การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 : กรณีศึกษาโรงเรียนดอยงามวิทยาคม

ศิรินภา คำหล้าทราย

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
มกราคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 : กรณีศึกษาโรงเรียนดอยงามวิทยาคม

ศิรินภา คำหล้าทราย

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
มกราคม 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

DESIGN–BASED LEARNING TO DEVELOP TENTH GRADE STUDENTS' DESIGN THINKING AND UNDERSTANDING OF THE PRINCIPLE OF HOW THE INCLINED PLANE WORKS : A CASE STUDY OF DOINGAMWITTAYAKOM SCHOOL

SIRINAPA KHAMLARSAI

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment

of the Requirements for the Master of EducationDegree in

Degree in Curriculum and Instruction

January 2022

Copyright 2022 by University of Phayao

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรื่อง

การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและ
ความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 : กรณีศึกษาโรงเรียนดอยงามวิทยาคม

ของ ศิรินภา คำหล้าทราย

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ จันทะคุณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลือชา ลดาชาติ)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ดร. วสันต์ สรรพสุข)

..... คณบดีวิทยาลัยการศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ นพรัก)

เรื่อง: การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 : กรณีศึกษาโรงเรียนดอยงามวิทยาคม

ผู้ศึกษาค้นคว้า: ศิรินภา คำหล้าทราย, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2564

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลือชา ลดาชาติ

คำสำคัญ: การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ, ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์, ชุดความคิดเชิงออกแบบ, พื้นเอียง, สะเต็มศึกษา

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 คน ซึ่งเป็นเพศหญิงทั้งหมด ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบ จำนวน 24 ข้อ และแบบวัดความคิดเชิงออกแบบที่เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบเรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติบรรยายและสถิติอนุมาน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในแง่ของความคิดเชิงออกแบบ ($p > 0.05$) ผลการวิจัยนี้จึงบ่งชี้ว่า การพัฒนาความคิดเชิงออกแบบเป็นสิ่งที่ท้าทาย งานวิจัยในอนาคตจำเป็นต้องหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความคิดเชิงออกแบบของนักเรียน

Title: DESIGN-BASED LEARNING TO DEVELOP TENTH GRADE STUDENTS' DESIGN THINKING AND UNDERSTANDING OF THE PRINCIPLE OF HOW THE INCLINED PLANE WORKS : A CASE STUDY OF DOINGAMWITTAYAKOM SCHOOL

Author: Sirinapa Khamlarsai, Independent Study: M.Ed. (Curriculum and Instruction), University of Phayao, 2021

Advisor: Luecha Ladachart

Keywords: Design-based learning, design-thinking mindsets, inclined plane, scientific understanding, STEM education

ABSTRACT

The purpose of this research was to examine the effects of design-based learning on six female tenth-grade students' scientific understanding and design-thinking mindsets. The researchers collected data using a multiple-choice conceptual test comprising of 24 items and a Likert five-point scale measuring design-thinking mindsets comprising of 30 items before and after the implementation of design-based learning in the topic of inclined planes. The researchers analyzed the data using descriptive and inferential statistics. Research results reveal that the students significantly developed scientific understanding ($p < 0.05$) but did not exhibit a significant change in design-thinking mindsets ($p > 0.05$). These research results indicate that developing design-thinking mindsets is a challenge. Future research is necessary to find an effective way to develop students' design-thinking mindsets.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเกี่ยวกับการการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: กรณีศึกษาของโรงเรียนดอยงามวิทยาคม ในครั้งนี้สำเร็จลงได้ ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลือชา ลดาชาติ อาจารย์วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มีชัย เทพนุรัตน์ อาจารย์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ดร.สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ ครูโรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย และครูสายสุนีย์ ฝั้นก้อ ครูโรงเรียนดำรงราษฎร์สงเคราะห์ ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ตลอดจนให้คำปรึกษาและแนะนำ จนการศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนดอยงามวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เชียงราย ที่ได้กรุณาอนุญาตให้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย ขอขอบพระคุณคณะครูโรงเรียนดอยงามวิทยาคม ที่ได้ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวก ตลอดเวลาที่ได้ทำการวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง ประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับจากการวิจัยในครั้งนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูบูชาแด่บุพการีและเป็นประโยชน์แก่แวดวงวิชาการต่อไป

ศิรินภา คำหล้าทราย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามวิจัย 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

ทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมทางสังคม 9

ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา (Constructionism) 14

การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ 17

การคิดเชิงออกแบบ 25

ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ 41

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 63

การกำหนดผู้มีส่วนร่วม 65

กิจกรรมการเรียนรู้ 66
การเก็บรวบรวมข้อมูล 67
การวิเคราะห์ข้อมูล 69
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 70
บทที่ 4 ผลการวิจัย 73
ผลการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ 73
ผลการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อการคิดเชิงออกแบบ 75
บทที่ 5 บทสรุป 81
สรุปผลการวิจัย 81
อภิปรายผลการวิจัย 81
ข้อสเสนอแนะ 83
บรรณานุกรม 85
ภาคผนวก 93
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล 76
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 97
ประวัติผู้วิจัย 102

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 คุณลักษะของการคิดเชิงออกแบบของนักการศึกษา 26

ตาราง 2 แสดงคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบสำหรับบริบทในชั้นเรียน พร้อมทั้งคำอธิบายและข้อเสนอแนะ 28

ตาราง 3 แบบประเมินการคิดเชิงออกแบบที่ผ่านการตรวจสอบของ Dosi et al. (2018) 35

ตาราง 4 แบบประเมินความคิดเชิงออกแบบของ Ladachart et al. (2021).....39

ตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจเรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียงก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ 74

ตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงออกแบบ ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ.....77

ตาราง 7 การเปรียบเทียบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนก่อนและหลังการทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบแต่ละด้าน 77

ตาราง 8 การวัดและประเมินผล 83

ตาราง 9 เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 76

ตาราง 10 เกณฑ์การประเมินสมรรถนะที่สำคัญ 77

ตาราง 11 แบบสอบถามการคิดเชิงออกแบบ 94

ตาราง 12 ดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้.....97

ตาราง 13 ดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของ พื้นเอียง ..98

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 20

ภาพ 2 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบของ Fortus et al. (2004).....20

ภาพ 3 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการออกแบบของ Kolodner et al. (2003)... 21

ภาพ 4 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้บนฐานการออกแบบของ Apedoe et al. (2008) 22

ภาพ 5 แสดงรูปแบบของกระบวนการคิดเชิงออกแบบของ IDEO (2012).....32

ภาพ 6 แสดงกระบวนการคิดเชิงออกแบบของ The Stanford d.school Bootcamp Bootleg....33

ภาพ 7 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบผสมผสานวิธี (Mixed-methods research).....63

ภาพ 8 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้บนฐานการออกแบบของ Apedoe et al. (2008).....66

ภาพ 9 แสดงโจทย์ในการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์.....67

ภาพ 10 แสดงตัวอย่างคำถามที่วัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง 68

ภาพ 11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนการประเมินความเข้าใจเรื่อง หลักการทำงานพื้นเอียงก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ.....74

ภาพ 12 แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ.....75

ภาพ 13 การคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ก่อนและหลัง การจัดกิจกรรมบนฐาน การออกแบบ 76

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2580) มุ่งเน้นการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ ยุทธศาสตร์ชาติด้านความมั่นคง ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยุทธศาสตร์ชาติด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ (ราชกิจจานุเบกษา, 2561) ทั้งนี้หนึ่งในยุทธศาสตร์ที่สำคัญต่อการจัดการศึกษา คือ ยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ โดยมีเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญเพื่อพัฒนาคนในทุกมิติและในทุกช่วงวัยให้เป็นคนดี เก่ง และมีคุณภาพสู่การเป็นคนไทยที่มีทักษะสูง เป็นนวัตกร นักคิด ผู้ประกอบการ เกษตรกรยุคใหม่ และอื่น ๆ (ราชกิจจานุเบกษา, 2561) ซึ่งการสร้างนวัตกรรมต้องอาศัยทรัพยากรมนุษย์ที่มีปัญญา ความรู้และทักษะความสามารถ (Hoy andMiskel, 1987)

การที่จะสร้างบุคคลให้มีความรู้ ทักษะ ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมนั้นต้องบ่มเพาะบุคคลนั้นให้เกิดการเรียนรู้การคิดเชิงออกแบบ (design thinking) ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างและพัฒนานวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพ การคิดเชิงออกแบบ คือกระบวนการคิดการแก้ปัญหา และการออกแบบกระบวนการที่ต้องมีการทำความเข้าใจในปัญหาต่าง ๆ อย่างลึกซึ้ง เพื่อให้ได้แนวทางหรือนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ในการแก้ปัญหากับผู้ใช้ (อัฐวุฒิ จ่างวิทยา, 2561) โดยทำการวิเคราะห์ความต้องการหรือปัญหาของผู้อื่น เพื่อให้ได้กรอบแนวคิดที่จะนำมาวางแผนในการแก้ปัญหานั้น ๆ ซึ่งแตกต่างจากการแก้ปัญหาโดยทั่วไปที่อาจจะเกิดขึ้นกับตนเอง หรืออาจจะเกิดจากการพบเห็นเหตุการณ์ต่าง ๆ การคิดเชิงออกแบบมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ d. School Stanford University (อัฐวุฒิ จ่างวิทยา, 2561) ดังนี้ 1. การทำความเข้าใจความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย (Empathize) 2. การระบุปัญหาสำหรับการออกแบบ (Define) 3. การสร้างความคิดเกี่ยวกับชิ้นงานที่แก้ปัญหา (Ideate) 4. การนำความคิดที่ดีที่สุดมาจัดทำต้นแบบ (Prototype) และ 5. การนำต้นแบบไปทดสอบ (Test)

ในปัจจุบัน หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการปรับปรุงในส่วนของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากเดิมมีเนื้อหาสาะทั้งหมด 8 สาระ ปรับลดลงเหลือเพียง 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี โดยสาระเทคโนโลยี ประกอบด้วย 2 มาตรฐาน ได้แก่ การออกแบบและเทคโนโลยี และวิทยาการคำนวณ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560) โดยผู้เรียนจะไม่ได้เรียนรู้แค่การใช้เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิต ประกอบอาชีพ และการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเท่านั้น แต่ยังได้เรียนรู้ที่จะสร้างและออกแบบเทคโนโลยีใหม่ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์เช่นกัน ทั้งนี้นักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้และบูรณาการศาสตร์สาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรมหรือเทคโนโลยี

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็ม (STEM education) เป็นการจัดการเรียนรู้บูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นวิธีการสอนของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (STEM Education Thailand, 2014) ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้ ขั้นการระบุปัญหานั้น ไม่ได้ระบุเจาะจงว่าปัญหานั้นเป็นของกลุ่มเป้าหมายใด การเรียนรู้ตามกระบวนการนี้จึงอาจส่งเสริมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนได้ไม่เต็มศักยภาพ ทั้งนี้เพราะนักเรียนยังขาดโอกาสในการทำความเข้าใจความต้องการของผู้อื่น ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ และเป็นพื้นฐานสำคัญของการสร้างเทคโนโลยีที่มีมูลค่าตามความต้องการของตลาด

นอกจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดของ สสวท. แล้วนั้น ยังมีนักการศึกษาพยายามสร้างรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการออกแบบ เช่น วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบ (Design-based science) (Fortus et al., 2004) การเรียนรู้โดยการออกแบบ (Learning by design) (Kolodner et al., 2003) การเรียนรู้ที่อิงการออกแบบ (design-based learning) (Apedoe et al., 2008) ซึ่งมีความแตกต่างกัน แต่ก็ล้วนให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการออกแบบ (Lewis, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

หากแต่มีความพยายามในการบูรณาการการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในระหว่างที่นักเรียนกำลังออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนมักใช้วิธีการลองผิดลองถูกในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน (Park, Park andBates, 2018) นักเรียนบางส่วนจึงอาจสร้างชิ้นงานได้สำเร็จ และไม่ได้สร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2561) ดังนั้น การบูรณาการการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กับการเรียนรู้ที่จะออกแบบและสร้างชิ้นงาน

การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Design Based Learning) เป็นแนวทางที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การออกแบบชิ้นงาน 2. การประเมินชิ้นงาน 3. การให้เหตุผล 4. การทดสอบความคิด 5. การวิเคราะห์ผล 6. การสร้างข้อสรุปทั่วไป และ 7. การเชื่อมโยงกับแนวคิดหลัก โดยการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเป็นใจกลางของวัฏจักร (Apedoe et al., 2008) ทั้งนี้การวิจัยบ่งชี้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (ปิยะณัฐ นันทการณ์, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับ Korur et al. (2017) ที่ระบุว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบความรู้เกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบการสืบเสาะแบบชี้แนะแนวทาง (Guided inquiry) เช่นเดียวกัน งานวิจัยของ Mehalik, Doppelt andSchuun (2008) ชี้ให้เห็นว่าการสอนโดยการออกแบบสำหรับวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และมีส่วนร่วมในการทำงานอย่างเป็นระบบ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบมีโครงสร้าง

แม้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ จะช่วยส่งเสริมการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลายเรื่อง อาทิ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองการทำงานของปอดและหัวใจ (ปิยะณัฐ นันทการณ์, 2551) ไฟฟ้า (Mehalik, Doppelt andSchuun, 2008) เครื่องกลอย่างง่าย (Korur et al., 2017) และความร้อน (Apedoe et al., 2008) แต่ในปัจจุบันการวิจัยที่ใช้การเรียนรู้บนฐานการออกแบบเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องงานและพลังงานยังไม่มีปรากฏมากนัก โดย Marulcu andBarnett (2016) พบว่า การเรียนรู้โดยการออกแบบช่วยพัฒนาให้นักเรียนชั้นประถมศึกษามีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเรื่องนี้กับนักเรียนและความเข้าใจทางฟิสิกส์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นยังไม่มีปรากฏ

นอกจากนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก งานวิจัยที่ศึกษาการเรียนรู้บนฐานการออกแบบจะช่วยพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบได้หรือไม่ จึงยังไม่มีปรากฏ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน

เนื้อหาเรื่องงานและพลังงาน ซึ่งเป็นเนื้อหาที่นักเรียนมีความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนพอสมควร โดยนักเรียนมักตีความว่างานในทางฟิสิกส์ด้วยความหมายในชีวิตประจำวัน ดังนั้นนักเรียนจึง เข้าใจว่า งานคือ “การที่สิ่งมีชีวิตออกแรงหรือใช้กล้ามเนื้อในการทำกิจกรรมต่างๆ” (อรวดี ศรีบัว, 2558) ด้วยการตีความหมายงานในชีวิตประจำวัน นักเรียนจึงไม่สามารถวิเคราะห์งานในทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง อีกหนึ่งตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงาน นั่นคือเรื่องเครื่องกลอย่างง่าย ซึ่งนักเรียนมักมีความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนเช่นเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจว่า เครื่องกลอย่างง่ายช่วยลดปริมาณปริมาณงานหรือพลังงาน ไม่ใช่ลดแรงที่ใช้ในการทำงานนั้น (Marulcu andBarnett, 2013)

จากความสำคัญของการส่งเสริมความสามารถของนักเรียนในการออกแบบและสร้างนวัตกรรม ตลอดจนการส่งเสริมความเข้าใจพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาว่าการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบสามารถช่วยพัฒนาทั้งการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียงได้หรือไม่ และอย่างไร ในการนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบตามวัฏจักรของ Apedoe et al. (2008) ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์และพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป โดยวัฏจักรนี้แตกต่างจากแนวทางของ สสวท. ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อน และนำความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์นั้นไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ด้วยเหตุผล ผลการวิจัยจะช่วยสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถพัฒนาได้ทั้งการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ พัฒนาความเข้าใจเรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดอยงามวิทยาคมอย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ พัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดอยงามวิทยาคมอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการพัฒนาความเข้าใจหลักการทำงานของพื้นเอียงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดอยงามวิทยาคม ที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

2. เพื่อศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดอยงามวิทยาคม ที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบ โดยมีขอบเขตของเนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ ได้แก่ เรื่องพื้นเอียง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

ผู้มีส่วนร่วม

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนดอยงามวิทยาคม ปีการศึกษา 2564 จำนวน 6 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยการสุ่มตามความสะดวก (convenient sampling)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ หมายถึง แบบแผนการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ที่อาศัยหลักการ ทฤษฎี ประสบการณ์ โดยใช้วิธี กลยุทธ์ และเทคนิคการสอนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Apedoe et al. (2008) ดังนี้

1.1 การออกแบบชิ้นงาน โดยครูนำเสนอปัญหาทางวิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหานั้น

1.2 การประเมินชิ้นงาน นักเรียนทำการทดสอบเพื่อประเมินว่าชิ้นงานนั้นสามารถทำงานและแก้ปัญหาได้ตามข้อกำหนดหรือไม่

1.3 การให้เหตุผล นักเรียนเสนอคำอธิบายเกี่ยวกับชิ้นงานที่ประสบผลสำเร็จอย่างไร หรือไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากอะไร

1.4 การทดสอบความคิด ครูกระตุ้นให้นักเรียนทดสอบความคิดด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.5 การวิเคราะห์ผล นักเรียนทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผล

1.6 การสร้างข้อสรุปทั่วไป นักเรียนสร้างข้อสรุปสำหรับการออกแบบชิ้นงาน

1.7 การเชื่อมโยงกับแนวคิดหลัก ครูใช้ข้อสรุปที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อเชื่อมโยงไปสู่แนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์

2. การคิดเชิงออกแบบ (design thinking) หมายถึง เป็นกระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ โดยมีจุดมุ่งหมายคือการหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เน้นมุมมองของผู้ใช้ (user–centered) และมีเจตนาในการสร้างผลลัพธ์ในอนาคตที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้ได้แนวทางหรือนวัตกรรมที่ตอบโจทย์กับผู้ใช้และสถานการณ์ โดยวัดจากทัศนคติ โดยใช้แบบวัดทักษะการคิดเชิงออกแบบของ Dosi, Rosati andVignoli (2018) และแปลเป็นฉบับภาษาไทยโดย Ladachart et al. (2021)

3. ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย ขยายความและตีความเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ ทั้งในด้านความรู้ และการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้พบเห็นและรับรู้ โดยองค์ประกอบของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มี 3 ด้าน (American Association for the Advancement of Science, 1989) ได้แก่

3.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) คลอบคลุมถึงความเชื่อและเจตคติที่นักวิทยาศาสตร์มีต่อปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

3.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) คลอบคลุมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการค้นคว้าและสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3.3 ความเข้าใจเกี่ยวกับงานทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise) เป็นความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการของความรู้วิทยาศาสตร์

โดยการวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ใช้แบบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พื้นเอียง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ครูได้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. นำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบในเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ และรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป

3. เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยการออกแบบที่สามารถพัฒนาทั้งการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

4. เป็นแนวทางการจัดการเรียนสอนโดยการออกแบบที่เน้นการสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นอกเหนือจากแนวทางของ สสวท. ที่เน้นการนำความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมทางสังคม (Social Constructivist theory of learning) ซึ่งเชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่บุคคลสร้างขึ้นจากประสบการณ์ส่วนตัว (Yager, 1991) โดยความรู้ใหม่จะถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของความรู้เดิม (National Research Council, 2000) โดยปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการยกระดับการเรียนรู้ (Vygotsky andCole, 1978) ดังนั้น ตามกรอบแนวคิดทางทฤษฎีนี้ ประสบการณ์จากการออกแบบ สร้าง และทดสอบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ร่วมกัน จึงสามารถเป็นบริบทให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้ ยิ่งไปกว่านั้น ประสบการณ์จากการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาให้ผู้อื่นยังอาจส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งเป็นการคิดรูปแบบหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างนวัตกรรมตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2580) ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ยังไม่มีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่าการพัฒนาผลการเรียนรู้ทั้งสองด้านนี้สามารถเกิดขึ้นควบคู่กันได้หรือไม่ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดอยงามวิทยาคม ที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ ควบคู่ไปกับการพัฒนาความเข้าใจเรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมทางสังคม (Social constructivist theory of learning)
   1.1 แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีสรรคนิยม
   1.2 บทบาทของความรู้เดิมต่อการสร้างความรู้ใหม่
   1.3 บทบาทของปฏิสัมพันธ์ทางสังคมต่อการเรียนรู้
   1.4 ความรู้เดิมและการเปลี่ยนแปลงความรู้หลักการทำงานของพื้นเอียง
2. ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา (Constructionism)
   2.1 แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา
   2.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา
   2.3 บทบาทของผู้เรียนและผู้สอนตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา
3. การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Design–based Learning)
   3.1 นิยามและลักษณะสำคัญของการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

3.2 รูปแบบของการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

3.3 การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบในห้องเรียน

4. การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)

4.1 นิยามของการคิดเชิงออกแบบ

4.2 การคิดเชิงออกแบบในบริบททางการศึกษา

4.3 รูปแบบของการคิดเชิงออกแบบ

4.4 การวัดการคิดเชิงออกแบบ

5. ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

5.1 นิยามความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

5.2 ประเภทของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

5.3 การประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

ทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมทางสังคม

การจัดการศึกษาในปัจจุบันตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีสรรคนิยมทางสังคม ซึ่งมีความเชื่อว่า มนุษย์เป็นผู้สร้างความหมายให้กับตนเองจากประสบการณ์ต่าง ๆ กระบวนการสร้างความหมายนี้ก่อให้เกิดเป็นความรู้เรื่องต่าง ๆ (Magoon, 1977) ตัวอย่างเช่น เมื่อมนุษย์คนหนึ่งมองออกไปจนสุดสายตา มนุษย์คนนี้สังเกตเห็นว่า พื้นโลกมีลักษณะเป็นพื้นราบไม่มีที่สิ้นสุด มนุษย์คนนี้จึงสร้างความรู้ว่า โลกมีลักษณะแบน อย่างไรก็ตาม ความรู้ที่มนุษย์แต่ละคนสร้างขึ้นเป็นเรื่องส่วนบุคคล (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2560) ดังนั้น มนุษย์แต่ละคนจึงอาจสร้างความรู้ที่แตกต่างกันได้ จากตัวอย่างเดิม หากมนุษย์อรกคนหนึ่งอาศัยอยู่ใกล้ทะเล และได้สังเกตเห็นเป็นประจำว่า ตนเองจะเห็นกระโดงของเรือที่แล่นจากทะเลเข้าสู่ชายฝั่งเสมอ มนุษย์คนนี้ก็อาจสร้างความรู้ว่า โลกมีลักษณะเป็นทรงกลม ด้วยประสบการณ์ที่แตกต่างกัน มนุษย์ 2 คนจึงสร้างความรู้เรื่องเดียวกันได้แตกต่างกัน ซึ่งในอดีตที่การเดินทางจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเป็นไปได้ยาก การที่มนุษย์สองคนนี้จะมาพบปะกัน และแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกันจึงมีโอกาสน้อย มนุษย์แต่ละคนจึงยึดถือความรู้แตกต่างกันเป็นเวลานาน

เนื่องจากความรู้เรื่องใด ๆ ก็ตามล้วนเป็นผลมาจากการสร้างความหมายของมนุษย์แต่ละคนผ่านประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ตนเองได้รับ ความรู้นั้นจึงเป็นเรื่องส่วนบุคคล (Allen, 2019) อย่างไรก็ตาม หากมนุษย์ต้องการให้ความรู้ส่วนบุคคลนั้นเป็นที่ยอมรับจากผู้อื่น มนุษย์ก็จะต้องเผยแพร่ความรู้ส่วนบุคคลนั้นสู่สาธารณะ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้อื่นตรวจสอบว่า ความรู้ส่วนบุคคลนั้นมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ ซึ่งหากผู้อื่นตรวจสอบแล้วและเห็นว่า ความรู้ส่วนบุคคล

นั้นมีความสมเหตุสมผล ความรู้ส่วนบุคคลนั้นก็อาจเป็นความรู้สาธารณะที่มนุษย์กลุ่มหนึ่งยอมรับ ในทางตรงกันข้าม หากความรู้ส่วนบุคคลนั้นไม่ผ่านการตรวจสอบ ความรู้ส่วนบุคคลนั้นก็อาจไม่เป็นที่ยอมรับในสังคม แต่กระนั้นก็ตาม มนุษย์ผู้สร้างความรู้ส่วนบุคคลนั้นก็อาจยังคงยึดถือความรู้นั้นต่อไป ด้วยเหตุนี้ กระบวนการทางสังคมจึงมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบและยกระดับความรู้ส่วนบุคคลใด ๆ ให้กลายเป็นความรู้สาธารณะ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการโต้แย้งระหว่างกันได้ (Driver, Newton andOsborne, 2000) หากมนุษย์ 2 กลุ่มมีความรู้เรื่องเดียวกัน แต่แตกต่างกัน ดังตัวอย่างในกรณีของลักษณะของโลก

ถึงแม้ว่าความรู้ส่วนบุคคลใด ๆ ได้ผ่านการตรวจสอบและกลายเป็นความรู้สาธารณะแล้ว แต่นั่นไม่ได้หมายความว่า ความรู้สาธารณะนั้นจะมีความสมเหตุสมผลตลอดไป ทั้งนี้เพราะในช่วงเวลาหนึ่ง มนุษย์อาจมีประสบการณ์และ/หรือความสามารถที่จำกัดในการสร้างและตรวจสอบความรู้ แต่เมื่อเวลาผ่านไป มนุษย์อาจมีประสบการณ์และ/หรือความสามารถที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่า ความรู้สาธารณะนั้นมีข้อจำกัดบางประการ มนุษย์จึงต้องพยายามสร้างและตรวจสอบความรู้ใหม่ที่มีความสมเหตุสมผลมากกว่าเดิม (Posner et al., 1982) ตัวอย่างเช่น ในช่วงเวลาหนึ่ง มนุษย์อาจเชื่อว่า กฎการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ ไอแซค นิวตัน สร้างขึ้นเป็นความรู้สาธารณะที่สมเหตุผลสมและสามารถพยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ ได้ แต่เมื่อเวลาผ่านไป เมื่อมนุษย์มีความสามารถมากขึ้นในการศึกษาพฤติกรรมของอนุภาคขนาดเล็กและ/หรือวัตถุที่เคลื่อนที่เร็วมาก มนุษย์ก็ตระหนักได้ว่า กฎการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ ไอแซค นิวตัน สร้างขึ้นยังมีข้อจำกัด อันนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ที่เป็นทฤษฎีสัมพันธภาพของ อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ดังนั้น ความรู้สาธารณะใด ๆ ก็ตามจึงเป็นสิ่งชั่วคราวที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

ด้วยความเชื่อเช่นนี้ ทฤษฎีสรรคนิยมทางสังคมจึงเชื่อว่า การจัดการศึกษาคือการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองจากประสบการณ์ และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของความรู้นั้นผ่านกระบวนการทางสังคม (Vygotsky andCole, 1978) จนกระทั่งนักเรียนมีความรู้ที่สอดคล้องกับความรู้ที่เป็นที่ยอมรับในสังคมปัจจุบัน ในมุมมองของทฤษฎีสรรคนิยม การเรียนรู้จึงไม่ใช่การถ่ายโอนความรู้จากครูสู่นักเรียน แต่เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงความรู้ จากความรู้เดิมที่สมเหตุสมผลน้อยอันเนื่องมาจากประสบการณ์ที่จำกัด ให้กลายเป็นความรู้ใหม่ที่สมเหตุสมผลมากขึ้น (Yager, 1991) โดยนักเรียนควรได้รับการส่งเสริมให้เกิดความตระหนักว่า ถึงแม้ว่าความรู้นั้นจะผ่านการตรวจสอบมาอย่างดีแล้ว ความรู้นั้นก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2560) หากนักเรียนได้รับประสบการณ์ใหม่ที่ความรู้นั้นไม่สามารถอธิบายได้ ด้วยมุมมองต่อการ

เรียนรู้เช่นนี้ ทฤษฎีสรรคนิยมจึงมุ่งอธิบายว่า กระบวนการเปลี่ยนแปลงจากความรู้เดิมให้เป็นความรู้ใหม่เป็นอย่างไร และปัจจัยใดบ้างเกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงความรู้นี้ของนักเรียน

