การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
Physics Problem Solving

เกริก ศักดิ์สุภาพ[1]
Krirk Saksuparb[1]

บทคัดย่อ

การเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการการเรียนรู้ทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเข้าไว้ด้วยกัน โดยกระบวนการเรียนรู้ฟิสิกส์จะเรียนรู้ผ่านการทดลองสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ได้มาซึ่ง มโนทัศน์ที่ถูกต้อง และในส่วนของการเรียนรู้ฟิสิกส์ก็ยังเน้นที่การคิดแก้ปัญหาโจทย์ทางฟิสิกส์ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน จากประสบการณ์การสอนพบว่าผู้เรียนส่วนหนึ่งมีปัญหาทางด้านการวางแผนและเชื่อมโยง องค์ความรู้และกระบวนการคิดในการแก้ปัญหา บทความฉบับนี้ได้รวบรวมแนวคิดจากนักฟิสิกส์ศึกษาหลากหลายท่าน รวมถึงการสังเคราะห์ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจากแนวคิดที่นำเสนอเพื่อให้ผู้สนใจนำไปปรับใช้กันต่อไป

คำสำคัญ: โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ขั้นตอนการแก้ปัญหา

Abstract

Physics teaching is a model that integrates learning both in theory and practice. Through the learning process to find the right physics concept, it also focuses on physics solving problems in different situations. The researchers, it was found from experience that some students had problems in planning and linking knowledge, concept, and problem solving process. This article compiles ideas from a variety of physicists. Including the synthesis of the problem solving process from the proposed idea to further adapt.

Keywords: Problem in physics, problem solving process

[1] โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

[1] Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School, Bangkok, 10110, Thailand

บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพแขนงหนึ่ง ซึ่งกล่าวถึงสมบัติทางกายภาพของสารต่าง ๆ และพลังงาน โดยข้อความรู้ส่วนใหญ่ได้จากการคำนวณและการแก้โจทย์สมการโดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติเหล่านั้น และส่วนสำคัญในการเรียนฟิสิกส์นอกเหนือจากการทดลองเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องทางฟิสิกส์ นั่นก็คือ การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีระดับความยากง่ายแตกต่างกันออกไป ซึ่งพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์ สอดคล้องกับผลคะแนนค่าเฉลี่ยของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ในการทดสอบของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทศ. (2560) ในรายวิชาฟิสิกส์ในปีการศึกษา 2558 ถึง 2560 มีค่าเท่ากับ 28.91 25.39 และ 26.53 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ตามลำดับ เห็นได้จากผลการทดสอบที่ปรากฏคะแนนรายวิชาฟิสิกส์ค่อนข้างต่ำมาโดยตลอด และสอดคล้องกับศิลปชัย บูรณพานิช (2545) ที่พบว่าปัญหาของการสอนวิชาฟิสิกส์จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อีกทั้งผู้เรียนขาดทักษะการคิดคำนวณที่ดี เมื่อพบโจทย์ปัญหาที่แตกต่างจากเดิมไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ผู้เรียนไม่สามารถเริ่มต้นแก้โจทย์ปัญหาได้ด้วยตนเอง และไม่มีลำดับขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัย และจากประสบการณ์ด้านการสอนของผู้เขียนที่สอนรายวิชาฟิสิกส์ พบว่า ผู้เรียนแต่ละคนมีข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาที่แตกต่างกัน เช่น พื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ การค้นหาคำสำคัญทางฟิสิกส์ในโจทย์ปัญหา การเปลี่ยนข้อความเป็นสัญลักษณ์ การเขียนรูปภาพประกอบโจทย์ การเริ่มต้นกับการใช้สูตรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ซึ่งเป็นการยากต่อผู้สอนในการที่จะทราบและแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียนได้ทั่วถึงทุกคน แต่หากผู้เรียนมีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ชัดเจน ก็จะเป็นการง่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นมีนักวิชาการทางสาขาฟิสิกส์ และในสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ศึกษาและคิดค้นไว้หลายท่านด้วยกัน (Cummings and Curtis, 1992 ; Foshay, 1998) ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาที่ดี ผู้เรียนต้องมีกระบวนการขั้นตอนที่จำเป็นต่อการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจต่อการแก้ปัญหาและมีการกระตุ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นหาวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ซึ่งในระยะเวลาตลอด 50 ปี ที่ผ่านมาขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้มีนักวิชาการทำการศึกษาและพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง (Gök and Sılay, 2010) โดยส่วนใหญ่ได้พิจารณากลยุทธ์เทคนิค กระบวนการแก้ปัญหาอยู่บนพื้นฐานของนักการศึกษาที่สำคัญอย่างโพลยา (Polya, 1957) ได้เสนอขั้นเทคนิคขั้นตอนของการคิดแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) 2. การวางแผนในการแก้ปัญหา (Devising a Plan) 3. การลงมือทำตามแผน (Carrying Out the Plan) และ 4. การตรวจสอบวิธีการและคำตอบ (Looking Back) ซึ่งพบว่าขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังกล่าวสามารถช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหาการคิดคำนวณได้สอดคล้องกับ โปรโตเลสและโรเปส (Portoles and Lopez, 2008) ที่กล่าวสรุปไว้ว่าปัจจัย 2 ประการที่ทำให้ผู้เรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ประสบความสำเร็จ ประการแรก คือผู้เรียนต้องรู้เข้าใจแนวคิด ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์ และประการที่สอง ผู้เรียนต้องมีกลยุทธ์ในการใช้แนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ ในการนำ

