และมิติที่สี่คือการออกแบบการสอนด้วย AI (AI pedagogy) สำหรับครูโดยเฉพาะ ที่เป็นการบูรณาการ AI เข้ากับการจัดการเรียนรู้อย่างมีเป้าหมาย

ผู้เขียนขอเสนอว่า ประเด็นที่กรอบของ UNESCO เน้นย้ำและสำคัญเป็นพิเศษคือคำเตือนว่าครูอาจสูญเสียสมรรถนะสำคัญหากพึ่งพา AI มากเกินไป ปรากฏการณ์ที่อาจเรียกได้ว่าการฝ่อของทักษะ (skill atrophy) ตัวอย่างเช่น หากครูให้ AI ออกแบบกิจกรรมและตรวจงานทั้งหมด ครูอาจค่อย ๆ สูญเสียความสามารถในการวินิจฉัยความเข้าใจของผู้เรียนด้วยตนเอง เช่นเดียวกัน หากผู้เรียนพึ่ง AI ในการคิดและเขียนทั้งหมด ผู้เรียนอาจไม่พัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้น AI Literacy ที่แท้จริงจึงรวมถึงการรู้ว่าเมื่อใดควรใช้ AI และเมื่อใดควรพึ่งความสามารถของตนเอง ซึ่งเป็นวิจารณญาณที่ครูต้องพัฒนาและถ่ายทอดสู่ผู้เรียน

เพื่อให้เห็นภาพการพัฒนาความรอบรู้ด้าน AI ของผู้เรียนในทางปฏิบัติ ผู้เขียนขอยกตัวอย่างกิจกรรมในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ครูอาจให้ผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์แล้วถาม generative AI จากนั้นมอบหมายให้ผู้เรียนตรวจสอบคำตอบของ AI ด้วยการเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ระบุจุดที่ AI ตอบถูก ตอบผิด หรือให้ข้อมูลที่ล้าสมัย และอธิบายว่าเหตุใด AI จึงอาจผิดพลาดในกรณีนั้น กิจกรรมเช่นนี้พัฒนาทั้งความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์และความเข้าใจขีดจำกัดของ AI ไปพร้อมกัน ผู้เรียนได้เรียนรู้ว่า AI เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์แต่ต้องใช้ด้วยวิจารณญาณ มิใช่แหล่งความจริงที่เชื่อได้โดยปริยาย

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การพัฒนาความรอบรู้ด้าน AI ควรดำเนินไปอย่างค่อยเป็นค่อยไปตามระดับของผู้เรียน สำหรับผู้เรียนระดับต้น ครูอาจเน้นการตระหนักว่า AI อาจให้ข้อมูลผิดได้ สำหรับผู้เรียนระดับสูงขึ้น ครูอาจเพิ่มการอภิปรายว่า AI ทำงานอย่างไรในเชิงหลักการ และนัยเชิงจริยธรรมของการใช้ AI ในสังคม การพัฒนาเช่นนี้สอดคล้องกับหลักการเสริมต่อการเรียนรู้และการปรับระดับตามความพร้อมที่อภิปรายในบทที่ 3 และสะท้อนว่าความรอบรู้ด้าน AI มิใช่ทักษะที่สอนได้ในคราวเดียว แต่เป็นสมรรถนะที่พัฒนาต่อเนื่องตลอดการเรียนรู้

8.7 การบูรณาการเทคโนโลยีบนฐาน TPACK

หลังจากพิจารณาเครื่องมือดิจิทัล AI จริยธรรม และความรอบรู้ด้าน AI แล้ว คำถามที่ร้อยเรียงทั้งหมดเข้าด้วยกันคือ ครูจะตัดสินใจบูรณาการเทคโนโลยีเหล่านี้เข้ากับการสอนวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายได้อย่างไร กรอบ TPACK ที่นำเสนอในบทที่ 1 ให้คำตอบเชิงหลักการว่า การบูรณาการที่มีคุณภาพต้องเกิดจากการบรรจบกันของความรู้ด้านเนื้อหา การสอน และเทคโนโลยี ในบริบทของบทนี้ผู้เขียนขอขยายความว่าการบูรณาการในยุค AI ยังต้องเพิ่มมิติของความรอบรู้ด้าน AI เข้าไปในการตัดสินใจของครูด้วย กล่าวคือ ครูต้องพิจารณาไม่เพียงว่าเทคโนโลยีใดเหมาะกับเนื้อหาและวิธีสอนใด แต่ยังต้องพิจารณาว่าการใช้เทคโนโลยีนั้นส่งเสริมหรือบั่นทอนการพัฒนาการคิดและความรู้เท่าทันของผู้เรียนอย่างไร

การนำเทคโนโลยีและ AI เข้าสู่ชั้นเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพมิได้เกิดจากการเพิ่มเครื่องมือ แต่เกิดจากการบูรณาการความรู้สามด้านเข้าด้วยกันตามกรอบ TPACK ของ Mishra และ Koehler (2006) ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (CK) ความรู้ด้านการสอน (PK) และความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) โดยจุดที่ทรงพลังที่สุดคือจุดบรรจบกลาง (TPACK) ที่ครูเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะกับวิธีสอนและเนื้อหาเฉพาะเรื่องพร้อมกัน

ผู้เขียนเน้นย้ำว่าหลุมพรางที่พบบ่อยในการผลิตครูคือการพัฒนา TK แยกจาก PK และ CK กล่าวคือสอนให้นักศึกษาครู “ใช้เครื่องมือดิจิทัลเป็น” แต่ไม่ได้ฝึกให้ตัดสินใจว่าเครื่องมือใดเหมาะกับการสอนแนวคิดวิทยาศาสตร์ใดด้วยวิธีใด ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Angeli และ Valanides (2009) ที่ว่า TPACK เป็นองค์ความรู้เฉพาะที่ต้องพัฒนาผ่านการออกแบบและฝึกปฏิบัติจริง มิใช่ผลรวมเชิงเส้นของความรู้สามด้าน ด้วยเหตุนี้ การบูรณาการ TPACK กับ AI Literacy จึงควรดำเนินผ่านการให้นักศึกษาครูออกแบบและทดลองสอนหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จริงที่ใช้เทคโนโลยี/AI อย่างมีเป้าหมาย แล้วสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ ดังแนวทางในบทที่ 7 และ 9 ข้อค้นพบในบริบทไทยสนับสนุนข้อสังเกตนี้ Nuangchalerm (2020) ศึกษานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ไทยที่ออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานศึกษาเป็นเวลาหนึ่งปีการศึกษา และพบว่าแม้นักศึกษาครูจะมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีทั้งเชิงมโนทัศน์และเชิงปฏิบัติในระดับสูง แต่ยังจำเป็นต้องบรรจุการบูรณาการเทคโนโลยีไว้ในหลักสูตรผลิตครูอย่างเป็นระบบ มิใช่ปล่อยให้เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเองระหว่างการฝึกสอน

เพื่อให้เห็นภาพการตัดสินใจเชิง TPACK ในยุค AI อย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการสอนเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในวิชาวิทยาศาสตร์ ครูที่มีฐาน TPACK เข้มแข็งจะเริ่มจาก

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การวิเคราะห์ว่าเป้าหมายการเรียนรู้คือการให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซเรือนกระจกกับอุณหภูมิโลก และสามารถประเมินหลักฐานได้ (CK และเป้าหมาย) จากนั้นจึงพิจารณาว่าวิธีสอนแบบใดเหมาะสม เช่น การให้ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลจริง (PK) แล้วจึงเลือกเทคโนโลยีที่ตอบโจทย์ เช่น การใช้ AI ช่วยประมวลชุดข้อมูลภูมิอากาศขนาดใหญ่ให้ผู้เรียนสำรวจแนวโน้ม (TK) สังเกตว่าการตัดสินใจเริ่มจากเป้าหมายและเนื้อหา มิใช่จากเทคโนโลยี

ในตัวอย่างเดียวกันนี้ มิติของ AI Literacy เข้ามาเสริมเมื่อครูให้ผู้เรียนใช้ generative AI ช่วยสรุปงานวิจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศ แล้วฝึกให้ผู้เรียนตรวจสอบความถูกต้องของสิ่งที่ AI สรุป เปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลต้นฉบับ และระบุจุดที่ AI อาจให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนหรือลำเอียง ผู้เขียนเห็นว่า กิจกรรมเช่นนี้พัฒนาทั้งความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ทักษะการประเมินหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ และความรอบรู้ด้าน AI ไปพร้อมกัน ซึ่งเป็นตัวอย่างของการบูรณาการที่เทคโนโลยีเสริมศักยภาพการเรียนรู้โดยไม่แทนที่การคิดของผู้เรียน อันเป็นหัวใจของเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมในกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (เคมี)

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเคมีเรื่องพันธะเคมี ซึ่งเป็นมโนทัศน์นามธรรมที่ผู้เรียนมองไม่เห็นในระดับอะตอม มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งพบบ่อยคือผู้เรียนเข้าใจว่าพันธะเคมีเป็น “สิ่งที่จับต้องได้เหมือนกาวหรือแท่งเชื่อม” และเข้าใจว่าการเกิดพันธะต้อง “ใช้พลังงาน” ทั้งที่ความจริงการเกิดพันธะเป็นการคายพลังงานเพื่อเข้าสู่สภาวะเสถียร ความคลาดเคลื่อนนี้เกิดจากการที่ตำรามักวาดพันธะเป็นเส้นตรงระหว่างอะตอม ทำให้ผู้เรียนสร้างภาพว่าพันธะเป็นวัตถุชิ้นหนึ่ง แทนที่จะเป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตระหว่างประจุ

ครูสามารถใช้แบบจำลองเชิงโต้ตอบ (interactive simulation) ที่ให้ผู้เรียนปรับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุแล้วสังเกตการเกิดพันธะไอออนิกหรือโคเวเลนต์แบบทันที ผู้เขียนเสนอให้ครูออกแบบกิจกรรมเป็นขั้นตอน เริ่มจากให้ผู้เรียนทำนายว่าโซเดียมกับคลอรีนจะรวมตัวกันอย่างไร จากนั้นใช้แบบจำลองแสดงการถ่ายโอนอิเล็กตรอนและการเกิดไอออนที่มีประจุตรงข้ามดึงดูดกัน ทำให้ผู้เรียนเห็น “กระบวนการ” ที่นำไปสู่พันธะ มิใช่เพียงผลลัพธ์สุดท้าย

ขั้นต่อมา ครูให้ผู้เรียนเปรียบเทียบกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลน้ำ ที่อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกันแทนการถ่ายโอน การที่ผู้เรียนได้ปรับตัวแปรและสังเกตผลด้วยตนเองช่วยให้สร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องว่าพันธะแต่ละชนิดต่างกันที่รูปแบบการจัดการอิเล็กตรอน ผู้เขียนเน้นว่ากิจกรรมต้องให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปรับแบบจำลองเอง เพราะการมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับตัวแปรคือสิ่งที่สร้างความเข้าใจเชิงลึก

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

จากประสบการณ์ของผู้เขียน ตัวอย่างนี้สะท้อนหัวใจของกรอบ TPACK ที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 อย่างชัดเจน กล่าวคือ การเลือกใช้ simulation มิได้เกิดจากการที่เทคโนโลยี “ดูทันสมัย” แต่เกิดจากการที่ครูวิเคราะห์ว่าธรรมชาติเชิงนามธรรมและเป็นพลวัตของการเกิดพันธะ (ความรู้เนื้อหา CK) ต้องการการแสดงภาพเชิงโต้ตอบที่ผู้เรียนปรับตัวแปรได้ (ความรู้เทคโนโลยี TK) ภายใต้วิธีสอนแบบทำนายและสืบเสาะ (ความรู้การสอน PK) ผู้เขียนขอเตือนย้ำว่า หากครูใช้ simulation เป็นเพียงการสาธิตหน้าชั้นโดยผู้เรียนนั่งดูเฉย ๆ คุณค่าทางการเรียนรู้จะลดลงอย่างมาก เพราะหัวใจอยู่ที่การที่ผู้เรียนได้ทดลองปรับและสร้างความเข้าใจเอง

8.8 หลักฐานเชิงประจักษ์จากบริบทไทย การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานบูรณาการระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล

งานวิจัยของ Thongpanit และ Thongpanit (2026) ได้พัฒนาแบบจำลองการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (phenomenon-based learning) บูรณาการกับระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล (digital learning ecosystem) เพื่อส่งเสริมเมตาคอกนิชัน (metacognition) ของนักศึกษาวิชาชีพครู ผลการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครู 30 คน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.25 มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ปรับมาตรฐาน (normalized gain) ระดับปานกลาง ($g = 0.64$) และคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 งานวิจัยนี้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลเมื่อออกแบบให้เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ในโลกจริง สามารถยกระดับการกำกับการรู้คิดของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดรับโดยตรงกับเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm

คุณค่าของงานวิจัยนี้มิได้อยู่เพียงที่ตัวเลขผลสัมฤทธิ์ แต่อยู่ที่การแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีที่ออกแบบบนฐานทฤษฎีอย่างจงใจสามารถส่งผลต่อสมรรถนะระดับสูงอย่างเมตาคอกนิชันได้ การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเริ่มจากปรากฏการณ์จริงที่ซับซ้อนและน่าสนใจ แล้วให้ผู้เรียนสืบเสาะข้ามศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วางแผน กำกับ และประเมินการเรียนรู้ของตนเอง อันเป็นองค์ประกอบของเมตาคอกนิชัน เมื่อบูรณาการกับระบบนิเวศดิจิทัลที่ให้ผู้เรียนเข้าถึงทรัพยากรและเครื่องมือที่หลากหลาย ผู้เรียนจึงมีพื้นที่ในการกำกับการเรียนรู้ของตนมากขึ้น

ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตเชิงระเบียบวิธีอย่างตรงไปตรงมาเพื่อความซื่อตรงทางวิชาการว่า งานวิจัยดังกล่าวใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (30 คน) และเป็นการวิจัยในบริบทเฉพาะ ดังนั้นการตีความผลและการนำไปใช้ในวงกว้างจึงต้องระมัดระวัง ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ระดับปานกลางเป็นสัญญาณที่ดี แต่ยังต้องการการตรวจสอบซ้ำในบริบทที่หลากหลายและกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น รวมถึงการออกแบบที่มีกลุ่มควบคุมเพื่อยืนยันความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ผู้เขียนเห็นว่าการนำเสนอข้อจำกัดเช่นนี้มิได้ลดทอนคุณค่าของ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

งาน แต่เป็นการสะท้อนวิถีการวิจัยที่ดี และเป็นแบบอย่างให้นักศึกษาครูเข้าใจว่าการอ้างหลักฐานเชิงประจักษ์ต้องมาพร้อมการตระหนักถึงขอบเขตของหลักฐานนั้น

หลักฐานในบริบทไทยอีกชิ้นที่เชื่อมโยงโดยตรงกับเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม คือการศึกษาบทบาทของสมรรถนะด้าน AI ของครู งานวิจัยของ กิตติพิชญ์ ศรีเนตร, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์ (2569) ที่ศึกษาครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร พบว่าทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์ของครูส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในสถานศึกษา ในทัศนะของผู้เขียน ข้อค้นพบนี้ยืนยันหลักการแกนของกรอบในหัวข้อ 8.5 ว่าสมรรถนะด้าน AI ของครูมิใช่เพียงทักษะทางเทคนิค แต่เป็นปัจจัยที่เชื่อมโยงกับความสามารถในการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมเชิงรุก การพัฒนาครูให้ใช้ AI อย่างมีวิจารณญาณตามกรอบที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง จึงเป็นการลงทุนที่ส่งผลต่อคุณภาพการเรียนรู้โดยตรง

เพื่อให้เห็นการประยุกต์อย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการใช้เครื่องมือดิจิทัลและ AI ในการสอนวิทยาศาสตร์ตามกรอบห้ามิติ สมมติครูฟิสิกส์ใช้สื่อจำลองสถานการณ์ (simulation) เช่น ชุดจำลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ร่วมกับระบบที่วิเคราะห์คำตอบของผู้เรียนเพื่อระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตามกรอบห้ามิติ ครูควรพิจารณาว่า ระบบนี้ยังให้ครูเป็นผู้ตีความและตัดสินใจช่วยเหลือผู้เรียน (การกำกับโดยมนุษย์) ครูและผู้เรียนเข้าใจว่าระบบวิเคราะห์อย่างไรและมีข้อจำกัดใด (ความโปร่งใส) ข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้รับการคุ้มครอง (ความเป็นส่วนตัว) ผู้เรียนทุกคนเข้าถึงสื่อได้อย่างเท่าเทียม (ความเสมอภาค) และที่สำคัญที่สุด สื่อจำลองช่วยให้ผู้เรียนได้ทดลอง ตั้งสมมติฐาน และสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง มิใช่ให้คำตอบสำเร็จจนผู้เรียนหยุดคิด (การส่งเสริมการรู้คิด) การวิเคราะห์ตามกรอบนี้ช่วยให้ครูใช้เทคโนโลยีอย่างมีหลักการ มิใช่เพียงเพราะเป็นของใหม่

8.9 ความท้าทายและทิศทางการบูรณาการเทคโนโลยีในบริบทไทย

การอภิปรายเชิงทฤษฎีและหลักการในหัวข้อก่อนหน้าจะสมบูรณ์ได้ต้องเชื่อมโยงกับความเป็นจริงของบริบทไทย ในมุมมองของผู้เขียน การบูรณาการเทคโนโลยีและ AI ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยเผชิญความท้าทายเชิงโครงสร้างหลายประการที่ครูและผู้กำหนดนโยบายต้องตระหนัก ความท้าทายแรกคือความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยี (digital divide) ระหว่างโรงเรียนในเมืองกับชนบท และระหว่างผู้เรียนที่มีฐานะต่างกัน หากการบูรณาการเทคโนโลยีดำเนินไปโดยไม่คำนึงถึงความเหลื่อมล้ำนี้ ก็อาจขยายช่องว่างทางการศึกษาแทนที่จะลด

ความท้าทายที่สองคือสมรรถนะดิจิทัลของครู ผู้เขียนสังเกตจากประสบการณ์ว่าครูวิทยาศาสตร์จำนวนหนึ่งยังขาดความมั่นใจในการบูรณาการเทคโนโลยีอย่างมีความหมายตามหลัก TPACK มิใช่เพราะขาดทักษะการใช้เครื่องมือ แต่เพราะขาดประสบการณ์ในการตัดสินใจเชิงวิทยาการสอนว่าจะใช้เทคโนโลยีใดเพื่อสอนมโนทัศน์ใด ความท้าทายนี้ชี้ว่าการพัฒนาวิชาชีพครูต้องเน้นการบูรณาการความรู้สามด้านผ่านการปฏิบัติจริง มิใช่การอบรมการใช้เครื่องมือแยกส่วน ความท้าทายที่สามคือความพร้อมเชิงนโยบายและ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ธรรมาภิบาล โดยเฉพาะการกำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจนเรื่องการใช้ AI ความเป็นส่วนตัวของข้อมูลผู้เรียน และความซื่อสัตย์ทางวิชาการ ซึ่งยังอยู่ระหว่างการพัฒนาในระบบการศึกษาไทย

ในเชิงทิศทาง ผู้เขียนเห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีในบริบทไทยควรดำเนินบนหลักการสามประการ ประการแรกคือการยึดเป้าหมายการเรียนรู้และคุณค่าความเป็นมนุษย์เป็นตัวตั้ง มิใช่เทคโนโลยี ประการที่สองคือการพัฒนาสมรรถนะของครูควบคู่กับการจัดหาเทคโนโลยี เพราะเทคโนโลยีที่ปราศจากครูที่มีสมรรถนะย่อมไม่เกิดผล และประการที่สามคือการคำนึงถึงความเสมอภาคและบริบทเฉพาะของแต่ละพื้นที่ การออกแบบที่เหมาะกับโรงเรียนที่มีทรัพยากรจำกัดอาจแตกต่างจากโรงเรียนที่มีความพร้อมสูง หลักการทั้งสามนี้สอดคล้องกับเสาหลักยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรมของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm และเป็นรากฐานสำหรับการประยุกต์ใช้เนื้อหาในบทนี้สู่การปฏิบัติจริงในบริบทไทย

8.10 สรุปท้ายบท

บทนี้ได้นำเสนอเสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่เสริมศักยภาพด้วย AI ของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm โดยชี้ว่าเทคโนโลยีดิจิทัลและ AI สามารถยกระดับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ หากใช้ภายใต้กรอบจริยธรรมและธรรมาภิบาลที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ผู้เขียนได้ปูพื้นแนวคิดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและการวิเคราะห์การเรียนรู้ จำแนกบทบาทของ AI สามกลุ่ม อภิปรายประเด็นจริยธรรมสี่ด้านและความรอบรู้ด้าน AI ตามกรอบ UNESCO เชื่อมโยงสู่การบูรณาการบนฐาน TPACK พร้อมหลักฐานเชิงประจักษ์จากบริบทไทย และวิเคราะห์ความท้าทายเชิงโครงสร้าง สาระสำคัญที่ร้อยเรียงทั้งบทคือหลักการที่ว่าเทคโนโลยีต้องรับใช้การเรียนรู้และความเป็นมนุษย์ มิใช่ในทางกลับกัน ซึ่งจะเป็นฐานสำหรับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่จะอภิปรายในบทถัดไป

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 24 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 8 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
แนวคิดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล สมรรถนะดิจิทัลของครู (TDC) AI ในการศึกษา และจริยธรรมการใช้เทคโนโลยี	ทักษะดิจิทัล การเลือกและใช้สื่อ การออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ดิจิทัล และการใช้ AI อย่างรู้เท่าทัน	ความรับผิดชอบ ความตระหนักด้านจริยธรรมและความเป็นส่วนตัว และการเปิดรับนวัตกรรม	สมรรถนะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและระบบนิเวศการเรียนรู้ (CLO2)	ออกแบบ digital learning ecosystem ที่เชื่อมโยงปรากฏการณ์จริง เลือกใช้สื่อและเครื่องมือ AI ให้เหมาะกับเป้าหมาย กำหนดข้อตกลงการใช้อย่างมีจริยธรรม ประเมินด้วยชิ้นงานดิจิทัลและการสะท้อนการรู้เท่าทัน

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 24 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะ พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน ช่วยให้ผู้สอนเห็นเส้นทางจากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

Library and Learning, University of Phayao

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- อธิบายความหมายของความรอบรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI literacy) และวิธีพัฒนาให้แก่ผู้เรียน
- เปรียบเทียบประโยชน์และความเสี่ยงของการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงรู้สร้าง (generative AI) ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์
- ออกแบบแนวปฏิบัติการใช้ปัญญาประดิษฐ์ อย่างมีจริยธรรมสำหรับนักเรียนของท่าน

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 8

กิตติพิชญ์ ศรีเนตร, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2569). *ทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์ของครูที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม*, 16(1), 21–36. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/npuj/article/view/296170

Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, *54*, 977–997. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3

Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education, 52*(1), 154–168. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006

Avraamidou, L. (2024). Can we disrupt the momentum of the AI colonization of science education? *Journal of Research in Science Teaching, 61*(10), 2570–2574. https://doi.org/10.1002/tea.21961

Chiu, T. K. F. (2023). The impact of Generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: A case of ChatGPT and Midjourney. *Interactive Learning Environments, 32*(10), 6187–6203. https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861

Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology, 32*(3), 444–452. https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y

Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO.

Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Nuangchalerm, P. (2020). TPACK in ASEAN perspectives: Case study on Thai pre-service teacher. International Journal of Evaluation and Research in Education, 9(4), 993. https://doi.org/10.11591/ijere.v9i4.20700

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Palanci, A., Yilmaz, R. M., & Turan, Z. (2024). Learning analytics in distance education: A systematic review study. *Education and Information Technologies, 29*(17), 22629–22650. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12737-5

Thongpanit, P., & Thongpanit, P. (2026). A phenomenon-based learning management model integrating a digital learning ecosystem to enhance metacognition for pre-service teachers. *Asian Journal of Education and Training, 12*(1), 14–20. https://doi.org/10.20448/edu.v12i1.8084

Zhai, X., Nyaaba, M., & Ma, W. (2024). Can generative AI and ChatGPT outperform humans on cognitive-demanding problem-solving tasks in science? *Science & Education, 34*(2), 649–670. https://doi.org/10.1007/s11191-024-00496-1

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 9 การปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายหลักการและกลไกการพัฒนาวิชาชีพครูในฐานะการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้
- วิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์ของรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้
- ประเมินและพัฒนาการปฏิบัติการสอนของตนเองอย่างเป็นระบบผ่านการวิจัยในชั้นเรียนและแฟ้มสะสมงานวิชาชีพได้
- ออกแบบและดำเนินการสอนจุลภาคพร้อมวงรอบการสะท้อนคิดและการศึกษาบทเรียนเพื่อพัฒนาการสอนได้

9.1 การพัฒนาวิชาชีพครูในฐานะการเรียนรู้ตลอดชีวิต

บทก่อนหน้าได้นำเสนอองค์ความรู้และทักษะที่ครูวิทยาศาสตร์พึงมี ตั้งแต่ทฤษฎีการเรียนรู้จนถึงการวางแผนการสอน บทนี้มุ่งตอบคำถามสำคัญว่า ครูพัฒนาความสามารถเหล่านั้นได้อย่างไร ผู้เขียนสังเกตว่า ความเชี่ยวชาญในการสอนมิใช่สิ่งที่ได้มาครั้งเดียวจบจากการเรียนในหลักสูตร แต่เป็นกระบวนการพัฒนาตลอดชีวิตวิชาชีพที่อาศัยการฝึกปฏิบัติ การสะท้อนคิด และการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนร่วมวิชาชีพ บทนี้จึงนำเสนอกลไกการพัฒนาวิชาชีพที่มีหลักฐานรองรับ ตั้งแต่การฝึกในระดับเริ่มต้นจนถึงการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการปฏิบัติงานจริง

ผู้เขียนขอเน้นว่ามุมมองที่ถูกต้องต่อการพัฒนาวิชาชีพครูคือการมองครูเป็นผู้เรียนรู้ที่พัฒนาผ่านการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด มิใช่ผู้รับการอบรมแบบนิ่งเฉย การพัฒนาวิชาชีพที่ได้ผลจึงต้องฝังอยู่ในการปฏิบัติงานจริง ต่อเนื่อง และอาศัยความร่วมมือ ซึ่งต่างจากการอบรมระยะสั้นครั้งเดียวที่งานวิจัยชี้ว่ามีผลน้อย บทนี้จะนำเสนอกลไกสำคัญ 4 ประการที่สอดคล้องกับหลักการนี้ ได้แก่ การสอนจุลภาค การสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ การศึกษาบทเรียน และชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ พร้อมหลักฐานเชิงประจักษ์และการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการพัฒนา

Library and Learning University of Phayao

นิยามศัพท์สำคัญ

ผู้เขียนขอนิยามคำสำคัญในบทนี้

การสอนจุลภาค (microteaching) หมายถึง การฝึกสอนในสถานการณ์ย่อที่เน้นทักษะเฉพาะ

การสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ (reflective practice) หมายถึง การที่ครูพิจารณาการปฏิบัติของตนอย่างมีวิจารณญาณเพื่อพัฒนา

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การศึกษาบทเรียน (lesson study) หมายถึง กระบวนการที่ครูร่วมกันออกแบบ สังเกต และปรับปรุงบทเรียนอย่างเป็นระบบ

ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (professional learning community: PLC) หมายถึง กลุ่มครูที่ทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนบนฐานหลักฐาน

9.2 การสอนจุลภาคและการฝึกทักษะการสอน

การสอนจุลภาค (microteaching) เป็นการฝึกสอนในสถานการณ์ย่อที่ผู้เรียนครูได้ทดลองสอนช่วงสั้น ๆ บันทึกวีดิทัศน์ และรับผลป้อนกลับจากอาจารย์และเพื่อน เพื่อพัฒนาทักษะเฉพาะ เช่น การตั้งคำถาม การจัดกิจกรรม และการอธิบายมโนทัศน์ การฝึกซ้ำเชิงวงรอบนี้ช่วยให้นักศึกษาครูสะสมประสบการณ์อย่างปลอดภัยก่อนลงสู่ชั้นเรียนจริง

คุณค่าของการสอนจุลภาคอยู่ที่การลดความซับซ้อนของการสอนจริงลงเหลือองค์ประกอบที่จัดการได้ การสอนจริงต้องจัดการหลายสิ่งพร้อมกัน ทั้งเนื้อหา การจัดการชั้นเรียน เวลา และการตอบสนองของผู้เรียน ซึ่งสร้างภาระทางปัญญาสูงเกินกว่าที่ครูมือใหม่จะจัดการได้ การสอนจุลภาคจึงทำหน้าที่เป็นการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) ตามแนวคิดในบทที่ 3 โดยให้นักศึกษาครูฝึกทักษะทีละด้านในสถานการณ์ที่ควบคุมได้ ก่อนบูรณาการทุกด้านในการสอนจริง วงจรการฝึกที่มีประสิทธิภาพประกอบด้วยการวางแผน การสอน การรับผลป้อนกลับ และการสอนซ้ำที่ปรับปรุงแล้ว ซึ่งสะท้อนหลักการเรียนรู้จากการปฏิบัติและการได้รับผลป้อนกลับที่ทันเวลาในบทที่ 6

ผู้เขียนขอเน้นปัจจัยที่ทำให้การสอนจุลภาคได้ผลจริง ประการแรกคือคุณภาพของผลป้อนกลับซึ่งต้องเจาะจง อิงหลักฐานจากการสังเกต และชี้ทางพัฒนา มิใช่เพียงคำชมทั่วไป ประการที่สองคือการใช้การบันทึกวีดิทัศน์ ซึ่งช่วยให้นักศึกษาครูได้เห็นการสอนของตนจากมุมมองภายนอก และสังเกตสิ่งที่ไม่รู้ตัวขณะสอน เช่น การพูดเร็วเกินไปหรือการไม่เว้นเวลาคิด และประการที่สามคือการสอนซ้ำหลังปรับปรุงซึ่งเป็นหัวใจที่ทำให้การฝึกนำไปสู่การพัฒนาจริง การสอนจุลภาคที่ขาดการสอนซ้ำจะเหลือเพียงการวิจารณ์โดยไม่มีโอกาสพัฒนา ในบริบทการผลิตครูวิทยาศาสตร์ ผู้เขียนเสนอให้เน้นการฝึกทักษะที่เป็นเอกลักษณ์ของการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น การสาธิตการทดลอง การตั้งคำถามที่กระตุ้นการสืบเสาะ และการจัดการการอภิปรายที่เผชิญมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จากการฝึกในสถานการณ์ย่อ นักศึกษาครูต้องก้าวสู่การฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานศึกษาจริง ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนผ่านที่สำคัญที่สุดของการเป็นครู อาจกล่าวได้ว่า ช่องว่างระหว่างการสอนจุลภาคในมหาวิทยาลัยกับการสอนในชั้นเรียนจริงนั้นกว้างกว่าที่นักศึกษาครูมักคาดคิด เพราะชั้นเรียนจริงมีความซับซ้อน ไม่แน่นอน และมีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มากมาย ทั้งความหลากหลายของผู้เรียน ข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร และพลวัตทางสังคมในห้องเรียน การฝึกประสบการณ์จริงจึงเป็นพื้นที่ที่นักศึกษาครูได้บูรณาการความรู้ทั้งหมดและเรียนรู้การตัดสินใจในสถานการณ์ที่ไม่มีคำตอบสำเร็จรูป

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ปัจจัยที่กำหนดคุณภาพของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่ผู้เขียนเห็นว่าสำคัญที่สุดคือการมีพี่เลี้ยง (mentoring) ที่มีคุณภาพ ครูพี่เลี้ยงที่ดีมิใช่เพียงผู้ที่ให้นักศึกษาครูสังเกตและทดลองสอน แต่เป็นผู้ที่ช่วยให้นักศึกษาครูเข้าถึงการคิดเชิงวิชาชีพเบื้องหลังการตัดสินใจในชั้นเรียน เช่น เหตุใดจึงเลือกตอบสนองต่อคำตอบของผู้เรียนเช่นนั้น หรือเหตุใดจึงปรับแผนกลางคัน การที่พี่เลี้ยงทำให้การคิดที่ซ่อนอยู่ปรากฏชัด (making thinking visible) ช่วยให้นักศึกษาครูพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตว่า ระบบการฝึกประสบการณ์ในหลายบริบทยังขาดการเตรียมและสนับสนุนครูพี่เลี้ยงอย่างเพียงพอ ทำให้คุณภาพการเป็นพี่เลี้ยงแปรปรวนสูง การพัฒนาระบบพี่เลี้ยงที่มีคุณภาพจึงเป็นการลงทุนที่สำคัญต่อการผลิตครูวิทยาศาสตร์ที่ดี ในระดับระบบ Faikhamta et al. (2018) ได้วิเคราะห์เส้นทางการผลิตครูวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย ทั้งด้านคุณสมบัติและการคัดเลือกผู้เข้าศึกษา รูปแบบของหลักสูตร และการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานศึกษา และชี้ว่าการฝึกประสบการณ์วิชาชีพเป็นจุดที่มีความท้าทายสูงในการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย ข้อวิเคราะห์นี้ตอกย้ำว่าการพัฒนาครูพี่เลี้ยงเป็นเงื่อนไขเชิงระบบ มิใช่ภาระของสถานศึกษาแต่ละแห่งเพียงลำพัง

เพื่อให้เห็นภาพการสอนจุลภาคอย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอยกตัวอย่างวงรอบการฝึกของนักศึกษาครูฟิสิกส์ที่ฝึกทักษะการตั้งคำถามในการสอนเรื่องแรงเสียดทาน ในรอบแรก นักศึกษาครูสอนช่วงสั้นประมาณ 10 นาที โดยถามคำถามที่ตนคิดว่ากระตุ้นการคิด เช่น ทำไมวัตถุจึงหยุด เมื่อทบทวนวีดิทัศน์ร่วมกับอาจารย์และเพื่อน พบว่านักศึกษาครูถามคำถามปลายปิดที่ต้องการคำตอบเดียวเป็นส่วนใหญ่ และมักตอบคำถามเองภายในสองวินาทีโดยไม่เว้นเวลาให้ผู้เรียนคิด ผลป้อนกลับที่เจาะจงนี้ชี้สองจุดพัฒนา คือ การปรับคำถามให้เปิดกว้างขึ้น และการเพิ่มเวลารอคอย (wait time) ตามที่อภิปรายในบทที่ 5

ในรอบที่สองหลังปรับปรุง นักศึกษาครูเปลี่ยนคำถามเป็นแบบเปิด เช่น มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้วัตถุหยุดเร็วช้าต่างกัน และฝึกเว้นเวลารอคอยอย่างน้อยสามวินาที ผลคือผู้เรียนสมมุติในการฝึกตอบสนองหลากหลายและลึกขึ้น ตัวอย่างนี้แสดงคุณค่าที่แท้จริงของการสอนจุลภาคที่ครบวงรอบ คือมิใช่เพียงการวิจารณ์ว่าสอนได้ดีหรือไม่ แต่เป็นการระบุจุดพัฒนาที่เจาะจง การปรับปรุง และการสอนซ้ำที่เห็นผลการเปลี่ยนแปลง วงรอบเช่นนี้ทำให้นักศึกษาครูเรียนรู้ว่าทักษะการสอนพัฒนาได้ด้วยการฝึกฝนอย่างตั้งใจบนฐานหลักฐาน มิใช่พรสวรรค์ที่ติดตัวมา

Library and Learning University of Phayao

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (ชีววิทยา)

ผู้เขียนขอยกกรณีนักศึกษาครูชีววิทยาที่เตรียมสอนจุลภาค (microteaching) เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ในเซลล์ ความท้าทายเชิงวิทยาการสอนคือมโนทัศน์นี้เป็นนามธรรม มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และมีศัพท์เทคนิคจำนวนมากที่ผู้เรียนต้องจดจำพร้อมเข้าใจหน้าที่ นักศึกษาครูจำนวนมากจึงเลือกใช้การเปรียบเทียบเซลล์กับโรงงาน โดยให้นิวเคลียสเป็นห้องผู้จัดการ ไมโทคอนเดรียเป็นห้องเครื่องผลิตพลังงาน และเยื่อหุ้มเซลล์เป็นรั้วโรงงาน

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การเปรียบเทียบ (analogy) เป็นกลวิธีทางวิทยาการสอนที่ทรงพลัง แต่ผู้เขียนขอเตือนจากประสบการณ์ว่าการเปรียบเทียบที่ตื้นหรือใช้โดยไม่ระบุขอบเขต อาจสร้างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ ตัวอย่างเช่น การเปรียบเซลล์กับโรงงานอาจทำให้ผู้เรียนเข้าใจผิดว่าออร์แกเนลล์แต่ละชนิดทำงานแยกกันเป็นอิสระเหมือนแผนกที่ไม่เกี่ยวข้องกัน ทั้งที่ความจริงออร์แกเนลล์ทำงานประสานกันอย่างเป็นระบบ หรืออาจทำให้เข้าใจผิดว่าเซลล์มี “ผู้สั่งการ” ที่มีเจตจำนงเหมือนผู้จัดการโรงงาน

ผู้เขียนขอเสนอว่า ประเด็นนี้คือสิ่งที่ควรเป็นหัวใจของการสะท้อนคิดหลังการสอนจุลภาค แทนที่การสะท้อนคิดจะวนอยู่กับเรื่องผิวเผิน เช่น น้ำเสียงดังพอหรือไม่ หรือเวลาพอดีหรือไม่ ผู้เขียนเสนอให้เพื่อนร่วมชั้นและอาจารย์นิเทศก์ตั้งคำถามเชิงวิทยาการสอนที่ลึกขึ้น เช่น การเปรียบเทียบที่ใช้สื่อความสัมพันธ์เชิงระบบของเซลล์ได้เพียงใด จุดใดที่การเปรียบเทียบใช้ได้ดี และจุดใดที่อาจนำไปสู่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน นักศึกษาครูควรฝึกระบุขอบเขตของการเปรียบเทียบให้ผู้เรียนทราบอย่างชัดเจน

ผู้เขียนเห็นว่าการสะท้อนคิดที่เจาะลึกถึงระดับมโนทัศน์และการตัดสินใจเชิงวิทยาการสอนเช่นนี้ คือสิ่งที่แยกการฝึกปฏิบัติที่มีความหมายออกจากการทำตามพิธีกรรม ดังที่อภิปรายไว้ในเนื้อหาหลักของบท การสอนจุลภาคจะมีคุณค่าสูงสุดเมื่อมันเป็นพื้นที่ปลอดภัยให้นักศึกษาครูได้ทดลองการตัดสินใจเชิงวิชาชีพ รับผลป้อนกลับที่เจาะจง และปรับปรุงก่อนออกไปสอนจริง วงรอบการสอน-สังเกต-สะท้อนคิด-ปรับปรุง ที่เน้นคุณภาพเชิงมโนทัศน์นี้ จึงเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความมั่นใจที่ตั้งอยู่บนสมรรถนะที่แท้จริง มิใช่ความมั่นใจที่ว่างเปล่า

Library and Learning, University of Phayao

9.3 การสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพและการศึกษาบทเรียน

การสะท้อนคิด (reflective practice) เป็นกระบวนการที่ครูทบทวนการสอนของตนอย่างเป็นระบบเพื่อพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เมื่อผนวกกับกระบวนการศึกษาบทเรียน (lesson study) ที่ครูร่วมกันออกแบบ สังเกต และปรับปรุงบทเรียน จะก่อให้เกิดชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) ที่ขับเคลื่อนการพัฒนาการสอนอย่างยั่งยืน Kim et al. (2019) เน้นว่าการพัฒนาเชิงวิชาชีพที่ต่อเนื่องเป็นกุญแจสำคัญของการยกระดับคุณภาพการสอนแห่งศตวรรษที่ 21

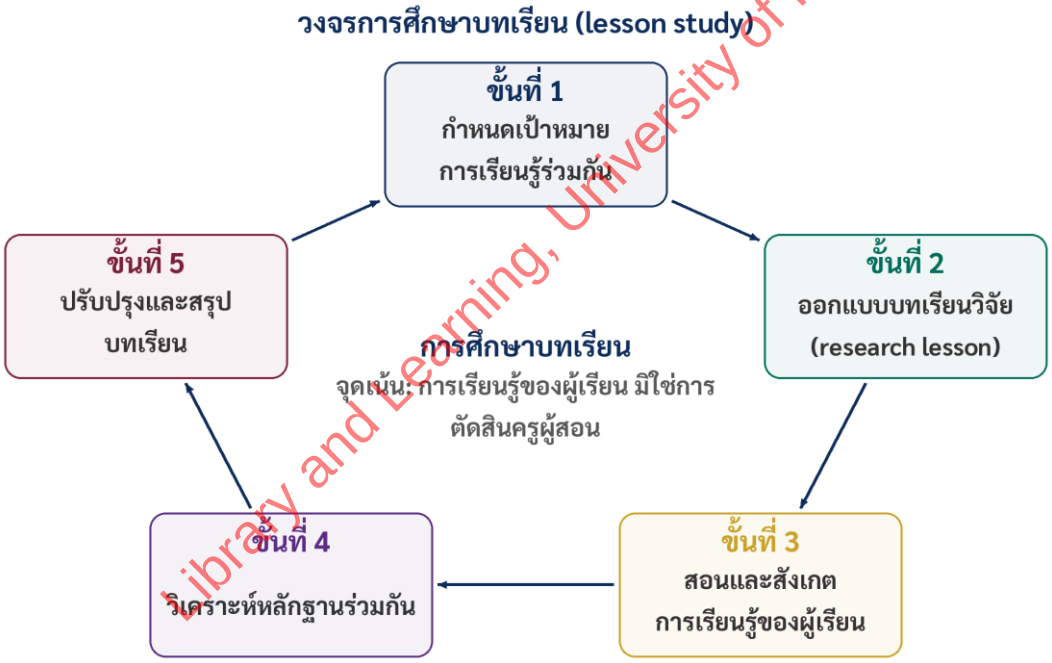
ผู้เขียนเห็นว่าจุดอ่อนที่พบบ่อยในการผลิตครูคือการมองการสอนจุลภาคและการสะท้อนคิดเป็นเพียง “พิธีกรรม” ที่นักศึกษาทำให้ครบตามข้อกำหนด มากกว่าจะเป็นเครื่องมือพัฒนาวิชาชีพอย่างแท้จริง การสะท้อนคิดที่ตื้น เช่น การบรรยายว่า “สอนได้ดี/ไม่ดี” โดยไม่วิเคราะห์สาเหตุเชิงหลักฐาน ไม่ก่อให้เกิดการเรียนรู้เชิงวิชาชีพ ผู้เขียนจึงเสนอว่าการสะท้อนคิดที่มีคุณภาพต้องอิงหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสอนจริง (เช่น วีดิทัศน์ ชิ้นงานผู้เรียน ข้อมูลปฏิสัมพันธ์) และเชื่อมโยงกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่ศึกษาในบทก่อนหน้า มิใช่อาศัยความรู้สึกส่วนตัวเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ช่องว่างด้านความสมจริง (authenticity gap)

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ระหว่างการสอนจุลภาคในห้องเรียนมหาวิทยาลัยกับห้องเรียนจริง เป็นข้อจำกัดที่ต้องชดเชยด้วยการฝึกประสบการณ์ในสถานศึกษาจริงและการมีพี่เลี้ยง (mentoring) อย่างเป็นระบบ

ผู้เขียนขอขยายความกระบวนการศึกษาบทเรียน (lesson study) ซึ่งมีต้นกำเนิดจากญี่ปุ่นและแพร่หลายในการพัฒนาครูทั่วโลก (Stigler & Hiebert, 1999) กระบวนการนี้เป็นวงจรที่ครูกลุ่มหนึ่งร่วมกันกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ออกแบบบทเรียนวิจัย (research lesson) ร่วมกัน จากนั้นครูคนหนึ่งสอนขณะที่เพื่อนสังเกตการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ แล้วกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์หลักฐานและปรับปรุงบทเรียน จุดเด่นของการศึกษาบทเรียนที่แตกต่างจากการนิเทศแบบดั้งเดิมคือ การสังเกตมุ่งที่การเรียนรู้ของผู้เรียน มิใช่การตัดสินครูผู้สอน ทำให้บรรยากาศเป็นการเรียนรู้ร่วมกันมากกว่าการประเมินเพื่อตัดสิน และการที่บทเรียนเป็นผลงานของกลุ่ม มิใช่ของบุคคล ช่วยลดความรู้สึกถูกตรวจสอบและส่งเสริมการเปิดเผยปัญหาอย่างตรงไปตรงมา ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญของการเรียนรู้เชิงวิชาชีพที่แท้จริง

วงจรการศึกษาบทเรียน (lesson study) สรุปได้ดังภาพที่ 27 จุดเน้น ได้แก่ สังเกตการเรียนรู้ของผู้เรียน มิใช่ตัดสินครูผู้สอน — เป็นการเรียนรู้ร่วมกัน



Library and Learning, University of Phayao

ภาพที่ 27 วงจรการศึกษาบทเรียน (lesson study) ที่เน้นการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการสังเกต
(ที่มา ผู้เขียน ปรับจาก แนวคิด lesson study)

