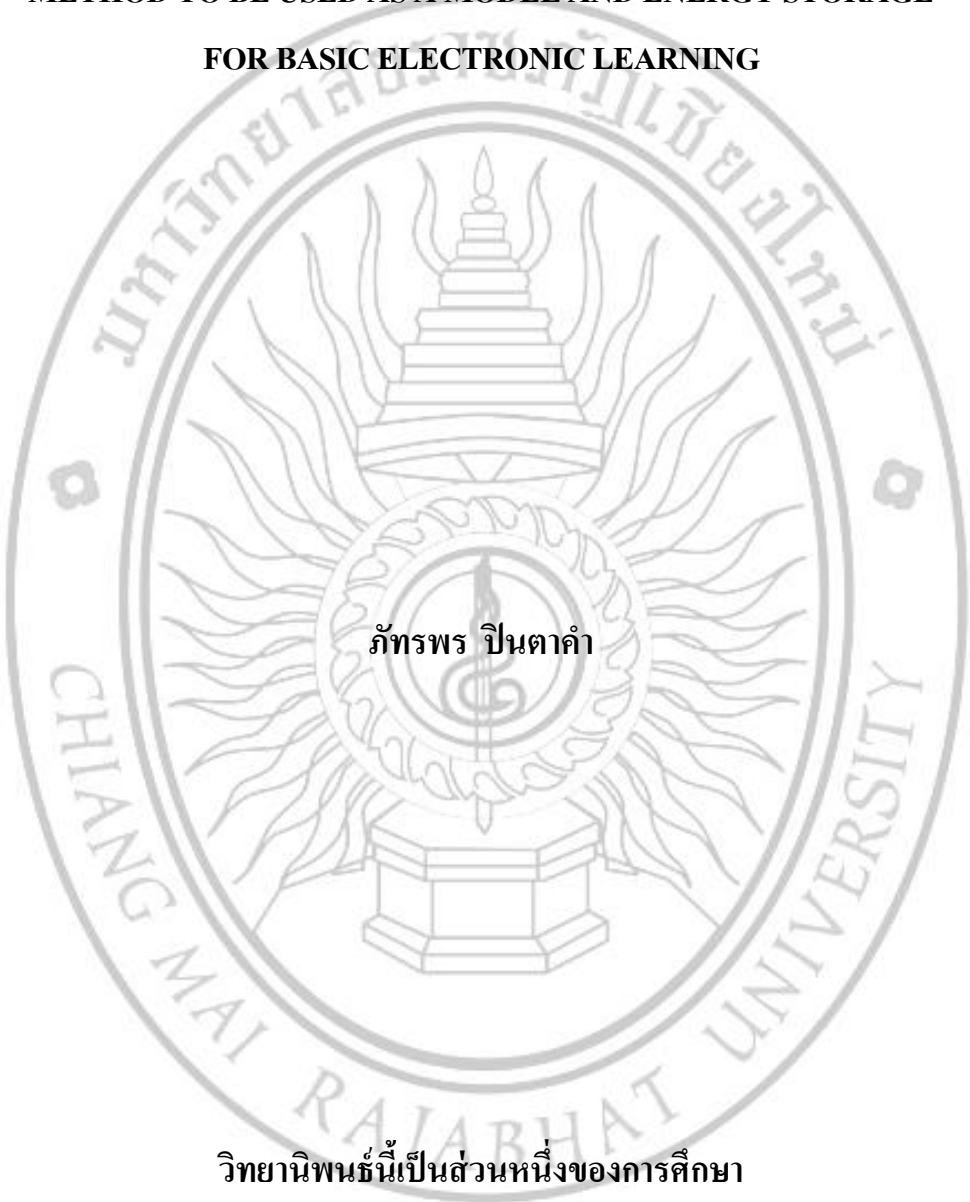


การสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี เพื่อนำไปใช้เป็นต้นแบบ
การกักเก็บพลังงานและการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

**THE SYNTHESIS OF GRAPHENE QUANTUM DOT BY ELECTROCHEMICAL
METHOD TO BE USED AS A MODEL AND ENERGY STORAGE
FOR BASIC ELECTRONIC LEARNING**

The seal of Chiang Mai Rajabhat University is a large, faint watermark in the background. It is circular with a double border. The outer border contains the text 'มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่' in Thai and 'CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY' in English. The inner circle features a central emblem consisting of a tiered stupa (chedi) with flames rising from its base, set within a circular frame with a lotus-like pattern. Below the stupa is a small, ornate pedestal.

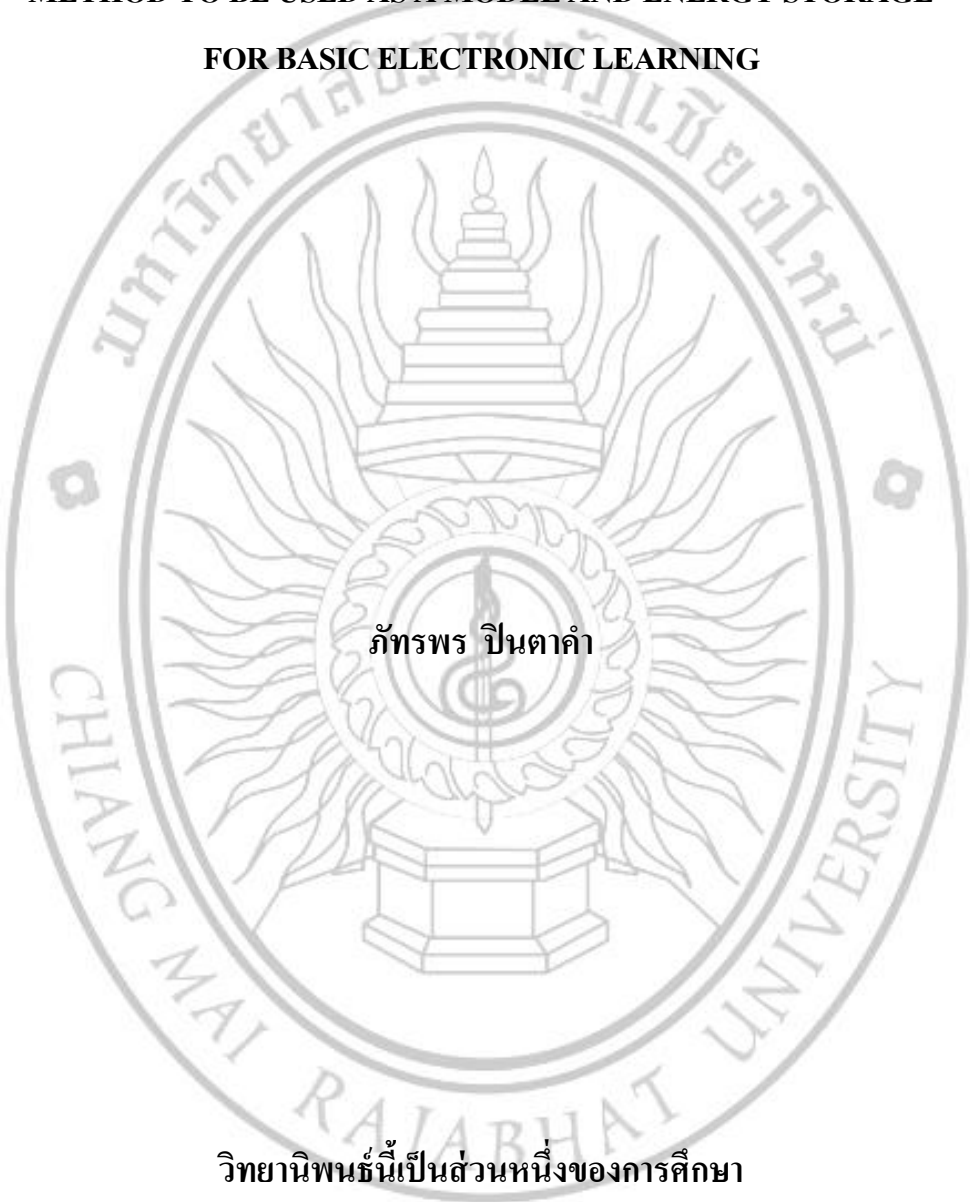
ภัทรพร ปิ่นตาคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

พ.ศ. 2565

การสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี เพื่อนำไปใช้เป็นต้นแบบ
การกักเก็บพลังงานและการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

**THE SYNTHESIS OF GRAPHENE QUANTUM DOT BY ELECTROCHEMICAL
METHOD TO BE USED AS A MODEL AND ENERGY STORAGE
FOR BASIC ELECTRONIC LEARNING**

The seal of Chiang Mai Rajabhat University is a large, faint watermark in the background. It is circular with a double border. The outer border contains the text 'มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่' in Thai and 'CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY' in English. The inner circle features a central emblem consisting of a tiered stupa (chedi) with flames rising from its base, set within a circular frame with a lotus-like pattern. Below the stupa is a small, ornate pedestal.

ภัทรพร ปิ่นตาคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี เพื่อนำไปใช้เป็น
ต้นแบบการกักเก็บพลังงาน และการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผู้วิจัย ภัทรพร ปินตาคำ

สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร.ชเนษฎ์ วิชาศิลป์

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาพ ชูพันธ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชเนษฎ์ วิชาศิลป์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

วันที่ เดือน..... พ.ศ.....

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี เพื่อนำไปใช้เป็น
ต้นแบบการกักเก็บพลังงาน และการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ชื่อผู้วิจัย : ภัทรพร ปินดาคำ

สาขาวิชา : การสอนวิทยาศาสตร์

กลุ่มวิชา : ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

: อาจารย์ ดร.ชนนัญ วิชาศิลป์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี ซึ่งใช้แท่งแกรไฟต์สองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด และแอโนดโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 4 V สารละลายอิเล็กโทรไลต์ประกอบด้วย Citric acid กับ NaOH อัตราส่วนความเข้มข้นเท่ากับ 1:0 M, 1:1.5 M, 1:3 M, 1:4.5 M และ 1:5 M เข้าไปยังระบบของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ อัตราส่วนของ ตามลำดับ จะมีค่า pH อยู่ที่ 1, 4, 5, 6 และ 14 ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ 2 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย จากการทดสอบค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-Vis Spectrometer อยู่ในช่วงความยาวคลื่น เท่ากับ 329 นาโนเมตร, 435 นาโนเมตร, 418 นาโนเมตร, 347 นาโนเมตร และ 331 นาโนเมตร ค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 2.70 – 3.45 eV ของ GQDs-1, GQDs-4, GQDs-5, GQDs-6 และ, GQDs-14 ตามลำดับ ในกระบวนการไฟฟ้าเคมี สังเกตได้จากขอบดูดกลืนแสงของ GQD ซึ่งขอบดูดกลืนของ GQD ได้เปลี่ยนจากบริเวณความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ตไปเป็นบริเวณที่มองเห็นได้เมื่อ pH ของ GQD เพิ่มขึ้นมากกว่า 5 ดังนั้น การศึกษานี้จึงพบว่า แสดงให้เห็นว่า pH ของ GQD สามารถปรับขนาดและแถบพลังงานใน GQD ได้ และการสร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น การวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลองมีแบบแผนการวิจัย แบบการทดลองหนึ่งกลุ่ม เป็นการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 30 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัย พบว่า ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ 75.44/77.89 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมดังกล่าวโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: แกรฟีนควอนตัมดอท, อิเล็กทรอนิกส์, การสังเคราะห์ไฟฟ้าเคมี, ชุดกิจกรรมการเรียนรู้, อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น, ทักษะการคิดวิเคราะห์



The Title : The Synthesis of Graphene Quantum Dot by Electrochemical Method
to be Used as a Model and Energy Storage for Basic Electronic Learning

The Author : Phattharaporn Pintakham

Program : Science Teaching

Study Field : Physics

Thesis Advisors

: Associate Professor Dr. Panupat Chaiwom

Chairperson

: Dr. Chanade Wichasilp

Co – advisor

ABSTRACT

This research was conducted to synthesize graphene quantum dot (GQDs) by electrochemical methods. In the synthesis process, graphite rods were used as electrodes and carbon source which this reaction was catalyzed by a direct current for 4V into between both electrodes for 120 minutes of synthesis time. Moreover, electrolyte solution composited with a constant of citric acid 1M and various concentration of NaOH as 0M, 1.5M, 2.5M, 3.5M, and 4.5M in distilled water (50 ml). Variation of NaOH concentrations in electrolytes was a key factor that control pH parameters in the electrochemical process for synthesis GQDs such as pH 1, 4, 5, 6 and 14 as NaOH at 0M, 1.5M, 2.5M, 3.5M and 4.5M respectively. As the results, GQDs from this method showed light absorption edge at 329 nm, 435 nm, 418 nm, 347 nm and 331 nm calculation band energy in each condition for 2.70 – 3.45 eV. of GQDs-1, GQDs-4, GQDs-5, GQDs-6 and, GQDs-14 respectively. The pH role in the electrochemical process was observed by light absorption edge of GQDs, in which the absorption edge of GQDs had shifted from the ultra-violet wavelength area into a visible area when pH of GQDs increased more than 5. Therefore, this study had been shown that the pH of GQDs could be adjusted the size and band energy in GQDs. and could create a set of activities to develop skills in electronic science processes. The research was quasi-experimental with one group of experimental research patterns with pre-test and post- test. The sample consisted of 30 Mathayomsuksa 3 students, in the first semester at Chiang Mai Suksa Songkhro School,

Mae Rim District, Chiang Mai Province. The results showed that the activity had efficacy at 75.44/77.89, higher than specified criteria, with statistical significance at the .05 level. The students' satisfaction of learning activity was 4.28, that was at a high level.

Keywords: Graphene Quantum Dot, Electrolyte, Electrochemical Method



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.ชนษฎ์ วิชาศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความกรุณาในคำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง มาโดยตลอดจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุภาพ ชูพันธ์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อคิดเห็น ช่วยตรวจสอบเครื่องการทดลอง และให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้ ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์การทดลองที่ช่วยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ประโยชน์อันพึงได้จากการศึกษาค้นคว้านี้ ขอให้เป็นกตเวทิตาแต่บิดา มารดา ครอบครัว ตลอดจนผู้เขียนหนังสือบทความต่าง ๆ ที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัยจนสามารถทำให้วิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี และเป็นตัวอย่างการศึกษาสำหรับผู้สนใจ

ภัทรพร ปินตาคำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	๗
ABSTRACT.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๙
สารบัญ.....	๗
สารบัญตาราง.....	๙
สารบัญภาพ.....	๙
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
การสังเคราะห์เกรฟีน.....	9
เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน.....	32
การประยุกต์ใช้เกรฟีน.....	36
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกรฟีน.....	41
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้.....	45
การจัดการเรียนการสอนตามวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้.....	56
กลวิธีการสอน.....	57
การคิดวิเคราะห์.....	61
ความพึงพอใจ.....	68
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	70

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย76
	รูปแบบการวิจัย76
	การเตรียมแท่งแกรไฟต์และสารเคมี.....76
	ขั้นตอนในการสังเคราะห์.....80
	การเตรียมชิ้นงานวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ.....81
	ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง.....82
	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล82
	วิธีการเก็บข้อมูล.....85
	ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย86
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....86
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล91
	การศึกษาหาค่า pH ของสารละลายควอนตัมดอท ที่ใช้อัตราส่วนของ Citric Acid และ Sodium Hydroxide (NaOH) ที่แตกต่างกัน91
	การแสดงผลการทดสอบ Tyndall Effect ของแกรไฟน์ควอนตัมดอทโดยใช้อัตราส่วนของ Citric Acid อยู่ที่ 1 M และ Sodium Hydroxide (NaOH) อยู่ที่ 0 M, 1.5 M, 2.5 M, 3.5 M และ 4.5 M ตามลำดับ93
	ผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) และค่าความกว้างของแถบพลังงาน (Energy Band Gap: E_g) ของแกรไฟน์ควอนตัมดอทที่ผ่านการสังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้าเคมี94
	การสร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ..100
บทที่ 5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ107
	สรุปผลการวิจัย107
	อภิปรายผล107
	ข้อเสนอแนะ111

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	113
ภาคผนวก.....	117
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	118
ภาคผนวก ข แบบประเมินความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ).....	119
ภาคผนวก ค แบบประเมินความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ).....	122
ภาคผนวก ง แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	126
ภาคผนวก จ ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรม การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	128
ภาคผนวก ฉ แผนการจัดการเรียนรู้	130
ภาคผนวก ช ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.....	140
ประวัติผู้วิจัย.....	211

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	เงื่อนไขที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรฟีนและอัตราส่วน I_{2D}/I_G พิก จากรามานสเปกตรัมของแกรฟีนตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 2.1320
2.2	เงื่อนไขที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรฟีนและอัตราส่วน I_{2D}/I_G พิก จากรามานสเปกตรัมของแกรฟีน ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 2.1422
2.3	ค่าการนำความร้อนของแกรฟีน ท่อนาโนคาร์บอน เพชร และสารกึ่งตัวนำต่าง ๆ29
2.4	เทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บพลังงานซึ่งจำแนกประเภทโดยใช้ลักษณะการใช้งาน เป็นเกณฑ์34
2.5	เทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บพลังงานซึ่งจำแนกประเภทโดยใช้รูปแบบการจัดเก็บ พลังงานเป็นเกณฑ์35
4.1	แสดงอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (GQD1-GQD5).....92
4.2	แสดงอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีผลต่อค่า pH92
4.3	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามเกณฑ์ 75/75 กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน 101
4.4	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้สถิติทดสอบ t-test Dependent Sample 102
4.5	ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน (ด้านปัจจัยการนำเข้า) 103
4.6	ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน (ด้านกระบวนการ)..... 104
4.7	ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน (ด้านผลผลิต) 105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.8	ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน (ทั้ง 3 ด้าน).....106



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย7
2.1	อัญรูปของสารโครงสร้างคาร์บอน (a) แกรไฟีน (2 มิติ), (b) แกรไฟต์ (3 มิติ), (c) คาร์บอนนาโนทิวป์ (1 มิติ) และ (d) ฟลูเลอรีน (0 มิติ)10
2.2	การกระจายตัวของอิเล็กตรอนิกส์ (Electronic dispersion) ของเลตทิซหกเหลี่ยม ในแกรไฟต์ซึ่งมีแถบพลังงานของอิเล็กตรอนและโฮลสัมผัสกันที่จุดดิแรก11
2.3	แผนภาพวิธีการสังเคราะห์แกรไฟีน12
2.4	การสังเคราะห์แกรไฟีนด้วยวิธีล่างขึ้นบนและวิธีบนลงล่าง12
2.5	การลอกชั้นของแกรไฟีนออกจากชั้นของ Highly Oriented Pyrolytic Graphite (HOPG) โดยใช้สก็อตเทป.....13
2.6	(ก) ระบบการลอกชั้นของแกรไฟีนออกจากแผ่นฟอยด์แกรไฟต์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี (ข) และ (ค) แผ่นฟอยด์แกรไฟต์ก่อนและหลังการลอกด้วยไฟฟ้าเคมี (ง) แผ่นแกรไฟีนลอย อยู่บนผิวของสารอิเล็กโตรไลต์ (จ) การกระจายตัว ของแผ่นแกรไฟีนในสารละลาย DMF.....14
2.7	กระบวนการแยกชั้นของแกรไฟีนออกจากแกรไฟต์โดยผ่าน Li Intercalation Expansion–microexplosion Processes15
2.8	การสังเคราะห์แกรไฟต์ออกไซด์และแกรไฟีนออกไซด์จากแกรไฟต์16
2.9	ระบบการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนด้วยวิธีอาร์คดิสชาร์จ17
2.10	การแยกชั้นของแกรไฟีนออกจากท่อนาโนคาร์บอนโดยใช้วิธีเคมีเปียก.....17
2.11	การสังเคราะห์แกรไฟีนบนซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยการอบด้วยความร้อน18
2.12	ระบบ CVD ที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีน19
2.13	รามานสเปกตรัมของแกรไฟีนตัวอย่างที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 980 C ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน20
2.14	รามานสเปกตรัมของแกรไฟีนตัวอย่างที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิแตกต่างกันที่ อัตราไหลของการของแก๊สมีเทน 5 sccm เป็นเวลา 2 นาที22

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.15	กลไกการเกิดของเกรฟีนบนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลและทองแดง23
2.16	กระบวนการเคลื่อนย้ายชั้นของเกรฟีนที่สังเคราะห์บนฟอยด์ทองแดง วางบนวัสดุรองรับอื่น24
2.17	โครงสร้างทางเคมีของเกรฟีนออกไซด์25
2.18	แลตทิซย่อยของเกรฟีนซึ่งแทนได้ด้วย แลตทิซแบบสามเหลี่ยมสองรูป โดยแต่ละอะตอมในแลตทิซย่อย (A) จะเชื่อมต่อกับอะตอมข้างเคียง (B) 3 อะตอม26
2.19	(ก) แสดงโครงสร้างแถบพลังงานของเกรฟีนโดยแกนตั้งเป็นพลังงานและ แกนนอนเป็น โมเมนตัมซึ่งโครงสร้างแถบพลังงานมีลักษณะคล้ายกรวย เชื่อมต่อกัน 6 จุด (ข) โครงสร้างแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำ (ซ่าย) และเกรฟีน (ขวา)27
2.20	ขอบของเกรฟีนนาโนริบบอน (ก) แบบอาร์มเชอร์ (Armchair Type) (ข) แบบซิกแซก (Zigzag Type) และ (ค) ช่องว่างแถบพลังงานที่คำนวณ ได้ตามทฤษฎีของเกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มเชอร์28
2.21	แผนภาพคอนทัวร์ของการนำไฟฟ้าซึ่งเป็นฟังก์ชันกับระดับพลังงานเฟอร์มี (Fermi Energy) และความเครียดเชิงกลสำหรับ (ก) เกรฟีนนาโนริบบอน แบบอาร์มเชอร์ (ข) เกรฟีนนาโนริบบอนแบบซิกแซก31
2.22	(ก) เส้นสีดำจากซ้ายไปขวาแสดงเปอร์เซ็นต์ความเข้มของแสงขาวที่ส่องผ่าน ตัวกลางอากาศเกรฟีนชั้นเดียวและสองชั้น โดยความเข้มของแสงขาว มีค่าลดลงประมาณ 2.3 เปอร์เซนต์ เมื่อส่องผ่านเกรฟีนชั้นเดียว (ข) เปอร์เซนต์ที่แสงส่องผ่านได้ของเกรฟีนแบบชั้นเดียวจะมีค่าประมาณ 97-98 เปอร์เซนต์ และไม่ขึ้นกับค่าความยาวคลื่นเลข รูปเล็กแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ที่แสงส่องผ่านได้ต่อจำนวนชั้น ของเกรฟีนที่เพิ่มขึ้น32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.23	ลักษณะของการเก็บพลังงาน33
2.24	การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (ก) แบบสุ่ม (Diffusive) (ข) แบบกึ่งบอลลิสติก (Quasi Ballistic) (ค) แบบบอลลิสติก (Ballistic)37
2.25	(ก) โทรศัพทมือถือที่ประกอบไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์และจอแสดงผลที่โค้งงอได้ (ข) แผงเซลล์สุริยะที่บางและโค้งงอได้ซึ่งสามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่มือถือหรือเครื่องเล่น mp3 และสามารถพกพาไปได้ทุกที่38
2.26	แกรฟีนที่มีการตกแต่งหมู่ฟังก์ชันให้มีความชอบน้ำและไขมันสามารถสร้างอันตรกิริยากับเชื้อหุ้มเซลล์เพื่อใช้ในการปลดปล่อยยาเข้าสู่ภายในเซลล์ได้โดยตรง40
2.27	แอสซอเตเตอร์จากแกรฟีนและพอลิไคอะเซทิลีนที่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เมื่อมีการให้กระแสไฟฟ้าเข้าไป41
2.28	โครงสร้างแผ่นคาร์บอนในกระบวนการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมู่ออกไซด์แทรกระหว่างชั้นของแกรไฟต์ เรียกว่า แกรไฟต์ออกไซด์ จากนั้นลอกชั้นของแกรไฟต์ออกไซด์ในน้ำหรือในตัวทำละลายชั้นเดียวที่หลุดออกมาเรียกว่าแกรฟีนออกไซด์ เมื่อทำปฏิกิริยารีดักชันกับ Hydrazine Hydrate (N_2H_4) จะได้รับผิวแกรฟีนออกไซด์42
2.29	ภาพจาก AFM โหมด Non-contact ของแผ่นแกรฟีนออกไซด์และความหนาที่ตำแหน่งต่าง ๆ43
2.30	ภาพดิจิทัลของ (a) ขั้นตอนแรกของการกราฟต์แบบ SDS-intercalated; (b) ขั้นตอนสุดท้ายของการกราฟต์แบบ SDS-intercalated (c) สารแขวนลอย Graphene-SDS หลังจาก -I V เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (d) การระงับ Graphene-SDS หลังจากครึ่งปี (e) ฟิล์มกราฟีนโดยการกรองสุญญากาศ; (f) ความยืดหยุ่นของฟิล์มกราฟีนที่ได้44
3.1	แท่งแกรไฟต์ขนาด 5 cm77
3.2	ขวดใส่อะซิโตน น้ำกลั่น และบีกเกอร์ขนาด 100 mL77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.3	นำแท่งแกรไฟต์แช่ในสารละลายอะซิโตน.....78
3.4	เครื่องสั่นอัลตราโซนิกและการเตรียมแท่งแกรไฟต์ในบีกเกอร์78
3.5	นำแท่งแกรไฟต์ไปอบความร้อนด้วยเครื่อง Hotplate ที่อุณหภูมิ 450 องศา.....78
3.6	การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์.....79
3.7	ลักษณะของแกรไฟต์สองแท่งขนาดจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์.....79
3.8	แผนผังองค์ประกอบของการสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท โดยใช้วิธีไฟฟ้าเคมี.....80
3.9	สถานที่ทดลองและตำแหน่งของอุปกรณ์ที่สอดคล้องตามภาพที่ 3.880
4.1	ตัวอย่างของสารละลาย GQD1, GQD2, GQD3, GQD4 และ GQD5.....93
4.2	ปรากฏการณ์ Tyndall Effect a) Citric Acid 1M, b) Citric Acid 1M + NaOH 1.5M, c) Citric Acid 1 M + NaOH 2.5 M, d) Citric Acid 1 M + NaOH 3.5 M, e) Citric Acid 1 M + NaOH 4.5 M.....94
4.3	ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide 0 M95
4.4	ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) 1.5 M.....96
4.5	ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) 2.5 M.....97
4.6	ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) 3.5 M.....98
4.7	ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) 4.5 M.....99
4.8	การเปรียบเทียบค่า UV-vis และค่า Eg ของ GQDs ทั้งหมด100

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เราใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อมาใช้ในการดำเนินชีวิตหลาย ๆ ด้าน เช่น การคมนาคม การบริการ และการผลิตทั้งในเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ในปัจจุบันการใช้พลังงานในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้จากพลังงานสิ้นเปลือง โดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งนับวันมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกที ในขณะที่ประเทศไทยมีแหล่งผลิตน้ำมันและก๊าซธรรมชาติจำนวนไม่มาก ส่งผลให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ทำให้ในแต่ละปีประเทศไทยต้องเสียบประมาณจำนวนมหาศาลในการนำเข้าของน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติจากต่างประเทศ ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองก็คือการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งจากสภาพภูมิศาสตร์และตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทย พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์เป็นอย่างมาก โดยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

ควอนตัมดอท (Quantum Dot) หรือบางครั้งก็เรียกว่าจุดควอนตัม เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกนาโน (Nanocrystal) ของสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เช่น แคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe) และเลดซัลไฟด์ (PbS) ซึ่งประกอบไปด้วยอิเล็กตรอนจำนวนระหว่าง 100 - 1,000 อิเล็กตรอน และเป็นโครงสร้างนาโนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 2 - 10 นาโนเมตร (หรือประกอบไปด้วยอะตอมจำนวนประมาณ 10-50 อะตอม) เมื่อมองโครงสร้างของควอนตัมดอทนี้ผ่านเครื่องมือที่สามารถสำรวจโครงสร้างระดับนาโนได้ จะมองเห็นว่าโครงสร้างนี้มีลักษณะเป็นจุด (Dot) จึงเป็นที่มาของโครงสร้างนาโนที่เรียกว่าควอนตัมดอท และเมื่อโครงสร้างของควอนตัมดอทที่ได้จากสังเคราะห์มีขนาดเล็กระดับนาโนนี้ทำให้โครงสร้างนี้หรือจุดนี้ก็จะแสดงพฤติกรรมภายในอะตอมหรือภายในโมเลกุลแบบควอนตัม (Quantum) ตามหลักการทางฟิสิกส์ควอนตัม (Quantum Physics) (หรือมีสถานะเป็นแบบควอนตัม

นั่นเอง) จึงเรียกโครงสร้างนาโนของวัสดุที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า ควอนตัมดอท (หรือเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าผลึกนาโนของสารกึ่งตัวนำ)

แกรฟีน (Graphene) เป็นอะตอมคาร์บอนที่จัดเรียงตัวในสองมิติมีแลตทิซแบบหกเหลี่ยม คล้ายรังผึ้ง และมีไฮบริดเซชันแบบ (sp^2) มีความหนา 1 อะตอม ซึ่งก็คือแกรไฟต์ที่มีเพียงชั้นเดียว (Monolayer of Graphite) นับตั้งแต่มีการค้นพบแกรฟีน ในปี ค.ศ. 2004 เป็นต้นมา นักวิจัยทั่วโลก ได้ทำการศึกษาวิจัยทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมันมีลักษณะเด่นกว่าวัสดุนาโนอื่น ๆ กล่าวคือ มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นสูง มีความแข็งแรงสูงกว่าโลหะมาก ๆ มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดีมาก ณ อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเชิงแสง ในช่วงความยาวคลื่นที่ค่อนข้างกว้าง ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นในหลาย ๆ ด้าน จึงทำให้แกรฟีนได้ชื่อว่าวัสดุแห่งอนาคต

ศิริกาญจน์ วิเศษสุวรรณภูมิ (2560) แกรฟีน คือ 1 ชั้นอะตอมของคาร์บอนที่เรียงตัวต่อกันเป็นโครงสร้างรูปหกเหลี่ยม หากนำแกรฟีนมาวางซ้อนกันหลาย ๆ ชั้นจะได้แกรไฟต์ที่เรารู้จักกันดีในรูปของไส้ดินสอ นั่นเอง เนื่องจากแกรฟีนมีความหนาเพียงแค่คาร์บอนอะตอมเดียว ทำให้มีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างออกไปจากคาร์บอนรูปอื่น ๆ แกรฟีนที่ได้จากวิธีการลอกด้วยสก็อตเทป นั้นมีขนาดเล็กและรูปร่างไม่สม่ำเสมอ นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามคิดค้นวิธีการผลิตแกรฟีนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีสมบัติที่ควบคุมได้จากการควบคุมโครงสร้าง การสังเคราะห์ที่นิยมนและเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การผลิตแกรฟีนโดยการตกเคลือบด้วยไอเคมี (Chemical Vapour Deposition: CVD) เป็นการจัดเรียงตัวของอะตอมคาร์บอนบนแผ่นโลหะ โดยเริ่มต้นจากการปล่อยก๊าซมีเทนที่อุณหภูมิห้องเข้าไปในเตาเผาที่มีก๊าซไฮโดรเจนอยู่ด้วยเล็กน้อย เมื่อก๊าซมีเทนสัมผัสกับโลหะ เช่น ทองแดง หรือนิกเกิล ที่อุณหภูมิสูงระดับ 1000 องศา จะเกิดการสลายตัวเหลือเพียงอะตอมของคาร์บอนเกาะอยู่บนแผ่นโลหะ และจัดเรียงโครงสร้างเป็นแกรฟีนได้ในสถานะที่เหมาะสม วิธีที่ 2 การผลิตแกรฟีนโดยกระบวนการทางเคมี เริ่มจากการออกซิไดซ์แกรไฟต์ เพื่อให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่ไปกั้นระหว่างชั้นของแกรไฟต์ให้ห่างออกจากกัน (Exfoliation) และเรียกผลผลิตที่ได้ว่าแกรไฟต์ออกไซด์ หรือ แกรฟีนออกไซด์ ขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุ (แกรฟีนออกไซด์ 1 ชั้น มีความหนาประมาณ 0.9 นาโนเมตรเท่านั้น) จากนั้นทำปฏิกิริยารีดักชัน เพื่อลดจำนวนหมู่ฟังก์ชันออกซิเจนลง และเพิ่มประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าให้มากขึ้นด้วย

