

# การพัฒนาอุปกรณ์เพื่อศึกษาค่าความร้อนของปฏิกิริยาด้วยตัวตรวจวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลพร้อมโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติด้วย IoT บน Smartphone สำหรับห้องปฏิบัติการเคมี

## Development of an Apparatus for Educational Heat of Reaction in Chemical Laboratory with Digital Thermal Sensor and IoT on Smartphone

จิราพร ช่อฉณี<sup>1\*</sup>, ปัทมา วุฒิสัมย์<sup>2</sup>, ภัทราวดี พันธุ์ทอง<sup>2</sup>, ภัทราภรณ์ เสือแก้ว<sup>2</sup> และศุภกร กตาทิการกุล<sup>3</sup>

Jiraporn Chomanee<sup>1\*</sup>, Pattama Wuttisamai<sup>2</sup>, Patharawadee Puntong<sup>2</sup>, Pattaraporn Suakaew<sup>2</sup>

and Supagone Katathikarnkul<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

การศึกษาค่าความร้อนของปฏิกิริยามีความสำคัญเป็นอย่างมากในสาขาวิชาเคมี ส่งผลต่อการสร้างความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของปฏิกิริยา(เอนทัลปี)พลังงานและสมดุลเคมี ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดแคลอริมิเตอร์โดยใช้ตัวตรวจวัดการเปลี่ยนของอุณหภูมิอัตโนมัติ เพื่อวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในปฏิกิริยาด้วย Thermo Sensor และบอร์ด ESP8266 NodeMCU ที่มีอุปกรณ์ควบคุม IoT โดยแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk บน Smartphone ข้อมูลการทดลองแสดงผลในรูปแบบของเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนที่สามารถระบุประเภทของปฏิกิริยาแบบคายความร้อนหรือปฏิกิริยาคูดความร้อนและปริมาณความร้อนของปฏิกิริยา ทั้งนี้เครื่องมือสามารถแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนและเวลาแบบต่อเนื่องอัตโนมัติตามเวลาจริงบนคอมพิวเตอร์เพิ่มความสะดวกในกระบวนการทดลอง มีค่าความแม่นยำที่ร้อยละ 96.44

**คำสำคัญ:** ความร้อนของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อน เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิอินเทอร์เนตในทุกสิ่ง

### Abstract

The study of the heat created during chemical reaction is important in order to get to the basic understanding of the heat of reaction (reaction enthalpy), bound enthalpy and chemical equilibrium. In this research, a calorimeter was developed by using a digital thermal sensor to measure the thermal

<sup>1</sup> อ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

<sup>2</sup> นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรการศึกษามัธยมศึกษา วิชาเอกเคมี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

<sup>3</sup> นักวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

<sup>1</sup> Lecturer, Dr., Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand

<sup>2</sup> Undergraduate Student, Bachelor of Education Program, Major in Chemistry, Faculty of Education, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand

<sup>3</sup> Scientist, Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand

\* Corresponding author : Tel.: 0814798992. E-mail address: chomanee\_j@yahoo.co.th

(Received: April 20, 2020; Revised: October 19, 2020; Accepted: October 27, 2020)

change during the chemical reaction and using a NodeMCU ESP8266 board with IoT controller to send the data to Blynk application on smartphone to be displayed, tracked, and recorded. The thermal changing data will be displayed in graph which will specify reaction type; endothermic or exothermic reaction, and show the amount of the heat during the reaction. In addition, this is a real-time thermal changing data collection instrument that can also send the data directly to a personal computer. It will simplify the experiment process and reduce data collection error from observer with percent accuracy of 96.44.

