ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลด้วยค่าดัชนีหักเหของแสง

สายรุ้ง ซาวสุภา

สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
E-mail: sairoong.s@chula.ac.th

รับบทความ: 7 มิถุนายน 2559 ยอมรับตีพิมพ์: 26 กันยายน 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างชุดทดลองหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลด้วยค่าดัชนีหักเหของแสงชุดทดลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสงอย่างง่าย คือ เลเซอร์พอยเตอร์ แผ่นโปรแทรคเตอร์สำหรับวัดมุมทางเรขาคณิต และจานเพาะเชื้อครึ่งวงกลมสำหรับใส่สารละลายน้ำตาล สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล (ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) กับค่าดัชนีหักเหของแสงจากกราฟที่ได้สามารถใช้หาความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้นได้ นอกจากนี้เมื่อนำชุดทดลองนี้ไปใช้ประกอบการสอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 รายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 30 คน พบว่า การสอนโดยใช้ชุดทดลองนี้ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์เรื่อง การหักเหแสงคิดเป็นร้อยละ 74.17 สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองประกอบการสอนในระดับดี ชุดการทดลองนี้จึงเหมาะอย่างมากสำหรับใช้เป็นสื่อการสอนบูรณาการเรื่องแสงและความเข้มข้นของสารละลาย

คำสำคัญ: ชุดทดลอง ดัชนีหักเหของแสง ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล

Simple Experimental Set for Measuring Sugar Solution Concentration with Refractive Index of Light

Sairoong Saowsupa

Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330 Thailand
E-mail: sairoong.s@chula.ac.th

Received: 7 June 2016 Accepted: 26 September 2016

Abstract

This research aimed to design and fabricate an experimental set for measuring the concentration of sugar solution by using refractive index of light. The apparatus for this experiment were composed of a simple light source, laser pointer, a protractor sheet for measuring geometric angles, and a semicircle petri dish containing the sugar solution. A line graph of the concentrations of sugar solution (%w/v), and refractive indices of light was created. The graph can be used to determine the concentration of unknown sugar solution. Moreover, 30 grade 11st secondary students were taught using this experimental set. The finding indicated that concepts of refraction of light was at 74.17 percent which was higher than criterion at .05 level of significance, and students' satisfaction was good. With a simple apparatus to measure refractive indices used for determining the concentrations of sugar solution, this set of experiment was highly suitable as a teaching material for the integration of light and concentration concepts.

Keywords: Experimental set, Refractive index of light, Concentration of sugar solution

บทนำ

องค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติหรือยูเนสโก (UNESCO) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21 โดยจัดให้มีการประชุมนานาชาติ เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ระหว่างกลุ่มคนต่างๆ ทั่วโลก จนกระทั่งได้ข้อสรุปแนวทางการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 โดยมีสาระสำคัญตอนหนึ่งที่กล่าวถึง“สี่เสาหลักทางการศึกษา” ซึ่งประกอบด้วยการเรียนรู้ 4 ลักษณะ ได้แก่ การเรียนเพื่อรู้ (learning to know) การเรียนรู้เพื่อปฏิบัติได้จริง (learning to do) การเรียนรู้เพื่อที่จะอยู่ร่วมกันและการเรียนรู้ที่จะอยู่ร่วมกับผู้อื่น (learning to live together) การเรียนรู้เพื่อชีวิต (learning to Be) สี่เสาหลักทางการศึกษามีความสำคัญในฐานะที่เป็นหัวใจของเป้าหมายและการจัดการศึกษาทุกระดับ ซึ่งเป้าหมายการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของนักเรียนประกอบด้วย 4 ด้านดังนี้ มุ่งหวังให้นักเรียนมีวิธีการคิดระดับสูง มีวิธีการเรียนรู้และเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ มีทักษะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทักษะทางสังคม และตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และมีคุณลักษณะสมรรถนะที่พึงประสงค์ (Wongyai, 2010)