ภาพที่ 27 แสดงให้เห็นว่าการศึกษาบทเรียนเป็นวงจรต่อเนื่องที่ครูร่วมกันกำหนดเป้าหมาย ออกแบบบทเรียนวิจัย สอนและสังเกตการเรียนรู้ของผู้เรียน แล้วนำหลักฐานมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงร่วมกัน จุดที่ทำให้กระบวนการนี้ต่างจากการนิเทศแบบเดิมคือการมุ่งสังเกตการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มิใช่การตัดสินครูผู้สอน ซึ่งสร้างบรรยากาศของการเรียนรู้ร่วมกันอย่างแท้จริง

ผู้เขียนขอเสริมความเข้าใจเรื่องการสะท้อนคิดด้วยการแยกระดับของการสะท้อนที่ครูควรพัฒนาในเชิงเวลา การสะท้อนคิดแบ่งได้เป็นการสะท้อนคิดขณะปฏิบัติ (reflection-in-action) ซึ่งคือการที่ครู

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ปรับการสอนทันทีขณะอยู่ในชั้นเรียนเมื่อสังเกตการตอบสนองของผู้เรียน และการสะท้อนคิดหลังปฏิบัติ (reflection-on-action) ซึ่งคือการทบทวนการสอนหลังจบบทเรียนเพื่อวางแผนปรับปรุง ผู้เขียนเห็นว่าครูมือใหม่มักทำได้เพียงการสะท้อนหลังปฏิบัติ ขณะที่ครูผู้เชี่ยวชาญพัฒนาการสะท้อนขณะปฏิบัติจนกลายเป็นการตัดสินใจที่ลื่นไหล ซึ่งเป็นลักษณะของความเชี่ยวชาญเชิงวิชาชีพ

ในเชิงความลึก ผู้เขียนเสนอว่าการสะท้อนคิดมีหลายระดับ ระดับผิวเผินคือการบรรยายเหตุการณ์ ระดับกลางคือการวิเคราะห์สาเหตุและเชื่อมโยงกับทฤษฎี และระดับลึกคือการตั้งคำถามต่อสมมติฐานและคุณค่าเบื้องหลังการสอนของตน เช่น การตั้งคำถามว่าเหตุใดจึงเชื่อว่าวิธีสอนแบบนี้ดี หรือการสอนของตนสะท้อนความเชื่อเรื่องการเรียนรู้อย่างไร การสะท้อนคิดที่พัฒนาวิชาชีพอย่างแท้จริงต้องไปถึงระดับลึกที่ท้าทายความเชื่อเดิม มิใช่หยุดอยู่ที่การบรรยายหรือการวิเคราะห์ผิวเผิน ในการผลิตครูวิทยาศาสตร์ ผู้เขียนแนะนำให้อาจารย์นิเทศก์ใช้คำถามที่ผลักดันการสะท้อนสู่ระดับลึก และฝึกให้นักศึกษาครูสะท้อนคิดโดยอิงหลักฐานเชิงประจักษ์จากชั้นเรียน เชื่อมโยงกับทฤษฎีการเรียนรู้ และตั้งคำถามต่อความเชื่อของตนอย่างสม่ำเสมอ

9.4 ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ

ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (professional learning community: PLC) เป็นรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพที่ขยายการเรียนรู้ของครูจากระดับบุคคลสู่ระดับองค์กร ในมุมมองของผู้เขียน PLC แตกต่างจากการอบรมทั่วไปตรงที่เป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ฝังอยู่ในการทำงานประจำวันของครู มิใช่กิจกรรมที่แยกออกมาเป็นครั้งคราว แนวคิดหลักของ PLC คือการที่ครูทำงานร่วมกันอย่างสม่ำเสมอเพื่อตอบคำถามสำคัญสามประการ ได้แก่ ผู้เรียนควรเรียนรู้อะไร เราจะรู้ได้อย่างไรว่าผู้เรียนเรียนรู้แล้ว และเราจะทำอย่างไรเมื่อผู้เรียนยังไม่บรรลุหรือบรรลุเกินเป้าหมาย คำถามเหล่านี้ผูกการทำงานร่วมกันของครูเข้ากับการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยตรง

ผู้เขียนขอเน้นว่า PLC ที่มีประสิทธิภาพต้องมีองค์ประกอบสำคัญหลายประการ ได้แก่ การมีเป้าหมายร่วมที่มุ่งการเรียนรู้ของผู้เรียน การทำงานร่วมกันบนฐานหลักฐานจากชั้นเรียนจริง วัฒนธรรมที่เปิดเผยและไว้วางใจกัน และการสนับสนุนเชิงโครงสร้างจากผู้บริหาร เช่น การจัดเวลาให้ครูได้พบกันอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตเชิงวิพากษ์ว่า PLC จำนวนมากในทางปฏิบัติกลายเป็นเพียงการประชุมเชิงบริหารที่ไม่ได้มุ่งการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างแท้จริง หรือเป็นพิธีกรรมที่ทำให้ครบตามนโยบาย การที่ PLC จะสร้างผลกระทบจริงต้องอาศัยการเปลี่ยนวัฒนธรรมการทำงานของครูจากการทำงานโดดเดี่ยวสู่การร่วมมือบนฐานหลักฐาน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงลึกที่ต้องการเวลาและการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง ในบริบทไทย การขับเคลื่อน PLC เป็นนโยบายระดับชาติ แต่ความสำเร็จขึ้นอยู่กับการนำไปปฏิบัติที่รักษาเจตนารมณ์ของการเรียนรู้ร่วมกัน มิใช่เพียงรูปแบบ

เพื่อให้เห็นภาพ PLC ที่ทำงานจริง ผู้เขียนขอยกตัวอย่างกลุ่มครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมต้นที่พบกันสัปดาห์ละครั้ง กลุ่มเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินที่พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจคลาดเคลื่อนเรื่อง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การถ่ายโอนพลังงานความร้อน จากนั้นครูร่วมกันศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องนี้ ออกแบบกิจกรรมที่เผชิญมโนทัศน์ดังกล่าว แล้วต่างนำไปทดลองสอนในห้องของตน เมื่อกลับมาพบกัน ครูนำชิ้นงานผู้เรียนและข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกันว่ากิจกรรมใดช่วยให้ผู้เรียนปรับมโนทัศน์ได้ดี แล้วปรับปรุงต่อ จากประสบการณ์ของผู้เขียน ตัวอย่างนี้แสดงลักษณะของ PLC ที่แท้จริง คือการทำงานวนรอบบนฐานหลักฐานจากชั้นเรียนจริง มุ่งที่การเรียนรู้ของผู้เรียน และอาศัยความไว้วางใจที่ครูกล้านำปัญหาในห้องของตนมาแลกเปลี่ยน ซึ่งต่างจากการประชุมที่เพียงรายงานความก้าวหน้าตามแบบฟอร์ม กระบวนการนี้ยังบูรณาการการศึกษาบทเรียนและการวิจัยในชั้นเรียนเข้าด้วยกันอย่างเป็นธรรมชาติ

กลไกที่เกี่ยวข้องและสำคัญในบริบทไทยคือการนิเทศภายในสถานศึกษา ซึ่งเป็นกระบวนการสนับสนุนการพัฒนาการสอนของครูภายในโรงเรียน งานวิจัยของ เสกสิทธิ์ แข็งแรง และคณะ (2568) ที่ศึกษาสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานนิเทศภายในสถานศึกษา การนิเทศภายในที่มีคุณภาพเป็นกลไกเชิงโครงสร้างที่เกื้อหนุนชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพและการเป็นพี่เลี้ยง โดยเปลี่ยนการนิเทศจากการตรวจสอบเพื่อประเมิน ไปสู่การสนับสนุนการพัฒนาเชิงวิชาชีพร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับเจตนารมณ์ของการพัฒนาวิชาชีพที่ฝังในการปฏิบัติและอาศัยความร่วมมือ

ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพในปัจจุบันขยายสู่พื้นที่ออนไลน์และเครือข่ายสังคมของครูไทย ซึ่งเติบโตอย่างรวดเร็วหลังสถานการณ์การระบาด เครือข่ายเหล่านี้ช่วยให้ครูในโรงเรียนที่อยู่ห่างไกลแลกเปลี่ยนแผนการสอน สื่อ และแนวปฏิบัติได้โดยไม่ติดข้อจำกัดด้านระยะทาง อย่างไรก็ตามครูควรประเมินคุณภาพและความถูกต้องของสิ่งที่แลกเปลี่ยนอย่างมีวิจารณญาณ และรักษาบรรทัดฐานการให้เกียรติทางวิชาชีพในการอภิปรายออนไลน์

Library and Learning, University of Phayao

9.5 บทบาทผู้อำนวยความสะดวก โค้ช และพี่เลี้ยงในการปฏิบัติการสอน

การปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนสมัยใหม่เรียกร้องให้ครูสวมบทบาทที่กว้างกว่าผู้ถ่ายทอดความรู้ ผู้เขียนเห็นว่าบทบาทสำคัญสามประการที่ครูวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต้องพัฒนา ได้แก่ ผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) โค้ช (coach) และพี่เลี้ยง (mentor) ทั้งสามบทบาทมีรากร่วมกันคือการเปลี่ยนจุดศูนย์กลางจากตัวครูไปสู่ผู้เรียนหรือผู้รับการพัฒนา แต่ต่างกันที่บริบทและเป้าหมาย ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบบทบาทผู้อำนวยความสะดวก โค้ช และพี่เลี้ยงในการปฏิบัติการสอนและการพัฒนาวิชาชีพ

บทบาท	บริบทที่ใช้	สาระสำคัญของบทบาท	แนวปฏิบัติของครูวิทยาศาสตร์	ผลที่มุ่งหวัง
ผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator)	ในชั้นเรียน ครูกับผู้เรียน	ออกแบบสถานการณ์และตั้งคำถามให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยไม่บอกคำตอบก่อน	ตั้งคำถามนำในขั้นสำรวจของวัฏจักร 5E และจัดการอภิปรายให้ทุกคนมีส่วนร่วม	ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานได้ด้วยตนเอง

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทบาท	บริบทที่ใช้	สาระสำคัญของบทบาท	แนวปฏิบัติของครูวิทยาศาสตร์	ผลที่มุ่งหวัง
โค้ช (Coach)	การพัฒนาวิชาชีพครูพี่เลี้ยงกับนักศึกษาฝึกสอนหรือเพื่อนครู	ช่วยให้ผู้รับการโค้ชตั้งเป้าหมายของตนเอง สังเกตการสอน และสะท้อนผลด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์	สังเกตการสอนตามประเด็นที่ตกลงร่วมกัน แล้วใช้คำถามสะท้อนคิดแทนการตัดสิน	ผู้รับการโค้ชปรับการสอนได้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง
พี่เลี้ยง (Mentor)	การเข้าสู่วิชาชีพ ครูอาวุโสกับครูใหม่	ถ่ายทอดประสบการณ์ ให้คำแนะนำ และสนับสนุนด้านจิตใจในระยะยาว	แนะนำการบริหารชั้นเรียน แบ่งปันสื่อและแผน ช่วยแก้ปัญหาเฉพาะหน้า	ครูใหม่ปรับตัวเข้าสู่วิชาชีพและคงอยู่ในวิชาชีพได้

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 25 ชี้ให้เห็นว่าบทบาททั้งสามมิได้แยกขาดจากกัน ครูคนหนึ่งอาจสวมทั้งสามบทบาทในช่วงเวลาต่างกัน กล่าวคือเป็นผู้อำนวยความสะดวกในชั้นเรียนของตน เป็นโค้ชเมื่อสังเกตการสอนของเพื่อนครูในวงจรการศึกษาบทเรียนตามหัวข้อ 9.3 และเป็นพี่เลี้ยงเมื่อดูแลนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ในทัศนะของผู้เขียน สิ่งที่แยกบทบาทเหล่านี้ออกจากการสั่งการแบบเดิม คือการใช้คำถามแทนคำสั่ง และการใช้หลักฐานจากการสังเกตแทนความรู้สึกส่วนตัว การโค้ชที่มีคุณภาพจึงต้องอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสอนจริง เช่น บันทึกวีดิทัศน์ ผลงานผู้เรียน หรือบันทึกการสังเกต แล้วให้ผู้รับการโค้ชเป็นผู้ตีความและตัดสินใจปรับปรุงด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการให้ผลป้อนกลับเพื่อการพัฒนาที่กล่าวถึงในบทที่ 6 และเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพในหัวข้อ 9.4 ดำเนินไปอย่างมีคุณภาพ

Library and Learning, University of Phayao

9.6 หลักฐานเชิงประจักษ์ของการพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพ

คำถามสำคัญสำหรับครูและผู้กำหนดนโยบายคือ การพัฒนาวิชาชีพแบบใดที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนจริง การตอบคำถามนี้ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์สำคัญ เพราะทรัพยากรจำนวนมากถูกใช้ไปกับการพัฒนาวิชาชีพที่อาจไม่ได้ผล งานวิจัยสังเคราะห์ชี้ตรงกันว่าการอบรมระยะสั้นครั้งเดียวมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียน ขณะที่การพัฒนาที่ต่อเนื่อง ฝังในการปฏิบัติงาน เน้นเนื้อหาเฉพาะวิชาและวิธีที่ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหานั้น และอาศัยความร่วมมือ มีแนวโน้มส่งผลมากกว่า

หลักฐานเฉพาะในบริบทการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ปรากฏในการวิเคราะห์อภิมานโดย Lynch et al. ที่ตีพิมพ์ในวารสาร AERA Open และสังเคราะห์งานวิจัยเชิงทดลอง 46 ชิ้น พบว่าการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ส่งผลเชิงบวกอย่างมากต่อผลลัพธ์ระดับครู เช่น ความรู้และการจัดการเรียนการสอน โดยมีขนาดอิทธิพลเฉลี่ยประมาณ 0.52 และโปรแกรมที่ส่งผลต่อครูมากก็มีแนวโน้มส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนมากด้วย (Lynch et al., 2025) นอกจากนี้ Sothayapetch et al. (2013) ได้สัมภาษณ์ครูระดับประถมศึกษาในประเทศไทยและประเทศฟินแลนด์เพื่อเปรียบเทียบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนกับความรู้การสอนทั่วไป ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการทำความเข้าใจฐานความรู้ของครูต้อง

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

พิจารณาควบคู่กับบริบทเชิงระบบของแต่ละประเทศ ทั้งหลักสูตร ตำราเรียน และแนวปฏิบัติการประเมิน ข้อสังเกตนี้เตือนว่าการถ่ายโอนรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพจากต่างประเทศมาใช้ในไทยโดยตรงอาจไม่ให้ผลตามที่คาดหวัง หากไม่ปรับให้สอดคล้องกับเงื่อนไขเชิงระบบของไทย

ผู้เขียนขออ่านข้อค้นพบนี้อย่างมีวิจารณญาณว่า แม้ผลต่อระดับครูจะสูง แต่ผลต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนมักมีขนาดเล็กกว่า เพราะการเปลี่ยนแปลงต้องผ่านหลายขั้น คือจากการพัฒนาครู สู่การเปลี่ยนการสอน สู่การเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้เขียนสังเกตว่า นัยเชิงปฏิบัติที่สำคัญสำหรับการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ไทยคือ ควรลงทุนกับการพัฒนาที่ต่อเนื่องและเน้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) ตามบทที่ 1 มากกว่าการอบรมทั่วไประยะสั้น และควรออกแบบให้การพัฒนาเชื่อมโยงกับการปฏิบัติในชั้นเรียนจริงผ่านกลไกอย่างการศึกษาบทเรียนและชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานว่าการพัฒนาที่ฝังในการปฏิบัติและอาศัยความร่วมมือมีประสิทธิผลสูงกว่า

ผู้เขียนขอเน้นเงื่อนไขเชิงบริบทที่มักถูกมองข้ามในการพัฒนาวิชาชีพ คือความผาสุกและความผูกพันของครู การพัฒนาวิชาชีพที่ยั่งยืนเกิดขึ้นได้ยากหากครูเผชิญความเหนื่อยล้าหรือขาดความผูกพันกับองค์กร งานวิจัยของ จิราภรณ์ สิงหา และคณะ (2568) ที่ศึกษาครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 3 พบว่าความสุขในการปฏิบัติงานของครูส่งผลต่อความผูกพันในองค์กร ข้อค้นพบนี้เตือนว่ากลไกการพัฒนาวิชาชีพทั้งหมดที่อภิปรายในบทนี้ จะสัมฤทธิ์ผลได้ก็ต่อเมื่อครูอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เกื้อหนุนความผาสุก ครูที่มีความสุขและผูกพันกับองค์กรย่อมมีพลังในการสะท้อนคิด ทำวิจัยในชั้นเรียน และร่วมมือในชุมชนวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง การสร้างวัฒนธรรมการพัฒนาวิชาชีพที่ยั่งยืนจึงต้องคำนึงถึงความผาสุกของครูควบคู่กับการพัฒนาสมรรถนะ มิใช่มุ่งเพิ่มภาระจนบั่นทอนกำลังใจ

ในโรงเรียนขนาดเล็กที่ครูคนเดียวสอนหลายวิชาและหลายระดับชั้น การพัฒนาวิชาชีพแบบเต็มรูปอาจเป็นไปได้ยาก ครูสามารถปรับใช้ในขนาดที่เหมาะสม เช่น รวมกลุ่มข้ามโรงเรียนในเครือข่ายเดียวกันเพื่อศึกษาบทเรียนร่วมกันภาคเรียนละครั้ง ใช้การสะท้อนคิดรายบุคคลอย่างสม่ำเสมอแทนวงสนทนาขนาดใหญ่ และเลือกประเด็นพัฒนาที่ครอบคลุมหลายวิชาในคราวเดียว เพื่อให้การพัฒนาวิชาชีพยั่งยืนภายใต้ข้อจำกัดด้านบุคลากร

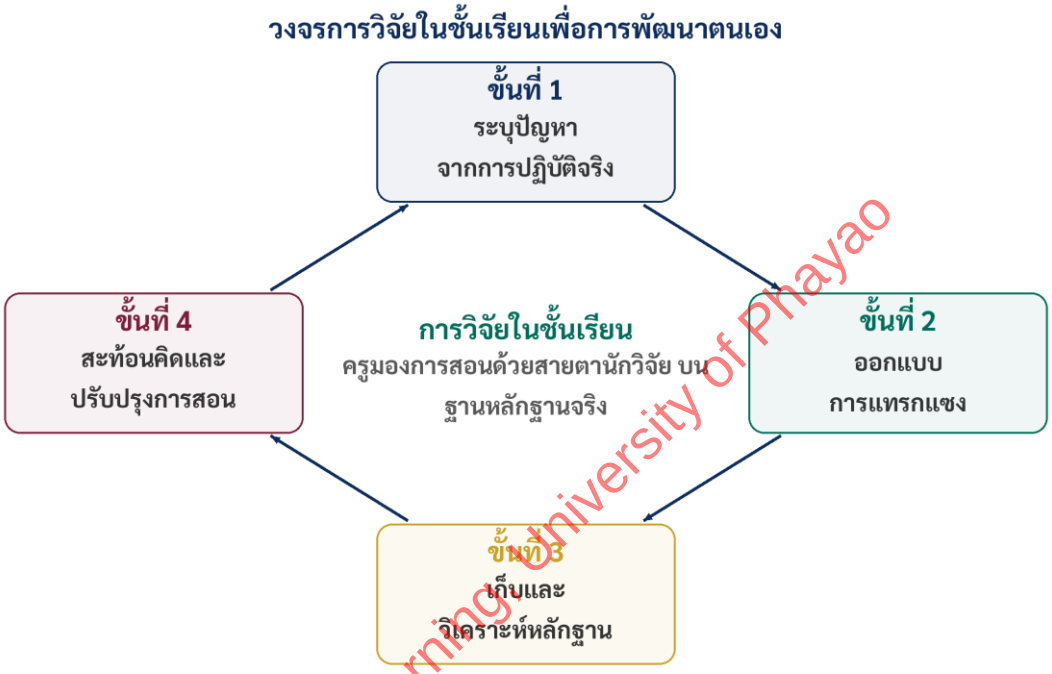
Library and Learning, University of Phayao

9.7 การวิจัยในชั้นเรียนเพื่อการพัฒนาตนเอง

กลไกการพัฒนาตนเองที่ทรงพลังที่สุดอย่างหนึ่งสำหรับครูวิทยาศาสตร์คือการวิจัยในชั้นเรียน (classroom action research) อาจกล่าวได้ว่า การวิจัยในชั้นเรียนเป็นมากกว่าการทำวิจัยตามข้อกำหนด แต่อยู่ที่ครูมองการสอนของตนด้วยสายตาของนักวิจัย กล่าวคือ ครูระบุปัญหาหรือคำถามจากการปฏิบัติจริง ออกแบบการแทรกแซง เก็บและวิเคราะห์หลักฐานอย่างเป็นระบบ แล้วปรับปรุงการสอนบนฐานหลักฐานนั้น แนวคิดนี้สอดคล้องกับมุมมอง “การสอนในฐานะการสืบเสาะ” ที่อภิปรายในบทที่ 7 และเปลี่ยนครูจากผู้ปฏิบัติตามแนวทางสำเร็จรูปไปสู่ผู้สร้างความรู้จากการปฏิบัติของตน

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ผู้เขียนขอเน้นความเชื่อมโยงพิเศษระหว่างการวิจัยในชั้นเรียนกับการสอนวิทยาศาสตร์ คือการที่กระบวนการวิจัยปฏิบัติการสะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เอง ครูวิทยาศาสตร์ที่ทำวิจัยในชั้นเรียนกำลังประยุกต์วิธีคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตนสอน คือการตั้งคำถาม รวบรวมหลักฐาน วิเคราะห์ และสรุปบนฐานข้อมูล มาใช้กับการพัฒนาการสอนของตนเอง ในมุมมองของผู้เขียน ครูที่เป็นแบบอย่างของการเป็นผู้เรียนรู้เชิงวิทยาศาสตร์เช่นนี้ ย่อมถ่ายทอดเจตคติทางวิทยาศาสตร์สู่ผู้เรียนได้อย่างเป็นธรรมชาติ วงจรการวิจัยในชั้นเรียนสรุปได้ดังภาพที่ 28 วงจรการวิจัยในชั้นเรียนเพื่อการพัฒนาตนเอง



ภาพที่ 28 วงจรการวิจัยในชั้นเรียนเพื่อการพัฒนาตนเองของครู

(ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 28 สะท้อนว่าการวิจัยในชั้นเรียนคือการที่ครูมองการสอนของตนด้วยสายตาของนักวิจัย โดยเริ่มจากปัญหาจริงในการปฏิบัติ ออกแบบการแทรกแซง เก็บและวิเคราะห์หลักฐานอย่างเป็นระบบ แล้วสะท้อนคิดเพื่อปรับปรุงการสอนอย่างต่อเนื่อง วงจรนี้เปลี่ยนครูจากผู้ปฏิบัติตามแนวทางสำเร็จรูปไปสู่ผู้สร้างความรู้จากการปฏิบัติของตนเอง

ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตเชิงวิพากษ์ว่า การวิจัยในชั้นเรียนในบริบทไทยมักถูกลดทอนเป็นภาระเอกสารเพื่อการเลื่อนวิทยฐานะ มากกว่าการเป็นเครื่องมือพัฒนาการสอนอย่างแท้จริง ทำให้ครูจำนวนหนึ่งทำวิจัยเพื่อให้ได้ผลงาน แต่ไม่ได้นำผลกลับมาปรับการสอน ผู้เขียนขอเสนอว่า การวิจัยในชั้นเรียนที่มีคุณค่าต้องเริ่มจากปัญหาจริงที่ครูใส่ใจ และจบที่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติจริง มิใช่จบที่รายงาน การบูรณาการการวิจัยในชั้นเรียนเข้ากับกลไกความร่วมมืออย่างการศึกษาบทเรียนและชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพจะช่วยให้การวิจัยมีความหมายและยั่งยืน เพราะครูได้แลกเปลี่ยนและต่อยอดความรู้จากการปฏิบัติร่วมกัน นอกจากนี้ เครื่องมือดิจิทัลและ AI ที่อภิปรายในบทที่ 8 ยังช่วยให้ครูเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ได้สะดวกขึ้น ทำให้การวิจัยในชั้นเรียนเป็นไปได้จริงในภาระงานประจำวัน

Library and Learning Resources University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

9.8 ภาวะผู้นำทางวิชาการของครู

ปลายทางของการพัฒนาวิชาชีพที่ผู้เขียนเห็นว่าสำคัญแต่มักถูกมองข้ามในการผลิตครู คือการพัฒนาครูให้เป็นผู้นำทางวิชาการ (teacher leadership) ภาวะผู้นำของครูในที่นี้มิได้หมายถึงตำแหน่งบริหาร แต่หมายถึงการที่ครูขยายอิทธิพลทางวิชาชีพออกไปนอกห้องเรียนของตน เช่น การเป็นพี่เลี้ยงเพื่อนครู การนำชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ การพัฒนาหลักสูตรและสื่อ การขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงในโรงเรียน และการเผยแพร่ความรู้จากการปฏิบัติสู่วงวิชาชีพที่กว้างขึ้น การพัฒนาภาวะผู้นำของครูเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ความเชี่ยวชาญของครูคนหนึ่งส่งผลต่อระบบ มิใช่จำกัดอยู่เพียงห้องเรียนเดียว

หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนความสำคัญของภาวะผู้นำครู การวิเคราะห์อภิมานโดย Shen et al. (2020) ที่ตีพิมพ์ในวารสาร Educational Research Review พบว่าภาวะผู้นำของครูมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน แม้ขนาดความสัมพันธ์จะอยู่ในระดับเล็กถึงปานกลาง แต่ผู้เขียนเห็นว่าข้อค้นพบนี้มีนัยสำคัญ เพราะแสดงว่าการที่ครูมีบทบาทนำทางวิชาการส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนในวงกว้าง ผ่านการยกระดับคุณภาพการสอนของเพื่อนครูและการสร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้ในโรงเรียน

ผู้เขียนเห็นว่า เส้นทางการพัฒนาจากครูผู้ปฏิบัติสู่ผู้นำทางวิชาการมีความต่อเนื่องกับกลไกที่อภิปรายตลอดบทนี้ ครูที่สะท้อนคิดอย่างลึกซึ้ง ทำวิจัยในชั้นเรียน และมีส่วนร่วมในชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ จะค่อย ๆ พัฒนาความเชี่ยวชาญและความน่าเชื่อถือที่เป็นรากฐานของภาวะผู้นำทางวิชาการ การพัฒนานี้สอดคล้องกับเจตคติการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่เป็นแก่นของบทนี้ และเชื่อมโยงสู่บทบาทที่กว้างขึ้นของครูวิทยาศาสตร์ในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงการศึกษา โดยเฉพาะในยุคที่เทคโนโลยีและ AI กำลังเปลี่ยนภูมิทัศน์การเรียนรู้ ครูผู้นำทางวิชาการที่เข้าใจทั้งศาสตร์การสอนและการใช้เทคโนโลยีอย่างมีวิจารณญาณ จะเป็นพลังสำคัญในการนำพาวิชาชีพและสถานศึกษาให้ปรับตัวอย่างยืดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ซึ่งเป็นวิสัยทัศน์ที่ร้อยเรียงตลอดทั้งเล่ม

หลักฐานในบริบทไทยสนับสนุนความเชื่อมโยงระหว่างภาวะผู้นำทางวิชาการกับการพัฒนาตนเองของครู งานวิจัยของ วัชรพงษ์ คำวัน และคณะ (2569) ที่ศึกษาครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 1 พบว่าภาวะผู้นำทางวิชาการส่งผลต่อการทำวิจัยในชั้นเรียนของครู ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับมุมมองของผู้เขียนที่ว่า ภาวะผู้นำทางวิชาการมิได้แยกขาดจากการพัฒนาตนเองในชั้นเรียน แต่เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้ครูพัฒนาการสอนของตนอย่างเป็นระบบ ผ่านการวิจัยในชั้นเรียนตามที่อภิปรายในหัวข้อก่อนหน้า การพัฒนาผู้นำทางวิชาการในสถานศึกษาจึงเป็นการลงทุนที่ส่งผลต่อวัฒนธรรมการพัฒนาตนเองของครูทั้งระบบ

9.9 แฟ้มสะสมงานวิชาชีพเพื่อพัฒนาและแสดงสมรรถนะ

กลไกที่เชื่อมโยงการพัฒนาวิชาชีพทั้งหมดเข้าด้วยกันคือแฟ้มสะสมงานวิชาชีพ (professional portfolio) แฟ้มสะสมงานที่มีคุณค่ามิใช่การรวบรวมเอกสารเพื่อให้ครบตามข้อกำหนด แต่เป็นเครื่องมือที่ครูใช้รวบรวมหลักฐานการปฏิบัติ สะท้อนพัฒนาการของตน และแสดงสมรรถนะอย่างเป็นระบบ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ความแตกต่างระหว่างแฟ้มสะสมงานที่เป็นเพียงคลังเอกสารกับแฟ้มที่พัฒนาวิชาชีพอยู่ที่การสะท้อนคิด แฟ้มที่ดีมิได้เพียงเก็บผลงาน แต่อธิบายว่าผลงานนั้นสะท้อนสมรรถนะใด พัฒนาขึ้นอย่างไร และมีหลักฐานการเรียนรู้ของผู้เรียนรองรับเพียงใด

ผู้เขียนขอเสนอองค์ประกอบของแฟ้มสะสมงานวิชาชีพที่ครูวิทยาศาสตร์ควรพัฒนา ซึ่งสะท้อนสมรรถนะตามกรอบมาตรฐานวิชาชีพและเชื่อมโยงกับกรอบ PSF (Professional Standards Framework) ที่กล่าวถึงในส่วนต้นของเล่ม ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 องค์ประกอบของแฟ้มสะสมงานวิชาชีพครู

องค์ประกอบ	หลักฐานและการสะท้อนคิด
ปรัชญาการสอน	คำแถลงความเชื่อเรื่องการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พร้อมการเชื่อมโยงกับทฤษฎี
แผนและการออกแบบการสอน	แผนการจัดการเรียนรู้พร้อมหมายเหตุการออกแบบ (design rationale) ตามบทที่ 7
หลักฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน	ชิ้นงานผู้เรียน ข้อมูลการประเมิน และการวิเคราะห์พัฒนาการ
การพัฒนาวิชาชีพ	บันทึกการสะท้อนคิด ผลการวิจัยในชั้นเรียน การมีส่วนร่วมใน PLC
การใช้เทคโนโลยีและ AI	ตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีอย่างมีวิจารณญาณ พร้อมการสะท้อนผล
ภาวะผู้นำและการมีส่วนร่วม	บทบาทพี่เลี้ยง การพัฒนาเพื่อนครู การขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลง

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 26 รวบรวมองค์ประกอบของแฟ้มสะสมงานวิชาชีพครูแต่ละด้าน พร้อมหลักฐานและการสะท้อนคิดที่ใช้แสดงสมรรถนะ ช่วยให้ครูเห็นว่าแฟ้มที่มีคุณค่าต้องผูกหลักฐานเข้ากับการสะท้อนพัฒนาการ มิใช่เพียงรวบรวมเอกสาร

จากประสบการณ์ของผู้เขียน แฟ้มสะสมงานเชื่อมโยงกลไกการพัฒนาวิชาชีพทั้งหมดในบทนี้เข้าด้วยกัน เพราะการสะท้อนคิด การวิจัยในชั้นเรียน และการมีส่วนร่วมในชุมชนวิชาชีพ ล้วนผลิตหลักฐานที่เข้าสู่แฟ้มสะสมงาน และกระบวนการจัดทำแฟ้มเองก็เป็นการสะท้อนคิดระดับลึกที่ทำให้ครูมองเห็นเส้นทางพัฒนาการของตน นอกจากนี้ แฟ้มสะสมงานยังเป็นหลักฐานสำคัญสำหรับการประเมินเพื่อความก้าวหน้าในวิชาชีพ ทั้งการขอมีและเลื่อนวิทยฐานะในบริบทไทย และการแสดงสมรรถนะตามกรอบ PSF ผู้เขียนขอเตือนเช่นเดียวกับการวิจัยในชั้นเรียนว่า แฟ้มสะสมงานจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อครูใช้เป็นเครื่องมือพัฒนาตนเองอย่างแท้จริง มิใช่ทำเพื่อผ่านการประเมินเท่านั้น

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

9.10 การบูรณาการ AI เพื่อสนับสนุนการสะท้อนคิด

เครื่องมือ AI สามารถช่วยถอดเสียงและวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน เช่น สัดส่วนการพูดของครูและนักเรียน หรือประเภทคำถามที่ใช้ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการสะท้อนคิด ทั้งนี้ ตามจุดยืนของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ข้อมูลจาก AI เป็นเพียงสิ่งเสริมศักยภาพการวินิจฉัยของครู มิใช่ตัวตัดสินคุณภาพการสอนแทนวิจารณญาณเชิงวิชาชีพ

คุณค่าเฉพาะของ AI ต่อการพัฒนาวิชาชีพอยู่ที่การทำให้สิ่งที่ครูมองไม่เห็นขณะสอนปรากฏชัดเมื่อครูสอน ความสนใจถูกใช้ไปกับการจัดการชั้นเรียนและการตอบสนองต่อผู้เรียน จนยากที่จะสังเกตรูปแบบการสอนของตนเอง เครื่องมือ AI ที่วิเคราะห์วิดิทัศน์การสอนสามารถให้ข้อมูลเชิงปริมาณที่เป็นกลาง เช่น ครูถามคำถามปลายเปิดกี่ครั้งเทียบกับปลายปิด เว้นเวลาคิดหลังถามนานเพียงใด หรือเรียกผู้เรียนกระจายทั่วถึงหรือไม่ ข้อมูลเหล่านี้เป็นจุดตั้งต้นที่ทรงพลังสำหรับการสะท้อนคิดที่อิงหลักฐาน แทนการสะท้อนคิดที่อาศัยความทรงจำซึ่งมักลำเอียง

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเน้นข้อจำกัดและหลักการใช้อย่างมีวิจารณญาณ ประการแรก ข้อมูลเชิงปริมาณจาก AI บอกได้ว่าเกิดอะไรขึ้น แต่ไม่บอกว่าเหตุใดและควรปรับอย่างไร การตีความเชิงการสอนยังเป็นบทบาทของครูและพี่เลี้ยง ประการที่สอง การวัดที่เป็นตัวเลขอาจทำให้ครูมุ่งปรับสิ่งที่วัดง่าย เช่น จำนวนคำถาม มากกว่าคุณภาพของคำถาม ซึ่งวัดยากกว่าแต่สำคัญกว่า และประการที่สาม เครื่องมือวิเคราะห์เสียงและภาษาส่วนใหญ่พัฒนาด้วยข้อมูลภาษาอังกฤษ การใช้กับชั้นเรียนภาษาไทยจึงต้องระมัดระวัง ในทัศนะของผู้เขียน การใช้ AI เพื่อการพัฒนาวิชาชีพที่เหมาะสมจึงเป็นแบบ AI-Augmented กล่าวคือ AI ให้ข้อมูลที่ครูมองไม่เห็น แต่ครูและชุมชนวิชาชีพเป็นผู้ตีความและตัดสินใจพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับหลักการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางตลอดทั้งเล่ม

หลักฐานในบริบทไทยเริ่มชี้ถึงความสำคัญของสมรรถนะด้าน AI ของครู งานวิจัยของ กิตติพิชญ์ ศรีเนตร และคณะ (2569) ที่ศึกษาครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร พบว่าทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์ของครูส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในสถานศึกษา ในมุมมองของผู้เขียน ข้อค้นพบนี้มีนัยสำคัญต่อการพัฒนาวิชาชีพครูไทย เพราะชี้ว่าการพัฒนาสมรรถนะด้าน AI ของครูมิใช่เพียงการเพิ่มทักษะทางเทคนิค แต่เชื่อมโยงกับความสามารถในการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมเชิงรุก การพัฒนาวิชาชีพครูในยุคปัจจุบันจึงควรบูรณาการการพัฒนาสมรรถนะด้าน AI อย่างมีวิจารณญาณเข้ากับการพัฒนาศาสตร์การสอน โดยยึดหลักการ AI-Augmented ที่ครูใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพการสอนโดยไม่สูญเสียวิจารณญาณเชิงวิชาชีพ

9.11 สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอแนวทางการฝึกปฏิบัติการสอนผ่านการสอนจุลภาค การสะท้อนคิด การศึกษาบทเรียน และ PLC ซึ่งเป็นการตกผลึกของเสาหลักการออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด และเป็นการบูรณาการความรู้ทุกบทสู่การปฏิบัติจริง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

สาระสำคัญที่ร้อยเรียงทั้งบทคือมุมมองที่ว่าความเชี่ยวชาญในการสอนเป็นกระบวนการพัฒนาตลอดชีวิตที่อาศัยการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิดและการเรียนรู้ร่วมกัน มิใช่สิ่งที่ได้มาครั้งเดียวจบ ผู้เขียนได้แสดงว่ากลไกการพัฒนาที่ได้ผล ตั้งแต่การสอนจุลภาค การศึกษาบทเรียน จนถึงชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ ล้วนมีหลักการร่วมกันคือ ฝังในการปฏิบัติจริง ต่อเนื่อง อิงหลักฐาน และอาศัยความร่วมมือ ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ว่าการพัฒนาวิชาชีพที่ต่อเนื่องและเน้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนส่งผลมากกว่าการอบรมระยะสั้น เทคโนโลยีและ AI ช่วยเสริมการสะท้อนคิดด้วยข้อมูลที่ครูมองไม่เห็น แต่การตีความและการตัดสินใจพัฒนายังเป็นของครูและชุมชนวิชาชีพ ผู้เขียนสังเกตว่า หัวใจที่ทำให้กลไกเหล่านี้สร้างผลจริงคือการเปลี่ยนจากการทำตามพิธีกรรมไปสู่การเรียนรู้เชิงวิชาชีพที่แท้จริง ซึ่งครูมองตนเองเป็นผู้เรียนรู้ที่พัฒนาอย่างไม่สิ้นสุด อันเป็นเจตคติเดียวกับที่ครูพึงปลูกฝังในตัวผู้เรียน และเป็นรากฐานสำคัญของการเป็นครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพในบริบทที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 27 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 9 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
หลักการสอนจุลภาค การสะท้อนคิด การศึกษาบทเรียน (lesson study) และชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC)	ทักษะการสอนจริง การจัดการชั้นเรียน การให้และรับผลป้อนกลับ และการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ	ความมั่นใจในการสอน การเปิดรับคำวิจารณ์ และความมุ่งมั่นพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง	สมรรถนะการฝึกปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริง (CLO6)	เตรียมความพร้อมก่อนสอนจริงด้วยการสอนจุลภาคและการซักซ้อม (rehearsal) วนรอบสะท้อนคิดจากวีดิทัศน์การสอน ใช้ lesson study และ PLC สร้างความมั่นใจ ประเมินด้วยแบบสังเกตการสอนและการสะท้อนคิดเชิงโครงสร้าง

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 27 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะ พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน ช่วยให้ผู้สอนเห็นเส้นทางจากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- อภิปรายว่าการศึกษาบทเรียน (lesson study) ช่วยพัฒนาวิชาชีพครูอย่างไร
- เขียนบันทึกสะท้อนคิดหลังการสอนหนึ่งครั้งตามกรอบที่กำหนด
- ออกแบบแผนการสอนจุลภาคพร้อมเกณฑ์การให้ผลป้อนกลับ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 9

กิตติพิชญ์ ศรีเนตร, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2569). ทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์ของครูที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม, 16(1), 21–36. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/npuj/article/view/296170

จิราภรณ์ สิงหา, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2568). ความสุขในการปฏิบัติงานของครูที่ส่งผลต่อความผูกพันในองค์กร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 3. วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 12(2), 36–48. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/284865

วัชรพงษ์ คำวัน, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2569). อิทธิพลของภาวะผู้นำทางวิชาการที่ส่งผลต่อการทำวิจัยในชั้นเรียนของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 1. วารสารสังคมศาสตร์และวัฒนธรรม, 10(3), 305–318. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/JSC/article/view/292751

เสกสิทธิ์ แข็งแรง, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2568). แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานนิเทศภายในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม, 15(3), 193–203. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/npuj/article/view/296173

Faikhamta, C., Ketsing, J., Tanak, A., & Chamrat, S. (2018). Science teacher education in Thailand: A challenging journey. Asia-Pacific Science Education, 4(1). https://doi.org/10.1186/s41029-018-0021-8

Kim, S., Raza, M., & Seidman, E. (2019). Improving 21st-century teaching skills: The key to effective 21st-century learners. *Research in Comparative and International Education, 14*(1), 99–117. https://doi.org/10.1177/1745499919829214

Lynch, K., Gonzalez, K., Hill, H., & Merritt, R. (2025). A meta-analysis of the experimental evidence linking mathematics and science professional development interventions to teacher knowledge, classroom instruction, and student achievement. *AERA Open*, *11*. https://doi.org/10.1177/23328584251335302

Shen, J., Wu, H., Reeves, P., Zheng, Y., Ryan, L., & Anderson, D. (2020). The association between teacher leadership and student achievement: A meta-analysis. *Educational Research Review*, *31*, 100357. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100357

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Sothayapetch, P., Lavonen, J., & Juuti, K. (2013). Primary school teachers' interviews regarding pedagogical content knowledge (PCK) and general pedagogical knowledge (GPK). European Journal of Science and Mathematics Education, 1(2), 84–105. https://doi.org/10.30935/scimath/9390

Stigler, J. W., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. Free Press.

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 10 การบูรณาการสู่การปฏิบัติและทิศทางการวิจัย

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ประจำบท

เมื่อศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- ระบุประเด็นวิจัยที่ต่อยอดจากองค์ความรู้ในรายวิชาได้
- วิเคราะห์ความเชื่อมโยงของเสาหลักทั้งห้าในกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm สู่การปฏิบัติได้
- ประเมินความท้าทายและความเสมอภาคในการสอนวิทยาศาสตร์ร่วมสมัยได้
- ออกแบบเค้าโครงการวิจัยและข้อเสนอเชิงนโยบายสำหรับการพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์ได้

10.1 จากองค์ความรู้สู่การปฏิบัติและการสร้างความรู้ใหม่

หนังสือเล่มนี้ได้นำเสนอองค์ความรู้ด้านวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่รากฐานทางทฤษฎีการเรียนรู้ การบูรณาการเทคโนโลยีและปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรม การพัฒนาการคิดขั้นสูง การจัดการเรียนรู้เชิงรุก การวัดและประเมินผล การวางแผนการสอนและสะเต็มศึกษา การพัฒนาวิชาชีพครู จนถึงกรอบหลักสูตรระดับชาติ บทสุดท้ายนี้มุ่งร้อยเรียงองค์ความรู้ทั้งหมดเข้าด้วยกัน สะท้อนความท้าทายร่วมสมัยที่การสอนวิทยาศาสตร์ต้องเผชิญ และเสนอทิศทางการวิจัยที่ครูและนักวิชาการสามารถต่อยอด บทปิดเล่มมิใช่เพียงการสรุป แต่เป็นการเชิญชวนให้ผู้อ่านก้าวจากการเป็นผู้รับองค์ความรู้ ไปสู่การเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ผ่านการปฏิบัติและการวิจัยของตนเอง

ผู้เขียนขอเน้นว่าคุณค่าที่แท้จริงของหนังสือเล่มนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้อ่านนำองค์ความรู้ไปปฏิบัติและพัฒนาต่อในบริบทของตน มิใช่การจดจำเนื้อหา กรอบและแนวคิดที่นำเสนอตลอดเล่ม โดยเฉพาะกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและเสริมศักยภาพด้วย AI อย่างมีวิจารณญาณ เป็นเครื่องมือคิดที่ออกแบบมาเพื่อให้ครูปรับใช้ ทดสอบ และพัฒนาต่อ มิใช่สูตรสำเร็จที่ใช้ได้ทุกบริบท บทนี้จึงปิดท้ายด้วยการมองไปข้างหน้า ทั้งความท้าทายที่ต้องเผชิญและโอกาสในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่ครูวิทยาศาสตร์ไทยมีส่วนร่วมได้

10.2 การนำกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm สู่การปฏิบัติ

เมื่อพิจารณาเนื้อหาทั้งเก้าบทร่วมกัน จะเห็นว่ากรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ทำหน้าที่เป็นวงจรการออกแบบ-ปฏิบัติ-สะท้อนคิดที่ต่อเนื่อง เริ่มจากการวางรากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (บทที่ 1, 3) เสริมศักยภาพด้วยเทคโนโลยีและ AI อย่างมีจริยธรรม (บทที่ 8) ขับเคลื่อนการเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะและการคิดขั้นสูง (บทที่ 4–5) กำกับด้วยการประเมินที่ต่อเนื่อง (บทที่ 6) ตกผลึกผ่านการออกแบบแผนและการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด (บทที่ 7, 9) และวางบนฐานหลักสูตรแกนกลางฯ กรอบ สสวท. และการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร/สื่อในบริบทไทย (บทที่ 2)

Library and Learning University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

อาจกล่าวได้ว่า เสาหลักทั้งห้าของกรอบบูรณาการนี้มิได้ทำงานแยกกัน แต่เสริมและพึ่งพากันอย่างเป็นระบบ ความสัมพันธ์ของเสาหลักทั้งห้ากับบทต่าง ๆ ในเล่ม สรุปได้ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 การบูรณาการเสาหลักทั้งห้าของ NPU Teaching and Learning Paradigm กับเนื้อหาทั้งเล่ม (ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