1.1 แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีสรรคนิยม

จากความเชื่อพื้นฐานของทฤษฎีสรรคนิยมทางสังคม นักเรียนจึงไม่ได้เข้าสู่ห้องเรียนด้วยสมองที่ว่างเปล่า ทั้งนี้เพราะนักเรียนทุกคนล้วนมีประสบการณ์เดิมบางอย่างและได้สร้างความรู้เดิมบางอย่างจากประสบการณ์เหล่านั้น (Allen, 2019) งานวิจัยจำนวนมากยืนยันว่า นักเรียนมีความรู้เดิมอยู่จริง และความรู้เดิมนั้นมักไม่สอดคล้องกับความรู้ที่เป็นที่ยอมรับในสังคมปัจจุบัน (Allen, 2019) ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจมีความรู้เดิมเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุว่า การเคลื่อนที่ของวัตถุใด ๆ เกิดขึ้นได้จาก “แรงขับดันภายใน” (Impetus force) ซึ่งทำหน้าที่ขับเคลื่อนให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ หากแรงขับดันภายในนั้นหมดลง วัตถุก็จะหยุดการเคลื่อนที่ในที่สุด ความรู้เดิมนี้มีประโยชน์ในการอธิบายและพยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ บนโลกที่มีแรงเสียดทาน แต่กลับไม่สามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของดวงดาวต่าง ๆ ได้ ในทางตรงกันข้าม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมองว่า การเคลื่อนที่ของวัตถุใด ๆ เป็นการรักษาสภาพของเคลื่อนที่นั้นจนกว่าวัตถุนั้นจะมีแรงมากระทำเพื่อเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่นั้น

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงความรู้เดิมของนักเรียนให้สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Posner et al., 1982) จากตัวอย่างเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงเป็นการเปลี่ยนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับแรงขับดันภายในให้กลายเป็นความรู้ใหม่เกี่ยวกับการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในการนี้งานวิจัยจำนวนมากเปิดเผยว่า ความรู้เดิมของนักเรียนหลายเรื่องมักต่อต้านการเปลี่ยนแปลง แม้ครูพยายามนำเสนอประสบการณ์ที่ขัดแย้งกับความรู้เดิมของนักเรียน ทั้งนี้เพื่อลดความน่าเชื่อถือของความรู้เดิมของนักเรียนลง แต่กระนั้นก็ตาม นักเรียนก็ยังคงยึดมั่นกับความรู้เดิมของตนเอง อย่างไรก็ตาม ความรู้เดิมบางอย่างก็ไม่ได้ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงมากนัก ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจมีความรู้เดิมว่า หนอนกับผีเสื้อเป็นสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน แต่เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ใหม่จากการสังเกตว่า หนอนได้กลายผีเสื้อ นักเรียนจึงสามารถเปลี่ยนความรู้เดิมให้กลายเป็นความรู้ใหม่ได้โดยง่ายว่า โดยแท้จริงแล้ว หนอนกับผีเสื้อเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน

นักการศึกษาอธิบายระดับความยากง่ายที่แตกต่างกันของการเปลี่ยนแปลงความรู้ของนักเรียนเรื่องต่าง ๆ ด้วยแนวคิด 2 ประการ ได้แก่ กระบวนการซึมซับการรู้คิด

(Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างการรู้คิด (Accommodation) กระบวนการซึมซับการรู้คิดจะเกิดขึ้นเมื่อประสบการณ์ใหม่ที่นักเรียนได้รับมีความสอดคล้องกับความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ นักเรียนจึงสามารถบูรณาการประสบการณ์ใหม่เข้ากับความรู้เดิมของตนเองได้โดยง่าย (ทิศนา แขมมณี, 2562) ดังที่ปรากฏในกรณีที่นักเรียนนำประสบการณ์จากการสังเกตการเปลี่ยนของหนอนเป็นผีเสื้อมาสร้างเป็นความรู้ใหม่ว่า หนอนและผีเสื้อเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน ส่วนกระบวนการปรับโครงสร้างการรู้คิดจะเกิดขึ้นเมื่อประสบการณ์ใหม่ที่นักเรียนได้รับขัดแย้งหรือไม่สอดคล้องกับความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ นักเรียนจึงไม่สามารถบูรณาการประสบการณ์ใหม่เข้ากับความรู้เดิมของตนเองได้โดยง่าย ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงเลือกเชื่อความรู้เดิมที่ตนเองมีอยู่และละทิ้งประสบการณ์ใหม่นั้น แทนการใช้ประสบการณ์ใหม่นั้นเพื่อปรับเปลี่ยนความรู้เดิมให้กลายเป็นความรู้ใหม่

1.2 บทบาทของความรู้เดิมต่อการสร้างความรู้ใหม่

ความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่จึงมีบทบาทที่สำคัญยิ่งต่อการสร้างความรู้ใหม่ของนักเรียน ดังเช่นข้อความที่ Ausubel, Novak andHanesian (1968) ได้กล่าวไว้ว่า “ปัจจัยเดียวที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้คือสิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่แล้ว จงศึกษาสิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่แล้ว และเริ่มสอนจากตรงนั้น” ด้วยเหตุนี้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หลายรูปแบบจึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความรู้เดิมของตนเองก่อนที่นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ใหม่ ตัวอย่างเช่น การใช้เทคนิคการพยากรณ์–การสังเกต–การอธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ซึ่งนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมของตนเองในการพยากรณ์เหตุการณ์ที่ครูจะสาธิต ก่อนที่นักเรียนจะได้สังเกตว่าเหตุการณ์นั้นเป็นอย่างไร และอธิบายว่าเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร ในทำนองเดียวกัน กลวิธีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Conceptual change approach) ก็เริ่มด้วยการนำเสนอเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกับความรู้เดิมของนักเรียน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเห็นข้อจำกัดของความรู้เดิมของตนเอง และเพื่อให้นักเรียนมองหาความรู้ใหม่ที่ครูจะนำเสนอในเวลาต่อไป เป็นต้น

ในการนี้ Chinn andMalhotra (2002) ได้อธิบายสาเหตุที่นักเรียนมักไม่นำประสบการณ์ใหม่ที่ขัดแย้งกับความรู้เดิมของตนเองมาใช้ในการปรับเปลี่ยนความรู้เดิมนั้นว่า นักเรียนจะมีการสังเกตที่ถูกชี้นำด้วยความรู้เดิมของตนเอง โดยความรู้เดิมทำหน้านี้เป็นกรอบทางความคิดที่นักเรียนใช้ในการสังเกต ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงมักสังเกตเห็นเฉพาะสิ่งยืนยันหรือสนับสนุนความรู้เดิมของตนเองเท่านั้น โดยนักเรียนจะใช้กลวิธีต่าง ๆ เพื่อปกป้องความรู้เดิมของตนเอง ไม่ว่าจะเป็น การเพิกเฉยต่อหลักฐาน การปฏิเสธหลักฐาน การกันหรือแยกหลักฐานออกไปจากความรู้เดิม และการชะลอการพิจารณาหลักฐาน เป็นต้น ถึงแม้ว่านักเรียนจะ

ประสบกับหลักฐานที่ไม่ลงรอยกับความรู้เดิมของตนเองก็ตาม (Chinn andBrewer, 1993) ด้วยกลวิธีเหล่านี้ แม้นักเรียนได้รับประสบการณ์ใหม่ที่ขัดแย้งกับความรู้เดิมของตนเอง นักเรียนก็อาจไม่ได้ใช้ประสบการณ์ใหม่นั้นเป็นจุดเริ่มต้นในการเปลี่ยนแปลงความรู้เดิมของตนเอง ในกรณีเช่นนี้ ความรู้เดิมจึงกลายเป็นอุปสรรคสำหรับการสร้างความรู้ใหม่ของนักเรียน

อย่างไรก็ตาม ความรู้เดิมไม่จำเป็นต้องเป็นอุปสรรคต่อการสร้างความรู้ของนักเรียนเสมอไป ความรู้เดิมบางอย่างอาจมีศักยภาพที่จะเป็นต้นทุนให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ได้อย่างมีความหมาย หากครูรู้จักใช้ประโยชน์จากความรู้เดิมนั้น ตัวอย่างเช่น ในกรณีของการเรียนรู้เรื่องภาวะโลกร้อน นักเรียนมักมีความรู้เดิมอยู่แล้วว่า กิจกรรมของมนุษย์มักก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม แต่กระนั้นก็ตาม นักเรียนอาจยังไม่ทราบว่า กิจกรรมของมนุษย์ส่งผลต่อเสียสิ่งแวดล้อมอะไรบ้างและอย่างไร ดังนั้น หากนักเรียนได้รับประสบการณ์ใหม่ว่า กิจกรรมของมนุษย์มักก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ ไม่ว่าจะเป็นการหายใจ การขับรถ และการหุงหาอาหาร และคาร์บอนไดออกไซด์สามารถทำให้อุณหภูมิในชั้นบรรยากาศของโลกเพิ่มสูงขึ้น นักเรียนก็สามารถสร้างความรู้ใหม่เกี่ยวกับภาวะโลกร้อนจากความรู้เดิมของตนเองได้ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ ครูจึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความรู้เดิมของตนเองในการสร้างความรู้ใหม่ได้อย่างมีความหมาย

1.3 บทบาทของปฏิสัมพันธ์ทางสังคมต่อการเรียนรู้

ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลายเรื่องมีความซับซ้อน นักเรียนจึงมักไม่สามาถสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองตามลำพัง นอกเสียจากว่า นักเรียนจะได้รับการช่วยเหลือจากผู้อื่นอย่างเหมาะสม ในการนี้ กระบวนการทางสังคมสามารถเข้าช่วยยกระดับการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ใหม่ของนักเรียนให้ง่ายและเป็นไปได้มากขึ้น ตัวอย่างเช่น หากปราศจากกระบวนการสังคมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนมุมมองและความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้น นักเรียนอาจไม่มีโอกาสให้ตระหนักถึงข้อจำกัดของความรู้เดิมของตนเองเลย ในทางตรงกันข้าม หากนักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนมุมมองและความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้น นักเรียนจะมีโอกาสมากขึ้นที่จะได้ตระหนักถึงข้อจำกัดของความรู้เดิมของตนเอง ยิ่งไปกว่านั้น นักเรียนจะมีโอกาสมากขึ้นที่จะได้มุมมองใหม่ ๆ ที่ตนเองอาจมองข้ามหรือไม่คาดคิดมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ แม้กระบวนการทางสังคมอาจไม่ได้อยู่ในรูปแบบของการเห็นพ้องต้องกันเสมอไป แต่ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนก็เป็นอีกกระบวนการทางสังคมที่ช่วยยกระดับการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ใหม่ของนักเรียน โดยปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างครูกับนักเรียนอาจอยู่ในรูปแบบของการใช้ภาษาเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ อาทิ การตั้งคำถาม การนำ

อภิปราย การยกตัวอย่าง การตอบข้อสงสัยของนักเรียน และการสรุปสาระสำคัญของบทเรียน เป็นต้น (Mortimer andScott, 2003) นอกจากนั้น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนอาจอยู่ในรูปแบบของการจัดกิจกรรมที่เรียงลำดับจากสิ่งที่ซับซ้อน ใกล้ตัว หรือเป็นรูปธรรม ไปยังสิ่งที่ซับซ้อนมาก ไกลตัว หรือเป็นนามธรรมมากขึ้น ตามลำดับ ยิ่งไปกว่านั้น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนยังช่วยสร้างบรรยากาศและแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนักเรียนกำลังประสบกับความยากลำบากในการเรียนรู้ อาทิ การแก้ปัญหา การเกิดความขัดแย้งทางความคิด และการเกิดความขัดแย้งทางสังคมในกลุ่มนักเรียน เป็นต้น

1.4 ความรู้เดิมและการเปลี่ยนแปลงความรู้เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง

ในกรณีของการเรียนรู้เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียงในฐานะเครื่องกลอย่างง่ายชนิดหนึ่ง งานวิจัยเปิดเผยว่า นักเรียนมักมีความรู้เดิมบางประการที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้เกี่ยวงานที่เกิดขึ้นเมื่อแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียงและเกิดงาน ในการนี้ Marulcu andBarnett (2013) พบว่า นักเรียนเข้าใจว่า พื้นเอียงช่วยลดปริมาณงานหรือพลังงานในการเคลื่อนวัตถุขึ้นจากที่ต่ำสู่ที่สูง ไม่ใช่ลดขนาดของแรงที่ใช้ในการทำงานนั้น งานวิจัยนี้จึงบ่งชี้ว่า นักเรียนอาจมีความสับสนระหว่างแรงและงาน ทั้งนี้เพราะทั้งสองคำเป็นคำที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน แต่มีความหมายในชีวิตประจำวันที่แตกต่างไปจากความหมายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรวดี ศรีบัว (2558) ที่พบว่า นักเรียนเข้าใจว่า งานคือ “การที่สิ่งมีชีวิตออกแรงหรือใช้กล้ามเนื้อในการทำกิจกรรมต่าง ๆ” ด้วยเหตุนี้ เมื่อให้นักเรียนเลือกพื้นเอียงที่เหมาะสมที่สุดในการเคลื่อนวัตถุจากที่ต่ำสู่ที่สูง นักเรียนจึงไม่สามารถเลือกพื้นเอียงที่ถูกต้องได้ (Chini et al., 2012)

ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา (Constructionism)

ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา (Constructionism) เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ขึ้นด้วยตนเอง และในการสร้างความรู้นั้น ผู้เรียนจะต้องลงมือสร้างชิ้นงานขึ้นมา (Papert, 1993) การสร้างชิ้นงานที่จับต้องสัมผัสได้ ทำให้ผู้อื่นสามารถมองเห็น เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด มีความกระตือรือร้น มีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองอย่างจริงจัง และประจักษ์ชัดว่าตนเองรู้เพียงพอแล้วหรือยัง รวมทั้งสามารถใช้สิ่งที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นเป้าซ้อมสำหรับการสร้างสรรค์ความคิดใหม่ ๆ ต่อไปไม่มีที่สิ้นสุด (สุชิน เพ็ชรักษ์, 2544) หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการต่อวงจรของความรู้ที่อยู่ภายในตนเองเข้ากับสิ่งที่จับต้องได้ภายนอก ให้เอื้อประโยชน์ต่อกันอยู่ตลอดเวลา กระบวนการเช่นนี้ก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่สำคัญคือ การยอมรับใน

สิ่งที่ยังไม่สำเร็จ และถือว่าเป็นโอกาสที่จะสร้างความเข้าใจให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้นในสิ่งที่กำลังพยายามทำอยู่ จึงเกิดความมุ่งมั่นที่จะทำให้ผลลัพธ์นั้นประสบผลสำเร็จ

2.1 แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา

ในการสำรวจ ทดลอง เพื่อสร้างความรู้นั้น โดยธรรมชาติแล้วผู้เรียนจะสร้างองค์ความรู้ของตนเองขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายสิ่งต่าง ๆ อยู่เสมอ ซึ่งมีทั้งองค์ความรู้ที่คลาดเคลื่อนและถูกต้อง นักเรียนจะนำเอาองค์ความรู้ดังกล่าวไปใช้เป็นบทเรียนพื้นฐานในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ของตนเอง (วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล และมาเรียม นิลพันธุ์, 2564) เมื่อผู้เรียนเข้าสู่ห้องเรียนแล้ว จำเป็นต้องได้รับการจัดการเรียนรู้ตามลำดับเนื้อหาของหลักสูตร โดยไม่ได้เริ่มต้นจากองค์ความรู้เดิมของผู้เรียน ดังนั้น เมื่อความรู้ที่ผู้เรียนได้รับไม่ตรงกับความรู้เดิมของตนเอง ผู้เรียนจะทำการแก้ไขความรู้นั้นให้ถูกต้องตามที่ได้เรียนรู้ โดยไม่ได้เรียนรู้วิธีการแก้ไขความรู้เดิมของตนเองที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง (สุชิน เพ็ชรักษ์, 2544) ในการนี้ Papert (1993) ชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนที่ใช้องค์ความรู้ที่ผิดหรือคลาดเคลื่อนมาเป็นองค์ประกอบในการเรียนรู้ และผู้เรียนยังยอมรับในองค์ความรู้ที่คลาดเคลื่อนนั้น ไม่ได้แปลว่าผู้เรียนไร้ความสามารถ แต่เป็นการฝึกฝนการใช้ความคิด เป็นการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับการสร้างองค์ความรู้ที่ถูกต้องขึ้นด้วยตนเอง ดังนั้น การจัดการเรียนรู้จึงควรเป็นไปเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบธรรมชาติ

จากพื้นฐานของทฤษฎีสรรคนิยม Papert (1993) ได้เสนอหลักการสำคัญของการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา คือ การเรียนรู้จากการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการสำรวจ ตรวจสอบ ทดลองด้วยตนเอง การเชื่อมโยงสิ่งใหม่เข้ากับสิ่งที่รู้มาก่อนแล้ว และการนำสิ่งใหม่นั้นไปใช้ด้วยตนเอง โดยการให้อิสระในการเรียนรู้แก่ผู้เรียน แต่มิได้หมายความว่าให้ผู้เรียนทำอะไรก็ได้ หรือปล่อยให้ผู้เรียนเรียนรู้กันตามลำพัง แต่หมายถึงการสนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้สิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วในวิถีชีวิตของตนเอง ดังนั้นการจัดสภาพวดล้อมควรเอื้อให้เกิดการสร้างความรู้ของผู้เรียน สามารถผสมผสานเข้าไปอยู่ในวิถีชีวิตของผู้เรียนได้

2.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา

การสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งจะเป็นเรื่องง่าย ถ้าหากผู้เรียนสามารถปรับให้เชื่อมโยงเข้ากับความรู้เดิมของผู้เรียน การเชื่อมโยงความคิดจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความหมายของสิ่งที่จะเรียนขึ้นได้ และเมื่อนำไปผสมผสานกับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว ก็จะสามารถคิดต่อเนื่องได้ต่อไป ดังนั้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้นั้น ผู้เรียนควรจะได้รับการสนับสนุนให้มีโอกาสในการสร้างชิ้นงานที่น่าสนใจและมีความหมายกับตนเอง (ชัยอนันต์ สมุทวณิช, 2541) ใช้ความคิดของ

ตนเองเป็นพื้นฐานสำคัญในการตัดสินใจเลือก ในระยะแรกอาจจะใช้เวลามากในการพิจารณากำหนดชิ้นงานและแนวทางในการปฏิบัติ ซึ่งอาจจะกำหนดชิ้นงานไว้คร่าว ๆ ก่อน แล้วค่อย ๆ ปรับเปลี่ยนให้มีลักษณะเฉพาะมากขึ้น เมื่อมีประสบการณ์มากขึ้นเป็นลำดับ

การเลือกใช้สิ่งช่วยคิดอย่างเหมาะสม จะช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงความคิดได้สะดวกขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2562) ดังนั้น การเลือกใช้เครื่องมือที่สามารถเชื่อมโยงความคิดที่มีอยู่แล้วกับความคิดใหม่เข้าด้วยกัน จะช่วยให้กิจกรรมต่าง ๆ ที่ปฏิบัติอยู่มีความหมายสำหรับผู้เรียนแต่ละคนมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดแรงบันดาลใจและความรู้สึกรับผิดชอบที่จะทำกิจกรรมเหล่านั้นให้บรรลุผลตามที่กำหนดไว้ด้วยตนเอง (สุชิน เพ็ชรักษ์, 2544)

การเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมสู่องค์ความรู้ใหม่ ไม่เพียงแต่มีเครื่องมือที่ช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงที่สะดวกแล้ว การจัดเวลาเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการทบทวน วิเคราะห์และนำเสนอแนวคิดของตนเอง ถือว่าเป็นกระบวนการหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการให้ผู้เรียนได้หยุดวิเคราะห์ความคิดของตนเองเป็นระยะ ๆ แล้วนำเสนอความคิดนั้นกับผู้เน เพื่อให้เกิดโอกาสในการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน (Dewey, 1997) นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงความคิดตอนแรก หรือทำให้ความคิดแรกนั้นกระจ่างชัดมากยิ่งขึ้น

เมื่อความคิดเปลี่ยนแปลงไป ชิ้นงานที่เกิดจากความคิดนั้นก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย และเมื่อมีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในความคิดของตนเองอีกครั้ง ตลอดจนการได้รับข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากการแลกเปลี่ยนความคิดระหว่างกัน ก็จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความคิดต่อไปอีกอย่างต่อเนื่อง (วาสนา จ่างโพธิ์, 2020) กลายเป็นแรงผลักดันให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง มีการปรับปรุงแก้ไขตลอดเวลา และการเรียนรู้นั้นเป็นไปพร้อมกับสาระสำคัญของเนื้อหาวิชาด้านต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง (Papert, 1993)

2.3 บทบาทของผู้เรียนและผู้สอนตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญา

การเรียนรู้ตามตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสรรค์สร้างด้วยปัญญามุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ (process of knoeledge construction) และการตระหนักรู้ในกระบวนการนั้น (reflexive awareness og that process) เป้าหมายของการเรียนรู้จะต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง (authentic tasks) และฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง (วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล และมาเรียม นิลพันธุ์, 2564) ดังนั้นแล้ว ผู้เรียนจะเป็นผู้ที่มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้จัดกระทำข้อมูลหรือประสบการต่าง ๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง โดยการให้ผู้เรียนอยู่ในบริบท

จริงซึ่งไม่ได้หมายความว่า ผู้เรียนจะต้องออกไปยังสถานที่จริงเสมอไป แต่อาจจะเป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ หรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นของจริง และมีความสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถจัดกระทำ ศึกษา สำรวจ ทดลอง ลองผิดลองถูกกับสิ่งนั้น ๆ จนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจขึ้น ดังนั้นความเข้าใจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิด มิใช่เกิดขึ้นจากการได้รับข้อมูลหรือมีข้อมูลเพียงเท่านั้น (ไพโรจน์ ชินศรประภา, 2550) ผู้เรียนจะมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยจะเป็นผู้นำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้ เช่น ผู้เรียนจะเป็นผู้เลือกสิ่งที่ต้องการเอง แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเอง ตกลงกันเองเมื่อเกิดความขัดแย้งหรือมีความคิดเห็นแตกต่างกัน (วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล และมาเรียม นิลพันธุ์, 2564)

กระบวนการเรียนรู้ที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทการเรียนรู้อย่างเต็มที่ ผู้สอนจะต้องมีการจัดเตรียมกิจกรรมและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ สร้างบรรยากาศทางสังคมให้เกิดขึ้น (Papert, 1993) กล่าวคือ ให้โอกาสผู้เรียนได้เรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิด และประสบการณ์ระหว่างผู้เรียน ช่วยส่งเสริมให้การเรียนรู้ของผู้เรียนกว้างขึ้น ซับซ้อนขึ้น และหลากหลายขึ้น ผู้สอนควรมีบทบาทแตกต่างไปจากเดิม คือจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้ เปลี่ยนไปเป็นการให้ความช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ การเรียนการสอนจะต้องเปลี่ยนจากการให้ความรู้ ไปเป็นการให้ผู้เรียนสร้างความรู้ (วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล และมาเรียม นิลพันธุ์, 2564) ผู้สอนจะต้องทำหน้าที่ช่วยสร้างแรงจูงใจภายในให้เกิดแก่ผู้เรียน จัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับความสนใจของผู้เรียน ดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปเพื่อส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน ให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือผู้เรียนในขณะทำกิจกรรม

การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

การสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้น ทุกคนต่างคุ้นชินกับการจัดการเรียนการสอนวิธีการสืบเสาะ โดยเฉพาะรูปแบบ 5E (Inquiry cycles) ที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) ได้แนะนำให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ได้นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม การสอนในรูปแบบ 5E (Inquiry cycles) มีความคล้ายคลึงกับวิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีการตั้งประเด็นคำถามที่อยากรู้โดยการกระตุ้นของครูผู้สอน จากนั้นทำการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ เพื่อนำมาอภิปรายและเชื่อมโยงเข้ากับความรู้เดิมและความรู้ใหม่ โดยที่นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าไปประยุกต์ใช้ในเรื่องต่าง ๆ ได้ ดังนั้น จึงมี

นักการศึกษาหลายท่านที่ได้นำเสนอแนวคิดรูปแบบวิธีการสอนเพื่อแก้ไขปัญหานี้ เพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นมุมมองต่าง ๆ ที่จะสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยหนึ่งในวิธีการนั้นคือการใช้การออกแบบเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีรูปแบบที่หลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบ (Design–based science) การเรียนรู้โดยการออกแบบ (Learning by design) (Kolodner et al., 2003) การเรียนรู้ที่อิงการออกแบบ (design–based learning) (Apedoe et al., 2008) และสำหรับประเทศไทยนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) ได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระบวนการออกแบบจึงมีความเกี่ยวข้องกับวิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงมีความเชื่อมโยงกับความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ จึงมีการพัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนให้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงในห้องเรียน เกิดเป็นวิธีการสอนรูปแบบใหม่ คือ การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Design–based Learning) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 นิยามและเป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Design Based Learning) เป็นแนวทางที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Apedoe et al., 2008) สนับสนุนให้นักเรียนได้สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาแบบ “นักออกแบบ” (Fortus et al., 2004) ซึ่งเป็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้แบบโครงงานที่ใช้ปัญหาเป็นฐานในการออกแบบนวัตกรรม (Kolodner et al., 2003)

ทั้งนี้ (Kolodner et al., 2003) ได้อธิบายเป้าหมายของการเรียนรู้บนฐานการออกแบบไว้ดังนี้

3.1.1 นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์

3.1.2 นักเรียนสามารถใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้

3.1.3 นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (collaborative learning) และมีทักษะในการติดต่อสื่อสาร (communication)

3.1.4 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถหรือความชำนาญที่เกิดจากการปฏิบัติ มีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบในการค้นหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning)

3.1.5 ช่วยให้ครูผู้สอนสามารถตรวจสอบความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และการค้นพบช่องว่างระหว่างการออกแบบและวิทยาศาสตร์

3.2 รูปแบบของการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

นักการศึกษาหลายคนได้นำเสนอแนวทางการใช้กิจกรรมออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ โดยมีรูปแบบและชื่อเรียกที่แตกต่างกัน ดังนี้

3.2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014) ใช้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเป็นบริบท และใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้บูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มี 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

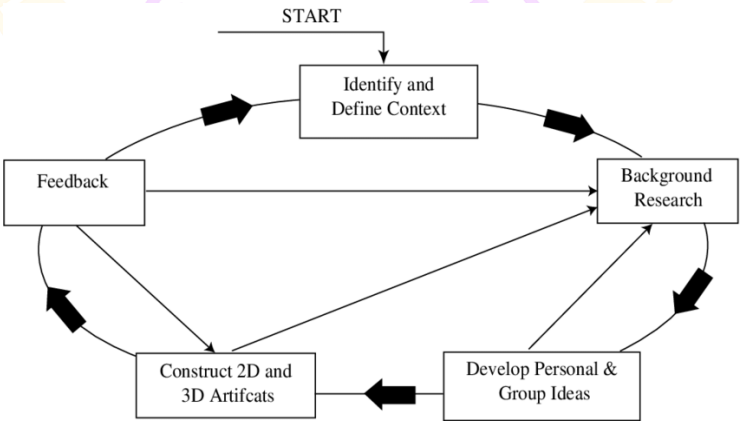
4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป ดังภาพ 1

ภาพ 1 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

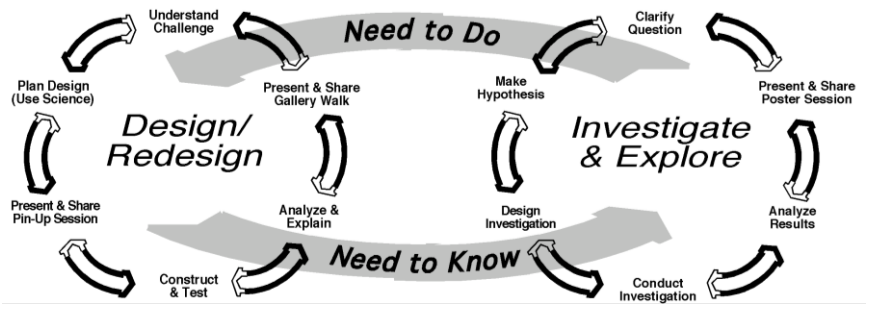
3.2.2 วัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบ (Design-based science) (Fortus et al., 2004) ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การระบุและนิยามบริบท (Identify and define context) 2. การวิจัยเพื่อหาข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบชิ้นงาน (Background research) 3. การนำข้อมูลที่จำเป็นมาพัฒนาเป็นความคิดต่าง ๆ เกี่ยวกับชิ้นงานที่เป็นไปได้ (Develop personal and group ideas) 4. การออกแบบและสร้างชิ้นงานต้นแบบ (Construct 2D and 3D artifacts) และ 5. การทดสอบว่าชิ้นงานต้นแบบสามารถทำงานและช่วยแก้ปัญหาได้หรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะได้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน (Feedback) โดยขั้นตอนกระบวนการตามวัฏจักรของ Fortus et al. (2005) นักเรียนสามารถดำเนินการย้อนกลับไปหาข้อมูลที่จำเป็นได้ทุกเมื่อ โดยไม่ต้องคำนึงถึงลำดับขั้นตอนตามกระบวนการ ดังภาพ 2