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมาย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้) ด้านเจตคติในวิชาวิทยาศาสตร์ (คุณลักษณะด้านความสนใจ ความเข้าใจและเห็นคุณค่า ค่านิยม และความเชื่อ) และด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (ทักษะและความสามารถในการออกแบบและวางแผน การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล และการนำไปใช้) (Chewapreecha, 1994) ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงต้องคำนึงถึงองค์ความรู้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนต้องมีความรู้ความสามารถในการวางแผน สร้าง วิเคราะห์ และใช้เครื่องมือเพื่อวินิจฉัยคุณลักษณะและศักยภาพของผู้เรียนให้ตรงตามสภาพความเป็นจริง กิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้ผู้เรียนเป็นฝ่ายปฏิบัติ วิเคราะห์และสรุปผลด้วยตนเองเพื่อให้การเรียนการสอนครอบคลุมทั้งด้านพุทธิพิสัย เจตพิสัย และทักษะพิสัย (Office of the National Education Commission,1998) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีลักษณะพิเศษแตกต่างจากสาขาวิชาอื่น ๆ คือวิชาวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการทดลอง ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือต่าง ๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นกับครูผู้สอนเมื่อได้สอนเนื้อหาที่ยาก โดยเฉพาะมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมมากหรืออธิบายแล้วนักเรียนไม่สามารถจินตนาการตามได้ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ

ธรรมชาติของวิชาเคมีเกี่ยวข้องกับโลกที่มีระดับเล็กกว่าโมเลกุล (sub-microscopic world) เช่น อิเล็กตรอน อะตอม โมเลกุล หรือไอออน ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้รวมทั้งสิ่งที่สังเกตได้หรือโลกของปรากฏการณ์ (phenomenological world) ล้วนแต่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม เช่น ปริมาณสารสัมพันธ์ โดย BouJaoude and Barakat (2003) พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในห้าหัวข้อ ได้แก่ โมล สารกำหนดปริมาณ หลักที่ถือว่าสิ่งต่าง ๆ ไม่มีสูญหายไป ปริมาตรต่อหนึ่งโมลของแก๊สที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์โนสมการ นอก-

จากนี้การเรียนวิชาเคมีในหัวข้อเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ยังพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและยากในการทำความเข้าใจในมโนทัศน์ (concept) เกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลายและโมลาริตี (Anamuah-Mensah, 1986; Gabel and Bunce, 1994, Gabel and Samuel, 1986) ปัญหานี้เกิดขึ้น บ่อยครั้งในวิชาเคมี

เมื่อพิจารณาในวิชาฟิสิกส์โดยเฉพาะเรื่องแสง มโนทัศน์ที่เป็นพื้นฐานของเรื่องนี้คือการสะท้อนการหักเหการเลี้ยวเบนและการแทรกสอด ซึ่งมโนทัศน์ดังกล่าวมีความสำคัญมากในการเรียนรู้เรื่องแสง พบว่า ในการสอนเรื่องนี้ครูมักใช้การอธิบายโดยใช้รูปภาพในหนังสือและวาดภาพบนกระดานประกอบการสอน แต่บางครั้งพบว่าภาพที่วาดบนกระดานไม่ถูกต้องตรงตามมโนทัศน์ที่เป็นจริง ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและไม่เกิดการจินตนาการในการเรียนรู้เรื่องแสง จึงอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายไม่สนใจการเรียน เกิดเจตคติที่ไม่ดีกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ในการจัดการเรียนการสอนครูมักสอนเนื้อหาหรือมโนทัศน์ต่าง ๆ แบบแยกส่วน ไม่มีการเชื่อมโยงมโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันหรือไม่มีการบูรณาการมโนทัศน์ต่าง ๆ และยังขาดการเชื่อมโยงมโนทัศน์เหล่านั้นสู่ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกหรือชีวิตประจำวัน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หากครูสามารถสร้างสื่อการสอนที่ดีและใช้ให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจะทำให้การสอนมโนทัศน์ที่ยากเป็นเรื่องที่สามารถมองเห็นได้เป็นรูปธรรม ง่ายต่อการทำความเข้าใจ แต่ปัญหาที่พบอยู่มาก คือการขาดแคลนสื่อการสอนวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และงบประมาณในการจัดหาสื่อการสอน (Nasanee, 2005; Yoo et al., 2009)