ไปใช้แก้ปัญหา เพื่อจะได้เป็นแนวทางแก่ผู้สอนในการช่วยเหลือและแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของผู้เรียนได้ต่อไป

โจทย์ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายที่แตกต่างกันออกไปของคำว่า“โจทย์ปัญหา” แต่หลักใหญ่ใจความแล้วพบว่ามีสิ่งที่ตรงกันคือ ปัญหาเป็นสถานการณ์ ข้อคำถาม ข้อสงสัยที่เมื่อเผชิญแล้วไม่สามารถที่จะใช้วิธีการใดในการแก้ไขเหตุการณ์ได้ในทันที (Krulik and Rudnick, 1996) สอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2546) ที่กล่าวถึง โจทย์ปัญหาว่าเป็นสถานการณ์ เหตุการณ์หรือสิ่งที่พบแล้วไม่สามารถจะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที หรือ เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถมองเห็นแนวทางแก้ไขได้ทันที และสำหรับการแก้ปัญหานั้นเป็นกระบวนการสำคัญในการนำความรู้ที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิม เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ต้องการ จากความสำคัญดังกล่าวสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ในหมวดที่ 4 มาตรา 24 ข้อที่ 2 ให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาโดยระบุว่า สถานศึกษาควรให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิด การจัดการเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ไขปัญหาเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดกระบวนการทางความคิดที่เป็นระบบ ขั้นตอนในการแก้ปัญหา และสำหรับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ไม่ควรใช้วิธีโดยให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดซ้ำๆ ด้วยปัญหาประเภทเดิมๆ แต่ควรใช้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยสำหรับใช้ประเมินหรือสะท้อนความสามารถต่างๆ ที่มีอยู่ในตัวผู้เรียนผ่านวิธีการแก้ปัญหา (Foong, 2007) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาว่าเป็นกระบวนการทำงานที่สลับซับซ้อนของสมองที่ต้องอาศัยสติปัญญา ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจความคิด การรับรู้ ความชำนาญ รูปแบบ พฤติกรรมต่างๆ ประสบการณ์เดิมทั้งจากทางตรงและทางอ้อม มโนทัศน์ กฎเกณฑ์ ข้อสรุป การพิจารณา การสังเกต และการใช้กลยุทธ์ทางสติปัญญาที่จะวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ความเข้าใจต่างๆ อย่างมีวิจารณญาณ มีเหตุผลและจินตนาการเพื่อหาแนวทางปฏิบัติให้ปัญหานั้นหมดสิ้นไป สอดคล้องกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของรัฐนิวยอร์กในประเทศสหรัฐอเมริกา (Meng and Doran, 1993) กล่าวถึง การแก้ปัญหาเป็นผลผลิตที่สำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหาในทางวิทยาศาสตร์จะเน้นการวางแผนการทดลอง การรวบรวม และการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อจุดประสงค์ในการค้นพบและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงเป็นการนำเอาเนื้อหาวิชาและทักษะกระบวนการที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหา

โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จะมีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ต่างทางธรรมชาติ ซึ่งผู้เรียน

ต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งตั้งแต่การศึกษาสถานการณ์ ความสัมพันธ์ตัวแปรต่างๆ ในสูตรทั่วไปในแต่ละเนื้อหา โดยโจทย์จะเกี่ยวข้องกับการวัด เกี่ยวกับปริมาณ และหน่วย มีสูตร มีการแก้สมการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า โดยปัญหาโจทย์สามารถจัดจำแนกตามตามเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหาไว้ 6 ประเภท ดังนี้ (Charies and Lester, 1982)

1) ปัญหาที่ใช้ฝึก (Dill exercise) เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอน และวิธีการคำนวณ

2) ปัญหาอย่างง่าย (simple translation problem) เป็นปัญหาที่เคยเห็นมาก่อน เช่น ปัญหาในแบบเรียน ซึ่งต้องการฝึกให้คุ้นกับการเปลี่ยนประโยคข้อความเป็นประโยคสัญลักษณ์ มักเป็นปัญหาขั้นตอนเดียวที่มุ่งให้เกิดความเข้าใจและพัฒนาการคิดคำนวณ

3) ปัญหาที่ซับซ้อน (Complex translation problem) คล้ายกับปัญหาอย่างง่ายแต่เพิ่มปัญหาที่มี 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 ขั้นตอน

4) ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process problem) เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบเห็นมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้ทันที จะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้น หรือแบ่งเป็นตอนย่อย ๆ แล้วหารูปแบบทั่วไปของปัญหา ซึ่งนำไปสู่การคิดและการแก้ปัญหา เน้นการพัฒนากลวิธีต่าง ๆ มีการวางแผนแก้ปัญหาและประเมินผลคำตอบ

5) ปัญหาประยุกต์ (Applied problem) เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะความรู้และวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยหลักการเป็นสำคัญ เช่น การแทนข้อมูลด้วยสัญลักษณ์ จัดระบบ ประมวลผล และแปลผล ปัญหาประยุกต์เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้แก้ปัญหาซึ่งจะทำให้ผู้แก้ปัญหาเห็นประโยชน์และคุณค่า

6) ปัญหาปริศนา (Puzzle problem) เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา และเป็นปัญหาที่มองได้หลายแง่มุมปัญหาปริศนามักเป็นปัญหาลับสมอง ปัญหาท้าทาย ผู้ที่มีทักษะในการแก้ปัญหาจะแก้ปัญหาในลักษณะนี้ได้ดี