ภาพที่ 29 ช่วยให้เห็นว่าเสาหลักทั้งห้าของ NPU Paradigm มิได้กระจัดกระจายอยู่ในบทต่าง ๆ อย่างแยกส่วน แต่ร้อยเรียงเนื้อหาทั้งเล่มเข้าด้วยกัน ตั้งแต่การยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม การสืบเสาะและการคิดขั้นสูง การประเมินที่ต่อเนื่อง จนถึงการออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด ทำให้ผู้อ่านเห็นว่าแต่ละบทเป็นส่วนหนึ่งของกรอบเดียวกัน

ผู้เขียนขอเน้นว่าการนำกรอบนี้สู่การปฏิบัติมิใช่การทำตามขั้นตอนอย่างกลไก แต่อยู่ที่ครูใช้วิจารณญาณเลือกและผสานเสาหลักต่าง ๆ ให้เหมาะกับเป้าหมาย ผู้เรียน และบริบทเฉพาะของตน ครูที่เข้าใจกรอบนี้อย่างลึกซึ้งจะมองเห็นว่าการตัดสินใจในห้องเรียนแต่ละครั้ง ตั้งแต่การเลือกกิจกรรม การตั้งคำถาม จนถึงการให้ผลป้อนกลับ ล้วนเชื่อมโยงกับเสาหลักเหล่านี้ การบูรณาการสู่การปฏิบัติจึงเป็นกระบวนการที่ครูพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องผ่านประสบการณ์และการสะท้อนคิด มิใช่สิ่งที่เกิดขึ้นทันทีจากการอ่านหนังสือ

ผู้เขียนขอชี้ให้เห็นว่าบทที่ 7 เรื่องการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มบนฐาน NPU Paradigm เป็นตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมที่สุดของการบูรณาการเสาหลักทั้งห้าเข้าสู่การปฏิบัติ ในแผนการสอนหนึ่งแผน ครูต้องยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการกำหนดเป้าหมาย ใช้เทคโนโลยีและ AI อย่างมี

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

วิจารณญาณในการพัฒนาสื่อและประเมิน ออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมการสืบเสาะและการคิดขั้นสูง วางการประเมินที่ต่อเนื่อง และสะท้อนผลเพื่อพัฒนาการสอน เสาหลักทั้งห้าจึงมิใช่แนวคิดนามธรรม แต่ปรากฏพร้อมกันในทุกการตัดสินใจของการออกแบบและการสอนจริง การที่ครูมองเห็นความเชื่อมโยงนี้ และนำไปปฏิบัติอย่างเป็นระบบ คือสิ่งที่ทำให้กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm มีชีวิตในห้องเรียน มิใช่เป็นเพียงทฤษฎีในหนังสือ

10.3 กรณีตัวอย่างการนำกรอบสู่การปฏิบัติและเส้นทางการพัฒนาของครู

เพื่อให้เห็นภาพการนำกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม ผู้เขียนขอนำเสนอกรณีตัวอย่างเชิงสังเคราะห์สองกรณีที่สะท้อนการประยุกต์ในระดับและบริบทที่ต่างกัน กรณีตัวอย่างเหล่านี้เป็นภาพประกอบเชิงหลักการที่สังเคราะห์จากแนวคิดตลอดเล่ม เพื่อแสดงว่ากรอบนี้นำไปใช้ได้จริงอย่างไร มิใช่รายงานผลการวิจัยเชิงประจักษ์

กรณีแรก ได้แก่ ครูฟิสิกส์มัธยมศึกษาที่เริ่มต้นพัฒนาการสอน สมมติครูฟิสิกส์ท่านหนึ่งที่เคยสอนแบบบรรยายเป็นหลัก ต้องการยกระดับการสอนเรื่องการเคลื่อนที่ ครูเริ่มจากเสาหลักยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางด้วยการสำรวจความเข้าใจเดิมและความสนใจของผู้เรียน จากนั้นออกแบบกิจกรรมสืบเสาะตามขั้น 5E โดยให้ผู้เรียนสำรวจการเคลื่อนที่จริงก่อนรับคำอธิบาย (เสาหลักการสืบเสาะและการคิดขั้นสูง) ใช้สื่อจำลองดิจิทัลให้ผู้เรียนทดลองปรับตัวแปรโดยครูยังคงเป็นผู้กำกับการตีความ (เสาหลักระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม ตามกรอบห้ามิติในบทที่ 8) ประเมินความเข้าใจระหว่างเรียนด้วยคำถามวินิจฉัย (เสาหลักการประเมินที่ต่อเนื่อง) และปิดท้ายด้วยการสะท้อนผลเพื่อปรับการสอนครั้งต่อไป (เสาหลักการออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด) กรณีนี้แสดงว่าครูมิจำเป็นต้องเปลี่ยนทุกอย่างพร้อมกัน แต่เริ่มจากการนำเสาหลักมาเป็นกรอบคิดในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้หนึ่งหน่วยก่อน แล้วจึงขยายผล

กรณีที่สอง ได้แก่ การพัฒนาวิชาชีพระดับสถานศึกษาผ่านชุมชนการเรียนรู้ สมมติกลุ่มครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนหนึ่งใช้กรอบนี้เป็นภาษากลางในการพัฒนาวิชาชีพร่วมกัน ครูร่วมกันออกแบบบทเรียนตามแนวการศึกษาบทเรียน (lesson study) โดยใช้เสาหลักทั้งห้าเป็นเกณฑ์ตรวจสอบคุณภาพของแผน สังเกตการสอนของกันและกันโดยโฟกัสที่การมีส่วนร่วมทางปัญญาของผู้เรียนตามที่อภิปรายในบทที่ 5 และสะท้อนผลร่วมกันเพื่อปรับปรุง กระบวนการนี้สอดคล้องกับหลักฐานเรื่องการพัฒนาวิชาชีพที่ฝังในการปฏิบัติและอาศัยความร่วมมือในบทที่ 9 ผู้เขียนขอเสนอว่า กรณีนี้แสดงว่ากรอบมิได้เป็นเพียงเครื่องมือของครูรายบุคคล แต่เป็นภาษากลางที่ช่วยให้ชุมชนวิชาชีพสื่อสารและพัฒนาร่วมกันอย่างมีทิศทาง

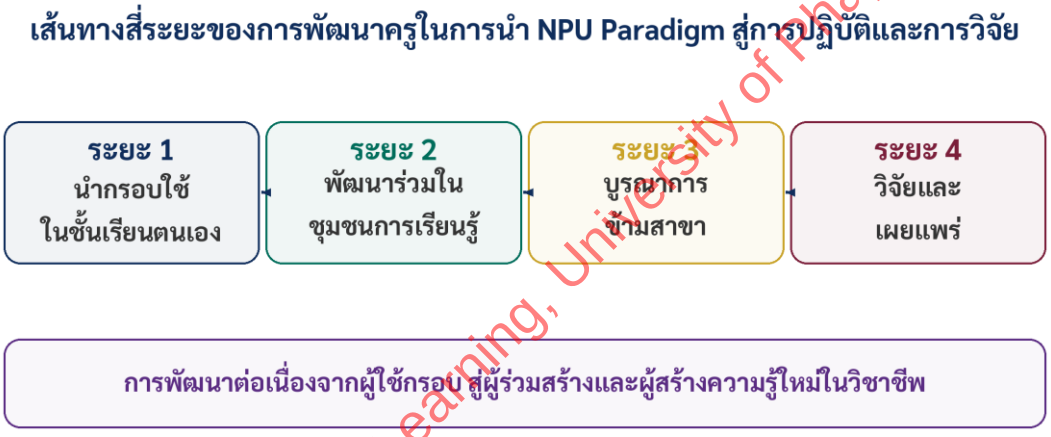
กรณีที่สาม ได้แก่ การบูรณาการข้ามสาขาในหน่วยสะเต็ม สมมติกลุ่มครูเคมีและชีววิทยาร่วมออกแบบหน่วยสะเต็มเรื่องคุณภาพน้ำในชุมชน ครูใช้กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm กำหนดให้ผู้เรียนสืบเสาะปัญหาน้ำในท้องถิ่นจริง (ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและการสืบเสาะ) ออกแบบการทดลอง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งเชิงเคมีและเชิงชีวภาพ (การคิดขั้นสูงและการบูรณาการข้ามสาขา) ใช้เครื่องมือดิจิทัลบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลโดยครูกำกับการตีความ (ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม) ประเมินทั้งกระบวนการและผลงานด้วยเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ (analytic rubric) (การประเมินที่ต่อเนื่อง) และให้ผู้เรียนสะท้อนผลพร้อมเสนอแนวทางแก้ปัญหาต่อชุมชน (การออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด) กรณีนี้แสดงว่ากรอบเดียวกันรองรับการบูรณาการข้ามสาขาได้ และเชื่อมโยงโดยตรงกับการออกแบบหน่วยสะเต็มในบทที่ 7 โดยมีบริบทท้องถิ่นเป็นจุดยึดที่ทำให้การเรียนรู้มีความหมายต่อผู้เรียน

จากกรณีเหล่านี้ ผู้เขียนขอสังเคราะห์เป็นเส้นทางการพัฒนาของครูวิทยาศาสตร์ในการนำกรอบสู่การปฏิบัติ ซึ่งดำเนินไปเป็นระยะอย่างต่อเนื่อง ดังภาพที่ 30 เส้นทางการพัฒนาของครูในการนำกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm สู่การปฏิบัติ ตลอดเส้นทาง ได้แก่ ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ใช้ AI อย่างมีวิจารณญาณ และพัฒนาวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 30 เส้นทางสี่ระยะของการพัฒนาครูในการนำกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm สู่การปฏิบัติและการวิจัย

(ที่มา ผู้เขียน)

ภาพที่ 30 สังเคราะห์กรณีตัวอย่างเป็นเส้นทางสี่ระยะที่ครูเติบโตจากผู้นำกรอบไปใช้ในชั้นเรียนของตน สู่การพัฒนาร่วมในชุมชนการเรียนรู้ การบูรณาการข้ามสาขา และการวิจัยเผยแพร่สู่วงวิชาชีพ เส้นทางนี้สื่อว่าการนำกรอบสู่การปฏิบัติเป็นการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มิใช่เหตุการณ์ครั้งเดียว

ผู้เขียนเห็นว่า เส้นทางสี่ระยะนี้สะท้อนว่าการนำกรอบสู่การปฏิบัติเป็นกระบวนการพัฒนาที่ต่อเนื่อง มิใช่เหตุการณ์ครั้งเดียว ครูแต่ละท่านอาจอยู่ในระยะที่ต่างกัน และความก้าวหน้ามิได้เป็นเส้นตรงเสมอไป สิ่งสำคัญคือการที่ครูเริ่มต้นลงมือและพัฒนาอย่างต่อเนื่องผ่านการสะท้อนคิดและความร่วมมือ ระยะสุดท้ายที่ครูร่วมสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านการวิจัย เป็นจุดที่เชื่อมโยงโดยตรงกับทิศทางการวิจัยที่จะอภิปรายในหัวข้อถัดไป และเป็นการเปลี่ยนบทบาทของครูจากผู้ใช้กรอบ ไปสู่ผู้ร่วมพัฒนาและตรวจสอบกรอบ ซึ่งเป็นพลังสำคัญของการพัฒนาวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ของไทย

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ (ฟิสิกส์)

ในมุมมองของผู้เขียน บทเรียนที่ทรงพลังที่สุดมักเกิดขึ้นเมื่อครูออกแบบหน่วยการเรียนรู้ที่ร้อยสามสาขาวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกันรอบแนวคิดข้ามสาขา (crosscutting concept) เพียงหนึ่งเดียว ผู้เขียนขอยกตัวอย่างแนวคิด “พลังงาน” ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวคิดหลักที่ปรากฏข้ามทุกสาขาวิทยาศาสตร์ ในฟิสิกส์ พลังงานปรากฏในรูปการถ่ายโอนและการอนุรักษ์พลังงาน ในเคมี พลังงานเกี่ยวข้องกับพลังงานพันธะในปฏิกิริยาคายความร้อนและดูดความร้อน และในชีววิทยา พลังงานคือแก่นของการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศและการหายใจระดับเซลล์

ผู้เขียนเสนอให้ครูใช้กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ออกแบบหน่วยนี้ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ผ่านปรากฏการณ์จริงที่ผูกโยงสามสาขา เช่น ตั้งคำถามว่า “เหตุใดการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพจากพืชจึงให้พลังงานแก่เรา และพลังงานนั้นเดินทางมาจากที่ใด” คำถามนี้นำผู้เรียนย้อนรอยจากการเผาไหม้ (เคมี) ไปสู่พลังงานเคมีที่สะสมในพืช (ชีววิทยา-การสังเคราะห์ด้วยแสง) และสืบสาวไปถึงพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ (ฟิสิกส์) ทำให้ผู้เรียนเห็นว่าพลังงานเปลี่ยนรูปได้แต่ไม่สูญหาย

ในขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ ผู้เรียนสืบเสาะข้ามสาขาอย่างเป็นระบบ เช่น ออกแบบการทดลองวัดพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถั่วหรือเมล็ดพืช (จุดเชื่อมเคมี-ฟิสิกส์) แล้วอภิปรายว่าพลังงานนั้นเดิมถูกสะสมในพันธะเคมีของสารอาหารที่พืชสร้างขึ้นได้อย่างไร (จุดเชื่อมชีววิทยา) การเรียนรู้เช่นนี้ทำให้มโนทัศน์เรื่องการอนุรักษ์พลังงานมีความหมายและเชื่อมโยงกัน แทนที่จะเป็นหัวข้อแยกที่เรียนคนละวิชาคนละเทอม

จากประสบการณ์ของผู้เขียน การสอนแบบบูรณาการเช่นนี้ช่วยสลายกำแพงระหว่างวิชาที่มักถูกแบ่งแยกตามตารางสอน และสะท้อนธรรมชาติแท้จริงของวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์รวม ปรากฏการณ์ในโลกจริงไม่เคยแยกตัวเองว่าเป็น “ปัญหาฟิสิกส์” หรือ “ปัญหาเคมี” การที่ผู้เรียนได้ฝึกมองปรากฏการณ์ผ่านเลนส์หลายสาขาพร้อมกันจึงเป็นการเตรียมความพร้อมสู่การแก้ปัญหาจริงที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอเตือนว่าการบูรณาการที่ดีต้องอาศัยการวางแผนร่วมกันของครูและความเข้าใจเนื้อหาข้ามสาขาอย่างลึกซึ้ง มิฉะนั้นอาจกลายเป็นการนำเนื้อหาต่างสาขามาวางต่อกันอย่างผิวเผินโดยขาดการเชื่อมโยงเชิงมโนทัศน์ที่แท้จริง

Library and Learning, University of Phayao

10.4 ความท้าทายร่วมสมัยและความเสมอภาคในการสอนวิทยาศาสตร์

การสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเผชิญความท้าทายร่วมสมัยที่ครูและระบบการศึกษาต้องตอบสนอง ความท้าทายเหล่านี้มิใช่อุปสรรคที่อยู่นอกขอบเขตของวิทยาการสอน แต่เป็นบริบทจริงที่การจัดการเรียนรู้

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ต้องคำนึงถึง เพื่อให้การศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาที่เสมอภาคและเข้าถึงผู้เรียนทุกคนตามจุดยืนการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางที่เป็นแก่นของเล่ม

ความท้าทายประการแรกคือความหลากหลายของผู้เรียนและการจัดการเรียนรวม ผู้เรียนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างทั้งด้านความสามารถ พื้นฐาน และความต้องการ รวมถึงผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ งานวิจัยของ ธนเดช ติ้ววงค์ และคณะ (2568) ที่เสนอแนวทางพัฒนาการจัดการเรียนรวมในบริบทไทย ชี้ให้เห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองผู้เรียนที่หลากหลาย ในทัศนะของผู้เขียน การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน (UDL) ที่อภิปรายในบทที่ 3 เป็นแนวทางสำคัญในการตอบความท้าทายนี้ โดยออกแบบการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและเปิดหลายช่องทางตั้งแต่ต้น เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนเข้าถึงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้

ความท้าทายประการที่สองคือภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ ซึ่งทวีความสำคัญหลังสถานการณ์ที่ส่งผลต่อความต่อเนื่องของการเรียน งานวิจัยของ พงษ์พัฒน์ สีดาวงษ์ และคณะ (2568) ที่เสนอแนวทางการฟื้นฟูภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ในบริบทไทย (พงษ์พัฒน์ สีดาวงษ์, ปรัชญา ธงพานิช และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์, 2568) สะท้อนว่าการฟื้นฟูการเรียนรู้ต้องอาศัยการประเมินวินิจฉัยเพื่อระบุช่องว่างและการช่วยเหลือที่ตรงเป้า ตามที่อภิปรายในบทที่ 6 ความท้าทายนี้เน้นย้ำความสำคัญของการประเมินเพื่อพัฒนาและการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ ในฐานะเครื่องมือของความเสมอภาค มิใช่เพียงการตัดสินผล

ความท้าทายประการที่สามคือความสามารถในการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีและปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเปลี่ยนภูมิทัศน์การเรียนรู้และเรียกร้องให้ครูพัฒนาสมรรถนะใหม่อย่างต่อเนื่อง ผู้เขียนสังเกตว่า ความท้าทายทั้งสามประการนี้เชื่อมโยงกัน และตอบสนองได้ด้วยหลักการที่ร้อยเรียงตลอดเล่ม คือการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง การใช้เทคโนโลยีอย่างมีวิจารณญาณ การประเมินเพื่อพัฒนา และการพัฒนาวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง ครูวิทยาศาสตร์ที่ยึดหลักการเหล่านี้จะสามารถนำพาการเรียนรู้ให้เสมอภาคและเข้าถึงผู้เรียนทุกคนได้ แม้ในบริบทที่เปลี่ยนแปลงและท้าทาย

10.5 ทิศทางการวิจัยในวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์

องค์ความรู้ในรายวิชานี้เปิดประเด็นวิจัยที่ทันสมัยหลายประการ เช่น การพัฒนาและตรวจสอบความตรงของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง การศึกษาผลของการสอนแบบสืบเสาะที่เสริมด้วย AI ต่อทักษะการคิดขั้นสูง และการวิจัยเชิงนโยบายว่าด้วยธรรมาภิบาลของ AI ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเรียกร้องเชิงวิพากษ์ของ Avraamidou (2024) และทิศทางที่ Chiu (2023) เสนอไว้

ทิศทางการวิจัยเรื่องปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษากำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบโดย Lee et al. (2025) ที่ตีพิมพ์ในวารสาร European Journal of Education และวิเคราะห์งานวิจัย 92 ชิ้นตามแนว PRISMA พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ยังใช้แบบแผนการวิจัยขนาดเล็กถึงปานกลาง และยังขาดการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน รวมถึงให้น้ำหนักกับมิติด้านเจตคติน้อยกว่า

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ด้านความรู้และทักษะ ข้อค้นพบนี้ชี้ช่องว่างการวิจัยที่ครูวิทยาศาสตร์ไทยมีโอกาสเติมเต็มได้ โดยเฉพาะการวิจัยการใช้ AI ในการศึกษาขั้นพื้นฐาน การศึกษาผลต่อเจตคติและมิติเชิงมนุษย์ และการวิจัยในบริบทไทยที่ยังมีอยู่จำกัด ซึ่งเป็นพื้นที่ที่งานวิจัยของผู้เขียนและเครือข่ายกำลังเริ่มบุกเบิก เช่น การศึกษาทักษะด้าน AI ของครูที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (กิตติพิชญ์ ศรีเนตร, ปรัชญา ธงพานิช และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์, 2569)

ผู้เขียนขอเสนอกรอบทิศทางการวิจัยที่ครูและนักวิชาการสามารถต่อยอดได้ในสี่กลุ่ม กลุ่มแรกคือการวิจัยเชิงทฤษฎีและการพัฒนากรอบแนวคิด เช่น การตรวจสอบความตรงและการขยายกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ในบริบทที่หลากหลาย กลุ่มที่ 2 คือการวิจัยเชิงทดลองและกึ่งทดลองที่วัดผลของนวัตกรรมการสอนต่อการเรียนรู้ โดยใช้แบบแผนที่มีกลุ่มเปรียบเทียบและการวัดขนาดอิทธิพลตามที่อภิปรายในบทที่ 2 กลุ่มที่ 3 คือการวิจัยเชิงออกแบบที่พัฒนาและทดสอบนวัตกรรมในห้องเรียนจริงซ้ำหลายรอบ และกลุ่มที่ 4 คือการวิจัยเชิงนโยบายและจริยธรรมว่าด้วยการใช้ AI และความเสมอภาคในการศึกษาวิทยาศาสตร์ อาจกล่าวได้ว่า การวิจัยทั้งสี่กลุ่มนี้เสริมกัน และครูที่เริ่มจากการวิจัยในชั้นเรียนของตนตามที่อภิปรายในบทที่ 9 สามารถพัฒนาสู่การวิจัยที่ส่งผลกระทบในวงกว้างขึ้นได้

กรอบทิศทางการวิจัยทั้งสี่กลุ่มพร้อมตัวอย่างประเด็นและระเบียบวิธีที่เหมาะสม สรุปได้ดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 กรอบทิศทางการวิจัยทั้งสี่กลุ่ม

กลุ่มการวิจัย	ตัวอย่างประเด็นและระเบียบวิธี
1. เชิงทฤษฎี/พัฒนากรอบแนวคิด	ตรวจสอบความตรงและขยายกรอบ NPU Paradigm ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและโมเดลสมการโครงสร้าง
2. เชิงทดลอง/กึ่งทดลอง	วัดผลของนวัตกรรมการสอนต่อการคิดขั้นสูง ด้วยแบบแผนที่มีกลุ่มเปรียบเทียบและการวัดขนาดอิทธิพล
3. การวิจัยเชิงออกแบบ (DBR)	พัฒนาและทดสอบนวัตกรรมการสอนสะเต็ม/AI ซ้ำหลายรอบในห้องเรียนจริง เพื่อให้ใช้ได้จริงในบริบทไทย
4. เชิงนโยบายและจริยธรรม	ธรรมาภิบาลของ AI ความเสมอภาคในการเข้าถึง และผลต่อมิติเชิงมนุษย์และเจตคติของผู้เรียน

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 28 จัดกลุ่มทิศทางการวิจัยในวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ออกเป็นสี่กลุ่มพร้อมตัวอย่างประเด็นและระเบียบวิธี ช่วยให้นักวิจัยรุ่นใหม่มองเห็นช่องทางต่อยอดงานวิจัยของตนอย่างเป็นระบบ