จากการศึกษาค้นคว้าพบงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างสื่อการสอนเรื่องแสงอยู่จำนวนหนึ่ง อาทิ Yoo et al. (2009) ได้เสนอเทคนิคใหม่ในการสอนความรู้พื้นฐานเรื่องการหักเหและการสะท้อนของแสงสำหรับนักเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษาโดยใช้ปริซึม น้ำมันชนิดต่าง ๆ และถังใส่น้ำ พบว่า เทคนิคอย่างง่ายนี้ช่วยให้สามารถสังเกตการหักเหของแสงผ่านตัวกลางที่แตกต่างกันสองชนิดที่มีค่าดัชนีหักเหที่ต่างกัน นอกจากนี้ Wong and Mak (2008)ได้อธิบายการออกแบบอุปกรณ์อย่างง่ายที่ผลิตขึ้นเองสำหรับวัดดัชนีหักเหของของเหลวและการสาธิตการหักเหของแสงโดยใช้ถังพลาสติกใสครึ่งวงกลม ถาดกลมแบ่งเป็นช่อง ๆ และเลเซอร์พอยเตอร์ โดยติดตั้งเลเซอร์พอยเตอร์บนถาดกลมแบ่งเป็นช่อง ๆ โดยให้แสงเลเซอร์ชี้ไปทางจุดศูนย์กลางของถังพลาสติก ค่าดัชนีหักเหของแสงของของเหลวชนิดต่าง ๆ จากการทดลองสอดคล้องกับค่าดัชนีหักเหจากเอกสารอ้างอิง และ Mital (2010) ศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำตาลต่อค่าดัชนีการหักเห โดยใช้เลเซอร์พอยเตอร์ ปริซึมกลวง กระบอกตวง กรวยพลาสติก โฟมบล็อก และไม้บรรทัด โดยผ่านแสงเลเซอร์ไปยังปริซึมกลวงและบันทึกค่าที่แสงตกกระทบบนสเกลของไม้บรรทัด นำค่าที่ได้ใช้ในการคำนวณค่าระยะการหักเห พบว่า สารละลายน้ำตาลที่เข้มข้นมากมีระยะการหักเหมากขึ้นด้วยแสดงว่า ค่าดัชนีหักเหมากขึ้นด้วย ส่วน Tamanon and Wititanun (2013) รายงานการออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวชุดทดลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ กล่องกระจกใสสำหรับใส่ของเหลว กระจกเงาสะท้อนแสง และฉากสำหรับหา

ตำแหน่งการหักเหของแสงเลเซอร์ พบว่า ค่าดัชนีการหักเหของของเหลวจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ กลีเซอรีน และเอทิลแอลกอฮอล์ มีค่า ประมาณ 1.30 – 1.33, 1.43 – 1.49 และ 1.26 – 1.27 ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการสร้างอุปกรณ์ที่เป็นสื่อการสอนที่บูรณาการมโนทัศน์ เรื่อง การหักเหแสงและการหาความเข้มข้นของสารละลายขึ้นมา อุปกรณ์ชุดนี้สามารถใช้สาธิตปรากฏการณ์พื้นฐานของคลื่นแสงที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลายหลาย ๆ ค่า เมื่อนำไปใช้แล้วนักเรียนจะต้องเกิดจินตนาการตามเหตุการณ์ที่สาธิต และเมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายและค่าดัชนีหักเหจะทำให้ง่ายต่อการหาความเข้มข้นของสารละลายที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้นแต่ทราบค่าดัชนีหักเห จากการใช้ชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น และคาดหมายว่านักเรียนจะเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้นด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างชุดทดลองอย่างง่ายเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลด้วยการวัดค่าดัชนีหักเหของแสง สำหรับชุดทดลองนี้เหมาะสำหรับเป็นสื่อการสอนสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยเป็นการบูรณาการความรู้ฟิสิกส์และเคมีเข้าด้วยกัน ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้ง่าย และใช้อุปกรณ์ราคาถูก