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปในแบบเรียนตามปกติ ที่ใช้สำหรับการฝึกให้นำทฤษฎี หลักการและสูตรทางฟิสิกส์ไปใช้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ปัญหาขั้นตอนเดียวที่มุ่งให้เกิดความเข้าใจและการคิดคำนวณ และปัญหาแปลกใหม่ที่ซับซ้อนเป็นปัญหาที่ต้องใช้ความคิดในการวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ทักษะความรู้การได้มาซึ่งคำ ตอบต้องอาศัยวิธี การคำนวณ 2 วิธีการหรือมากกว่านั้น โดยการได้มาซึ่งคำตอบหากมีกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ดี ก็จะเป็นหนทางการได้มาซึ่งคำตอบทางฟิสิกส์ที่ถูกต้อง

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นวิธีการที่ทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาการศึกษาขั้นตอนในการแก้ปัญหานั้น มีผู้เสนอแนวคิดการแก้ปัญหาไว้หลายท่าน ซึ่งผู้เขียนขอนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิดนักฟิสิกส์ศึกษา ดังนี้

ราคินต์และบรากเกต (Larkin and Brackett, 1976) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ไว้ 3 ขั้นประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 อธิบายปัญหา (Description) เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาและหาสิ่งที่เป็นปัญหาจริง ๆ ที่โจทย์ต้องการคำตอบซึ่งคำตอบอาจทำให้เราเกิดความสับสนได้ ดังนั้นเราต้องพยายามแปลความหมายโจทย์ออกมาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์

ขั้นที่ 2 การวางแผน (Planning) เป็นขั้นที่ทำการเลือกหลักการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โจทย์ปัญหาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบ (Checking) เป็นขั้นการตรวจคำตอบที่ได้ ว่ามีความถูกต้อง เหมาะสมกับสถานการณ์โจทย์

เฮสเทนต์ (Hestenes, 1987) ได้พัฒนากลยุทธ์ในแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์กลศาสตร์ โดยมีขั้นตอนในการแก้ปัญหา 4 ขั้นประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 อธิบายปัญหา (Description) โดยในขั้นนี้มีส่วนประกอบของการอธิบายบรรยายบอก

ลักษณะที่สำคัญในการทำโจทย์อยู่ 3 ประการ คือ การบรรยายออกมาในรูปของวัตถุที่แทนตัวโจทย์ปัญหา บรรยายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเขียนอันตรกิริยาที่กระทำต่อกัน รวมไปถึงการเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram)

ขั้นที่ 2 วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้ (Formulation) เป็นขั้นที่เกี่ยวกับการนำกฎ สูตรต่าง ๆ ทางฟิสิกส์มาใช้ รวมถึงการกำหนดสมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ อาทิเช่น สมการการเคลื่อนที่แนวตรง สมการการเคลื่อนที่แบบหมุน เพื่อที่จะได้ทำการหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 การหาผลลัพธ์ (Ramification) เป็นขั้นถัดมาที่ทำการใช้สูตรทางฟิสิกส์เพื่อหาคำตอบออกมา

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบ (Validation) เป็นการประเมินตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความเป็นไปได้ สมเหตุสมผลหรือไม่

เฮลเลอร์และฮอลลาบอลล์ (Heller and Holabaugh, 1992) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ไว้ 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา (Focus on the Problem) เป็นขั้นแรกที่จะนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากเป็นขั้นที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการสร้างภาพขึ้นในใจเกี่ยวกับลำดับเหตุการณ์ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหา พร้อมกับแสดงรายละเอียดว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้นอย่างไร จากนั้นอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการหาคำตอบ รวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์ในการใช้แก้ปัญหาและสุดท้ายควรทบทวนสถานการณ์ในโจทย์ปัญหา ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.1 เขียนแผนภาพแสดงข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาอย่างหยาบ ๆ (Picture and Given Information)

1.2 กำหนดคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด (Question)

1.3 เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (Approach)

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) ขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยความเข้าใจโจทย์ปัญหาในเชิงคุณภาพเพื่อนำ ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในเชิงปริมาณโดยการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ สร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้เพื่อทำให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้นโดยลักษณะของแผนภาพที่จะต้องเขียนให้สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ปัญหา เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่จะต้องมีข้อมูลสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่ง เวลา ความเร็วหรือความเร่ง เป็นต้น แผนภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงก็ต้องเขียนออกมาให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงกระทำ ซึ่งแผนภาพที่ดีก็จะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ในขั้นนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ ดังนี้

2.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาและเขียนตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่าแล้วและมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า (Diagram and Define Variables)

2.2 ระบุเป้าหมายของโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด (Target Variable)

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ (Quantitative Relationships)

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) ก่อนทำการหาคำตอบ ต้องทำการแปลข้อความต่าง ๆ ให้เป็นภาษาทางพีชคณิต สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ ดังนี้

3.1 เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (Construct Specific Equations)

3.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้ (Check for Sufficiency)

3.3 วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ (Outline the Math Solution)

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) ขั้นนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งเป็นการดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า โดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน จากนั้นก็นำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่ได้วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้ายเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ซึ่งในขั้นนี้สามารถสรุปเป็นขั้นย่อย ๆ ได้ดังนี้

4.1 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยการแทนตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่กำหนดไว้ พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปรให้อยู่ในลักษณะเดียวกัน (Follow the Plan)

4.2 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Calculate Target Variable)

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งในขั้นนี้จะต้องตอบคำถามเพื่อการตรวจสอบ 3 ข้อย่อยดังนี้

5.1 คำตอบที่ได้จากการแก้สมการนั้นเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่