กาลิป (Galib, 2012) แกรฟีนเป็นวัสดุนาโนสองมิติที่มีอะตอมคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มีความหนาของอะตอมคาร์บอนเพียงชั้นเดียวและมีโครงสร้างผลึกแบบหกเหลี่ยม (Hexagonal) แสดงสมบัติการนำไฟฟ้าและสมบัติเชิงกลที่ดีเยี่ยม ที่อุณหภูมิห้องแกรฟีนมีความ

เสถียรมากเมื่อเทียบกับวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในอีกรูปแบบอื่น แกร์ฟีนมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าได้สูง มีความเฉื่อยทางเคมี นำความร้อนสูง แสงสามารถส่องผ่านได้และมีความไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวด แกร์ฟีนเป็นวัสดุกึ่งโลหะ หรือเป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่มีช่องว่างระหว่างชั้นพลังงานเท่ากับศูนย์ (Zero Band Gap)

งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของคุณสมบัติทางไฟฟ้าและคุณสมบัติทางแสง ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการสังเคราะห์แกร์ฟีนโดยวิธีการควอนตัมคอต ซึ่งใช้แท่งแกร์ไฟต์สองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้า มีสารละลายกรดซัลฟริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยมีการใช้อัตราส่วนที่แตกต่างกันของกรดซัลฟริก กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกร์ฟีนที่มีผลต่อการเติบโตของแกร์ฟีน ส่วนที่ 2 การตรวจสอบคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะของแกร์ฟีนที่ได้จากการสังเคราะห์ โดยมีวิธีการที่ใช้ ดังนี้ 1) การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) 2) การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) 3) เครื่องวัดการวาวแสง-เรืองแสงของวัสดุ (Photoluminescence Spectrometer: PL) 4) เครื่องฟลูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรไมโครสโคป (Fourier Transform InfraRed Spectrometer: FTIR) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ 5) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrophotometer) ส่วนที่ 3 นำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอน โดยการสร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เป็นนวัตกรรมที่มีความเหมาะสม เพราะชุดกิจกรรมเป็นสื่อประสมที่มีการจัดระบบเนื้อหา สารที่มีความสอดคล้องกัน โดยเสนอเนื้อหาสาระเฉพาะเรื่อง มีความเบ็ดเสร็จในตัวเอง และเป็นนวัตกรรมที่มีคุณค่าต่อการเพิ่มคุณภาพในการเรียนการสอน คือช่วยให้ผู้สอนถ่ายทอดเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม ได้รับความสนใจของผู้เรียน สร้างคุณลักษณะอันพึงประสงค์ให้กับผู้เรียน สร้างความพร้อมและความมั่นใจให้กับผู้สอน (วาสนา ทวีกุลทรัพย์, 2541)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อการสังเคราะห์แกร์ฟีนควอนตัมคอตโดยวิธีไฟฟ้าเคมี
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแสงของแกร์ฟีนที่ได้จากการสังเคราะห์แกร์ฟีนควอนตัมคอต เพื่อนำไปเป็นต้นแบบการกักเก็บพลังงาน
3. สร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดและวิเคราะห์ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถอธิบายกลไกที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอทโดยวิธีทางเคมี ซึ่งใช้แท่งแกรไฟต์สองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้า มีสารละลายกรดซัลฟริก กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
2. งานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตตัวกักเก็บพลังงาน
3. งานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดและประยุกต์ใช้ในทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นได้
4. ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้นและมีประสิทธิภาพ 75/75
5. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดสูงขึ้น

สมมติฐานการวิจัย

1. การสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี ในการใช้อัตราส่วนที่ต่างกันระหว่างกรดซัลฟริก กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อใช้ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต่างกัน ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะมีผลทำให้คุณสมบัติที่ออกมาแตกต่างกัน
2. ได้ผลการทดลองเพื่อนำไปศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติทางไฟฟ้าและคุณสมบัติทางแสงของแกรไฟีนควอนตัมดอท
3. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ และทักษะการคิดวิเคราะห์ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ 75/75
4. ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และมีประสิทธิภาพ 75/75
5. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ระยะที่ 1

1. การสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้แท่งแกรไฟต์สองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้า มีสารละลายกรดซัลฟริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยมีการใช้อัตราส่วนที่ต่างกันของกรดซัลฟริก กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนที่มีผลต่อแท่งของแกรไฟีน

1.1 การสังเคราะห์แกรไฟน์โดยวิธีการควอนตัมดอท

1.2 ศึกษาอัตราส่วนที่แตกต่างกันของกรดซิตริก กับ โซเดียมไฮดรอกไซด์

1.3 ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟน์

2. การตรวจสอบคุณสมบัติ และลักษณะเฉพาะของแกรไฟน์ควอนตัมดอท

2.1 การศึกษาหาค่า pH ของสารละลายควอนตัมดอท ที่ใช้อัตราส่วนของ Citric Acid และ Sodium Hydroxide (NaOH) ที่แตกต่างกัน

2.2 ตรวจสอบปรากฏการณ์ Tyndall Effect ของแกรไฟน์ควอนตัมดอท

2.3 ตรวจสอบคุณสมบัติ จากเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis)

ระยะที่ 2

โดยการสร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์

ขอบเขตด้านสถานที่

ขอบเขตด้านพื้นที่ การหาข้อมูลการวิจัยได้ทำในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ขอบเขตด้านพื้นที่ การหาข้อมูลการวิจัยได้ทำในโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ ตำบลดอนแก้ว อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ขอบเขตด้านประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 2 สังกัดกองการศึกษาพิเศษ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3/1 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ จำนวน 30 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

นิยามศัพท์เฉพาะ

แกรไฟน์ คือ 1 ชั้นอะตอมของคาร์บอนที่เรียงตัวต่อกันเป็นโครงสร้างรูปหกเหลี่ยม

อิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายระหว่างกรดซิตริก กับ โซเดียมไฮดรอกไซด์

การสังเคราะห์ไฟฟ้าเคมี คือ การสังเคราะห์ของสารเคมีในเซลล์ไฟฟ้าเคมี

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น รายวิชาวิทยาศาสตร์ ใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งแบ่งเนื้อหาเป็น 3 แผน แผนการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ไฟฟ้าเคมี แผนการเรียนรู้ที่ 2 ไดโอดคืออะไร และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การต่อไดโอด

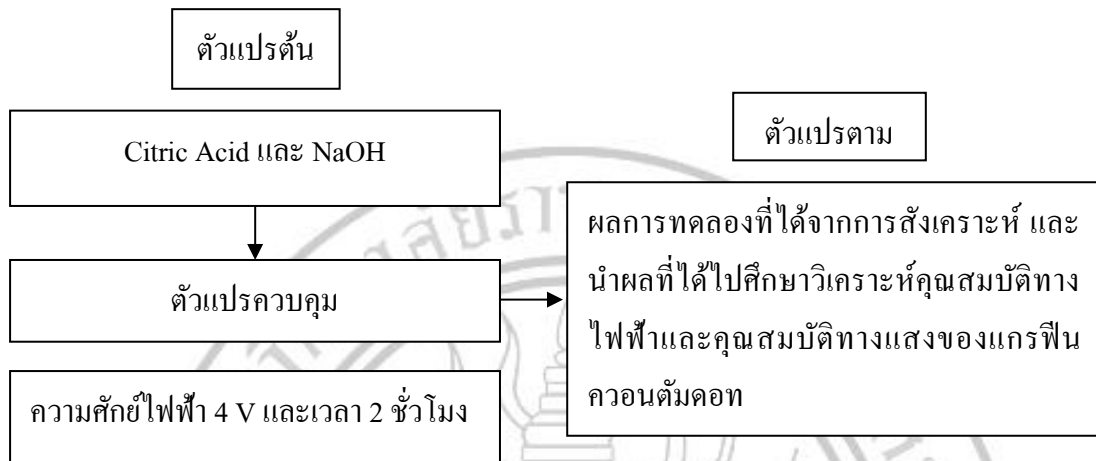
ทักษะการวิเคราะห์ คือ ความสามารถในการพิจารณาไตร่ตรองแก้ปัญหาที่แม่นยำมีความละเอียดในการจำแนกแยกแยะ เปรียบเทียบข้อมูลเรื่องราวเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างชำนาญ โดยการหาหลักฐานที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงหรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนหรือยืนยันเพื่อพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนตัดสินใจเชื่อ

อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น คือ เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาวิทยาศาสตร์ มีเนื้อหาอยู่ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

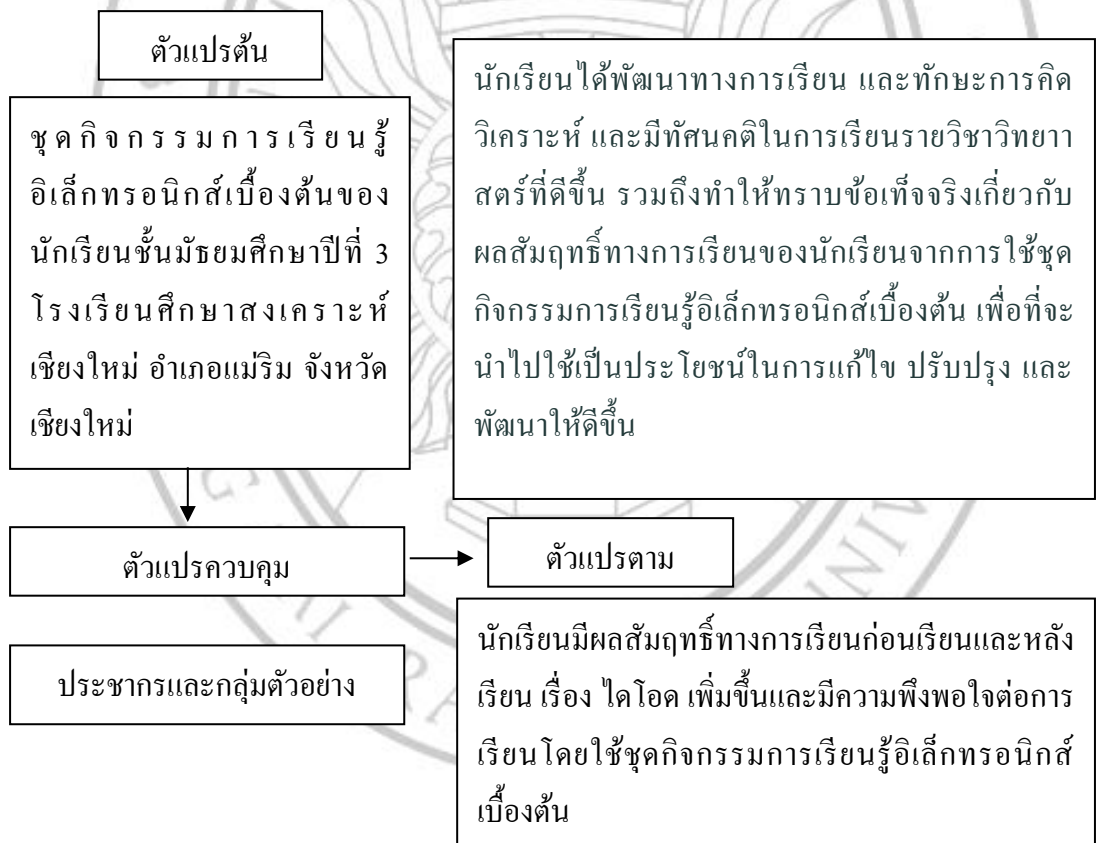


กรอบแนวคิดการวิจัย

ระยะที่ 1



ระยะที่ 2



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสังเคราะห์เกรฟีน โดยวิธีการควอนตัมดอท เพื่อนำไปใช้เป็นตัวแบบการกักเก็บพลังงาน ดังนี้

1. การสังเคราะห์เกรฟีน
 - 1.1 ความหมายของเกรฟีน
 - 1.2 วิธีการสังเคราะห์เกรฟีน
 - 1.3 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์เกรฟีนต่อการเกิดของเกรฟีน
 - 1.4 การเคลื่อนย้ายเกรฟีน
 - 1.5 คุณสมบัติของเกรฟีน
2. เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน
 - 2.1 ประเภทของการเก็บพลังงาน
 - 2.2 พลังงานทดแทนกับการเก็บพลัง
 - 2.3 การประยุกต์ใช้การเก็บพลังงาน
3. การประยุกต์ใช้เกรฟีน
 - 3.1 วัสดุที่กักเก็บพลังงาน
 - 3.2 ทรานซิสเตอร์
 - 3.3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอได้
 - 3.4 วัสดุพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิต
 - 3.5 เซ็นเซอร์
 - 3.6 การใช้งานในทางชีวภาพ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกรฟีน
5. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 5.1 ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 5.2 ประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

- 5.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
- 5.4 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้
- 5.5 คุณค่าของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
- 5.6 ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
- 6. การจัดการเรียนรู้สอนตามวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้
- 7. กลวิธีการสอน
 - 4.1 กลวิธีการระดมสมอง
 - 4.2 กลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้
 - 4.3 คิดเดี่ยว : คิดคู่ : แลกเปลี่ยนความคิด
 - 4.4 กลวิธีจิ๊กซอว์
- 8. การคิดวิเคราะห์
 - 8.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์
 - 8.2 แนวคิดและทฤษฎีของทักษะการคิดวิเคราะห์
 - 8.3 ความสำคัญของการคิดวิเคราะห์
 - 8.4 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์
- 9. ความพึงพอใจ
 - 9.1 ความหมายของความพึงพอใจ
 - 9.2 ทฤษฎีความพึงพอใจ
- 10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 10.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

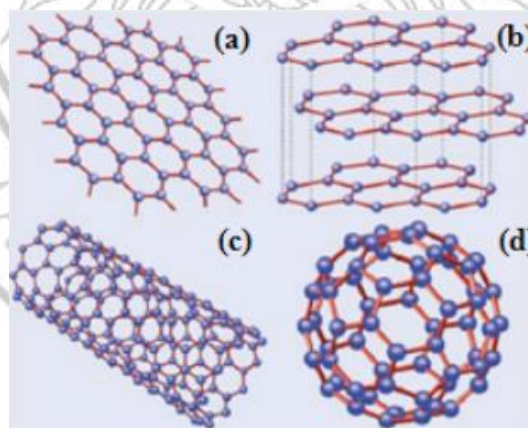
การสังเคราะห์แกรฟีน

1. ความหมายของแกรฟีน

เป็นวัสดุที่มีโครงสร้างเกิดจากการจัดเรียงตัวกันของคาร์บอนอะตอม แบบวงกลมหกเหลี่ยมในแนวระนาบ 2 มิติ โดยมีระยะห่างระหว่างคาร์บอน 0.142 nm หลาย ๆ วงต่อกันคล้ายกับตาข่ายกรงไก่เกิดเป็นแผ่นแกรฟีนที่มีความหนาเพียง 1 อะตอม แสดงดังภาพที่ 2.1 ค้นพบแกรฟีน ในปี ค.ศ. 2004 เป็นต้นมา โดยอังเดร ไกม์ (Andre Geim) และคอนสแตนติน โนโวเซลอฟ (Konstantin Novoselov) นักฟิสิกส์จากมหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ (University of Manchester) ประเทศอังกฤษ ประสบความสำเร็จในการใช้เทปกาวยกชั้นของคาร์บอนที่มีความหนาเพียงหนึ่ง

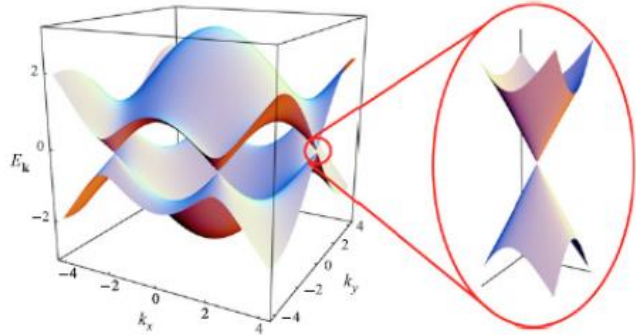
อะตอมออกมาจากแกรไฟต์ ส่งผลให้ทั้งคู่ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ประจำปี พ.ศ. 2010 เนื่องจากสมบัติเด่นหลาย ๆ ด้าน เช่น สมบัติด้านการนำไฟฟ้าและโปร่งใส ก๊าซที่เล็กที่สุด เช่น ฮีเลียมไม่สามารถทะลุผ่าน เป็นต้น ทำให้ปัจจุบันได้มีการนำแกรฟีนมาประยุกต์ใช้กับงานหลายด้าน เช่น ทรานซิสเตอร์ (Transistor) อุปกรณ์บันทึกความจำ (Memory Device) เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เซ็นเซอร์ทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical Sensor) ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสง (Transparent Conductive Electrode) โฟโตแคตะลิสต์ (Photocatalyst) และอิเล็กทรอนิกส์เป็นต้นสมบัติของแกรฟีนที่อยู่ในรูปของโครงสร้างคาร์บอนบริสุทธิ์

แกรฟีนเป็นวัสดุสองมิติที่ประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นในแลตทิซแบบหกเหลี่ยมลักษณะคล้ายรังผึ้งและมีไฮบริไดเซชัน (Hybridization) แบบ sp^2 ความหนาเพียง 1 อะตอม หรืออาจกล่าวได้เป็นชั้นเดียวของแกรไฟต์ หรือประมาณ 0.335 nm ดังภาพที่ 2.1 (a) และเป็นอัญรูปพื้นฐานของสารประกอบคาร์บอนอื่น ๆ ได้แก่ แกรไฟต์ คาร์บอนนาโนทิวป์ และฟูลเลอร์ีน แกรฟีนเป็นวัสดุสารกึ่งโลหะหรือเป็นสารกึ่งตัวนำที่ไม่มีแถบช่องว่างพลังงานมีความสัมพันธ์ของพลังงานกับเวกเตอร์คลื่นของอนุภาคพาหะ (Charge Carriers) ในโซนบริลลูวอน (Brillouin Zone) เป็นแบบเชิงเส้นจึงทำให้แกรฟีนมีความแตกต่างจากวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดอื่นและทำให้เกิดสมบัติทางไฟฟ้าที่มีลักษณะเฉพาะตัวมวลของอิเล็กตรอน และโฮลในแกรฟีนเป็นศูนย์ และมีพฤติกรรมเลียนแบบอนุภาคเฟอร์มิออนแบบสัมพัทธภาพ มีการเคลื่อนที่แบบไม่มีการกระเจิงใด ๆ (Ballistic Transport) ด้วยความเร็วของอนุภาค m/s ซึ่งอธิบายได้ด้วยสมการการเคลื่อนที่ของดิแรก (Dirac Equation) สำหรับอนุภาคสปิน



ภาพที่ 2.1 อัญรูปของสารโครงสร้างคาร์บอน (a) แกรฟีน (2 มิติ), (b) แกรไฟต์ (3 มิติ), (c) คาร์บอนนาโนทิวป์ (1 มิติ) และ (d) ฟูลเลอร์ีน (0 มิติ)

การกระจายตัวทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Dispersion) ของแกรไฟีนคำนวณจาก “Tight Binding Approximation” ประกอบด้วยแถบพลังงาน 2 แถบ คือ แถบวาเลนซ์ หรือแถบของโฮล (แถบล่าง) และแถบคอนดักชันของอิเล็กตรอน (แถบบน) จุดทั้งสองแถบสัมผัสกันเรียกว่า จุดดิแรก (Dirac Point) มี 6 จุด สัมพันธ์กับตำแหน่งของอะตอมคาร์บอน



ภาพที่ 2.2 การกระจายตัวทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Dispersion) ของแกรไฟีน หกเหลี่ยมในแกรไฟด์ ซึ่งมีแถบพลังงานของอิเล็กตรอน และโฮลสัมผัสกันที่จุดดิแรก

มีสมการพลังงานที่อธิบายได้ด้วย

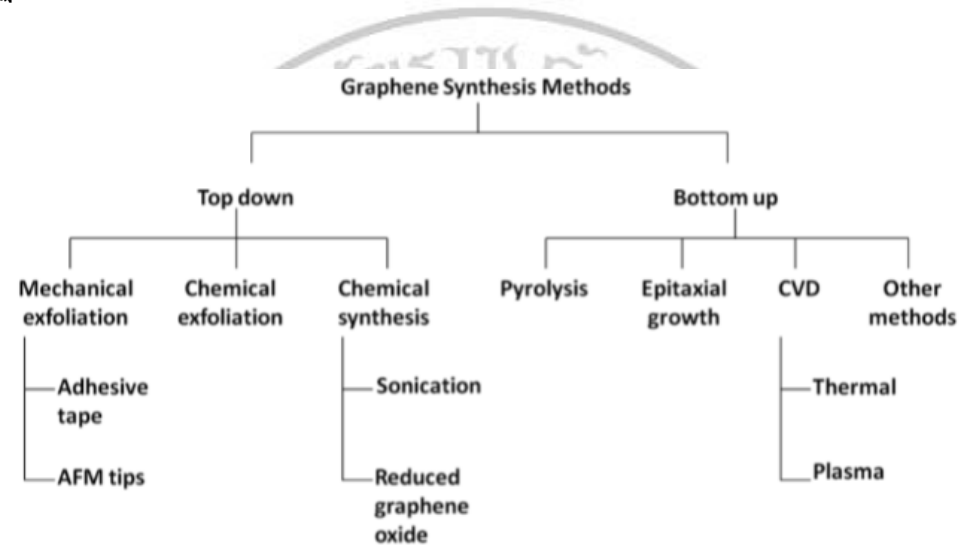
$$E(k_x, k_y) = \pm \sqrt{1 + 4\cos^2\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + 4\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}a_0k_x\right)\cos\left(\frac{3}{2}a_0k_y\right)} \quad (1)$$

เมื่อ $t(\approx 2.8 \text{ eV})$ คือ พลังงาน Hopping ระหว่างอะตอมคาร์บอนที่ใกล้ที่สุด และ $a_0(\approx 1.418)$ เป็นระยะห่างระหว่างอะตอม C – C

2. วิธีการสังเคราะห์แกรไฟีน

การสังเคราะห์แกรไฟีน สามารถทำได้หลายวิธีซึ่งสรุปได้ดังภาพที่ 4 แบ่งตามกระบวนการสังเคราะห์วัสดุนาโน คือ กระบวนการสังเคราะห์แบบลงล่าง (Top Down) และแบบล่างสู่บน (Bottom Up) ในกระบวนการสังเคราะห์แบบบนลงล่าง แบ่งเป็นการลอกแผ่นแกรไฟีนโดยตรง เช่น ใช้สก็อตเทปลอกแผ่นแกรไฟีนจากแกรไฟด์บริสุทธิ์ การใช้เข็ม “AFM” ลากแผ่นแกรไฟีนออกมา และการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น การสั่นด้วยเสียงความถี่สูง (Sonication) และการรีดิวซ์จากแกรไฟีนออกไซด์ ส่วนกระบวนการสังเคราะห์แบบล่างสู่บน ได้แก่ กระบวนการ

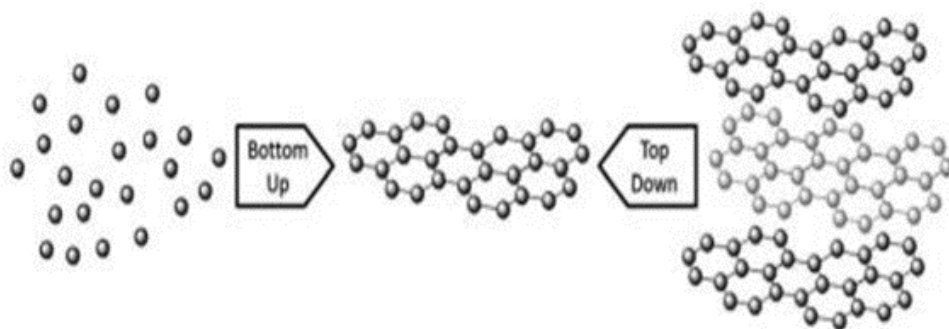
ไฟโรไลซิสการปลูกฟิล์มบาง แกรฟีนแบบผลึกเดี่ยว การปลูกฟิล์มบางแกรฟีนด้วยไอระเหยทางเคมี เป็นต้น ซึ่งวิธีการกระบวนการสังเคราะห์แบบล่างสู่บนจะเป็นวิธีที่ซับซ้อนยุ่งยาก ต้องใช้เครื่องมือขั้นสูง แต่ให้ปริมาณของแกรฟีนจำนวนมาก ส่วนใหญ่จะทำในระดับอุตสาหกรรม ส่วนกระบวนการสังเคราะห์แบบบนลงล่างสามารถทำได้ง่ายกว่า สามารถทำในระดับห้องปฏิบัติการและงานวิจัยได้



ภาพที่ 2.3 แผนภาพวิธีการสังเคราะห์แกรฟีน

1) การสังเคราะห์แกรฟีน

เอ็ดเวิร์ดและ โคลแมน (Edward and Coleman, 2013) ได้รวบรวมวิธีการสังเคราะห์แกรฟีน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี ที่แตกต่างกัน คือ วิธีบนลงล่าง (Top-down Method) และวิธีล่างขึ้นบน (Bottom-up Method) ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การสังเคราะห์แกรฟีนด้วยวิธีล่างขึ้นบนและวิธีบนลงล่าง

1.1) วิธีบนลงล่าง (Top-down Method)

วิธีบนลงล่าง คือ วิธีที่ใช้ในการแยกชั้นของแกรฟีนออกจากชั้นของแกรไฟต์ที่ซ้อนทับกันออกเป็นชั้น ๆ โดยที่แต่ละชั้นของแกรไฟต์ที่ซ้อนทับกันยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอวาล์ว (Van der Waals Forces) โดยสามารถแบ่งออกเป็นวิธีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (Edward & Coleman, 2013)

1.1.1) Micromechanical Cleavage

วิธีสก๊อตเทป เป็นวิธีการลอกชั้นแกรไฟต์โดยใช้เทปติดเพื่อลอกชั้นของแกรไฟต์ ออกเป็นชั้น ๆ และเป็นวิธีแรกที่ใช้ในการทดลองในการแยกชั้นของแกรฟีน การลอกซ้ำ ๆ ทำให้ เกิดแกรฟีนชั้นเดียว แกรฟีนสองชั้นและแกรฟีนสองหรือสามชั้นดังแสดงในภาพที่ 5 วิธีการนี้แกรฟีนจะมีคุณภาพสูง แต่วิธีการนี้ไม่สามารถควบคุมขนาดและจำนวนชั้นของแกรฟีนได้ รวมทั้ง กระบวนการสังเคราะห์ แกรฟีนค่อนข้างช้าและต้องมีความละเอียดสูง



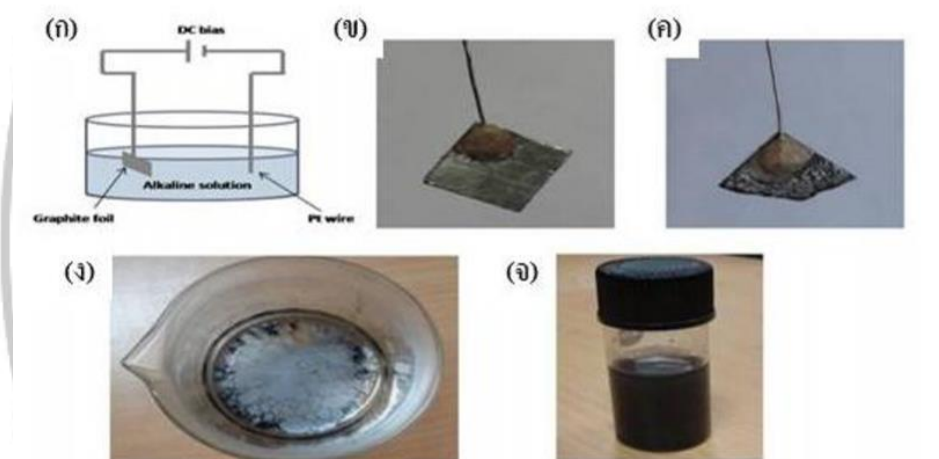
ภาพที่ 2.5 การลอกชั้นของแกรฟีนออกจากชั้นของ Highly Oriented Pyrolytic Graphite (HOPG) โดยใช้สก๊อตเทป

ที่มา: Singh et al., 2011

1.1.2) การลอกโดยใช้ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Exfoliation)

วิธีการลอกชั้นแกรฟีนออกจากชั้นของแกรไฟต์ดังแสดงในภาพที่ 2.6 (ก) ใช้แกรไฟต์ เป็น “Sacrificial Electrode” และทำการลอกชั้นของแกรไฟต์โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Solution) ผสมกับสารลดแรงตึงผิว (Surfactants) สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายของกรดซัลฟิวริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{H}_2(\text{SO}_4) - \text{KOH}$) โดยสารลดแรงตึงผิวช่วยป้องกันการรวมตัวเข้าเป็นก้อนของแผ่นแกรฟีนและยังช่วยป้องกันแกรฟีนจากการทำปฏิกิริยา

ระหว่างกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic Groups) กับ π -orbital ของแกรฟีน สารละลายกรดซัลฟิวริกเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ดีสำหรับการลอกชั้นของแกรไฟต์ออกจากกัน แต่สารละลายกรดซัลฟิวริกยังส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างชั้นของแกรไฟต์ เพราะฉะนั้นจำเป็นต้องผสมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างชั้นของแกรฟีน สารละลาย $H_2(SO)_4$ และ KOH ที่ใช้เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ในการลอกชั้นของแกรไฟต์ด้วยวิธีการลอกโดยใช้ไฟฟ้าเคมีจะให้ผลิตภัณฑ์ชั้นของแกรไฟต์ที่มีความหนาแตกต่างกันผสมกันอยู่ ทำการแยกชั้นของแกรฟีน 2-3 ชั้น โดยการปั่นแยก วิธีการนี้กำจัดสารลดแรงตึงผิวออกจากแกรฟีนได้ยาก ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางไฟฟ้าเคมีของแกรฟีน การแยกชั้นของแกรฟีนกระทำได้ยาก เนื่องจากวิธีการนี้จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นชั้นแกรไฟต์ที่มีความหนาแตกต่างกันผสมกันเกิดขึ้น



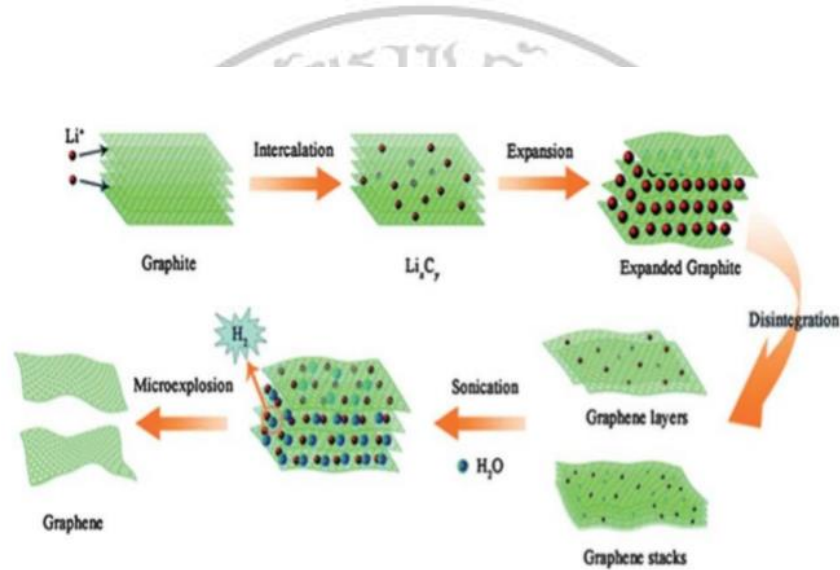
ภาพที่ 2.6 (ก) ระบบการลอกชั้นของแกรฟีนออกจากแผ่นฟอยด์แกรไฟต์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี (ข) และ (ค) แผ่นฟอยด์แกรไฟต์ก่อนและหลังการลอกด้วยไฟฟ้าเคมี (ง) แผ่นแกรฟีนลอย อยู่บนผิวของสารอิเล็กโทรไลต์ (จ) การกระจายตัวของแผ่นแกรฟีนในสารละลาย DMF

ที่มา: Tripathi, Patel, Shaz, & Srivastava, n.d.