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับหาค่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลด้วยค่าดัชนีหักเหของแสง

วิธีการสร้างชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับหาค่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลด้วยค่าดัชนีหักเหของแสง

วัสดุ/อุปกรณ์และสารเคมี

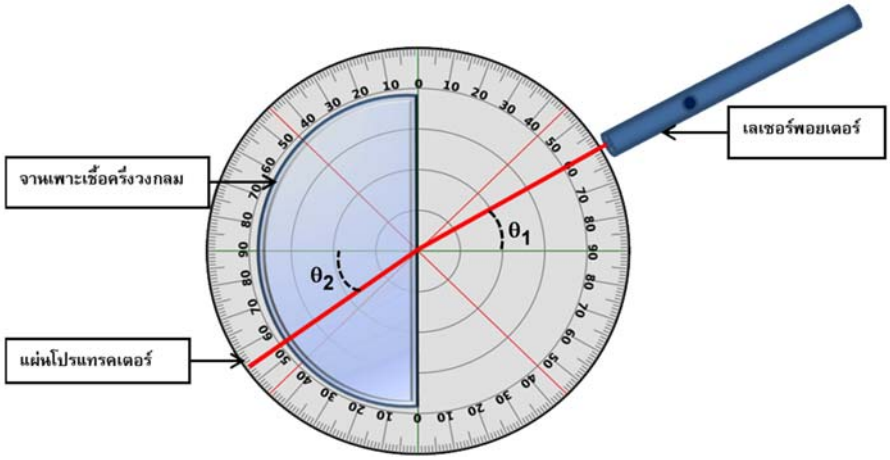
1. เลเซอร์พอยเตอร์ แสงสีแดง
2. แผ่นโปรแทรคเตอร์สำหรับวัดมุมทางเรขาคณิตเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร
3. จานเพาะเชื้อครึ่งวงกลมขนาด 15 × 100 มิลลิเมตรสำหรับใส่สารละลายน้ำตาล
4. สารละลายน้ำตาลที่เข้มข้น 10 20 30 40 และ 50%w/v

วิธีทำ

1. *เตรียมความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล*: เตรียมสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50%w/v หรือร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรโดยชั่งน้ำตาลปริมาณ 10.00 20.00 30.00 40.00 และ 50.00 กรัม ตามลำดับ ใส่ในบีกเกอร์แล้วละลายด้วยน้ำปริมาณเล็กน้อย จากนั้นเทสารละลายน้ำตาลที่ได้ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนทำให้สารละลายมีปริมาตรรวมเท่ากับ 100 มิลลิลิตร เขย่าขวดวัดปริมาตรเพื่อให้น้ำตาลละลาย คำนวณความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลในหน่วยโมลาร์หรือโมลต่อลิตร (มวลโมเลกุลของน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 342 กรัมต่อโมล) และบันทึกผลการคำนวณ

2. *วัดค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาล*: วัดมุมหักเหของสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน คือ 10 20 30 40 และ 50%w/v และใช้อุปกรณ์สำหรับหาค่าดัชนีหักเหดังในภาพที่ 1 เมื่อจะวัดมุมหักเหของสารละลายให้บรรจุสารละลายน้ำตาลที่จะวัดค่าดัชนีหักเหลงในจานเพาะเชื้อครึ่งวงกลม จากนั้นเปิดสวิตซ์แสงเล-

เซอร์ (ข้อควรระวัง! ในการใช้เลเซอร์ ไม่ควรส่องแสงเลเซอร์โดยตรงไปที่ดวงตาเนื่องจากรังสีอาจมีอันตรายแก่สายตา) ปรับมุมหักเหของแสงเลเซอร์ไปที่ 40 50 และ 60 องศา ตามลำดับ จากนั้นอ่านค่ามุมหักเหของแสงที่ผ่านอากาศ (ตัวกลางที่ 1, θ_1) และสารละลายน้ำตาล (ตัวกลางที่ 2, θ_2) คำนวณหาค่าดัชนีหักเหและบันทึกผลการทดลองลงในตาราง 1 จากนั้นสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล (mol/L) กับค่าดัชนีหักเหของแสง ดังในภาพที่ 1 เมื่อได้กราฟมาตรฐานแล้ว สามารถใช้กราฟนี้สำหรับเปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลตัวอย่าง (unknown) ที่ได้และทำนายค่าความเข้มข้นของสาร ละลายตัวอย่าง