ภาพ 2 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบของ Fortus et al. (2004)

จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนที่ 2 ของวัฏจักรการเรียนรู้ของ Fortus et al. (2004) มีการดำเนินการวิจัยเพื่อหาข้อมูลในการนำมาใช้แก้ปัญหา หรือออกแบบชิ้นงาน ซึ่งเป็นกระบวนการที่คล้ายคลึงกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry) ที่แฝงอยู่ในขั้นตอนนี้ ทั้งนี้ยังมีนักการศึกษาที่พยายามเชื่อมโยงกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ให้มีบทบาทกับนักเรียนมากยิ่งขึ้นในขณะที่มีการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เช่น Kolodner และ Apedoe

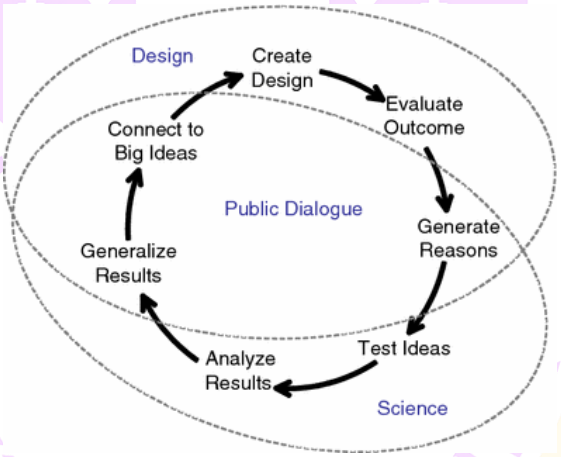
3.2.3 วัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการออกแบบ (Learning by design) (Kolodner et al., 2003) ได้ออกแบบวัฏจักรดารเรียนรู้ที่มีการออกแบบควบคู่ไปกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 2 วัฏจักร ดังภาพ 3 โดยวัฏจักรที่ 1 คือ วัฏจักรการออกแบบ เป็นกระบวนการที่ให้นักเรียนออกแบบและสร้างชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา 2. วางแผนการออกแบบ 3. แลกเปลี่ยนความคิด 4. การสร้างและทดสอบต้นแบบ 5. การวิเคราะห์และอธิบายผลการทดสอบ และ 6. การนำเสนอและจัดแสดงชิ้นงาน ในระหว่างที่นักเรียนดำเนินการตามขั้นตอนในวัฏจักรที่ 1 นั้น หากนักเรียนมีองค์ความรู้ที่ไม่เพียงพอ สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อเข้าสู่วัฏจักรที่ 2 ซึ่งเป็นวัฏจักรในการสำรวจตรวจสอบ จะเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย มีคำถาม ที่เกิดจากการดำเนินการตามวัฏจักรที่ 1 เป็นการสะท้อนองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การทำคำถามให้ชัดเจน 2. การตั้งสมมติฐาน 3. การออกแบบการสำรวจตรวจสอบ 4. การทำการสำรวจตรวจสอบ 5. การวิเคราะห์และอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบ และ 6. การนำเสนอและจัดแสดงผลการสำรวจตรวจสอบ



ภาพ 3 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการออกแบบของ Kolodner et al. (2003)

นอกจากนี้การเชื่อมโยงให้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ให้ปรากฏในกระบวนการออกแบบ ยังมีนักการศึกษาอีกท่านที่ได้นำเสนอวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบของ Apedoe et al. (2008)

3.2.4 วัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบ (Design-based learning) (Apedoe et al., 2008) ประกอบด้วย 2 วัฏจักร ได้แก่ วัฏจักรการออกแบบ และวัฏจักรวิทยาศาสตร์ แต่ทั้งสองวัฏจักรนี้มีความเชื่อมโยงกันเป็นกระบวนการ ซึ่งแตกต่างจากวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการออกแบบของ Kolodner et al. (2003) ที่ได้เสนอไว้ดังภาพ 4 ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การออกแบบชิ้นงาน 2. การประเมินชิ้นงาน 3. การให้เหตุผล 4. การทดสอบความคิด 5. การวิเคราะห์ผล 6. การสร้างข้อสรุปทั่วไป และ 7. การเชื่อมโยงกับแนวคิดหลัก โดยวัฏจักรทั้งสองของ Apedoe et al. (2008) มีการเชื่อมโยงใจกลางความสำคัญ คือ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน



ภาพ 4 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้บนฐานการออกแบบของ Apedoe et al. (2008)

3.3 การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบในห้องเรียน

แม้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลายด้าน และมีทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ ให้การสนับสนุน แต่แนวทางนี้ยังคงมีข้อจำกัดบางอย่าง เนื่องจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Lederman et al., 2014) และคำถามเหล่านั้นส่วนใหญ่แล้วล้วนเป็นคำถามในเชิงทฤษฎี นักเรียนส่วนใหญ่คิดว่าเป็นคำถามแบบนามธรรม

ไม่สามารถมองให้เห็นภาพคำตอบได้ จึงไม่มีแรงจูงใจในการหาคำตอบ และนำความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ด้วยความต้องการให้นักเรียนเห็นว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ในชีวิตประจำวัน นักการศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะนำการออกแบบ (Design) มาเป็นบริบทในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน (Kelly Anne andKnowles, 2016) แทนการใช้คำถามทางทฤษฎีเพื่อให้นักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะได้ออกแบบการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน ที่จะต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบกับองค์ความรู้ในด้านอื่น ๆ เพื่อออกแบบนวัตกรรม

Fortus et al. (2004) ได้ทำการศึกษาผล “การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบ” ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 4 จำนวน 92 คน ด้วยแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และเมื่อวิเคราะห์แบบจำลองและโปสเตอร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น พบว่านักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากการออกแบบนวัตกรรม นักเรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมของตนเองได้ตลอดเวลา ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ทักษะและได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กัน ในการนี้ Fortus et al. (2004) ยังได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่อิงการออกแบบ ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ผ่านมา

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยและพัฒนารูปแบบ “การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ” เพื่อศึกษาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการเรียรู้ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาต้น โดย Kolodner et al. (2003) ทำการศึกษากับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม และยังส่งผลให้กระบวการทางวิทยาศาสตร์ การเรียรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในทำนองเดียวกัน การวิจัยและพัฒนารูปแบบ การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ของ Apedoe et al. (2008) ก็ได้ผลการวิจัยไปในทิศทางเดียวกันกับ Kolodner et al. (2003) โดยทำการศึกษาการออกแบบหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ความร้อน ที่ทำการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดหลักเรื่องความร้อน สูงขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบยังช่วยให้ครูสามารถสอนเนื้อหาได้คลอบคลุมมากยิ่งขึ้นในเวลาที่ลดลง

Korur et al. (2017) ศึกษาผลการเรียนรู้การออกแบบเครื่องมือผ่อนแรงที่มีเครื่องกล 3 ชนิดเป็นองค์ประกอบ ของนักเรียนชั้น ม.1 จำนวน 65 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง

31 คน และกลุ่มควบคุม 34 คน โดยนักเรียนกลุ่มทดลองต้องสืบค้นหรือทดลองเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องกลแต่ละชนิดด้วยตนเองโดยมีครูให้การสนับสนุน ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมทำการสร้างเครื่องมือผ่อนแรงภายใต้การชี้นำของครู ผลการวิจัยเปิดเผยว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีพัฒนาการที่ดีขึ้นทั้งความรู้เกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย เจตคติต่อเนื้อหาวิชา และเจตคติต่อความคิดสร้างสรรค์ อย่างไรก็ดี นักเรียนกลุ่มทดลองทำคะแนนหลังเรียนด้านความรู้และเจตคติต่อความคิดสร้างสรรค์ได้ดีกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ในขณะที่เจตคติต่อเนื้อหาวิชาของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ผลการวิจัยนี้ทำให้เห็นถึงมุมมองการให้อิสระแก่นักเรียนในการคิดออกแบบและทดสอบความคิดของตนเอง ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ด้านความรู้และความคิดสร้างสรรค์ได้ดีกว่าการชี้นำโดยครู

และสำหรับเนื้อหาเรื่องเครื่องกลอย่างง่าย ได้นำมาใช้พัฒนาองค์ความรู้ให้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา โดยผลการวิจัยของ Marulcu andBarnett (2016) พบว่า การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการออกแบบ โดยใช้เลโก้เป็นสื่อการสอนที่ให้นักเรียนได้ออกแบบเครื่องกลอย่างง่ายตามสถานการณ์ต่าง ๆ พบว่า นักเรียนมีองค์ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

นอกจากการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายแล้ว ยังมีบทเรียนอื่นที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เดียวกันเพื่อพัฒนานักเรียน ดังที่ Mehalik, Doppelt andSchuun (2008) ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เรื่องการพัฒนาระบบเตือนภัย ชี้ให้เห็นว่าการสอนโดยการออกแบบสำหรับวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และมีส่วนร่วมในการทำงานอย่างเป็นระบบ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบมีโครงสร้าง

ในบริบทของประเทศไทยนั้น การวิจัยที่ใช้การเรียนรู้บนฐานการออกแบบยังไม่มีปรากฏมากนัก มีเพียงแต่ ปิยะณัฐ นันทการณ์ (2551) ที่ศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 36 คน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยาสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ทำให้ส่งเสริมมโนทัศน์ของนักเรียน และความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งกระบวนการออกแบบพัฒนาให้เกิดทักษะต่าง ๆ รวมไปถึงทักษะกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการลงมือปฏิบัติ

จากตัวอย่างงานวิจัยเบื้องต้น การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบที่พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวกการต่าง ๆ ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ

ทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น มีทักษะการออกแบบควบคู่กับการนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการสร้างนวัตกรรม หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

การคิดเชิงออกแบบ

การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ ถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่มีผลการวิจัยที่ปรากฏให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบสามารถส่งเสริมทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยวิธีนี้ น่าจะเห็นได้ชัดเจนเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ว่านักเรียนสามารถนำองค์ความรู้นั้นไปใช้ได้จริงหรือไม่ จากการค้นคว้าเอกสารต่าง ๆ ทำให้เห็นถึงความแตกต่างของความคิดเห็นในรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน ที่มีความคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบ ดังเอกสารและงานวิจัยที่เกียวข้อง ดังนี้

4.1 นิยามและคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบ

การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ถูกนำมาใช้ในบริบทที่หลากหลาย ทั้งในภาคธุรกิจและด้านการศึกษา จึงมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการคิดเชิงออกแบบไว้ หมายถึง วิธีการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ (Creative Confidence) ของนักเรียน ผ่านกิจกรรมที่นักเรียนทำความเข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้ง ร่วมกันสร้างความคิดที่หลากหลาย และตัดสินใจลงมือปฏิบัติเพื่อทดลองสร้างต้นแบบ (Carroll et al., 2010) โดยการศึกษาค้นคว้า ประยุกต์ใช้ทักษะและความคิดขั้นสูงในการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง (พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ, 2560) กระบวนการคิดเชิงออกแบบจึงเป็นระเบียบวิธีที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนแก้ปัญหาที่ซับซ้อนผ่านการสร้างความคิดที่หลากหลาย กล่าวได้ว่าเป็นกลยุทธ์สำหรับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ช่วยสนับสนุนทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

ขณะเดียวกัน Dosi, Rosati andVignoli (2018) ได้นำเสนอคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งทำการศึกษาจากบทความทางวิทยาศาสตร์ที่ตีพิมพ์เกี่ยวกับ “การคิดเชิงออกแบบ” พบว่า คุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดในบทความประกอบด้วย 19 ลักษณะ ได้แก่

1) ความอดทนต่อความไม่ชัดเจน

2) การยอมรับความเสี่ยง

3) การมีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง

4) การเอาใจใส่

5) สติและความตระหนักในกระบวนการ

6) มุมมองแบบองค์รวม การพิจารณาปัญหาแบบองค์รวม

7) การจัดรูปแบบปัญหาใหม่

8) การทำงานเป็นทีม

9) การทำงานร่วมกันหลายสาขาวิชา

10) เปิดรับมุมมองที่แตกต่าง

11) การเรียนรู้ที่มุ่งเน้น

12) การทดลองหรือการเรียนรู้จากข้อผิดพลาดหรือความล้มเหลว

13) ความฉลาดเชิงประสบการณ์

14) การตั้งคำถามเชิงวิพากษ์

15) การคิดลัด

16) การจินตนาการถึงสิ่งใหม่ ๆ

17) ความมั่นใจในการสร้างสรรค์

18) ความมุ่งมั่นในการสร้างสิ่งที่แตกต่าง

19) การมองโลกในแง่ดี

คุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบของ Dosi, Rosati andVignoli (2018) มีการนำมาพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องขององค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ และแปลเป็นฉบับภาษาไทย โดย Ladachart et al. (2021) เพื่อให้ครูระดับชั้นประถมศึกษาในประเทศไทย นำไปใช้เพื่อประเมินทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ทั้งนี้ลักษณะของการคิดเชิงออกแบบมีความซับซ้อน จึงมีนักการศึกษาที่พยายามอธิบายคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบไว้อีกมากมาย ดังตาราง 1

ตาราง 1 คุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบของนักการศึกษา

Bilzzard et.al (2015)	Schweitzwe. Et al. (2016)	Baeck and Gremett. (2012)
1) การทำงานร่วมกัน	1) ความเห็นอกเห็นใจต่อ	1) ความคลุมเคลือ
2) การทดลอง	ความต้องการและบริบทของ	2) ความร่วมมือ
3) การมองโลกในแง่ดี	ประชาชน	3) ความอยากรู้อยากเห็น
4) การแสวงหาข้อเสนอแนะ	2) การร่วมมือกันและยอมรับ	4) การรู้ถึงความรู้สึก
5) การคิดเชิงบูรณาการ	ความหลากหลาย	5) การมองแบบองค์รวม
		6) การทำซ้ำ

ตาราง 1 (ต่อ)

Bilzzard et.al (2015)	Schweitzwe. Et al. (2016)	Baeck and Gremett. (2012)
	3) การมองโลกในแง่ดี และเปิดรับมุมมองและการเรียนรู้ใหม่ ๆ 4) คำถึงกระบวนการและระบบการคิด 5) ความฉลาดทางประสบการณ์ 6) การดำเนินการโดยเจตนาและเปิดเผย 7) การสร้างสรรค์อย่างมีสติ 8) ยอมรับความไม่แน่นอนและเปิดรับความเสี่ยง 9) การสร้างแบบจำลองพฤติกรรม 10) ความปราถนาและความมุ่งมั่นที่จะสร้างความแตกต่าง 11) การตั้งคำถามอย่างจริงจัง	7) การไม่ด่วนตัดสินใจ 8) การเปิดใจกว้าง

ที่มา: พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ (2560)

จากคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบที่ได้กล่าวมาข้างต้น มีความสัมพันธ์กันในหลายประเด็น มีนักวิจัยของไทยที่ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบไว้เช่นกัน พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ (2560) นำข้อมูลของ Baeck andGremett (2012) มาปรับปรุงให้สอดคล้องกับบริบทในชั้นเรียน และได้นำเสนอคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบที่ประกอบไปด้วยคุณลักษณะหลัก คำอธิบาย และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะหลักที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อบริบทในด้านการศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบสำหรับบริบทในชั้นเรียน พร้อมทั้งคำอธิบายและข้อเสนอแนะ

คุณลักษณะ	คำอธิบาย	ข้อเสนอแนะ
ความคลุมเคลือ (Ambiguity)	ภาวะของความไม่สบายใจหรือความอึดอัดใจ เมื่อนักเรียนได้รับสถานการณ์ปัญหา แล้วดำเนินการแก้ปัญหา แต่มีสิ่งที่ยังไม่ชัดเจนหรือยังไม่ทราบคำตอบ	การคิดเชิงออกแบบควรระบุถึงปัญหาที่ยากและซับซ้อน มีความท้าทายและกระตุ้นให้นักเรียนต้องการหาคำตอบด้วยตนเอง
ความร่วมมือ (Collaboration)	สมาชิกในกลุ่มร่วมมือกันแก้ไขปัญหาที่ครูกำหนดให้	สมาชิกในกลุ่มมีการแบ่งงานตามความถนัดหรือความสนใจของแต่ละคน และร่วมมือกันทำงานจนประสบความสำเร็จหรือบรรลุเป้าหมาย
การสร้างสรรค์ (Constructiveness)	การสร้างความคิดที่แปลกใหม่บนฐานของความคิดเดิม ซึ่งสามารถทำให้เป็นความคิดที่ประสบผลสำเร็จได้มากที่สุด	การคิดเชิงออกแบบเป็นวิธีการที่ใช้การแก้ปัญหาเป็นฐาน โดยมีการพัฒนาและปรับปรุงผลงานหรือต้นแบบจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด
ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)	ภาวะความรู้สึกสนใจของนักเรียนในสิ่งที่ไม่เข้าใจ หรือสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้ อยากทดลอง และมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม	การอธิบายสิ่งจำเป็นหรือความต้องการ มักใช้เวลาและความพยายามอย่างมาก กิจกรรมการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ประกอบด้วยการนิยามปัญหาและการสร้างกรอบ
การรู้ถึงความรู้สึก (Empathy)	การที่นักเรียนมองเห็นและเข้าใจสิ่งต่าง ๆ จากมุมมอง ทัศนคติ และความรู้สึกของบุคคล	สิ่งที่ต้องมุ่งเน้น คือ ความต้องการของบุคคล (ตามบริบทของปัญหา)

ตาราง 2 (ต่อ)

คุณลักษณะ	คำอธิบาย	ข้อเสนอแนะ
การมองแบบองค์รวม (Holism)	การมองในบริบทที่กว้างขึ้น	การคิดเชิงออกแบบพยายามตอบสนองความต้องการของบุคคลและขับเคลื่อนความสำเร็จในการสร้างต้นแบบ
การทำซ้ำ (Iteration)	กระบวนการวนรอบซึ่งเป็นการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือความคิดให้ดียิ่งขึ้น	โดยทั่วไปแล้วกระบวนการคิดเชิงออกแบบจะไม่เรียงตามลำดับขั้นตอน ขึ้นอยู่กับวงจรของผลการสะท้อนกลับ (feedback loops)
การไม่ด่วนตัดสินใจ (Non-judgmental way)	การสร้างสรรค์ความคิดโดยปราศจากการตัดสินว่าถูกหรือผิด	ไม่มีการพิจารณาตัดสินก่อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงของการระดมสมอง
การเปิดใจกว้าง (Open Mindset)	การนำการคิดเชิงออกแบบมาใช้ในฐานะที่เป็นการแก้ปัญหา โดยใช้รูปแบบของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ	วิธีการกระตุ้น “การคิดนอกกรอบ” (outside the box thinking or wild Ideas)

ที่มา: พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ (2560)

จากคุณลักษณะทั้งหมดของการคิดเชิงออกแบบ สามารถสรุปได้ว่า การคิดเชิงออกแบบ คือความคิดที่แสดงลักษณะของนักออกแบบ ที่มีความเห็นอกเห็นใจปัญหาของผู้คน มีความมุ่งมั่นที่จะดำเนินการและเรียนรู้ในกระบวนการแก้ปัญหา ทำงานร่วมกับผู้อื่นต้องมีการเปิดใจยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่าง และมีการปรับปรุงนวัตกรรมโดยคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นหลัก

4.2 รูปแบบของการคิดเชิงออกแบบ

โดยทั่วไปแล้ว กระบวนการคิดเชิงออกแบบถูกนำมาใช้ในการพัฒนาองค์กรในบริบทภาคธุรกิจเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การบริการและสายงานด้านสถาปัตยกรรม จนในปัจุบันมีนักการศึกษาหลายท่านเห็นประโยชน์ของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ จึงได้นำมาพัฒนาเป็นวิธีการทางการศึกษา ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการหรือกระบวนการหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริม สนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับชั้นต่าง ๆ ให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายและสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีคุณค่า โดยรูปแบบของการคิดเชิงออกแบบที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้ามีดังนี้

ray (2012) ได้เสนอการทำงานของนักเรียนในกลุ่มย่อย “Collabs” โดยรูปแบบของกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ได้นำเสนอ มีกฎพื้นฐานคือ การตอบคำถามและการแสดงความคิดเห็น ซึ่งสมาชิกทุกคนในกลุ่มต้องร่วมกันแสดงความคิดเห็นและร่วมกันสืบค้นแนวคิดที่หลากหลายเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุโอกาส (Identify opportunity)

นักเรียนศึกษาความจำเป็น ความต้องการต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ รวมถึงสำรวจบุคคลที่ได้รับประโยชนในการแก้ปัญหา และให้นักเรียนทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์บุคคลเหล่านั้น เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design)

นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม ระดมสมองเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย จากนั้นนักเรียนร่วมกันระบุแนวคิดหลัก (Main Themes) และแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย เพื่อศึกษาถึงความคิดเริ่มต้น โดยครูเป็นผู้คอยชี้แนะเกี่ยวกับประสบการณ์จริงให้นักเรียน

ขั้นที่ 3 การสร้างต้นแบบ (Prototype)

นักเรียนร่วมกันตัดสินใจเลือกต้นแบบที่สามารถแก้ปัญหาในด้านที่เฉพาะเจาะจงของปัญหาที่กำหนดให้ แล้วนักเรียนพิจารณาเลือกด้านถัดไปของปัญหา และใช้วิธีการที่คล้ายคลึงกัน เพื่อให้นักเรียนมองเห็นกระบวนการคิดตามที่ได้วางแผน

ขั้นที่ 4 การรับผลสะท้อนกลับ (Get feedback)

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาให้กับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อรับฟังคำแนะนำเป็นข้อมูลสะท้อนกลับ ในที่นี้ ควรมีผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่แตกต่างกันอย่างน้อยสองท่าน เพื่อประโยชน์ในการรับข้อมูลจากหลายฝ่าย

ขั้นที่ 5 การกรับและขยาย (Scale and Spread)

นักเรียนนำข้อมูลสะท้อนกลับที่ได้รับคำแนะนำในขั้นตอนที่ผ่านมา มาปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบ ซึ่งครูจะไม่ใช้คำชี้แนะใด ๆ ในขั้นตอนนี้ เนื่องจากนักเรียนต้องเก็บประเด็นจากขั้นตอนก่อนหน้านี้มาเป็นข้อมูลในการพัฒนางานของตนเอง

ขั้นที่ 6 การนำเสนอ (Present)

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง โดยนักเรียนอาจจะเชิญผู้ที่สัมภาษณ์ในขั้นตอนแรก เข้ามาร่วมรับฟังการนำเสนอด้วย

ข้อดีของกระบวนการคิดเชิงออกแบบของ ray (2012) คือ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น เพื่อนำมาสู่การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น ซึ่งไม่ใช่ปัญหาที่เกิดจากชีวิตจริง และปัญหาดังกล่าวไม่ได้ระบุชัดเจนว่าเกิดจากใคร ทำให้การแก้ปัญหาอาจจะต้องใช้เวลาในการศึกษาเป็นเวลานาน เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึก

IDEO (2012)นำเสนอรูปแบบของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งเป็นบริษัทที่ให้คำปรึกษาของสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ.2011 David Kelley ศาสตราจารย์มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ได้นำกระบวนการคิดเชิงออกแบบของ IDEO (2012) มาประยุกต์ใช้ในทางการศึกษา ดังภาพ 5 โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสำรวจ (Discovery)

เป็นขั้นของการสำรวจ เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงลึกของสิ่งที่ถูกต้องการและสิ่งที่จำเป็นต้องแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การตีความ (Interpretation)

การเปลี่ยนข้อมูลที่ได้รวบรวมมา เข้าไปในโอกาสการออกแบบ และระดมความคิดไปสู่ทิศทางสำหรับระยะการสร้างความคิด

ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideation)

สร้างความคิดที่หลากหลายและความคิดที่แตกต่าง โดยไม่คำนึงถึงเงื่อนไข หรือข้อจำกัดใด ๆ

ขั้นที่ 4 การทดลอง (Experimentation)

การนำเสนอต้นแบบ (Prototype) ความคิดจะมองเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อถูกนำมาสร้างให้เป็นรูปธรรม เป็นผลงานต้นแบบที่สามารถทอสอบได้

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation)

นำเสนอผลของการทดสอบ และสะท้อนผลย้อนกลับ รวมถึงการวางแผนสำหรับการพัฒนาและปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

ภาพ 5 แสดงรูปแบบของกระบวนการคิดเชิงออกแบบของ IDEO (2012)

จะเห็นได้ว่า กระบวนการคิดเชิงออกแบบของ IDEO (2012) ในขั้นการสำรวจ มีการสำรวจความต้องการหรือปัญหา แต่ไม่ได้ระบุถึงว่าเป็นความต้องการหรือปัญหาของใคร เช่นเดียวกับ ray (2012) จึงมีการนำเสนอรูปแบบกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ระบุความต้องการ และปัญหาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ได้แก่ The Standford d.school Bootcamp Bootleg (HPI)

The Stanford d. school Bootcamp Bootleg (HPI) (2010) เป็นสถาบันสอนการออกแบบ Bootcamp Bootleg แห่งมหาวิทยาลัยแสตนฟอร์ด ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ในปี 2009 เพื่อใช้ในทางการศึกษา แต่ต่อมาได้ทำการปรับปรุงรูปแบบกระบวนการหรือแนวคิดใหม่ ในปี 2010 ดังภาพ 6 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติผ่านกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

เป็นขั้นตอนที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human Centered) โดยนักเรียนต้องทำความเข้าใจความต้องการของผู้ใช้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งสามารถทำได้โดยการสังเกต (Observation) การสัมภาษณ์ (Interviewing) หรือเข้าไปมีส่วนร่วมโดยตรงกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (Immersion) ทั้งนี้ เพื่อให้ทราบถึงความต้องการที่แท้จริงในเชิงลึก ทั้งด้านความรู้สึก ความคิดหรือทัศนคติของผู้ใช้

ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

เมื่อได้มีการรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้ในขั้นตอนที่ 1 แล้วนั้น นักเรียนจะร่วมกันหาข้อสรุปเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่สามารถลงมือปฏิบัติได้จริงอย่างน้อยหนึ่งสถานการณ์ปัญหา โดยมีเป้าหมายไปสู่กลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องอย่างเจาะจง

ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate)

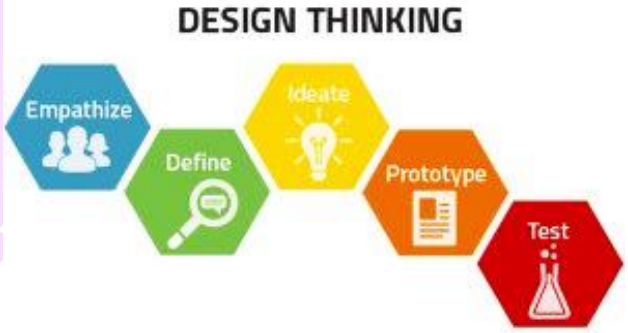
นักเรียนทุกคนจะร่วมกันระดมสมองเพื่อหาแนวคิดที่หลากหลายในการสร้างนวัตกรรม หรือกระบวนการ โดยมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และร่วมกันตัดสินใจเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด เพื่อนำไปวางแผนการปฏิบัติในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype)

นักเรียนร่วมกันออกแบบร่างและสร้างนวัตกรรมหรือกระบวนการที่ได้วางแผนไว้ตามขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ (test)

นักเรียนมีการนำเสนอผลงาน โดยมีครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียน ร่วมกันสะท้อนผลเพื่อนำไปสู่การปรับปรุง พัฒนาผลงานให้ดียิ่งขึ้น โดยขั้นตอนของกระบวนการคิดเชิงออกแบบตามแนวคิดของ The Stanford d. school Bootcamp Bootleg (HPI) (2010) ดังภาพ 6