1.1.3) Exfoliation of Graphene Intercalation Compounds (GICs)

วิธีการนี้เป็นการลอกชั้นของแกรฟีนออกจาก GICs โดยใช้ตัวทำละลายและความร้อนช่วยในการลอกชั้นของแกรฟีน สำหรับการใส่ตัวทำละลายช่วยในการแยกชั้นของแกรฟีนออกจาก GICs โดยทั่วไปเป็นวิธีการที่นำ GICs ไปโซนิคเคตในสารละลายเพื่อ

แยกชั้นของแกรไฟีนออกมา เช่น การนำเอาโลหะแอลคาไลน์ GICs ไปโซนิเคตใน NMP (N-methylpyrrolidone) และเอทานอล (Ethanol) เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่นการนำ Li- GICs ไปโซนิเคตในน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2.7 สำหรับวิธีให้ความร้อนกับ GICs เพื่อแยกชั้นของแกรไฟีนนั้น โดยทั่วไปจะเกิดการตกเคลือบทางความร้อนของอินเทอร์คาเลชันของแก๊สบางชนิดภายในชั้น GICs แก๊สเหล่านั้นจะเป็นตัวผลักดันของแกรไฟีนออกมาเป็นชั้น ๆ



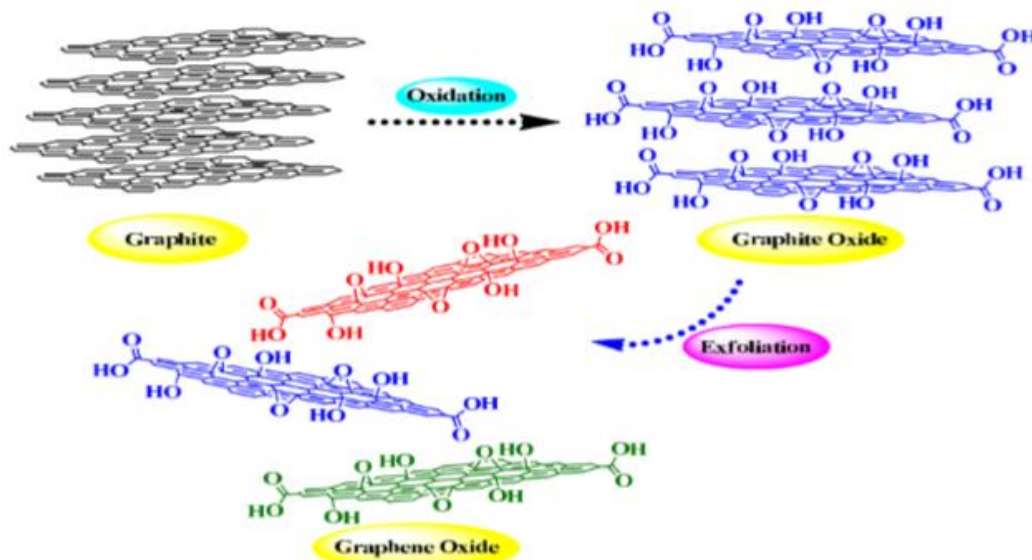
ภาพที่ 2.7 กระบวนการแยกชั้นของแกรไฟีนออกจากแกรไฟต์โดยผ่าน Li Intercalation Expansion–microexplosion Processes

ที่มา: Edward & Coleman, 2013

1.1.4) การลอกชั้นของแกรไฟต์ออกไซด์ (Exfoliation of Graphite Oxide)

เป็นวิธีการสังเคราะห์แกรไฟีนโดยการใช้กรดแก่หรือตัวออกซิแดนซ์ มาออกซิไดซ์แกรไฟต์ให้ได้เป็นแกรไฟต์ออกไซด์ ซึ่งหมู่ของออกไซด์ไฮดรอกซิล คาร์บอกซิลิก และคาร์บอนิล จะเข้าไปแทรกและเกาะเต็มระนาบพื้นผิวในแต่ละชั้นของแกรไฟต์ ทำให้แต่ละชั้นของแกรไฟต์กว้างขึ้นและลดแรงแวนเดอร์วาลส์ระหว่างชั้น หากแกรไฟต์ออกไซด์ถูกกระตุ้นด้วยแรงเพียงชนิดเดียว เช่น การใช้คลื่นความถี่สูง (Sonication) ก็สามารถหลุดออกเป็นแกรไฟีนออกไซด์ (Graphene Oxide) ได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ซึ่งแกรไฟีนออกไซด์มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) ละลายได้ดีในน้ำแต่ไม่นำไฟฟ้าและสามารถรีดิวซ์ด้วยสารรีดักแทนซ์ เช่น ไฮดราซีนไฮดรตได้เป็นรีดิวซ์แกรไฟีนออกไซด์ (Reduced Graphene Oxide) ซึ่งสามารถกรองและกระจายตัวได้ดีบนวัสดุรองรับ เกิดเป็นฟิล์มบางนำไฟฟ้า โดยทั่วไปการสังเคราะห์แกรไฟีนออกไซด์มีอยู่ 3 วิธีหลัก ๆ ได้แก่ วิธี “Hummers Method” วิธีนี้ใช้ $\text{H}_2(\text{SO}_4)$ และ (KMnO_4) เป็นตัวออกซิไดซ์

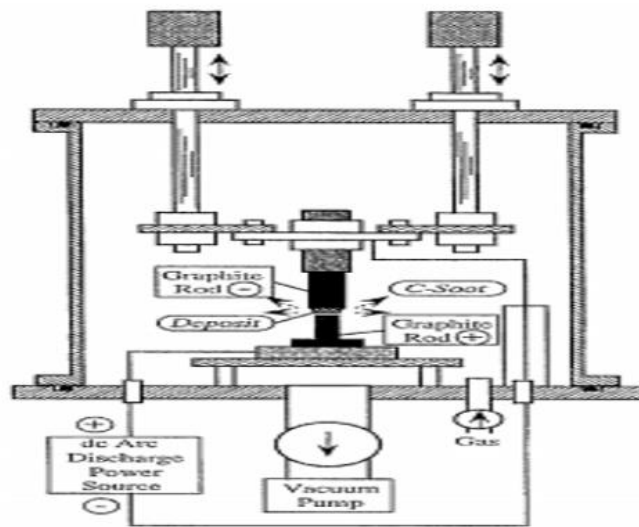
“Graphite Flakes” ที่มีความบริสุทธิ์สูง มี “Localizes Defects” ใน “P-structure” จึงเป็นเหตุในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นำสารละลายดังกล่าวมาโซนิเกตจะได้สารละลายแกรไฟีนออกไซด์ ใช้ไฮดราซีนไฮเดรต (Hydrazine Hydrate) เพื่อรีดิวซ์ กลับเป็นแกรไฟีนอีกครั้ง



ภาพที่ 2.8 การสังเคราะห์แกรไฟต์ออกไซด์และแกรไฟีนออกไซด์จากแกรไฟต์
ที่มา: Garg, Bisht, & Ling, 2014

1.1.5) อาร์คดิสชาร์จ (Arc Discharge)

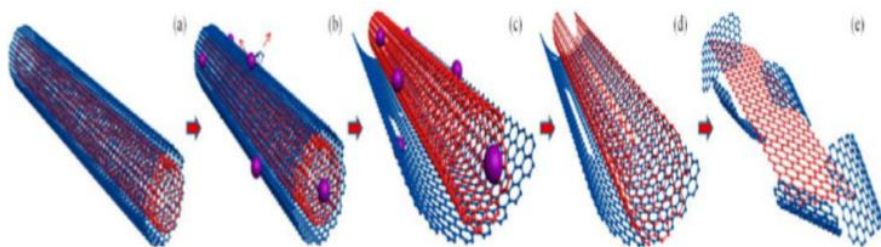
เป็นวิธีการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงผ่านระหว่างขั้วไฟฟ้าที่เป็นแท่งแกรไฟต์ 2 แท่ง มีความต่างศักย์ประมาณ 20–40 โวลต์ ตกคร่อมระหว่างแท่งแกรไฟต์สองแท่งภายใต้บรรยากาศของแก๊สเฉื่อย เช่น ฮีเลียมหรืออาร์กอนจะทำให้เกิดสถานะพลาสมาและอุณหภูมิสูง บริเวณระหว่างขั้วอิเล็กโทรดส่งผลให้แท่งแกรไฟต์เกิดการระเหยกกลายเป็นไอแล้วควบแน่นเป็นท่อนาโนคาร์บอน ดังแสดงในภาพที่ 2.9 วิธีการนี้นิยมใช้ในการสังเคราะห์วัสดุคาร์บอนรวมทั้ง ท่อนาโนคาร์บอนและฟูลเลอร์ิน เมื่อเร็ว ๆ นี้ มีการนำวิธีอาร์คดิสชาร์จมาใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีน 2-3 ชั้น ในบรรยากาศของบัฟเฟอร์แก๊ส การใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นส่วนผสมในบัฟเฟอร์ แก๊สมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากแก๊สไฮโดรเจนจะไปช่วยยุติการแผ่ของพันธะระหว่าง คาร์บอนทำให้ช่วยยับยั้งการม้วนตัวของคาร์บอนในชั้นแกรไฟีน ส่งผลทำให้อะตอมของคาร์บอนจับกันเป็นแผ่นคล้ายแผ่นแกรไฟต์



ภาพที่ 2.9 ระบบการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนด้วยวิธีอาร์คดิสชาร์จ
ที่มา: Ando & Zhao, 2006

1.1.6) Unzipping Carbon Nanotube

แกรฟีนหรือแกรฟีน 2-3 ชั้น สามารถสังเคราะห์ได้จากท่อนาโนคาร์บอนผนังชั้นเดียวหรือหลายชั้น ด้วยการแยกผนังของท่อนาโนคาร์บอนออกจากกันโดยใช้วิธีทางกายภาพและทางเคมี ดังแสดงในภาพที่ 2.10 เช่น วิธีเคมีเปียก (Wet Chemistry Methods) เช่น วิธีการออกซิไดซ์หรือวิธีทางกายภาพ เช่น ยิงเลเซอร์ (Laser Irradiation) และการกัดด้วยพลาสมา (Plasma Etching) การสังเคราะห์แกรฟีนจากการแยกผนังของท่อนาโนคาร์บอน ส่งผลให้ได้แผ่นแกรฟีนนาโนริบบอน (Graphene Nanoribbons) ความกว้างของแผ่นแกรฟีนวัดได้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ



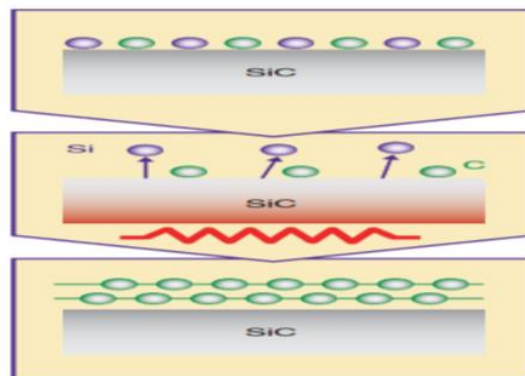
ภาพที่ 2.10 การแยกชั้นของแกรฟีนออกจากท่อนาโนคาร์บอนโดยใช้วิธีเคมีเปียก
ที่มา: Xiao et al., 2014

1.2) วิธีล่างขึ้นบน (Bottom-up Method)

วิธีล่างขึ้นบน คือ การสังเคราะห์แกรไฟีนจากการเลือกบรรจุอะตอมของคาร์บอนจาก แหล่งกำเนิดคาร์บอนลงบนวัสดุรองรับที่แน่นอน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นวิธีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.2.1) Epitaxial Growth on Silicon Carbide

เป็นวิธีที่ทำการปลูกแกรไฟีนบนซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1000°C ภายใต้เงื่อนไขสุญญากาศสูงมาก (UHV 10^{-7} Pa) โดยการให้ความร้อนแก่ซิลิกอนคาร์ไบด์ ทำให้อะตอมของซิลิกอนบางส่วนเกิดการระเหิดออกมาจากผิวของซิลิกอนคาร์ไบด์ หลังจากนั้นจะเกิดการกักกร่อนแบบแกรไฟต์ (Graphitisation) ของอะตอมคาร์บอนที่วิ่งข้างหลัง ทำให้เกิดชั้นของแกรไฟีนขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.11 วิธีการนี้ทำการเคลื่อนย้ายแกรไฟีนไปไว้บนวัสดุรองรับอื่น ๆ ได้ยากเมื่อต้องการนำแกรไฟีนไปประยุกต์ใช้

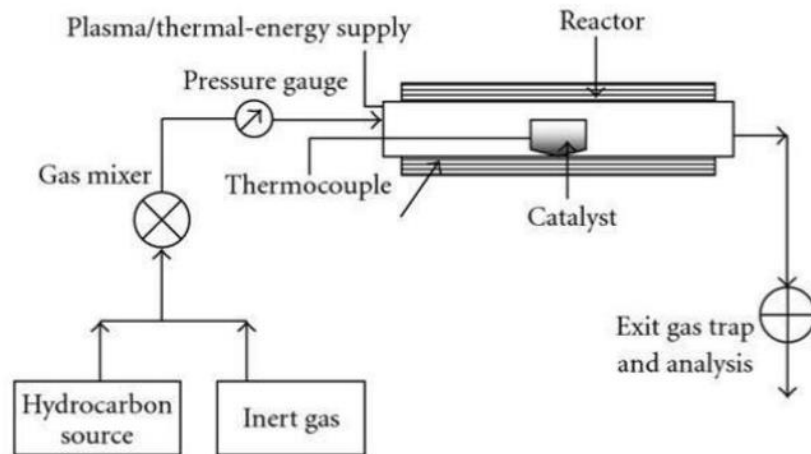


ภาพที่ 2.11 การสังเคราะห์แกรไฟีนบนซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยการอบด้วยความร้อน
ที่มา: Hibino, Kageshima, & Nagase, 2010

1.2.2) วิธีตกเคลือบไอระเหยทางเคมี (Chemical Vapor Deposition: CVD)

วิธีการสังเคราะห์แกรไฟีนด้วยวิธี CVD เป็นการสังเคราะห์แกรไฟีนที่อุณหภูมิในช่วง $750-1000^{\circ}\text{C}$ บนโลหะทรานซิชัน เช่น Fe, Ru, Co, Rh, Ir, Ni, Pd และ Cu เป็นต้น วิธีการสังเคราะห์แกรไฟีนบนโลหะทรานซิชันด้วยวิธี CVD เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยที่กระบวนการนี้เกิดจากการให้ความร้อนแก่โมเลกุลของแก๊ส หรือของเหลวที่เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนทำให้โมเลกุลเกิดการเปลี่ยนแปลง เกิดเป็นแก๊สซึ่งเรียกว่าสารตั้งต้นโมเลกุลของแก๊สหรือไอระเหยของของเหลวจะเกิดปฏิกิริยาเมื่อเข้าไปใกล้กับวัสดุรองรับที่มีความร้อนและเกิดการแตกตัวและรวมตัวใหม่เป็นวัสดุที่เป็นของแข็งในรูปแบบของฟิล์มบาง จากภาพที่ 2.12

แสดงระบบ CVD ที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟน์ ซึ่งประกอบด้วย ตัวเร่งปฏิกิริยาหรือวัสดุรองรับ แหล่งกำเนิดแก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊ส พาหะ (แก๊สจำพวกแก๊สเฉื่อย) และเตาปฏิกรณ์สำหรับให้ความร้อน



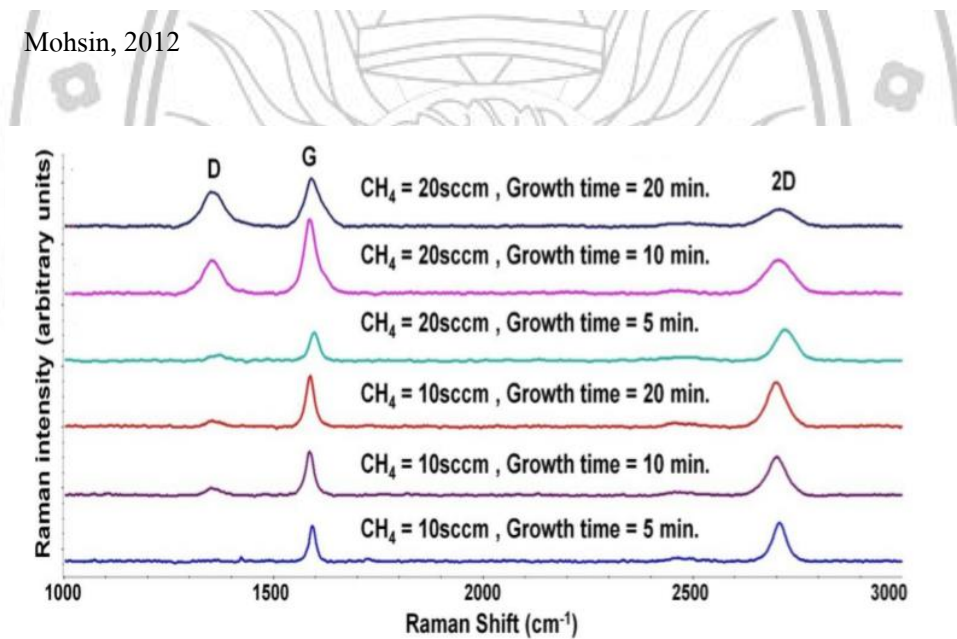
ภาพที่ 2.12 ระบบ CVD ที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟน์
ที่มา: Galib, 2012

โมซิน (Mohsin, 2012) ได้ศึกษาการสังเคราะห์แกรไฟน์ด้วยวิธี CVD ที่ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition: APCVD) และศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่อการเกิดของแกรไฟน์โดยการวิเคราะห์จากรามานสเปกตรัม พารามิเตอร์ที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แกรไฟน์ด้วยวิธี APCVD ได้แก่ อัตราการไหลของแก๊สดังตั้งต้น (Precursor Gas) อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟน์ ในการทดลองนี้ใช้แก๊สมีเทน (CH_4) เป็นแก๊สดังตั้งต้น แก๊สอาร์กอน ("Ar") และแก๊สไฮโดรเจน H_2 เป็นแก๊สพาหะ โดยมีแผ่นฟอยด์ทองแดงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสังเคราะห์แกรไฟน์ ซึ่งสามารถสรุปผลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่อการเกิดของแกรไฟน์ได้ดังนี้ ผลของอัตราการไหลของสารตั้งต้นและเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟน์ต่อการเกิดของแกรไฟน์ เพื่อศึกษาผลของอัตราการไหลของแก๊สดังตั้งต้นและเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟน์ต่อการเกิดของแกรไฟน์ โดยทางผู้วิจัยทำการสังเคราะห์แกรไฟน์ที่อุณหภูมิ 980°C เงื่อนไขที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟน์และอัตราส่วน $\text{I}_{2\text{D}}/\text{I}_{\text{G}}$ พิกัดจากการวิเคราะห์แกรไฟน์ตัวอย่างด้วยเทคนิครามาน สเปกโตรสโกปี ดังแสดงในภาพที่ 2.13 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เงื่อนไขที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนและอัตราส่วน I_{2D}/I_G พิก จากรามานสเปกตรัมของแกรไฟีนตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 2.13

หมายเลข ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	อัตราไหลของแก๊สมีเทน (sccm)	เวลา (นาที)	I_{2D}/I_G
1	980	10	5	1.08
2	980	10	10	0.94
3	980	10	20	0.87
4	980	20	5	1.04
5	980	20	10	0.453
6	980	20	20	0.34

ที่มา: Mohsin, 2012



ภาพที่ 2.13 รามานสเปกตรัมของแกรไฟีนตัวอย่างที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 980 C ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน

ที่มา: Mohsin, 2012

จากภาพที่ 2.13 แสดงรามานสเปกตรัมของแกรไฟีนตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขในการสังเคราะห์แกรไฟีน สรุปลดังตารางที่ 2.1 พิก ที่สำคัญจากรามานสเปกตรัมในแกรไฟีนชั้นเดียวประกอบด้วย D, G และ 2D พิก ซึ่งมีตำแหน่งพิกของรามาน (Raman Shift, $(\text{cm})^{-1}$) ที่ตำแหน่ง 1350

(cm^{-1}), $1580 (\text{cm}^{-1})$ และ $2700 (\text{cm}^{-1})$ ตามลำดับ อัตราส่วน I_{2D}/I_G พิก เป็นปริมาณที่เป็นตัวกำหนดจำนวนชั้นของแกรไฟีน จากภาพที่ 2.13 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วน I_{2D}/I_G พิก ลดลงเมื่อเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าจำนวนชั้นของแกรไฟีนเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนมากขึ้นจากตารางที่ 2.1 อัตราส่วน $I_{2D}/I_G \sim 1$ เมื่อใช้เวลาในการสังเคราะห์แกรไฟีน 5 นาที ที่อัตราการไหลของแก๊สมีเทน 10 sccm และ 20 sccm แสดงให้เห็นว่าเป็นแกรไฟีนสองชั้น และภายใต้เงื่อนไขอื่น ๆ ที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีน ค่าอัตราส่วน $I_{2D}/I_G < 1$ แสดงว่าเกิดแกรไฟีนสองหรือสามชั้นและที่อัตราการไหลของแก๊สมีเทน 20 sccm ค่าอัตราส่วน I_{2D}/I_G ลดต่ำลง เมื่อเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนเพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของแก๊สมีเทนที่ 10 sccm ที่เงื่อนไขเดียวกันของการสังเคราะห์แกรไฟีน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลของแก๊สมีเทนที่ต่ำกว่าเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมจำนวนชั้นของแกรไฟีนภายใต้การสังเคราะห์แกรไฟีนด้วยวิธี APCVD จากภาพที่ 2.13 แสดงให้เห็นว่าความเข้มของ D พิก เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนและจำนวนชั้นของแกรไฟีนเพิ่มขึ้น จากการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า เมื่ออัตราการไหลของแก๊สตั้งต้นมีปริมาณต่ำและเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนน้อยจะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการลดจำนวนชั้นของแกรไฟีน

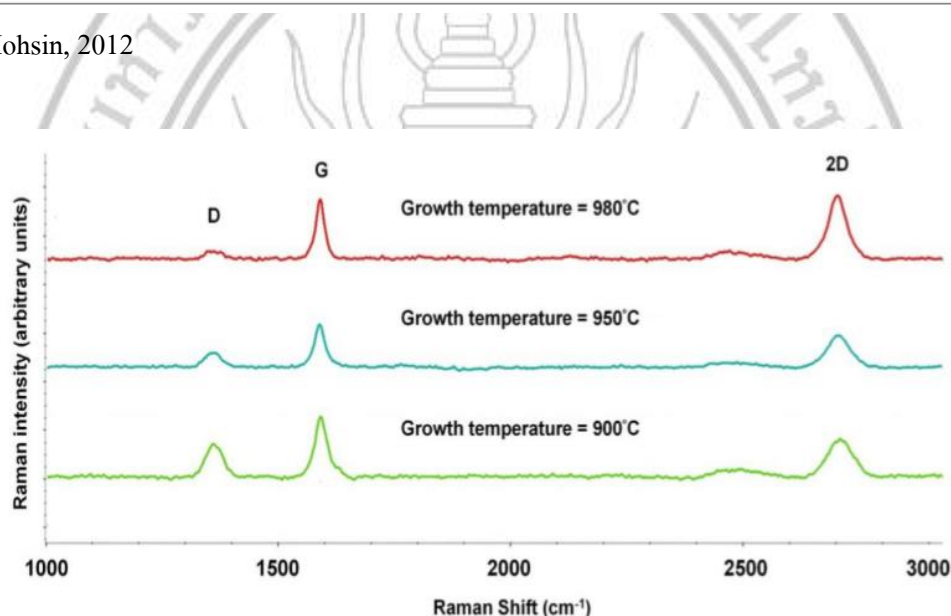
3. ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนต่อการเกิดของแกรไฟีน

จากการสังเคราะห์แกรไฟีนบนแผ่นฟอยด์ทองแดงที่อุณหภูมิระหว่าง $900 - 980 \text{ C}$ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนและอัตราส่วนระหว่าง I_{2D}/I_G พิก จากรามานสเปกตรัมดังแสดงในภาพที่ 2.14 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2 จากตารางแสดงจำนวนชั้นของแกรไฟีนเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีน ซึ่งสามารถยืนยันได้จากอัตราส่วน I_{2D}/I_G พิก และจากภาพที่ 2.14 พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความเข้มของ D พิก ลดลง และจากตารางที่ 2.2 ยังพบว่าอัตราส่วน $I_{2D}/I_G = 1.12$ ยืนยันว่าเป็นแกรไฟีนสองชั้น ถึงแม้ว่าจะทำการสังเคราะห์แกรไฟีนที่อุณหภูมิสูงถึง 980 C ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการสังเคราะห์แกรไฟีนที่อุณหภูมิสูงช่วยลดจำนวนชั้นและลดข้อบกพร่องในแกรไฟีน

ตารางที่ 2.2 เงื่อนไขที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนและอัตราส่วน I_{2D}/I_G พิกัด จากระนาบสเปกตรัมของแกรไฟีน ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 2.14

หมายเลข ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	อัตราไหลของแก๊สมีเทน (sccm)	เวลา (นาที)	I_{2D}/I_G
7	900	5	2	0.59
8	950	5	2	0.78
9	980	5	2	1.12

ที่มา: Mohsin, 2012

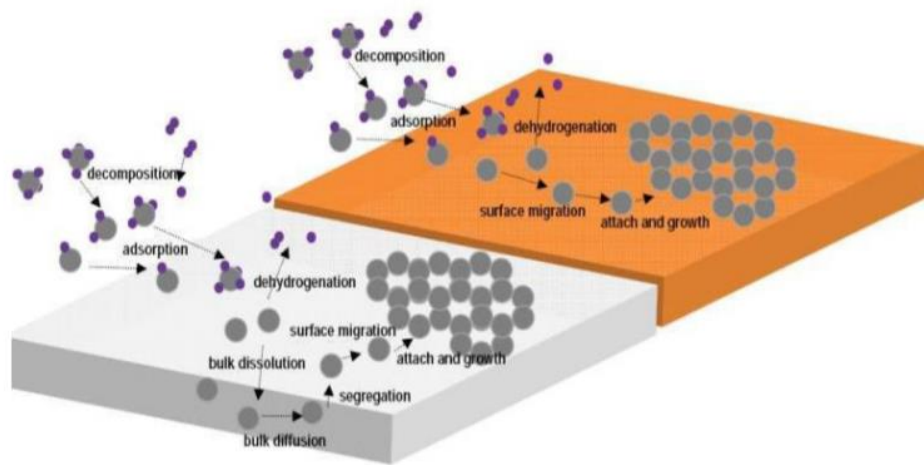


ภาพที่ 2.14 รามานสเปกตรัมของแกรไฟีนตัวอย่างที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิแตกต่างกันที่อัตราไหลการของแก๊สมีเทน 5 sccm เป็นเวลา 2 นาที

ที่มา: Mohsin, 2012

กลไกการเกิดของแกรไฟีนบนทองแดงและโลหะทรานซิชันอื่น ๆ ด้วยวิธี CVD โลหะทรานซิชันมีบทบาทเป็นได้ทั้งตัวเร่งปฏิกิริยาและวัสดุรองรับในกระบวนการสังเคราะห์แกรไฟีนด้วยวิธี CVD จากภาพที่ 2.15 แสดงกลไกความแตกต่างการเกิดของแกรไฟีนบน Cu และ Ni โดยทั่วไปการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีในกระบวนการ CVD ด้วยความร้อน ส่งผลทำให้เกิดการแตกตัวของแก๊สไฮโดรคาร์บอนและเกิดการดูดซับโมเลกุลบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ถ้ากระบวนการต่าง ๆ ทั้งการดูดซับการแตกตัวและการแพร่ของโมเลกุลบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดแกรไฟีน

ชั้นเดียวขึ้น ซึ่งกลไกนี้เกิดขึ้นเฉพาะบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นทองแดง เนื่องจากคาร์บอนมีการละลายบนพื้นผิวของทองแดงต่ำ แต่การสังเคราะห์แกรฟีนบนนิกเกิลและโลหะทรานซิชันอื่น ๆ (Co, Ru, Ir และอื่น ๆ) จะเกิดการแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากความร้อนในระบบ CVD และเกิดการดูดซับอะตอมของคาร์บอนบนพื้นผิวของวัสดุรองรับ โดยแกรฟีนเกิดการก่อตัวขึ้นในระหว่างกระบวนการทำให้ระบบเย็นตัว เนื่องจากเกิดการละลายของคาร์บอนสูง ส่งผลให้อะตอมของคาร์บอนแพร่เข้าไปในเนื้อของวัสดุรองรับและต่อมาเกิดการตกตะกอนสะสมที่พื้นผิวของวัสดุรองรับเกิดเป็นแกรฟีนขึ้น

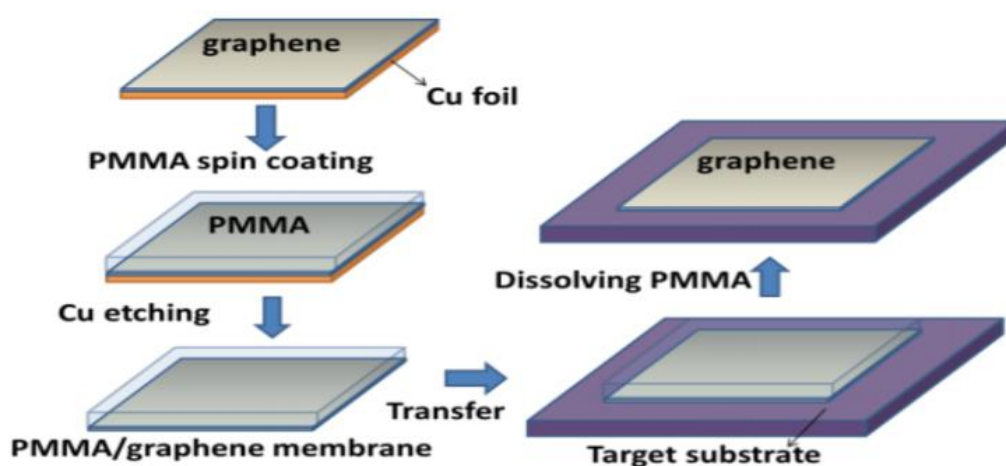


ภาพที่ 2.15 กลไกการเกิดของแกรฟีนบนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลและทองแดง
ที่มา: Muñoz & Aleixandre, 2013

4. การเคลื่อนย้ายแกรฟีน

แกรฟีนที่ทำการสังเคราะห์บนโลหะทรานซิชัน ควรที่จะทำการเคลื่อนย้ายชั้นของแกรฟีนไปวางไว้บนวัสดุรองรับที่เป็นฉนวน เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้และวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางอิเล็กทรอนิกส์ วิธีการเคลื่อนย้ายแกรฟีนโดยทั่วไปสำหรับแกรฟีนที่สังเคราะห์ด้วยวิธี CVD บนโลหะทรานซิชัน ดังแสดงในภาพที่ 2.16 कुमारและลี (Kumar and Lee, 2013) ทำการเคลือบพอลิเมอร์จำพวกพอลิเมทิลเมทาคริเลต (Poly Methyl Methacrylate: PMMA) หรือพอลิเมทิลซิลิโคน (Poly Dimethylsiloxane: PDMS) ลงบนแกรฟีนด้วยวิธีปั่นเคลือบ โดยที่พอลิเมอร์ที่เคลือบลงไปบนแกรฟีนจะช่วยรักษาโครงสร้างของแกรฟีนในระหว่างกระบวนการเคลื่อนย้าย ขั้นตอนต่อมาทำการกำจัดวัสดุรองรับออก เช่น ถ้าใช้วัสดุรองรับเป็นทองแดง ทำการกำจัดทองแดงออกโดยใช้สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl_3) ผสมกับสารละลายอื่น ๆ เพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดงให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เช่น ผสมกับสารละลาย "HCl", $(\text{HNO}_3)_3$, $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)_3$, $[(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)]$ และ $(\text{CuCl}_2)_2$ หลังจากที่ยาทองแดงถูกกำจัดเสร็จสมบูรณ์จะเหลือชั้นของ PMMA/graphene ลอยอยู่ ทำการเคลื่อนย้ายชั้นของ PMMA/graphene โดยจุ่มลงในน้ำกลั่น 7-8 ครั้ง เพื่อล้างสิ่งตกค้างที่เกิดจากกระบวนการกำจัดทองแดงนำชั้นของ PMMA/graphene วางไว้บนวัสดุรองรับตามที่ต้องการ ต่อมาทำการกำจัด PMMA โดยการนำชั้นของ PMMA/graphene/substrate ไปแช่ในอะซิโตนหรือคลอโรฟอร์มเพื่อให้ PMMA ละลายออกไปจะได้ฟิล์มแกรฟีนที่สมบูรณ์เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.16 กระบวนการเคลื่อนย้ายชั้นของแกรฟีนที่สังเคราะห์บนฟอยด์ทองแดงวางบนวัสดุรองรับอื่น