5.2 คำตอบที่ได้นั้นสมเหตุสมผลหรือไม่

5.3 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์หรือไม่ เช่น ถ้าคำตอบเป็นปริมาณเวกเตอร์ควรจะต้องมีการระบุทั้งขนาดและทิศทางในคำตอบหน่วยที่ได้ถูกต้องหรือไม่ เป็นต้น

เชอคูริ (Chekuri, 1996) ได้พัฒนากลยุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ไว้ 3 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the Problem) ในขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาว่าโจทย์ให้ข้อมูลอะไรมาบ้าง มีเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งที่โจทย์ถามหา

ขั้นที่ 2 สร้างและวางแผนแก้ปัญหา (Reconstructing and Planning) เป็นขั้นในการสร้างภาพแทนปัญหาโจทย์ และเขียนองค์ประกอบทางฟิสิกส์ที่จำเป็น เช่น ตัวแปร ทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุ แผนภาพองค์ประกอบของแรง และวางแผนในการแก้ปัญหาโดยอยู่บนฐานของหลักการของฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 จำแนกวิธีการที่หลากหลาย (Identifying Multiple Methods) เป็นขั้นตอนในการระบุกฎเกณฑ์ หลักการ สูตรต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เช่น กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎของสเนลล์ เป็นต้น ซึ่งในขั้นนี้สามารถสรุปเป็นขั้นย่อย ๆ ได้

ดังนี้

3.1 คัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Selecting the Best Method and Solving) เป็นขั้นตอนที่เลือกสมการที่เหมาะต่อการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ทำการระบุสมการที่นำมาใช้และทำการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ

3.2 ตรวจสอบคำตอบ (Checking the Results) เป็นขั้นของการตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ โดยอาจจะนำเทคนิคการตรวจสอบหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์มิติ

3.3 การอธิบายคำตอบ (Explaining the Results) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่เป็นการให้ความหมายของคำตอบที่เกิดจากการคำนวณออกมาในรูปของการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวโยงกับหลักการทางฟิสิกส์

ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding and Harskamp, 2007) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ไว้ 5 ขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 การสำรวจปัญหา (Survey the Problem) เป็นขั้นที่ผู้เรียนอ่านปัญหาโจทย์ ตีความว่าสิ่งใดบ้าง สิ่งใดบ้างที่ยังไม่รู้ของปัญหา และกำหนดวิธีการ หลักการ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาและมีประโยชน์สำหรับในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถวาดแผนภาพประกอบในการแก้ปัญหา เช่นแผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ขั้นที่ 2 ประมวลความรู้ (Systematize the knowledge) เป็นขั้นที่ผู้เรียนแปลความจากสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ไปสู่การอธิบายด้วยวิธีการสร้างไดอะแกรม โดยในไดอะแกรมผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปรและปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ และเขียนสูตรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาและสามารถนำมาช่วยในการแก้ปัญหาได้ การเลือกใช้สูตรต่าง ๆ อาจเกิดจากการอภิปรายในกลุ่มผู้เรียนในการเลือกตัดสินใจได้

ขั้นที่ 3 วางแผนในการแก้ปัญหา (Plan the Solution) หลังจากที่ผู้เรียนมีคำอธิบายวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา แล้วผู้เรียนทุกคนจะต้องวางแผนในการแก้ปัญหา โดยแผนนี้ควรจะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในสมการและการประมาณค่าอย่างคร่าว ๆ ของผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น หลังจากนั้นผู้เรียนแลกเปลี่ยน พูดคุยในแผนที่วางไว้เปรียบเทียบแผนในการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งการเปรียบเทียบการวางแผนการแก้ปัญหาก็จะทำให้ผู้เรียนทราบว่า มีวิธีการแก้ปัญหาเดียวกันนั้นได้หลากหลายวิธี

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นที่ผู้เรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้โดยการคำนวณตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 2 จนกระทั่งได้คำตอบ

ขั้นที่ 5 การตรวจสอบคำตอบ (Validation the Answer) เป็นขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยคำตอบของผู้เรียนที่ได้อาจจะตรงกันหรือแตกต่างกันได้ ถ้าคำตอบตรงกัน ก็จะมีการให้ผู้เรียนอธิบายและตรวจสอบ ว่าวิธีการได้มาของคำตอบนั้นถูกต้อง แต่ถ้าหากคำตอบที่ได้ของผู้เรียนมีความแตกต่างกัน ก็ควรจะตรวจสอบว่าวิธีการใดถูกต้องและสมบูรณ์

โรจาร์ (Rojas, 2010) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ไว้ 6 ขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understand the Problem) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหา ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ไม่ทราบค่าและโจทย์ต้องการรู้ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ปัญหาและคาดคะเนคำตอบ พิจารณาแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย แล้วคิดอย่างเป็นระบบ โดยนำความรู้ความเข้าใจ

ข้อมูลและประสบการณ์เดิมที่เคยศึกษามาแล้วมาคิดแก้ปัญหา คาดคะเนคำตอบ

ขั้นที่ 2 จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา (Provide a Qualitative Description of the Problem) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องคิดและเขียนในส่วนของกฎ หลักการ แนวคิดหรือสูตรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่สามารถจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างกรอบแนวความคิด แผนภาพ ไดอะแกรมลงไปเพื่อที่ผู้เรียนจะสามารถอธิบายและสามารถวิเคราะห์ปัญหาในทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (Plan a Solution) ในขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับการพิจาณาว่าปัญหากับสิ่งที่โจทย์ต้องการหาเกี่ยวข้อง สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร ผู้เรียนจะต้องวางแผน กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาหรือหลาย ๆ ยุทธวิธีร่วมกัน เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการแก้ปัญหา อาจจะกำหนดแผนไว้หลายแผน หากแผนใดไม่ประสบความสำเร็จก็จะสามารถใช้แผนอื่นมาทดแทนได้ เช่นการนำสมการที่เกี่ยวข้องมาใช้ และคิดพิจารณาว่าสมการนั้นจะสามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือไม่

ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผน (Carry out the Plan) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ได้คำตอบหรือแก้ปัญหาให้ได้ตามแผน

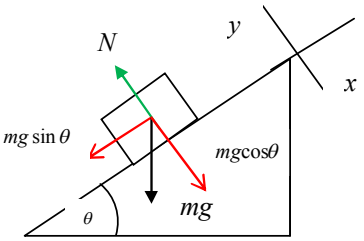
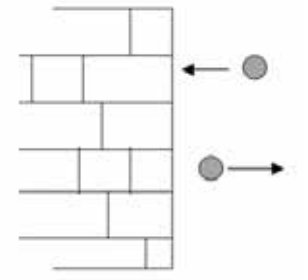
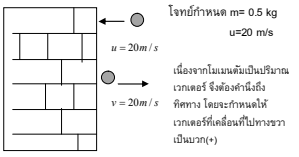
ขั้นที่ 5 พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ (Verify the Internal Consistency and Coherence of the Equations Used) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนพิสูจน์ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้องจากการคำนวณว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดในส่วนใดบ้าง และถ้าตรวจสอบแล้วไม่พบข้อผิดพลาดผู้เรียนก็สามารถจะประเมินคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 6 ตรวจสอบและประเมินคำตอบ (Check and Evaluate the Obtained Solution) หลังจากตรวจพิสูจน์ความสอดคล้องของสมการและได้มาเป็นผลลัพธ์ผู้เรียนทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้รับว่าสอดคล้องตรงตามโจทย์ต้องการหรือไม่ และจากผลลัพธ์นำไปสู่คำตอบอย่างสมเหตุสมผลเพียงใดหรือไม่ และส่งเสริมให้ผู้เรียนลองหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่แตกต่างในการแก้ปัญหาเดิมเพื่อเพิ่มความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น

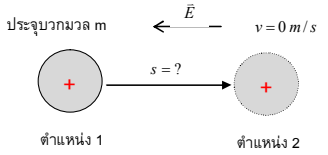
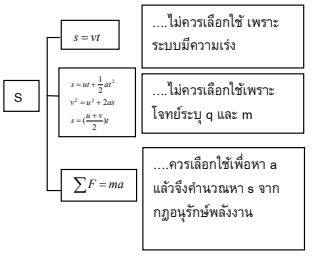
ตารางที่ 1 ตัวอย่างคำถามและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักฟิสิกส์ศึกษา

ตัวอย่างคำถามและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิด Larkin and Brackett	*" ถ้าอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนไป (เพิ่มขึ้น) Δt ความถี่ของการสั่นพ้องอันดับที่ 1 ในท่อยาว L เมตร และปลายปิดหนึ่งข้างจะเปลี่ยนไปกี่เฮิรตซ์"* *ขั้นที่ 1 อธิบายปัญหา*: (แนวคำตอบ จากโจทย์เป็นเรื่องการสั่นพ้องในท่อปลายปิด 1 ข้าง โดยความยาวท่อมีความยาวคงที่ L และอุณหภูมิเปลี่ยนไป Δt ค ทำให้ v เปลี่ยน) *ขั้นที่ 2 การวางแผน:* (แนวคำตอบดังวิธีแสดง) โจทย์ถามหา Δf สูตรที่เกี่ยวข้อง $v(t) = 331 + 0.6t$ $v = f\lambda$ แทนค่า แก้ปัญหา $v = f\lambda$ จะได้ $\Delta v = \Delta f \cdot 4L$ $\Delta(331 + 0.6t) = \Delta f \cdot 4L$ $0.6\Delta t = \Delta f \cdot 4L$ $\Delta f = \frac{6t}{40L}$ $\Delta f = 0.15(\frac{t}{L})$ เมื่อ v คือ ความเร็วของคลื่นเสียง (m/s) f คือ ความถี่ของเสียง (Hz) λ คือ ความยาวคลื่น (m) t คือ อุณหภูมิ (°C)	*ขั้นที่ 3 การตรวจสอบ*: (แนวคำตอบดังวิธีแสดง) จากคำตอบที่ได้ พบว่า ความถี่ที่เปลี่ยนไป Δf แปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิของอากาศ t และแปรผกผันกับความยาวท่อ L ซึ่งสมเหตุสมผลตามหลักฟิสิกส์