ภาพที่ 1 อุปกรณ์อย่างง่ายสำหรับวัดค่าดัชนีหักเหของแสง

การนำชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลด้วยค่าดัชนีหักเหของแสงไปประกอบการจัดการเรียนการสอน

การนำชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้นดังในภาพที่ 4 ไปใช้ประกอบการเรียนการสอนโดยเฉพาะเรื่อง การหักเหของแสง ในรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 จำนวน 30 คน ชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้สามารถบูรณาการกับเนื้อหารายวิชาเคมีเกี่ยวกับการหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละและโมลต่อลิตรได้ โดยมีแนวทางดังนี้ เมื่อนักเรียนมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับปริมาณสารสัมพันธ์เรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลายมาแล้ว สามารถใช้ชุดทดลองนี้เพื่อนำไปสู่มโนทัศน์ดัชนีหักเหของแสงและกฎของสเนลล์ (Snell's law) โดยจากตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง ครูสามารถนำอภิปรายโดยตั้งคำถามจากข้อมูลในตารางบันทึกผล (ตาราง 1) เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับมโนทัศน์ดัชนีหักเหของแสง กฎของสเนลล์ และความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับค่าดัชนีหักเหของแสงด้วย จากนั้นตรวจสอบมโนทัศน์เรื่อง การหักเหของแสงด้วยแบบวัดมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยมีลักษณะเป็นปรนัย *4* ตัวเลือกแบบสองตอน (two-tier multiple choice format) ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงเนื้อหา ส่วนตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบของ

ตอนที่ 1 จำนวน 10 ข้อและได้รับการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านซึ่งเป็นครูที่สอนรายวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา นักการศึกษา และอาจารย์มหาวิทยาลัยที่สอนรายวิชาฟิสิกส์ วิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ โดยตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.22 – 0.61 ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับโดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาร์คได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.82 โดยก่อนนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาโดยทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา ทดสอบมโนทัศน์นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องการหักเหของแสงหลังจากดำเนินการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้น โดยกำหนดเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์จากคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 อยู่ในระดับดี [พิจารณาจากเกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (Ministry of Education, 2008)] และตรวจสอบความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดทดลองนี้ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ด้านกายภาพและด้านการใช้งาน โดยวัดระดับความพึงพอใจต่อชุดทดลองนี้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด ระดับ 4 หมายถึง มาก ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง น้อย และระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด ตามลำดับ

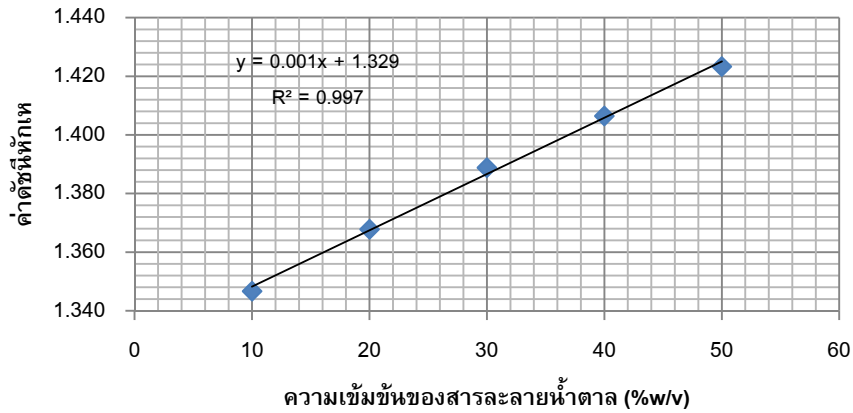
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ชุดทดลองหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลโดยการใช้ดัชนีหักเหของแสงที่ออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงอย่างง่าย คือ เลเซอร์พอยเตอร์ แผ่นโปรแทรคเตอร์ และจานเพาะเชื้อครึ่งวงกลมสำหรับใส่สารละลายน้ำตาล โดยแสดงตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 บันทึกผลการทดลอง

ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล (%w/v)	ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล (mol/L)	มุมหักเหของแสงผ่านตัวกลางที่ 1 (อากาศ) (θ_1, องศา)			มุมหักเหของแสงผ่านตัวกลางที่ 2 (สารละลายน้ำตาล) (θ_2, องศา)			ดัชนีหักเหเฉลี่ย (n)
10	0.292	40	50	60	28.5	34.7	40.0	1.348
20	0.586	40	50	60	28.0	34.0	39.4	1.368
30	0.877	40	50	60	27.6	33.5	38.5	1.389
40	1.700	40	50	60	27.2	33.0	38.0	1.407
50	1.462	40	50	60	26.8	32.6	37.5	1.424

จากตาราง 1 พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีหักเหของแสงจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากตัวกลางที่มีความเข้มข้นมากจะมีอนุภาคอยู่หนาแน่นทำให้ดัชนีหักเหของแสงมากขึ้นและเมื่อสร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล (%w/v) กับค่าดัชนีหักเหของแสงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล (%w/v) กับค่าดัชนีหักเหของแสง

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล (x) กับค่าดัชนีหักเหของแสง (y) สามารถใช้หาความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้น (unknown)ได้ เมื่อพิจารณากราฟดังกล่าวได้สมการคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์เป็น

$$y = ax + b$$

โดยที่ $a = 0.001$

$b = 1.329$

เมื่อ a คือ ค่าคงตัวที่แสดงความชันหรือเกรเดียนต์ของเส้นตรง ส่วน b คือ ระยะตัดแกน y และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ค่า r ควรเข้าใกล้ 1 หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ไม่น้อยกว่า 0.995 ซึ่งจากกราฟค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.997 นั่นคือกราฟเส้นตรงที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูล ดังนั้นถ้าทราบค่าดัชนีหักเหของแสงของสารละลายน้ำตาลที่ไม่ทราบความเข้มข้น (unknown) จากการใช้ชุดทดลองนี้ เมื่อพิจารณาจากกราฟจะสามารถทราบค่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลดังกล่าวได้ และเมื่อนำชุดการทดลองนี้ไปใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องการหักเหแสงหลังเรียนด้วยการใช้ชุดทดลองนี้สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังในตาราง 2

เมื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นนี้โดยคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงในตาราง 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองนี้ทั้งด้านกายภาพและการใช้งานมีค่า 4.40 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

สรุปผลการวิจัย

ชุดทดลองอย่างง่ายที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้สามารถช่วยให้นักเรียนสังเกตการหักเหของแสงได้จากตัวกลางสองชนิด คือ สารละลายน้ำตาลและอากาศ ซึ่งมีค่าดัชนีหักเหที่แตกต่างกัน และได้เรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกับค่าดัชนีหักเหของแสงและสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาฟิสิกส์และเคมีได้ส่งผล

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของมโนทัศน์เรื่องการหักเหของแสง

มโนทัศน์เรื่อง	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ					
		$\bar{x}$	SD	Max	Min	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	*t*-test
การหักเหของแสง	20	14.83	1.37	18	15	74.17	3.34*

*$p < 0.05$

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความพึงพอใจต่อชุดทดลองหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลด้วยค่าดัชนีหักเหของแสง