ที่มา: Kumar & Lee, 2013

จ้าว และคนอื่น ๆ (Zhao et al., 2012) กล่าวว่า กระบวนการการสังเคราะห์แกรฟีนสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ คือ

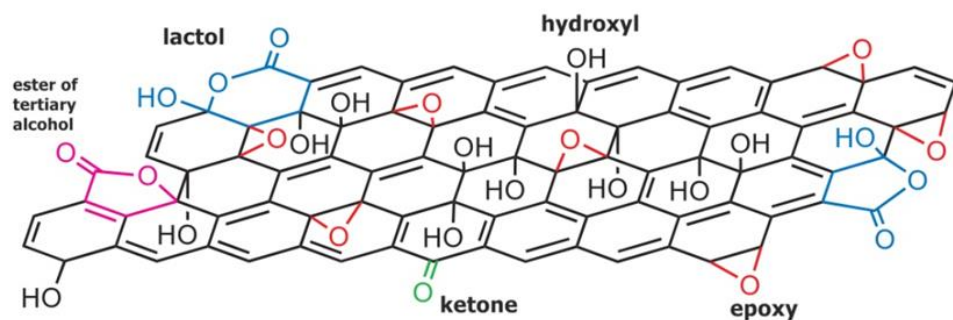
1) การสร้างจากเล็กไปใหญ่ (Bottom – up Process)

การสังเคราะห์ฟิล์มแกรฟีนด้วยวิธีไอระเหยทางเคมี (Chemical Vapor Deposition) ใช้ก๊าซไฮโดรคาร์บอน เช่น มีเทน (CH_4) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) อะเซทิลีน C_2H_2 และเอทานอล $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ เป็นต้น เข้าไปในเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้โมเลกุลของก๊าซแตกตัว (Decomposed) ออกเป็นอะตอมของคาร์บอน สามารถสังเคราะห์ฟิล์มแกรฟีนหนา 1-10 ชั้นที่มีสมบัติการนำไฟฟ้าดีเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ปัจจุบันที่มีผลต่อลักษณะฟิล์ม เช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหลของก๊าซสัดส่วนอะตอมของธาตุ C:O:H ในระบบวิธีอาร์คดิสชาร์จ (Arc Discharge)

ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อมแท่งแกรไฟต์สองแท่งที่วางใกล้ ๆ กัน โดยให้ระยะห่างระหว่างปลายแท่งประมาณ 1 - 3 มิลลิเมตร ภายใต้บรรยากาศก๊าซเฉื่อย เช่น ฮีเลียม หรืออาร์กอน ทำให้เกิดเป็นสถานะพลาสมา และมีอุณหภูมิสูงบริเวณระหว่างขั้วอิเล็กโทรด ส่งผลให้แท่งแกรไฟต์ระเหยกกลายเป็นไอแล้วมีการควบแน่นกลายเป็น แกรฟีนที่มีลักษณะเป็นเกล็ดบริเวณปลายแท่งแกรไฟต์ที่ต่อกับขั้วลบ การควบคุมขนาดหรือจำนวนชั้นสามารถทำได้โดยการควบคุมความดัน อุณหภูมิ และการเติมผงโลหะคะตะลิสต์ปริมาณเล็กน้อย เช่น เหล็ก นิกเกิล หรือโคบอลต์ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือผสมกันลงในแท่งแกรไฟต์ที่มีต่อกับขั้วบวก ข้อดีของกระบวนการสร้างจากเล็กไปใหญ่ คือสามารถทำได้ง่ายกว่าการลดขนาดจนอยู่ในระดับนาโนเมตร ฟิล์มที่สังเคราะห์ได้มีผลึกขนาดเล็ก สมบัติการนำไฟฟ้าสูงกว่า พบความผิดพลาดโครงสร้างผลึกน้อยกว่า มีความบริสุทธิ์สูง ข้อเสีย คือใช้อุณหภูมิสูง ต้นทุนสูง และใช้เวลานาน

2) การสร้างจากใหญ่ไปเล็ก (Top – down Process)

กระบวนการผลิตอนุภาคนาโนโดยการบดย่อยอนุภาคขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงจนมีขนาดในระดับนาโนเมตร กระบวนการอิเล็กโตรเคมีคัล (Electrochemical Synthesis) การสังเคราะห์ฟิล์มแกรฟีนเสร็จในขั้นตอนเดียว โดยให้แท่งแกรไฟต์บริสุทธิ์เป็นขั้วอิเล็กโทรดในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าทำให้เกิดการกัดกร่อนที่ขั้วแอโนด และตกตะกอนสู่ฐานของหม้อปฏิกรณ์ ตะกอนถูกล้างทำให้แห้งสามารถสังเคราะห์แผ่นแกรฟีนที่มีความหนาเพียง 1 อะตอม มีข้อดี คือ เป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่มีข้อเสีย คือ สารละลายไอออนิกสำหรับอิเล็กโทรไลต์ มีราคาแพง กระบวนการทำให้ท่อนาโนคาร์บอนผนังเดี่ยวแตกและคลี่ออกเป็นแผ่นซึ่งสามารถผลิตแผ่นแกรฟีนชั้นเดียวที่มีขนาดอนุภาคนาโนเรียบขึ้น



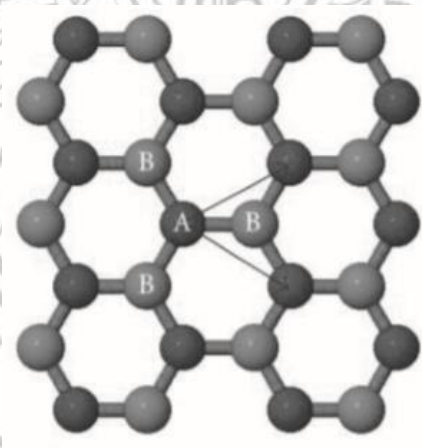
ภาพที่ 2.17 โครงสร้างทางเคมีของแกรฟีนออกไซด์

5. สมบัติของแกรฟีน

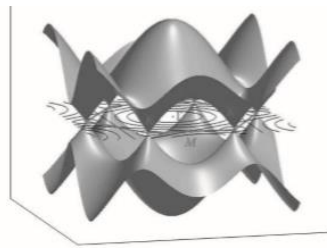
วิศณุสรณ์ ชาติอารยะวดี (2557) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของแกรฟีน (Graphene Properties) ดังนี้

1) สมบัติทางไฟฟ้า (Electronic Properties)

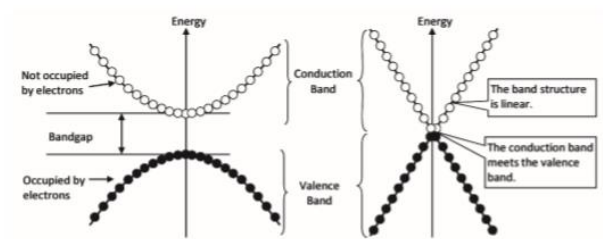
คาร์บอนมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม เป็น $C = 1s^2, 2s^2, 2p^2$ ซึ่งประกอบไปด้วยออร์บิทัล $2s, 2p_x, 2p_y$ และ $2p_z$ โดยออร์บิทัลเหล่านี้สามารถผสมกันไปได้ ก่อให้เกิดโครงสร้างลูกผสมแบบต่าง ๆ เช่น ในกรณีของเพชรจะเกิดการผสมกันระหว่างออร์บิทัล S และ p_x, p_y, p_z เกิดเป็นออร์บิทัลลูกผสม (Hybrid Orbital) ชนิด $(sp)^3$ ในกรณีของแกรฟีนจะเกิดการผสมกันระหว่างออร์บิทัล S และ p_x, p_y เกิดเป็นออร์บิทัลลูกผสมชนิด $(sp)^2$ ซึ่งจะเกิดเป็นพันธะ σ 3 พันธะ และเหลือออร์บิทัล p_z ซึ่งจะเกิดเป็นพันธะ π 1 พันธะ เมื่อพิจารณาภาพที่ 18 (ก) จะเห็นได้ว่าพันธะ σ จะเกิดขึ้นระหว่างอะตอมคาร์บอน A และ B ส่วนพันธะ π จะเกิดขึ้นตามแนวแกน z โดยพุ่งออกจากระนาบของกระดาษ พันธะ π ของแต่ละอะตอมของคาร์บอนสามารถเกิดการไฮบริไดเซชัน (Hybridization) เกิดเป็นแถบของ π และ π^* ซึ่งส่งผลให้แกรฟีนมีสมบัติทางไฟฟ้าที่พิเศษ แกรฟีนมีแลตทิซเป็นแบบเฮกซะโกนอล (Hexagonal Lattice) ซึ่งสามารถแทนได้ด้วยแลตทิซแบบสามเหลี่ยมสองภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2.18 (ก) แต่ละอะตอมในแลตทิซย่อย (A) จะเชื่อมต่อกับอะตอมข้างเคียง (B) 3 อะตอม โดยมีความยาวพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนเท่ากัน



ภาพที่ 2.18 แลตทิซย่อยของแกรฟีนซึ่งแทนได้ด้วยแลตทิซแบบสามเหลี่ยมสองรูป โดยแต่ละอะตอมในแลตทิซย่อย (A) จะเชื่อมต่อกับอะตอมข้างเคียง (B) 3 อะตอม



(ก)



(ข)

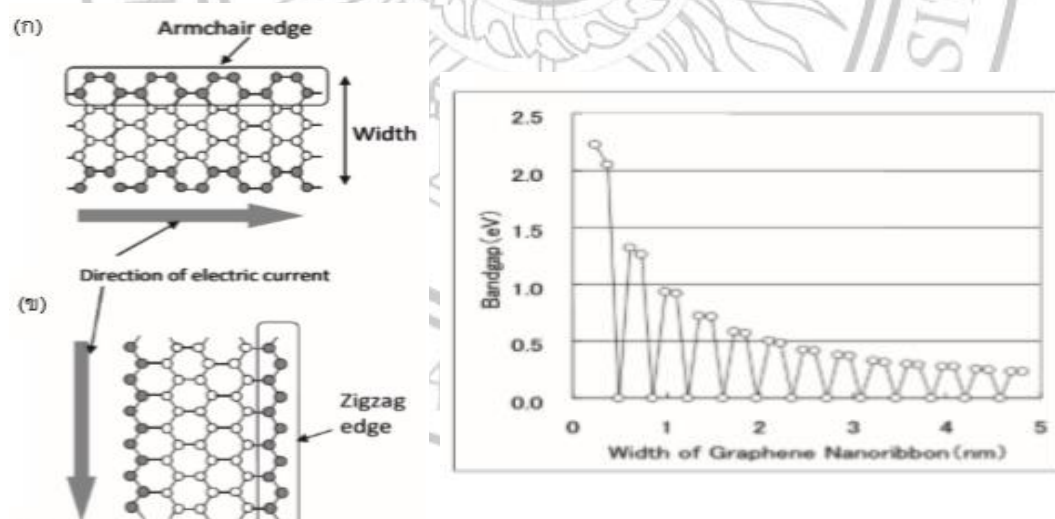
ภาพที่ 2.19 (ก) แสดงโครงสร้างแถบพลังงานของแกรฟีนโดยแกนตั้งเป็นพลังงานและแกนนอนเป็นโมเมนตัมซึ่งโครงสร้างแถบพลังงานมีลักษณะคล้ายกรวยเชื่อมต่อกัน 6 จุด (ข) โครงสร้างแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำ (ซ้าย) และแกรฟีน (ขวา)

เนื่องจากอิเล็กตรอนในแกรฟีนมีการเคลื่อนที่ ในระนาบ 2 มิติ เมื่อทำการพล็อตระหว่างค่าพลังงาน และการกระจายโมเมนตัม ดังแสดงในภาพที่ 2.19 โดยใช้ Tight-binding Model หรือ TB Model พบว่าแกรฟีนเป็นสารกึ่งตัวนำที่ไม่มีช่องว่างแถบพลังงาน (Band Gap) เลยเนื่องจากแถบเวเลนซ์ (Valence Band) นั้น สัมผัสกับแถบการนำที่จุดดิแรก (Dirac Point) ซึ่งจุดดิแรกเป็นจุดกึ่งกลางระหว่างแถบเวเลนซ์และแถบการนำนั่นเอง ดังแสดงในภาพที่ 2.19 โครงสร้างแถบพลังงาน (Band Structure) ในแกรฟีนแตกต่างจากสารกึ่งตัวนำทั่ว ๆ ไป คือ

1.1) ณ จุดที่แถบเวเลนซ์สัมผัสกับแถบการนำ หรือที่จุดดิแรก ความชันของโครงสร้างแถบพลังงานจะเป็นเส้นตรง ดังแสดงในภาพที่ 2.19 (ข) ขวาเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำทั่วไป (ภาพที่ 2.19 (ข) ซ้าย) พบว่าโครงสร้างแถบพลังงานที่จุดสูงสุดของแถบเวเลนซ์และจุดต่ำสุดของแถบการนำจะเป็นเส้นโค้งพาราโบลาและมีความชันน้อยกว่า การที่เส้นความชันของโครงสร้างแถบพลังงานของแกรฟีนเป็นเส้นตรง แสดงถึงมวลยังผลของอิเล็กตรอน (Effective Mass Of Electron) มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นแกรฟีนจึงมีความคล่องตัวของอิเล็กตรอน (Electron Mobility) มากกว่าซึ่งตามทฤษฎีพบว่ามีค่ามากถึง 1000 เท่า ของซิลิคอนและจากการทดลองพบว่ามีค่าสูง ถึง $0.25 \times 10^6 \text{ (cm)}^2/\text{V.s}$ ซึ่งมีค่ามากกว่าซิลิคอน 100 เท่า

1.2) แถบเวเลนซ์และแถบการนำของแกรฟีนมีการสัมผัสเชื่อมต่อกันไปเป็นจุด ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแกรฟีนไม่มีช่องว่างแถบพลังงาน หรืออาจกล่าวได้ว่าช่องว่างแถบพลังงานของแกรฟีนมีค่าเป็นศูนย์นั่นเอง ซึ่งสมบัติในข้อนี้เองทำให้แกรฟีนไม่สามารถประพฤติตัวเป็นสารกึ่งตัวนำได้ จึงทำให้เกิดอุปสรรคต่อการนำไปใช้งานเป็นทรานซิสเตอร์ในอุปกรณ์ดิจิทัลต่าง ๆ ที่ต้องการอัตราการสลับการเปิดปิดที่สูง

ในแกรฟีนนาโนริบบอน สมบัติทางไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับลักษณะขอบของแกรฟีนอีกด้วย กล่าวคือ ขอบของแกรฟีนนาโนริบบอนส่งผลต่อสมบัติความเป็นตัวนำหรือสารกึ่งตัวนำได้ โดยขอบของแกรฟีนนาโนริบบอนสามารถเกิดขึ้นได้ 2 รูปแบบ คือ แบบอาร์มแชร์ (Armchair Type) และแบบซิกแซก (Zigzag Type) สำหรับแบบอาร์มแชร์นั้นที่ขอบของแกรฟีนนาโนริบบอนจะประกอบไปด้วยวงคาร์บอน 4 อะตอม เรียงตัวกันอยู่ ซึ่งแสดงสมบัติความเป็นสารกึ่งตัวนำ ดังแสดงในภาพที่ 2.20 (ก) สำหรับแบบซิกแซกที่ขอบของแกรฟีนนาโนริบบอนจะมีการจัดเรียงตัวของอะตอมคาร์บอนสลับกันเป็นแบบซิกแซก ดังแสดงในภาพที่ 2.20 (ข) ซึ่งจะแสดงสมบัติความเป็นตัวนำเนื่องจากช่องว่างแถบพลังงานมีค่าเป็นศูนย์ ในกรณีของแกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มแชร์นั้นเนื่องจากมีสมบัติความเป็นสารกึ่งตัวนำ ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมช่องว่างแถบพลังงานได้ โดยการปรับเปลี่ยนความกว้างของแถบนาโนริบบอน จากความสัมพันธ์ในภาพที่ 2.20 (ค) จะเห็นได้ว่าช่องว่างแถบพลังงานจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อความกว้างของแถบแกรฟีนนาโนริบบอนมีขนาดเล็กลง



ภาพที่ 2.20 ขอบของแกรฟีนนาโนริบบอน (ก) แบบอาร์มแชร์ (Armchair Type) (ข) แบบซิกแซก (Zigzag Type) และ (ค) ช่องว่างแถบพลังงานที่คำนวณได้ตามทฤษฎีของแกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มแชร์

2) สมบัติการสั่นและสมบัติทางความร้อน (Vibrational Properties and Thermal Properties)

นอกจากสมบัติทางไฟฟ้าที่น่าสนใจแล้ว แกร์ฟีนยังมีสมบัติที่น่าสนใจอีกประการหนึ่ง คือ สมบัติการสั่นและสมบัติทางความร้อน โดยปกติแล้วเมื่อมีพลังงานความร้อนเกิดขึ้นจะส่งผลให้แลตทิซของของแข็งเกิดการสั่น (Lattice Vibration) และมีการปลดปล่อยพลังงานภาพที่หนึ่งซึ่งเรียกว่าโฟนอน (Phonon) หรือควอนตัมของคลื่นแลตทิซหรืออาจเรียกว่าควอนตัมเดียวของพลังงานการสั่น โดยโฟนอนจะแพร่ผ่านวัตถุที่มีการสั่นนั้นด้วยความเร็วเสียง จากปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้เราสามารถศึกษาสมบัติทางความร้อน เช่น ความจุความร้อนหรือการนำความร้อนของของแข็งได้ แกร์ฟีนแสดงสมบัติของอะคูสติกโฟนอน (Acoustic Phonon) ได้ โดยค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity: K) ของแกร์ฟีนแบบชั้นเดียวส่วนใหญ่เป็นผลมาจากอะคูสติกโฟนอน จากการศึกษาพบว่าความเร็วโฟนอน (Phonon Velocity) หรือความเร็วเสียงในแกร์ฟีนมีค่าสูงมาก ซึ่งความเร็วโฟนอนจะแปรผันโดยตรงกับค่าการนำความร้อน ดังนั้นยิ่งความเร็วโฟนอนมีค่าสูงมากเท่าใดยิ่งส่งผลให้ค่าการนำความร้อนสูงมากตามไปด้วยเท่านั้น นอกจากนี้ค่าการนำความร้อนในแกร์ฟีนยังเป็นตัวชี้วัดถึงความสมบูรณ์ในโครงสร้างผลึกได้อีกด้วย โดยค่าการนำความร้อนในแกร์ฟีนที่มากขึ้นแสดงถึงความบกพร่องในโครงสร้างผลึกที่น้อยลง การที่แกร์ฟีนมีค่าการนำความร้อนที่สูงจึงถูกเลือกมาใช้เป็นตัวช่วยระบายความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ จากการศึกษาพบว่า ค่าการนำความร้อนของแกร์ฟีนเหนือกว่าท่อนาโนคาร์บอน เพชรและสารกึ่งตัวนำ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 สำหรับทองแดงมีค่าการนำความร้อนประมาณ $4 \text{ W/cm}\cdot\text{K}$ ที่อุณหภูมิห้องแกร์ฟีนจึงนำความร้อนได้ดีกว่าทองแดงมากกว่า 10 เท่า ค่าการนำความร้อนของแกร์ฟีนและสารกึ่งตัวนำต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.3

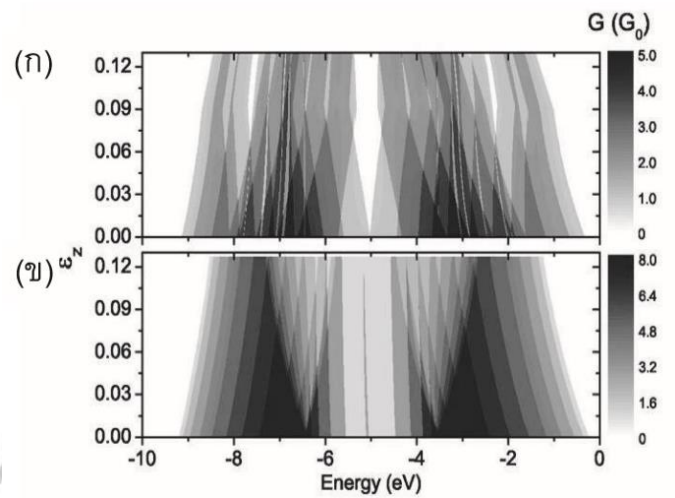
ตารางที่ 2.3 ค่าการนำความร้อนของแกร์ฟีน ท่อนาโนคาร์บอน เพชร และสารกึ่งตัวนำต่าง ๆ

Material	Thermal Conductivity
	$\text{W/cm}\cdot\text{K}$
Graphene	~ 50
Carbon Nanotube	~ 35
Diamond	$10 \sim 22$
Si	1.4
Ge	0.6
SiC	4.1

เมื่อนำเกรฟีนไปวางบนตัวรองรับ (Substrate) เช่น SiO_2 จะเกิดการรั่วไหลของโฟนอนบนรอยต่อระหว่างเกรฟีนและตัวรองรับ SiO_2 ซึ่งเมื่อทำการวัดค่าการนำความร้อนจะมีค่าประมาณ $6 \text{ W/cm}\cdot\text{K}$ ที่อุณหภูมิห้อง ค่าการนำความร้อนของเกรฟีนที่วัดได้นี้แม้จะมีค่าลดลงแต่ก็ยังคงมีค่ามากกว่าค่าการนำความร้อนของทองแดง การลดลงของค่าการนำความร้อนเป็นผลมาจากชนิดของตัวรองรับกลไกการกระจายของโฟนอนและจำนวนชั้นของเกรฟีน

3) สมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

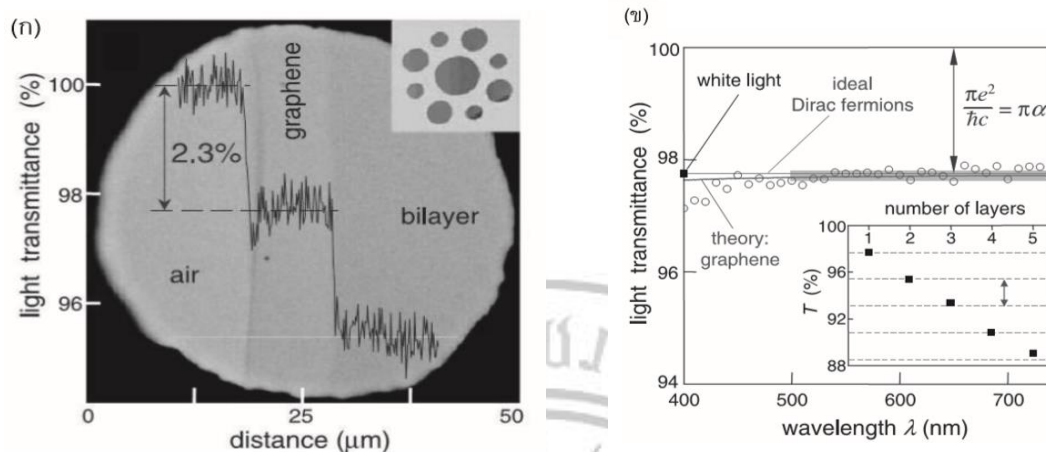
เกรฟีนได้รับสมญานามว่าเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงที่สุดในโลก เกรฟีนมีความแข็งแรงมากโดยมีค่าความแข็งแรงด้านการแตกหัก (Breaking Strength) สูงถึง 42 นิวตันต่อเมตร ค่าความเครียดเชิงกล ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ค่ายังโมดูลัส (Young's Modulus) สูงถึง 1 เทระปาสกาล และค่าความแข็งแรงภายใน (Intrinsic Strength) สูงถึง 130 กิกะปาสกาล ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี ด้วยสมบัติเชิงกลที่พิเศษเหล่านี้ของเกรฟีน ประกอบกับความเบา แข็งแต่ยืดหยุ่น ทำให้เกรฟีนถูกนำมาพัฒนาเพื่อใช้ในการสร้างอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกลระดับจิ๋วประเภท Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) และ Nano Electro Mechanical Systems (NEMS) อย่างไรก็ตามทั้งสมบัติเชิงกลและสมบัติทางไฟฟ้าต่างก็จัดเป็นปัจจัยที่สำคัญทั้งคู่ต่อการเลือกใช้เกรฟีนในงานอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การนำไฟฟ้าของเกรฟีนนาโนริบบอนนอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะของขอบว่าเป็นแบบอาร์มแชร์หรือซิกแซกแล้วยังขึ้นอยู่กับพฤติกรรมเชิงกลอีกด้วย ซึ่งในทางเชิงกลลักษณะทางไฟฟ้าของเกรฟีนนาโนริบบอนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความเครียดที่เปลี่ยนไป (Strain) ดังแสดงในภาพที่ 2.21 จากภาพที่ 2.21 (ก) จะเห็นได้ว่าสมบัติทางไฟฟ้าของเกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มแชร์จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค้นเชิงกล (Mechanical Stress) มากกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่าเกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มแชร์สามารถเกิดช่องว่างแถบพลังงาน หรือแสดงพฤติกรรมแบบสารกึ่งตัวนำได้ภายใต้ความเครียดเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเกรฟีนนาโนริบบอนแบบซิกแซกจะเห็นได้ว่าโครงสร้างทางไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าภายใต้ความเครียดและช่องทางการนำไฟฟ้า (Conducting Channel) จะอ่อนลงเพียงเล็กน้อยเมื่อความเครียดเพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.21 (ข) ดังนั้นเกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มแชร์จึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกลมากกว่านั่นเอง และดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า เกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มแชร์สามารถปรับเปลี่ยนช่องว่างแถบพลังงานได้ตามการปรับเปลี่ยนขนาดของแถบนาโนริบบอน ดังนั้นเกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มแชร์จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์



ภาพที่ 2.21 แผนภาพคอนทัวร์ของการนำไฟฟ้าซึ่งเป็น ฟังก์ชันกับระดับพลังงานเฟอร์มี (Fermi Energy) และความถี่เชิงกลสำหรับ (ก) แกรฟีนนาโนริบบอนแบบอาร์มแชร์ (ข) แกรฟีน นาโนริบบอนแบบซิกแซก

4) สมบัติทางแสง (Optical Properties)

ความโปร่งแสงของแกรฟีนสามารถทดสอบได้โดยการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ที่แสงส่องผ่านได้ในตัวกลางอากาศ แกรฟีนชั้นเดียว และแกรฟีนสองชั้น ดังแสดงในภาพที่ 2.22 (ก) จากการทดลองพบว่า แกรฟีนที่มีความหนาเพียงหนึ่งชั้นอะตอมจะมีค่าการดูดกลืนแสงที่ประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ ของแสงขาวเท่านั้น จากผลการทดลองทางสเปกโตรสโกปี (Optical Spectroscopy) พบว่าค่าความทึบแสงของแกรฟีนจะไม่ขึ้นกับค่าความยาวคลื่นเลย ดังแสดงในภาพที่ 2.22 (ข) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแกรฟีนมีค่าความโปร่งแสงสูงมากถึง 97-98 เปอร์เซ็นต์ ในทุกความยาวคลื่น ดังนั้นแกรฟีนจึงเป็นวัสดุที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เชิงแสงต่าง ๆ และจากการทดลองยังพบอีกด้วยว่าค่าความทึบแสงของแกรฟีนจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชั้นของแกรฟีนที่เพิ่มขึ้น โดยจำนวนชั้นของแกรฟีนที่เพิ่มขึ้น 1 ชั้นจะทำให้ค่าความทึบแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าความโปร่งแสงจะมีค่าลดลงประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ ต่อจำนวนชั้นของแกรฟีนที่เพิ่มขึ้น 1 ชั้น นั่นเอง (ภาพที่ 2.22 (ข) ภาพเล็ก) จากสมบัติทางแสงที่พิเศษของแกรฟีนนี้เองจึงทำให้แกรฟีนถูกนำมาใช้เป็นขั้วไฟฟ้าโปร่งแสง (Transparent Conductive Electrode) ในจอแสดงผลเซลล์แสงอาทิตย์ หรืออุปกรณ์เชิงแสงต่าง ๆ



ภาพที่ 2.22 (ก) เส้นสีดำจากซ้ายไปขวาแสดงเปอร์เซ็นต์ความเข้มของแสงขาวที่ส่องผ่านตัวกลางอากาศแกรฟีนชั้นเดียวและสองชั้น โดยความเข้มของแสงขาวมีค่าลดลงประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อส่องผ่านแกรฟีนชั้นเดียว (ข) เปอร์เซ็นต์ที่แสงส่องผ่านได้ของแกรฟีนแบบชั้นเดียวจะมีค่าประมาณ 97-98 เปอร์เซ็นต์ และไม่ขึ้นกับค่าความยาวคลื่นเลย รูปเล็กแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเปอร์เซ็นต์ที่แสงส่องผ่านได้ต่อจำนวนชั้นของแกรฟีนที่เพิ่มขึ้น

เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน

เฉิน (Chen, 2008) กล่าวว่าเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานเป็นกระบวนการแปลงไฟฟ้าจากแหล่งอื่น ๆ ให้อยู่ในรูปแบบพลังงานที่เก็บไว้ได้ และสามารถแปลงกลับเป็นพลังงานไฟฟ้าเมื่อเกิดความจำเป็นกระบวนการนี้จะช่วยให้การผลิตไฟฟ้าที่ผลิตในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำหรือช่วงที่แหล่งพลังงานผลิตไฟฟ้าต่อเนื่องไม่สูญเปล่า และยังสามารถนำกลับมาใช้ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงได้ โดยเทคโนโลยีนี้ มีความจำเป็นกับอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า แต่ในปกติความต้องการการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน หรือในแต่ละฤดูกาล มีความแตกต่างกันอย่างมาก นักวางแผนระบบไฟฟ้าจึงต้องวางแผนสร้างกำลังการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ประโยชน์ของเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy Storage) คือ สามารถใช้ได้กับทุกส่วนของระบบในการผลิตไฟฟ้า สามารถอธิบายได้ดังนี้ 1. เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าสำรองในภาวะไฟฟ้าขัดข้อง หรือเป็น Standby Reserve 2. การจัดเก็บพลังงานในเวลากลางคืน เพื่อไว้ใช้ในช่วงเวลากลางวัน ด้วยการซื้อและสะสมพลังงานไฟฟ้าราคาถูก ในช่วง Off-peak และนำไปขายคืนในช่วง On-peak 3. ลดหรือเลื่อนความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peakdemand) และรักษาคุณภาพไฟฟ้าที่

ให้บริการผู้ใช้โดยการรักษารูปคลื่น (Peak Shave) 4. เพิ่มเสถียรภาพของระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยการควบคุมแรงดันทางไฟฟ้า และชะลอการลงทุนสำหรับการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่ม