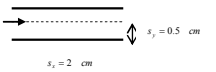
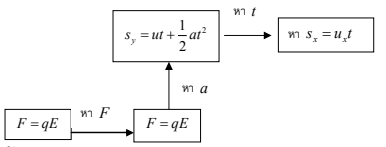
ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวอย่าง คำถามและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิด Hestene	*" กล่องมวล m เคลื่อนที่ลงจากพื้นเอียงลื่น ด้วยความเร่งเท่าใด "* *ขั้นที่ 1 อธิบายปัญหา*: (แนวคำตอบ จากโจทย์เป็นเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยพื้นเอียงลื่นหมายความว่าไม่คิดแรงเสียดทาน และพื้นเอียงนี้ทำมุม θ กับแนวระดับ) *ขั้นที่ 3 การหาผลลัพธ์*: (แนวคำตอบดังวิธีแสดง)  โจทย์ถามหา a สูตรที่เกี่ยวข้อง $\sum F = ma$ $mg\sin\theta = ma$ $a = g\sin\theta$ *ขั้นที่ 4 การตรวจสอบ* (แนวคำตอบดังวิธีแสดง) จากคำตอบจะเห็นได้ว่า ความเร่งของวัตถุจะมากหรือจะน้อยขึ้นกับความเอียงของพื้นเอียงเป็นสำคัญ โดยยิ่งค่ามุม θ เป็นมุมฉาก จะทำให้วัตถุตกลงมาด้วยความเร่ง g (Free Fall)	*ขั้นที่ 2 วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้:* การแก้ปัญหาข้อนี้ต้องอาศัยการเขียนแผนภาพแทนแรง (F.B.D.) ในการช่วยแก้ปัญหา และใช้สูตร $\Sigma F=ma$ การแก้ปัญหาข้อนี้ต้องอาศัยการเขียนแผนภาพแทนแรง (F.B.D.) ในการช่วยแก้ปัญหา และใช้สูตร $\Sigma F=ma$ โดยที่ ΣF แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ (N) m มวลของวัตถุ (kg) a ความเร่งวัตถุ (m/s^2)
ตัวอย่าง คำถามและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิด Heller and Holabaugh	*"ลูกบอล 0.5 kg ถูกเตะอัดกำแพงด้วยอัตราเร็ว 20 m/s แล้วกระดอนออกด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอลมีค่าเท่าใด"* *ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา* 1.1. เขียนแผนภาพแทนโจทย์แบบหยาบ ๆ  1.2 โจทย์ต้องการสิ่งใด (แนวคำตอบ โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอล) 1.3 หลักการที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบมีอะไรบ้าง (แนวคำตอบ การดล impulse)	*ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์* 2.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์  2.2 โจทย์ต้องการทราบ: $\Delta\vec{P}$ *2.3 วิธีการแก้ปัญหาใช้อย่างไร (แนวคำตอบ พิจารณาโมเมนตัมเริ่มต้นจาก $\vec{P}_1 = m\vec{u}$ และโมเมนตัมตอนกระดอน $\vec{P}_2 = m\vec{v}$ จากนั้นหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป โดยพิจารณาการรวมแบบเวกเตอร์จากสมการ $\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$*

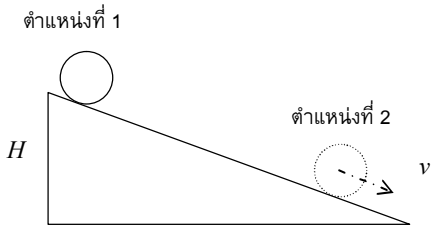
ตารางที่ 1 (ต่อ)

	ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา 3.1 ตัวแปรที่ไม่ทราบค่า: $\Delta\vec{P}$ 3.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับสมการที่นำมาใช้: การดลสามารถหาได้จาก $\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$ และ $\Delta\vec{P} = \sum \vec{F}\Delta t$ 3.3 สมการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา: ข้อนี้ควรเลือกใช้ $\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$ *ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้* (แนวคำตอบดังวิธีแสดง) จาก $\vec{P}_1 = m\vec{u} = 10\ kg \cdot m/s$ และ $\vec{P}_2 = m\vec{v} = 10\ kg \cdot m/s$ หา $\Delta\vec{P}$ โมเมนตัมที่เปลี่ยนไป $\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$ $\Delta P = P_2 + P_1$ จะได้ $\Delta P = 20\ kg \cdot m/s$	*ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ* 5.1 คำตอบที่ได้ถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ (แนวคำตอบ โจทย์ต้องการทราบ $\Delta\vec{P}$ โมเมนตัมที่เปลี่ยนไป ครบถ้วนแล้ว 5.2 คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่ (แนวคำตอบ ค่าของ $\Delta\vec{P}$ ที่ได้มีค่าเป็นบวก สอดคล้องกับทิศของแรงที่กระทำต่อลูกบอลที่มีทิศไปทางขวาเช่นกัน 5.3 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์หรือไม่ (แนวคำตอบ คำตอบที่ได้แสดงถึงขนาดและทิศทางรวมถึงหน่วย $kg \cdot m/s$ ที่ถูกต้อง
ตัวอย่าง คำถามและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิด Chekuri	*"ประจุบวก q มวล m เคลื่อนที่จากความเร็วต้น v_0 สวนทางกับสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าไรก่อนจะเริ่มเคลื่อนที่กลับ"* *ขั้นที่ 2 สร้างและวางแผนแก้ปัญหา* เขียนแผนภาพแก้ปัญหา พร้อมระบุรายละเอียด  *ขั้นที่ 3 จำแนกวิธีการที่หลากหลาย* แนวทางการแก้ปัญหา: แสดงวิธีการหาคำตอบ (แนวคำตอบดังนี้) จาก $\Sigma F = ma$: แรงทางไฟฟ้า $F = qE$ จะได้ $qE = ma$ $a = \frac{qE}{m}$ ____(1)	*ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา* โจทย์กำหนด: ประจุบวก q มวล m โจทย์ถาม: ประจุบวก q มวล m เงื่อนไขเพิ่มเติม: โจทย์ไม่ระบุทิศของสนามไฟฟ้าว่าเคลื่อนที่ไปทางใด ไม่ต้องคิดผลของน้ำหนักประจุ mg 

ตารางที่ 1 (ต่อ)