ในเชิงวิพากษ์ ผู้เขียนยอมรับอย่างตรงไปตรงมาว่ากรอบและแบบจำลองที่นำเสนอในหนังสือเล่มนี้ รวมถึงกระบวนทัศน์ NPU Paradigm และ NSW Model ของผู้เขียนเอง ยังต้องการการสะสมหลักฐานเชิง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ประจักษ์ในบริบทที่หลากหลายขึ้นและการตรวจสอบจากชุมชนวิชาการในวงกว้างกว่าปัจจุบัน การยึดแบบจำลองใดแบบจำลองหนึ่งเป็นสูตรสำเร็จโดยปราศจากการปรับให้เข้ากับบริบทเฉพาะของผู้เรียนและสถานศึกษา ย่อมขัดกับเจตนารมณ์ของหนังสือเล่มนี้เอง ผู้เขียนจึงเชิญชวนให้นักศึกษาครูและครูประจำการมองกรอบเหล่านี้เป็น “เครื่องมือคิด” ที่ต้องทดสอบ วิพากษ์ และพัฒนาต่อ มิใช่ข้อยุติความก้าวหน้าของวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับการที่ครูตั้งคำถามต่อสิ่งที่ตนปฏิบัติอย่างเป็นระบบและร่วมสร้างองค์ความรู้ผ่านการวิจัยในชั้นเรียนของตนเองอย่างต่อเนื่อง

ในมุมมองของผู้เขียน ทิศทางการวิจัยเหล่านี้มิใช่เพียงข้อเสนอเชิงทฤษฎี แต่เป็นแนวทางที่ผู้เขียนและเครือข่ายวิชาการกำลังดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ทั้งการพัฒนากระบวนทัศน์การเรียนรู้ NPU Paradigm และ NSW Model การศึกษาบทบาทของทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์ของครูต่อการจัดการเรียนรู้ และการวิจัยเชิงบริหารและพัฒนาการศึกษาในบริบทไทย การสะสมหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างต่อเนื่องเช่นนี้เป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้กรอบแนวคิดพัฒนาจากข้อเสนอเชิงสังเคราะห์ไปสู่องค์ความรู้ที่ได้รับการตรวจสอบ ผู้เขียนเชื่อว่าการที่ครูวิทยาศาสตร์ไทยร่วมกันสร้างองค์ความรู้จากบริบทของตนจะเป็นพลังสำคัญในการพัฒนาวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับสังคมไทยและมีส่วนร่วมในวงวิชาการระดับสากล

10.6 ข้อเสนอเชิงนโยบายและแนวทางการนำสู่การปฏิบัติ

องค์ความรู้ในหนังสือเล่มนี้จะสร้างผลกระทบได้อย่างแท้จริงก็ต่อเมื่อถูกนำไปปฏิบัติในระดับต่าง ๆ ของระบบการศึกษา ผู้เขียนขอเสนอว่า การยกระดับคุณภาพการสอนวิทยาศาสตร์มิใช่ความรับผิดชอบของครูเพียงลำพัง แต่ต้องอาศัยการสนับสนุนเชิงโครงสร้างจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายระดับที่ทำงานสอดประสานกัน ผู้เขียนจึงขอเสนอข้อเสนอเชิงนโยบายและแนวทางการนำสู่การปฏิบัติที่สังเคราะห์จากเนื้อหาทั้งเล่ม โดยจัดตามระดับของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้แต่ละฝ่ายเห็นบทบาทของตนอย่างชัดเจน

ในระดับครูและห้องเรียน ผู้เขียนเสนอให้ครูนำกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ไปใช้เป็นเครื่องมือคิดในการออกแบบการเรียนรู้ ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้การประเมินเพื่อพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และใช้เทคโนโลยีและ AI อย่างมีวิจารณญาณโดยรักษาบทบาทการตัดสินใจเชิงวิชาชีพไว้ ที่สำคัญคือความสามารถในการพัฒนาตนเองผ่านการสะท้อนคิดและการวิจัยในชั้นเรียนอย่างเป็นระบบตามที่อภิปรายในบทที่ 9 ในระดับสถานศึกษา ผู้เขียนเสนอให้ผู้บริหารสร้างเงื่อนไขเชิงโครงสร้างที่เกื้อหนุนการพัฒนาวิชาชีพ ทั้งการจัดเวลาให้ครูทำงานร่วมกันในชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ การพัฒนาระบบนิเทศภายในและพี่เลี้ยงที่มีคุณภาพ การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาที่สอดคล้องกับบริบทท้องถิ่นตามที่อภิปรายในบทที่ 2 และการสร้างวัฒนธรรมที่ให้คุณค่ากับความผาสุกของครูควบคู่กับการพัฒนาสมรรถนะ

ในระดับการผลิตครูและอุดมศึกษา ผู้เขียนเสนอให้สถาบันผลิตครูทบทวนหลักสูตรให้เตรียมครูวิทยาศาสตร์ที่มีทั้งความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) สมรรถนะการบูรณาการสะเต็ม และการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีวิจารณญาณ พร้อมทั้งเสริมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่มีระบบพี่เลี้ยงที่เข้มแข็ง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

และในระดับนโยบายและหน่วยงานส่วนกลาง เช่น กระทรวงศึกษาธิการและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เขียนเสนอให้ลงทุนกับการพัฒนาวิชาชีพครูที่ต่อเนื่องและฝังในการปฏิบัติมากกว่าการอบรมระยะสั้น พัฒนาธรรมาภิบาลของการใช้ AI ในการศึกษาที่คำนึงถึงความเสมอภาคและความเป็นส่วนตัว ออกแบบระบบการประเมินระดับชาติที่สอดคล้องกับเป้าหมายการคิดและการรู้วิทยาศาสตร์มากกว่าการจดจำ และส่งเสริมการลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงทรัพยากรการเรียนรู้ดิจิทัล ข้อเสนอตามระดับต่าง ๆ สรุปได้ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ข้อเสนอเชิงนโยบายจำแนกตามระดับการนำไปปฏิบัติ

ระดับ	ข้อเสนอเชิงนโยบายและแนวทางปฏิบัติ
ครู/ห้องเรียน	ใช้กรอบ NPU Paradigm ออกแบบการเรียนรู้ · การประเมินเพื่อพัฒนา · ใช้ AI อย่างมีวิจารณญาณ · วิจัยในชั้นเรียนและสะท้อนคิด (บทที่ 6–9)
สถานศึกษา	จัดเวลาและสนับสนุน PLC · พัฒนานิเทศภายในและระบบพี่เลี้ยง · พัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาตามบริบท · ดูแลความผาสุกของครู (บทที่ 2, 9)
การผลิตครู/อุดมศึกษา	เตรียมครูด้าน PCK สะเต็ม และ AI · เสริมการฝึกประสบการณ์ที่มีพี่เลี้ยงเข้มแข็ง (บทที่ 1, 7, 8, 9)
นโยบาย/ส่วนกลาง	ลงทุนพัฒนาวิชาชีพต่อเนื่องฝังในการปฏิบัติ · ธรรมาภิบาล AI ที่เป็นธรรม · ระบบประเมินที่เน้นการคิด · ลดความเหลื่อมล้ำดิจิทัล (บทที่ 6, 8, 9)

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 29 จำแนกข้อเสนอเชิงนโยบายตามระดับการนำไปปฏิบัติ ตั้งแต่ระดับชั้นเรียนถึงระดับนโยบาย ช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องแต่ละระดับเห็นบทบาทของตนในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลง

ข้อเสนอเหล่านี้เชื่อมโยงและเสริมกันเป็นระบบ การเปลี่ยนแปลงในระดับห้องเรียนจะยั่งยืนได้ก็ต่อเมื่อมีการสนับสนุนจากระดับสถานศึกษาและนโยบาย ขณะที่นโยบายที่ดีจะเกิดผลจริงก็ต่อเมื่อแปลงสู่การปฏิบัติของครูอย่างมีความหมาย ผู้เขียนขอเน้นว่าหลักการที่ร้อยเรียงตลอดเล่ม คือการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง การใช้เทคโนโลยีอย่างมีวิจารณญาณ และการพัฒนาวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง ควรเป็นเข็มทิศร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกระดับ เพื่อให้การพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์ของไทยก้าวหน้าอย่างสอดประสานและยั่งยืน มิใช่การเปลี่ยนแปลงที่กระจัดกระจายและขาดความต่อเนื่อง

เพื่อให้ข้อเสนอเชิงนโยบายข้างต้นยั่งยืน ผู้เขียนกำหนดพันธสัญญาในการปรับปรุงตำราเป็นรอบทุกสองถึงสามปี โดยเฉพาะสาระด้านปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงเร็ว พร้อมพัฒนาช่องทางสื่อเสริมที่ปรับให้ทันสมัยได้โดยไม่ต้องรอการพิมพ์ใหม่ การปรับปรุงรายรอบนี้ถือเป็นการนำหลักการพัฒนาวิชาชีพอย่างต่อเนื่องที่เสนอไว้ในบทที่ 9 มาใช้กับตัวตำราเอง

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

10.7 บทส่งท้าย

วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพในยุคปัญญาประดิษฐ์ มิได้วัดกันที่ความล้ำสมัยของเครื่องมือ แต่อยู่ที่ความสามารถของครูในการธำรงคุณค่าเชิงมนุษยนิยม ความเสมอภาค และการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้เทคโนโลยีเป็นพลังเสริม กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm จึงเป็นทั้งกรอบการเรียนการสอนและเข็มทิศเชิงวิชาชีพสำหรับครูวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่

ผู้เขียนขอสรุปสารสำคัญที่ร้อยเรียงตลอดทั้งเล่ม วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์เป็นการผสานระหว่างความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในการเรียนรู้ของมนุษย์ และการออกแบบประสบการณ์ที่นำผู้เรียนไปสู่ความเข้าใจและการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ การสอนที่ดีมิได้เกิดจากการทำตามสูตรสำเร็จ แต่เกิดจากการที่ครูใช้วิจารณญาณเชิงวิชาชีพในการตัดสินใจที่เหมาะกับผู้เรียนและบริบทเฉพาะ บนฐานความเข้าใจทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ เทคโนโลยีและปัญญาประดิษฐ์เป็นพลังเสริมที่ทรงคุณค่า แต่ไม่สามารถทดแทนวิจารณญาณ ความเอาใจใส่ และการตัดสินใจเชิงจริยธรรมของครูได้ นี่คือเหตุผลที่หนังสือเล่มนี้ยึดหลักการยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและการเสริมต่อการเรียนรู้ด้วย AI อย่างมีวิจารณญาณเป็นแกนตลอดทั้งเล่ม

ผู้เขียนขอฝากข้อคิดสุดท้ายแก่นักศึกษาครูและครูวิทยาศาสตร์ที่อ่านหนังสือเล่มนี้ การเป็นครูวิทยาศาสตร์ที่ดีเป็นเส้นทางการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่ไม่มีจุดสิ้นสุด ความเชี่ยวชาญพัฒนาขึ้นผ่านการปฏิบัติ การสะท้อนคิด การวิจัยในชั้นเรียน และการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนร่วมวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง ผู้เขียนเห็นว่าครูวิทยาศาสตร์มิใช่เพียงผู้ถ่ายทอดความรู้ แต่เป็นผู้จุดประกายความอยากรู้ เป็นแบบอย่างของการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และเป็นผู้สร้างพลเมืองที่รู้เท่าทันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นเครื่องมือคิดที่ช่วยให้ครูเดินบนเส้นทางวิชาชีพนี้อย่างมั่นใจ มีวิจารณญาณ และไม่หยุดพัฒนา และที่สำคัญที่สุดคือการที่ครูแต่ละคนจะร่วมเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างองค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนไทยและร่วมพัฒนาวิชาชีพครูให้ก้าวหน้าอย่างยั่งยืน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 30 สรุปสมรรถนะประจำบทที่ 10 จำแนกตามความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ความรู้ (K)	ทักษะ (S)	เจตคติ (A)	สมรรถนะ / CLO	แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมิน
การบูรณาการองค์ความรู้ทั้งรายวิชา กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm และระเบียบวิธีวิจัยทางการศึกษา	ทักษะการสังเคราะห์ข้ามบท การออกแบบงานวิจัยทางการสอน และการพัฒนาวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง	ความเป็นนักวิชาชีพที่ใฝ่เรียนรู้ ยึดจริยธรรม และมุ่งพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน	สมรรถนะบูรณาการสู่การปฏิบัติและการวิจัยเพื่อพัฒนาวิชาชีพ (บูรณาการทุก CLO)	บูรณาการความรู้ทุกบทสู่การออกแบบการสอนและการวิจัยในชั้นเรียน (classroom action research) ตั้งคำถามวิจัยจากปัญหาจริง ใช้ digital learning ecosystem เป็นทั้งเครื่องมือสอนและเก็บข้อมูล ประเมินด้วยผลลัพธ์ผู้เรียนและการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ

(ที่มา ผู้เขียน)

ตารางที่ 30 สังเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของบทนี้ให้หลอมรวมเป็นสมรรถนะการบูรณาการสู่การปฏิบัติและการวิจัย พร้อมระบุแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สอดคล้องกัน

คำถามและกิจกรรมท้ายบท

- อธิบายความเชื่อมโยงของเสาหลักทั้งห้าในกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm กับเนื้อหาทั้งสิบบท และสรุปสมรรถนะที่ผู้เรียนพึงมีตามตารางที่ 30
- วิเคราะห์กรณีตัวอย่างการนำกรอบสู่การปฏิบัติทั้งสามกรณีในบทนี้ แล้วเปรียบเทียบว่าแต่ละกรณีตอบสนองความท้าทายด้านความหลากหลายของผู้เรียนและภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ได้เพียงใด
- ออกแบบเค้าโครงการวิจัยหนึ่งเรื่องตามกรอบทิศทางการวิจัยกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในตารางที่ 28 พร้อมระบุคำถามวิจัย ระเบียบวิธี และข้อเสนอเชิงนโยบายที่ต่อยอดจากผลการวิจัย

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารอ้างอิง ประจำบทที่ 10

กิตติพิชญ์ ศรีเนตร, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2569). ทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์ของครูที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม, 16(1), 21–36. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/npuj/article/view/296170

ธนเดช ติ้ววงค์, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2568). แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรวมสำหรับนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 1. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 23(1), 230–241. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/suedujournal/article/view/275559

พงษ์พัฒน์ สีดาวงษ์, ปรัชญา ธงพานิช, และ สุมาลี ศรีพุทธรินทร์. (2568). แนวทางการฟื้นฟูภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 1. วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 12(2), 1-13. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/284666

Avraamidou, L. (2024). Can we disrupt the momentum of the AI colonization of science education? *Journal of Research in Science Teaching, 61*(10), 2570–2574. https://doi.org/10.1002/tea.21961

Chiu, T. K. F. (2023). The impact of Generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: A case of ChatGPT and Midjourney. *Interactive Learning Environments, 32*(10), 6187–6203. https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861

Lee, H.-Y., Huang, Y.-M., & Wu, T.-T. (2025). ChatGPT in education: A systematic review of current landscape, limitations and future directions through general system theory lens. *European Journal of Education, 60*(4), e70262. https://doi.org/10.1111/ejed.70262

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับเต็ม

(รูปแบบ NSW Model บนฐานการออกแบบย้อนกลับ)

ภาคผนวกนี้นำเสนอตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับเต็มหนึ่งหน่วย เพื่อเป็นหลักฐานรูปธรรมว่าเนื้อหาทั้งสิบบทสามารถแปลงสู่การปฏิบัติในชั้นเรียนจริงได้ แผนนี้ออกแบบด้วยหลักการออกแบบย้อนกลับ (backward design) ของ Wiggins และ McTighe (2005) และจัดกิจกรรมตามกระบวนทัศน์ NSW Model (ปรัชญา ธงพานิช, 2564) โดยอิงมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ก.1 ข้อมูลทั่วไปของหน่วยการเรียนรู้

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยการเรียนรู้ในแผนตัวอย่างนี้ ได้แก่ กลุ่มสาระและรายวิชา ระดับชั้น ชื่อหน่วย เวลาเรียน และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง สรุปดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ข้อมูลทั่วไปของหน่วยการเรียนรู้ (แผนตัวอย่าง ก)

รายการ	รายละเอียด
กลุ่มสาระ/รายวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
หน่วยการเรียนรู้	พลังงานและการถ่ายโอนความร้อน การออกแบบภาชนะเก็บความร้อน
มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 (พลังงานกับการถ่ายโอน) บูรณาการสาระที่ 4 เทคโนโลยี (การออกแบบเชิงวิศวกรรม)
เวลา	6 ชั่วโมง (3 คาบเรียน)
รูปแบบการสอน	NSW Model (N-S-W) บูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

- พลังงานและการถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ การออกแบบภาชนะเก็บความร้อน
- เวลา
- รูปแบบการสอน

ก.2 ขั้นที่ 1 ของการออกแบบย้อนกลับ ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่พึงประสงค์

ความเข้าใจที่คงทน (enduring understanding) ได้แก่ ผู้เรียนเข้าใจว่าการถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นได้สามวิธี (การนำ การพา การแผ่รังสี) และสามารถประยุกต์ความเข้าใจนี้เพื่อออกแบบวิธีลดการถ่ายโอนความร้อนในสถานการณ์จริง

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

คำถามสำคัญ (essential question) ได้แก่ เหตุใดภาชนะบางชนิดจึงเก็บความร้อนได้ดีกว่าชนิดอื่น และเราจะออกแบบภาชนะให้เก็บความร้อนได้ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดด้านวัสดุและต้นทุนได้อย่างไร

ผู้เรียนจะรู้ (knowledge) ได้แก่ มโนทัศน์การถ่ายโอนความร้อนสามรูปแบบ สมบัติการนำความร้อนของวัสดุ และตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อน ผู้เรียนจะทำได้ (skills) ได้แก่ ออกแบบและดำเนินการทดลองโดยควบคุมตัวแปร เก็บและตีความข้อมูลอุณหภูมิ-เวลา และให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยกรอบ Claim-Evidence-Reasoning

ก.3 ขั้นที่ 2 ของการออกแบบย้อนกลับ หลักฐานการเรียนรู้และการประเมิน

หลักฐานหลักคือชิ้นงานต้นแบบภาชนะเก็บความร้อนพร้อมรายงานการออกแบบที่แสดงข้อมูลการทดลอง กราฟอุณหภูมิ-เวลา และการให้เหตุผลเลือกวัสดุ ประเมินด้วยเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ (analytic rubric) ในหัวข้อ ก.5 ประกอบกับการประเมินเพื่อพัฒนา (formative) ผ่านการสังเกตและคำถามวินิจฉัยในแต่ละขั้น

ก.4 ขั้นที่ 3 ของการออกแบบย้อนกลับ กิจกรรมการเรียนรู้ตาม NSW Model

กิจกรรมการเรียนรู้และบทบาทของครูในแต่ละขั้นของวัฏจักร 5E ภายใต้โครงสร้าง NSW Model แสดงดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 กิจกรรมการเรียนรู้และบทบาทครูตามขั้น 5E

ขั้น	กิจกรรม	บทบาทครู (การชี้แนะ)
N – Needs Analysis (วิเคราะห์ความต้องการ)	ครูนำเสนอสถานการณ์จริง (เก็บเครื่องดื่มให้ร้อนระหว่างเดินทาง) ผู้เรียนระบุปัญหา ตั้งคำถามที่ตรวจสอบได้ และวางแผนการแก้ปัญหา	ตั้งคำถามกระตุ้น เชื่อมโยงความรู้เดิม ช่วยให้ผู้เรียนนิยามปัญหาให้ชัด (ชี้แนะเข้ม)
S – Social Constructivism (สานสร้างความรู้จากสังคม)	ผู้เรียนทำงานกลุ่มสืบค้นมโนทัศน์การถ่ายโอนความร้อน ออกแบบและสร้างต้นแบบภาชนะ ทดลองวัดอุณหภูมิ-เวลา และปรับปรุงต้นแบบ	อำนวยการเรียนรู้ ให้ผลป้อนกลับระหว่างทาง ค่อยถอนการชี้แนะเมื่อผู้เรียนทำได้ (fading)
W – Worth Assessment (ประเมินคุณค่า)	ผู้เรียนประเมินและปรับปรุงต้นแบบด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ นำเสนอผลด้วยกรอบ CER และถอดบทเรียนสิ่งที่ได้เรียนรู้	ใช้เกณฑ์การให้คะแนนประเมินร่วมกับผู้เรียน กระตุ้นการสะท้อนคิดเชิงมโนทัศน์

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

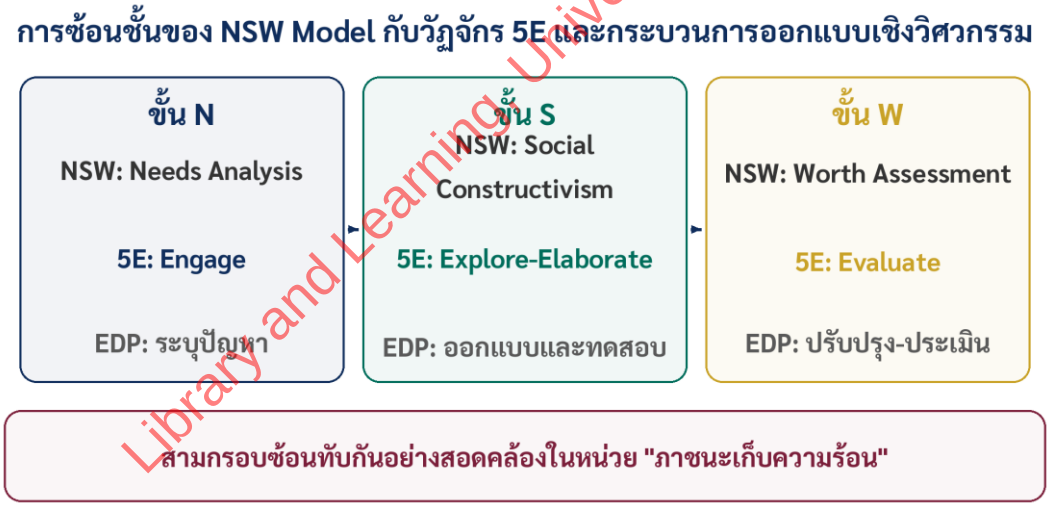
© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

การซ้อนของวัฏจักร 5E กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (EDP) ของ สสวท. ภายใต้โครงสร้าง NSW Model ในหน่วยนี้ สรุปได้ดังตารางที่ 33 และภาพที่ 31

ตารางที่ 33 การซ้อนของวัฏจักร 5E กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