ระบบการเก็บพลังงานที่มนุษย์สร้างขึ้นมีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับการเก็บพลังงานที่ธรรมชาติสร้างขึ้นนั่นเอง คือ เพื่อให้มีพลังงานใช้ในช่วงที่ไม่สามารถสร้างพลังงานได้ประกอบด้วย การเก็บพลังงานในรูปของวัตถุดิบ เป็นการเก็บพลังงานที่ไม่ผ่านการแปรรูปก่อนเก็บ โดยการนำพลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาเก็บไว้ เช่น การเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน เป็นต้น การเก็บพลังงานอีกหนึ่งรูปแบบ พลังงานที่ต้องการแปรรูปก่อน โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์เพื่อเปลี่ยนรูปพลังงานเก็บไว้ (ภาพที่ 2.23) การเก็บพลังงานทั้งสองรูปแบบ เมื่อต้องการนำพลังงานมาใช้งาน จะต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนพลังงานที่เก็บไว้มาเป็นพลังงานในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้โดยตรง อย่างไรก็ตามก็มีพลังงานบางรูปแบบที่การเก็บพลังงานและพลังงานที่ต้องการใช้งานอยู่ในรูปแบบเดียวกัน ตัวอย่างเช่น พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน เป็นต้น ความสามารถในการเก็บพลังงานเป็นปัจจัยหลักสำหรับการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่าที่สุด เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานมีลักษณะและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ไม่สอดคล้องกับปริมาณ และช่วงเวลาที่สามารถสร้างพลังงานได้ หรือแม้กระทั่งพลังงานส่วนเกินจากการสร้างพลังงานมากเกินไป หรือจากพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาโดยไม่ตั้งใจ ก็สามารถเก็บไว้ใช้ในช่วงที่จำเป็นได้ หากสามารถเก็บพลังงานได้อย่างเหมาะสมจะทำให้สามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การเก็บพลังงานมีอยู่หลายรูปแบบซึ่งมีลักษณะและขนาดในการเก็บรวมทั้งจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นกับการเลือกใช้งานให้เกิดความคุ้มค่าทั้งในแง่ของต้นทุนและความเหมาะสมในการใช้งาน รวมถึงวัตถุประสงค์ของการใช้งาน และที่สำคัญคือ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การจัดเก็บพลังงานเน้นไปที่การเก็บพลังงานที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่เราสามารถบริหารจัดการและควบคุมได้



ภาพที่ 2.23 ลักษณะของการเก็บพลังงาน

1. ประเภทของการเก็บพลังงาน

การเก็บพลังงานสามารถจำแนกประเภทได้โดยใช้ลักษณะการใช้งาน และรูปแบบการจัดเก็บพลังงานเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1) ลักษณะการใช้งาน สามารถแบ่งการจัดเก็บพลังงานออก เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1) การเก็บพลังงานเพื่อปรับคุณภาพพลังงาน

1.2) การเก็บพลังงานเพื่อช่วยในการจัดการพลังงาน การจัดเก็บพลังงานแต่ละประเภทเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บพลังงานซึ่งจำแนกประเภทโดยใช้ ลักษณะการใช้งานเป็นเกณฑ์

ลักษณะการใช้งาน	เทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บพลังงาน
การปรับคุณภาพพลังงาน	ตัวเก็บประจุแบบพิเศษ การเก็บพลังงาน โดยใช้สนามแม่เหล็กของตัวนำยิ่งยวด ล้อตุ้มกำลังแบบเตอรี
การจัดการพลังงาน	การเก็บพลังงานโดยใช้การปั้มน้ำเก็บไว้ การเก็บพลังงานโดยการอัดอากาศเก็บไว้แบบเตอรี ขนาดใหญ่ เซลล์เชื้อเพลิง การเก็บพลังงานความร้อน

2) รูปแบบการจัดเก็บพลังงาน สามารถแบ่งการจัดเก็บพลังงานได้ 4 รูปแบบ ได้แก่

2.1) พลังงานไฟฟ้า

2.2) พลังงานกล ประกอบด้วย พลังงานจลน์ และพลังงานศักย์

2.3) พลังงานเคมี

2.4) พลังงานความร้อน การจัดเก็บพลังงานแต่ละรูปแบบเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 เทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บพลังงานซึ่งจำแนกประเภทโดยใช้ รูปแบบการจัดเก็บ พลังงานเป็นเกณฑ์

รูปแบบการจัดเก็บ พลังงาน	เทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บพลังงาน
พลังงานไฟฟ้า	ตัวเก็บประจุแบบพิเศษ การเก็บพลังงาน โดยใช้สนามแม่เหล็กของตัวนำยิ่งยวด ล้อตุ้มกำลังแบดเตอร์
พลังงานกล (พลังงานจลน์และพลังงานศักย์)	ล้อตุ้มกำลัง การเก็บพลังงานโดยใช้การปั้มน้ำเก็บไว้ การเก็บพลังงานโดยการอัดอากาศเก็บไว้
พลังงานเคมี	แบดเตอร์ ที่มีการไหลของส่วนเก็บพลังงาน เซลล์เชื้อเพลิง
พลังงานความร้อน	การเก็บความร้อนสัมผัส การเก็บความร้อนแฝง

2. พลังงานทดแทนกับการเก็บพลังงาน

ความตระหนักถึงผลกระทบต่อสถานะแวดล้อมที่มากขึ้นและความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นทำให้พลังงานทดแทน (Alternative Energy) เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ พลังงานทดแทนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าพลังงานหลักที่ใช้กันในปัจจุบัน (ได้แก่ เชื้อเพลิงฟอสซิล) การใช้พลังงานทดแทนเป็นการนำพลังงานที่ธรรมชาติสร้างไว้มาใช้ประโยชน์ แสดงแหล่งพลังงานทดแทนที่ประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานจากชีวมวล พลังงานลม และพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น การใช้พลังงานทดแทนมีข้อจำกัดในเรื่องของความไม่คงที่ และไม่แน่นอนของพลังงานที่ได้ โดยขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลา รวมทั้งสภาพภูมิประเทศของสถานที่นั้น ๆ ทำให้พลังงานที่ได้กับประมาณความต้องการ และช่วงเวลาดำเนินงานไม่สอดคล้องกัน ระบบการเก็บพลังงานจึงมีความจำเป็นอย่างมาก สำหรับการใช้งานพลังงานทดแทนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากสามารถแก้ปัญหาเรื่องความไม่คงที่และไม่แน่นอนของปริมาณพลังงานที่ได้

3. การประยุกต์ใช้การเก็บพลังงาน

การนำระบบการเก็บพลังงานไปประยุกต์ใช้มีอยู่หลายลักษณะ ดังนี้

1) การใช้งานโดยทั่วไป ประกอบด้วย

1.1) การเก็บพลังงานเพื่อเป็นสินค้า เป็นการเก็บพลังงานตอนกลางคืน (ช่วง Off-peak) เพื่อใช้ในตอนกลางวัน ซึ่งมีความต้องการใช้งานมาก (ช่วง Peak)

1.2) การให้บริการพลังงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่คาดไม่ถึง เป็นการสำรองกำลังไฟฟ้าไว้ใช้ในกรณีที่ระบบการผลิตมีปัญหา

- 1.3) ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกำลังไฟฟ้าให้มีความสม่ำเสมอ
- 1.4) ใช้ในพื้นที่ควบคุม เพื่อป้องกันการส่งผ่านพลังงานที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง
- 1.5) ใช้ในการปรับความถี่ของการส่งพลังงานให้มีระเบียบ
- 1.6) ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการเริ่มต้นใช้งานระบบอื่น ๆ
- 2) การส่งและการแจกจ่ายพลังงาน
 - 2.1) เพื่อให้เกิดความเสถียรของระบบ ช่วยทำให้ส่วนประกอบของระบบทั้งหมดทำงานไปพร้อม ๆ กันได้ เป็นการป้องกันระบบล่ม
 - 2.2) ใช้ในการปรับศักย์ไฟฟ้าให้มีความคงที่สม่ำเสมอตลอดสายส่งกำลัง (Power Line)
 - 2.3) ช่วยยืดเวลาการลงทุนระบบไฟฟ้าสนับสนุนอื่น โดยการช่วยสนับสนุนไฟฟ้าจากระบบส่งผ่านที่มีอยู่

การประยุกต์ใช้แกรไฟิน

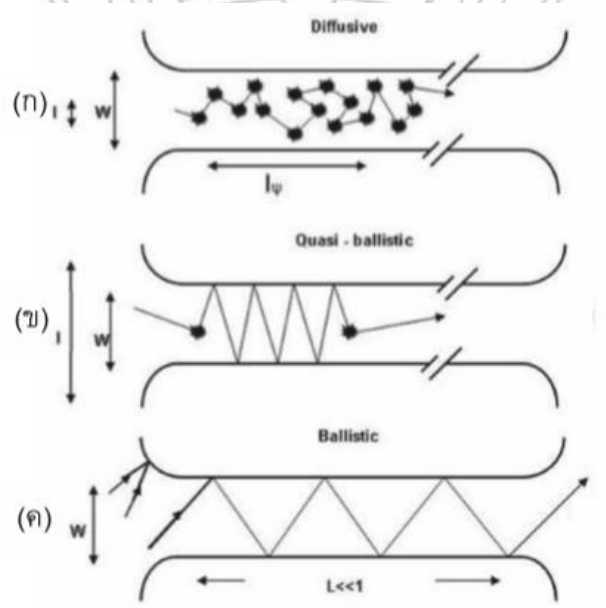
1. วัสดุเก็บพลังงาน (Energy Storage Materials)

ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเป็นอย่างมากในการนำแกรไฟินมาใช้ในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนปกติแล้วแคโทดในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมักจะพบปัญหาเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าที่ไม่ดีซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มปริมาณแกรไฟต์และคาร์บอนแบล็คในขั้วอิเล็กโทรด อย่างไรก็ตามเนื่องจากแกรไฟินมีสมบัติการนำไฟฟ้าที่ขดเคี้ยว มีพื้นที่ผิวมากและประกอบกับโครงสร้างของแกรไฟินที่มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งเอื้อต่อการเกิดการแทรกชั้น (Intercalation) ดังนั้นแกรไฟินจึงถูกเลือกนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการนำไฟฟ้า โดยแกรไฟินจะถูกเตรียมให้อยู่ในรูปของวัสดุนาโนคอมโพสิตรูปแบบต่าง ๆ เช่น วัสดุนาโนคอมโพสิตที่มีโครงสร้างแบบอนุภาคนาโนในรูปโลหะแกนกลางและเปลือกหุ้ม (Core-shell System) หรือวัสดุนาโนคอมโพสิตที่มีโครงสร้างแบบแซนด์วิช ซึ่งจะช่วยให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงมากขึ้น นอกจากนั้นแกรไฟินยังมีสมบัติการนำความร้อนที่ดีมาก ดังนั้นการใช้แกรไฟินเป็นวัสดุนาโนคอมโพสิตในแบตเตอรี่จะช่วยลดความร้อนจากภาระงาน ซึ่งเกิดจากการใช้งานแบตเตอรี่ได้ สำหรับวัสดุเก็บพลังงานรูปแบบอื่นเช่น ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ แกรไฟินจะถูกนำมาใช้เป็นวัสดุนาโนคอมโพสิตร่วมกับ ท่อนาโนคาร์บอนซึ่งให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้แกรไฟินหรือท่อนาโนคาร์บอนเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นแกรไฟินยังถูกนำมาใช้เป็นตัวรองรับ สำหรับอนุภาคนาโนของโลหะบางประเภทเช่น แพลทินัมเพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการแยก แก๊สไฮโดรเจนเป็นอิเล็กตรอนและโปรตอนใน

เซลล์เชื้อเพลิงแบบ PEM อีกด้วย จากการทดลองพบว่า แกร์ฟีนเป็นตัวรองรับที่ดีและยังช่วยลดขนาดของอนุภาคโลหะแพลทินัมบนแผ่นแกร์ฟีนให้อยู่ในระดับนาโนเมตรได้อีกด้วยซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น

2. ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

ทรานซิสเตอร์คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าเปิด/ปิดสัญญาณไฟฟ้า โดยทรานซิสเตอร์จะถูกบรรจุอยู่ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องซักผ้า โทรทัศน์รถยนต์ หรือแม้แต่ไม้กอล์ฟและลูกกอล์ฟเพื่อช่วยวิเคราะห์หัวสวิงในการเล่นกอล์ฟ ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์มีความพยายามในการนำแกร์ฟีนมาใช้เป็นทรานซิสเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับทรานซิสเตอร์ โดยคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ (1) แกร์ฟีนมีความคล่องตัวของอิเล็กตรอนสูงมาก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (2) อิเล็กตรอนในแกร์ฟีนมีการเคลื่อนที่แบบบอลลิสติก (Ballistic Movement) หรือชิปนาซู (ภาพที่ 2.24) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแนวเส้นตรงโดยถือว่าความต้านทานไฟฟ้าจากการกระเจิงของอิเล็กตรอนมีผลน้อยมากจนตัดทิ้งได้



ภาพที่ 2.24 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (ก) แบบสุ่ม (Diffusive) (ข) แบบกึ่งบอลลิสติก (Quasi Ballistic) (ค) แบบบอลลิสติก (Ballistic)

3. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอได้ (Flexible Electronics)

ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางประเภท เช่น หน้าจอทีวี แผงเซลล์สุริยะ หน้าจอสัมผัสของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ และอุปกรณ์

เปล่งแสงอินทรีย์ (Organic Light Emitting Diodes: OLEDs) ต้องการความโปร่งแสง มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และความต้านทานแผ่น (Sheet Resistance) ที่ต่ำ แกร์ฟีนจึงจัดเป็นตัวเลือกหนึ่งที่มีความโดดเด่นต่อการนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์เหล่านี้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แกร์ฟีนชั้นเดียวจะมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ หรือให้ค่าความโปร่งแสงสูงมาก ถึง 97 - 98 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นยังนำไฟฟ้าได้ดีมากเนื่องจากช่องว่างแถบพลังงานมีค่าเป็นศูนย์

ดังนั้นแกร์ฟีนจึงจัดเป็นตัวเลือกที่สามารถตอบสนองความต้องการเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี ทั้งในด้านสมบัติทางแสงและสมบัติทางไฟฟ้า ในปัจจุบันได้มีความพยายามในการนำแกร์ฟีนมาใช้ทดแทนอินเดียมทินออกไซด์ (Indium Tin Oxide: ITO) เนื่องจากราคาที่ถูกลง ทนต่อสารเคมีและการกัดกร่อน ให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่าและมีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งแกร์ฟีนมีค่าความเครียดต่อการแตกหัก (Fracture Strain) สูงกว่าอินเดียมทินออกไซด์ถึง 10 เท่า จึงทำให้เราสามารถผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอและม้วนได้ สมบัติเหล่านี้เป็นสมบัติที่แกร์ฟีนมีความเหนือกว่า อินเดียมทินออกไซด์ทุกประการ ในอนาคตอันใกล้นี้เราคงจะได้เห็นโทรศัพท์มือถือที่ประกอบไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์และจอแสดงผลที่โค้งงอได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.25 (ก) หรือแผงเซลล์สุริยะที่มีความบางมาก และโค้งงอได้ซึ่งฝังตัวอยู่กับอุปกรณ์ที่เราใช้ในชีวิตประจำวัน ดังแสดงในภาพที่ 2.25 (ข)



ภาพที่ 2.25 (ก) โทรศัพท์มือถือที่ประกอบไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์และจอแสดงผลที่โค้งงอได้ (ข) แผงเซลล์สุริยะที่บางและโค้งงอได้ซึ่งสามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่มือถือหรือเครื่องเล่น mp3 และสามารถพกพาไปได้ทุกที่

4. วัสดุพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิต (Polymer Nanocomposite Materials)

แกร์ฟีนถูกนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติทางความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับท่อนาโนคาร์บอนพบว่าแกร์ฟีนมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าอันเป็นผลมาจากรูปทรงของท่อนาโนคาร์บอนที่เป็นรูปทรงกระบอกทำให้พื้นที่ผิวด้านในไม่อาจสัมผัสกับพอลิเมอร์ได้ จากลักษณะที่พิเศษนี้เองทำ

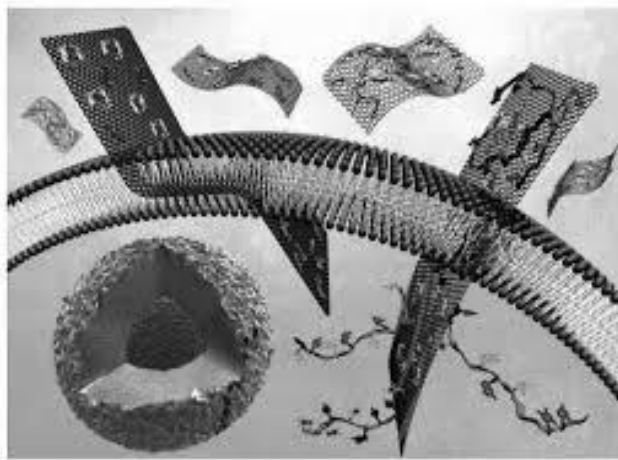
ให้แกรฟีนมีความจำเพาะเจาะจงต่อการนำไปใช้งานในการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ได้ดีกว่า และที่มากกว่านั้นคือแกรฟีนสามารถสังเคราะห์ได้ในปริมาณมากและราคาถูกจึงส่งผลให้ต้นทุนการสังเคราะห์แกรฟีนต่ำกว่าและต่ำกว่าต้นทุนของการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนมาก พอลิเมอร์หลายชนิดถูกนำมาใช้เป็นเมทริกซ์ร่วมกับแกรฟีน เพื่อสังเคราะห์วัสดุคอมโพสิต เช่น พอลิไวไนล แอลกอฮอล์ พอลิไคโตรน เมื่อทำการทดสอบสมบัติของวัสดุคอมโพสิตเหล่านี้ พบว่าการใช้แกรฟีนเป็นสารเติมแต่งร่วมกับพอลิเมอร์จะให้สมบัติต่าง ๆ ที่ดีกว่า ไม่ว่าจะเป็นสมบัติเชิงกล สมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติ ทางความร้อน ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถสังเคราะห์ เส้นใยคอมโพสิตที่มีความเหนียวมาจากแกรฟีน ออกไซด์ ท่อนาโนคาร์บอนและพอลิไวไนลแอลกอฮอล์ ได้เป็นผลสำเร็จโดยถือว่าเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงที่สุดในโลก ความแข็งแรงนี้เป็นผลมาจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างแกรฟีนออกไซด์และท่อนาโนคาร์บอน

5. เซ็นเซอร์ (Sensors)

เนื่องจากแกรฟีนเป็นวัสดุ 2 มิติ ที่บางแต่แข็งแรง นำไฟฟ้าได้ดี มีความไวต่อสิ่งแวดล้อมมาก และมีความบกพร่องในโครงสร้างผลึก (Defect) น้อยมาก แกรฟีนจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นเซ็นเซอร์ที่มีความไวสูงและตรวจวัดได้ละเอียดมาก สาเหตุจากการที่แกรฟีนมีความไวสูงเนื่องมาจากอิเล็กตรอนในแกรฟีนมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงมาก ดังนั้นการถ่ายเท หรือ แลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนระหว่างแกรฟีนและสารตรวจวัดจึงเกิดได้ดีมากนั่นเอง นอกจากนี้ แกรฟีนยังมีพื้นที่ผิวมากหรือประมาณ 2 เท่าของท่อนาโนคาร์บอน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจึงส่งผลให้แกรฟีนมีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อสารตรวจวัดมากตามไปด้วย แกรฟีนถูกนำมาใช้เป็นเซ็นเซอร์ทางเคมี เซ็นเซอร์ชีวภาพและแก๊สเซ็นเซอร์ ยกตัวอย่างเช่น ใช้เป็นเซ็นเซอร์สำหรับการตรวจหาปริมาณกลูโคส คอเลสเตอรอล ฮีโมโกลบินและดีเอ็นเอ สำหรับการนำแกรฟีนมาใช้เป็นเซ็นเซอร์ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในปัจจุบันโนเกียได้ทำการจดสิทธิบัตรสำหรับการใช้ แกรฟีนเป็นเซ็นเซอร์ในการจับโฟตอนซึ่งสามารถ จับโฟตอนของแสงในช่วงสเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ไปจนถึงช่วงรังสีอินฟราเรดและอัลตราไวโอเลต ซึ่งจากการค้นพบนี้จะส่งผลให้เซ็นเซอร์สำหรับการถ่ายภาพมีขนาดเล็กลงและบางลงมากกว่าการใช้เซ็นเซอร์แบบ CMOS และเนื่องจากแกรฟีนให้ค่าความโปร่งแสงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้เซ็นเซอร์จากแกรฟีนสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีแม้ในสภาพที่มีแสงน้อย อีกทั้งการสังเคราะห์แกรฟีนยังมีต้นทุนที่ต่ำจึงทำให้เราสามารถผลิตเซ็นเซอร์ที่มีประสิทธิภาพดีแต่ราคาถูกได้ อย่างไรก็ดี ขั้นตอนนี้ยังคงเป็นเพียงการจดสิทธิบัตรเพื่อคุ้มครองการประดิษฐ์คิดค้นหรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ แต่คาดว่าเราคงได้มีโอกาสเห็นเซ็นเซอร์จากแกรฟีนในอนาคตอันใกล้อย่างแน่นอน

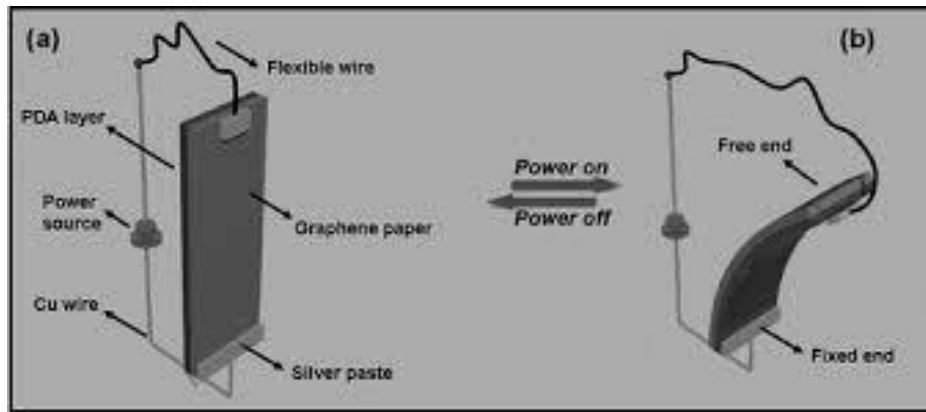
6. การใช้งานในทางชีวภาพ (Bioapplications)

จากการที่แกรฟีนมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก สามารถตกแต่งหมู่ฟังก์ชันลงไปได้ (Functionalized Graphene) และมี π อิเล็กตรอนซึ่งไม่ได้อยู่ประจำที่ (Delocalized Electrons) แต่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั่ว ดังนั้นแกรฟีนจึงสามารถรวมตัวเข้ากับโมเลกุลของยาเพื่อทำหน้าที่เป็นระบบนำส่งยาได้ นอกจากนั้นแกรฟีนยังจัดเป็นสารที่ชอบไขมัน (Lipophilic) ดังนั้น เราจึงสามารถใช้แกรฟีนเป็นตัวส่งผ่านยาเข้าสู่ภายในเซลล์ได้โดยตรงผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์



ภาพที่ 2.26 แกรฟีนที่มีการตกแต่งหมู่ฟังก์ชันให้มีความชอบน้ำและไขมันสามารถสร้างอันตรกิริยากับเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อใช้ในการปลดปล่อยยาเข้าสู่ภายในเซลล์ได้โดยตรง

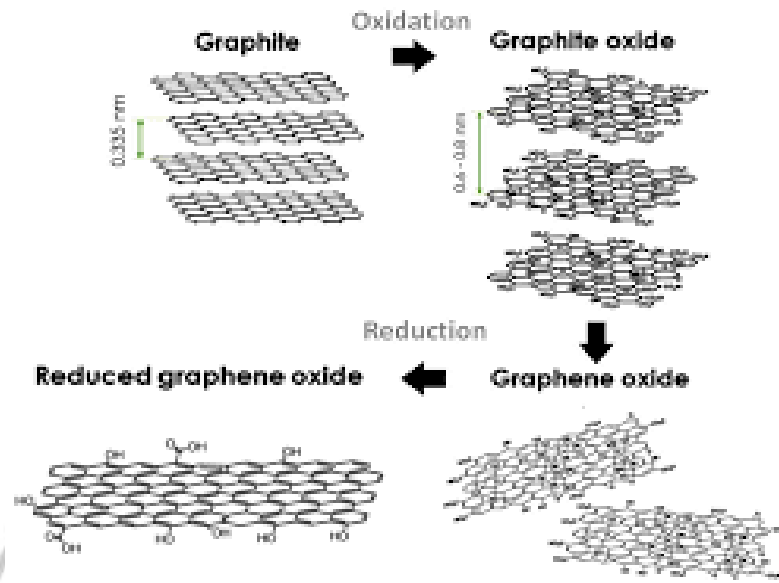
สำหรับการใช้งานในทางชีวภาพด้านอื่น ๆ ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถสร้างแอคชูเอเตอร์ (Actuator) ที่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวเมื่อมีการให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปได้เป็นผลสำเร็จ โดยแอคชูเอเตอร์นี้ถูกสร้างขึ้นจากแกรฟีนและพอลิไดอะเซทิลีน (ภาพที่ 2.26) ซึ่งให้อัตราการตอบสนองที่เร็วมากและมีความถี่เรโซแนนท์สูง (Resonant Frequency) แอคชูเอเตอร์นี้สามารถนำไปใช้ในหุ่นยนต์เพื่อควบคุมทิศทางและการเคลื่อนไหวได้และอาจนำไปใช้เป็นกล้ามเนื้อเทียมในอนาคตได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.27 แอชเชเตอร์จากแกรฟีนและพอลิไดอะเซทิลีน ที่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เมื่อมีการให้กระแสไฟฟ้าเข้าไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแกรฟีน

จากการศึกษาการสังเคราะห์แกรฟีนด้วยวิธีรีดักชันจากแกรฟีนออกไซด์ พบว่า แกรฟีนออกไซด์ (Graphene Oxide) เป็นแกรฟีนที่มีการดัดแปลงทางเคมี (Chemically Modified Graphene) เตรียมจากกระบวนการปฏิกิริยาออกซิเดชันของแกรไฟต์ และลอกเป็นชั้นเดียวของแกรฟีน ซึ่งสัดส่วนของปริมาณอะตอมของคาร์บอนต่อออกซิเจน (C/O) น้อยกว่า 3.0 และสัดส่วนที่ดีที่สุดมีค่าใกล้เคียง 2.0 ภาพที่ 2.28 แสดงโครงสร้างแผ่นคาร์บอนในกระบวนการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันของแกรไฟต์ด้วยการทำปฏิกิริยากับกรดแก่ จากแบบจำลองของ Lerf – Klinowski แสดงหมู่ฟังก์ชันแทรกกระหว่างชั้นแกรไฟต์หรือบนผิวของแผ่นแกรไฟต์ โดยเฉพาะกลุ่ม 1, 2-epoxides และ Hydroxyl ส่วนบริเวณขอบจะมีกลุ่ม Carboxyl และ Hydroxyl เกาะเป็นส่วนใหญ่ และอาจมี 5 และ 6-membered Lactols จะทำให้ d-spacing จาก 0.335 nm ขยายถึง 2-3 เท่า เรียกสารที่ได้ว่า แกรไฟต์ออกไซด์ (Graphene Oxide) จากนั้นยังสามารถแยกชั้นของแกรไฟต์ออกไซด์ในน้ำหรือในตัวทำละลายเป็นชั้นเดียว เรียกว่า แกรฟีนออกไซด์ (Graphene Oxide) เมื่อทำปฏิกิริยารีดักชันกับ Hydrazine Hydrate (N_2H_4) จะได้รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ (Reduced Grapheme Oxide) ซึ่งหมู่ฟังก์ชันส่วนใหญ่ที่อยู่บริเวณผิวของแผ่นแกรฟีนหลุดออกอาจมีหลงเหลือตามขอบบ้าง อย่างไรก็ตาม การรีดักชันสามารถทำได้ด้วยการให้อุณหภูมิสูง เพื่อกำจัดออกซิเจนที่สร้างพันธะกับกลุ่ม Aromatic Carbon การใช้คลื่นไมโครเวฟ และการใช้แสง เป็นต้น

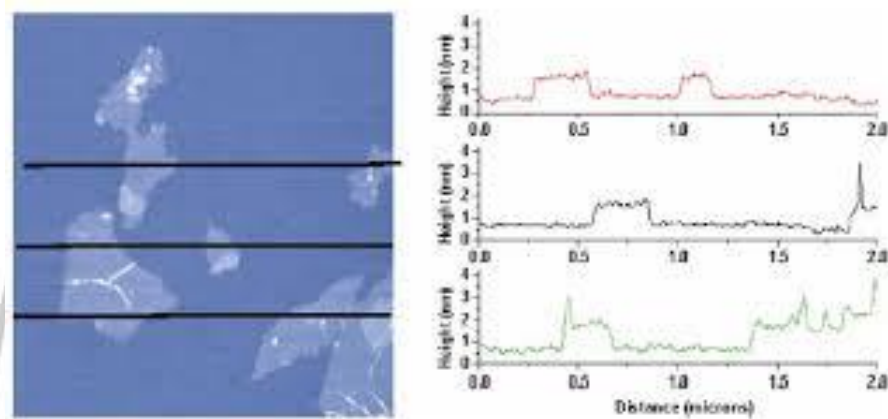


ภาพที่ 2.28 โครงสร้างแผ่นคาร์บอนในกระบวนการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมู่ ออกไซด์ แทรกระหว่างชั้นของแกรไฟต์ เรียกว่า แกรไฟต์ออกไซด์ จากนั้น ลอกชั้นของแกรไฟต์ออกไซด์ในน้ำหรือในตัวทำละลายชั้นเดียวที่หลุด ออกมาเรียกว่า แกรฟีนออกไซด์ เมื่อทำปฏิกิริยารีดักชัน กับ Hydrazine Hydrate (N_2H_4) จะได้รับดิฟฟ์แกรฟีนออกไซด์

ศัตยาปราคาส (Satyaprakash, 2017) ศึกษาพบว่า การจัดทำควอนตัมดอท (GQDs) และ ควอนตัมดอทกราฟีนออกไซด์ (GOQDs) GQDs / GOQDs จัดทำขึ้นโดยวิธีไฟฟ้าเคมีอย่างง่ายโดย ใช้แท่งกราไฟท์สองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้า อิเล็กโทรไลต์ที่ใช้คือการรวมกันของกรดซิตริกและ โซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ จุดควอนตัมสี่ประเภท คือ GQD1 – GQD4 จัดทำขึ้นโดยความเข้มข้น ของอัลคาไลไฮดรอกไซด์ที่ต่างกัน ในอิเล็กโทรไลต์ในขณะที่ยังคงความเข้มข้นของกรดซิตริก การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอัลคาไลไฮดรอกไซด์ในอิเล็กโทรไลต์ส่งผลให้เกิดการผลิต GOQD ปฏิกิริยาที่สมดุลของกรดซิตริกและอัลคาไลไฮดรอกไซด์ส่งผลให้เกิดการผลิต GQDs (GQD3) อย่างไรก็ตามการแปรผันของความเข้มข้นของอัลคาไลไฮดรอกไซด์สามแบบส่งผลให้ GOQDs (GQD1, GQD2 และ GQD4) GOQDs แสดงกลุ่มฟังก์ชันออกซิเจนที่ปรับค่าได้ซึ่งควบคุม โดย X-ray Photoelectron Spectroscopy GQDs / GOQDs แสดงการดูดซึมในภูมิภาค UV และแสดง พฤติกรรมการกระตุ้นด้วยแสง Photoluminescence ขนาดเฉลี่ยที่ได้รับคือ 2 – 3 nm ตามที่เปิดเผย โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน X-ray di Peak Raction Peak ที่ประมาณ 10 ° และ D Band ที่ 1350 cm^{-1} ใน Raman Spectra ที่มีการทำงานของกลุ่มฟังก์ชันที่อุดมด้วยออกซิเจนบนพื้นผิว

ของ GOQD GQDs และ GOQDs เหล่านี้แสดงแสงเรืองแสงสีน้ำเงินถึงเขียวภายใต้การฉายรังสี UV 365 นาโนเมตร

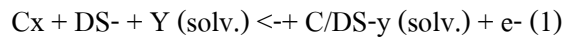
สตันโควิช (Stankovich et al., 2007) สังเคราะห์แกรฟีนด้วยการลอกภายใต้คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonication) ภาพที่ 2.29 แสดงภาพจาก AFM ในโหมด Non-contact ของแผ่นแกรฟีนออกไซด์ ที่ลอกด้วยเสียงความถี่สูงนี้ ที่ความเข้มข้น 1 mg/mL ในน้ำแสดงความหนา ~ 1 nm อย่างสม่ำเสมอทุกแผ่น