ภาพ 6 แสดงกระบวนการคิดเชิงออกแบบของ The Stanford d.school Bootcamp Bootleg

4.3 การวัดการคิดเชิงออกแบบ

การคิดเชิงออกแบบ มีลักษณะเป็น อภิปัญญา (Metacognition) ซึ่งหมายถึงความสามารถของบุคคลที่มีต่อกระบวนการคิดของตนเอง รู้ว่าอะไรที่เหมาะสมต่อตนเองในการเรียนรู้ ตลอดจนสามารถเลือกวิธีในการวางแผน การออกแบบ และประเมินการเรียนรู้ของตนเองได้ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้หรือการปฏิบัติ บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการประเมินการคิดเชิงออกแบบ มีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายไว้ดังนี้

Lawson (2012) ได้ให้ความสนใจในขั้นตอนของการจัดสภาพแวดล้อมของนักออกแบบ เพราะความรู้ของนักออกแบบเกิดจากกระบวนการในการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน มี

กระบวนการที่ชัดเจน ความรู้ของนักออกแบบอาจจะอธิบายยาก แต่จะสังเกตได้จากการปฏิบัติการทำงาน ซึ่งมีวิธีการดังนี้

4.3.1 ศึกษาในขณะที่นักออกแบบทำงานออกแบบ ข้อมูลของนักออกแบบในกระบวนการทำงานจะได้ข้อมูลตั้งแต่ ปัจจัยนำเข้า ไปสู่ผลผลิตทั้งกระบวนการ ข้อมูลที่ได้จะปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน กระบวนสร้างสรรค์เป็นไปตามธรรมชาติ โดยทั่วไปมักพบว่านักออกแบบที่ประสบความสำเร็จในการออกแบบ เริ่มต้นด้วยข้อมูลปัจจัยภายนอกปริมาณไม่มาก แต่สร้างงานที่มีคุณภาพได้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษากระบวนการทำงาน

4.3.2 การควบคุมสถานการณ์ สร้างสภาพแวดล้อมให้นักออกแบบทำงานภายใต้เงื่อนไขที่ปรากฏ และสามารถศึกษาความรู้ของนักออกแบบได้ โดยมีวิธีการดังนี้

1) สังเกตและติดตาม โดยมีการสังเกตนักออกแบบในการปฏิบัติจริง ตั้งแต่การค้นหาข้อมูล การเจรจากับผู้บริโภค การอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาของนักออกแบบ โดยเปรียบเทียบกับนักออกแบบคนอื่น ๆ และสังเกตว่าความคิดใดที่เหมือนกันหรือแตกต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่ข้อสรุปที่น่าสนใจ

2) ตรวจสอบว่า นักออกแบบทำงานที่ซ้ำ ๆ กันในกระบวนการใด ซึ่งอาจจะหมายความว่า กระบวนการนั้นอาจจะมีความสำคัญ นำไปสู่ระบบความเข้าใจการทำงานของนักออกแบบ

3) ศึกษาการทำงานของนักออกแบบตามธรรมชาติ โดยการสังเกตในห้องปฏิบัติการออกแบบ (Design Studio) แต่ความรู้บางประเภทไม่สามารถสังเกตได้ในกระบวนการ จึงต้องมีเครื่องช่วยบันทึกการทำงานในกลุ่ม เพื่อให้เห็นการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างนักออกแบบในกลุ่ม แสดงออกให้เห็นในรูปของ ภาษา (Verbal) และภาพ (Visual) นำไปสู่การพัฒนาที่มีความสำคัญ

4) การตั้งคำถามกับนักออกแบบ การสัมภาษณ์นักออกแบบ หรือให้นักออกแบบเขียนเกี่ยวกับตนเอง (Self–Report) ในการศึกษาประเภทนี้ ผู้วิเคราะห์ข้อมูลต้องอ่านข้อมูลอย่างระมัดระวัง เพราะนักออกแบบส่วนใหญ่ไม่เป็นผู้เชี่ยวชาญในการสื่อสารด้านภาษา

5) การหาความคิดที่ต้องการจากนักออกแบบที่ตรงประเด็น คือการสร้างเครื่องมือในการวิจัย และการจำลองสถานการณ์ในการออกแบบ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของนักออกแบบภายใต้สิ่งที่ต้องการรู้

การประเมินความคิดเชิงออกแบบ เป็นการประเมินทักษะในการปฏิบัติงานที่สะท้อนผลให้เห็นถึงความรู้และความคิดของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นนักการศึกษาที่พยายามสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการประเมินความคิดเชิงออกแบบ เช่น Dosi และ Ladachart

Dosi, Rosati andVignoli (2018) ได้นำเสนอแบบประเมินความคิดเชิงออกแบบ โดยการสำรวจและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับความคิดเชิงออกแบบ และสรุปออกมาเป็นประเด็นเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบ อยู่ในรูปแบบของแบบวัดความคิดเชิงออกแบบ ประกอบด้วยข้อคำถามที่แบ่งเป็นหมวดหมู่ตามคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบ จำนวน 71 ข้อ โดยใช้มาตราส่วน Likert 5 ระดับ ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 แบบประเมินการคิดเชิงออกแบบที่ผ่านการตรวจสอบของ Dosi et al. (2018)

1. ความอดทนต่อความไม่ชัดเจน 1.1 ฉันรู้สึกสบายใจกับสิ่งที่ไม่รู้ 1.2 ฉันชอบบริบทใหม่มากกว่าบริบทที่คุ้นเคย 1.3 ฉันสบายใจที่จะจัดการกับปัญหาที่ยังไม่ได้แก้ไข 1.4 ฉันชอบความจริงที่ว่า การแก้ปัญหาอาจเกิดจากวิธีการที่ไม่คาดคิด 1.5 ฉันสบายใจที่จะจัดการกับปัญหาที่ไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะประสบความสำเร็จหรือไม่
2. การยอมรับความเสี่ยง 2.1 ฉันสบายใจที่จะเสี่ยง 2.2 ฉันชอบรับโอกาสมากมายและถ้าโอกาสนั้นทำให้ฉันทำผิดพลาดน้อยลง
3. การมีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง 3.1 ฉันมีส่วนร่วมกับผู้ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการออกแบบ 3.2 บุคลากรคือแหล่งที่มาของแรงบันดาลใจ ในขณะที่มีการระบุทิศทางของผลลัพธ์ของการออกแบบ 3.3 ระหว่างกิจกรรมการออกแบบ ฉันใช้เวลาในการทำความเข้าใจว่าผู้ใช้ต้องการอะไรเป็นเวลานาน
4. การเอาใจใส่ 4.1 ฉันสามารถปรับความรู้สึกของผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็ว 4.2 ฉันสบายใจที่จะเห็นปัญหาจากมุมมองของผู้ใช้ 4.3 ฉันสบายใจที่จะแก้ปัญหาให้กับผู้ใช้ 4.4 ฉันเข้าใจความกังวลของผู้อื่น
5. สติและความตระหนักในกระบวนการ 5.1 ฉันสามารถรับรู้ได้เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องทำซ้ำหนึ่งขั้นตอนของกระบวนการ

ตาราง 3 (ต่อ)

5.2 ฉันเชื่อมั่นในกระบวนการค้นหาสิ่งใหม่ ๆ มากกว่าที่จะมุ่งเน้นไปที่ผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้น
5.3 ฉันสามารถรับรู้ได้เมื่อเราอยู่ในขั้นตอนที่แตกต่าง หรือมาบรรจบกันของกระบวนการ
6. มุมมองแบบองค์รวม การพิจารณาปัญหาแบบองค์รวม
6.1 ฉันสามารถพิจารณาสิ่งที่ฉันทำในมุมมองที่กว้างขึ้น
6.2 ฉันสามารถเข้าใจว่าสิ่งใดเป็นผลกระทบที่เกิดสภาพแวดล้อมภายนอกตอผลลัพธ์ที่ได้
6.3 ฉัสบายใจที่จะนำวิสัยทัศน์ที่กว้างขึ้นเป็นปัจจัยในการแก้ปัญหาขั้นสุดท้าย
7. การจัดรูปแบบปัญหาใหม่
7.1 ฉันคิดว่าการแก้ปัญหาเริ่มต้นใหม่เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี
7.2 ฉันสนใจที่จะเข้าใจปัญหาที่ได้
7.3 ฉันสามารถจัดกรอบคำชี้แจงปัญหาเบื้องต้นได้
8. การทำงานเป็นทีม
8.1 ฉันยินดีที่จะยอมรับการตัดสินใจของกลุ่ม แม้ว่าฉันจะมีความคิดเห็นที่แตกต่างก็ตาม
8.2 ฉันชอบทำงานเป็นทีมมากกว่าทำงานคนเดียว
8.3 ฉันสบายใจที่จะแบ่งปันความรู้ให้กับเพื่อร่วมทีม
8.4 ฉันสบายใจที่จะพัฒนาความรู้ใหม่ร่วมกับเพื่อร่วมทีมคนอื่น ๆ
9. การทำงานร่วมกันหลายสาขาวิชา
9.1 ฉันสบายใจที่จะทานร่วมกับผู้คนจากภายนอกองค์กรของฉัน
9.2 ฉันคิดว่าในทีมควรมีความสามารถที่แตกต่างกัน
9.3 ฉันสบายใจที่จะทำงานกับคนที่มีมุมมองและความสามารถที่หลากหลาย
9.4 ฉันชอบใช้เวลากับคนที่ทำงานต่างจากฉัน
10. เปิดรับมุมมองที่แตกต่าง
10.1 ฉันสบายใจที่จะเปลี่ยนความคิดเห็น
10.2 ฉันเปิดกว้างที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่นที่มีภูมิหลังที่แตกต่างกัน
10.3 ฉับพบคุณค่าในความหลากหลายของคนอื่น (มุมมองความสามารถ)
10.4 ฉันเชื่อว่าทีมที่มีมุมมองที่หลากหลายทำให้ได้ผลลัพธ์ที่เหนือกว่า
11. การเรียนรู้ที่มุ่งเน้น
11.1 ฉันสบายใจที่จะเห็นปัญหาเป็นโอกาสในการเรียนรู้
11.2 ฉันสบายใจที่จะนำสิ่งที่เรียนรู้ไปปฏิบัติ

ตาราง 3 (ต่อ)

11.3 ฉันสบายใจที่จะเรียนรู้จากประสบการณ์
11.4 ฉันสบายใจที่จะเรียนรู้จากการสังเกต
11.5 ฉันยินดีที่จะรับฟังและเรียนรู้จากผู้อื่น
11.6 ฉันมองหาในสิ่งที่ฉันไม่รู้
12. การทดลองหรือการเรียนรู้จากข้อผิดพลาดหรือความล้มเหลว
12.1 ฉันลองสิ่งใหม่ ๆ อยู่เรื่อย ๆ
12.2 ฉันสบายใจที่จะลองแนวทางใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา
12.3 ฉันสบายใจที่จะทดลอง
12.4 ฉันตระหนักถึงความสำคัญของการล้มเหลวเพื่อเรียนรู้
12.5 ฉันสบายใจที่จะสร้างต้นแบบเพื่อสำรวจ
12.6 ฉันสามารถพูดคุยเกี่ยวกับข้อผิดพลาดและเรียนรู้จากสิ่งเหล่านั้นได้
13. ความฉลาดเชิงประสบการณ์
13.1 การได้รับความรู้จากการลงมือทำเป็นสิ่งที่ง่าย
13.2 ฉันชอบทำมากกว่าคิด
13.3 ฉันสบายใจที่จะเปลี่ยนความคิดให้เป็นสิ่งที่จับต้องได้
13.4 ฉันสบายใจที่จะเปลี่ยนสมมติฐานในบางสิ่งที่จะทดสอบ
14. การตั้งคำถามเชิงวิพากษ์
14.1 ฉันมองหาสิ่งใหม่ในสถานการณ์ใหม่
14.2 ฉันอยากรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ฉันไม่รู้
14.3 โดยทั่วไป ฉันแสวงหาข้อมูลให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ
15. การคิดลัด
15.1 ฉันยินดีที่จะคิดค้นหรือจำลองบริบททางเลือกในการใช้แสดงผลลัพธ์
15.2 ฉันสบายใจที่จะคิดค้นเงื่อนไขใหม่สำหรับความเป็นไปได้ในอนาคต
15.3 ฉันยินดีที่จะสร้างข้อสรุปจากข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์
15.4 ฉันสบายใจที่จะตัดสินใจจากสมมติฐานที่เป็นไปได้
16. การจินตนาการถึงสิ่งใหม่ ๆ
16.1 ฉันสามารถเปิดตัวเลือกที่หลากหลายพร้อมกันได้
16.2 ฉันสามารถมองเห็นผลลัพธ์ที่แตกต่างกันของงาน

ตาราง 3 (ต่อ)

16.3 ฉันสบายใจที่จะใช้ต้นแบบเพื่อแสดงแนวคิดใหม่ ๆ
17. ความมั่นใจในการสร้างสรรค์ (Creative confidence)
17.1 ฉันคิดว่าฉันสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
17.2 ฉันสบายใจที่จะคิดอะไรใหม่ ๆ ที่แตกต่างจากสิ่งที่มีอยู่แล้ว
17.3 ฉันมั่นใจว่า ฉันสามารถจัดการกับปัญหาที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้
17.4 ฉันเชื่อมั่นในความสามารถของฉันในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
18. ความมุ่งมั่นในการสร้างสิ่งที่แตกต่าง (Desire to make a difference)
18.1 ฉันมีความปรารถนาที่จะเปลี่ยนแปลงสภาพที่เป็นอยู่
18.2 ฉันต้องการสร้างมูลค่าด้วยผลลัพธ์สุดท้าย
18.3 ฉันต้องการสร้างผลกระทบต่อผู้คนรอบตัวฉัน
19. การมองโลกในแง่ดี
19.1 ฉันคิดว่าฉันสามารถเอาชนะความยากลำบากได้
19.2 ฉันสบายใจที่จะเห็นปัญหาเป็นโอกาส
19.3 ฉันสบายใจที่จะคิดบวกและลงมือทำ

จากตาราง 3 แบบประเมินความคิดเชิงออกแบบของ Dosi, Rosati andVignoli (2018) เป็นแบบประเมินที่ได้มาจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดเชิงออกแบบ ซึ่งแบบประเมินนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น กลุ่มตัวอย่างของผู้ตอบแบบสอบถามมีเพียงกลุ่มเดียว ทำให้ได้รับมุมมองที่ได้หลากหลาย หากจะนำมาใช้ประเมินทางด้านการศึกษา อาจจะทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงมีการนำแบบประเมินความคิดเชิงออกแบบนี้ มาปรับปรุงและพัฒนาให้เข้ากับบริบททางด้านการศึกษา โดย Ladachart et al. (2021) ซึ่งนำมาพัฒนาและแปลเป็นฉบับภาษาไทย เพื่อให้เข้ากับบริบททางด้านการศึกษา

Ladachart et al. (2021) ทำการสำรวจกับครูประถมศึกษาของไทย จำนวน 70 คน ที่เข้าอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบกิจกรรม เพื่อพัฒนาแบบประเมินความคิดเชิงออกแบบ ให้สามารถนำไปใช้ประเมินนักเรียนเมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ทั้งนี้แบบประเมินความคิดเชิงออกแบบของ Ladachart et al. (2021)

ประกอบด้วยข้อคำถามที่แบ่งเป็นหมวดหมู่ตามคุณลักษณะของการคิดเชิงออกแบบ จำนวน 30 ข้อ โดยใช้มาตราส่วน Likert 5 ระดับ ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 แบบประเมินความคิดเชิงออกแบบของ Ladachart et al. (2021)

1. ความสบายใจกับปัญหา
1.1 ฉันสะดวกใจหรือไม่อึดอัดใจ เมื่อต้องอยู่กับสิ่งที่ตนเองไม่รู้
1.2 ฉันชอบบริบทที่แปลกใหม่มากกว่าบริบทที่คุ้นเคย
1.3 ฉันรู้สึกสะดวกใจ เมื่อต้องจัดการกับปัญหาที่ยังแก้ไขไม่ได้
1.4 ฉันรู้สึกสนุก เมื่อการแก้ปัญหาให้ผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง
1.5 ฉันไม่รู้สึกกังวล เมื่อต้องแก้ปัญหาที่ยังไม่รู้ว่าจะสำเร็จหรือไม่
1.6 ฉันชอบที่จะลองทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แม้มันจะก่อให้เกิดความผิดพลาด
2. การเอาใจใส่ผู้ใช้
2.1 ฉันอยากให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบชิ้นงาน
2.2 ความต้องการของผู้คนคือแรงบันดาลใจให้ฉันออกแบบสิ่งต่าง ๆ
2.3 ในระหว่างการออกแบบ ฉันพยายามทำความเข้าใจความต้องการของผู้ใช้
2.4 ฉันสามารถปรับตัวให้เข้ากับความรู้สึกของผู้อื่นได้อย่างรวดเร็ว
3. ความใส่ใจในกระบวนการ
3.1 มีความเห็นอกเห็นใจกับความกังวลของผู้อื่นได้ง่าย
3.2 ฉันรู้ตัวดีว่า เมื่อไรที่นักเรียนต้องเปิดใจกว้าง และเมื่อไรที่นักเรียนต้องโฟกัสกับสิ่งใด
3.3 ฉันเข้าใจดีว่า วิธีการแก้ปัญหาที่ตนเองกำลังเสนอส่งผลกระทบอะไรต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกบ้าง
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่น
4.1 ฉันชอบที่จะแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนร่วมงานในกลุ่ม
4.2 ฉันชอบที่จะคิดร่วมกันเป็นกลุ่มที่สมาชิกมีความเชี่ยวชาญแตกต่างกัน
4.3 ฉันรู้สึกสะดวกใจที่จะทำงานร่วมกับผู้คนที่มีมุมมองหลากหลาย และแตกต่างจากตนเอง
4.4 ฉันรู้สึกสะดวกใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนเองไปจากเดิม
4.5 ฉันเปิดใจที่จะร่วมงานกับคนที่มีภูมิหลังแตกต่างจากตนเอง (เช่น ฐานะ และอาชีพ)
5. ความปรารถนาที่จะเรียนรู้
5.1 ฉันชอบที่จะทำความคิดให้เกิดขึ้นเป็นรูปธรรม
5.2 ฉันชอบที่จะทำสมมติฐานให้อยู่ในรูปแบบที่ทดสอบได้

ตาราง 4 (ต่อ)

5.3 ฉันมักสงสัยในสิ่งที่ตนเองยังไม่รู้และพยายามหาคำตอบให้ได้
5.4 ในสถานการณ์ใหม่ ฉันจะหาข้อมูลให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
6. ความมั่นใจในการสร้างสรรค์
6.1 ฉันสามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ที่แตกต่างของการออกแบบสิ่งเดียวกัน
6.2 ฉันชอบที่จะสร้างต้นแบบหรือโมเดลเพื่อเป็นตัวแทนของความคิดใหม่
6.3 ฉันคิดว่า ตนเองสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้
6.4 ฉันมั่นใจว่า ตนเองสามารถแก้ปัญหาที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ได้
6.5 ฉันเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองในการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์
6.6 ฉันอยากที่จะสร้างสิ่งที่มีคุณค่าด้วยการออกแบบสิ่งใหม่
6.7 ฉันคิดว่า ตนเองสามารถก้าวข้ามหรือเอาชนะความยากลำบากต่าง ๆ ได้
6.8 ฉันสามารถมองปัญหาหรือวิกฤติใด ๆ ให้เป็นโอกาส

จากแบบประเมินความคิดเชิงออกแบบของ Ladachart et al. (2021) โดยผลการพัฒนาเครื่องมือนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาความคิดเชิงออกแบบของ (Dosi, Rosati andVignoli, 2018) ที่ทำการศึกษาลักษณะของความคิดเชิงออกแบบ พบว่า ผู้ที่มีความคิดเชิงออกแบบจะมีความอดทนต่อการแก้ปัญหาที่ยังแก้ไขไม่ได้ มีความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้ ใส่ใจในกระบวนการออกแบบ มีความคิดป็นของตนเอง ชอบที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่นที่มีความคิดที่หลากหลายและแตกต่างจากตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ในสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ และมีความมั่นใจในการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของตนเองในการพัฒนาออกแบบชิ้นงาน

จะเห็นได้ว่าแบบประเมินความคิดเชิงออกแบบของ Ladachart et al. (2021) สามารถประเมินทักษะการคิดเชิงออกแบบได้ ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนในด้านความสบายใจกับปัญหา ความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้ ความใส่ใจในกระบวนการ และความมั่นใจในการสร้างสรรค์ ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบในงานวิจัยนี้จะช่วยส่งผลให้นักเรียนมีคุณลักษณะในด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น แต่เนื่องด้วยแบบประเมินการคิดเชิงออกแบบของ (Dosi, Rosati andVignoli, 2018) มีจำนวนทั้งหมด 71 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถที่จะสังเกตนักเรียนได้ในช่วงเวลาที่จำกัด และด้วยแบบประเมินการคิดเชิง

ออกแบบของ Ladachart et al. (2021) มีข้อคุณลักษณะที่ตรงตามที่ผู้วิจัยได้ศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบประเมินความคิดเชิงออกแบบของ Ladachart et al. (2021) ในการทำวิจัยครั้งนี้

ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

จากทฤษฎีสรรคนิยม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างขึ้นจากนักวิทยาศาสตร์ และเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง เนื่องจากความรู้เหล่านั้นผ่านการทดสอบด้วยวิธีการอย่างหลากหลาย ดังนั้น การที่นักเรียนจะมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนต้องสร้างและทดสอบความรู้ของตนเองในลักษณะที่ไม่ต่างไปจากนักวิทยาศาสตร์ โดยในระหว่างนี้ นักเรียนบางคนอาจมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือแตกต่างไปจากความเข้าใจของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเรื่องปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อหาเรื่องงานและพลังงาน ซึ่งลักษณะของงานในทางฟิสิกส์ คืองานของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ซึ่งหาได้จากผลคูณของขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดกับโคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับการกระจัด ซึ่งนักเรียนมักตีความว่างานในทางฟิสิกส์ด้วยความหมายในชีวิตประจำวัน นักเรียนจึง เข้าใจว่า งานคือ “การที่สิ่งมีชีวิตออกแรงหรือใช้กล้ามเนื้อในการทำกิจกรรมต่างๆ” (อรวดี ศรีบัว, 2558) และอีกหนึ่งตัวอย่างที่นักเรียนมีความเข้าใจคลากเคลื่อนเกี่ยวกับงานและพลังงาน นั่นคือ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ซึ่งนักเรียนมักมีความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อนเช่นเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจว่า เครื่องกลอย่างง่ายช่วยลดปริมาณปริมาณงานหรือพลังงาน ไม่ใช่ลดแรงที่ใช้ในการทำงานนั้น (Marulcu andBarnett, 2013)ตามที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ระบุว่าผู้เรียนสามารถอธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล ดังนั้นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนส่งผลให้นักเรียนไม่บรรลุตามมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตร โดยความรู้ที่คลาดเคลื่อนเหล่านั้นมีการทดสอบโดยการใช้ข้อสอบ การใช้คำถาม ซึ่งการทดสอบประเภทนี้นักเรียนมักจะแปลความหมายหรือเข้าใจข้อคำถามต่างไปจากครู จึงเลือกคำตอบไม่ถูกต้องตามที่ครูกำหนดไว้ ดังนั้นแบบทดสอบจึงไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างแท้จริงว่านักเรียนรู้อะไรที่แท้จริง สามารถบอกได้เพียงว่านักเรียนมีความรู้สอดคล้องกับแบบทดสอบของครูมากน้อยเพียงใด ดังนั้นจึงมีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเรื่องงานและพลังงานของนักเรียน โดยใช้รูปแบบการสอนต่าง ๆ เพื่อเป็นการประเมินความรู้ของนักเรียนอย่างรอบด้าน ดังเช่นงานวิจัยของ (อรวดี ศรีบัว, 2558) ที่ใช้วิธีการจัดการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นเสริมด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ และวัดความเข้าใจโดยใช้แบบวัดความรู้แบบปรนัย 4 ตัวเลือกและการเขียนแสดง

เหตุผลประกอบคำตอบ สำหรับ ภัทริกา ศรีขอดเขต (2554) มีการวัดความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องงานและพลังงาน โดยใช้วิธีการทำนาย–การสังเกต–การอธิบาย นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดตามมุมมองภววิทยาของ สุชญา พันทวี (2558) ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดเรื่องงานและพลังงานที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้ว่า การพัฒนาความเข้าใจเรื่องงานและพลังงานสามารถใช้รูปแบบการสอนที่หลากหลาย แต่การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจเรื่องงานและพลังงานยังไม่มีปรากฏให้เห็น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบดังกล่าว

5.1 นิยามของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากจากการใช้ประสาทสัมผัสมาศึกษา สังเกต จัดจำแนกประเภท และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว (ปิยะณัฐ นันทการณ์, 2551) โดยความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล (Klopfer, 1971) ดังนั้น ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลย่อมมีความแตกต่างกัน (Mungsing, 1993) ได้นำเสนอระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึงคำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด

ระดับที่ 2 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึงคำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

ระดับที่ 3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ระดับที่ 4 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด

ระดับที่ 5 ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

5.2 ประเภทของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ได้จากธรรมชาติ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์แสวงหาความรู้ มีนักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของความเข้าใจทาง

วิทยาศาสตร์ไว้อย่างหลากหลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่ได้รับของแต่ละบุคคล โดยส่วนใหญ่แล้วความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มักจะเรียกว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Science Concept) ดังนี้

กระทรวงศึกษาธิการ (2551) แบ่งประเภทของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. Conjunctive Concept คือ เหตุผล หรือความหมายในหลาย ๆ ทาง แต่มีทางร่วมกันได้เข้าใจความหมายในจุดเดียวกัน มีจุดรวมอันเดียวกัน เช่น ถ้าพูดถึงบุคคล ๆ หนึ่ง เราสามารถนึกถึงบุคคลนั้นได้หลายทาง เช่น บุคลิกภาพ ความเป็นอยู่ อาชีพ เป็นต้น

2. Disconjunctive Concept คือ เหตุผลหือความหมายที่มีตัวเลือกหลาย ๆ ทางไม่ร่วมกัน แต่ขึ้นอยู่กับสภาวการณ์ เช่น คำว่า “แกะ” ซึ่งมีความหมายหลาย ๆ ทาง คือ แกะที่เป็นสัตว์สี่ขา แกะกล่อง เป็นต้น

3. Rational Concept คือ เหตุผลหรือความหมายที่มีความสัมพันธ์ในด้านเหตุผล เช่น เศรษฐกิจตกต่ำ ค่าเงินลดลง สินค้ามีราคาสูงขึ้น

กระทรวงศึกษาธิการ ได้แบ่งประเภทของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ของเหตุผลและความหมายของการรับรู้ ในขณะเดียวกัน มีนักการศึกษาที่แบ่งประเภทของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คุณลักษณะ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) และโดยใช้ทักษะ (ชุติมา รอดสุข, 2550)

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) อธิบายลักษณะของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และจำแนกความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. มโมติเกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classification Concept) เป็นมโนมติที่เป็นคำอธิบาย คำชี้แจงที่บอกถึงคุณลักษณะของวัตถุหรือเหตุการณ์ เช่น สสารมี 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

2. มโมติทางทฤษฎี (Theoretical Concept) เป็นมโนมติที่อธิบายถึงคุณลักษณะหรือปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่มีหลักฐานที่สนับสนุนให้เกิดความเข้าใจในสิ่งเหล่านั้นอย่างมีเหตุผล เช่น อะตอมคืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ประอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

3. มโนมติเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ (Correlation Concept) เป็นมโมติที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล สามารถนำไปใช้ทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้เช่น ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว

ชุติมา รอดสุข (2550) อธิบายความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และแบ่งประเภทออกเป็น 3 ประเภทเช่นเดียวกัน ดังนี้

1. มโมติเชิงทฤษฎี คือ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่ศึกษาจากแนวคิด ทฤษฎี ที่นักวิทยาศาสตร์ได้เสนอไว้

2. มโมติเชิงบรรยาย คือ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตด้วยประสาทสัมผัสและเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญ เกิดเป็นมมโนมติเกี่ยวกับสิ่งนั้น

3. มโมติความสัมพันธ์ คือ มโนมติทีบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโมติย่อย ๆ หรือความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล

5.3 การประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

การประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์นั้น สามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการวัดด้านความรู้ความเข้าใจ (ปิยะณัฐ นันทการณ์, 2551) ซึ่งมีนักการศึกษาได้นำเสนอแนวทางการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวว่า แบบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาให้มีความเหมาะสมในแต่ละความเข้าใจที่ศึกษา ซึ่งจะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น แบบทดสอบแต่ละข้อจะมีคำถาม 2 คำถาม ซึ่งคำถามที่ 2 มีความต่อเนื่องมาจากคำถามที่ 1 โดยให้บอกเหตุผลของคำถามที่ 1 ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ

ลักษณะที่ 1 ให้บอกเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเลือกเหตุผลจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ลักษณะที่ 2 ให้เหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเขียนอธิบายเหตุผล

ในทำนองเดียวกัน สมเจต อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554) มีการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน รายวิชาเคมี โดยใช้แบบประเมินเช่นเดียวกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) แต่อยู่ในรูปแบบปรนัย ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับ (2–tier multiple choice conceptual test) โดยในหนึ่งข้อประกอบด้วยตัวเลือก 2 ส่วน ได้แก่ คำถามชนิด 4 ตัวเลือก และเหตุผลที่เลือกคำตอบในส่วนที่ 1 นอกจากนี้การประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ยังสามารถวัดได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นจริงและบริบทของนักเรียน ได้แก่

5.3.1 แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียนมี 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์ชนิดมีโครงสร้าง (Structured Interview) เป็นแบบสัมภาษณ์ใช้กับการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดโครงสร้างของข้อ

คำถามต่าง ๆ ที่ต้องการเก็บข้อมูลไว้ล่วงหน้าแล้ว เพื่อให้ผู้สัมภาษณ์ใช้ประกอบการซักถามผู้ถูกสัมภาษณ์ทุก ๆ คนด้วยข้อคำถามชุดเดียวกันตามที่กำหนดไว้ในแบบสัมภาษณ์ 2)แบบสัมภาษณ์ชนิดไร้โครงสร้าง (Unstructured Interview) เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ใช้กับการสัมภาษณ์ที่ไม่มีโครงสร้างหรือไม่มีการสร้างข้อคำถามที่ต้องการจะเก็บข้อมูลไว้ก่อนหน้า แต่อาจจัดทำไว้เพียงเป็นประเด็นหรือแนวข้อคำถามอย่างคร่าว ๆ ซึ่งไม่มีรูปแบบที่แน่นอนไว้เพื่อให้ผู้สัมภาษณ์ใช้เป็นแนวทางในการพูดคุยหรือซักถามกับผู้ถูกสัมภาษณ์ ผู้ถูกสัมภาษณ์แต่ละคนอาจจะได้รับข้อคำถามในลักษณะที่มีความยืดหยุ่นแตกต่างกัน แต่ทุกคำถามก็ยังคงจะต้องอยู่ภายใต้ประเด็นเดียวกัน 3) แบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ใช้กับการสัมภาษณ์ที่มีลักษณะการสัมภาษณ์ที่อยู่ระหว่างการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างกับการสัมภาษณ์แบบไร้โครงสร้าง โดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างนี้ นิยมใช้กับการวิจัยเชิงคุณภาพซึ่งต้องการความยืดหยุ่นของข้อประเด็นคำถามเพื่อการเก็บข้อมูล ในขณะที่ยังคงไว้ซึ่งเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมประเด็นศึกษาอย่างครบถ้วน (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548)

5.3.2 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

การสังเกต (Observation) คือ การที่ผู้สังเกตพยายามใช้ประสาทสัมผัสเพื่อแสวงหาความรู้ หรือข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขึ้นอยู่กับการรับรู้ (Perception) ทัศนคติ (Attitude) ตลอดจนประสบการณ์ของผู้สังเกตด้วย โดยทั่วไปแล้วข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจะถูกต้องมากน้อยหรือม่ ขึ้นอยู่กับตัวผู้สังเกต ผู้ถูกสังเกต และเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการสังเกต

การจำแนกประเภทของแบบสังเกต โดยพิจารณาจากตัวผู้สังเกตเป็นหลักและพิจารณาโครงสร้างของการสังเกตเป็นหลัก (จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย, 2558) มีรายละเอียดดังนี้

1) การสังเกตที่พิจารณาจากผู้สังเกตเป็นหลัก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) การสังเกตที่ผู้สังเกตเข้าไปมีส่วนร่วม (Participant Observation) หมายถึง การที่ผู้สังเกตเข้าไปมีส่วนร่วมอยู่ในกลุ่มที่ตนเองศึกษาหรือเก็บข้อมูล และมีการกระทำกิจกรรมร่วมกัน โดยผู้สังเกตเป็นสมาชิกหนึ่งของกลุ่มหรือสถานการณ์ที่ศึกษา 2) การสังเกตโดยผู้สังเกตไม่เข้าไปมีส่วนร่วม (Non- Participant Observation) หมายถึง การสังเกตที่ผู้สังเกตกระทำตนเป็นบุคคลภายนอก ไม่เข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่กลุ่มกำลังปฏิบัติอยู่ แต่ยังคอยสังเกตการณ์เหตุการณ์หรือสถานการณ์อย่างใกล้ชิด โดยที่ผู้ถูกสังเกตไม่รู้ตัว

2) การสังเกตที่พิจารณาโครงสร้างของการสังเกตเป็นหลัก แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การสังเกตแบบมีโครงสร้าง (Structured Observation) เป็นการสังเกตที่กำหนดล่วงหน้าว่าจะสังเกตอะไร ใช้เพื่อบรรยายเหตุการณ์อย่างมีระบบ การสังเกตนี้ ผู้สังเกต

จะดำหนดเรื่องเฉพาะไว้ และทำการศึกษาลักษณะของพฤติกรรมบางอย่างตามที่กำหนด 2) การสังเกตแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Observation) การสังเกตที่ผู้สังเกตไม่ได้กำหนดเรื่องไว้เป็นการเฉพาะ การสังเกตลักษณะนี้เหมาะสำหรับใช้ในการสำรวจสภาพการณ์ในระยะแรก ๆ ที่ผู้สังเกตไม่ทราบภูมิหลังในเรื่องนั้น ๆ มากพอที่จะกำหนดเรื่องเฉพาะได้

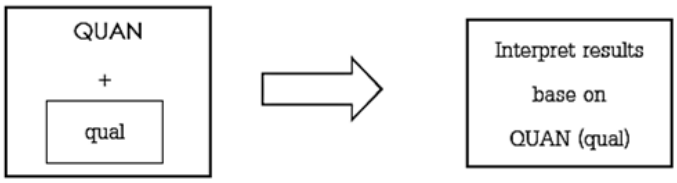
ในการที่จะเลือกใช้วิธีการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จะเห็นได้ว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเข้าใจล้วนแล้วแต่เป็นที่นิยมและใช้กันมาอย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบเพ่อพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องงานและพลังงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาในบริบทดังกล่าว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจเรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: กรณีศึกษาของโรงเรียนดอยงามวิทยาคม เป็นกรณีศึกษา (Merriam, 1998) ที่ใช้ระเบียบวิจัยแบบผสมผสานวิธี (Mixed-methods research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบฝังตัว (Embedded Design) ซึ่งแบบแผนงานวิจัยนี้เน้นวิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลัก และวิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรองที่ฝังตัวอยู่ในวิธีการเชิงปริมาณ มีกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ โดยการเก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียน ดังภาพ 7 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ และศึกษาการพัฒนาความเข้าใจหลักการทำงานของพื้นเอียงของนักเรียนที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ โดยผู้วิจัยได้แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การกำหนดผู้มีส่วนร่วม
2. กิจกรรมการเรียนรู้
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพ 7 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบผสมผสานวิธี (Mixed-methods research)

กรณีศึกษาแบบผสมผสานวิธี (Mixed-methods case study)

Merriam (1998) ระบุว่า ลักษณะเดียวที่สำคัญที่สุดของการวิจัยแบบกรณีศึกษาก็คือการกำหนดขอบเขตของสิ่งหรือกรณีที่ผู้วิจัยศึกษา โดยสิ่งหรือกรณีที่ผู้วิจัยศึกษาสามารถเป็นได้ทั้ง “คนคนหนึ่ง เช่น ครู นักเรียน ผู้อำนวยการ; โปรแกรมหนึ่ง; กลุ่มคนกลุ่มหนึ่ง เช่น ห้องเรียน โรงเรียน ชุมชน; นโยบายหนึ่ง; และอื่น ๆ” ดังนั้น ในการวิจัยนี้ กรณีที่ผู้วิจัยศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนหนึ่งจำนวน 6 คน ในโรงเรียนดอยงามวิทยาคม ที่เรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของพื้นเอียงผ่านกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ โดยกรณีศึกษามีลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1. ความจำเพาะเจาะจง โดยกรณีศึกษามุ่งศึกษาสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่จำเพาะเจาะจงกับบริบท โดยปราศจากความพยามในการนำผลจากกรณีศึกษาไปอ้างอิงกับสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ในบริบทอื่น

2. ธรรมชาติเชิงบรรยาย โดยกรณีศึกษามุ่งบรรยายสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์นั้นในบริบทตามธรรมชาติในช่วงเวลาหนึ่ง โดยปราศจากการกำหนดหรือควบคุมตัวแปร

3. การสร้างความเข้าใจ โดยกรณีศึกษามุ่งส่งเสริมให้ผู้อ่านเข้าใจสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์นั้น ไม่ว่าจะเป็นการกระตุ้นให้ผู้อ่านสร้างความหมายใหม่ หรือการขยายขอบเขตของความหมายเดิมของตนเองออกไป

ด้วยลักษณะเหล่านี้ ความรู้จากการวิจัยแบบกรณีศึกษาจะเป็นความรู้ที่เป็นรูปธรรม มีบริบท และส่งเสริมการตีความของผู้อ่าน โดยการอ้างอิงความรู้จากกรณีศึกษาจะขึ้นอยู่กับหรือถูกกำหนดโดยผู้อ่าน นอกจากนี้ Merriam (1998) ยังระบุด้วยว่า “กรณีศึกษาไม่มีการเจาะจงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล” ดังนั้น เพื่อบรรยายการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบได้อย่างครอบคลุม ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การวิจัยแบบผสมผสานวิธี (Mixed-methods research) (Creswell andClark, 2017) ซึ่งมีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพร่วมกัน ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสานวิธีตั้งอยู่บนพื้นฐานความคิดที่ว่า การใช้ข้อมูลทั้งสองประเภทจะให้ผลการวิจัยที่สมบูรณ์กว่าการใช้ข้อมูลประเภทใดประเภทหนึ่งเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การวิจัยนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพพร้อมกันในการวิจัยแบบกรณีศึกษาเรื่องเดียวกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การกำหนดผู้มีส่วนร่วม

1.1 ผู้มีส่วนร่วม

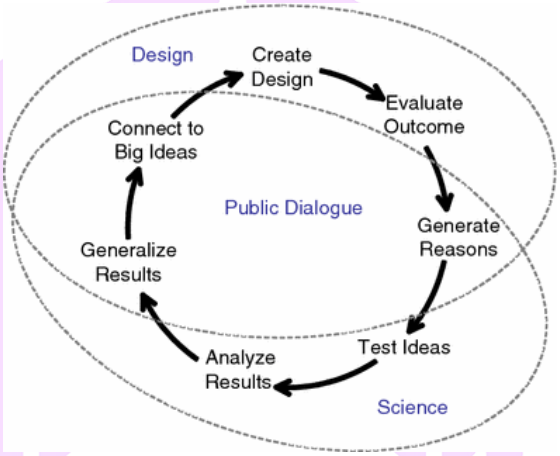
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนดอยงามวิทยาคม ปีการศึกษา 2564 จำนวน 6 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยการเลือกตามความสะดวก (convenient sampling) (Patton, 2014) โดยมีการเลือกผู้มีส่วนร่วมตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1.1.1 บริบท การวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกโรงเรียนดอยงามวิทยาคม อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เป็นสถานศึกษาสำหรับการวิจัย เนื่องจากเป็นโรงเรียนสหศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีนักเรียนทั้งหมด 92 คน ในจำนวนนี้มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 17 คน จำนวน 2 ห้องเรียน คือ ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้อง มีนักเรียน 6 คน และห้องเรียนศิลป์ทั่วไป จำนวน 1 ห้อง มีนักเรียน 11 คน ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนน้อยที่สุดในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงราย แต่เป็นโรงเรียนที่ประสบความสำเร็จในด้านโครงงานวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ ในการดำเนินการวิจัย มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ทุกคน ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ 2 จำนวน 8 คาบต่อสัปดาห์ (คาบละ 50 นาที) โดยมีครูผู้สอนคือผู้วิจัย

1.1.2 ผู้มีส่วนร่วม คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2564 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา ฟิสิกส์ 2 จำนวน 6 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์ความสะดวก (Convenient sampling) (Patton, 2014) ซึ่งมีความเหมาะสมกับการวิจัยที่ผู้วิจัยมีข้อจำกัดด้านเวลา และสอดคล้องกับกรณีศึกษาครั้งนี้ที่ผู้วิจัยเป็นข้าราชการครูที่จำเป็นต้องปฏิบัติหน้าที่ในโรงเรียนต้นสังกัดของตนเอง และไม่สามารถเดินทางไปทำวิจัยในบริบทอื่น ๆ ได้โดยสะดวก เนื่องด้วยโรงเรียนดอยงามวิทยาคมเป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาขนาดเล็กที่มีนักเรียนไม่เกิน 120 คน และมีจำนวนครูเพียง 11 คน โดยผู้วิจัยเป็นครูฟิสิกส์เพียงคนเดียวในโรงเรียน ดังนั้น การเดินทางไปทำวิจัยในบริบทต่าง ๆ จึงอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อนักเรียนหลายคนในโรงเรียน ด้วยข้อจำกัดนี้ วิธีการเลือกแบบเจาะจงตามเกณฑ์ความสะดวกจึงเป็นสิ่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกรณีศึกษาครั้งนี้

กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบในการวิจัยนี้เป็นไปตามแนวทางของ Apedoe et al. (2008) ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การออกแบบชิ้นงาน 2. การประเมินชิ้นงาน 3. การให้เหตุผล 4. การทดสอบความคิด 5. การวิเคราะห์ผล 6. การสร้างข้อสรุปทั่วไป และ 7. การเชื่อมโยงกับแนวคิดหลัก ดังภาพ 8



ภาพ 8 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้บนฐานการออกแบบของ Apedoe et al. (2008)

แนวทางการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบของ Apedoe et al. (2008) นี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมในการออกแบบชิ้นงานก่อน จากนั้น นักเรียนจึงมีโอกาสได้ทดสอบชิ้นงานที่ตนเองออกแบบ ซึ่งจะนำไปสู่การให้เหตุผลและตั้งสมมติฐานว่า เหตุใดบางชิ้นงานจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าชิ้นงานอื่น ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การทดสอบสมมติฐานนั้นด้วยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนจึงมีโอกาสได้สร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นในการปรับปรุงการออกแบบชิ้นงานของตนเองอีกครั้ง

ผู้วิจัยเริ่มต้นกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบโดยการท้าทายให้นักเรียนออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการที่นั่งรถเข็น ดังภาพ 8 โจทย์นี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานว่า นักเรียนจะได้ออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาให้กับผู้อื่น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการคิดเชิงออกแบบ (Dym et al., 2005) และยังไม่ปรากฏชัดเจนในแนวทางของ สสวท. นอกจากนี้ โจทย์นี้ยังเป็นสิ่งใกล้ตัวที่นักเรียนสามารถตระหนักถึงการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (Sadler, Coyle andSchwartz, 2000) โดยโจทย์นี้มีการกำหนดทั้งสิ่งที่นักเรียนต้องออกแบบ

(ทางลาดสำหรับผู้พิการ) ข้อจำกัด (พื้นที่และความสูงของทางลาด) และเกณฑ์ที่บ่งชี้ความสำเร็จในการออกแบบ (การใช้แรงน้อยที่สุด) สิ่งที่ปรากฏในโจทย์เหล่านี้จึงสะท้อนลักษณะสำคัญของธรรมชาติของการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Pleasants andOlson, 2019)

ในการอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนที่มีความพิการที่ต้องใช้รถเข็นในการเดินทาง เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ทางเดินสำหรับผู้พิการได้ โรงเรียนได้มีนโยบายตาม “กฎกระทรวง: กำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา พ.ศ. 2548” ว่าด้วยการสร้างทางลาดสำหรับผู้พิการเพื่ออำนวยความสะดวก โรงเรียนต้องสร้างทางลาดบริเวณทางเข้าอาคารเรียนด้วยพื้นที่จำกัด (กว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร) และทางเข้าอาคารเรียนมีความสูงจากพื้น 1 เมตร นักเรียนจะออกแบบทางลาดสำหรับนักเรียนผู้พิการอย่างไรให้เป็นไปตามกฎกระทรวงฯ และสามารถให้นักเรียนผู้พิการออกแรงในการเข็นรถเข็นของตนเองโดยใช้แรงน้อยที่สุด

ภาพ 9 แสดงโจทย์ในการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์

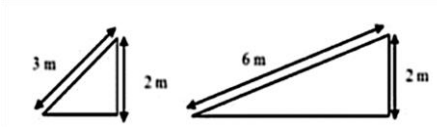
ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบครั้งนี้ นักเรียนได้รับวัสดุและอุปกรณ์ (ภาคผนวก ก) โดยนักเรียนสามารถใช้เครื่องชั่งสปริงในการลากรถเข็นจำลองเพื่อทดสอบว่า แรงที่ผู้พิการจะใช้ในการเข็นรถเข็นขึ้นบนทางลาดควรเป็นเท่าใด ในการนี้ ผู้วิจัยกำหนดให้ต้นแบบทางลาดของนักเรียนมีอัตราส่วนเท่ากับ 1 เมตร : 10 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับทางลาดของจริง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบใช้เวลาทั้งหมด 8 คาบ คาบละ 50 นาที โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ 2 ชิ้นในเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ เครื่องมือที่ 1 คือแบบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ ดังภาพ 10 โดยผู้วิจัยแปลมาจากงานวิจัยของ Chini (2010) ในการนี้ผู้วิจัยได้แปลคำถามเป็นภาษาไทย และส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงและความถูกต้องของภาษา (IOC เท่ากับ 0.67–1.00) หลังจาก

การตรวจสอบและปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยนำแบบวัดนี้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนนครวิทยาคมและโรงเรียนพานพิเศษพิทยา ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีนักเรียนมีภูมิหลังคล้ายกันกับนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัย จำนวน 30 คน โดยค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.89 และค่าความยากง่ายโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.38 จากนั้น ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนทำแบบวัดนี้ก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

1. จากรูปพื้นเอียง A B และ C หากนักเรียนต้องใช้พื้นเอียงในการขนส่งวัตถุขึ้นที่สูงระดับเดียวกัน นักเรียนจะเลือกใช้พื้นเอียงใดเพื่อให้ตนเองใช้ “แรง” ที่มีขนาดน้อยที่สุด เมื่อพื้นเอียงไม่มีแรงเสียดทาน



ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B ค. พื้นเอียง C ง. พื้นเอียงใดก็ได้

2. จากรูปพื้นเอียง A B และ C ในข้อที่ 1. พื้นเอียงใดอาศัย “พลังงาน” ในการยกวัตถุขึ้นที่สูงน้อยที่สุด เมื่อพื้นเอียงไม่มีแรงเสียดทาน

ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B ค. พื้นเอียง C ง. พื้นเอียงทั้งหมดอาศัยพลังงานเท่ากัน

ภาพ 10 แสดงตัวอย่างคำถามที่วัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง

เครื่องมือที่ 2 คือแบบวัดทักษะการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โดยผู้วิจัยนำแบบสอบถามนี้มาจากงานวิจัยของ Ladachart et al. (2021) ซึ่งพัฒนามาจากงานวิจัยของ Dosi, Rosati andVignoli (2018) อีกทอดหนึ่ง แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ ซึ่งมุ่งวัดชุดความคิดเชิงออกแบบทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ 1. ความสบายใจกับปัญหา 2. ความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้ 3. ความใส่ใจในกระบวนการ 4. การทำงานร่วมกับผู้อื่น 5. ความปรารถนาที่จะเรียนรู้ และ 6. ความมั่นใจในการสร้างสรรค์ โดยแบบสอบถามนี้ได้ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบกับนักเรียนไทย จำนวน 890 คน ตามลำดับมาแล้ว ผู้วิจัยจึงไม่ได้นำแบบวัดทักษะนี้ไปใช้ทดลองใช้อีก

นอกจากเครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณแล้ว ผู้วิจัยยังเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการบันทึกการจัดการเรียนการสอน การสนทนาภายในกลุ่มของนักเรียน และชิ้นงานสุดท้ายของนักเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยมีการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายกลุ่ม เพื่อให้

นักเรียนแต่ละกลุ่มสะท้อนความคิดในการออกแบบชิ้นงาน โดยการสัมภาษณ์เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง (ลือชา ลดาชาติ, 2558) ซึ่งประกอบด้วยคำถามดังนี้

1. นักเรียนมีกระบวนการออกแบบอย่างไร ตั้งแต่แรกเริ่มต้นจนกระทั่งนักเรียนได้ชิ้นงานในที่สุด

2. ในการออกแบบชิ้นงาน นักเรียนตัดสินใจเลือกวิธีการอย่างไร

3. ในระหว่างการออกแบบ นักเรียนพบอุปสรรคอะไรบ้าง แล้วนักเรียนจัดการกับอุปสรรคเหล่านั้นอย่างไร และ

4. นักเรียนคิดว่า ปัจจัยอะไรที่ทำให้กลุ่มของนักเรียนออกแบบได้ประสบผลสำเร็จ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ในเบื้องต้น โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อแสดงภาพรวมของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงออกแบบแต่ละด้านของนักเรียนก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ จากนั้น ผู้วิจัยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบด้วยวิธี Wilcoxon Signed Ranks Test (Morgan et al., 2019) ทั้งนี้เพราะจำนวนนักเรียนในกรณีศึกษาครั้งนี้มีน้อยและข้อมูลบางส่วนไม่มีการแจกแจงปกติ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้หาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Learning gains) ของ Hake (1998) ในส่วนของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงจำนวนนักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

สำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยทำการบันทึกการจัดการเรียนการสอน การสนทนากลุ่มของนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียน โดยใช้วิธีการอุปนัยเชิงวิเคราะห์ (Analytical induction) (Erickson, 2012) ผู้วิจัยเริ่มต้นจากการจัดระบบข้อมูลทั้งหมดโดยการทำดัชนีข้อมูล เช่น เวลา ผู้ให้ข้อมูล และวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล จากนั้นทำการถอดข้อมูลทั้งหมดออกเป็นข้อความเอกสารแบบคำต่อคำ (Verbatim transcription) โดยผู้วิจัยจะอ่านข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบข้อความเอกสารซ้ำหลายรอบเพื่อให้รหัสข้อมูล (Coding) เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และ/หรือการคิดเชิงออกแบบ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจะแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบช่วยพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบอย่างไร

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้สูตรทางสถิติ ดังต่อไปนี้

1. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

1.1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) มีสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) ของแบบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

$$P = \frac{R_u + R_L}{2f}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของแบบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

R_u แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

f แทน จำนวนผู้ที่เข้าสอบในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

1.3 การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

$$r = \frac{R_u - R_l}{f}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

R_u แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_l แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

f แทน จำนวนผู้ที่เข้าสอบในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x_i^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum x_i)^2$ แทน กำลังสองของผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียน

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบความแตกต่างของของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และความคิดเชิงออกแบบ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test

$$T^- = \frac{n(n+1)}{2} - T^+$$

โดยที่ T^+ คือ $\sum d_i$ (d_i คือเครื่องหมาย +)

T^- คือ $\sum d_i$ (d_i คือเครื่องหมาย –)

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

3.2 ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีการ Normalized gain (Hake, 1998)

$$(g) = (\%\ \text{post-test}) - (\%\ \text{pre-test}) / (100\ \%) - (\%\ \text{pre-test})$$

โดยที่ (g) คือ ค่า Normalized gain

% post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์*

% pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์*

* หมายเหตุ คิดเฉพาะนักเรียนคนที่สอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนเท่านั้น

บทที่ 4

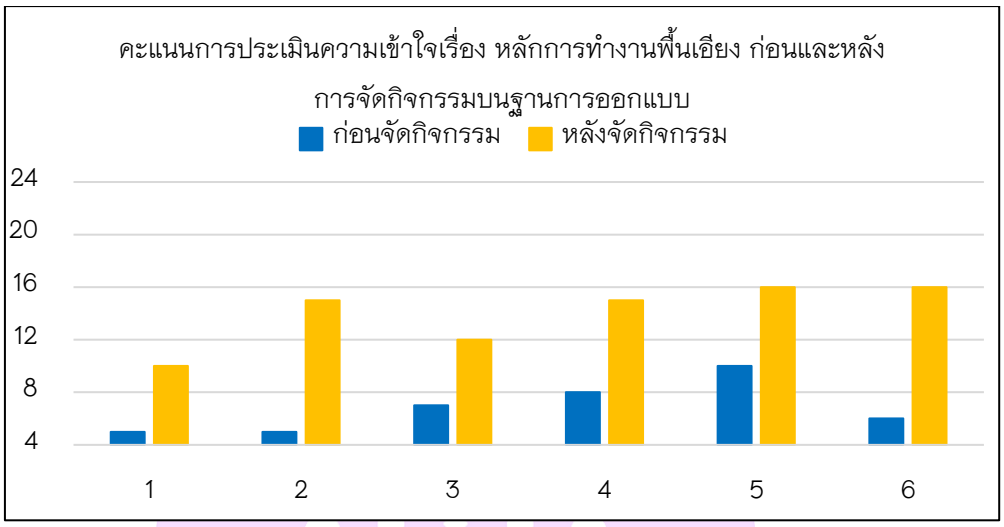
ผลการวิจัย

กรณีศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบคำถามวิจัย 2 ข้อ ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ สามารถพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดอยงามวิทยาคมอย่างไร และ 2) การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ พัฒนาความเข้าใจเรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดอยงามวิทยาคมอย่างไร โดยมีนักเรียนที่เข้าร่วมในการวิจัยทั้งหมด 6 คน เป็นเพศหญิงทั้งหมด ผู้วิจัยใช้ตัวเลข 1–6 แทนชื่อและนามสกุลของนักเรียน เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับนักเรียน และแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 หมายเลข 1–3 และกลุ่มที่ 2 หมายเลข 4–6 ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

ผลการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์คำตอบในแบบประเมินความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ มีค่าเท่ากับ 6.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.94 และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐาการออกแบบ มีค่าเท่ากับ 14.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.45

เมื่อพิจารณาคะแนนของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมทุกคน ดังภาพ 11



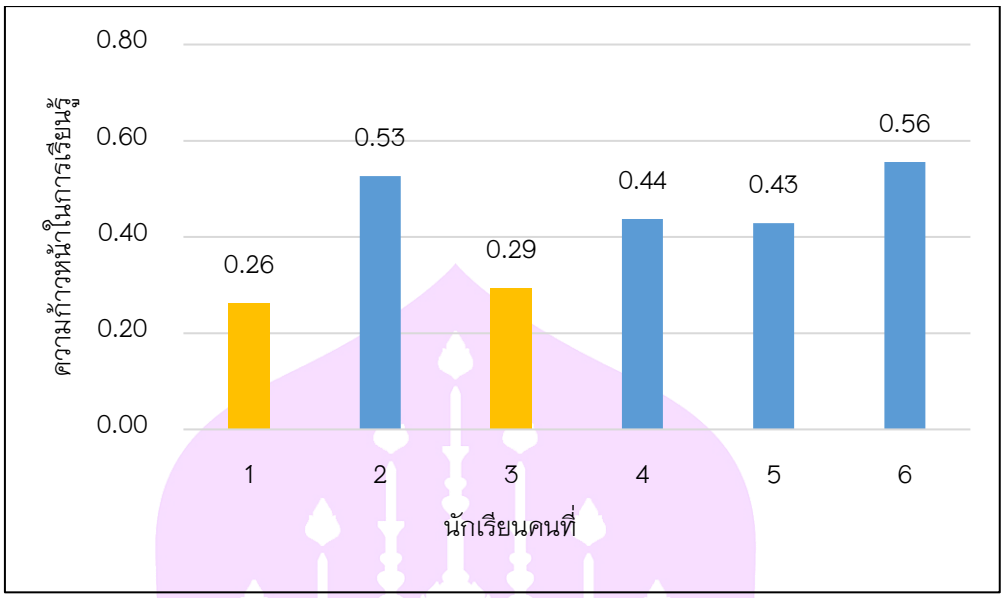
ภาพ 11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนการประเมินความเข้าใจเรื่อง หลักการทำงานพื้นเอียงก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ

ผู้วิจัยทำการทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ผู้วิจัยทำการทดสอบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 โดยใช้วิธีการ Wilcoxon Singed Ranks Test พบว่า คะแนนหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบมีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยค่า effect size อยู่ที่ 1.00 ซึ่งมีค่าสูงมาก (Leech, Barrett andMorgan, 2005) ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจเรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียงก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ

	Test	Statistic	df	p	Effect size
ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์	Wilcoxon	0.000	5	0.018	1.00

จากผลคะแนน ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ ผู้วิจัยทำการคำนวณหาค่าคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนด้วยสูตรของ Hake (1998) ผลปรากฏดังภาพ 12



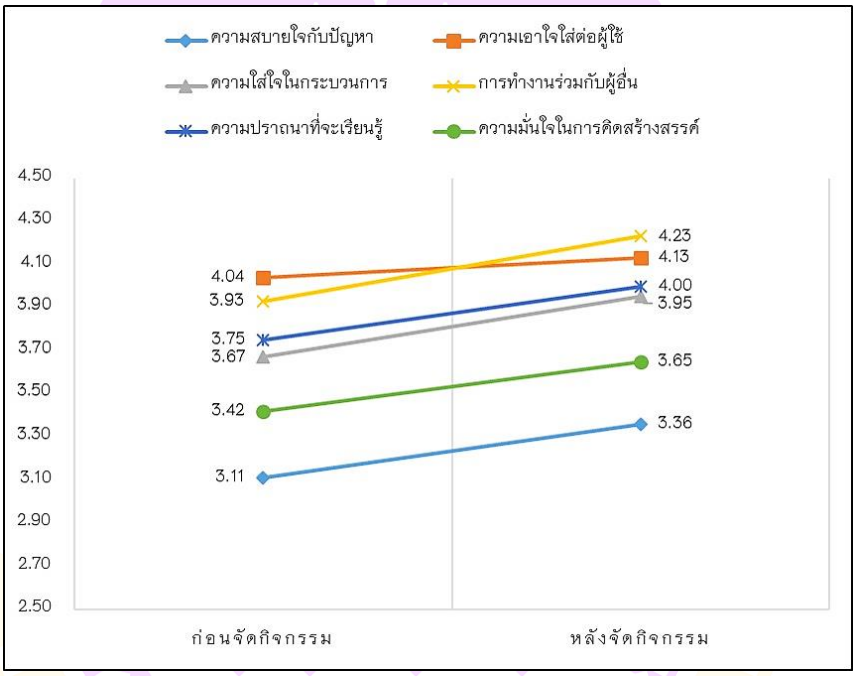
ภาพ 12 แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

จากภาพ 12 พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ โดยมีความเข้าใจเมื่อมีการจัดการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบมากขึ้น โดยมีนักเรียน 4 คน มีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ในระดับปานกลาง ($0.3 < g > 0.7$) และนักเรียน 2 คน มีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ในระดับต่ำ ($g < 0.3$) ส่งผลให้โดยเฉลี่ย นักเรียนกลุ่มนี้มีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ในระดับปานกลาง (0.42) สำหรับนักเรียน 2 คน ที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ต่ำ พบว่า นักเรียนอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

ผลการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อการคิดเชิงออกแบบ

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ พบว่า การคิดเชิงออกแบบของนักเรียนก่อนการทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบโดยรวมทุกด้าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 (SD = 0.43) โดยนักเรียนมีการคิดเชิงออกแบบด้านการเอาใจใส่ต่อผู้ใช้มากที่สุด (mean = 4.04, SD = 0.56) รองลงมาคือด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น (mean = 3.93, SD = 0.33) ความปราถนาที่จะเรียนรู้ (mean = 3.75, SD = 0.42) ความใส่ใจในกระบวนการ (mean = 3.67, SD = 0.37) ความมั่นใจในการสร้างสรรค์ (mean = 3.42, SD = 0.53) และความสบายใจกับปัญหา (mean = 3.11, SD = 0.36) ตามลำดับ

ภายหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบเป็นเวลา 8 คาบ (คาบละ 50 นาที) การคิดเชิงออกแบบของนักเรียนโดยรวมทุกด้าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 (SD = 0.49) ซึ่งสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีการคิดเชิงออกแบบด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นมากที่สุด (mean = 4.23, SD = 0.56) รองลงมาคือด้านการเอาใจใส่ต่อผู้ใช้ (mean = 4.13, SD = 0.44) ความปรารถนาที่จะเรียนรู้ (mean = 4.00, SD = 0.76) ความใส่ใจในกระบวนการ (mean = 3.95, SD = 0.44) ความมั่นใจในการสร้างสรรค์ (mean = 3.65, SD = 0.45) และความสบายใจกับปัญหา (mean = 3.36, SD = 0.29) ตามลำดับ ดังภาพ 13



ภาพ 13 การคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ก่อนและหลัง การจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ

เมื่อเปรียบเทียบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ ผลการวิจัยปรากฏว่า โดยเฉลี่ยแล้ว นักเรียนมีการคิดเชิงออกแบบเพิ่มสูงขึ้นทุกด้าน โดยด้านที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น รองลงมาคือด้านความใส่ใจในกระบวนการตามลำดับ ทั้งนี้ด้านที่มีการเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือด้านการเอาใจใส่ผู้ใช้ ซึ่งเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดก่อนการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ

แม้การวิเคราะห์ด้านสถิติเชิงบรรยายบ่งชี้ว่า นักเรียนแสดงพัฒนาการด้านการคิดเชิงออกแบบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ แต่เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่

น่าเชื่อถือ ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงอนุมานเพื่อทดสอบว่า พัฒนาการเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยผู้วิจัยใช้วิธีการ Wilcoxon Singed Ranks Test ที่ระดับนัยสำคัญที่ .05 ผลการวิจัยปรากฏว่า การคิดเชิงออกแบบของนักเรียนโดยรวมทุกด้านระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) ดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงออกแบบ ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ

การคิดเชิงออกแบบ	statistic	df	p
ก่อนและหลังการจัดกิจกรรม	4.00	5	0.219

ในการนี้ ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนก่อนและหลังการทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบแต่ละด้านด้วยวิธี Wilcoxon Singed Ranks Test เช่นเดียวกัน ผลการวิจัยปรากฏดังตาราง 7 ว่า การคิดเชิงออกแบบของนักเรียนแต่ละด้านระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

ตาราง 7 การเปรียบเทียบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนก่อนและหลังการทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบแต่ละด้าน

การคิดเชิงออกแบบ	statistic	df	p
ความสบายใจกับปัญหา	3.00	5	0.279
ความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้	6.00	5	0.784
ความใส่ใจในกระบวนการ	0.00	5	0.174
การทำงานร่วมกับผู้อื่น	3.00	5	0.141
ความปรารถนาที่จะเรียนรู้	4.00	5	0.410
ความมั่นใจในการสร้างสรรค์	6.00	5	0.438

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่อภิปรายร่วมกันในขณะทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบ พบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มใช้วิธีลองผิดลองถูกในการออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการ ดังเช่นบทสนทนาของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 นักเรียนคนที่ 1 “เราคิดไว้แล้ว เราทำไปเลย เดี๋ยวค่อยไปแก้ปัญหาทีหลัง ทำดูก่อน”

นักเรียนคนที่ 2 “ลองก่อน แล้วค่อยแก้”

กลุ่ม 2 นักเรียนคนที่ 5 “ลองดูก่อน”

จากบทสนทนาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม จะเห็นได้ว่า นักเรียนเลือกใช้วิธีการลองผิดลองถูก ซึ่งแม้ว่านักเรียนจะไม่สามารถคาดเดาได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะเป็นไปตามที่ตนเองคิดหรือไม่ แต่อย่างไรก็ตาม การลองผิดลองถูกให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้แก่นักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีการคิดไตร่ตรอง และพิจารณาความคิดของตนเองว่าสามารถทำให้การออกแบบชิ้นงานประสบผลสำเร็จตามเงื่อนไขได้หรือไม่ ดังเช่นคำพูดของนักเรียนที่ให้สัมภาษณ์ในระหว่างการทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบ ที่ว่า

นักเรียนคนที่ 1 “ตอนที่ทำนะคะ หนูเป็นคนบอกเพื่อนว่า ถ้าระยะ (ทางลาด) มันยิ่งสั้นมันจะทำให้เขา (ผู้พิการ) ออกแรงน้อยลง หรือเหนื่อยน้อยลง แต่ที่จริงไปหาสูตรมาแล้ว มันไม่ใช่เลยคะ ก็เลยรู้ว่า ระยะ (ทางลาด) สั้นไป ก็ไม่ได้ช่วยให้เขาออกแรงน้อยลงคะ”

การทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบ นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการร่วมมือกันในการออกแบบชิ้นงาน มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดกันในระหว่างการทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับหลักการทำงานของพื้นเอียง นอกจากนี้ยังส่งเสริมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนในแต่ละด้าน ดังนี้

ด้านความสบายใจกับปัญหา

จากบทสนทนาของนักเรียนในกลุ่มที่ 1 ที่ว่า “เราไม่เก่งประดิษฐ์ แต่เราทำได้อยู่นะ ถ้าเราตั้งใจอ่ะ” และสอดคล้องกับนักเรียนในกลุ่มที่ 2 ที่ได้พูดสะท้อนในระหว่างการสัมภาษณ์ว่า “ได้ความอดทนคะ หนูความอดทนต่ำ” ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนมีความสบายใจในการแก้ปัญหามากขึ้น

ด้านความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้

การทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบภายใต้ข้อกำหนดและข้อจำกัดในการออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการ ซึ่งเป็นข้อกำหนดภายใต้กฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพลภาพและคนชรา พุทธศักราช 2548 และข้อจำกัดทางด้านร่างกายของผู้พิการ ทำให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มให้ความสำคัญในข้อกำหนดและข้อจำกัดในการออกแบบทางลาด ดังเช่นคำพูดของนักเรียนคนที่ 2 ที่ให้สัมภาษณ์ว่า “จะพูดตลอดเลยคะว่า ห้ามให้ผู้พิการออกแรงมากและเหนื่อย” และเช่นเดียวกับนักเรียนคนที่ 3 ที่กล่าวว่า “ได้เข้าใจว่า การใช้ชีวิต (ของผู้พิการ) ลำบากขนาดไหน เราก็ได้ออกแบบ และทำให้ผู้

พิการได้ใช้สะดวกคะ” ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนมีความตระหนักถึงความต้องการของผู้ใช้ชิ้นงานที่ตนเองออกแบบมากขึ้น

ด้านความเอาใจใส่กระบวนการ

นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการติดตามและประเมินชิ้นงานของตนเองอย่างเป็นระยะ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนคนที่ 4 ที่พูดสะท้อนในการให้สัมภาษณ์ว่า “ปรึกษากันก่อน ก็ตามวิธีของแต่ละคนว่าอยากได้วิธีไหนพอทำวิธีนั้นไม่สำเร็จ ก็จะใช้วิธีสำรองที่ถามเพื่อนคนอื่น ๆ มาแล้วคะ ถ้าหากว่าไม่สำเร็จอีก ก็จะใช้วิธีของคนอื่น” นอกจากนี้นักเรียนคนที่ 1 ก็ได้พูดสะท้อนในทำนองเดียวกันว่า “ก็ปรึกษากันเสร็จแล้วก็ลงมือทำเลยคะ แล้วก็วัดระยะว่าจะแบ่งยังไงให้พอดี ให้มาตรฐานตรงกับข้อบังคับ (ชื่อเล่นเพื่อน)จะเป็นคนตัดฟิวเจอร์บอร์ด แล้วมันจะต้องทำฐานเพื่อไม่ให้รถเข็นตกลงไป ก็ให้(ชื่อเล่นเพื่อน)เป็นคนทำฐานติดเทป แล้วหนูเป็นคนประกอบคะ”

ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น

การทำงานร่วมกันมักมีความขัดแย้งในด้านความคิดเห็นที่ไม่ตรงกัน ดังจะเห็นได้จากการบทสนทนาของนักเรียนขณะทำกิจกรรม โดยนักเรียนในกลุ่มที่ 1 มีการถกเถียงกันในเรื่องการออกแบบชิ้นงาน(ทางลาด) โดยมีนักเรียนในกลุ่มได้เสนอแนวคิดว่า “ทำทางลาดหลายๆ ชั้นเหมือนขั้นบันได จะได้ออกแรงนิดเดียว” แต่นักเรียนภายในกลุ่มอีกคนได้เสนอแนวคิดว่า “ทำแบบตรง ๆ ไปเลยไม่ได้หรอ ทำหลายชั้นมัน(ผู้พิการ) จะเหนื่อย เวียนหัว” จากบทสนทนาจะเห็นได้ว่านักเรียนมีความเห็นไม่ตรงกัน ซึ่งสอดคล้องกับคำสัมภาษณ์ของนักเรียนคนที่ 1 ที่ว่า “ตอนแรกประชุมปรึกษากันก่อนว่าจะทำอย่างไรดี แล้วก็พอคุยเสร็จ แล้วมีการเถียงกันเล็กน้อย” ความขัดแย้งด้านความคิดเห็นที่เกิดขึ้น ถ้าหากสมาชิกในกลุ่มมีการรับฟังความคิดเห็นของกันและกันแล้วนั้น ก็จะทำให้ความขัดแย้งนั้นหมดไป ดังจะเห็นได้จากคำสัมภาษณ์ของนักเรียนคนที่ 4 ที่ว่า “การปรับความเข้าใจกัน” เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้กลุ่มของตนเองสามารถออกแบบชิ้นงานได้สำเร็จ สอดคล้องกับนักเรียนคนที่ 2 ที่ระบุว่า “เพื่อนร่วมงานที่ดี” เป็นกุญแจสำคัญที่พาให้กลุ่มของตนเองประสบความสำเร็จ และนอกจากนี้นักเรียนคนที่ 3 ระบุว่า “สมาชิกในกลุ่มของตนเองช่วยกันพยายามทำให้สำเร็จ พวกเราก็เลยภูมิใจ” ทั้งหมดนี้สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการจัดการความขัดแย้งได้เป็นอย่างดี

ด้านความปราถนาที่จะเรียนรู้

การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่มของนักเรียน ช่วงส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ดังเช่นการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มของนักเรียน ที่ว่า

กลุ่ม 1 นักเรียนคนที่ 1 “(ชื่อเล่นของเพื่อน)มาอธิบายหน่อย กลับมาที่กลุ่มได้แล้ว เราทำไม่ได้อ่ะฟิสิกส์ เพื่อนอธิบายมาสิ”

นักเรียนคนที่ 2 “sin 37 เท่ากับ 3/5 อันนี้ข้าม อันนี้ฉาก”

กลุ่ม 2 นักเรียนคนที่ 6 “หาความสูงยังไง h”

นักเรียนคนที่ 4 “มุม 37 องศากับแนวระดับ”

นักเรียนคนที่ 6 “อ๋อ พีทากอรัส”

จากบทสนทนาของนักเรียนภายในกลุ่ม จะเห็นได้ว่าการส่งเสริมการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และนอกจากนี้คำแนะนำของครูในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ก็ส่งผลต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ด้านความมั่นใจในการสร้างสรรค์

ในระหว่างการทำกิจกรรมการออกแบบ นักเรียนมีการลองผิดลองถูกในแต่ละวิธี ส่งผลให้นักเรียนได้ใช้ความคิดที่หลากหลายในการออกแบบชิ้นงาน ดังเช่นคำพูดของนักเรียนคนที่ 5 ที่ให้สัมภาษณ์ว่านักเรียนได้ “ความคิดสร้างสรรค์ด้านการออกแบบ” ที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ แต่อย่างไรก็ตาม มีเพียงนักเรียนคนที่ 5 เท่านั้น ที่กล่าวถึงการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ส่วนนักเรียนคนอื่น ๆ ไม่ได้ระบุความคิดสร้างสรรค์ที่ตนเองใช้ในการทำกิจกรรม

การเรียนรู้บนฐานการออกแบบมีความท้าทายให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานภายใต้ข้อกำหนดและข้อจำกัด ซึ่งนักเรียนต้องอาศัยความร่วมมือ ความพยายาม และความอดทนในการสร้างชิ้นงาน ซึ่งอาจจะไม่ประสบผลสำเร็จในครั้งเดียว อาจจะต้องมีการใช้เวลาในการแก้ไขและทดสอบในหลายครั้ง ซึ่งอาจจะทำให้นักเรียนไม่คุ้นชินและมีความเบื่อหน่ายในการทำกิจกรรม แต่ถึงอย่างไรก็ตาม นักเรียนคนที่ 4 ได้พูดสะท้อนในการให้สัมภาษณ์ว่าตนเองเกิดความสนุกจากการทำกิจกรรม ซึ่งเป็นสัญญาณที่ดีที่จะส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบ

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจหลักการทำงานของพื้นเอียงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยยแบบผสมผสานวิธี (Mixed-methods research) ที่มีการออกแบบแบบฝังตัว (Embedded Design) โดยวิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลัก และวิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรอง (Creswell andClark, 2017) ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามทักษะการคิดเชิงออกแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ของ (Ladachart et al., 2021) ได้แปลเป็นภาษาไทยมาจากแบบสอบถามต้นฉบับภาษาอังกฤษของ (Dosi, Rosati andVignoli, 2018) และแบบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ที่เป็นการเลือกคำตอบ และส่วนที่ 2 ที่เป็นการให้เหตุผลในการเลือกคำตอบนั้น ๆ ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอย่างแท้จริง และเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในการอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจหลักการทำงานของพื้นเอียงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียงเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังทำกิจกรรมบนฐานการออกแบบ

2. นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงออกแบบ ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง และทักษะการคิดเชิงออกแบบ โดยจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งนักเรียนได้ทำกิจกรรมในการออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการที่ใช้รถเข็นเป็นเวลาทั้งสิ้น 8 คาบ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Apedoe et al., 2008; Fortus et al., 2004; Kolodner et al., 2003; Marulcu andBarnett, 2016) ที่ผลวิจัยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ที่ว่า การเรียนรู้บนฐานการออกแบบส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้ สาเหตุที่การเรียนรู้บนฐานการออกแบบสามารถพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ได้ มีหลายประการดังนี้

ประการที่หนึ่ง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามแนวทางของ Apedoe et al. (2008) ซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมของตนเองในการออกแบบชิ้นงานก่อน จากนั้น เมื่อมีการทดสอบชิ้นงานแล้วพบว่าไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและข้อจำกัด นักเรียนจะต้องมีการแก้ไขและพัฒนาชิ้นงาน จึงนำไปสู่การหาหลักการและเหตุผลการตั้งสมมติฐาน และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับ ดังที่ปรากฏในการให้สัมภาษณ์ของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Schnittka andBell, 2011) ที่พบว่า การสาธิตเพื่อท้าทายความรู้เดิมของนักเรียนก่อนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ช่วยยกระดับการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ประการที่สอง คือการร่วมมือกันภายในกลุ่มของนักเรียน จากข้อมูลเชิงคุณภาพจะเห็นได้ว่า นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และสามารถออกแบบชิ้นงานภายใต้ข้อกำหนดและข้อจำกัดให้ประสบผลสำเร็จ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Apedoe et al. (2008) และ Kolodner et al. (2003) ที่ให้ความสำคัญเป็นอย่างมากต่อกระบวนการและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของนักเรียน นอกจากนี้ คำอธิบายนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chusinkunawut et al. (2021) ที่พบว่าการส่งเสริมให้นักเรียนสื่อสารระหว่างกันและร่วมมือกันในระหว่างการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ช่วยยกระดับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

สำหรับทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนภายหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนไม่ได้ปรากฏเด่นชัดอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากการวิเคราะห์นักเรียนเป็นรายบุคคลรวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่ามีนักเรียนจำนวนหนึ่งที่มีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบไปในทิศทางที่ดีขึ้นในบางด้าน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัย Ladachart et al. (2021) ที่พบว่าหลังจากการเรียนรู้ตามแนวทางวิศวกรรมศาสตร์ย้อนกลับนักเรียนพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบที่ดีขึ้น 2 ด้านได้แก่ ความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้ และความมั่นใจในการคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Wangka andLadachart (2021) ที่พบว่านักเรียนมีแนวโน้มที่จะเปิดรับการทำงานร่วมกับ

ผู้อื่นด้วย สำหรับสาเหตุบางประการที่ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงออกแบบที่ไม่ปรากฏเด่นชัดมีดังนี้

ประการที่หนึ่ง จำนวนนักเรียนที่น้อยเกินไป ในการวิจัยครั้งนี้มีนักเรียนที่เข้าร่วมเพียงแค่ 6 คนถึงแม้ว่าจะมีนักเรียน 3–4 คนที่แสดงทักษะการคิดเชิงออกแบบไปในทิศทางที่ดีขึ้น แต่ก็มีนักเรียน 1–2 คนที่แสดงทักษะการคิดเชิงออกแบบไปในทิศทางลบ ดังนั้นจึงส่งผลให้ภาพรวมของงานวิจัยชิ้นนี้ทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนจึงไม่ปรากฏเด่นชัด

ประการที่สอง การใช้เวลาในการจัดกิจกรรมและบ่มเพาะทักษะการคิดเชิงออกแบบในงานวิจัยนี้ใช้เวลาเพียง 8 คาบ ซึ่งอาจจะยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนให้ปรากฏเด่นชัด ดังนั้นการบ่มเพาะและอาศัยเวลาในการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ประการที่สาม การเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกัน นักเรียนบางคนสามารถเรียนรู้ได้เร็ว แต่บางคนต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ รวมถึงธรรมชาติของกิจกรรมการเรียนรู้ที่อาจจะส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน (Ladachart et al., 2021)

ข้อสเนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติโดยการออกแบบ ชิ้นงานที่ต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ผู้วิจัยควรเตรียมความรู้พื้นฐานที่จำเป็นและเพียงพอสำหรับการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา

1.2 การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันสร้างความคิดที่หลากหลายในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา ดังนั้น ผู้วิจัยควรเตรียมสถานการณ์ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน และมีความท้าทายน่าสนใจ

1.3 การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ อาจใช้เวลามากในการทำกิจกรรมขึ้นอยู่กับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนออกแบบ ดังนั้น ชิ้นงานหรือกระบวนการที่นักเรียนออกแบบควรมีขนาดหรือภาระงานที่เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.4 การจัดกิจกรรมในขั้นการออกแบบชิ้นงาน (Create Design) ควรส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความตระหนักและเห็นอกเห็นใจต่อปัญหาของผู้อื่น เนื่องจากเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาของผู้อื่น ควรให้นักเรียนได้สังเกต และศึกษาจากสถานการณ์จริง เพื่อให้นักเรียนเกิดความตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้อื่นอย่างแท้จริง

2.2 การจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ ต้องอาศัยเวลาในการบ่มเพาะเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบ ดังนั้น ควรจัดกิจกรรมให้มีระยะเวลาที่เพียงพอต่อการฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดเชิงออกแบบ

2.3 การศึกษาทักษะความคิดเชิงออกแบบ ควรใช้กลุ่มทดลองที่มีจำนวนมากขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลการคิดเชิงออกแบบที่ปรากฏเด่นชัด

บรรณานุกรม

Allen, M. (2019). **Misconceptions in Primary Science 3e.** McGraw-hill education (UK).

American Association for the Advancement of Science. (1989). **science for all americans.** Oxford University Press.

Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R. andSchunn, C. D. (2008). **Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit**. Journal of science education and technology, 17(5), 454-465.

Ausubel, D. P., Novak, J. D. andHanesian, H. (1968). **Educational psychology: A cognitive view**. holt, rinehart and Winston New York.

Baeck, A. andGremett, P. (2012). **Design thinking: Expanding UX methods beyond designers.** UX best practices: How to achieve more impact with user experience, 229-250.

Carroll, M., Goldman, S., Britos, L., Koh, J., Royalty, A. andHornstein, M. (2010). **Destination, imagination and the fires within: Design thinking in a middle school classroom**. International Journal of Art & Design Education, 29(1), 37-53.

Chini, J. J. (2010). **Comparing the scaffolding provided by physical and virtual manipulatives for students' understanding of simple machines**. Kansas State University.

Chini, J. J., Madsen, A., Rebello, N. S. andPuntambekar, S. (2012). **What do students learn about work in physical and virtual experiments with inclined planes.** In AIP Conference Proceedings. (pp. 147-150).

Chinn, C. A. andBrewer, W. F. (1993). **The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction**. Review of educational research, 63(1), 1-49.

Chinn, C. A. andMalhotra, B. A. (2002). **Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded.** Journal of Educational Psychology, 94(2), 327.

Chusinkunawut, K., Henderson, C., Nugultham, K., Wannagatesiri, T. andFakcharoenphol, W. (2021). **Design-based science with communication scaffolding results in productive conversations and improved learning for secondary students**. Research in science education, 51(4), 1123-1140.

Creswell, J. W. andClark, V. L. P. (2017). **Designing and conducting mixed methods research**. Sage publications.

Dewey, J. (1997). **Experience and education**. New York: Touchstone Book.

Dosi, C., Rosati, F. andVignoli, M. (2018). **Measuring design thinking mindset**. In DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference (pp. 1991-2002).

Driver, R., Newton, P. andOsborne, J. (2000). **Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms**. Science Education, 84(3), 287-312.

Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D. andLeifer, L. J. (2005). **Engineering design thinking, teaching, and learning**. Journal of engineering education, 94(1), 103-120.

Erickson, F. (2012). **Qualitative research methods for science education Second international handbook of science education.** Springer. (pp. 1451-1469)

Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W. andMamlok Naaman, R. (2004). **Design-based science and student learning**. Journal of Research in Science Teaching, 41(10), 1081-1110.

Hake, R. R. (1998). **Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses.** American journal of Physics, 66(1), 64-74.

Hoy, W. K. andMiskel, C. G. (1987). **Educational administration: Theory, research, and practice**. Random House Trade.

IDEO. (2012). **Design thinking for educators**. Retrieved 12 October 2021, from https://www.creativityandchange.ie/wpcontent/uploads/2017/06/DTtoolkit_v1_062711.pdf

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014). **STEM education and engineering design process**. Retrieved 13 November 2021, from http://designtechnology.ipst.ac.th/?page_id=1082.

Kelly Anne andKnowles. (2016). **Historical geographic information systems and social science history**. Social Science History, 40(4), 741–750.

Klopfer, L. E. (1971). I**ndividualized Science: Relevance for the 1970's**. Science Education, 55(4), 441–448.

Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J. et al. (2003). **Problem–based learning meets case–based reasoning in the middle–school science classroom: Putting learning by design (tm) into practice**. The journal of the learning sciences, 12(4), 495–547.

Korur, F., Efe, G., Erdogan, F. andTunç, B. (2017). **Effects of toy crane design–based learning on simple machines**. International Journal of Science and Mathematics Education, 15(2), 251–271.

Ladachart, L., Cholsin, J., Kwanpet, S., Teerapanpong, R., Dessi, A., Phuangsuwan, L. et al. (2021). **Ninth–grade students' perceptions on the design–thinking mindset in the context of reverse engineering.** International Journal of Technology and Design Education, 1–21.

Lawson, B. (2012). **What designers know**. Routledge.

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

Leech, N. L., Barrett, K. C. andMorgan, G. A. (2005). **SPSS for intermediate statistics: Use and interpretation**. Psychology Press.

Lewis, H. R. (2006). **Excellence without a soul: How a great university forgot education**. PublicAffairs New York.

Magoon, A. J. (1977). **Constructivist approaches in educational research**. Review of educational research, 47(4), 651–693.

Marulcu, I. andBarnett, M. (2013). **Fifth graders' learning about simple machines through engineering design-based instruction using LEGO™ materials**. Research in science education, 43(5), 1825-1850.

Marulcu, I. andBarnett, M. (2016). **Impact of an engineering design-based curriculum compared to an inquiry-based curriculum on fifth graders' content learning of simple machines**. Research in Science & Technological Education, 34(1), 85-104.

Mehalik, M. M., Doppelt, Y. andSchuun, C. D. (2008). **Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction**. Journal of engineering education, 97(1), 71-85.

Merriam, S. B. (1998). **Qualitative Research and Case Study Applications in Education. Revised and Expanded from Case Study Research in Education.** ERIC.