NSW Model	ขั้น N (Needs Analysis)	ขั้น S (Social Constructivism)	ขั้น W (Worth Assessment)
วัฏจักร 5E (Bybee)	Engage สร้างความสนใจ	Explore + Explain สำรวจและอธิบาย	Elaborate + Evaluate ขยายความและประเมิน
EDP สสวท. 6 ขั้น	ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบวิธีแก้	สร้างต้นแบบ ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุง	นำเสนอผล และถอดบทเรียน
ภาระงาน ผู้เรียน	นิยามปัญหา การเก็บความร้อน ของภาชนะ	ออกแบบและสร้าง ต้นแบบ ทดลองวัด อุณหภูมิ-เวลา	ปรับปรุงต้นแบบ นำเสนอแบบ CER สะท้อนการเรียนรู้

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก Bybee, 2015 และ National Research Council, 2012)



ภาพที่ 31 การซ้อนชั้นของ NSW Model กับวัฏจักร 5E และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในหน่วย “ภาชนะเก็บความร้อน”

(ที่มา ผู้เขียน สังเคราะห์จาก ปรัชญา ธงพานิช, 2564; สสวท., 2560; Bybee, 2015)

ภาพที่ 31 แสดงให้เห็นว่า NSW Model วัฏจักร 5E และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซ้อนทับกันอย่างสอดคล้องในหน่วยเดียว ช่วยให้ครูเห็นว่าการเลือกใช้กรอบใดเป็นการเน้นมุมมอง มิใช่การทิ้งอีกกรอบ

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ก.5 เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์

เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ในตารางที่ 34 ประเมินสมรรถนะแบบบูรณาการทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติ สอดคล้องกับตารางสรุปสมรรถนะประจำบทที่ 4 และ 7 ระดับคุณภาพอิงแนวคิด SOLO Taxonomy

ตารางที่ 34 เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์สมรรถนะแบบบูรณาการ

เกณฑ์	ระดับ 1 (เริ่มต้น)	ระดับ 2 (กำลังพัฒนา)	ระดับ 3 (ดี)	ระดับ 4 (ดีเยี่ยม)
มโนทัศน์การถ่ายโอนความร้อน (K)	ระบุได้บางส่วน คลาดเคลื่อน	ระบุสามรูปแบบได้ถูกต้อง	อธิบายเชื่อมโยงกับการออกแบบ	อธิบายและทำนายผลจากการเปลี่ยนตัวแปรได้
การออกแบบและควบคุมตัวแปร (S)	ทดลองโดยไม่ควบคุมตัวแปร	ควบคุมบางตัวแปร	ควบคุมตัวแปรครบและเก็บข้อมูลเป็นระบบ	ออกแบบรัดกุมและปรับปรุงจากข้อมูลอย่างมีเหตุผล
การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ CER (S)	มีข้อกล่าวอ้างแต่ขาดหลักฐาน	มีข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน	เชื่อมข้อกล่าวอ้าง-หลักฐาน-เหตุผลได้	ให้เหตุผลรัดกุมและโต้แย้งทางเลือกอื่นได้
ความเพียรและการทำงานร่วมกัน (A)	ร่วมงานน้อย ละความพยายามเมื่อพบอุปสรรค	ร่วมงานและพยายามพอสมควร	มุ่งมั่นและร่วมมือดี	มุ่งมั่นสูง ใช้ความล้มเหลวเป็นโอกาสเรียนรู้

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

แนวการให้คะแนนและการแปลผล ได้แก่ คะแนนรวม 16 คะแนน เกณฑ์ผ่านคือระดับ 2 ขึ้นไปในทุกเกณฑ์ ครูควรใช้เกณฑ์การให้คะแนนนี้สื่อสารกับผู้เรียนล่วงหน้าเพื่อให้ผู้เรียนกำกับการเรียนรู้ของตนเอง (assessment as learning) และใช้เป็นฐานการให้ผลป้อนกลับเชิงพัฒนา ทั้งนี้ครูพึงตรวจสอบผลจากเกณฑ์การให้คะแนนร่วมกับหลักฐานเชิงคุณภาพและบริบทของผู้เรียน ตามจุดยืนเรื่องวิจารณญาณเชิงวิชาชีพเหนืออัลกอริทึมในบทที่ 6

หมายเหตุ ได้แก่ ตัวอย่างแผนนี้เป็นโครงร่างเพื่อการเรียนการสอนในรายวิชา ผู้สอนพึงปรับรายละเอียดมาตรฐาน ตัวชี้วัด เวลา และบริบทให้ตรงกับชั้นเรียนจริงและฉบับล่าสุดของหลักสูตร

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ก.6 ตารางกำหนดการสอนรายคาบและการบริหารเวลา

การกระจายกิจกรรมของหน่วยการเรียนรู้ภาชนะเก็บความร้อนในแต่ละคาบเรียน พร้อมขั้นของรูปแบบ NSW และเวลาโดยประมาณ แสดงดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 กำหนดการสอนรายคาบของแผน NSW

คาบ	ขั้นรูปแบบ NSW	กิจกรรมหลัก	เวลา (นาที)	หลักฐานการเรียนรู้
1	ขั้น N วิเคราะห์ความต้องการ	สถานการณ์น้ำแข็งละลายในกล่องต่างชนิด ทำนาย-สังเกต-อธิบาย และตั้งคำถามสืบเสาะ	20/30/10	ใบกิจกรรมตอนที่ 1 (คำทำนายและเหตุผล)
2	ขั้น S สร้างความรู้ร่วม	ทดลองการนำความร้อนของวัสดุ สืบค้นมโนทัศน์ อภิปรายกลุ่มด้วยกรอบ CER	15/30/15	ตาราง CER รายกลุ่ม
3	ขั้น W ประเมินคุณค่า	ออกแบบและทดสอบภาชนะเก็บความร้อน นำเสนอ ประเมินตามเกณฑ์ และสะท้อนคิด	30/20/10	ชิ้นงาน ผลการทดสอบ และแบบสะท้อนคิด

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

การบริหารเวลาในแต่ละคาบแบ่งเป็นสามช่วงตามตัวเลขในคอลัมน์เวลา ได้แก่ ช่วงนำเข้าสู่กิจกรรม ช่วงกิจกรรมหลัก และช่วงสรุปร่วม ครูควรกันเวลาสรุปไว้เสมอเพราะเป็นช่วงที่เกิดการตกผลึกมโนทัศน์

ก.7 ตัวอย่างใบกิจกรรมสำหรับผู้เรียน

ใบกิจกรรมเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนกับภารกิจออกแบบภาชนะเก็บความร้อน ตอนที่ 1 ทำนาย สังเกต อธิบาย ก่อนการทดลองให้นักเรียนเขียนคำทำนายว่าน้ำแข็งในกล่องโลหะกับกล่องโฟมก้อนใดละลายเร็วกว่า พร้อมเหตุผล จากนั้นสังเกตจริง บันทึกผล และเขียนคำอธิบายใหม่หากผลต่างจากคำทำนาย

ตอนที่ 2 การโต้แย้งด้วยหลักฐาน ให้นักเรียนกรอกตารางสามช่อง ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (วัสดุใดเหมาะเป็นภาชนะเก็บความร้อนที่สุด) หลักฐาน (ข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้) และการให้เหตุผล (เชื่อมหลักฐานกับหลักการนำและพาความร้อน)

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตอนที่ 3 ภารกิจออกแบบ ออกแบบภาชนะเก็บน้ำอุ่นให้อุณหภูมิลดน้อยที่สุดใน 15 นาที ภายใต้งบวัสดุที่กำหนด วาดแบบร่าง ระบุวัสดุและเหตุผลการเลือก ทดสอบโดยบันทึกอุณหภูมิทุก 3 นาที แล้วเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นเพื่ออภิปรายปัจจัยที่มีผล

ก.8 รายการวัสดุอุปกรณ์และข้อควรระวังด้านความปลอดภัย

วัสดุต่อกลุ่ม ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน บีกเกอร์หรือแก้วใส กล่องโลหะ กล่องโฟม แผ่นอะลูมิเนียม ผ้าสักหลาด กระดาษหนังสือพิมพ์ เทปกาว กรรไกร และน้ำอุ่นอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ข้อควรระวัง ครูเป็นผู้เตรียมและรินน้ำอุ่นเองทุกครั้ง ห้ามนักเรียนใช้น้ำเดือด ตรวจสอบเทอร์โมมิเตอร์ชนิดแอลกอฮอล์ไม่ใช้ปรอท และกำชับการใช้กรรไกรอย่างปลอดภัย

ก.9 แบบบันทึกหลังการสอน

หลังสอนแต่ละคาบ ครูบันทึกสี่ประเด็น ได้แก่ ผลที่เกิดกับผู้เรียนเทียบกับจุดประสงค์ (ร้อยละผู้ผ่านเกณฑ์) สิ่งที่ทำได้ดีและควรคงไว้ ปัญหาหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบพร้อมแนวแก้ไขในคาบถัดไป และรายชื่อผู้เรียนที่ต้องดูแลเป็นรายบุคคลพร้อมวิธีช่วยเหลือ บันทึกนี้คือข้อมูลตั้งต้นของการวิจัยในชั้นเรียนตามแนวบทที่ 9

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มฉบับเต็ม (รูปแบบ NPU Paradigm)

ตัวอย่างแผนต่อไปนี้สาธิตการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มตามแนวทางบนฐาน NPU Paradigm ที่นำเสนอในบทที่ 7 โดยจัดโครงสร้างตามสามระยะของกระบวนทัศน์ (วิเคราะห์ความต้องการ ปฏิบัติการเรียนรู้ และประเมินการเรียนรู้) บูรณาการรูปแบบ 5E กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และระบุมิติ AI-Augmented แบบยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางในแต่ละระยะ แผนนี้พัฒนาจากหน่วยกังหันลมจิ๋วในบทที่ 7 ให้เป็นแผนฉบับสมบูรณ์ที่นักศึกษาครูนำไปปรับใช้ได้

ข.1 ข้อมูลทั่วไปของหน่วยการเรียนรู้

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยการเรียนรู้สะเต็มตัวอย่างนี้ ได้แก่ ชื่อหน่วย ระดับชั้น เวลาเรียน และสาระที่บูรณาการ สรุปดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ข้อมูลทั่วไปของหน่วยการเรียนรู้ (แผนตัวอย่าง ข)

รายการ	รายละเอียด
ชื่อหน่วย	การออกแบบกังหันลมจิ๋วเพื่อผลิตไฟฟ้า (หน่วยบูรณาการสะเต็ม)
รายวิชา/ระดับชั้น	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
เวลา	6 ชั่วโมง (3 คาบ คาบละ 2 ชั่วโมง)
มโนทัศน์แก่นทางวิทยาศาสตร์	การแปลงรูปพลังงาน ได้แก่ พลังงานจลน์ของลม ⟶ พลังงานกล ⟶ พลังงานไฟฟ้า
การบูรณาการ STEM	S: การแปลงพลังงาน · T: การวัดด้วยมัลติมิเตอร์/สื่อจำลอง · E: การออกแบบใบพัด · M: การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตัวแปรและกราฟ

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning University of Phayao

ข.2 ระยะที่ 1 วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ (เป้าหมาย)

ด้านความรู้ (K) ได้แก่ อธิบายการแปลงรูปพลังงานจากพลังงานจลน์ของลมเป็นพลังงานไฟฟ้า และระบุปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้

ด้านทักษะ (S) ได้แก่ ออกแบบการทดลองที่ควบคุมตัวแปร เก็บและวิเคราะห์ข้อมูล และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการปรับปรุงต้นแบบ

ด้านเจตคติ (A) ได้แก่ แสดงความมุ่งมั่นในการปรับปรุงงานบนฐานหลักฐาน และเปิดรับการวิพากษ์จากเพื่อน

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ภาระงานสมจริง (authentic task) ได้แก่ ผู้เรียนออกแบบและสร้างกังหันลมจิ๋วที่ผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดจากลมความเร็วคงที่ พร้อมนำเสนอข้อมูลที่สนับสนุนการตัดสินใจออกแบบ หมายเหตุการออกแบบ ได้แก่ ภาระงานนี้เลือกเพราะทำให้มโนทัศน์การแปลงพลังงานจำเป็นต้องถูกใช้จริง มิใช่ท่องจำ และเปิดให้มีแนวทางแก้หลากหลายตามหลักการออกแบบกิจกรรมสะเต็มที่มีคุณภาพในบทที่ 7

มิติ AI-Augmented (ระยะที่ 1) ได้แก่ ครูอาจใช้ generative AI ช่วยสำรวจแนวทางการกำหนดภาระงานและเกณฑ์ความสำเร็จ แต่ครูเป็นผู้ตัดสินใจเลือกมโนทัศน์แก่นและเป้าหมายเชิงวิทยาการสอนด้วยความเชี่ยวชาญเนื้อหา

ข.3 ระยะที่ 2 ปฏิบัติการเรียนรู้ (กิจกรรม 5E + EDP)

กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักร 5E ที่บูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พร้อมสื่อที่ใช้ในแต่ละขั้น แสดงดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 กิจกรรมปฏิบัติการเรียนรู้ 5E บูรณาการ EDP (แผนสะเต็ม)

ขั้น 5E	กิจกรรมและบทบาท	การฝัง EDP / สื่อ
Engage	ครูแสดงปรากฏการณ์กังหันลมจริงและตั้งคำถามว่าพลังงานลมกลายเป็นไฟฟ้าได้อย่างไร เพื่อดึงมโนทัศน์เดิมและสร้างความอยากรู้	สื่อวิดีทัศน์/ของจริง
Explore	ผู้เรียนสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนกับการผลิตไฟฟ้าผ่านชุดทดลองเบื้องต้น และระบุตัวแปรที่น่าจะมีผล	สื่อจำลอง (simulation) ให้ทดลองตัวแปรเสมือน
Explain	ครูชี้แนะให้ผู้เรียนเชื่อมโยงผลการสำรวจกับมโนทัศน์การแปลงพลังงาน และแนะนำศัพท์/หลักการบนฐานประสบการณ์	ใบความรู้ + แผนภาพการแปลงพลังงาน
Elaborate (EDP)	ผู้เรียนระบุปัญหา ออกแบบใบพัด (จำนวน/มุม/รัศมี) สร้างต้นแบบ ทดสอบครั้งละหนึ่งตัวแปร วัดแรงดันไฟฟ้า วิเคราะห์ และปรับปรุงซ้ำ	คู่มือปฏิบัติการแบบเปิด + มัลติมิเตอร์
Evaluate	ผู้เรียนนำเสนอต้นแบบที่ดีที่สุดพร้อมข้อมูลสนับสนุน และสะท้อนกระบวนการออกแบบ	เกณฑ์ rubric (ข.9)

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

มิติ AI-Augmented (ระยะที่ 2) ได้แก่ ครูอาจใช้ AI ช่วยร่างใบงาน คำถามกระตุ้นการคิด และสถานการณ์ปัญหา แล้วปรับให้เหมาะกับผู้เรียนและตรวจสอบความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนใช้ สื่อจำลองสถานการณ์ช่วยให้ผู้เรียนทดลองตัวแปรได้หลายรอบโดยไม่จำกัดด้วยทรัพยากร

ข.4 ระยะที่ 3 ประเมินการเรียนรู้

การประเมินใช้หลายแหล่งตามหลักการประเมินที่หลากหลายในบทที่ 6 ได้แก่ การประเมินเพื่อพัฒนาจากการสังเกตกระบวนการออกแบบและการตั้งคำถาม การประเมินชิ้นงานต้นแบบและการนำเสนอด้วยเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ และการประเมินการสะท้อนคิดของผู้เรียน เกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 เกณฑ์การให้คะแนนการเรียนรู้แบบหลายแหล่ง

เกณฑ์	ระดับต้น (1)	ระดับพัฒนา (2)	ระดับดี (3)
ความเข้าใจการแปลงพลังงาน	อธิบายไม่เชื่อมโยง	อธิบายถูกบางส่วน	อธิบายเชื่อมโยงครบถ้วนถูกต้อง
การควบคุมตัวแปร	ไม่ควบคุมตัวแปร	ควบคุมบางตัวแปร	ควบคุมตัวแปรอย่างเป็นระบบ
การปรับปรุงบนฐานหลักฐาน	ปรับโดยไม่ใช้ข้อมูล	ปรับโดยอ้างข้อมูลบางส่วน	ปรับปรุงโดยวิเคราะห์ข้อมูลชัดเจน

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

มิติ AI-Augmented (ระยะที่ 3) ได้แก่ ครูอาจใช้ AI ช่วยจัดกลุ่มคำอธิบายของผู้เรียนเพื่อระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนร่วมกัน หรือช่วยวิเคราะห์ข้อสอบ แต่ครูตรวจสอบและตัดสินใจขั้นสุดท้ายเสมอ โดยเฉพาะกับคำตอบภาษาไทย ตามหลักการปิดวงจรการเรียนรู้ในบทที่ 6

ข.5 การสะท้อนผลหลังสอนและหมายเหตุการออกแบบ

ส่วนนี้เป็นพื้นที่ให้ครูบันทึกการสะท้อนหลังสอนตามแนวทางการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 7 โดยพิจารณาว่ากิจกรรมใดที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมหรือสับสน มโนทัศน์ใดที่ยังคลาดเคลื่อน และจะปรับปรุงแผนอย่างไรในรอบถัดไป หมายเหตุการออกแบบโดยรวม ได้แก่ แผนนี้ออกแบบให้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์เป็นแก่น (มิใช่กิจกรรมประดิษฐ์) โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำหน้าที่เป็นบริบทที่ทำให้มโนทัศน์การแปลงพลังงานจำเป็นต้องถูกใช้และเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการบูรณาการสะเต็มที่มีคุณภาพและการออกแบบบนฐาน NPU Paradigm ในบทที่ 7

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ข.6 ตารางกำหนดการสอนรายคาบและการบริหารเวลา

เพื่อให้แผนนำไปใช้ได้จริง ผู้สอนควรกำหนดการบริหารเวลารายคาบอย่างชัดเจน ตารางที่ 39 แสดงตัวอย่างการกระจายกิจกรรมของหน่วยการเรียนรู้กังหันลมในเวลา 6 คาบเรียน (คาบละ 50 นาที) โดยเชื่อมแต่ละช่วงกับขั้นของวัฏจักร 5E และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตารางที่ 39 กำหนดการสอนรายคาบและการบริหารเวลา

คาบที่	กิจกรรมหลัก	ขั้น 5E / EDP	เวลาโดยประมาณ
1	สร้างความสนใจด้วยสถานการณ์พลังงานในชุมชน ตั้งคำถามและระบุปัญหา	Engage / ระบุปัญหา	50 นาที
2	สำรวจความรู้เดิมเรื่องพลังงานลมและการเปลี่ยนรูปพลังงาน ทดลองเบื้องต้น	Explore / รวบรวมข้อมูล	50 นาที
3	อธิบายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและออกแบบกังหันลมต้นแบบ	Explain / ออกแบบ	50 นาที
4	สร้างต้นแบบกังหันลมตามที่ออกแบบ	Elaborate / สร้าง	50 นาที
5	ทดสอบ เก็บข้อมูล วิเคราะห์ และปรับปรุงต้นแบบ	Elaborate / ทดสอบและปรับปรุง	50 นาที
6	นำเสนอผลงาน ประเมิน และสะท้อนการเรียนรู้	Evaluate / สื่อสารผล	50 นาที

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

การกำหนดเวลาเช่นนี้เป็นเพียงกรอบที่ยืดหยุ่นได้ ผู้สอนควรปรับตามความก้าวหน้าจริงของผู้เรียน โดยเฉพาะขั้นทดสอบและปรับปรุงที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มอาจใช้เวลาต่างกัน หลักการสำคัญคือการรักษาสมดุลระหว่างเวลาที่ใช้สร้างชิ้นงานกับเวลาที่ใช้คิดวิเคราะห์ เพื่อมิให้กิจกรรมกลายเป็นการประดิษฐ์โดยขาดการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ข.7 ตัวอย่างใบกิจกรรมสำหรับผู้เรียน

ใบกิจกรรมเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยกำกับการสืบเสาะและการออกแบบของผู้เรียน ตัวอย่างในตารางที่ 40 เป็นโครงร่างใบกิจกรรมสำหรับหน่วยการเรียนรู้กังหันลม ที่ออกแบบให้ผู้เรียนบันทึกกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 40 ตัวอย่างใบกิจกรรมสำหรับผู้เรียน

ส่วนของใบกิจกรรม	คำถาม/ภาระงานสำหรับผู้เรียน
1. ระบุปัญหา	ปัญหาที่ต้องแก้คืออะไร เงื่อนไขและข้อจำกัดของการออกแบบมีอะไรบ้าง
2. รวบรวมข้อมูล	พลังงานลมเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างไร ปัจจัยใดมีผลต่อประสิทธิภาพของกังหัน
3. ออกแบบ	วาดแบบกังหันลมของกลุ่ม พร้อมอธิบายเหตุผลของการเลือกจำนวนใบ มุม และวัสดุ
4. สร้างและทดสอบ	บันทึกผลการทดสอบ เช่น แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ในแต่ละการออกแบบ
5. วิเคราะห์และปรับปรุง	ข้อมูลบอกอะไรเกี่ยวกับการออกแบบ จะปรับปรุงอย่างไรและเพราะเหตุใด
6. สะท้อนผล	เรียนรู้อะไรเกี่ยวกับพลังงานลมและกระบวนการออกแบบ หากทำใหม่จะทำต่างจากเดิมอย่างไร

(ที่มา ผู้เขียน)

ในมุมมองของผู้เขียน ใบกิจกรรมที่ดีต้องเน้นการบันทึกกระบวนการคิดและการให้เหตุผล มิใช่เพียงการกรอกผลลัพธ์ คำถามในใบกิจกรรมจึงออกแบบให้ผู้เรียนต้องอธิบายเหตุผลของการตัดสินใจในทุกขั้น ซึ่งทำให้ใบกิจกรรมเป็นทั้งเครื่องมือกำกับการเรียนรู้และหลักฐานการประเมินกระบวนการคิดไปพร้อมกัน สอดคล้องกับหลักการประเมินการคิดขั้นสูงในบทที่ 4 และการประเมินตามสภาพจริงในบทที่ 6

ข.8 รายการวัสดุอุปกรณ์และข้อควรระวังด้านความปลอดภัย

การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และการคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ของแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ สำหรับหน่วยการเรียนรู้กังหันลม วัสดุอุปกรณ์หลักประกอบด้วยวัสดุสำหรับสร้างใบกังหันและฐาน เช่น แผ่นวัสดุน้ำหนักเบา ไม้หรือพลาสติก มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์วัดทางไฟฟ้าอย่างมัลติมิเตอร์ พัดลมหรือแหล่งกำเนิดลมสำหรับทดสอบ และอุปกรณ์ประกอบอื่น เช่น กาว เทป และกรรไกร