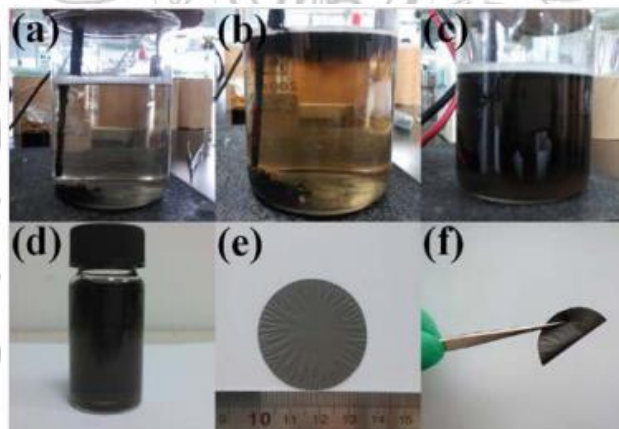
ภาพที่ 2.29 ภาพจาก AFM โหมด Non-contact ของแผ่นแกรฟีนออกไซด์และความหนาที่ตำแหน่งต่าง ๆ

จ้าว (Zhao et al., 2015) ศึกษาทางไฟฟ้าเคมีโดยใช้สามเซลล์อิเล็กโทรด อิเล็กโทรไลต์เป็นสารละลายน้ำ 0.1 M SDS ใช้แกรไฟต์เป็นอิเล็กโทรดทำงานลวด Pt เป็นอิเล็กโทรด Quasireference และ Pt ฟอยล์เป็นอิเล็กโทรด ประการแรกเราใช้ 3 โวลต์ ระหว่างขั้วลบและขั้วลบ Pt สำหรับ 3 ชั่วโมง ถึงได้แกรไฟต์แบบ SDS-intercalated จากนั้น 1 โวลต์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ถึงได้ Graphene-SDS สารแขวนลอย Graphene / SDS สารแขวนลอยถูกปั่นแยกที่ 1,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที ถึงได้ Agglomerates ขนาดใหญ่ ช่วงล่างด้านบนคือกั้นด้วย Decantation ระบบกันสะเทือนนี้สามารถเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมสำหรับครึ่งปีและไม่มีฝนสังเกตซึ่งหมายความว่า การระงับ Graphene-SDS มีเสถียรภาพมากในสภาพแวดล้อม เพื่อให้ได้กราฟีนช่วงล่าง Graphene-SDS นี้ถูกปั่นแยกที่สูงความเร็วในการหมุน 25,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ผง Nanosheet Graphene ที่ได้รับผงด้วยน้ำปราศจากไอออนและเอทานอลตามลำดับ

การเกิดปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าของ SDS ในแกรไฟต์นั้นทำได้โดยการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้าของแกรไฟต์ใน 0.1 M SDS สารละลายตามปฏิกิริยานี้



โดยที่ Cx คือแกรไฟต์ DS- คือ Dodecyl Sulfate Anion และ Solv เป็นตัวทำละลาย (น้ำ) การย้อนกลับของปฏิกิริยานี้ขึ้นอยู่กับศักย์ภาพที่ใช้ มุมมองตัวแทนของขั้นตอนเคมีไฟฟ้าเพื่อรับ Nanosheets Graphene การทำ Intercalation ทางเคมีไฟฟ้าของ SDS ลงในแกรไฟต์นั้นดำเนินการในสารละลาย SDS 0.1 M เมื่อเป็นแกรไฟต์ใช้เป็นขั้วบวก การระงับกราฟีน - SDS ที่เสถียรเกิดจากการขัดผิวด้วยไฟฟ้าเคมีของอิเล็กโทรดแกรไฟต์ SDS Intercalated นี้เมื่ออิเล็กโทรดได้รับการปฏิบัติเป็นแคโทด ภาพดิจิทัลของสารแขวนลอย Graphene-SDS จัดทำขึ้นโดยการหยุดชะงักอย่างต่อเนื่องของ SDS ที่ 3 V เป็นเวลา 3 ชั่วโมงและกระบวนการพลัดเซลล์ที่ -1 V เป็นเวลา 2 ชั่วโมงในระยะเวลาที่แตกต่างกันแสดงในรูปที่ เมื่อใช้ 3V ที่เป็นไปได้เชิงบวกกับระบบแอนไอออน Dodecyl ซัลเฟตจะถูกบังคับเคลื่อนไปทางขั้วไฟฟ้าแกรไฟต์ที่เป็นบวก เนื่องจากแรงทางไฟฟ้าและโต้ตอบกับก้านแกรไฟต์ทำให้เกิดการขัดผิวด้วยไฟฟ้าของแท่งแกรไฟต์ ในระหว่างกระบวนการนี้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ชัดเจน (ภาพที่ 2.30 a) จะค่อย ๆ กลายเป็นสีดำ (ภาพที่ 2.30 b) ซึ่งระบุว่าแกรไฟต์แบบ SDS-Intercalated เป็นได้ รับ เมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าเชิงลบ 1 V สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะเปลี่ยน Aterrimus และ Homogeneous (ภาพที่ 2.30 c, d) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Graphene-SDS วิธีการแก้ปัญหา มีความเสถียรมากในสภาพแวดล้อม หลังจากการทำให้บริสุทธิ์และการแยกผง Graphene Nanosheet ถูกแยกย้ายกันไป ใน NMP และจากนั้นกรองสูญญากาศจากฟิล์ม (ภาพที่ 2.30 e, f)



ภาพที่ 2.30 ภาพดิจิทัลของ (a) ขั้นตอนแรกของแกรไฟต์แบบ SDS-intercalated; (b) ขั้นตอนสุดท้ายของแกรไฟต์แบบ SDS-intercalated (c) สารแขวนลอย Graphene-SDS หลังจาก -1 V เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (d) การระงับ Graphene-SDS หลังจากครึ่งปี (e) ฟิล์มกราฟีนโดยการกรองสูญญากาศ; (f) ความยืดหยุ่นของฟิล์มกราฟีนที่ได้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดการเรียนหรือชุดกิจกรรม มาจากคำว่า “Instructional Packages” หรือ “Learning Packages” เดิมทีเคยมักใช้คำว่า ชุดการสอน เพราะเป็นสื่อที่ครูนำมาใช้ประกอบการสอน แต่ต่อมาแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นนักการศึกษาจึงเปลี่ยนมาใช้คำว่า ชุดการเรียน เพราะการเรียนรู้เป็นกิจกรรมของนักเรียนและการสอนเป็นกิจกรรมของครู กิจกรรมของครูและนักเรียนจะต้องเกิดคู่กัน (บุญเกื้อ ควรหาเวช, 2542, น. 91) และในการวิจัยผู้วิจัยใช้แบบฝึกซึ่งเป็นกิจกรรมหนึ่งของชุดกิจกรรม ดังนั้นการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชุดแบบฝึกก็คือการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของผู้เรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในวัฒนธรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษาที่นำมาเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการเชิงระบบให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเอกัตภาพของ ดังนั้นมีนักการศึกษาความหมายของคำว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในทัศนะต่าง ๆ สรุปได้ว่า

เยาพล ขุนแก้ว (2548, น. 37 - 38) กล่าวถึงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าเป็นกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาความสามารถของตนโดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความสนใจและความสามารถซึ่งรูปแบบการเรียนแบบรายบุคคลนี้สามารถนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับเด็กได้เป็นอย่างดี

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2542, น. 91) กล่าวถึง ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึงการสอนชนิดหนึ่ง เป็นชุดของสื่อประสม (Multi Media) หมายถึงการใช้สื่อการสอนตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปรวมกันเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามที่ต้องการสื่อที่นำมาใช้ร่วมกันนี้จะช่วยเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกันตามลำดับขั้นที่จัดไว้สำหรับหน่วยการเรียนรู้ตามหัวข้อเนื้อหาและประสบการณ์ในแต่ละหน่วยที่ต้องการจะให้ผู้เรียนได้รับ

บุญชม ศรีสะอาด (2541, น. 95) กล่าวถึงชุดการสอน (Instructional Package) คือ สื่อการเรียนหลายอย่างประกอบกันจัดเข้าไว้ด้วยกันเป็นชุด (Package) เรียกว่าสื่อประสม (Multi Media) เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น “Learning Package”, “Instructional Package” หรือ “Intructional Kits” นอกจากจะใช้สำหรับผู้เรียนเรียนเป็นรายบุคคลแล้ว ยังใช้ประกอบการสอนแบบอื่น เช่น ประกอบการบรรยาย ใช้สำหรับการเรียนเป็นกลุ่มย่อย การใช้ชุดการสอนสำหรับการเรียนเป็นกลุ่มย่อยจะจัดในรูปแบบศูนย์การเรียนรู้ (Learning Center) ในห้องเรียนจะจัดออกเป็นศูนย์หลายศูนย์แต่ละศูนย์อาจมีชุดการสอนประจำศูนย์นั้น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนหมุนเวียนกันเรียนเป็นกลุ่มสามารถสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นนวัตกรรมการสอนในลักษณะของสื่อประสมที่ครูสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้

ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามความถนัดและความสนใจของตนเองผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพ และผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างถาวรอันเนื่องจากประสบการณ์หรือการฝึกหัดโดยให้สอดคล้องกับเนื้อหาจุดประสงค์และประสบการณ์ต่าง ๆ

ดวงแสง ณ นคร (2549, น. 227) กล่าวถึงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสื่อสำเร็จรูปที่มีการจัดระบบเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองตามลำดับขั้นตอนที่ระบุไว้โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสนใจของแต่ละคนและตามอัตราการเรียนรู้ของตนเองผู้เรียนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประเภทนี้จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหรือศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเองผู้สอนจะเป็นผู้ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือหรือผู้เรียนอาจนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประเภทนี้ไปศึกษาที่บ้านได้ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมและฝึกฝนให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

ระวีวรรณ ศรีศรีจันทร์ (2551, น. 270 - 271) กล่าวถึงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้เป็นการจัดเตรียมเนื้อหาสำหรับให้ผู้เรียนได้ศึกษาเป็นรายบุคคลหรือส่วนตัวให้ผู้เรียนสำหรับการเรียนเป็นกลุ่มก็ได้ทั้งนี้ผู้จัดทำจะต้องคำนึงถึงการจัดเตรียมกิจกรรมและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมเมื่อผู้สอนนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้มาใช้จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้อย่างอิสระตามคำแนะนำเป็นขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้เริ่มจากเนื้อหาที่ง่ายไปถึงเนื้อหาที่ยากขึ้นไปตามลำดับซึ่งประกอบด้วยจุดมุ่งหมายเฉพาะตามความสามารถของผู้เรียนกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนที่เหมาะสมซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเองโดยผู้สอนและเกี่ยวข้องกับน้อยที่สุดซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเองและเรียนได้อย่างอิสระตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอนของการเรียน การทดสอบ และเนื้อหาให้เกิดความรู้ที่จับต้องได้ต่อการเรียนมีความมั่นใจในการเรียนเกิดทัศนคติที่ดีต่อการเรียนว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ตนเองสามารถเรียนได้อย่างมีความตั้งใจและสนใจ

อรนุช ลิ้มศิริ (2551, น. 167-170) กล่าวถึงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าการนำสื่อการสอนหลายชนิดเข้ารวมไปด้วยกันโดยให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้จัดขึ้นเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของบุคคลให้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองไปจนถึงขีดความสามารถโดยไม่ต้องเสียเวลารอคอยผู้อื่น

ชาดา เติร์มวิทยา (2549, น. 23) กล่าวถึง การเรียนจากพฤติกรรมการเรียนรู้นั้นนักเรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือกระทำกิจกรรมในการเรียนรู้ด้วยตนเองตลอดเวลาดังนั้น ถ้านักเรียนยังเป็นเด็กเล็กที่ยังไม่มีวุฒิภาวะและวินัยในตนเองเพียงพอแล้วย่อมทำให้การเรียนรู้ไร้ประสิทธิภาพ

เพราะเด็กอาจจะไม่เข้าใจวัตถุประสงค์ในการเรียนไม่เข้าใจงานที่สั่งให้ทำหรือขาดการมีส่วนร่วมในการเรียนเพราะมีช่วงความสนใจสั้นเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน

ศิริลักษณ์ หนองเส (2545, น. 6) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้ว่า หมายถึง สื่อการเรียนการสอนที่ใช้เพื่อพัฒนาคุณลักษณะในตัวนักเรียนในด้านการเรียนรู้ การเสาะแสวงหาความรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

เพชรรัตดา เทพพิทักษ์ (2545, น. 30) กล่าวว่า ชุดกิจกรรม คือ ชุดการเรียนหรือชุดการสอนนั่นเอง ซึ่งหมายถึง สื่อการสอนที่ครูเป็นผู้สร้างประกอบด้วยวัสดุอุปกรณ์หลายชนิด และองค์ประกอบอื่นเพื่อให้นักเรียนศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้แนะนำช่วยเหลือ และมีการนำหลักการทางจิตวิทยามาใช้ในการประกอบการเรียนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับความสำเร็จ

พวงเพ็ญ สิงห์โตทอง (2548, น. 10) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมว่า เป็นการรวบรวมสื่อการเรียนสำเร็จรูปไว้เป็นชุดเพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหาให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองได้อย่างสะดวก ตามขั้นตอนที่กำหนดเพื่อบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นความสามารถส่วนบุคคล ผู้เรียนมีอิสระและพึ่งพาผู้สอนน้อยที่สุด ภายในชุดประกอบด้วยสื่อต่างที่จะทำให้ผู้เรียนสนใจเรียนตลอดเวลา ทำให้เกิดทักษะกระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วยวัสดุอุปกรณ์หลายชนิด และองค์ประกอบอื่นที่ก่อให้เกิดความสมบูรณ์ในตัวเอง โดยที่ผู้สร้างได้รวบรวมและจัดอย่างเป็นระบบไว้เป็นกลุ่ม และสร้างไว้เพื่อจุดประสงค์ใดจะมีชื่อเรียกตามการใช้งานนั้น ๆ เช่น ถ้าสร้างเพื่อการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ครูใช้ประกอบการสอน โดยเปลี่ยนบทบาทให้ครูพูดน้อยลงนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมมากขึ้น เรียกว่าชุดกิจกรรมสำหรับครู แต่ถ้าให้ผู้เรียนเรียนจากชุดกิจกรรมนี้ เรียกว่า ชุดกิจกรรม ในการสร้างชุดกิจกรรมจะพิจารณาจาก 1) ใช้สื่อหลายชนิดตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ 2) เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้เรียน 3) เหมาะสมกับการตอบสนองของผู้เรียน 4) เป็นสื่อที่จัดหาได้ไม่ยาก

ดำรงศักดิ์ มีวรรณ (2552, น. 17) สรุปไว้ว่า ชุดกิจกรรม คือ การจัดประสบการณ์เรียนรู้ให้กับผู้เรียน ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แก้ปัญหาด้วยตนเอง มีอิสระในการเรียนรู้ โดยใช้แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยครูต้องเป็นผู้วางแผน กำหนดเป้าหมายวัตถุประสงค์การเรียนรู้ สิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยครูมีหน้าที่ให้คำปรึกษา

นพคุณ แดงบุญ (2552, น. 16) สรุปไว้ว่า ชุดกิจกรรม หมายถึง สื่อการสอนที่ผู้สอนสร้างขึ้น ประกอบด้วยสื่อวัสดุอุปกรณ์หลายชนิดประกอบเข้ากันเป็นชุด เพื่อเกิดความสะดวกต่อการใช้ในการเรียนการสอน และทำให้การเรียนการสอนบรรลุผลตามเป้าหมายของการเรียนรู้ ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ประเสริฐ สำเภารอด (2552, น. 12) สรุปไว้ว่า ชุดกิจกรรม หมายถึง ชุดการเรียนการสอนประเภทสิ่งตีพิมพ์และกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนทำกิจกรรมด้วยกระบวนการกลุ่ม ประกอบด้วย 9 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ชื่อกิจกรรม 2) คำชี้แจง 3) จุดประสงค์ 4) เวลาที่ใช้ 5) วัสดุอุปกรณ์ 6) เนื้อหาและใบความรู้ 7) สถานการณ์ 8) กิจกรรม 9) แบบทดสอบท้ายกิจกรรม

กู๊ด (Good, 1973, p. 306) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรม หมายถึง โปรแกรมการสอนทุกอย่างที่จัดไว้เฉพาะ มีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอน อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน คู่มือครู เนื้อหา แบบทดสอบ ข้อมูลที่เชื่อถือได้ มีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนไว้อย่างชัดเจน ชุดกิจกรรมนี้ครูเป็นผู้จัดให้นักเรียนแต่ละคนได้ศึกษาและฝึกฝนด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้คอยแนะนำเท่านั้น

ดวน (Duann, 1973, p. 169) กล่าวถึงชุดการเรียนว่า เป็นการเรียนรายบุคคล (Individualized Instruction) เป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้ผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนตามเป้าหมาย ผู้เรียนจะเรียนตามอัตราความสามารถ และความต้องการของตน

แคปเฟลอร์ และแคปเฟลอร์ (Kapfer & Kapfer, 1972, pp. 3-10) ได้ให้ความหมายของคำว่าชุดการเรียนไว้ว่า เป็นรูปแบบการสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วยคำแนะนำให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้จนบรรลุพฤติกรรมที่เป็นผลของการเรียนรู้ ส่วนเนื้อหาที่นำมาสร้างชุดการเรียน นำมาจากขอบข่ายความรู้ที่หลักสูตรกำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ซึ่งต้องสื่อความหมายให้แก่ผู้เรียนอย่างชัดเจน จนผู้เรียนเกิดพฤติกรรมตามเป้าหมาย หรือจุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม

จากความหมายข้างต้น สรุปได้ว่า ชุดกิจกรรม หมายถึง สื่อที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง มีการจัดสื่อไว้อย่างเป็นระบบ ช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจตลอดเวลา เกิดทักษะในการแสวงหาความรู้ และทำให้การเรียนการสอนบรรลุผลตามเป้าหมายของการเรียนรู้

สรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการรวบรวมสื่อผสมหลาย ๆ ชนิดให้นักเรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเองเป็นรายบุคคลนักเรียนจะเรียนไปตามอัตราความสามารถและความต้องการของตนเองนักเรียนมีส่วนร่วมในบทเรียนครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกมีบทบาทน้อยที่สุด และทำให้คำปรึกษาเมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเป้าหมายช่วยส่งเสริมเรื่องความรับผิดชอบให้กับนักเรียนเพื่อช่วยในการเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

บุญเกื้อ คอรวาเวช (2545, น. 94-95) ได้แบ่งประเภทของพฤติกรรมเป็น 3 ประเภท

1) ชุดกิจกรรมประกอบคำบรรยายชุดกิจกรรมสำหรับผู้สอนที่ต้องการปูพื้นฐานให้ผู้เรียนส่วนใหญ่จะได้รู้และเข้าใจในเวลาเดียวกัน มุ่งในการขยายเนื้อหาสาระชัดเจนจะช่วยให้ผู้สอนลดการพูดให้น้อยลงและการใช้สื่อการสอนที่มีพร้อมอยู่ในชุดกิจกรรมในการเสนอเนื้อหามากขึ้น ได้แก่ รูปภาพแผนภูมิ กิจกรรมที่กำหนดไว้เป็นต้น

2) ชุดกิจกรรมแบบกลุ่มกิจกรรมกิจกรรมสำหรับผู้ร่วมกันเป็นกลุ่มประมาณ 5-6 คน โดยใช้สื่อการสอนที่บรรจุไว้ในกิจกรรมสาระชุดฝึกทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียนและผู้เรียนมีโอกาสทำงานร่วมกันชุดกิจกรรมชนิดนี้มักจะใช้สอนในการสอน แบบกิจกรรมกลุ่มการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้เป็นต้น

3) ชุดกิจกรรมแบบรายบุคคลหรือชุดกิจกรรมตามเอกัตภาพ เป็นชุดกิจกรรมสำหรับผู้เรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคลหาความรู้ตามความสามารถและความสนใจของตนเองที่บ้านส่วนมากมักจะมุ่งให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาที่เรียนเพิ่มขึ้นผู้เรียนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเองชุดกิจกรรม ชนิดนี้จะจัดในลักษณะของหน่วยการสอนส่วนย่อย

3. องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

องค์ประกอบของชุดกิจกรรมที่สมบูรณ์ประกอบด้วยหลาย ๆ องค์ประกอบ ซึ่งศึกษาองค์ประกอบของชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

ระวีวรรณ ศรีศรีครัน (2551, น. 185) กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1) คู่มือสำหรับผู้สอนในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้และสำหรับผู้เรียนในการเรียนรู้

2) คำสั่งเพื่อกำหนดแนวทางในการเรียน

3) เนื้อหาสาระบทเรียน จะจัดอยู่ในรูปของสื่อต่าง ๆ เช่น สไลด์ เทป เป็นต้น

4) กิจกรรมการเรียนรู้เป็นการกำหนดกิจกรรมผู้เรียนทำรายงานหรือค้นคว้าต่อจากที่เรียนไปแล้ว

5) ประเมินผลแบบทดสอบที่เกี่ยวกับเนื้อหาของบทเรียนนั้น

ทิสนา แคมมณี (2543, น. 10 - 12) กล่าวถึงองค์ประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่งเพราะจะเป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างมีระบบสมบูรณ์ในตัวเองและควรประกอบด้วย

1) ชื่อกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบไปด้วยหมายเลขกิจกรรมชื่อของกิจการและเนื้อหาของกิจการนั้น

2) คำชี้แจง เป็นส่วนที่อธิบายความมุ่งหมายหลักของกิจกรรมการเรียนรู้และลักษณะของการจัดกิจกรรมเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายนั้น

3) จุดมุ่งหมายก่อนที่ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของกิจกรรมนั้น

4) ความคิดรวบยอดเป็นส่วนที่ระบุปัญหาหรือมโนทัศน์ของกิจกรรมนั้น ส่วนควรได้รับการย้ำและเน้นเป็นพิเศษ

5) สื่อ เป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรมเพื่อช่วยให้ครูทราบว่าต้องเตรียมอะไรบ้าง

6) เวลาที่ใช้เป็นส่วนที่ระบุโดยประมาณว่ากิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเพียงใด

7) ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรมเป็นส่วนที่ระบุในการจัดกิจกรรมอย่างเป็นขั้นตอนตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากจะสอดคล้องกับหลักวิชาแล้วยังเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ครูในการดำเนินการซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

7.1) ขั้นนำเป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียน

7.2) กิจกรรมเป็นส่วนที่ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วทำให้เกิดประสบการณ์นำไปสู่การเรียนรู้ตามเป้าหมาย

7.3) คำอธิบายเป็นส่วนที่ผู้เรียนจะได้มีโอกาสประสบการณ์ที่ได้รับจากท่านกิจกรรมมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเข้าใจและอภิปรายเพื่อให้เกิด การเรียนรู้ที่กว้างขวางออกไปอีก

7.4) ขั้นสรุป เป็นส่วนที่ครูและนักเรียนประมวลความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและอภิปรายนำมาสรุปหาสาระสำคัญสามารถนำไปใช้ต่อไป

7.5) ขั้นฝึกปฏิบัติเป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้จากการเรียนในกิจกรรมฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม

7.6) ขั้นประมวลผล เป็นส่วนที่ได้รับรู้ความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากการฝึกปฏิบัติครบถ้วนทุกขั้นตอนแล้วโดยได้ทำแบบฝึกกิจกรรมทบทวนท้ายชุดกิจกรรม

บุญชม ศรีสะอาด (2544, น. 95-96) กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดกิจกรรมที่สำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

1) คู่มือการใช้ชุดกิจกรรมเป็นคู่มือที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้กิจกรรมปฏิบัติตามอย่างมีประสิทธิภาพ

2) บัตรงานเป็นใบปที่มีคำสั่งว่าจะให้ผู้เรียนปฏิบัติอย่างไร โดยระบุกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนของการเรียน

3) แบบทดสอบวัดผล ความก้าวหน้าของผู้เรียนแบบทดสอบที่ใช้สำหรับตรวจสอบหลังจากเรียนชุดกิจกรรมจบแล้วผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้กำหนดไว้หรือไม่

4) สื่อการเรียนต่าง ๆ สำหรับผู้เรียนได้ศึกษาหลายชนิดประกอบการอาจเป็นประเภทสิ่งพิมพ์ เช่นบทความ เนื้อหาเฉพาะเรื่อง จุลสาร เป็นต้น

4. ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้

นักการศึกษาได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมไว้ ดังนี้

วีณา วโรตมะวิชัย (2549, น. 225-228) กล่าวถึงขั้นตอนต่าง ๆ ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้รวม 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากกำหนดวัตถุประสงค์ได้หลังจากที่กำหนดเนื้อหาที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนวัตถุประสงค์จากห้องสมุดกลางและทำอย่างกับกว่าสามารถทำอะไรได้บ้างหลังจากหมดแล้ว

ขั้นที่ 2 แล้วยึดวัตถุประสงค์วัตถุประสงค์ย่อย ๆ นี้ จะแตกย่อยไปตามความต้องการของผู้สร้าง

ขั้นที่ 3 จัดลำดับตัวส่วนย่อยเหล่านั้นให้เป็นไปตามลำดับง่ายไปหายากจากรูปธรรมไปหานามธรรม

ขั้นที่ 4 สร้างแบบทดสอบสำหรับวัดผลการเรียนในตอนท้าย (Post - test) ข้อสอบผู้ชายนี้นี้จะต้องสอดคล้องกับการมุ่งหมายที่ตั้งไว้กล่าวคือคำถามที่จะถามนั้นได้มาจากจุดประสงค์นั่นเอง

ขั้นที่ 5 ภาษาอังกฤษฝึกทักษะการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ปลูกได้ทำนำไปสู่การเรียนรู้ที่ต้องการ

ขั้นที่ 6 ใช้วิธีการและเนื้อหาที่เหมาะสมในการที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 7 มีการเสนอผลของการฝึกหัด (Feedback) ของนักเรียนตัวเขาจะช่วยปรับปรุงการเรียนรู้ของตนได้

ขั้นที่ 8 ขอบเหตุผล และขอบข่ายของสิ่งที่จะต้องเรียน เพื่อนักเรียนจะได้เรียน ได้ดีขึ้นซึ่งเหตุผล และขอบข่ายของสิ่งที่จะต้องเรียนนี้จะต้องอยู่ตอนต้นของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 9 ทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อริรัตน์ โพธิ์คำ (2552, น. 22-23) ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

- 1) เลือกเนื้อหา
- 2) กำหนดหน่วยการเรียนรู้และเวลา
- 3) กำหนดหัวเรื่อง
- 4) กำหนดหลักการและมโนคติเป็นแนวคิด หลักเกณฑ์ที่สำคัญ
- 5) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้พฤติกรรม
- 6) กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้พฤติกรรม
- 7) กำหนดแบบวัดและการประเมินผล
- 8) ผลัดสื่อให้ตรงในแต่ละกิจกรรม
- 9) หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

อรนุช ลิ้มศิริ (2551, น. 77) กล่าวว่า ในการทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) วิเคราะห์หลักสูตรเพื่อสร้างจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของการเรียน (Terminal Objective)

2) วิเคราะห์ภารกิจหาเป้าหมายย่อยของพฤติกรรมสุดท้าย (Sub - terminal Objective)

3) จัดทำเนื้อหาสนองเป้าหมายย่อยในแต่ละที่หมายโดยละเอียดอาจทำออกมาในลักษณะของคำถาม

4) ออกแบบสื่อและกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนศึกษาเพื่อสามารถตอบคำถามได้

5) จัดทำสื่อให้มีแรงจูงใจในการเรียน และเสนอแนะกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างเสมอภาคทั่วทุกคนและรู้ผลการเรียนทั่วถึงเพื่อให้ทุกคนได้รับการเสริมแรงต้องแน่ใจว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำเสร็จ สามารถใช้ได้ สถานการณ์จริงจะต้องมีการทดลองกับผู้เรียนที่เป็นตัวอย่างของกลุ่มเป้าหมาย

6) ปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากข้อเสนอแนะในการปรับโครงสร้างด้านการสื่อความหมาย วัสดุที่ใช้ค่าการลงทุน เป็นต้น

7) นำไปใช้ในศูนย์สื่อการเรียนและการอธิบายเพื่อปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

ชัยงค์ พรหมวงศ์ (2545, น. 123) กล่าวว่า ลำดับขั้นตอนในการพัฒนาชุดการสอนที่สำคัญ 10 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) กำหนดหมวดหมู่เนื้อหา และประสบการณ์
- 2) กำหนดหน่วยการสอน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยที่ครูจะสามารถถ่ายทอดให้นักเรียนแต่ละครั้ง

- 3) กำหนดหัวเรื่อง
- 4) กำหนดมโนคติ และหลักการ
- 5) กำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับหัวเรื่อง
- 6) กำหนดกิจกรรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 7) กำหนดแบบประเมินผล
- 8) เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุ อุปกรณ์
- 9) หาประสิทธิภาพชุดกิจกรรม
- 10) การใช้ชุดกิจกรรม ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญ คือ ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ชำนาญเข้าสู่บทเรียน ขึ้นประกอบกิจกรรม ขึ้นสรุปผลการเรียน และทำแบบทดสอบ หลังเรียน เพื่อดูพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ได้เปลี่ยนไป

บัทท์ส (Butts, 1974, p. 85) เสนอหลักการสร้างชุดกิจกรรมไว้ ดังนี้

- 1) ก่อนที่จะสร้างต้องกำหนดโครงร่างคร่าว ๆ ก่อนว่าจะเขียนเกี่ยวกับเรื่องอะไร มีวัตถุประสงค์อะไร
 - 2) ศึกษางานด้านวิทยาศาสตร์ละเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำ
 - 3) เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาที่สอดคล้องกัน
 - 4) แจกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมออกเป็นกิจกรรมย่อย ๆ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของผู้เรียน
 - 5) กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในกิจกรรมแต่ละตอนให้เหมาะสมกับแบบฝึก
 - 6) กำหนดเวลาที่ใช้ในแบบฝึกแต่ละตอนให้เหมาะสม
 - 7) กำหนดการประเมินผลว่าจะประเมินผลก่อนเรียนหรือหลังเรียน
- ฮุสตัน และคนอื่น ๆ (Houston et al., 1972, pp. 10-15) กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

- 1) คำชี้แจง (Prospectus) อธิบายถึงความสำคัญของจุดมุ่งหมาย ขอบข่ายในส่วนชุด กิจกรรม สิ่งที่คุณเรียนจะต้องรู้ก่อนและขอบข่ายของกระบวนการเรียนทั้งหมดในชุดกิจกรรม
- 2) จุดมุ่งหมาย (Objectives) คือ ข้อความที่แจ่มชัดและไม่กำกวมที่กำหนดว่าผู้เรียนจะประสบความสำเร็จอะไรหลังจากเรียนแล้ว

3) การประเมินผลเบื้องต้น (Pre – assessment) มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนอยู่ในระดับใดในการเรียนการสอนนั้น และคว่ำัมฤทธิ์ผลตามความมุ่งหมายเพียงใด การประเมินผลเบื้องต้นนี้อาจอยู่ในรูปแบบของการทดสอบข้อเขียน ปากเปล่า การทำงาน ปฏิบัติตอบสนอง หรือคำถามง่าย ๆ เพื่อให้รู้ถึงความต้องการและความสนใจ

4) การกำหนดกิจกรรม (Enabling Activities) คือ การกำหนดแนวทางและวิธีเพื่อไปสู่จุดหมายที่วางไว้ โดยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้นด้วย

5) การประเมินผลขั้นสุดท้าย (Post – assessment) เป็นข้อสอบเพื่อวัดผลหลังเรียน

กรีน (Green, 1976, pp. 38-47) การสอนวิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา เมื่อผู้สอนมีการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ามาใช้ในการสอน ต้องมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับหลักสูตรและเป้าหมาย เน้นให้เด็กได้ค้นพบความจริงด้วยตนเอง ได้ทำงานด้วยตนเองตามความยากง่ายอย่างเหมาะสม การจัดการเรียนการสอนจะมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงเสนอรูปแบบการสร้างชุดการเรียนรู้ในการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ไว้ดังนี้