**Keywords:** Heat of Reaction, Enthalpy, Thermal Sensor, Internet of Thing (IoT)

## บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีเครื่องมือ เครื่องใช้ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิถีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย และมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge Based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม [1]

IoT (Internet of Things) คือแนวความคิดที่ว่าสิ่งของทุกสิ่งทุกอย่าง (Things) ที่อยู่รอบตัวเราในชีวิตประจำวัน สามารถเชื่อมต่อกัน สื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ ผ่านเครือข่ายไร้สาย (Internet) [2] ปัจจุบันได้มีการนำ IoT มาใช้ในหลากหลายรูปแบบ แต่โดยส่วนใหญ่จะไม่ได้ใช้โดยตรงกับการเรียนการสอน แต่จะเป็นการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยสร้างประสบการณ์หรือนำเสนอข้อมูลในสถานการณ์นอกห้องเรียน ในปัจจุบันการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีทฤษฎีและเนื้อหามากมาย ซึ่งการจัดการเรียนการสอนด้วยการบรรยายเพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจ เกิดความสับสนในเนื้อหา จนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแนวใหม่ เป็นการนำแนวคิด วิธีการ กระบวนการ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ช่วยพัฒนาการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพตรงตามเป้าหมายของหลักสูตร ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ ผ่านการใช้นวัตกรรม [3] หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.2 ให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ [1] ทั้งนี้ความร้อนและการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร ได้ถูกออกแบบให้เรียนรู้ผ่านปฏิบัติการ “การศึกษาความร้อนของปฏิกิริยา” ซึ่งเป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ในขั้นสูงเกี่ยวกับอุณหพลศาสตร์และจลนศาสตร์ การศึกษาค่าความร้อนทำได้โดยการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีหรือมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งอาศัยชุดเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า “แคลอริมิเตอร์ (Calorimeter)” [4] โดยเครื่องมือดังกล่าว

มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นผู้สอนปฏิบัติการจึงมีการดัดแปลงเป็นแคลอริมิเตอร์อย่างง่าย โดยมีภาชนะสำหรับบรรจุของเหลวและใช้เทอร์โมมิเตอร์เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ทั้งนี้ภาชนะที่ใช้เพื่อบรรจุสารต้องมีคุณสมบัติในการเก็บรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม เป็นระบบโคเคียว (Isolate System) [4] โดยมีการพัฒนากระดิกน้ำร้อนสุญญากาศร่วมกับเทอร์โมมิเตอร์เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน [5] อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติยังต้องมีข้อจำกัดของชุดเครื่องมือ เนื่องจากในการทดลองยังคงต้องใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการตรวจวัดและติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งจะต้องสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งในทางปฏิบัติการอ่านค่าอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากการการสั่นสะเทือนของเทอร์โมมิเตอร์ไม่สามารถทำได้ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ คณะวิจัยได้ประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ (Digital Thermo Sensor, DTS) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางความร้อน ซึ่งสามารถตรวจวัดและติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของของเหลวที่เวลาใดๆ ผ่านกราฟการเปลี่ยนแปลงด้วยโปรแกรม PLX-DAQ บนหน้าจอกอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า การแสดงผลข้อมูลผลการทดลองในรูปแบบอัตโนมัติผ่านกราฟช่วยเสริมความเข้าใจและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับที่ดีมาก [6] นอกจากนี้แคลอริมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการทั่วไปยังคงมีการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อระดับความแม่นยำของเครื่องมือ โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ คณะวิจัยประดิษฐ์ตัวเครื่องแคลอริมิเตอร์ โมเดล 1 โดยการใช้สาร Polyurethane (PU) ระหว่างโลหะทองเหลืองและภาชนะชั้นนอกเพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อน พร้อมโปรแกรมสำหรับจุฬารูปอัตโนมัติในการแสดงปริมาณความร้อนของปฏิกิริยาจากการทดลองบนหน้า LCD เพิ่มความสะดวกให้กับผู้เรียนในการทำทดลองและเพื่อใช้ข้อมูลในการตรวจสอบค่าที่ได้จากการทดลองและจากทฤษฎี [7] แต่อย่างไรก็ตามชุดทดลองดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในกรณีของกลุ่มผู้เรียนขนาดใหญ่ ที่ต้องมีการสังเกตผลการทดลองผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว และการทดลองที่ต้องมีการใช้สารในสถานะของเหลว เมื่อผู้เรียนต้องทำปฏิบัติการด้วยการต่อชุดอุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ จึงเกิดความยุ่งยาก มีโอกาสเกิดความเสียหายของเครื่องมือ ทั้งนี้จากสภาพปัญหาข้างต้น งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดเครื่องมือตรวจวัดความร้อนของปฏิกิริยาที่มีการตรวจวัดอุณหภูมิพร้อมโปรแกรมอัตโนมัติทั้งบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟน เพื่อความสะดวก แม่นยำ ของชุดอุปกรณ์ สำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเคมี และสามารถรองรับการเรียนการสอนปฏิบัติการในรูปแบบออนไลน์ ช่วยลดความเสี่ยงการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