Morgan, G. A., Barrett, K. C., Leech, N. L. andGloeckner, G. W. (2019). **IBM SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation: Use and Interpretation**. Routledge.

Mortimer, E. andScott, P. (2003). **Meaning Making In Secondary Science Classroomsaa**. McGraw-Hill Education (UK).

Mungsing, W. (1993). **Students' alternative conceptions about genetics and the use of teaching strategies for conceptual change**. Doctor of Philosophy, University of Alberta,

National Research Council. (2000). **Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning**. National Academies Press.

Papert, S. (1993). **The children's machine: Rethinking school in the age of the computer**. ERIC.

Park, D.-Y., Park, M.-H. andBates, A. B. (2018). **Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in**

a STEM activity: A case study. International Journal of Science and Mathematics Education, 16(2), 275–294.

Patton, M. Q. (2014). **Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice.** Sage publications.

Pleasants, J. andOlson, J. K. (2019). **What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K–12 education**. Science Education, 103(1), 145–166.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. andGertzog, W. A. (1982). **Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change**. Science Education, 66(2), 211–227.

ray. **Design Thinking: Lessons for the Classroom**. Retrieved 19 Apirl 2021, from https://www.edutopia.org/blog/design–thinking–betty–ray

Sadler, P. M., Coyle, H. P. andSchwartz, M. (2000). **Engineering competitions in the middle school classroom: Key elements in developing effective design challenges**. The journal of the learning sciences, 9(3), 299–327.

Schnittka, C. andBell, R. (2011). **Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade**. International Journal of Science Education, 33(13), 1861–1887.

The Stanford d. school Bootcamp Bootleg (HPI). **the bootcamp bootleg**. Retrieved 24 November 2021, from https://static1.squarespace.com/static/57c6b79629687fde090a0fdd/t/58890239db29d6cc6c3338f7/1485374014340/METHODCARDS–v3–slim.pdf

Vygotsky, L. S. andCole, M. (1978). **Mind in society: Development of higher psychological processes.** Harvard university press.

Wangka, K. andLadachart, L. (2011). **Exploring Thai seventh Grade students' understandings of design thinking**. In Journal of Physics: Conference Series.

Yager, R. E. (1991). **The constructivist learning model**. The science teacher, 58(6), 52.

ไพโรจน์ ชินศรประภา. (2550). **สนุก สุขใจ ได้ปัญญา Constructionism ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา**. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิไทยคม.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย. (2558). **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 12(58), 13–24.

ชัยอนันต์ สมุทวณิช. (2541). **ทรรศนะ Constructionism คืออะไร**. วารสารราชบัณฑิตยสถาน, 24(1), 137–144.

ชุติมา รอดสุข. (2550). **ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. ค.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ทิศนา แขมมณี. (2562). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2548). **การปรับเปลี่ยนมโนมติเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม**. ศษ.ม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1**. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

ปิยะณัฐ นันทการณ์. (2551). **ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. ค.ม., จุฬาลงกรร์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ, วนินทร สุภาพ และจักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม. (2560). **การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวย ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทริกา ศรีขอดเขต. (2554). **ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้วิธีการทำนาย–การสังเกต–การอธิบาย ต่อการคิดวิเคราะห์และมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนแบบ PREDICT–OBSERVE–EXPLAIN (POE)**. ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561 – 2580). **(13 ตุลาคม 2561). ราชกิจจานุเบกษา**. 135(82ก). หน้า 8–30.

ลือชา ลดาชาติ. (2558). **การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. (2561). **จากการรู้วิทยาศาสตร์และการสืบเสาะสู่สะเต็มศึกษาและการออกแบบ**. มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(1), 246–260.

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. (2560). **ทฤษฎีความผันแปร: อีกมุมมองเกี่ยวกับการเรียนรู้**. CMU Journal of Education, 1(2), 37–51.

วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล และมาเรียม นิลพันธุ์. (2564). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน**. วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 11(2), 8–23.

วาสนา จ่างโพธิ์. (2020). **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎี Constructionism เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนภาษาอังกฤษเชิงสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University (JETC), 2(4).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว.

สมเจต อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2554). **การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 1(1), 38–57.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2560). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุชญา พันทวี. (2558). **การศึกษาแนวคิดเรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดจากมุมมองด้านภววิทยา**. ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สุชิน เพ็ชรักษ์. (2544). **รายงานวิจัย เรื่อง การจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในประเทศไทย**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาแห่งชาติ.

อรวดี ศรีบัว, วรัญญา จีระวิพูลวรรณ และพัตตาวัน นาใจแก้ว. (2558). **การเปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง งานและพลังงาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปี ที่ 4 ที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ**. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 6(2), 141–155.

อัฐวุฒิ จ่างวิทยา. (2561). **วิวัฒนาการของการคิดเชิงออกแบบ: จากกลยุทธการแก้ปัญหาของภาคธุรกิจ สู่องค์ความรู้ภาควิชาการ และไปสู่การย่อส่วนเพื่อนำไปปฏิบัติจริงในพื้นที่**. มหาทยาลัยศิลปากร, 11(3), 1944–1957.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พื้นเอียง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานและพลังงาน **วิชา ว30202 ฟิสิกส์ 2**

จำนวน 1.5 หน่วยกิต **เวลา 8 คาบ**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **ปีการศึกษา 2564**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

3.1 อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงได้

3.2 ระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของพื้นเอียงได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

3.3 ทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของพื้นเอียง

3.4 คำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง

3.5 ออกแบบพื้นเอียงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

3.6 มีการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)

3.7 ใฝ่เรียนรู้

3.8 มุ่งมั่นในการทำงาน

4. **สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน**

4.1 ความสามารถในการสื่อสาร

4.2 ความสามารถในการคิด

5. **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : วัฏจักรการเรียนรู้โดยการออกแบบของ Apedoe et al. (2008)

6. สาระสำคัญ

การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ลิ่ม สกรู และล้อกับเพลา ใช้หลักของงานและสมดุลกลประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย

ประสิทธิภาพคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพของพื้นเอียง} = \frac{\text{งานที่ได้รับจากพื้นเอียง}}{\text{งานที่ให้กับพื้นเอียง}} \times 100\%$$

การได้เปรียบเชิงกลคำนวณได้จากสมการ

$$\text{การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง} = \frac{\text{แรงที่ได้จากพื้นเอียง}}{\text{แรงที่ให้กับพื้นเอียง}} = \frac{\text{ระยะทางที่ออกแรง}}{\text{ระยะทางของงานที่ได้รับ}}$$

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

1. ใบกิจกรรมที่ 1 “การออกแบบทางลาด”
2. ใบกิจกรรมที่ 2 “การทดสอบทางลาด”
3. ใบกิจกรรมที่ 3 “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผ่อนแรงของพื้นเอียง”
4. ใบกิจกรรมที่ 4 “ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง”

8. **กิจกรรมการเรียนรู้ (ตามวัฏจักรการเรียนรู้โดยการออกแบบของ Apedoe et al., 2008)**

ขั้นที่ 1 ออกแบบชิ้นงาน (Create Design)

1.1 ครูนำเสนอข่าวเกี่ยวกับการใช้ชีวิตประจำวันของผู้พิการจากวีดิทัศน์ “https://www.youtube.com/watch?v=Qw3_k4U0jG4” (ความยาวประมาณ 4:10 นาที) จากนั้น ครูอภิปรายกับนักเรียนโดยการถามว่า “ปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร” ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นจนนักเรียนได้ข้อสรุปว่า ไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้พิการ ทำให้ผู้พิการไม่ได้รับความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน

1.2 ครูอภิปรายกับนักเรียนต่อไปว่า “นักเรียนจะมีวิธีการแก้ไขปัญหานี้อย่างไร” ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดอย่างอิสระ เช่น การติดตั้งลิฟต์สำหรับผู้พิการ การมีเจ้าหน้าที่คอยอำนวยความสะดวก และการสร้างทางลาดสำหรับผู้พิการ

1.3 ครูอภิปรายกับนักเรียนต่อไปว่า “ถ้าต้องการอำนวยความสะดวกแก่ผู้พิการ ตามกฎหมาย นักเรียนจะช่วยเหลือผู้พิการได้อย่างไร” ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุปว่า ในกรณีของผู้พิการที่ต้องนั่งรถเข็น ต้องมีการสร้างทางลาดสำหรับผู้พิการ

1.4 ครูถามความรู้เดิมของนักเรียนว่า “ทางลาดสำหรับผู้พิการควรมีลักษณะอย่างไร” ทั้งนี้เพื่ออภิปรายจนนักเรียนได้ข้อสรุปว่า “ทางลาดควรมีความชันที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้พิการสามารถเข็นรถได้ด้วยตนเอง โดยไม่เหนื่อยจนเกินไป”

1.5 ครูท้าทายนักเรียนว่า “นักเรียนจะออกแบบทางลาดอย่างไรให้ผู้พิการในการเข็นรถขึ้นทางลาด” จากนั้น ครูจึงนำเสนอข้อกำหนดดังนี้

1) ทางลาดมีความสูง 1 เมตร

2) พื้นที่ในการสร้างทางลาดขนาด 6 เมตร x 4 เมตร

3) ความชันของทางลาดต้องไม่เกิน 5 องศา

4) แรงที่ใช้ในการดึงวัตถุขึ้นทางลาดต้องไม่เกิน 2 นิวตัน

หมายเหตุ : ใช้อัตราส่วนในการออกแบบทางลาด 1 เมตร : 10 เซนติเมตร

และครูกำหนดวัสดุและอุปกรณ์ที่นักเรียนจะใช้ในการออกแบบทางลาด และวิธีการทดสอบทางลาดที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้พิการ ตามใบกิจกรรมที่ 1

1.7 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมตามใบกิจกรรมที่ 1 “การออกแบบทางลาด” เพื่อออกแบบทางลาดด้วยวัสดุ อุปกรณ์ และข้อกำหนด

ขั้นที่ 2 ประเมินผลลัพธ์ (Evaluate Outcome)

2.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสลับกันทดสอบลักษณะของทางลาดว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 “การทดสอบทางลาด”

2.2 ครูนำทางลาดที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างขึ้นมาเรียงลำดับหน้าชั้นเรียน จากทางลาดที่ใช้แรงในการเข็นรถมากที่สุดไปยังทางลาดที่ใช้แรงในการเข็นรถน้อยที่สุด จากนั้น ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนทั้งชั้นด้วยคำถามว่า “อะไรคือสิ่งที่ทำให้ทางลาดของแต่ละกลุ่มใช้แรงในการดึงรถไม่เท่ากัน” จนกระทั่งนักเรียนได้สมมติฐานว่า ระยะทางและความชันของทางลาดมีผลต่อการออกแรงในการดึงรถ

ขั้นที่ 3 สร้างเหตุผล (Generate Reasons)

3.1 จากผลการทดสอบในใบกิจกรรมที่ 2 ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบระหว่างทางลาดที่ใช้แรงมากที่สุดและน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อถามนักเรียนว่า “เหตุใดทางลาดทั้ง 2 แบบนี้จึงมีความสามารถในการออกแรงแตกต่างกัน” จนกระทั่งนักเรียนเสนอสมมติฐานที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถช่วยผ่อนแรงของทางลาด ในการนี้ ครูบันทึกสมมติฐานของนักเรียนลงในตาราง

ทางลาด	ความชัน	ระยะทางของทางลาด	ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการผ่อนแรงของทางลาด
ออกแรงมากที่สุด			
ออกแรงน้อยที่สุด			

3.2 ครูสรุปสมมติฐานที่สำคัญของนักเรียนว่า ความสามารถในการผ่อนแรงของทางลาด ขึ้นอยู่กับระยะทางของทางลาดจริงหรือไม่ จากนั้น ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอคำอธิบายที่สนับสนุนสมมติฐานของตนเอง ในการนี้ ครูอาจให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความคิดของตนเองบนกระดาน

ขั้นที่ 4 ทดสอบความคิด (Test Ideas)

4.1 จากสมมติฐานเกี่ยวกับระยะทางของทางลาด ซึ่งนักเรียนตั้งและบันทึกไว้ในตารางที่ 1 ครูอภิปรายกับนักเรียนโดยการถามว่า “นักเรียนจะออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานข้อนี้ได้อย่างไร” จากนั้น ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอวิธีการทดลองที่จะทดสอบสมมติฐานนี้

4.2 จากการออกแบบการทดลองของนักเรียน ดังภาพที่ 1 ครูสรุปวิธีการทดลองว่า นักเรียนสามารถใช้พื้นเอียงเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการผ่อนแรงของทางลาด

โดยการใช้พื้นเอียงที่มีลักษณะความชันที่แตกต่างกัน และบันทึกผลการสังเกตลงในใบกิจกรรมที่ 3 “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผ่อนแรงของพื้นเอียง”

ครั้งที่	พื้นที่ (m^2)	ความสูง (m)	ความชัน (องศา)	ระยะทางลาด (m)	แรง (N)

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ผล (Analyze Results)

5.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองของตนเอง จากนั้น ครูจึงอภิปรายกับนักเรียนด้วยคำถามว่า “ทางลาดที่ใช้แรงน้อยที่สุด มีลักษณะอย่างไร” ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุปว่า ทางลาดที่ใช้แรงน้อยที่สุด ระยะทางของทางลาดต้องมีค่ามาก และความชันน้อย จึงทำให้ทางลาดช่วยผ่อนแรงได้มากที่สุด

5.2 ครูนำเสนอกับนักเรียนว่า หาก F แทนขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียง และ Δx แทนระยะทางตามแนวลาด “ผลคูณระหว่างตัวแปรทั้งสองคืออะไร” ทั้งนี้เพื่อนำเสนอกับนักเรียนว่า ผลคูณระหว่างตัวแปร 2 ตัวนี้มีชื่อว่า “งาน” ซึ่งงานที่ได้จากพื้นเอียงมี 2 กรณี คือ งานที่ได้รับจากพื้นเอียง และงานที่ให้กับพื้นเอียง โดยงานที่ได้รับจากพื้นเอียงได้แก่ ผลคูณระหว่างน้ำหนักของวัตถุ (W) กับความสูงของพื้นเอียง (h) ส่วนงานที่ให้กับพื้นเอียงได้แก่ ผลคูณระหว่างแรง (F) กับระยะทางลาดของพื้นเอียง (Δx) ซึ่งนักเรียนสามารถหาประสิทธิภาพของและการได้ปรียบเชิงกลของพื้นเอียงได้จากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพของพื้นเอียง} = \frac{\text{งานที่ได้รับจากพื้นเอียง}}{\text{งานที่ให้กับพื้นเอียง}} \times 100\% = \frac{W \times h}{F \times \Delta x} \times 100\%$$

$$\text{การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง} = \frac{\text{น้ำหนักของวัตถุหรือแรงที่ใช้ยกวัตถุขึ้นตรง ๆ}}{\text{แรงที่ดึงวัตถุให้เคลื่อนที่บนพื้นเอียง}}$$

$$= \frac{\text{ระยะของทางลาดพื้นเอียง}}{\text{ความสูงของพื้นเอียง}}$$

ขั้นที่ 6 สร้างข้อสรุปทั่วไป (Generalize Results)

6.1 จากข้อสรุปที่นักเรียนสร้างขึ้นร่วมกัน ครูอภิปรายกับนักเรียนโดยการถามว่า “นักเรียนจะทดสอบความถูกต้องของข้อสรุปนี้ได้อย่างไร” ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนทดสอบอีกหลายครั้ง จนกระทั่งนักเรียนมั่นใจในข้อสรุปดังกล่าว

6.2 จากนั้นครูอภิปรายกับนักเรียนโดยการถามว่า “การเคลื่อนย้ายวัตถุจากที่ต่ำขึ้นสู่ที่สูง โดยยกขึ้นตรง ๆ ในแนวดิ่ง กับการดึงวัตถุขึ้นโดยใช้พื้นเอียง ออกแรงแตกต่างกันหรือไม่” จนกระทั่งนักเรียนได้ข้อสรุปว่า การเคลื่อนย้ายวัตถุจากที่ต่ำขึ้นไปที่สูงโดยใช้พื้นเอียงช่วยให้ออกแรงน้อยกว่าการยกวัตถุขึ้นตรง ๆ ในแนวดิ่ง

6.2 ครูถามนักเรียนต่อไปว่า พื้นเอียงนำมาใช้ประโยชน์ชีวิตประจำวันอย่างไร ทั้งนี้เพื่ออภิปรายจนกระทั่งนักเรียนได้ข้อสรุปว่า พื้นเอียงช่วยผ่อนแรงในการเคลื่อนย้ายสิ่งของจากที่ต่ำขึ้นไปที่สูง

ขั้นที่ 7 เชื่อมโยงสู่แนวคิดหลัก (Connect to Big Ideas)

7.1 จากข้อสรุปทั่วไปที่นักเรียนสร้างขึ้น ครูถามนักเรียนว่า “การผ่อนแรงของพื้นเอียงขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง” ทั้งนี้เพื่ออภิปรายจนกระทั่งนักเรียนได้ข้อสรุปว่า การผ่อนแรงของพื้นเอียงขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย ได้แก่ ระยะทางและความชันของทางลาด ทั้งนี้พื้นเอียงจะช่วยผ่อนแรงมากที่สุดเมื่ออัตราส่วนระหว่างระยะทางลาดและความสูงของพื้นเอียงมีค่ามากที่สุด

7. 2 ครูสาธิตการทดลอง การหาประสิทธิภาพของพื้นเอียง จากการทดลองเสมือนจริง https://compassproject.net/html5sims/inclined-plane/example-sim_en.html จากนั้นครูนำเสนอตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวกับพื้นเอียงในใบกิจกรรมที่ 4 “การคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง”

7.4 ครูท้าทายนักเรียนว่า “ถ้าต้องการให้ผู้พิการออกแรงในการเข็นรถขึ้นทางลาด โดยใช้แรงน้อยที่สุด นักเรียนจะมีวิธีการออกแบบทางลาดนั้นอย่างไร”

ขั้นที่ 8 ออกแบบซ้ำ (Redesign)

8.1 นักเรียนร่วมกันออกแบบทางลาดโดยปรับปรุงจากชิ้นงานเดิม โดยให้ทางลาดนั้นมีการได้เปรียบเชิงกลสูงสุด และให้เป็นไปตามข้อกำหนดเงื่อนไขเดิม

8.2 ครูร่วมอภิปรายชิ้นงานที่นักเรียนได้ปรับปรุงโดยถามนักเรียนว่า “ชิ้นงานของนักเรียนช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้พิการอย่างไร” ทั้งนี้เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาให้กับผู้อื่น ทำให้ชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาได้ใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าและสนองต่อความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริง

8.3 8.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายข่าวเกี่ยวกับ ทางลาดสำหรับผู้พิการ จาก https://thethaiger.com/th/news/121478/ ทั้งนี้ให้ได้ข้อสรุปร่วมกันว่า ถ้าหากผู้ดำเนินการสร้างชิ้นงานขาดทักษะการออกแบบ (Design Thinking) แล้วนั้น ชิ้นงานนั้น ๆ อาจจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้งานเลย

9. สื่อการเรียนรู้

9.1 วีดิทัศน์ “https://www.youtube.com/watch?v=Qw3_k4U0jG4”

9.2 วีดิทัศน์ https://thethaiger.com/th/news/121478/

9.3 การทดลองเสมือนจริงhttps://compassproject.net/html5sims/inclined-plane/example-sim_en.html

9.4 ใบกิจกรรมที่ 1 “การออกแบบทางลาด”

9.5 ใบกิจกรรมที่ 2 “การทดสอบทางลาด”

9.6 ใบกิจกรรมที่ 3 “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผ่อนแรงของพื้นเอียง”

9.7 ใบกิจกรรมที่ 4 “ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง”

9.8 แบบทดสอบความเข้าใจเรื่อง พื้นเอียง

9.9 ชุดการทดลองพื้นเอียง 1 ชุด

9.10 เครื่องชั่งสปริง 1 เครื่อง

9.11 รถเข็นขนาดเล็ก แทนรถเข็นผู้พิการ 1 คัน

9.12 แท่งน้ำหนัก แทนน้ำหนักของผู้พิการ 1 กล่อง

9.13 แผ่นพลาสติกสำหรับสร้างทางลาด จำนวน 2 แผ่น

9.14 เทปกาว 1 ม้วน

9.15 มีดคัตเตอร์ 1 ด้าม

9.16 กรรไกร 1 อัน

9.17 ไม้บรรทัด 1 อัน

9.18 ครึ่งวงกลมวัดมุม 1 อัน

ตาราง 8 การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
อธิบายการทำงานประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 4	ใบกิจกรรมที่ 4	ได้คะแนนร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม
ระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของพื้นเอียงได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 3	ใบกิจกรรมที่ 3	ได้คะแนนร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม
ด้านกระบวนการ (P)			
ทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของพื้นเอียง	ตรวจใบกิจกรรมที่ 3	ใบกิจกรรมที่ 3	ได้คะแนนร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม
คำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง	ตรวจใบกิจกรรมที่ 3	ใบกิจกรรมที่ 3	ได้คะแนนร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม
ออกแบบพื้นเอียงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ตามเงื่อนไข
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)			
การคิดเชิงออกแบบ (design thonkong)	ตรวจแบบสอบถามการคิดเชิงออกแบบ	แบบสอบถามการคิดเชิงอกแบบ	-
ใฝ่เรียนรู้	การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
มุ่งมั่นในการทำงาน	การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
สมรรถนะที่สำคัญ			
ความสามารถในการสื่อสาร	การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	แบบประเมินสมรรถนะที่สำคัญ	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
ความสามารถในการคิด	การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	แบบประเมินสมรรถนะที่สำคัญ	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

ตาราง 9 เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ตัวชี้วัด	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ดีเยี่ยม (3)	**ดี (2)**	**ผ่าน (1)**
ใฝ่เรียนรู้	ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตนตามข้อกำหนด ครบ 3 ข้อ ดังนี้ 1. เข้าเรียนตรงเวลา 2. ทำงานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จครบถ้วน 3. มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และเข้าร่วมกิจกรรม	ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตนตามข้อกำหนดได้ 2 ข้อจากทั้งหมด 3 ข้อ	ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตนตามข้อกำหนดได้ 1 ข้อจากทั้งหมด 3 ข้อ
มุ่งมั่นในการทำงาน	ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตนตามข้อกำหนด ครบ 3 ข้อ ดังนี้ 1. ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มของตนเอง 2. ปรับปรุงและพัฒนางานกลุ่มของตนเอง 3. มีความพยายามในการแก้ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานให้สำเร็จ	ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตนตามข้อกำหนดได้ 2 ข้อจากทั้งหมด 3 ข้อ	ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตนตามข้อกำหนดได้ 1 ข้อจากทั้งหมด 3 ข้อ

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	5 – 6	ระดับคุณภาพ	3	ดีมาก
ช่วงคะแนน	3 – 4	ระดับคุณภาพ	2	ดี
ช่วงคะแนน	2	ระดับคุณภาพ	1	พอใช้

เกณฑ์การผ่าน : นักเรียนได้ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป

ตาราง 10 เกณฑ์การประเมินสมรรถนะที่สำคัญ

ตัวชี้วัด	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ดีเยี่ยม (3)	**ดี (2)**	**ผ่าน (1)**
ความสามารถในการสื่อสาร 1. การพูด	พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบสอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ แต่ไม่สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึกและทัศนะจากสารที่อ่าน ฟัง และดู ด้วยภาษาของตนเอง และไม่มีการยกตัวอย่างประกอบ
2. การเขียน	เขียนถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู ด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบสอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	เขียนถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบแต่ไม่สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	เขียนถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ด้วยภาษาของตนเอง และไม่มีตัวอย่างประกอบ
ความสามารถในการคิด	มีพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้ 1. จำแนกข้อมูลได้ 2. จำแนกหมู่ข้อมูลได้ 3. จัดลำดับของข้อมูล 4. เปรียบเทียบข้อมูลได้ในบริบทต่างๆ อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับความเป็นจริง	ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตนตามข้อกำหนดได้ 3 ข้อ จากทั้งหมด 4 ข้อ	ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตนตามข้อกำหนดได้ 2 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	7 – 9	ระดับคุณภาพ	3	ดีมาก
ช่วงคะแนน	5 – 6	ระดับคุณภาพ	2	ดี
ช่วงคะแนน	3 – 4	ระดับคุณภาพ	1	พอใช้

เกณฑ์การผ่าน : นักเรียนได้ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป

ใบกิจกรรมที่ 1

การออกแบบทางลาด

สมาชิกในกลุ่ม:

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....

วัสดุและอุปกรณ์

1. แผ่นพลาสติก ขนาดกว้าง 65 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร 2 แผ่น
2. มีดคัทเตอร์ 1 ด้าม
3. ไม้บรรทัด 1 แท่ง
4. เทปกาวแลคซีน 1 ม้วน
5. ครึ่งวงกลมวัดมุม 1 อัน
6. แท่งน้ำหนัก 1 กล่อง
7. รถเข็นจำลองขนาดเล็ก 1 คัน

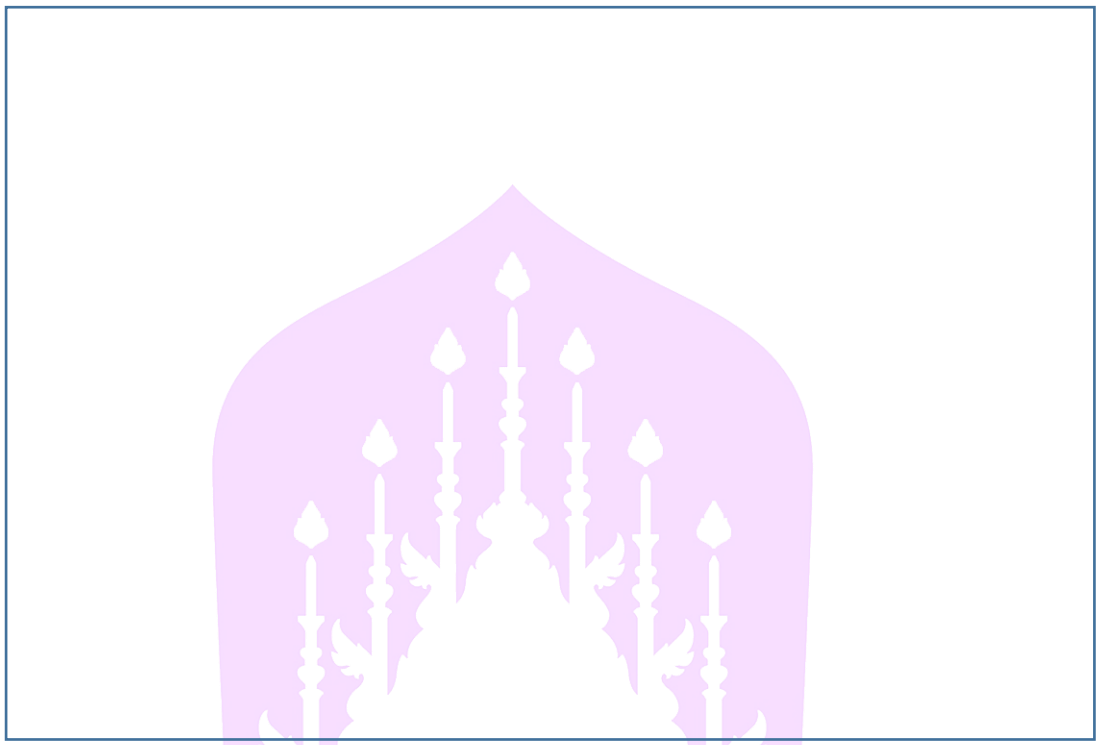
คำชี้แจง: จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้ จงออกแบบทางลาดที่มีลักษณะตามข้อกำหนด โดยสามารถออกแรงในการดึงวัตถุขึ้นตามทางลาดโดยใช้แรงน้อยที่สุด

ข้อกำหนดของทางลาด:

1. ทางลาดมีความสูง 1 เมตร
2. พื้นที่ในการสร้างทางลาดขนาด 6 x 4 เมตร
3. ความชันของทางลาดไม่เกิน 5 องศา
4. แรงที่ใช้ในการดึงวัตถุต้องไม่เกิน 2 นิวตัน

หมายเหตุ : ใช้อัตราส่วนในการออกแบบทางลาด 1 เมตร : 10 เซนติเมตร

ภาพร่างที่แสดงลักษณะทางลาดที่นักเรียนออกแบบ:



เหตุใดลักษณะทางลาดของนักเรียนจึงสามารถช่วยเหลือผู้พิการได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 2

การทดสอบทางลาดตามข้อกำหนด

สมาชิกในกลุ่ม:

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....