1) บัตรคำถามคำตอบ ซึ่งนำไปใช้ก่อนและหลังเรียน เพื่อศึกษาว่าผู้เรียนรู้หรือไม่รู้เรื่องเกี่ยวกับงานที่ทำมาก่อนและเพื่อให้เด็กเกิดความคิดก่อน

2) การทดลอง ประกอบด้วยปัญหาที่นำไปสู่การทดลอง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้และวิธีการดำเนินการทดลอง บทบาทของผู้สอนในการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง คือ เป็นผู้ตรวจสอบผลการทดลอง ผู้สอนต้องพยายามให้ผู้เรียนได้ร่วมอภิปรายและผู้สอนต้องแนะนำให้ผู้เรียนทดลองซ้ำ เพื่อตรวจสอบผลการทดลอง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าขั้นตอนการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการปรับปรุงนวัตกรรมอย่างเป็นระบบและจะต้องสร้างและปรับปรุงทดลองใช้ให้การเรียนการสอนนั้นเกิดประสิทธิภาพในกิจกรรมการเรียนการสอนของโรงเรียน

5. คุณค่าของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

อรนุช ลิมตศิริ (2551, น. 75) กล่าวถึงคุณค่าของชุดกิจกรรมการเรียนรู้สรุปได้ดังนี้

1) ส่งเสริมการศึกษาเป็นรายบุคคลเมื่อผู้เรียนได้เรียนตามความสนใจตามเวลาและโอกาสเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนต้องกังวลว่าจะตามเพื่อนไม่ทันหรือต้องเสียเวลาคอยเพื่อน

2) นักเรียนสามารถนำไปเรียนที่ใดก็ได้สะดวกในการจัดการศึกษานอกระบบ

3) ช่วยจัดปัญหาขาดแคลนครูได้เป็นบางโอกาส

4) ช่วยอำนวยความสะดวกในการสอนของครูทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545, น. 121) ได้สรุปคุณค่าของชุดการสอน ดังนี้

1) ช่วยให้ผู้สอนถ่ายทอดเนื้อหาและประสบการณ์ให้มีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งผู้สอนไม่สามารถถ่ายทอดด้วยการบรรยายได้ดี

2) ได้รับความสนใจของผู้เรียนต่อสิ่งที่กำลังศึกษา เพราะชุดกิจกรรมจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนด้วยตนเองและสังคม

3) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจ แสวงหาความรู้ด้วยตนเองและรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม

4) เป็นการสร้างความพร้อมและเกื้อแก่ผู้เรียนเพราะชุดกิจกรรมผลิตไว้เป็นหมวดหมู่สามารถหยิบใช้ได้ทันที

5) การเรียนของผู้เรียนเป็นสำคัญจากอารมณ์ของผู้สอนสามารถทำให้ตลอดเวลาไม่ว่าผู้สอนจะมีสภาพความขัดแย้งทางอารมณ์มากน้อยเพียงใด

6) ช่วยให้ผู้เรียนอิสระจากบุคลิกภาพของผู้สอนจากชุดกิจกรรมทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้แทนผู้สอนผู้สอนจะพูดสอนไม่เก่งก็สามารถเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพชุดกิจกรรมที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพมาแล้ว

7) กรณีที่ครูประจำวิชาไม่สามารถเข้าสอนได้ตามปกติ ครูคนอื่นก็สามารถสอนแทนได้โดยใช้กิจกรรมได้มีใช้เข้าไปคุมชั้นเรียนและปล่อยให้ นักเรียนอยู่เฉยๆ เพราะเนื้ออยู่ในชุดกิจกรรมเรียบร้อยแล้ว ครูผู้สอน ไม่ต้องเตรียมพร้อมมาก

จากการศึกษาคุณค่าของชุดกิจกรรมพร้อมสรุปว่าชุดกิจกรรมส่วนร่วมในการเรียนการสอนมากที่สุดจะพูดหรือสอนเก่งก็ตามและยังสามารถช่วยแก้ปัญหาเพราะผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองได้

6. ประโยชน์ของชุดกิจกรรม

ประเสริฐ สัมภารอด (2552, น. 16) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดกิจกรรมสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอนช่วยสร้างความสนใจให้นักเรียน ทำให้ได้รู้จักการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ช่วยแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล เพราะชุดกิจกรรมสามารถช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถ ความถนัด ความสนใจ สร้างความพร้อม และความมั่นใจให้แก่ครูผู้สอนทำให้ครูสอนได้เต็มประสิทธิภาพ

สมจิต สวธไพบุลย์ (2535, น. 39) ได้กล่าวถึงข้อดีของชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

1) ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองตามอัธยาศัยและความสามารถของแต่ละบุคคล

2) ช่วยแก้ปัญหาคาราคาเข่ง

3) ใช้สอนซ่อมเสริมให้กับนักเรียนที่เรียนไม่ทัน

4) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอ่าน

5) ช่วยไม่ให้เกิดความเบื่อหน่ายจากการเรียนที่ต้องทบทวนซ้ำซาก

- 6) สนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ไม่จำเป็นต้องเรียนพร้อมกัน
- 7) นักเรียนตอบผิดไม่มีผู้เยาะเย้ย
- 8) นักเรียนไม่ต้องคอยฟังสิ่งที่ครูสอน
- 9) ช่วยลดภาระของครูในการสอน
- 10) ช่วยประหยัดรายจ่ายอุปกรณ์นักเรียนที่มีจำนวนมาก
- 11) ผู้เรียนจะเรียนเมื่อใดก็ได้
- 12) การเรียนไม่จำกัดเรื่องเวลาและสถานที่

การจัดการเรียนการสอนตามวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2546, น. 219-220) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจในความสงสัยหรือจากความสนใจของนักเรียนเองจากการอภิปรายกลุ่มสนใจกำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความรู้เดิมที่โรงเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษากรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่จะศึกษาคูอะไรศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือกระตุ้นโดยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อนควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นคำถามทีู่กำลังสนใจเป็น เรื่องที่จะศึกษาร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาอย่างถ่องแท้มีการวางแผนกำหนดแนวทางสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือก ที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสารสนเทศปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตรวจสอบทำได้ หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนามการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์ จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) บางข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้วนำข้อมูลสารสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในโลก ต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง สร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้ตาม หลายทางเช่นสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ก็แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกันกับประเด็นที่ กำหนดไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นเพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ เรื่องราวต่าง ๆ ได้มาก็แสดงว่า ข้อจำกัดน้อยก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับและทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ชั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการ เรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ จากนั้นจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการนำความรู้แบบจำลองไปใช้อธิบายประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นจะนำไปสู่ข้อโต้แย้งข้อจำกัดขอให้ประเด็นคำถามปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไปทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ ซึ่งเรียกว่า Inquiry Cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งรู้เนื้อหาหลักและหลักการทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้เกิดความรู้พื้นฐานในการเรียนรู้

จากขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาจัดกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นสร้างความสนใจ 2. ขั้นสำรวจและค้นหา 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4. ขั้นขยายความรู้ 5. ขั้นประเมิน

กลวิธีการสอน

ศุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 47-61) ได้กล่าวถึง กลวิธีการสอนไว้ดังนี้

1. กลวิธีระดมสมอง (Brainstorming Method)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การระดมสมองเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นหรือให้ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาให้มากที่สุดโดยเสนอได้อย่างเสรีไม่มีการพากย์วิจารณ์ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เสนอมามีการบันทึกความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะทั้งหมดไว้หลังจากนั้นอาจจะจัดให้มีการอภิปรายทบทวนความคิดทั้งหมดจัดเป็นหมวดหมู่หรือประเภทและตัดสินใจเลือกวิธีที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

1) วัตถุประสงค์เพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเสรีมีแนวคิดใหม่มีแนวความคิดที่กว้างขวางและสามารถนำแนวความคิดเหล่านั้นไปสู่การตัดสินใจหรือการแก้ปัญหาได้ดี

2) องค์ประกอบสำคัญการจัดการเรียนรู้โดยใช้การระดมสมองมีองค์ประกอบสำคัญดังนี้

- 2.1) การแสดงความคิดเห็นอย่างเสรี
- 2.2) การจดบันทึกความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะทั้งหมด
- 2.3) การจัดหมวดหมู่หรือประเภทของความคิด

2.4) การตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีไปใช้แก้ปัญหา

3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การระดมสมองมีขั้นตอนสำคัญดังต่อไปนี้

3.1) ขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียนผู้สอนอธิบายประเด็นหัวข้อหรือเรื่องที่ผู้เรียนจะต้องระดมความคิดส่วนใหญ่เป็นเรื่องที่ท้าทาย หรือเรื่องที่กำลงอยู่ในความสนใจทั่วไปแล้วผู้สอนมักจะเริ่มคำถามนำด้วยว่า “เราจะสามารถ....ได้อย่างไร” เช่น “เราจะสามารถแก้ปัญหาขาบ้าได้อย่างไร” “เราจะสามารถแก้ปัญหการจราจรที่คับคั่งในขนาดนี้ได้อย่างไร” ข้อความดังกล่าวผู้สอนควรเขียนไว้บนกระดานเพื่อให้ผู้เรียนเห็นทุกคน

3.2) ระดมสมองเป็นการระดมความคิดจากผู้เรียนทุกคนให้มากที่สุดโดยผู้สอนจะเขียนความคิดผู้เรียนแต่ละคนเสนอมาทุกๆความคิดในขั้นนี้ยังไม่มีกรอบอธิบายว่าความคิดเห็นของผู้เรียนคนใดดีหรือไม่ดีเป็นไปไม่ได้หรือเป็นไปไม่ได้ขั้นนี้เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอความคิดได้อย่างอิสระบางครั้งอาจจะให้เขียนการนำเสนอโดยผู้สอนแจกลูกหินถ้าใครต้องการเสนอก็ให้โยนลูกหินแล้วนำเสนอ

3.3) การอภิปรายและคัดสรรหลังจากที่ได้ความคิดต่าง ๆ แล้วผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอว่าเป็นวิธีการที่ดีหรือไม่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้มากน้อยเพียงใดโดยผู้สอนอาจจะกำหนดเกณฑ์คร่าว ๆ ไว้ก่อนหลังจากที่ได้อธิบายและประเมินในกลุ่มเลือกความคิดที่เห็นว่าดีที่สุดมา 2-3 ความคิด ซึ่งในวิธีนี้นอกจากเป็นการอภิปรายแล้วยังเป็นการฝึกทักษะการยอมรับ

3.4) การจัดลำดับความคิดเมื่อได้ความคิดที่ดีที่ถูกแล้วกลุ่มนำความคิดที่ได้เลือกไว้ 2-3 ความคิด มาเขียนลงในกระดาษแผ่นกระดาษแล้วกลุ่มเรียกว่าความคิดใดมีความสำคัญที่สุดโดยการร่วมกันพิจารณาให้เหตุผลอาจจะใช้วิธีลงคะแนน โดยยกมือสำหรับความคิดใดที่ผู้เรียนให้ความสำคัญมากก็จัดเป็นลำดับที่ 1 ลดหลั่นลงมา

3.5) ขั้นวางแผนเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติในขั้นนี้ให้กลุ่มเปลี่ยนแผนในการนำเสนอความคิดนี้ไปใช้แทนนั้นจะต้องระบุหน้าที่ควบคุมรับผิดชอบของผู้เรียนแต่ละคนปฏิบัติการทำงานในขั้นตอนการทำงาน

2. กลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk)

1) แนวคิดกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้หรือ Gallery Walk เป็นกลวิธีที่ให้ผู้เรียนนำเสนอผลงานของกลุ่มในการศึกษาเรื่องเดียวกันภายหลังจากจบบทเรียนให้กลุ่มอื่นมาชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงานแสดงความคิดเห็นและอภิปรายภายในกลุ่มโดยเขียนเครื่องหมาย/หน้าข้อความที่มีความเห็นเหมือนกันและเขียนความคิดเห็นที่แตกต่างกันถ้าไม่แน่ใจในประเด็นที่เพื่อนำเสนอให้ใช้

เครื่องหมายคำว่ากลวิธีนี้ใช้เมื่อต้องการให้นักเรียนนำเสนอผลงานโดยทุกคนมีส่วนร่วมกลวิธีนี้ช่วยฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ การตั้งคำถาม การตอบคำถาม การสื่อสารและการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2) วิธีการ

- 2.1) การแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน
- 2.2) ให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมอภิปรายและสรุปความคิดเห็นของกลุ่มเขียนลงในกระดาษโปสเตอร์แล้วนำไปติดไว้ที่ผนังระยะห่างกันพอสมควร
- 2.3) แจกปากกาสีแต่ละกลุ่มอธิบายวิธีการเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงานของกลุ่มอื่น
- 2.4) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มยืนตรงโปสเตอร์ของตัวเอง
- 2.5) ให้สัญญาณนักเรียนแต่ละกลุ่มเดินไปหยุดที่โปสเตอร์ของกลุ่มถัดไป ศึกษาผลงานอภิปรายและสรุปความคิดเห็นถ้าเห็นแล้วในประเด็นใดให้เขียนเครื่องหมาย/หน้าประเด็นนั้นถ้าไม่เห็นด้วยในประเด็นใดให้เขียนข้อความของตนเองลงไปถ้าไม่แน่ใจในประเด็นใดให้เขียนเครื่องหมายคำถาม
- 2.6) ให้นักเรียนทำกิจกรรมเช่นเดินจนครบทุกโปสเตอร์หรือ 23 โปสเตอร์ตามเวลาที่มีคำอธิบายทั้งชั้น โดยครูจะเป็นผู้นำในการสรุปความคิดเห็นของห้อง

3. คิดเดี่ยว : คิดคู่ : แลกเปลี่ยนความคิด

คาแกน (Kagan อ้างถึงใน พิมพ์พันธ์์ เศษะคุปต์, 2541, น. 41 - 44) กล่าวถึงกลวิธีคิดเดี่ยวคิดคู่แลกเปลี่ยนความคิด (Think - Pair - Share) ไว้ดังนี้

1) แนวคิดกลวิธีคิดเดี่ยวคิดคู่แลกเปลี่ยนความคิดเป็นกลวิธีหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ (Cooperation Learning) มีวัตถุประสงค์ให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการคิด โดยให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิดด้วยตนเองและแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนเป็นคู่แบ่งปันในกลุ่มของตนและนำมาแบ่งปันให้เกิดการเรียนรู้ในกลุ่มใหญ่โดยเริ่มจากให้นักเรียนคิดเป็นรายบุคคลแล้วนักเรียนจับคู่กันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของกันและกันต่อไปอาจขยายขนาดกลุ่มโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพิ่มขึ้นทีละคู่ตอนสุดท้ายจะต้องให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นร่วมกันทั้งห้องเรียนกลวิธีนี้ใช้เมื่อต้องการให้นักเรียนฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์คิดอย่างมีเหตุผลทักษะการสื่อสารการแสดงออกและการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2) วิธีการกลวิธีคิดเดี่ยวคิดคู่แลกเปลี่ยนความคิดควรใช้ตอนเริ่มต้นบทเรียนเพื่อดึงความรู้เดิมของนักเรียนใช้หลังจากนักเรียนได้ข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบแล้วเพราะข้อมูล และนำเสนอข้อมูลและใช้ในตอนสรุปบทเรียนมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

- 2.1) ให้นักเรียนแต่ละคนคิดในประเด็นที่ครูกำหนดให้บันทึกไว้
- 2.2) ให้นักเรียนปรับคู่กับเพื่อนช่วยกันคิดบันทึกไว้ฝั่งความคิด
- 2.3) นักเรียน 2 คู่ (4 คน) รวมกลุ่มร่วมกันคิดแบ่งปันและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ในกลุ่ม

- 2.4) ร่วมกันอภิปรายสรุปความคิดเห็นของนักเรียนทั้งชั้น

4. กลวิธีจิ๊กซอว์ (Jigsaw)

วิธีสอนแบบจิ๊กซอว์เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ รูปแบบหนึ่งมีวิธีการหลัก ๆ ได้แก่ การจัดกลุ่ม การศึกษาเนื้อหาสาระ การทดสอบการคิดคะแนน และระบบการให้รางวัล เพื่อสนองวัตถุประสงค์เฉพาะใช้หลักการเรียนรู้แบบร่วมมือ 5 ประการ และมีวัตถุประสงค์มุ่งตรงไปในทิศทางเดียวกันคือเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเรื่องศึกษาอย่างมากที่สุดโดยอาศัยการร่วมมือกันช่วยเหลือกันและแลกเปลี่ยนความรู้กันระหว่างกลุ่มผู้เรียน ด้วยกันความแตกต่างของรูปแบบแต่ละรูปแบบอยู่ที่เทคนิคในการศึกษาเนื้อหาสาระและวิธีการเสริมแรงและการให้รางวัลประการสำคัญ

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบจิ๊กซอว์มีกระบวนการดังนี้ (ทศนา เขมมณี, 2551, น. 134)

- 1) จัดผู้เรียนเข้ากลุ่มรับความสามารถ (เก่ง-กลาง-อ่อน) กลุ่มละ 4 คน และเรียกกลุ่มนี้ว่า กลุ่มบ้านของเรา (Home Group)
- 2) สมาชิกในกลุ่มได้รับมอบหมายให้ศึกษาเนื้อหาสาระคนละ 1 ส่วน (เปรียบเสมือนได้ชิ้นส่วนของภาพติดต่อกันคนละ 1 ชิ้น) และหาคำตอบในประเด็นปัญหาที่ผู้สอนมอบหมายให้
- 3) สมาชิกในกลุ่มของเราแยกย้ายกับสมาชิกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Cxpert Group) ขึ้นมาและร่วมกันทำความเข้าใจในเนื้อหาสาระนั้นอย่างละเอียดและร่วมกันอภิปรายหาคำตอบประเด็นที่ผู้สอนมอบหมายให้
- 4) สมาชิกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญกลับไปสู่กลุ่มของเรา แต่ละกลุ่มสอนเพื่อนในกลุ่มให้เข้าใจสาระที่ตนได้ศึกษาร่วมกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเช่นนี้สมาชิกทุกคนก็จะได้เรียนรู้ภาพรวมของสาระทั้งหมด
- 5) ผู้เรียนทุกคนทำแบบทดสอบแต่ละคนจะได้คะแนนเป็นรายบุคคลและนำคะแนนของทุกคนในกลุ่มมารวมกัน (หรือหาค่าเฉลี่ย) เป็นคะแนนกลุ่มกลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุดได้รับรางวัล

การคิดวิเคราะห์

1. ความหมายของการคิดวิเคราะห์

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้ให้ความหมายของคำว่า “คิด” หมายถึงทำให้ปรากฏเป็นรูปหรือประกอบให้เป็นรูปหรือเป็นเรื่องขึ้นในใจ ใคร่ครวญ ไตร่ตรอง คาคะเน คำถาม มุ่งมั่น จงใจตั้งใจ นึก และให้ความหมายของคำว่า “วิเคราะห์” หมายถึงออกเป็น ส่วน ๆ ศึกษาให้ถ่องแท้

สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 9) ความหมายการคิดวิเคราะห์หมายถึงความสามารถในการ จำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งอาจเป็นวัตถุดิบของหรือเหตุการณ์ ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นค้นหาสภาพความเป็นจริงสิ่งสำคัญของสิ่งที่ กำหนดให้

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2549, น. 2) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึงการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นส่วนส่วนกันหาว่า ทำมาจากอะไรประกอบขึ้นมาได้อย่างไร เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร

มาร์ซาโน (Marzano อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2552, น. 14) การหาความหมาย การคิดวิเคราะห์ว่า การคิดวิเคราะห์ (Analysis) ตามแนวคิดใหม่นี้เป็นความสามารถในการใช้ เหตุผล และความละเอียดถี่ถ้วนในการจำแนกแยกแยะสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ 1. การจำแนก 2. การจัดหมวดหมู่ 3. การวิเคราะห์ข้อเหตุผล 4. การประยุกต์ใช้ และ 5. การทำนาย

บลูม (Bloom อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553, น. 68) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย อะไรสำคัญอย่างไรอะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และเป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

กู๊ด (Good อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553, น. 68) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่าหมายถึงการคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิงข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและใช้กระบวนการตรรกวิทยา ได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

จากความหมายของการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ความสามารถในการ ใช้เหตุผลและความละเอียดถี่ถ้วนในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่ง อาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ ของเหตุการณ์เรื่องราวหรือหาต่าง ๆ ประกอบด้วยอะไร มีสาระสำคัญ อย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผลและเป็นอย่างนั้น อาศัยหลักการอะไร ทำมาจากอะไร ประกอบ ขึ้นมาได้อย่างไร เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมิน

และมีหลักฐานอ้างอิง เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและกระบวนการตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้องสมเหตุสมผล

2. แนวคิดและทฤษฎีของทักษะการคิดวิเคราะห์

บลูม (Bloom อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2552, น. 16 - 19) ได้กล่าวถึงทักษะการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยทักษะสำคัญ 3 ด้าน ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์หรือเนื้อหาของสิ่งต่าง ๆ (Analysis of Element) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่าสิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด ประกอบด้วย

1.1) เพราะเป็นการนักเรียนไทยว่าอย่างนั้นเหตุการณ์นั้น ๆ จัดเป็นชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด เช่น ทำดีได้ดีทำชั่วได้ชั่ว

1.2) วิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญ สิ่งใดไม่สำคัญเป็นการค้นคว้าหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อย ของสิ่งต่าง ๆ

1.3) วิเคราะห์เสถียร เป็นการมุ่งเน้นสิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้น หรืออยู่เบื้องหลังจากที่เห็น ซึ่งมีได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความเป็นจริงซ่อนเร้นอยู่

2) การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) แวนดาค้นคว้าหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่ามีอะไรสัมพันธ์กันสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไรอย่างน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ได้แก่

2.1) วิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ เช่น

2.1.1) หมูให้คิดว่าเป็นความสัมพันธ์แบบใดมีสิ่งใดสอดคล้องกันหรือไม่ สอดคล้องกันเกี่ยวข้องกับสิ่งใดไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้

2.1.2) มีข้อความใดมีสิ่งใดไม่สมเหตุสมผลเพราะอะไร

2.1.3) ถ้ากล่าวเอาสนุกการตัดสินใจอย่างไร

2.1.4) ภาพที่ 1 คู่กับภาพที่ 2 ภาพที่ 3 คู่กับภาพใด

2.1.5) สองสิ่งนี้เหมือนกันหรือไม่

2.2) วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ เช่น

2.2.1) สิ่งใดเกี่ยวข้องมากที่สุดเกี่ยวข้องที่สุด

2.2.2) สัมพันธ์กับสถานการณ์ หรือเรื่องราวมากที่สุด

2.2.3) การเรียงลำดับมากน้อยของสิ่งของต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3) การวิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ เช่น

2.3.1) นำเกิดสิ่งนี้แล้วเกิดผลลัพธ์อะไรตามมาบ้างตามลำดับ

2.3.2) ลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์วงจรของสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น
ตามลำดับขั้นตอน

2.4) วิเคราะห์จุดประสงค์และวิธีการ เช่น

2.4.1) การกระทำแบบนี้เพื่ออะไรการทำงานถูกต้องบาตร (สุขใจ)

2.4.2) เมื่อทานอย่างนี้แล้วจะเกิดผลสัมฤทธิ์อะไรออกกำลังกายทุกวัน
(แข็งแรง)

2.4.3) ทำอย่างนี้มีเป้าหมายอะไรจุดมุ่งหมายอะไร

2.5) วิเคราะห์สาเหตุและผล เช่น

2.5.1) สิ่งใดเป็นสาเหตุของเรื่องนี้

2.5.2) หากไม่ทำอย่างนี้ ผลจะเป็นอย่างไร

2.5.3) หากทำอย่างนี้ ผลจะเป็นอย่างไร

2.5.4) ข้อความใดเป็นเหตุผลแก่กัน หรือขัดแย้งกัน

2.6) วิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย เช่น

2.6.1) บินเร็วเหมือนนก

2.6.2) ซ่อนคู่ส้อม ประตู่จะคู่กับอะไร

3) การคิดวิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of Organizational Principles) หมายถึง การค้นหาโครงสร้างระบบ เรื่องราวของสิ่งและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ได้ในสภาพ เช่นนั้น เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไร หรือยึดถือคติใด มี สิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยงการคิดวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุดการ วิเคราะห์เชิงหลักการได้ดีย่อมต้องมีความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ได้ดีเสียก่อน เพราะผลจากความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ ความสัมพันธ์จะทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการได้ ประกอบด้วย

3.1) วิเคราะห์โครงสร้าง เป็นการค้นหาโครงสร้างของสิ่งต่างๆ เช่น

3.1.1) การทำวิชาอะไรมีกระบวนการทำงานอย่างไร

3.1.2) สิ่งนี้บ่งบอกความคิดหรือเจตนาอะไร

3.2) วิเคราะห์เชิงหลักการ เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปเป็นคำตอบหลักได้

3.2.1) หลักการของเรื่องนี้มีว่าอย่างไร

3.2.2) หลักการในการสอนของครูควรเป็นอย่างไร

มาร์ซาโน (Marzano อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2552, น. 21-26) ได้กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์เป็นกิจกรรมเหตุผลเป็นการคิดอย่างลุ่มลึกและหลากหลาย การพิจารณาข้อมูลอย่างละเอียดถี่ถ้วนแยกด้านและมีเหตุผลสามารถระบุความเหมือนความแตกต่างระหว่างสิ่งต่าง ๆ ได้ สามารถจัดอันดับและจัดประเภทของความรู้และการจัดหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ ได้ระบุว่าผิดพลาดในการนำเสนอข้อมูลของสิ่งต่าง ๆ และบอกเหตุผลได้สามารถตีความ บอกหลักพื้นฐานของความรู้ นั้นได้สามารถระบุเจาะจงหรือสรุปอย่างมีเหตุผลในความรู้นั้นได้จนกระทั่งสามารถสรุปเป็นความรู้ใหม่ได้ ประกอบด้วยความสามารถ 5 ด้าน ได้แก่

1) ด้านการสังเกตและการจำแนก (Matching) หมายถึงความสามารถในการสังเกตและการจำแนกแยกแยะรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เหมือนกันและต่างกันออกเป็นแต่ละส่วนเข้าใจง่ายอย่างมีหลักสามารถเปรียบเทียบและระบุตัวอย่างหลักฐาน ลักษณะความเหมือนความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะเชื่อมโยงไปสู่ความสามารถในการจับคู่และการจัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ ทั้งรูปร่างลักษณะแหล่งกำเนิดได้

2) ด้านการจัดกลุ่ม (Classification) หมายถึงความสามารถในการประมวลความ พร้อมจัดจัดลำดับและจัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ สามารถหาคุณลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งของที่เหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันออกเป็นพวกเป็นกลุ่มได้อย่างความหมายมีหลักการและมีหลัก

3) ด้านการคิดวิเคราะห์เหตุผล (Error Analysis) หมายถึงการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด โดยใช้เหตุผลตามข้อมูลนั้น ๆ ในการอธิบายความสัมพันธ์และความไม่สัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ การระบุข้อมูลสิ่งที่ไม่ถูกต้องไม่สมเหตุสมผล สิ่งที่เกิดผิดปกติแตกต่างออกไปจากที่ควรจะเป็นการพัฒนาความสามารถในด้านนี้จะเกิดขึ้นได้ควรให้มีการโต้แย้ง ถกเถียงกันโดยใช้เหตุผล

4) ด้านการนำไปใช้ (Generalizing) หมายถึงความสามารถในการนำความรู้เดิมที่มีใบสรุปเป็นหลักการใหม่ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน โดยทั่วไปจะเป็นการให้เหตุผลแบบอุปนัย

5) ด้านการทำนาย (Specifying) หมายถึงความสามารถในการนำความรู้หรือหลักการที่มีอยู่แล้วไปใช้การประมาณและการทำนายสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างจำเพาะเจาะจงเข้าใจเหตุการณ์มีความรู้สามารถในการระบุรายละเอียดในเหตุการณ์นั้นและปรับเปลี่ยนวิธีการให้เหมาะสมกับสิ่งที่อาจเกิดขึ้นต่อไปได้โดยทั่วไปเป็นการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

จากแนวคิดของนักการศึกษาเข้าต้นสรุปได้ว่าการคิดค้นพบเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้เหตุผล เป็นการคิดอย่างลุ่มลึก หลากหลายมีการคิดพิจารณาข้อมูลอย่างละเอียดถี่ถ้วนรอบด้านและเหตุผลเพื่อสรุปและตัดสินใจและนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างสมเหตุสมผล

3. ความสำคัญของการคิดวิเคราะห์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2547, น. 1) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดเชิงวิเคราะห์ว่าการคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานให้กับความคิดในมิติอื่น ๆ ดังนี้

1) การคิดเชิงวิเคราะห์ทำหน้าที่เป็นตัวหลักในการคิดมิติอื่น ไม่ว่าจะเป็นการคิดเชิงวิพากษ์ การคิดเชิงสร้างสรรค์การคิดเชิงกลยุทธ์การคิดเชิงบูรณาการอนาคตเป็นต้นวิเคราะห์วิเคราะห์จะช่วยให้เกิดมุมมองและครบถ้วนในเรื่องนั้นอันจะนำไปสู่การตัดสินใจและการแก้ปัญหาได้บรรลุวัตถุประสงค์การคิด

2) ช่วยในการแก้ปัญหาการคิดเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ และการทำความเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อพบปัญหาใด ๆ จะสามารถวิเคราะห์ปัญหานั้นได้ว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้างเพราะเหตุใดเป็นเช่นนั้นจึงจะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงกับประเด็นของปัญหานั้น

3) การช่วยในการประเมินการตัดสินใจการคิดเชิงวิเคราะห์ช่วยให้มองเห็นโอกาสความเป็นไปได้ของสิ่งที่ยังไม่เกิดขึ้นช่วยให้เกิดการคาดการณ์ในอนาคตและหากปฏิบัติตามนั้นโอกาสความสำเร็จย่อมมีความเป็นไปได้

4) ช่วยให้ความคิดสร้างสรรค์สมเหตุสมผลการคิดเชิงวิเคราะห์ช่วยให้การคิดต่าง ๆ อยู่บนรากฐานของตรรกะและความน่าจะเป็นไปได้อย่างมีเหตุมีผลมีหลักเกณฑ์ส่งผลให้เมื่อคิดจินตนาการหรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ จะได้รับการตรวจสอบว่าความคิดใหม่นั้นใช้ได้จริงหรือไม่

5) ช่วยให้เข้าใจแจ่มกระจ่างการคิดเชิงวิเคราะห์ช่วยให้เราประเมินและสรุปผลสิ่งต่าง ๆ ไปตามข้อเท็จจริงที่ปรากฏไม่ใช่สรุปตามอารมณ์ความรู้สึกทำให้เรารับรู้ข้อมูลที่เป็นจริงซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจที่สำคัญยังช่วยให้เราเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้เข้าใจถ่องแท้มากขึ้นเพราะการคิดเชิงวิเคราะห์ทำให้สิ่งที่คลุมเครือเกิดความกระจ่างมากขึ้น

สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 39) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า

1) ช่วยให้เราเข้าใจข้อเท็จจริงรู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้นเข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ต่าง ๆ รู้ว่าเรื่องนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้างทำให้เราได้ข้อเท็จจริงที่เป็นความรู้ในการนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาการประเมินและการตัดสินใจเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

2) ช่วยให้เราสมเหตุสมผลขอข้อมูลที่ปรากฏและไม่ด่วนสรุปตามอารมณ์ความรู้สึกหรืออคติแต่สืบค้นตามหลักเหตุผลและข้อมูลที่เป็นจริง

3) ช่วยให้เราไม่ด่วนสรุปสิ่งใดง่าย ๆ แต่สื่อสารตามความเป็นจริงขนาดเดียวกัน จะช่วยให้เราไม่หลงเชื่อข้ออ้างที่เกิดจากตัวอย่างเพียงอย่างเดียวแต่พิจารณาเหตุผลและปัจจัยเฉพาะในแต่ละกรณีได้

4) ช่วยให้การพิจารณาสาระสำคัญอื่น ๆ ที่ถูกบิดเบือนไปจากความประทับใจในครั้งแรกทำให้เรามองอย่างครบถ้วนในแง่มุมอื่น ๆ ที่มีอยู่