## วิธีการดำเนินการ

### 1. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

#### 1.1 เครื่องมือ

##### 1.1.1 กล้องบรรจุพลาสติก

##### 1.1.2 โฟม Polyurethane

##### 1.1.3 แผ่นโลหะทองแดง

##### 1.1.4 แท่งคนสาร (Stirrer)

##### 1.1.5 โพรบวัดอุณหภูมิ DS18B20

##### 1.1.6 บอร์ด ESP8266 (NodeMCU)

#### 1.2 โปรแกรมสำหรับคำนวณความร้อนของปฏิกิริยา

##### 1.2.1 คอมพิวเตอร์

##### 1.2.2 โปรแกรม Arduino IDE

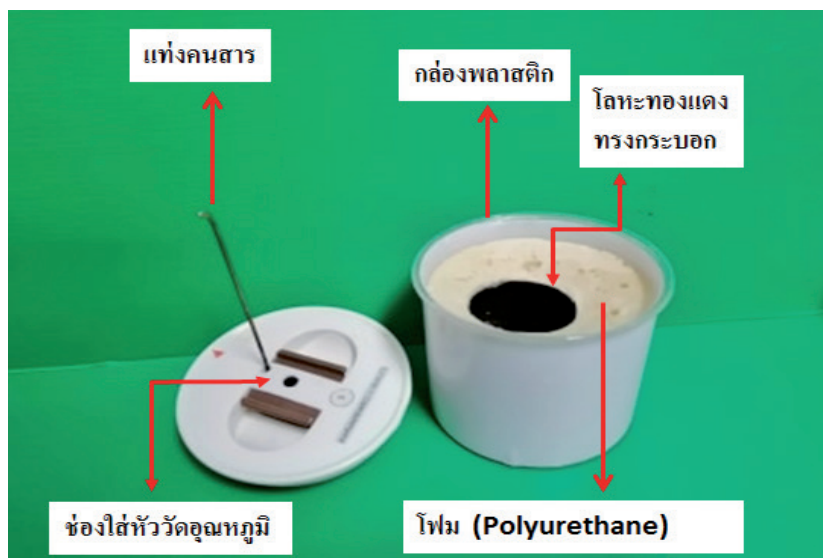
##### 1.2.3 แอปพลิเคชัน Blynk

## 2.วิธีการสร้างชุดอุปกรณ์และการออกแบบวงจร

ศึกษาเนื้อหาเรื่องความร้อนของปฏิกิริยา เอนทัลปีของการละลายจากหนังสือแบบเรียนและบทความเกี่ยวกับเอนทัลปีของปฏิกิริยา [4 5 7] ซึ่งวัตถุประสงค์ในการสร้างชุดอุปกรณ์การตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดความสะดวกและความแม่นยำในการตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยา โดยลดปัญหาการอ่านค่าสังเกต หรือค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นจึงออกแบบระบบการวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ พร้อมการประมวลผล ที่มีการแสดงผ่านบนหน้าจอ LCD และบนเครื่องคอมพิวเตอร์ และเพื่อความสะดวกยิ่งขึ้นยังสามารถแสดงผลโดยการเชื่อมต่อผ่าน IoT เพื่อแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน ซึ่งมีขั้นตอนการประดิษฐ์ดังนี้