รายการ	**ค่าสถิติ**		
	$\bar{x}$	**SD**	**ระดับความพึงพอใจ**
1. ด้านกายภาพ: ชุดทดลอง	4.40	0.63	มาก
1.1 มีขนาดและลักษณะกะทัดรัด พอเหมาะต่อการใช้งาน	4.14	0.70	มาก
1.2 มีความแข็งแรง	4.62	0.65	มาก
1.3 เหมาะสมต่อการใช้งาน	4.62	0.65	มาก
1.4 ง่ายต่อการเก็บรักษา	4.75	0.68	มาก
1.5 วัสดุที่นำมาสร้างชุดทดลองหาง่าย ราคาถูก	4.77	0.62	มาก
2. ด้านการใช้งาน: ชุดทดลอง			
2.1 ติดตั้งได้ง่าย	4.26	0.66	มาก
2.2 สามารถอ่านค่ามุมหักเหจากตัวกลางที่ 2 ได้ง่าย	4.11	0.78	มาก
2.3 ความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหารายวิชา	4.35	0.78	มาก
2.4 การเรียนโดยใช้ชุดทดลองนี้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาเพิ่มขึ้น	4.21	0.65	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.40	0.66	มาก

ให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้หรือได้รับประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะ

อุปกรณ์ที่ใช้สามารถหาได้ง่าย ราคาถูก ขนาดกะทัดรัดเหมาะสำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะสำหรับการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นอกจากนักเรียนจะได้เรียนรู้ทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้องแล้ว ยังได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ อีกด้วย นอกจากนี้ มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกับค่าดัชนีหักเหของแสงนี้สามารถที่จะประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อไป อาทิ นำมโนทัศน์นี้ไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เช่น การควบคุมปริมาณน้ำตาลในไวน์ผลไม้

เอกสารอ้างอิง

Anamuah-Mensah, J. (1986). Cognitive strategies used by chemistry students to solve volumetric analysis problems. **Journal of Research in Science Teaching** 23(9): 759–769.

BouJaoude, S., and Barakat, H. (2003). Students' problem solving strategies in stoichiometry and their relationships to conceptual understanding and learning approaches. **Electronic Journal of Science Education** 7(3): 1–42.

Chewapreecha, T. (1994). **The Teaching Series of Essence and Scientific Method unit 13rd – 15th**. Bangkok: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)

Gabel, D. L., and Bunce, D. M. (1994). Research on problem solving: Chemistry. In Grabel, D. L. (ed.), **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**. New York: Macmillan.

Gabel, D. L., and Samuel, K. V. (1986). High school students' ability to solve molarity problems and their analogue counterparts. **Journal of Research in Science Teaching** 23(2): 165–176.

Ministry of Education. (2008). **Guide to Learning Area of Science According to the Basic Education Curriculum B.E. 2551**. Bangkok: Educational Technique Department. Ministry of Education. (in Thai)

Mital, K. S. (2010). Measuring the Effect of sugar concentration on the refractive index of water using a home-made laser refractometer. **Project Summary of California State Science Fair**. California.

Nasanee, A. (2005). **A Study of States, Problems and Solutions in Science Teaching of Teachers along with Learning Reform in Private Islamic Schools**. Master's Thesis of Science Education. Bangkok: Department of Secondary Education, Chulalongkorn University. (in Thai)

Office of the National Education Commission. (1998). **8th National Education Development Plan (B.E. 2540 – 2544)**. Bangkok: Author. (in Thai)

Refractive index. (2015). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Refractive_index, November 5, 2015.

Tamanon, P., and Wititanun, N. (2013). Measurement of refractive index of liquid by refracted light technique. **Proceeding of the 14th Graduate Research Conference** Khon Kaen: Khon Kaen University. (in Thai)

Wong, S. L., and Mak, S. (2008). Investigative studies of refractive indices of liquids and a demonstration of refraction by the use of a laser pointer and a lazy Susan. **Physics Education** 43(2): 198.

Wongyai, W. (2010). Innovative Learning in New Paradigm. **Handout for Ph.D. Stu-**

dents in Division of Research and Curriculum Development. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

Yoo, J. H., Cho, B. H., Kim, D. K., and Park, S. H. (2009). A new technique to teach basic concepts of refraction and reflection of light. **Proceeding of 11th Education and Training in Optics and Photonics Conference**. St. Asaph, UK.

บทความนี้มีข้อมูลเสริม (supplementary data) อยู่บนเว็บไซต์ของวารสาร ได้แก่ ตัวอย่างแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง การหักเหของแสง และตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อชุดทดลอง