(ต่อ)	และจากกฎอนุรักษ์พลังงาน $E_1 + W = E_2$ $\frac{1}{2}mv_0^2 + FS = 0$ $v_0^2 = -2aS$ ___(2) แทน a ลงใน (2) จะได้ $s = \frac{mv_0^2}{2qE}$ 3.2 ตรวจสอบคำตอบว่าถูกต้องหรือไม่ (แนวคำตอบใช้วิธีวิเคราะห์มิติ) $[m] = \frac{[kg][m]^2[s]^{-2}}{[C][kg][m][s]^{-2}[C]^{-1}}$ $[m] = [m]$ เป็นจริง	3.3 การอธิบายคำตอบ (แนวคำตอบสมเหตุสมผล จากค่า S ที่ได้ พบว่าประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้มากหรือน้อยขึ้นกับมวลของประจุขึ้นกับความเร็วต้น และสุดท้ายที่ประจุจะต้องเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกับ $\vec{E}$ เพราะประจุบวกมีทิศตามสนามไฟฟ้า
ตัวอย่าง คำถามและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิด Ding and Harskamp	*"อิเล็กตรอนมีความเร็ว 2 x 10^7 m/s เข้าไปในสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะสองแผ่นที่ขนานกันและห่างกัน 1 cm ดังรูปจงหาค่าสนามไฟฟ้าที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากแผ่นโลหะคู่ขนานที่ปลายพอดี เมื่ออิเล็กตรอนมีประจุ 1.6 x 10^{-19} C และมีมวล 9.1 x 10^{-31} kg"*  *ขั้นที่ 1 การสำรวจปัญหา* จากโจทย์ที่กำหนด และสิ่งที่โจทย์ต้องการ พบว่า ความเร็วต้นแนวราบ: $u_x = 2 \times 1^7$ m/s ระยะทางในแนวราบ: $s_x = 2$ cm ระยะทางในแนวดิ่ง: $s_y = 0.5$ cm ระยะห่างระหว่างแผ่น: $d = 1$ cm มวลอิเล็กตรอน $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg ประจุอิเล็กตรอน $q = 1.6 \times 10^{-19}$ kg สนามไฟฟ้า $E = ?$ *ขั้นที่ 2 ประมวลความรู้*  ขั้นที่ 5 การตรวจสอบคำตอบ ขนาด E เป็นบวก สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีลักษณะโค้งลงสู่แผ่นโลหะแผ่นด้านล่าง ซึ่งเป็นประจุบวก และแผ่นประจุด้านบนเป็นประจุลบ และค่า E สมเหตุสมผล	ขั้นที่ 3 วางแผนในการแก้ปัญหา 1) การจะหาค่าสนามไฟฟ้าได้ต้องทราบว่าแรงทางไฟฟ้ามีค่าเท่าใด ซึ่งจากโจทย์ไม่ได้ระบุมาโดยตรง 2) ใช้กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน เนื่องจากว่าการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีความเร่ง 3) ความเร่งของอิเล็กตรอนเกี่ยวข้องกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ดังนั้นการจะทราบว่าสนามไฟฟ้ามีค่าเท่าใด ต้องคำนวณหา ความเร่ง เวลาที่ใช้ก่อน แล้วค่อยนำไปแทนค่าเพื่อหาค่าสนามไฟฟ้าต่อไป *ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผน* $t = \frac{s_x}{u_x} = \frac{2\times10^{-2}}{2\times10^{7}} = 1\times10^{-9}s$ $a = \frac{2s_y}{t^2} = \frac{2\times0.5\times10^{-2}}{(1\times10^{-9})^2} = 1\times10^{16}$ $F = ma = 9.1\times10^{-31}\times1\times10^{16} = 9.$ $E = \frac{F}{q} = \frac{9.1\times10^{-15}}{1.6\times10^{-19}} = 5.69\times10^{4}$ จะได้ว่า $E = 5.69\times10^{4}\ N/C$

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวอย่าง คำถามและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิด Rojas	*"ปล่อยทรงกระบอกตัน (โมเมนต์ความเฉื่อย $\frac{1}{2}mR^2$) ให้กลิ้งโดยไม่ไถลลงมาตามพื้นเอียงที่ระดับความสูง H จงหาอัตราเร็วที่ปลายล่างพื้นเอียงนี้"* *<u>ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา</u>* โจทย์ต้องการหา: ความเร็วปลาย v โจทย์กำหนดให้: โมเมนต์ความเฉื่อย $\frac{1}{2}mR^2$ *<u>ขั้นที่ 2 จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการแก้ปัญหา</u>* *เขียนแผนภาพพร้อมรายละเอียดที่สำคัญ*  *<u>ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา</u>* 	*<u>ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผน</u>* (แนวคำตอบดังวิธีที่แสดง) จาก $\sum E_1 = \sum E_2$ $mgH = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$ เนื่องจากเป็นการกลิ้งโดยไม่ไถล ดังนั้น $\omega = \frac{v}{R}$ แทนค่าได้ $v = \sqrt{\frac{2gH}{1+\frac{I}{MR^2}}}$ *<u>ขั้นที่ 5 พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ</u>* (แนวคำตอบ พลังงานที่ใช้เริ่มต้นเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง เปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่ใช้ในการกลิ้ง คำตอบที่ได้สมเหตุสมผล) *<u>ขั้นที่ 6 ตรวจสอบและประเมินคำตอบ</u>* (แนวคำตอบใช้วิธีการวิเคราะห์มิติ) $[m][s]^{-1} = \{\frac{[m][m][s]^{-2}[m]}{[kg]}\}^{\frac{1}{2}}$ $[m][s]^{-1} = [m][s]^{-1}$ เป็นจริง