### 2.1 การประดิษฐ์พัฒนาแคลอริมิเตอร์

กล่องพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 8.5 เซนติเมตร พร้อมฝาปิด ใช้โลหะทองแดงรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ลึก 4 เซนติเมตร สำหรับรองรับสารละลาย ใช้โฟม (Polyurethane) หนี้อัดช่องว่างระหว่างแผ่นโลหะและกล่องพลาสติกเพื่อลดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม เจาะรูที่ฝากล่องสำหรับใส่หัววัดอุณหภูมิและแท่งคนสาร ดังแสดงในภาพที่ 1

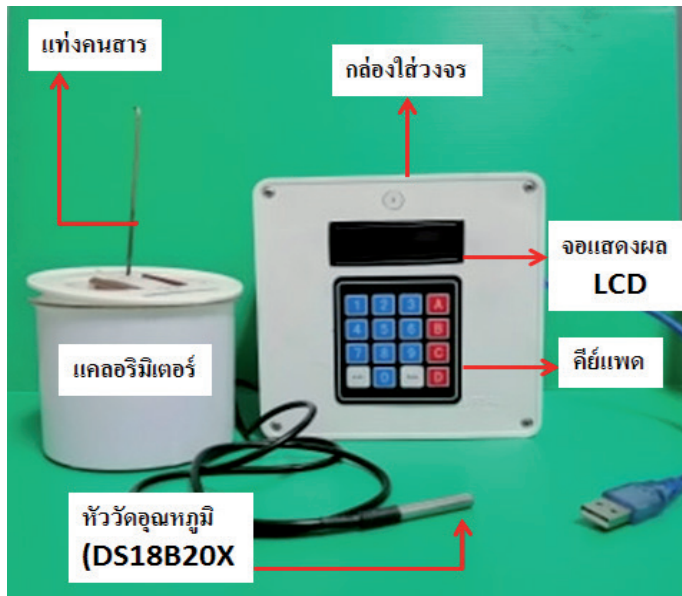


ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนา

### 2.2 การประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์ควบคุม

นำกล่องพลาสติกขนาด 15.5 x 15.5 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร เจาะรูให้พอดีกับจอ 1602LCD (Blue Screen) และสายของ DS18B20 และติดบอร์ดบอร์ด ESP8266 NodeMCU และเจาะช่องสำหรับเสียบสาย USB ใส่จอ 1602LCD (Blue Screen) และคีย์แพด ในช่องบนฝากล่องพลาสติกที่เจาะไว้ จากนั้นนำสายไฟมาต่อจากขาของจอเข้าสู่บอร์ดบอร์ด ESP8266 NodeMCU นำเซนเซอร์อุณหภูมิ DS18B20 มาต่อกับตัวต้านทานขนาด 4.7 k Ohm นำเซนเซอร์อุณหภูมิ DS18B20 ที่ต่อกับตัวต้านทานแล้วมาต่อกับบอร์ด บอร์ด ESP8266 NodeMCU จากนั้นนำหลอดแอลอีดีสีแดงต่อกับตัวต้าน 30 โอห์ม หลอดแอลอีดีสีเขียวต่อกับตัว

ด้านทาน 10 โอห์มและหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินต่อกับตัวต้านทาน 10 โอห์ม จัดชุดอุปกรณ์ดังกล่าวให้เป็นระเบียบแล้วปิดฝากล่องดังแสดงในภาพที่ 2