ด้านความปลอดภัย ผู้เขียนขอเน้นว่าครูวิทยาศาสตร์ต้องวางแผนความปลอดภัยล่วงหน้าเสมอสำหรับหน่วยนี้ ข้อควรระวังสำคัญได้แก่ การใช้เครื่องมือตัดอย่างปลอดภัยภายใต้การดูแลของครู การระวังการหมุนของใบกังหันขณะทดสอบมิให้อยู่ใกล้ใบหน้าหรือดวงตา การตรวจสอบการต่อวงจรไฟฟ้าให้ถูกต้องก่อนทดสอบ และการจัดพื้นที่ทดสอบให้เป็นระเบียบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ การสอนเรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการมิใช่เพียงการป้องกันอุบัติเหตุ แต่เป็นการปลูกฝังเจตคติและความรับผิดชอบเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ครูจึงควรถือเป็นโอกาสในการพัฒนาทั้งทักษะปฏิบัติและเจตคติของผู้เรียนไปพร้อมกัน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

หมายเหตุ ได้แก่ แผนตัวอย่างนี้จัดทำเพื่อสาธิตแนวทางการออกแบบบนฐาน NPU Paradigm ผู้สอนพึงปรับมาตรฐาน ตัวชี้วัด เวลา และบริบทให้ตรงกับชั้นเรียนจริงและหลักสูตรฉบับล่าสุด

เกณฑ์การผ่านของแผนทั้งสองฉบับ ผู้เรียนผ่านจุดประสงค์เมื่อได้ระดับ 2 ขึ้นไปทุกเกณฑ์ และได้ระดับ 3 ขึ้นไปอย่างน้อยสองเกณฑ์จากเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวิเคราะห์ ผู้ไม่ผ่านให้ซ่อมเสริมด้วยกิจกรรมย่อยแล้วประเมินซ้ำเฉพาะเกณฑ์ที่ไม่ผ่าน

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ค อภิธานศัพท์

อภิธานศัพท์ในตารางที่ 41 รวบรวมคำศัพท์เฉพาะทางที่ปรากฏตลอดเล่ม เพื่อช่วยให้ผู้อ่านโดยเฉพาะนักศึกษาวิชาชีพครู เข้าถึงความหมายของศัพท์เทคนิคได้สะดวก คำนิยามในที่นี้เป็นการอธิบายเชิงปฏิบัติเพื่อความเข้าใจเบื้องต้น ผู้อ่านควรศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 41 อภิธานศัพท์เฉพาะทาง

คำศัพท์	ความหมายโดยสังเขป
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science: NOS)	ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีที่ความรู้วิทยาศาสตร์ถูกสร้าง ตรวจสอบ และเปลี่ยนแปลง รวมถึงลักษณะเชิงประจักษ์ ชั่วคราว และอิงหลักฐานของวิทยาศาสตร์ (บทที่ 1)
ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK)	ความรู้ที่ผสานเนื้อหาวิชากับวิธีสอน ทำให้ครูรู้ว่าจะสอนมโนทัศน์เฉพาะให้ผู้เรียนเข้าใจได้อย่างไร รวมถึงรู้จุดที่ผู้เรียนมักเข้าใจผิด (บทที่ 1)
TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge)	ฐานความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับความรู้เนื้อหาและวิธีสอน เพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีที่เสริมการเรียนรู้มโนทัศน์เฉพาะอย่างมีวิจารณญาณ (บทที่ 1, 8)
การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)	ความสามารถในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ ประเมินและออกแบบการสืบเสาะ และตีความข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อการตัดสินใจในชีวิต (บทที่ 1, 2)
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception)	ความเข้าใจของผู้เรียนที่แตกต่างจากความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับ ซึ่งมักฝังลึกและต้องอาศัยการเปลี่ยนมโนทัศน์ (บทที่ 1)
การเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual Change)	กระบวนการที่ผู้เรียนปรับเปลี่ยนความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการเผชิญสถานการณ์ที่ขัดแย้งกับความเชื่อเดิม (บทที่ 1, 3)
คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)	ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มองว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการเชื่อมโยงประสบการณ์และความรู้เดิม มิใช่รับความรู้แบบนิ่งเฉย (บทที่ 3)
ภาระทางปัญญา (Cognitive Load)	ปริมาณการทำงานของความจำใช้งานขณะเรียนรู้ การออกแบบการสอนที่ดีจัดการภาระนี้ให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกินขีดความสามารถของผู้เรียน (บทที่ 3)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

คำศัพท์	ความหมายโดยสังเขป
การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding)	การช่วยเหลือชั่วคราวที่ครูจัดให้ผู้เรียนทำสิ่งที่ยังทำเองไม่ได้ แล้วค่อย ๆ ถอนเมื่อผู้เรียนทำได้เอง (บทที่ 3)
การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน (Universal Design for Learning: UDL)	แนวทางออกแบบการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและเปิดหลายช่องทางตั้งแต่ต้น เพื่อให้ผู้เรียนที่หลากหลายเข้าถึงการเรียนรู้ได้ (บทที่ 3)
การวิเคราะห์การเรียนรู้ (Learning Analytics)	การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อทำความเข้าใจและปรับปรุงการเรียนการสอน (บทที่ 6, 8)
ความรอบรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI Literacy)	ความสามารถในการเข้าใจ ใช้ ประเมิน และตั้งคำถามเชิงวิจารณญาณต่อปัญญาประดิษฐ์อย่างมีความรับผิดชอบ (บทที่ 8)
การกำกับโดยมนุษย์ (Human Oversight)	หลักการที่มนุษย์ยังคงเป็นผู้ตัดสินใจขั้นสุดท้ายในการใช้ AI โดยเฉพาะการตัดสินใจที่มีผลกระทบสูงต่อผู้เรียน (บทที่ 8)
รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E	รูปแบบการสอนห้าขั้น (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) ที่ให้ผู้เรียนสำรวจก่อนรับคำอธิบาย สอดคล้องกับธรรมชาติการสืบเสาะของวิทยาศาสตร์ (บทที่ 5)
การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)	การจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางปัญญาอย่างกระตือรือร้นในการสร้างความเข้าใจ มิใช่เพียงการเคลื่อนไหวทางกาย (บทที่ 5)
การมีส่วนร่วมทางปัญญา (Cognitive Engagement)	ระดับที่ผู้เรียนใช้ความคิดอย่างลึกซึ้งในการเรียนรู้ แบ่งเป็นเชิงรับ เชิงกระทำ เชิงสร้าง และเชิงปฏิสัมพันธ์ (บทที่ 5)
ความล้มเหลวที่ให้ผล (Productive Failure)	การออกแบบให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาที่ท้าทายและล้มเหลวก่อนได้รับคำอธิบาย เพื่อสร้างความพร้อมในการเรียนรู้เชิงลึก (บทที่ 5)
การคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking Skills: HOTS)	การคิดขั้นสูงตามอนุกรมวิธานของ Bloom ได้แก่ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์ (บทที่ 4)
การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Argumentation)	การสร้างและปกป้องข้อกล่าวอ้างบนฐานหลักฐานและการให้เหตุผล มักใช้โครงสร้าง CER (ข้อกล่าวอ้าง-หลักฐาน-การให้เหตุผล) (บทที่ 4)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

คำศัพท์	ความหมายโดยสังเขป
การออกแบบย้อนกลับ (Backward Design)	การออกแบบการเรียนรู้โดยเริ่มจากผลลัพธ์ที่ต้องการ แล้วกำหนดหลักฐานการประเมิน ก่อนออกแบบกิจกรรม (บทที่ 3, 6, 7)
การประเมินเพื่อพัฒนา (Formative Assessment)	การประเมินเพื่อพัฒนาเพื่อให้ผลป้อนกลับที่ช่วยปรับปรุงการเรียนการสอน มิใช่เพื่อตัดสินผล (บทที่ 6)
ความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ (Constructive Alignment)	การออกแบบให้ผลลัพธ์การเรียนรู้ กิจกรรม และการประเมินสอดคล้องกัน (บทที่ 3, 6, 7)
สะเต็มศึกษา (STEM Education)	การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านการแก้ปัญหาในบริบทจริง (บทที่ 7)
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process: EDP)	กระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมที่เป็นวงรอบ ตั้งแต่ระบุปัญหา ออกแบบ สร้าง ทดสอบ และปรับปรุง (บทที่ 7)
การศึกษาบทเรียน (Lesson Study)	กระบวนการพัฒนาวิชาชีพที่ครูร่วมกันออกแบบ สังเกต และปรับปรุงบทเรียนอย่างเป็นระบบ (บทที่ 9)
ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC)	กลุ่มครูที่ทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียนบนฐานข้อมูลและความร่วมมือ (บทที่ 9)
การฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด (Reflective Practice)	การที่ครูพิจารณาและวิเคราะห์การสอนของตนอย่างเป็นระบบเพื่อพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (บทที่ 9)
การวิจัยเชิงออกแบบ (Design-Based Research: DBR)	ระเบียบวิธีวิจัยที่พัฒนาและทดสอบนวัตกรรมการศึกษาซ้ำหลายรอบในสภาพห้องเรียนจริง (บทที่ 2, 10)
การประเมินหลักสูตร (Curriculum Evaluation)	กระบวนการรวบรวมและตีความหลักฐานเพื่อตัดสินคุณค่าและปรับปรุงหลักสูตร เช่น โมเดล CIPP (บทที่ 2)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

คำศัพท์	ความหมายโดยสังเขป
กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm	กรอบแนวคิดแกนของหนังสือเล่มนี้ ประกอบด้วยเสาหลักทั้งห้า ได้แก่ รากฐานที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลและ AI อย่างมีจริยธรรม การสืบเสาะและการคิดขั้นสูง การประเมินที่ต่อเนื่อง และการออกแบบบนฐาน TPACK สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด (ทุกบท)
เสาหลัก (Pillar)	องค์ประกอบหลักห้าประการของกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm ที่ผู้เขียนขยายขึ้นจากวงจรสามระยะของกระบวนทัศน์ NPU ฉบับเดิม เพื่อให้ครอบคลุมกระบวนการจัดการเรียนรู้ ฐานความรู้ของครู และการพัฒนาวิชาชีพ (บทที่ 1)

(ที่มา ผู้เขียน)

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ดัชนีผู้แต่ง Author Index

รวบรวมรายนามผู้แต่งที่อ้างถึงในเล่ม พร้อมบทที่ปรากฏ เรียงรายนามภาษาไทยก่อนแล้วจึงภาษาอังกฤษ

ผู้แต่งไทย

กระทรวงศึกษาธิการ 1, 2

กิตติพิชญ์ ศรีเนตร 5, 8, 9, 10

จิราภรณ์ สิงหา 9

ธนเดช ติ้ววงค์ 3, 10

ปรัชญา ธงพานิช 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

พงษ์พัฒน์ สีดาวงษ์ 6, 10

พิจิตรา ธงพานิช 1, 3

วัชรพงษ์ คำวัน 9

เสกสิทธิ์ แข็งแรง 9

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) 2, 4, 7

สุมาลี ศรีพุทธรินทร์ 3, 5, 6, 8, 9, 10

ผู้แต่งต่างประเทศ

Ahmad 3, 5

Al-Makhzoomy 3

Al-Thani 3, 5

Almasri 8

Almeqdad 3

Alodat 3

Alquraan 3

Ammar 3, 5

Anderson 2, 4, 9

Angeli 1, 8

Antonio 4

Archwamety 6

Arifin 4

Austin 5

Avraamidou 1, 8, 10

Baker 1, 6

Bao 1

Biggs 3

Black 3, 5, 6

Bower 2, 7

Briggs 4

Brownell 3, 6

Busch 1

Bybee 5, 7

CAST 3, 6, 7

Chamrat 9

Chan 1, 5

Cheewinsiriwat 5

Chen 7

Chinn 3, 5

Chiu 8, 10

Clark 3, 5

Clarke 1

Coll 2

Collins 4

Cooper 3, 6, 8

Coryn 2

Cukurova 8

Dahsah 2

Daungyiwa 5

Deci 3

DeWitt 5

Driver 4

Du 6

Duncan 3, 5

Eddy 5

Eilks 1

Eisenkraft 5

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Eliassen 3
English 7
Erduran 4
Faikhamta 1, 9
Falloon 2, 4, 7
Finster 5
Foley 2
Forbes 2, 7
Freeman 5
Froyd 2, 7
Furtak 4
Gardner 3, 7
Gephart 2
Gertzog 1
Gill 3
Gin 3, 6
Gomes 2
Gómez 4, 5
Gonzalez 9
Guba 2
Guerrero 3, 6
Hammond 2
Harlen 4
Harms 1
Hart 1
Hattie 6
Hatzigianni 2, 7
Hawn 6
Hewson 1
Hiebert 9
Hill 5, 9
Hmelo-Silver 3, 5
Huang 1, 10
Hurd 1
Iverson 4
Jeno 3
Johansen 3
Jordt 5
Juuti 9
Kamari 4
Kapur 5
Ketsing 9
Khong-ngam 6
Kim 4, 9
Kind 1
Kirschner 3, 5, 7
Koehler 1, 8
Krathwohl 2, 4
Kruatong 5
Kruea-In 5
Kwong 5
Ladachart 6, 7
Landes 7
Lao 8
Lavonen 9
Lederman 1
Lee 5, 10
Li 2, 7
Lynch 9
Ma 8
Mastropieri 3
McDonough 5
McTighe 3, 5, 7
Merrienboer 3
Merriman 2
Merritt 9
Miao 8
Mishra 1, 8
Mohaidat 3
National Research Council 2, 4, 7
National Science Teaching Association 5
Nehm 6

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

Neumann 1
Newton 4
Nuangchalerm 6, 8
Nugultham 5
Nyaaba 8
OECD 1, 2, 4
Okoroafor 5
Onkhum 5
Osborne 4
Paas 3
Padilla 4
Palanci 6, 8
Panbamrungkij 5
Panergayo 4
Park 1
Patnukao 5
Pedro 2
Phothong 7
Piaget 3
Piedade 2
Pinar 4
Piromsombat 6
Polanin 5
Posner 1
Powell 5, 7
Provus 2
Prudente 4
Rajwade 1
Raza 4, 9
Reeves 9
Roberts 1
Robottom 1
Rodgers 5
Ryan 3, 9
Santos 2
Saputro 4
Scotter 7
Scruggs 3
Seidel 4
Seidman 4, 9
Sellami 3, 5
Shen 9
Shinkfield 2
Shiohira 8
Shulman 1
Simon 4
Sjöström 1
Smith 5
Song 6
Sothayapetch 9
Sriboonruang 7
Steingut 5
Stern 5
Stevenson 2, 7
Stigler 9
Storksdieck 5
Strike 1
Stufflebeam 2
Suaklay 7
Suárez 4, 5
Sweller 3, 5
Tanak 9
Tangdhanakanond 6
Taylor 5, 7
Thongpanit 1, 5, 8
Timperley 6
Tinoca 2
Tomlinson 7
Toulmin 4
Tsai 7
Turan 6, 8
Tyler 2

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

UNESCO 8
Valanides 1, 8
Vannametee 5
Vygotsky 3
Wang 2, 3, 5, 7
Wannagatesiri 5
Wenderoth 5
Westbrook 7
Wiggins 3, 5, 7
Wiliam 3, 5, 6
Williams 5
Wind 3
Wong 5
Wongwanich 6
Wu 1, 9, 10
Xiao 1, 2, 7
Xiong 1
Yang 1
Yilmaz 6, 8
Zhai 6, 8
Zheng 6, 9
Zhou 4

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ดัชนีหัวเรื่อง Subject Index

คำสำคัญ หัวข้อ และมโนทัศน์ พร้อมบทที่มีการอภิปรายสาระนั้น เรียงตามลำดับอักษร

ก

เกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) 4, 6

กรอบการโต้แย้งของทูลมิน (Toulmin) 4

กรอบบูรณาการบนฐาน NPU Paradigm 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) 7

การคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking Skills) 4

การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) 5

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) 3, 5

การจัดการเรียนรู้ผ่านปฏิบัติการและงานทดลอง 5

การตั้งคำถามและการสนทนาในชั้นเรียน 5

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Argumentation) 4

การนิเทศภายในสถานศึกษา (Internal Supervision) 9

การประเมินตนเองและการประเมินโดยเพื่อน (Self/Peer Assessment) 6

การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) 6

การประเมินเพื่อพัฒนา (Formative Assessment) 6

การประเมินระดับนานาชาติ (PISA / TIMSS) 2

การประเมินหลักสูตร (Curriculum Evaluation) 2

การเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual Change) 1, 3, 5

การพัฒนาวิชาชีพครู (Teacher Professional Development) 5, 9, 10

การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา (School-Based Curriculum) 2

การมีส่วนร่วมทางปัญญา (Cognitive Engagement) 5

การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) 1, 2

การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) 5, 8, 9, 10

การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) 3

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นอกห้องเรียน (Out-of-Classroom / Place-Based Learning) 5

การวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่หน่วยการเรียนรู้ 2

การวิเคราะห์ผู้เรียน (Learner Analysis) 7

การวิจัยเชิงออกแบบ (Design-Based Research) 2

การวิจัยในชั้นเรียน (Classroom Action Research) 9, 10

การศึกษาบทเรียน (Lesson Study) 9

การสร้างข้อสอบด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI Item Generation) 6

การสอนตรงกับการเรียนรู้เชิงรุก (Direct vs Active) 5

การสอนแบบจุลภาค (Microteaching) 9

การสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยแบบจำลอง (Model-Based Inquiry) 4

การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) 3, 5, 6

การให้ผลป้อนกลับ (Feedback) 6

การออกแบบที่ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน (Universal Design for Learning) 3, 10

การออกแบบย้อนกลับ (Backward Design) 2, 3, 5, 7

ข

ข้อเสนอเชิงนโยบายหลายระดับ (Multi-level Policy) 10

เขตพัฒนาการใกล้เคียง (Zone of Proximal Development) 3

ค

ความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) 4

ความตรงและความเที่ยงของการประเมิน (Validity & Reliability) 6, 10

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (Laboratory Safety) 5
ความผาสุกของครู (Teacher Well-being) 9
ความรอบรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI Literacy) 8
ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) 1
ความล้มเหลวที่ให้ผล (Productive Failure) 5
ความสอดคล้องเชิงสร้างสรรค์ (Constructive Alignment) 2, 3, 6, 7
ความเสมอภาคและความหลากหลายของผู้เรียน 3, 10
คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) 1, 3
โครงสร้างการโต้แย้ง CER (ข้อกล่าวอ้าง-หลักฐาน-การให้เหตุผล) 4

จ

จริยธรรมและธรรมาภิบาล AI (AI Ethics and Governance) 8
เจตคติทางวิทยาศาสตร์ 4

ช

ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) 9

ท

ทฤษฎีแรงจูงใจและการกำหนดตนเอง (Self-Determination Theory) 3
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4, 6, 7

ธ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) 1
ธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ระดับสถาบัน (Institutional AI Governance) 8

บ

แบบจำลอง NSW Model 4, 7, 10
แบบจำลอง STUDIES Model 3

ป

ปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษา (Artificial Intelligence in Education) 6, 8, 10

ผ

ผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ (Learners with Special Needs) 3, 6

พ

พหุปัญญา (Multiple Intelligences) 3

ฟ

แฟ้มสะสมงานวิชาชีพ (Professional Portfolio) 9

ภ

ภาระทางปัญญา (Cognitive Load) 3, 5, 7
ภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ (Learning Loss) 6, 10
ภาวะผู้นำทางวิชาการของครู (Teacher / Academic Leadership) 9

ม

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) 1, 5, 6, 7, 8, 9
มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด 2
มิติความรู้ ทักษะ และเจตคติ (K-S-A) 4
โมเดลการประเมินแบบซิป (CIPP Model) 2

ร

ระดับการบูรณาการเทคโนโลยี SAMR 1
รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 5E 5, 7
รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ 7E 5

ว

วิเคราะห์การเรียนรู้ (Learning Analytics) 6, 8

ส

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) 2, 7
สะเต็มศึกษา (STEM Education) 2, 7, 10
เส้นทางการพัฒนาครู ได้แก่ รับมา ปรับใช้ ร่วมพัฒนา สร้างความรู้ 10
เสาหลัก (Pillar) 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10

ห

หลักการของไทเลอร์ (Tyler Rationale) 2

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2560 2

อ

อคติของอัลกอริทึม (Algorithmic Bias) 6, 8
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ 7
องค์ประกอบของ TPACK: ความรู้เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี 1, 8
อนุกรมวิธานของ Bloom ฉบับปรับปรุง (Revised Bloom's Taxonomy) 4

A-Z

TPACK 1, 8

Library and Learning, University of Phayao

© พ.ศ. 2569 ปรัชญา ธงพานิช · วิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ · คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม · สงวนลิขสิทธิ์

V — I

บูรณาการเทคโนโลยีที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง

ห้องเรียนวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงเร็วกว่าตำราที่ใช้สอนเสมอ
ตำราเล่มนี้จึงเขียนขึ้นเพื่อเชื่อมทฤษฎีการเรียนรู้ หลักฐานวิจัยระดับสากล
และเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เข้ากับความเป็นจริงของห้องเรียนไทย
ผ่านกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm
ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ร้อยเรียงสาระทั้งสิบบท
ตั้งแต่รากฐานทางทฤษฎีจนถึงการประเมินหลักสูตร
ให้เป็นเส้นทางเดียวที่เดินตามได้จริง

ทุกบทจบด้วยเครื่องมือที่ครูนำไปใช้ได้ทันที ตัวอย่างการประยุกต์ครบสาขาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา
แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับเต็มพร้อมใบกิจกรรมและเกณฑ์การประเมิน
อภิธานศัพท์ และดัชนีค้นเร็ว เหมาะสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู ครูวิทยาศาสตร์
และผู้ออกแบบการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

Library and Learning, University of Phayao

เกี่ยวกับผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญา ธงพานิช เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม
สอนและวิจัยด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
และการบูรณาการเทคโนโลยีในการศึกษา เป็นผู้พัฒนารูปแบบการสอน NSW
และกรอบบูรณาการบนฐาน NPU Teaching and Learning Paradigm
ที่ใช้เป็นแกนของตำราเล่มนี้ และมีผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการอย่างต่อเนื่อง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม
Faculty of Science, Nakhon Phanom University

ISBN (e-book)
XXX-XXX-XXXXX-X-X
(รอเลขจริงจากสำนักพิมพ์)

ทรัพยากรเล่มนี้ ได้มอบให้ศูนย์บรรณสารและการเรียนรู้
สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา
เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ
ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ปลอมแปลง จัดแผยแพร่
จำหน่าย ให้เช่า เข้าครอบครอง เรียกดึงข้อมูล บันทึก ส่งผ่าน
หรือกระทำการใด ๆ เกี่ยวกับลิขสิทธิ์ของเล่ม โดยไม่ชอบด้วยกฎหมาย
หรือโดยไม่ได้รับอนุญาตอย่างเป็นทางการจากเจ้าของผลงาน