คำชี้แจง: จากกิจกรรมที่ 1 ที่นักเรียนได้ออกแบบทางลาด จงทดสอบว่า ทางลาดมีลักษณะตามข้อกำหนด หรือไม่ และใช้แรงในการเข็นรถขึ้นทางลาดเท่าใด พร้อมทั้งบันทึกผลการทดสอบลงในตารางข้างล่าง

ผลการทดสอบลักษณะภายนอก

ข้อกำหนด	ผลการทดสอบ	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1. ทางลาดมีความสูง 1 เมตร		
2. พื้นที่ในการสร้างทางลาดขนาด 6 x 4 เมตร		
3. ความชันของทางลาดไม่เกิน 5 องศา		
4. แรงที่ใช้ดึงวัตถุขึ้นไปตามพื้นเอียงไม่เกิน 2 นิวตัน		

ผลการทดสอบขนาดของแรง

ข้อกำหนด	ผลการทดสอบ		
5. แรงที่ใช้เข็นรถขึ้นทางลาด (นิวตัน)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
เฉลี่ย			

1. ทางลาดที่นักเรียนออกแบบเป็นไปตามที่นักเรียนคาดหวังไว้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนจะปรับปรุงลักษณะของทางลาดอย่างไร เพื่อช่วยให้ผู้พิการออกแรงเข็นรถน้อยที่สุด และยังคงเป็นไปตามข้อกำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 3
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผ่อนแรงของพื้นเอียง

สมาชิกในกลุ่ม:

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....

คำชี้แจง:

1. ให้นักเรียนจัดชุดอุปกรณ์การทดลองเรื่องพื้นเอียง และปรับมุมของพื้นเอียงที่ 10 องศา

2. นำถุงทรายขนาด 500 กรัม วางบนพื้นเอียง นำเครื่องชังสปริงเกี่ยวกับถุงทราย และทำการดึงถุงทรายขึ้นปามพื้นเอียงด้วยแรงคงตัว อ่าแรงที่ได้จากเครื่องชั่งสปริง และบันทึกผลการทดสอบ ทำซ้ำ 2 รอบ

3. เปลี่ยนมุมของพื้นเอียงเป็น 20, 30, และ 40 องศา ทำกิจกรรมซ้ำตามข้อที่ 2

ผลการทดสอบ

มุม (องศา)	ความยาวพื้นเอียง (เซนติเมตร)	แรง (นิวตัน)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
10					
20					
30					
40					

1. ประสิทธิภาพของพื้นเอียง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. แรงที่ใช้ดึงวัตถุขึ้นตามพื้นเอียงมีค่าน้อยที่สุด พื้นเอียงมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 4

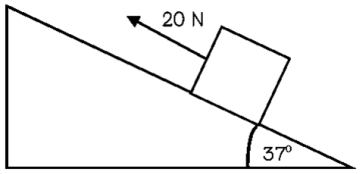
ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง

สมาชิกในกลุ่ม:

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....

คำชี้แจง: ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดในการหาประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. จากรูป ออกแรง 20 นิวตัน ฉุดวัตถุ มวล 3 กิโลกรัม ขึ้นพื้นเอียงซึ่งทำมุม 37^{o} กับแนวระดับ จงหาประสิทธิภาพของพื้นเอียงนี้



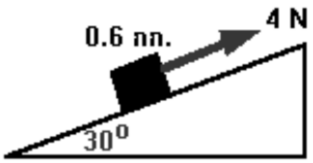
.....

.....

.....

.....

2. ถ้าใช้พื้นเอียงผิวเกลี้ยง ดังรูป เป็นเครื่องกลอันหนึ่ง ประสิทธิภาพของเครื่องกลอันนี้ มีค่าเท่าใด



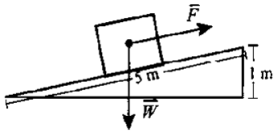
.....

.....

.....

.....

3. จากรูป พื้นเอียงมีความยาว 5 เมตร สูง 1 เมตร มีความสามารถในการผ่อนแรงหรือไม่



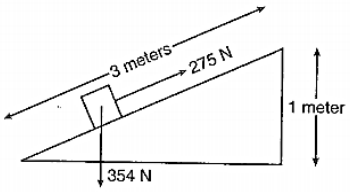
.....

.....

.....

.....

4. กล่องมีน้ำหนัก 354 นิวตัน วางอยู่บนพื้นเอียงยาว 3 เมตร และต้องใช้แรงในการดึงกล่องใบนี้ ขึ้นตามพื้นเอียง 275 นิวตัน



4.1 งานที่ใช้ในการเลื่อนกล่องใบนี้มีค่าเท่าใด

.....

.....

.2 งานที่ใช้ในการยกกล่องตามแนวดิ่ง ระยะทาง 1 เมตร จะมีค่าเท่าใด

.....

.....

4.3 ประสิทธิภาพของพื้นเอียงมีค่าเท่าใด

.....

.....

4.4 การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงนี้มีค่าเท่าใด และช่วยผ่อนแรงหรือไม่

.....

.....

4.5 วิธีการยกกล่องลักษณะใดใช้งานน้อยกว่า เพราะเหตุใด

.....

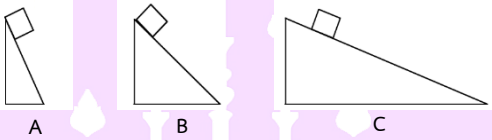
.....

แบบทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของพื้นเอียง

คำชี้แจง : ให้นักเรียนพิจารณาข้อคำถาม และเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงหนึ่งข้อพร้อมให้เหตุผลประกอบ

---

1. จากรูปพื้นเอียง A B และ C หากนักเรียนต้องใช้พื้นเอียงในการขนส่งวัตถุขึ้นที่สูงระดับเดียวกัน นักเรียนจะเลือกใช้พื้นเอียงใดเพื่อให้ตนเองใช้ **“แรง”** ที่มีขนาดน้อยที่สุด เมื่อพื้นเอียงไม่มีแรงเสียดทาน



ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B

ค. พื้นเอียง C ง. พื้นเอียงใดก็ได้

เหตุผล.....

.....

2. จากรูปพื้นเอียง A B และ C ในข้อที่ 1. พื้นเอียงใดอาศัย “พลังงาน” ในการยกวัตถุขึ้นที่สูงน้อยที่สุด เมื่อพื้นเอียงไม่มีแรงเสียดทาน

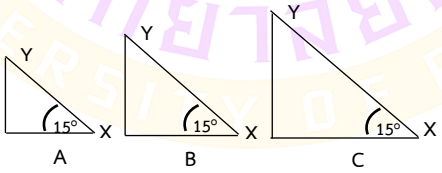
ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B

ค. พื้นเอียง C ง. พื้นเอียงทั้งหมดอาศัยพลังงานเท่ากัน

เหตุผล.....

.....

3. จากรูปพื้นเอียง A B และ C ทำมุม 15 องศาเท่ากัน พื้นเอียงใดใช้แรงน้อยที่สุดในการลากกล่องขึ้นไปจากตำแหน่ง X ไป Y เมื่อพื้นเอียงทั้งหมดไม่มีแรงเสียดทาน



ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B

ค. พื้นเอียง C ง. พื้นเอียงใดก็ได้

เหตุผล.....

.....

4. จากข้อ 3. พื้นเอียงใดช่วยผ่อนแรงในการลากกล่องมากที่สุด

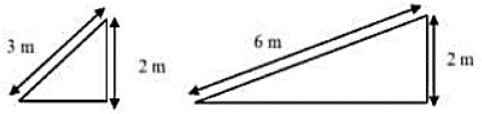
ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B

ค. พื้นเอียง C ง. พื้นเอียงใดก็ได้

เหตุผล.....

.....

พิจารณารูปต่อไปนี้ พร้อมทั้งตอบคำถามข้อที่ 5-8



A B

5. ระหว่างพื้นเอียง A และพื้นเอียง B พื้นเอียงใดต้องอาศัยแรงขนาดน้อยกว่าในการเข็นวัตถุจากพื้นข้างล่างขึ้นไปบนสุดของพื้นเอียง หากพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน

ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B

ค. พื้นเอียงทั้งสองต้องอาศัยแรงขนาดเท่ากัน ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

6. พื้นเอียงใดมีการได้เปรียบเชิงกลมากกว่า หากนักเรียนเข็นวัตถุเดียวกันจากพื้นขึ้นไปยังจุดบนสุดของพื้นเอียง โดยพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน

ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B

ค. พื้นเอียงทั้งสองมีการได้เปรียบเชิงกลเท่ากัน ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

7. ถ้าพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน งานที่ทำเพื่อเข็นวัตถุเดียวกันขึ้นไปตามพื้นเอียงแต่ละแบบจะเป็นอย่างไร

ก. จะต้องทำงานมากกว่าในการเข็นวัตถุขึ้นไปด้วยพื้นเอียง A

ข. จะต้องทำงานมากกว่าในการเข็นวัตถุขึ้นไปด้วยพื้นเอียง B

ค. จะต้องทำงานเท่ากัน ไม่ว่านักเรียนจะเข็นวัตถุขึ้นไปด้วยพื้นเอียง A หรือพื้นเอียง B

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

8. ส้มโอเข็นวัตถุขึ้นไปยังจุดบนสุดของพื้นเอียง A ส่วนน้อยหน่าเข็นวัตถุขึ้นไปยังจุดบนสุดของพื้นเอียง B วัตถุบนพื้นเอียงใดมีพลังงานศักย์มากกว่า ณ จุดที่อยู่บนสุดของพื้นเอียง

ก. วัตถุบนพื้นเอียง A มีพลังงานศักย์มากกว่าวัตถุบนพื้นเอียง B

ข. วัตถุบนพื้นเอียง B มีพลังงานศักย์มากกว่าวัตถุบนพื้นเอียง A

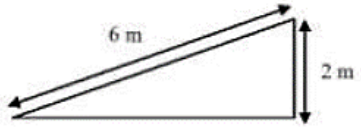
ค. วัตถุบนพื้นเอียงทั้งสองมีพลังงานศักย์เท่ากัน

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

พิจารณารูปต่อไปนี้ พร้อมทั้งตอบคำถามข้อที่ 9–10



9. ระหว่างการยกวัตถุขึ้นตรง ๆ กับการเข็นวัตถุขึ้นไปตามพื้นเอียงดังรูป วิธีใดต้องอาศัยแรงที่มีขนาดน้อยกว่าในการนำวัตถุที่อยู่บนพื้นให้ขึ้นไปอยู่ที่ความสูง 2 เมตร หากพื้นเอียงไม่มีแรงเสียดทาน

ก. การยกวัตถุขึ้นไปตรง ๆ

ข. การเข็นวัตถุไปตามพื้นเอียง

ค. ทั้งสองวิธีอาศัยแรงที่มีขนาดเท่ากัน

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

10. ถ้ามะนาวยกวัตถุขึ้นตรง ๆ ไปที่ความสูง 2 เมตร และชมพู่เข็นวัตถุเดียวกันนี้ขึ้นไปตามพื้นเอียงที่มีความความสูง 2 เมตรดังรูป หากพื้นเอียงที่นุ่นใช้ไม่มีแรงเสียดทาน งานที่มะนาวทำและงานที่ชมพู่ทำจะเป็นอย่างไร

ก. มะนาวทำงานมากกว่า

ข. ชมพู่ทำงานมากกว่า

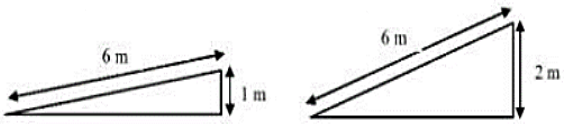
ค. มะนาวและชมพู่ทำงานเท่ากัน

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

พิจารณารูปต่อไปนี้ พร้อมทั้งตอบคำถามข้อที่ 11–13



A B

11. ระหว่างพื้นเอียง A และพื้นเอียง B พื้นเอียงใดต้องอาศัยแรงขนาดน้อยกว่าในการเข็นวัตถุจากพื้นข้างล่างขึ้นไปบนสุดของพื้นเอียง หากพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน

ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B

ค. พื้นเอียงทั้งสองต้องอาศัยแรงขนาดเท่ากัน ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

12. ถ้าพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน งานที่นักเรียนจะทำเพื่อเข็นวัตถุเดียวกันขึ้นไปตามพื้นเอียงแต่ละแบบจะเป็นอย่างไร

ก. นักเรียนต้องทำงานมากกว่าในการเข็นวัตถุขึ้นไปด้วยพื้นเอียง A

ข. นักเรียนต้องทำงานมากกว่าในการเข็นวัตถุขึ้นไปด้วยพื้นเอียง B

ค. นักเรียนต้องทำงานเท่ากัน ไม่ว่าจะเข็นวัตถุขึ้นไปด้วยพื้นเอียง A หรือพื้นเอียง B

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

13. ถ้าสาลี่เข็นวัตถุขึ้นไปยังจุดบนสุดของพื้นเอียง A ส่วนแอปเปิ้ลเข็นวัตถุขึ้นไปยังจุดบนสุดของพื้นเอียง B วัตถุบนพื้นเอียงใดมีพลังงานศักย์มากกว่า ณ จุดที่อยู่บนสุดของพื้นเอียง

ก. วัตถุบนพื้นเอียง A มีพลังงานศักย์มากกว่าวัตถุบนพื้นเอียง B

ข. วัตถุบนพื้นเอียง B มีพลังงานศักย์มากกว่าวัตถุบนพื้นเอียง A

ค. วัตถุบนพื้นเอียงทั้งสองมีพลังงานศักย์เท่ากัน

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

14. ระหว่างพื้นเอียงที่มีพื้นผิวเรียบลื่นกับพื้นเอียงที่มีพื้นผิวขรุขระ พื้นเอียงแบบใดต้องอาศัยแรงที่มีขนาดน้อยกว่าในการเข็นวัตถุจากพื้นข้างล่างขึ้นไปที่ความสูง 2 เมตร โดยพื้นเอียงทั้งสองมีความยาวของทางลาด 5 เมตรเท่ากัน

ก. พื้นเอียงที่มีพื้นผิวเรียบลื่น

ข. พื้นเอียงที่มีพื้นผิวขรุขระ

ค. พื้นเอียงทั้งสองแบบต้องอาศัยแรงขนาดเท่ากันในการเข็นวัตถุ

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

15. นักเรียนใช้พื้นเอียงที่มีความยาวของทางลาด 5 เมตรเพื่อเข็นวัตถุจากพื้นขึ้นไปยังรถบรรทุก หากนักเรียนเปลี่ยนมาใช้พื้นเอียงที่มีความยาวของทางลาด 10 เมตร แรงที่นักเรียนใช้เข็นวัตถุจะเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับการใช้พื้นเอียงที่ความยาว 5 เมตร หากพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน

ก. เพิ่มขึ้น ข. ลดลง

ค. เท่าเดิม ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

16. จากสถานการณ์ในข้อที่ 14. งานที่นักเรียนทำจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ และอย่างไร หากพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน

ก. เพิ่มขึ้น ข. ลดลง

ค. เท่าเดิม ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

17. แตงโมจะใช้พื้นเอียงเพื่อเข็นวัตถุขึ้นรถบรรทุก พื้นเอียงแบบใดจะช่วยให้แตงโมทำงานน้อยกว่าในการเข็นวัตถุขึ้นไปที่ความสูงเดียวกัน

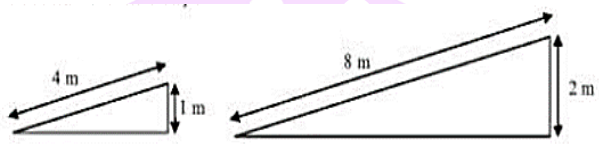
ก. พื้นเอียงที่มีพื้นผิวเรียบ ข. พื้นเอียงที่มีพื้นผิวขรุขระ

ค. พื้นเอียงทั้งสองช่วยให้แตงโมทำงานเท่ากัน ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

18. พิจารณาภาพข้างล่าง ระหว่างพื้นเอียง A และพื้นเอียง B พื้นเอียงใดต้องอาศัยแรงขนาดน้อยกว่าในการเข็นวัตถุจากพื้นข้างล่างขึ้นไปบนสุดของพื้นเอียง หากพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน พิจารณาภาพข้างล่าง



A B

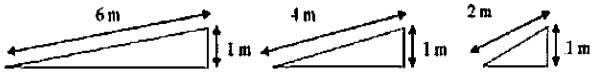
ก. พื้นเอียง A ข. พื้นเอียง B

ค. พื้นเอียงทั้งสองต้องอาศัยแรงขนาดเท่ากัน ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

19. จากภาพข้างล่าง ถ้ามะนาวใช้พื้นเอียง A ชมพู่ใช้พื้นเอียง B และแตงโมใช้พื้นเอียง C งานที่มะนาว ชมพู่ และแตงโมทำจะเป็นอย่างไรในการเข็นวัตถุเดียวกันขึ้นไปยังจุดบนสุดของพื้นเอียงของตนเอง



A B C

ก. มะนาวทำงานมากที่สุด ข. ชมพู่ ทำงานมากที่สุด

ค. แตงโม ทำงานมากที่สุด ง. ทั้งสามคนทำงานเท่ากัน

เหตุผล.....

.....

20. ระหว่างพื้นเอียงที่มีทางลาดยาว 9 เมตรกับพื้นเอียงที่มีทางลาดยาว 27 เมตร พื้นเอียงใดที่มีการได้เปรียบเชิงกลมากกว่า หากนักเรียนต้องเข็นวัตถุจากพื้นขึ้นไปที่ความสูง 3 เมตรเท่ากัน โดยพื้นเอียงทั้งสองไม่มีแรงเสียดทาน

ก. พื้นเอียงที่มีทางลาดยาว 9 เมตร ข. พื้นเอียงที่มีทางลาดยาว 27 เมตร

ค. พื้นเอียงทั้งสองมีการได้เปรียบเชิงกลเท่ากัน ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

21. วัตถุหนึ่งถูกนำมาวาง ณ จุดบนสุดของพื้นเอียง พลังงานศักย์ของวัตถุนี้ ณ ตำแหน่งนี้มีค่าเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับงานในการเข็นวัตถุนี้จากพื้นด้านล่างขึ้นไปจนถึงจุดบนสุดของพื้นเอียงที่ไม่มีแรงเสียดทาน

ก. วัตถุ ณ จุดบนสุดของพื้นเอียงมีพลังงานศักย์มากกว่างานในการเข็นวัตถุนั้น

ข. วัตถุ ณ จุดบนสุดของพื้นเอียงมีพลังงานศักย์น้อยกว่างานในการเข็นวัตถุนั้น

ค. วัตถุ ณ จุดบนสุดของพื้นเอียงมีพลังงานศักย์เท่ากับงานในการเข็นวัตถุนั้น

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผล.....

.....

22. การได้เปรียบเชิงกลที่แท้จริงของพื้นเอียงใดๆ มีค่าเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับการได้เปรียบเชิงกลทางทฤษฎีของพื้นเอียงนั้น

ก. การได้เปรียบเชิงกลทางทฤษฎีมีค่ามากกว่าการได้เปรียบเชิงกลที่แท้จริงเสมอ

ข. การได้เปรียบเชิงกลทางทฤษฎีมีค่าน้อยกว่าการได้เปรียบเชิงกลที่แท้จริงเสมอ

ค. การได้เปรียบเชิงกลทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าการได้เปรียบเชิงกลที่แท้จริงเสมอ

ง. การได้เปรียบเชิงกลทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าการได้เปรียบเชิงกลที่แท้จริงเสมอ

เหตุผล.....

.....

23. ส้มเช้งต้องการยกกล่องสัมภาระ 3 นิวตันจากพื้นดินขึ้นรถบรรทุกสูง 1.5 m โดยใช้แรงพยายามเพียง 1 ใน 3 ของน้ำหนักกล่องสัมภาระ ส้มเช้งจะต้องใช้ไม้กระดานยาวกี่เมตรเพื่อพาดจากพื้นดินกับรถบรรทุก หากไม้กระดานนั้นไม่มีแรงเสียดทาน

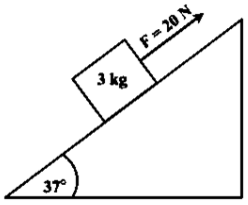
ก. 1.5 m ข. 2.5 m

ค. 3.5 m ง. 4.5 m

เหตุผล.....

.....

24. มะนาวออกแรง 20 นิวตัน ดึงวัตถุน้ำหนัก 3 กิโลกรัม ขึ้นไปตามพื้นเอียงที่ทำมุม 37 องศา กับแนวระดับดังรูป จงหาประสิทธิภาพของพื้นเอียงนี้



ก. 30 %　　ข. 60 %

ค. 90 %　　ง. 120 %

เหตุผล.....

.....

แบบสอบถามการคิดเชิงออกแบบ

คำชี้แจง: แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการรับรู้ตนเองเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบ แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการสอบถามข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับนักเรียน และส่วนที่ 2 เป็นการสอบถามเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ ในการนี้ ขอให้นักเรียนตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริง ข้อมูลจากนักเรียนจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการศึกษาในประเทศไทยต่อไป

ส่วนที่ 1: ขอ.ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน

ชื่อ ..... นามสกุล .....

โรงเรียน .....ชั้น .....

ประสบการณ์การออกแบบชิ้นงาน

☐ ไม่เคย ☐ นาน ๆ ครั้ง ☐ บ่อยครั้ง ☐ เป็นประจำ

ส่วนที่ 2: ขอให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ตามระดับที่สอดคล้องกับสิ่งที่นักเรียนเป็นมากที่สุด

ตาราง 11 แบบสอบถามการคิดเชิงออกแบบ

ข้อความ	ระดับการรับรู้ตนเอง				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. นักเรียนสะดวกใจหรือไม่อึดอัดใจ เมื่อต้องอยู่กับสิ่งที่ตนเองไม่รู้					
2. นักเรียนชอบบริบทที่แปลกใหม่มากกว่าบริบทที่คุ้นเคย					
3. นักเรียนรู้สึกสะดวกใจ เมื่อต้องจัดการกับปัญหาที่ยังแก้ไขไม่ได้					
4. นักเรียนรู้สึกสนุก เมื่อการแก้ปัญหาให้ผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง					
5. นักเรียนไม่รู้สึกกังวล เมื่อต้องแก้ปัญหาที่ยังไม่รู้ว่าจะสำเร็จหรือไม่					

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อความ	ระดับการรับรู้ตนเอง				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
6. นักเรียนชอบที่จะลองทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แม้มันจะก่อให้เกิดความผิดพลาด					
7. นักเรียนอยากให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบชิ้นงาน					
8. ความต้องการของผู้คนคือแรงบันดาลใจให้นักเรียนออกแบบสิ่งต่าง ๆ					
9. ในระหว่างการออกแบบ นักเรียนพยายามทำความเข้าใจความต้องการของผู้ใช้					
10. นักเรียนสามารถปรับตัวให้เข้ากับความรู้สึกของผู้อื่นได้อย่างรวดเร็ว					
11. นักเรียนมีความเห็นอกเห็นใจกับความกังวลของผู้อื่นได้ง่าย					
12. นักเรียนรู้ตัวดีว่า เมื่อไรที่นักเรียนต้องเปิดใจกว้าง และเมื่อไรที่นักเรียนต้องโฟกัสกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง					
13. นักเรียนเข้าใจดีว่า วิธีการแก้ปัญหาที่ตนเองกำลังเสนอส่งผลกระทบอะไรต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกบ้าง					
14. นักเรียนชอบที่จะแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนร่วมงานในกลุ่ม					
15. นักเรียนชอบที่จะคิดร่วมกันเป็นกลุ่มที่สมาชิกมีความเชี่ยวชาญแตกต่างกัน					
16. นักเรียนรู้สึกสะดวกใจที่จะทำงานร่วมกับผู้คนที่มีมุมมองหลากหลาย และแตกต่างจากตนเอง					

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อความ	ระดับการรับรู้ตนเอง				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
18. นักเรียนเปิดใจที่จะร่วมงานกับคนที่มีภูมิหลังแตกต่างจากตนเอง (เช่นฐานะและอาชีพ)					
19. นักเรียนชอบที่จะทำความคิดให้เกิดขึ้นเป็นรูปธรรม					
20. นักเรียนชอบที่จะทำสมมติฐานให้อยู่ในรูปแบบที่ทดสอบได้					
21. นักเรียนมักสงสัยในสิ่งที่ตนเองยังไม่รู้และพยายามหาคำตอบให้ได้					
22. ในสถานการณ์ใหม่ นักเรียนจะหาข้อมูลให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้					
23. นักเรียนสามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ที่แตกต่างของการออกแบบสิ่งเดียวกัน					
24. นักเรียนชอบที่จะสร้างต้นแบบหรือโมเดลเพื่อเป็นตัวแทนของความคิดใหม่					
25. นักเรียนคิดว่า ตนเองสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้					
26. นักเรียนมั่นใจว่า ตนเองสามารถแก้ปัญหาที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ได้					
27. นักเรียนเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองในการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์					
28. นักเรียนอยากที่จะสร้างสิ่งที่มีคุณค่าด้วยการออกแบบสิ่งใหม่					
29. นักเรียนคิดว่า ตนเองสามารถก้าวข้ามหรือเอาชนะความยากลำบากต่าง ๆ ได้					
30. นักเรียนสามารถมองปัญหาหรือวิกฤติใดๆ ให้เป็นโอกาส					

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 12 ดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	รายการประเมินข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
		คนที่1	คนที่2	คนที่3			
อธิบายการทำงานประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล	1	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	5	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	6	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	7	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	9	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	10	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	11	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	12	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	13	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	14	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	15	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 13 ดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความเข้าใจ เรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
		คนที่1	คนที่2	คนที่3			
อธิบายการทำงานประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล	1	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	2	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	5	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	6	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	7	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	9	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	10	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	11	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	12	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	13	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
	14	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
	15	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	16	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
	17	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
	18	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	19	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	20	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
		คนที่1	คนที่2	คนที่3			
	21	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
	22	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	23	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	24	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ผลการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจเรื่อง หลักการทำงานของพื้นเอียง ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ

	pre-test1	postest1
Valid	6	6
Missing	0	0
Mean	6.833	14.000
Std. Deviation	1.941	2.449
Skewness	0.839	-1.102
Std. Error of Skewness	0.845	0.845
Kurtosis	-0.059	-0.300
Std. Error of Kurtosis	1.741	1.741
Shapiro-Wilk	0.912	0.827
P-value of Shapiro-Wilk	0.452	0.101
Minimum	5.000	10.000
Maximum	10.000	16.000

Paired Samples T-Test

Measure 1	Measure 2	Test	Statistic	df	p	Effect Size
pre-test1	- postest1	Student	-7.578	5	< .001	-3.094
		Wilcoxon	0.000		0.018	-1.000

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that pre-test1 is less than postest1.

Note. For the Student t-test, effect size is given by Cohen's *d*. For the Wilcoxon test, effect size is given by the matched rank biserial correlation.

ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ

Paired Samples T-Test

Measure 1	Measure 2	Test	Statistic	df	p	Effect Size
preUNCER	- postUNCER	Student	-1.151	5	0.302	-0.470
		Wilcoxon	3.000		0.279	-0.600
preHUMAN	- postHUMAN	Student	-0.466	5	0.661	-0.190
		Wilcoxon	6.000		0.784	-0.200
preMINDF	- postMINDF	Student	-2.071	5	0.093	-0.845
		Wilcoxon	0.000		0.174	-1.000
preCOLLA	- postCOLLA	Student	-1.567	5	0.178	-0.640
		Wilcoxon	3.000		0.141	-0.714
preLEARN	- postLEARN	Student	-1.168	5	0.296	-0.477
		Wilcoxon	4.000		0.410	-0.467
preCREAT	- postCREAT	Student	-1.022	5	0.354	-0.417
		Wilcoxon	6.000		0.438	-0.429

Note. For the Student t-test, effect size is given by Cohen's *d* . For the Wilcoxon test, effect size is given by the matched rank biserial correlation.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ศิรินภา คำหล้าทราย
วัน เดือน ปี เกิด	4 เมษายน 2534
สถานที่เกิด	เชียงราย
วุฒิการศึกษา	ครุศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 131 หมู่ 8 ต.สันทราย อ.แม่จัน จ.เชียงราย 57110
ผลงานตีพิมพ์	Luecha Ladachart, Sirinapa Khamlarsai, and Wilawan Phothong. (2021). A Design-based Activity for Teaching and Learning Torque. Physics Education, 56(2), 023009