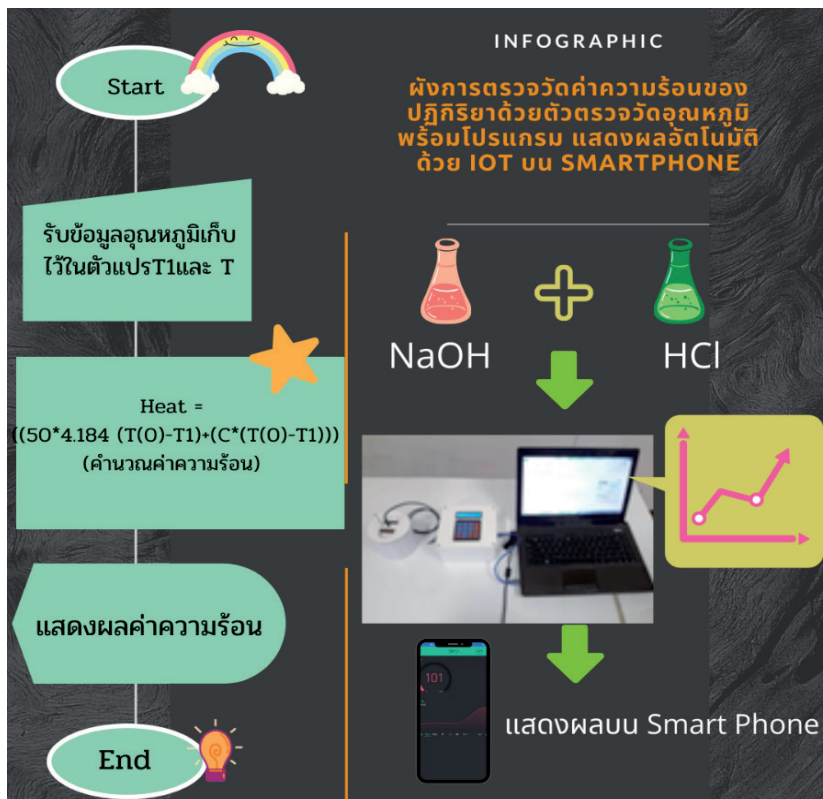
ภาพที่ 2 ชิ้นส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์การทดลองการศึกษาความร้อนของปฏิกิริยา  
ด้วยเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิและโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติบนหน้าจอ LCD

### 2.3 การสร้างชุดโปรแกรมประมวลผลอัตโนมัติสำหรับการวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยา

ใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนคำสั่งลงไปในบอร์ด ESP8266 (NodeMCU) สำหรับวัดอุณหภูมิและคำนวณค่าความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา และใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนคำสั่งลงไปในบอร์ด ESP8266 (NodeMCU) เพื่อให้แสดงผลในแอปพลิเคชัน Blynk ดังแสดงในภาพที่ 4

### 3. การทดสอบความแม่นยำ (Accuracy) โดยทำการทดลองเพื่อวัดความร้อนของปฏิกิริยา

เตรียมสารละลายที่ต้องการวัด โดยก่อนการทดลองทำการชั่งน้ำหนักของสารประกอบพร้อมป้อนข้อมูลปริมาณสารประกอบผ่านจอคีย์แพดเพื่อเป็นข้อมูลในการประมวลผลจากนั้นจัดชุดอุปกรณ์ใส่หัววัดอุณหภูมิต่อสาย USB เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าคือคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม PLX-DAQ บนคอมพิวเตอร์หรือเปิดแอปพลิเคชัน Blynk กรณีต้องการแสดงผลการทดลองผ่านสมาร์ทโฟน หากต้องการตรวจวัดค่าความร้อนจากการละลายเดิมน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายลงในแคลอริมิเตอร์ วางไว้ประมาณ 10 นาทีจนอุณหภูมิคงที่ จากนั้นเติมสารประกอบที่ต้องการศึกษาค่าความร้อนของการละลาย เครื่องมือจะเริ่มบันทึกการทดลองภาพแสดงแผนผังการเขียนคำสั่งและการทำงานของเครื่องตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยาด้วยเครื่องแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีการแสดงผลอัตโนมัติบนคอมพิวเตอร์ และแสดงผลผ่าน IoT ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ทโฟน และแผนผังการเขียนคำสั่งการทำงานของมือ ดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 แผนผังการเขียนคำสั่งการทำงานของเครื่องตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยาด้วยแคลอรีมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีการแสดงผลอัตโนมัติผ่าน IoT ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน

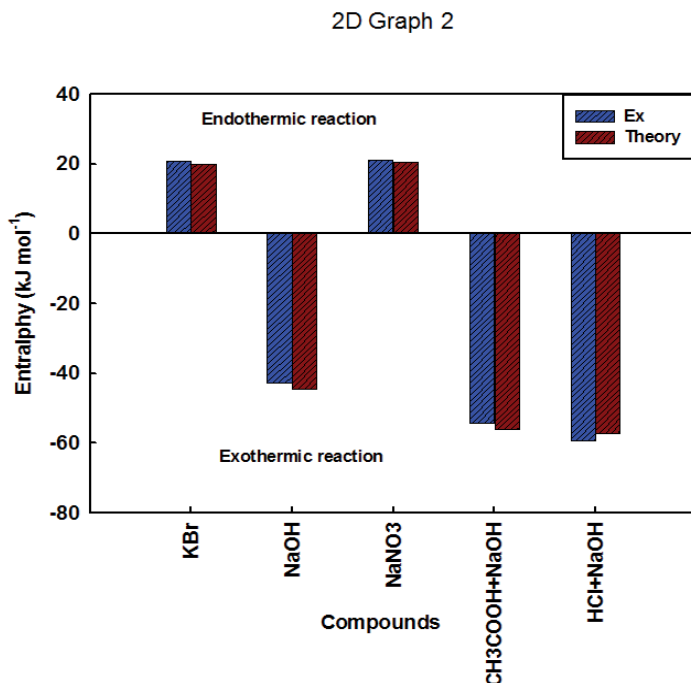


ภาพที่ 4 ตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยาด้วยแคลอรีมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีการแสดงผลอัตโนมัติบนคอมพิวเตอร์ และแสดงผลผ่าน IoT ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน

## ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาชุดอุปกรณ์พร้อมโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับวัดความร้อนจากปฏิกิริยา จากการทดสอบค่าความแม่นยำในการตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยา โดยการศึกษาค่าความร้อนของการละลายและค่าความร้อนของการสะเทินระหว่างสารละลายกรดและเบส ซึ่งผลการวิจัยการหาความร้อนของการละลายของสารประกอบตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ KBr NaOH และ  $\text{NaNO}_3$  ด้วยแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่ตรวจวัดพร้อมประมวลผลค่าความร้อนอัตโนมัติ พบว่าค่าเอนทัลปีที่ได้จากการตรวจวัดด้วยแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนามีค่า  $20.71 \pm 1.46$  -  $42.85 \pm 0.02$  และ  $21.12 \pm 0.08$  kJ/mol ตามลำดับ นอกจากนี้จากการศึกษาค่าความร้อนจากปฏิกิริยาการสะเทินของปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{CH}_3\text{COOH}$  กับ NaOH และ HCl กับ NaOH มีค่าเอนทัลปี เท่ากับ  $-54.16 \pm 0.59$  และ  $-59.27 \pm 0.05$  ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5 ทั้งนี้ปริมาณค่าเอนทัลปีที่แตกต่างกันจากการศึกษาค่าความร้อนของการละลายของสารประกอบ KBr NaOH และ  $\text{NaNO}_3$  เป็นผลจากค่าพลังงานรวมของพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบและพลังงานที่ใช้ในการเกิดไฮเดรชันกับโมเลกุลของน้ำมีค่าต่างกันสำหรับสารประกอบแต่ละชนิด ซึ่งปฏิกิริยาการละลายของสารประกอบ KBr และ  $\text{NaNO}_3$  ค่าพลังงานที่ดูดเพื่อใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบมีค่ามากกว่าพลังงานที่คายออกมาสร้างพันธะของการเกิดไฮเดรชันกับโมเลกุลของน้ำ จึงให้ค่าพลังงานรวมเป็นปฏิกิริยาการดูดความร้อน (Endothermic Reaction) ส่วนในกรณีการละลาย NaOH ค่าพลังงานที่ดูดเพื่อใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบมีค่าน้อยกว่าพลังงานที่คายออกมาสร้างพันธะของการเกิดไฮเดรชันกับโมเลกุลของน้ำ จึงให้ค่าพลังงานรวมเป็นปฏิกิริยาการคายความร้อน (Exothermic Reaction)