ตารางที่ 2 สรุปการสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จากแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษาและตามแนวคิดของผู้เขียน

ลำดับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา						รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดนักฟิสิกส์ศึกษา	ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดผู้เขียน
	Larkin and Brackett (1976)	Heste-nse (1987)	Heller and Hola-baugh (1992)	Chekuri (1996)	Ding and Har-skamp (2007)	Rojas (2010)		
1	การอธิบาย	การอธิบาย	พิจารณาปัญหา	ทำความเข้าใจกับปัญหา	วิเคราะห์ปัญหา	ทำความเข้าใจปัญหา	**ขั้นที่ 1** ทำความเข้าใจกับปัญหา **ขั้นที่ 2** วิเคราะห์ปัญหา **ขั้นที่ 3** วางแผนแก้ปัญหา **ขั้นที่ 4** ดำเนินการตามแผน **ขั้นที่ 5** พิสูจน์ตรวจสอบขยายผลปัญหา	**ขั้นที่ 1** วิเคราะห์และวางแผน **ขั้นที่ 2** ปฏิบัติการแก้ปัญหา **ขั้นที่ 2** ตรวจสอบคำตอบ
2	การวางแผน	วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	สร้างและวางแผนแก้ปัญหา	ทำการสำรวจปัญหา	จัดเตรียมวิธีการแก้ปัญหา		
3	การตรวจสอบ	การหาผลลัพธ์	วางแผนแก้ปัญหา	คัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด	วางแผนแก้ปัญหา	วางแผนแก้ปัญหา		
4		การตรวจสอบคำตอบ	ดำเนินการแก้ปัญหา	ตรวจสอบคำตอบ	ดำเนินการทำตามแผน	ดำเนินการตามแผน		
5			ตรวจสอบผลลัพธ์	การอธิบายคำตอบ	ตรวจสอบคำตอบ	พิสูจน์ตรวจสอบความสอดคล้องสมการ		
6						ตรวจสอบและประเมิน		

บทสรุป

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์นั้นเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาโจทย์ทางฟิสิกส์ได้ง่ายขึ้น เพราะผู้เรียนสามารถวางแผนการคิดที่เป็นระบบ สามารถเชื่อมโยงกระบวนการคิดกับหลักการทางฟิสิกส์ ซึ่งจะนำไปสู่การค้นหาคำตอบทางฟิสิกส์ที่ถูกต้องและสมเหตุสมผลกับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาโจทย์ทางฟิสิกส์ที่เป็นระบบจะเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนนั้นมีแบบแผนการแก้ปัญหาและหากผู้เรียนทำจนเกิดความชำนาญจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเชื่อมั่นในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ อีกทั้งส่งผลให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีในการเรียนวิชาฟิสิกส์ได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

ศิลปชัย บูรณพานิช. (2545). *รายงานผลการวิจัยและพัฒนาการสร้างมโนทัศน์เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยใช้กิจกรรมการทดลองและสาธิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) [องค์การมหาชน]. (2560). *สรุปผลงานประจำปี 2560*. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2561, จาก Http://www.niets.or.th/

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). *สร้างสรรค์นักคิด: คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

Charles, R.I. and Lester, F.K. (1982). *Teaching problem solving: What, why and how*. Palo Alto, CA: Dale Seymour.

Chekuri. (1996). *Profile-driven instruction level parallel scheduling with application to super blocks*. Addison Wesley. Reading, MA.

Cummings, A.L. and Curtis, K. (1992). Social problem solving cognitions and strategies of student teachers. *The Alberta Journal of Educational Research, 38*(4): 255-268.

Ding, N. and Harskamp, E. (2007). Structured collaboration versus individual learning in solving physics problems. *International Journal of Science Education, 28*(14): 1669-1688.

Foshay, A. W. (1998). Problem solving and the arts. *Journal of Curriculum and Supervision, 13*(4): 328- 338.

Foong, P.Y. (2007). Problem solving in mathematics. In *Teaching primary school mathematics: a resource book*. Lee Peng Yee. Singapore:McGraw-Hill Education (Asia).

Foshay, A.W. (1998). *Problem solving and the arts. Journal of Curriculum and Supervision, 13*(4): 328- 338.

Gök, T. and Silay. (2010). The effects of problem solving strategies on students' achievement, attitude and motivation. *Latin-American Journal of Physics Education, 4*(1): 7-21.

Hestenes, H. (1987). *Toward a modeling theory of physics instruction. American Journal of Physics, 55*(5): 440-454.

Heller and Holabaugh. (1992). *The competent problem for solver for introductory physics*. New York: Primis Coustom Publishing.

Krulik, S. and Rudnick, J.A. (1996). *The new sourcebook for teaching reasoning and problem solving in junior and senior high school*. Boston: Allyn and Bacon.

Larkin, J.H. and Brackett, G.C. (1976). Teaching general learning and problem-solving skills. *American Journal of Physics, 44*(3): 212-217.

Meng, E. and Doran, R.L. (1933). Improving instruction and learning through evaluation elementary school science. *Columbus, Ohio: ERIC*: 33.

Portoles, J.S. and Lopez, V.S. (2008). Types of knowledge and their relation to problem solving in science: Direction for practice. *Education Science Journal, 6*: 105-112.

Polya, G. (1957). *How to solve it*. 2nd ed. New York: Doubleday Anchor Books.

Rojas, S. (2010). On the teaching and learning of physics problem solving. Rev. Mex. *F´ıs, 56*(1): 22–28.