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบเอนทัลปีจากการตรวจวัดในงานวิจัยด้วยแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีโปรแกรมประมวลผลอัตโนมัติ กับค่าทางทฤษฎี [4] พบว่ามีระดับความแม่นยำถึง 96.44 % และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าทดลองกับค่าทางทฤษฎีพบว่าค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ช่วงการวัดความร้อนตั้งแต่ -5460.45 J ถึง 1248.67 J แสดงให้เห็นว่าชุดอุปกรณ์ชุดพัฒนาพร้อมโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับการศึกษาค่าความร้อนของปฏิกิริยามีประสิทธิภาพสูง ทั้งยังใช้งานได้อย่างสะดวก ช่วยลดความยุ่งยากและความซับซ้อนของการศึกษาในปฏิบัติการทางเคมี



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของเอนทัลปีของการละลายและปฏิกิริยาการสะเทินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีโปรแกรมประมวลผลอัตโนมัติผ่าน IoT ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟนกับค่าทฤษฎี

### สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาเครื่องมือและสร้างโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับวัดความร้อนของปฏิกิริยา พบว่าเครื่องมือมีความสามารถในการวัดอุณหภูมิและความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา ส่วนโปรแกรมอัตโนมัติสามารถแสดงข้อมูลของอุณหภูมิและความร้อนได้ในเวลาทุก ๆ 1 วินาที อีกทั้งสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาได้ง่ายขึ้น [6] เนื่องจากโปรแกรมอัตโนมัติสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) กับเวลา (วินาที) และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน (จูล) กับเวลา (วินาที) บน Smartphone โดย แอปพลิเคชัน Blynk
2. เครื่องมือและโปรแกรมอัตโนมัติมีความแม่นยำในการวัดความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเนื่องจากเมื่อนำเอนทัลปีของสารละลายจากทฤษฎีและเอนทัลปีของสารละลายที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้การทดสอบที (t-test) พบว่า ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % รวมทั้งเครื่องวัดความร้อนของปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำในการวัดปริมาณความร้อนร้อยละ 96.44 %

## References

- [1] Ministry of Education. (2008). *Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D.2008)* (Online). Retrieved April 25, 2020, from <http://www.ipst.ac.th/images/2017/CoreCurriculum2551/EN.pdf>.
- [2] Wellfinetech. (2019). *IoT (Internet of Things)* (Online). Retrieved April 25, 2020, from <http://wellfinetech.co.th/th/smartcity/internet-of-thing-th.html>.
- [3] Atikiad, Ch., & Santhuankeaw, T. (2017). *Modern teaching methods and new teaching techniques* (Online). Retrieved April 25, 2020, from [http://regis.skru.ac.th/RegisWeb/webpage/addnews/data/2017-07-24\\_078.pdf](http://regis.skru.ac.th/RegisWeb/webpage/addnews/data/2017-07-24_078.pdf).
- [4] Atkins, P. W. (1978). *Physical chemistry*. 5<sup>th</sup> Ed. Oxford: Oxford University Press.
- [5] Polhan, K., Amatatongchai, M., Thamuang, S., Jarujumrut, P., & Chairum, S. (2017). Using vacuum flask as a simple calorimeter for determination of molecular weight of compounds from colligative properties, *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 19(2), 197–205.
- [6] Rattana, W., Khiaddat, W., & Chomanee, J. (2019). Learning packages of colligative properties. In *The 29th Thaksin University Conference on Research and Innovation for Sustainability Development*. 1790–1797. May 9–10, 2019, Siam Oriental Hotel. Hat Yai, Songkhla: Thaksin University.
- [7] Suakaew, P., Puntong, P., & Chomanee, J. (2019). Computer assisted instruction: measuring thermal of reaction. In *The 29<sup>th</sup> Thaksin University Conference on Research and Innovation for Sustainability Development*. 1902–1909. May 9–10, 2019, Siam Oriental Hotel. Hat Yai, Songkhla: Thaksin University.