5) ช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต การหาความแตกต่างของสิ่งที่ปรากฏตามความสมเหตุสมผลของสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตัดสินใจสรุปสิ่งใดลงไป

6) ช่วยให้เราหาสาเหตุที่สมเหตุสมผลให้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้นโดยไม่ฟังเพลงอคติที่เกาะตัวอยู่ในความทรงจำทำให้เราสามารถประเมินสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างสมจริง

7) ช่วยประเมินการณความน่าจะเป็นโดยสามารถใช้ข้อมูลพื้นฐานที่เรามีวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ของสถานการณ์ ณ เวลานั้นจะช่วยให้เราคาดการณ์ความน่าจะเป็นได้สมเหตุสมผลมากกว่า

จากแนวคิดของนักการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่าการคิดวิเคราะห์มีความสำคัญและมีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้และผู้เรียนเพราะสภาพทางสังคมในยุคปัจจุบันที่ล้อมรอบตัวเราอยู่มีสิ่งต่าง ๆ ที่มีการวิวัฒนาการขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในด้านบวกและด้านลบผู้เรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้การวิเคราะห์คิดสังเคราะห์สิ่งต่าง ๆ รอบตัวและเลือกที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อตนเองและสังคม

4. องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2547, น. 26) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการเป็นผู้มีความคิดวิเคราะห์ลงไปอีกว่าองค์ประกอบของความคิดเชิงวิเคราะห์สามารถแจกแจงได้ดังนี้

1) ความสามารถในการตีความเราจะไม่สามารถวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ได้ หากไม่เริ่มต้นด้วยความเข้าใจข้อมูลที่ปรากฏเริ่มแรกเราจึงจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลที่ได้รับ จากอะไร เป็นอะไร ด้วยการตีความการตีความหมายถึงการพยายามทำความเข้าใจและให้เหตุผลแก่สิ่งที่เราจะวิเคราะห์ เพื่อแปลความหมายที่ไม่ปรากฏโดยตรงสิ่งนั้นเป็นการสร้างความเข้าใจต่อสิ่งที่ต้องการจะวิเคราะห์โดยสิ่งนั้นไม่ได้ปรากฏโดยตรงคือบวข้อมูลไม่ได้บอกโดยตรงแต่เป็นการสร้างความเข้าใจที่เกินกว่าสิ่งที่ปรากฏอันเป็นการสร้างความเข้าใจบนพื้นฐานของสิ่งที่ปรากฏในข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ที่แต่ละคนมาใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินใจย่อยแตกต่างกันไปตามความรู้ประสบการณ์และค่านิยมแต่ละบุคคลเช่นการตีความจากความรู้ การตีความจากประสบการณ์ การตีความจากการเขียน

2) ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์เราจะวิเคราะห์ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องนั้น ๆ เพราะความรู้จะช่วยให้สามารถกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์ที่แจ่มแจ้งและจำแนกได้ว่าเรื่องนั้นเกี่ยวข้องกับอะไร มีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง มีที่หมวดหมู่ จัดลำดับความสำคัญอย่างไร การวิเคราะห์ของเราในเรื่องนั้น ๆ จะไม่สมเหตุสมผล หากเราไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น เราจำเป็นต้องใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเข้ามาเป็นองค์ประกอบในการคิด ถ้าเราขาดความรู้เราอาจไม่สามารถวิเคราะห์หาเหตุผลได้ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

3) ความช่างสังเกต ช่างสังเกต และช่างถามนักคิดวิเคราะห์จะต้องมีองค์ประกอบนี้รวมอยู่ด้วยคือต้องเป็นคนที่ช่างสังเกต สามารถค้นพบความผิดปกติท่ามกลางสิ่งที่ดูอย่างผิวเผินเหมือนไม่มีอะไรเกิดขึ้นต้องเป็นคนช่างสงสัย เมื่อเห็นความผิดปกติแล้วไม่ละเลยไปแต่หยุดพิจารณาคิดไตร่ตรองและต้องเป็นคนช่างถามชอบตั้งคำถามกับตัวเองและรอบข้างกับสิ่งที่เกิดขึ้น

4) ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล นักคิดเชิงวิเคราะห์จะต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการใช้เหตุผล จำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดเป็นความจริง สิ่งใดเป็นความเท็จสิ่งใดมีองค์ประกอบรายละเอียดเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร

ศุวิทย์ มูลคำ (2549, น. 53) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดไว้ดังนี้

1) สิ่งเร้าเป็นสื่อและองค์ประกอบแรกที่เป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลเกิดการรับรู้ สิ่งเร้าทำให้เกิดปัญหา ความสงสัยหรือความขัดแย้งจะก่อให้เกิดการคิด อาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ ภาพเสียง ข้อมูล สัญลักษณ์ กิจกรรมหรือสถานการณ์

2) การรับรู้บุคคลสามารถรับรู้ได้โดยประสาททั้ง 5 คือ หู ตา จมูก ลิ้นและผิวหนัง ระดับการรับรู้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของสิ่งเร้าและความสามารถรับรู้ของแต่ละบุคคล เมื่อรับรู้แล้วเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยที่จะกระตุ้นให้เกิดการคิด

3) จุดมุ่งหมายของการคิดผู้คิดจะต้องมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอนในการคิดแต่ละครั้ง ว่าต้องการเหตุผลเพื่ออะไร เช่น เพื่อแก้ปัญหา ตัดสินใจ หรือสร้างสิ่งใหม่ ๆ เป็นต้นจะช่วยให้เลือกใช้วิธีคิดได้ถูกต้องและได้ผลตรงกับความต้องการ

4) วิธีคิดการคิดแต่ละครั้งจะต้องเลือกวิธีที่ตรงกับจุดมุ่งหมายในการคิดนั้น ๆ เช่นคิดเพื่อตัดสินใจควรใช้วิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณคิดแก้ปัญหาควรใช้วิธีคิดแบบแก้ปัญหา

5) ข้อมูลหรือเนื้อหาข้อมูลหรือเนื้อหาจะใช้ประกอบความคิดใดอาจจะเป็นความรู้ หรือประสบการณ์เดิม หรือข้อมูลความรู้ใหม่ที่ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมซึ่ง ดร.โกวิท วรพิพัฒน์ เสนอว่า การคิดแต่ละครั้งควรประกอบด้วยข้อมูล 3 ด้าน คือ ข้อมูลตนเอง ข้อมูลสิ่งหรือสิ่งแวดล้อม และข้อมูลทางวิชาการ

6) ผลของการคิดเป็นผลที่ได้จากการปฏิบัติงานทางสมองหรือกระบวนการคิดของสมอง

จากแนวคิดของนักการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์เป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ได้คือความรู้สึกซึ่งหรือรู้จริงในเรื่องนั้น ๆ เพราะถ้าผู้เรียนมีความรู้สึกซึ่งแม่นยำในเรื่องนั้นย่อมสามารถนำความรู้ที่มีใบประกอบการวิเคราะห์แยกแยะเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับความหมายของคำว่า ความพึงพอใจ ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายโดยละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความหมายของความพึงพอใจ (Satisfaction)

ความพึงพอใจเป็นคำที่มีความหมายที่หลากหลาย ดังนี้

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542, น. 557-558) ให้ความหมายของคำว่าพอใจ ว่า “สนใจ ชอบใจ” และความหมายของคำ พึงใจ ว่า “พอใจ ชอบใจ”

สกลใจ วิบูลกิจ (2544, น. 42) กล่าวว่าความพึงพอใจหมายถึงสภาพของอารมณ์บุคคลที่มีองค์ประกอบของงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของบุคคลนั้น ๆ

สามารถสรุปได้ว่าความพึงพอใจคือความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งต่าง ๆ ในทางบวก และเป็นความรู้สึกสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเวลาหรือสถานการณ์เปลี่ยนไปดังนั้นความพึงพอใจในการเรียนรู้ซึ่งหมายถึงความรู้สึกต่อใจที่มีต่อการร่วมปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนจนบรรลุผลหรือเป้าหมายในการเรียนรู้

2. ทฤษฎีความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ เป็นความรู้ที่บุคคลมีต่อสิ่งที่ได้รับประสบการณ์ และแสดงออกหรือมีพฤติกรรมตอบสนองในลักษณะแตกต่างกันไปความพึงพอใจต่อสิ่งต่าง ๆ นั้น จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงจูงใจการสร้างแรงจูงใจ หรือกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจกับผู้ปฏิบัติงานจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้งานหรือสิ่งที่ทำนั้นประสบความสำเร็จการศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจเป็นการศึกษาตามทฤษฎีทางพฤติกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวกับความต้องการของมนุษย์ดังนี้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช (2540, น. 139-144) กล่าวถึง ทฤษฎีการจูงใจของนักการศึกษาต่าง ๆ ดังนี้

1) ทฤษฎีแรงจูงใจ ERG ของ แอลเดอร์ เฟอร์ (Alderfer) กล่าวว่า ความต้องการของมนุษย์แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1) ความต้องการเพื่อดำรงชีวิตเป็นความต้องการทางร่างกายและปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต

1.2) ความต้องการทางด้านความสัมพันธ์เป็นความต้องการที่จะมีความสัมพันธ์กับผู้อื่นเช่นสมาชิกในครอบครัว เพื่อนฝูงเพื่อนร่วมงานและคนที่ต้องการจะมีความสัมพันธ์ด้วย

1.3) ความต้องการความเจริญก้าวหน้าเป็นความต้องการที่พัฒนาตนเองตามศักยภาพสูงสุด

2) ทฤษฎีการจูงใจของ แม็คคลีแลนด์ (McClelland) เชื่อว่าความต้องการจากการเรียนรู้จากการมีประสบการณ์และการมีอิทธิพลต่อการรับรู้สถานการณ์และแรงจูงใจไปสู่เป้าหมาย โดยแบ่งความต้องการออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1) ความต้องการการสัมฤทธิ์ผลเป็นพฤติกรรมที่จะทำการใด ๆ ให้เป็นผลสำเร็จเป็นแรงขับที่นำไปสู่ความเป็นเลิศ

2.2) ความต้องการสัมพันธ์เป็นความต้องการที่จะสร้างมิตรภาพและความสัมพันธ์อันดีกับผู้อื่น

2.3) ความต้องการอำนาจเป็นความต้องการควบคุมผู้มีอิทธิพลต่อผู้อื่น และต้องการควบคุมผู้อื่น

การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำงานที่ได้มอบหมายหรือที่ต้องการปฏิบัติให้บรรลุตามจุดประสงค์ของครูผู้สอนจึงต้องคำนึงถึงความพึงพอใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติตามมีแนวคิดพื้นฐานที่ต่างกัน (สุภศิริ โสมาเกต, 2544, น. 53) ดังนี้

1) ความพึงพอใจนำไปสู่การปฏิบัติงานการตอบสนองความต้องการของผู้ปฏิบัติงานจึงเกิดความพึงพอใจจะทำให้เกิดแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าผู้ที่ไม่รับการตอบสนอง

2) ผลการปฏิบัติงานนำไปสู่ความพึงพอใจความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและผลการปฏิบัติงานจะถูกเชื่อมโยงโดยปัจจัยอื่น ๆ ผลการปฏิบัติงานที่ดีจะนำไปสู่ผลตอบแทนที่เหมาะสมซึ่งในที่สุดจะนำไปสู่การตอบสนองความพึงพอใจผลการปฏิบัติงานย่อมได้รับการตอบสนองในรูปของรางวัลหรือผลตอบแทนซึ่งแบ่งออกเป็นผลตอบแทนภายในและผลตอบแทนภายนอก

แนวคิดพื้นฐาน ดังกล่าวเมื่อนำมาปรับใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนครูผู้สอนจึงต้องมีบทบาทสำคัญในการจัดกิจกรรมวิธีการซื้ออุปกรณ์ที่เอื้อต่อการเรียนรู้เพื่อตอบสนองความพึงพอใจให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนจบบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนในแต่ละครั้งโดยให้ผู้เรียนได้รับผลตอบแทนจากการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง โดยเฉพาะผลตอบแทนภายในหรือรางวัลภายในที่เป็นความรู้สึกของผู้เรียนเช่นความรู้สึกสำเร็จของตนเมื่อสามารถเอาชนะความยุ่งยากต่าง ๆ ได้ทำให้เกิดความภูมิใจความมั่นใจโดยครูอาจเป็นผลตอบแทนภายนอกเช่นคำชมเชยหรือการให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับที่น่าพึงพอใจความพึงพอใจในการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์กันในทางบวกคือเกิดความพึงพอใจจะเกิดผลที่ดีต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ดีหรือที่น่าพอใจทำให้เกิดความพึงพอใจกิจกรรมที่จัดจึงควรคำนึงถึงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดแรงจูงใจจนเกิดเป็นความพึงพอใจในการเรียนรู้

สรุปได้ว่าครูต้องเข้าใจความต้องการของนักเรียนในชั้นเรียนเป็นอันดับแรก และครูจึงค่อยจัดสิ่งตอบสนองความต้องการนั้น ๆ เมื่อนักเรียนได้รับสิ่งที่ต้องการนักเรียนเกิดความพึงพอใจไม่ว่าจะเป็นพึงพอใจต่อวิชาที่เรียนรูปแบบวิธีการสอนหรือกิจกรรมการเรียนรู้อื่น ๆ ผลที่ตามมาคือ การประสบผลสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนคือสามารถที่จะพัฒนานักเรียนให้มีศักยภาพเป็นคนดี เก่ง และมีความสุข สามารถที่จะอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

รัชฎา เทียนทอง (2553) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารในชีวิตประจำวันโดยใช้ชุดฝึกกิจกรรมวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า (1) ชุดฝึกกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 85.64/83.04 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนโดยชุดฝึกกิจกรรมวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 (3) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนโดยชุดฝึกกิจกรรมวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 (4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียน โดยใช้ชุดฝึกกิจกรรมวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับมาก

จิตาภรณ์ พันธุ์ศรี (2549) พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 นำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผลการศึกษาพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมในระดับมากและมีประสิทธิภาพ 81.73/77.28 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ไพรัช หลงมีวงศ์ (2550) ได้ทำการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการ ดำรงชีวิตของสัตว์โดยใช้การเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5E กลับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 33 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ดัชนี ประสิทธิภาพผลของแผนจัดการเรียนรู้และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยแผนการ จัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5E ผลการศึกษาพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 51.61 และนักเรียนมีเจตคติ เชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เพชรรัตดา เทพพิทักษ์ (2545) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยี ที่ มีความเหมาะสมเพื่อการทำโครงการวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลอง เฉลี่ยร้อยละ 95.50 2) ผู้เรียนมี ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 95.00 และ 3) ผู้เรียนมีความตระหนัก ต่อเทคโนโลยีในระดับมาก

เยาวภา ทองหนา (2550) ศึกษาเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียน มีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 72.02 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการ เรียนรู้โดยรวม และเป็นรายด้าน ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านสาระการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัด และประเมินผลอยู่ในระดับมาก

กนกวรรณ สกัพันธ์ (2551) ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 จากผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากและประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เท่ากับ 79.11/75.16 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง กว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

รุ่งนภา เบญมาศย์ (2551) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด

กิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการ ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จิรวรรณ ขุริรัง (2553) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างน้อยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างน้อยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กุลฤดี รัศมีสวัสดิ์ (2555) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และการสอนแบบปกติ และเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนบ้านท่ามิหรำ สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดพัทลุง จำนวน 2 ห้องเรียน นักเรียน 76 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม ต่อมาใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยวิธีการจับฉลากห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ กับแบบการสอนแบบปกติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าที่ คือ t-test for Independent Samples และ t-test for Dependent Samples ผลการวิจัยพบว่า 1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ และการสอนแบบปกติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกด้าน

1) ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ และการสอนแบบปกติหลังเรียน

สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์แต่ละด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกด้าน

2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละด้านของการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีคะแนนสูงกว่าการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกด้าน

3) ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกด้าน

ประถมพร โคตา (2554) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการเขียนแผนผังมโนทัศน์ ผลการวิเคราะห์ พบว่า

1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้การเขียนผังมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการเขียนผังมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้การเขียนผังมโนมโนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการเขียนผังมโนมโนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. งานวิจัยต่างประเทศ

บาร์เน็ต (Barnett, 2003, pp. 2031-A) ศึกษามาตรฐานวิทยาศาสตร์ระดับชาติและระดับรัฐในปัจจุบันที่เน้นการสืบเสาะหาซึ่งเป็นยุทธวิธีการสอนวิทยาศาสตร์มาตรฐานเหล่านี้ไม่ได้กำหนดวิธีที่สร้างการสืบเสาะหาภายในเนื้อหาที่ใช้สอนในห้องเรียนยิ่งไปกว่านั้นครูจำนวนมากเป็นผู้ตัดสินใจอย่างชาญฉลาดซึ่งเป็นผู้ที่รับรู้และกำหนดวิธีการสืบเสาะหาและไม่ได้มีความสงสัยที่จะนำเอาวิธีการสืบเสาะหาความรู้ไปใช้เพราะรู้ว่ามิใช่ประโยชน์มากที่สุดต่อนักเรียนการศึกษาครั้งนี้เป็นการพิจารณาถึงแนวคิดด้านการสืบเสาะหาความรู้ของครู 2 คน ที่จะเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเวลานานขึ้นและการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะเกี่ยวพันกันอย่างไรและครูเหล่านี้จะผ่านพ้นความยากลำบากอย่างไรรูปแบบของการวิจัยธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำมาใช้สำหรับเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าแนวความคิดของครูต่อการสืบเสาะหา มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อเวลานานขึ้นและไม่พบว่าเหตุการณ์และขั้นของการคิดวิเคราะห์นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งในการสอนเนื้อหาของครู

กิลส์ (Giles, 1975) วิจัยเรื่องคุณค่าของชุดการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้ในระดับประถมศึกษาพบว่าชุดการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมและสื่อการเรียนการสอนแบบต่าง ๆ ที่ครูจัดให้เป็นการตอบสนองความต้องการของนักเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นส่วนการสอนแบบปกติได้จัดกิจกรรมการสอนตามแผนการสอนที่กำหนดไว้ครูผู้สอนมีบทบาทในการสอนโดยเป็นผู้บรรยายอธิบายควบคุมให้เป็นไปตามแผนการสอนที่กำหนดไว้โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลนักเรียนไม่มีอิสระต่อการจัดกิจกรรมจะทำให้นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้นและไม่มีความอยากรู้อยากเห็นในสิ่งที่เรียนในบทนั้น ๆ

โดตี้ (Doty, 1986) เปรียบเทียบผลของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และการสอนแบบเก่าที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเจตคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถ้าผสมของนักเรียนระดับ 9 และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเพศเชื้อชาติสติปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 2 กลุ่มที่

เรียนวิทยาศาสตร์กายภาพของโรงเรียนเขตนมัส ชิสชบปี กลุ่มแรกจำนวน 67 คน สอนโดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ กลุ่มที่ 2 จำนวน 59 คน สอนโดยวิธีการสอนแบบเก่าผลศึกษาพบว่าทักษะกระบวนการทางการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันแต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแตกต่างกัน กลุ่มที่เรียนแบบสืบเสาะหาความรู้มีความสัมพันธ์ระหว่างเพศ เชื้อชาติ ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ สถิติปัญญา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่สอนโดยวิธีแบบเก่า



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การสังเคราะห์แกรไฟต์ควอนตัมดอทวิธีการไฟฟ้าเคมี ซึ่งใช้แท่งแกรไฟต์สองแท่งเป็นขั้วแอโนด และขั้วแคโทด โดยผ่านกระแสไฟฟ้า 4 V สารละลายอิเล็กโทรไลต์ประกอบด้วย Citric Acid And Sodium Hydroxide มีอัตราส่วนอยู่ที่ 1:0 M, 1:1.5 M, 1:3 M, 1:4.5 M และ 1:5 M ที่เวลา 2 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย

การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การเตรียมแท่งแกรไฟต์ และสารเคมี
2. ขั้นตอนในการสังเคราะห์
3. การเตรียมชิ้นงานวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ
4. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
5. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. วิธีการเก็บข้อมูล
7. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเตรียมแท่งแกรไฟต์และสารเคมี

นำแท่งแกรไฟต์มาตัดให้มีขนาด 5 cm ดังภาพที่ 3.1 ต่อมาเตรียมอะซิโตน และน้ำกลั่นใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 ml ดังภาพที่ 3.2 ในบีกเกอร์จะใส่อะซิโตน 50 ml ตัดกระดาษฟอยด์ขนาด 8x12 cm ต่อมานำแท่งแกรไฟต์ไปแช่ลงในบีกเกอร์ของสารละลายอะซิโตน จากนั้นปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟอยด์ ดังภาพที่ 3.3 และนำไปวางไว้ที่เครื่องสั่นอัลตราโซนิกตั้งเวลาไว้ 10 นาทีเพื่อล้างฟอริเมอร์ออก ดังภาพที่ 3.4 เมื่อครบ 10 นาที ทำซ้ำในกระบวนการข้างต้นอีก 1 รอบ เพื่อให้

แน่ใจว่าแท่งแกรไฟต์สะอาดจริง ๆ ต่อมานำแท่งแกรไฟต์ที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดแล้วมาทำให้แห้ง จากนั้นนำไปเป่าด้วยความร้อนประมาณ 3 นาที และนำแท่งแกรไฟต์มาวางบนกระดาษฟอยด์ที่มีขนาด 8x12 cm แล้วพับกระดาษฟอยด์ แล้วนำแท่งแกรไฟต์ไปอบความร้อนด้วยเครื่อง Hotplate ที่อุณหภูมิ 450 องศา ใช้เวลาในการอบแท่งแกรไฟต์ 15 นาที ดังภาพที่ 3.5 สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมการสังเคราะห์ ได้แก่ Citric Acid ที่ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 และ Sodium Hydroxide (NaOH) ที่ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.0 (Lab-scan) นำสารเคมีทั้งสองตัวมาทำปฏิกิริยากัน ซึ่งจะได้เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ดังภาพที่ 3.6 นำแท่งแกรไฟต์สองแท่งจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ใช้อัตราส่วนของสารละลาย NaOH แตกต่างกัน โดยให้แท่งแกรไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และแคโทด ใช้กระแสไฟฟ้าที่ 4 V เวลา 120 นาที ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.1 แท่งแกรไฟต์ขนาด 5 cm



ภาพที่ 3.2 ขวดใส่อะซิโตน น้ำกลั่น และบีกเกอร์ขนาด 100 ml



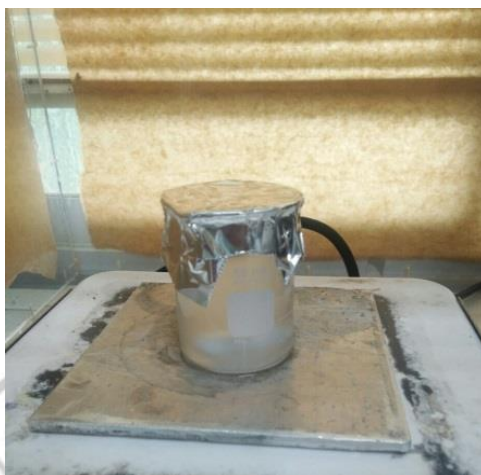
ภาพที่ 3.3 นำแท่งแกรไฟต์ แช่ในสารละลายอะซิโตน



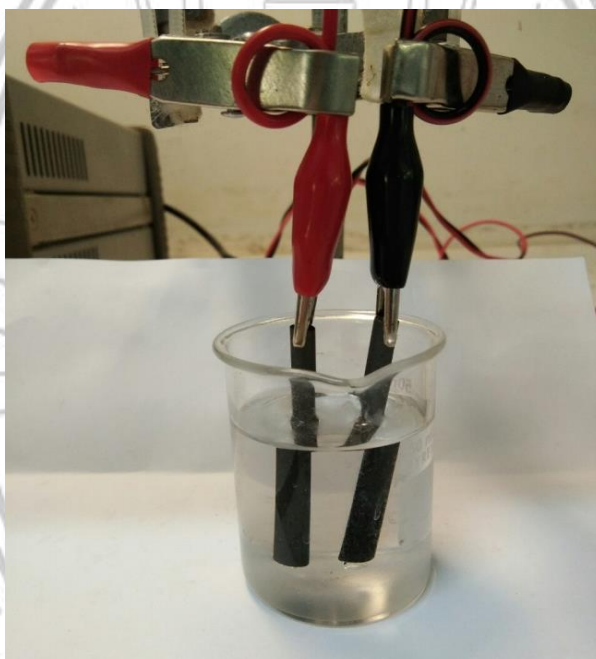
ภาพที่ 3.4 เครื่องสั่นอัลตราโซนิก และ การเตรียมแท่งแกรไฟต์ในบีกเกอร์



ภาพที่ 3.5 นำแท่งแกรไฟต์ไปอบความร้อนด้วยเครื่อง Hotplate ที่อุณหภูมิ 450 องศา



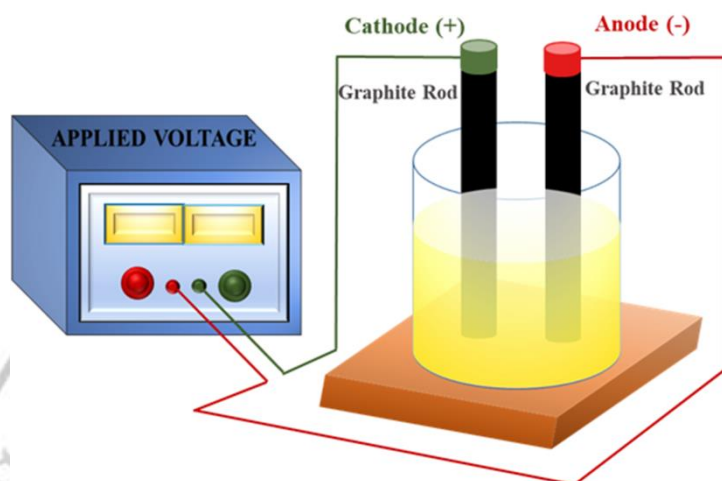
ภาพที่ 3.6 การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์



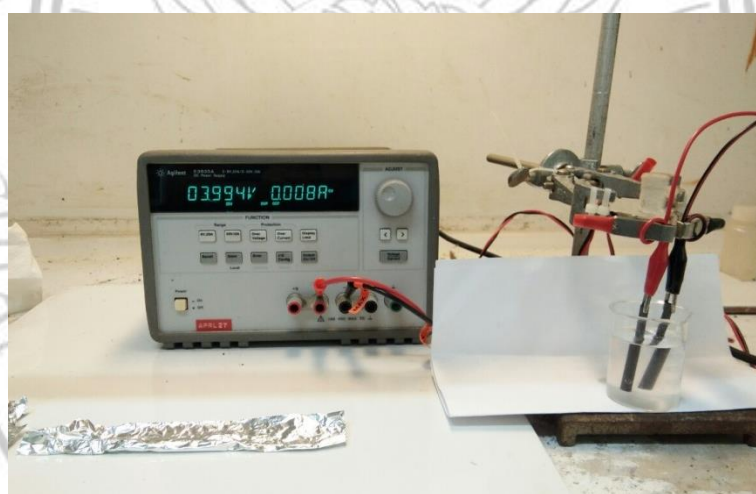
ภาพที่ 3.7 ลักษณะของแกรไฟต์สองแท่งขนาดจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์

แผนภาพแสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 3.7 และภาพที่ 3.8 แสดงภาพการจัดวางอุปกรณ์การสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอท โดยใช้วิธีไฟฟ้าเคมี สารเคมีที่ใช้เป็นสารอิเล็กโทรไลต์จะประกอบไปด้วยกรด Citric Acid ($C_6H_7O_8$) ที่ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 และ Sodium Hydroxide (NaOH) ที่ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.0 (Lab-scan) โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำแท่งแกรไฟต์สองแท่งจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ใช้อัตราส่วนของสารละลาย NaOH แตกต่างกัน

โดยให้แท่งแกรไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และแคโทด โดยผ่านกระแสไฟฟ้า 4 V ใช้เวลาในการสังเกตการทำปฏิกิริยาของแท่งแกรไฟต์ กับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.8 แผนผังองค์ประกอบของการสังเคราะห์แกรไฟีน ควอนตัมดอท โดยใช้วิธีไฟฟ้าเคมี

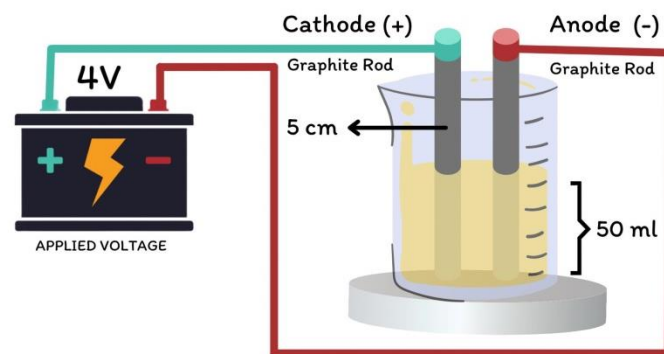


ภาพที่ 3.9 สถานที่ทดลอง และตำแหน่งของอุปกรณ์ที่สอดคล้องตามภาพที่ 3.8

ขั้นตอนในการสังเคราะห์

เริ่มจากการจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ บริเวณที่ทำการสังเคราะห์ และไม่ให้บริเวณนั้นมีวัสดุที่ติดไฟได้ง่ายอยู่ใกล้กับการสังเคราะห์ จากนั้นทำการเตรียมเครื่อง Applied Voltage นำสายไฟมาพันกับปากหัวหนีบจระเข้ เพื่อสามารถหนีบแท่งแกรไฟต์ได้ จากนั้นนำชุดขาตั้งมาวางเป็นฐาน และใช้แคลมป์จับ ยึดจับปากหัวหนีบจระเข้ไว้ นำแท่งแกรไฟต์ทั้งสองแท่งมาหนีบกับปากหัวหนีบ

จะแช่ แล้วนำแท่งแกรไฟต์ลงจุ่มในบีกเกอร์ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทำการเปิดเครื่อง Applied Voltage ตั้งการจ่ายกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 4 V ตามภาพที่ 3.7 สังเกตการทำปฏิกิริยาของแท่งแกรไฟต์ กับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ สำหรับชุดการสังเคราะห์ชุดแรกใช้กรด Citric Acid ($C_6H_7O_8$) ในอัตราส่วน 1 M และใช้ Sodium Hydroxide (NaOH) ในอัตราส่วน 0 M, 1.5 M, 2.5 M, 3.5 ? และ 4.5 M ในแต่ละชุดการสังเคราะห์ตามลำดับ และใช้เวลาในการสังเคราะห์เท่ากับ 30, 60, 90 และ 120 นาที ในแต่ละชุดการทดลองใช้อัตราส่วนของ Sodium Hydroxide (NaOH) ที่แตกต่างกัน เมื่อการสังเคราะห์เสร็จสิ้นให้ปรับ Applied Voltage เท่ากับ 0 V จากนั้นนำแท่งแกรไฟต์ออกจากบีกเกอร์ เพื่อทำการกรองตะกอนที่ตกอยู่ในบีกเกอร์ โดยใช้ Syringe Filter มีขนาดของรูเท่ากับ $0.45 \mu m$ ทำการกรองจนไม่เห็นตะกอน เพื่อให้ได้แกรไฟต์ควอนตัมดอท



ภาพที่ 3.10 ระบบการสังเคราะห์แกรไฟน์

การเตรียมชิ้นงานวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ

1. วัด pH ของสารละลาย

pH ย่อมาจากคำว่า Positive Potential Of The Hydrogen Ions คือ ค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ใช้ออกความเป็นกรดหรือเบสของสารละลาย โดยค่า pH ของสารละลายเป็นค่าลอการิทึมของความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน

2. ปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect)

เป็นปรากฏการณ์การกระเจิงแสงในสารคอลลอยด์ หรือสารแขวนลอยที่มีอนุภาคเล็กมาก ปรากฏการณ์ทินดอลล์ มีส่วนคล้ายกับปรากฏการณ์เรย์ลีตรงที่ความเข้มของแสงที่กระเจิงแปรผกผันกับความยาวคลื่นยกกำลังสี่ ดังนั้น แสงสีฟ้าจึงกระเจิงมากกว่าแสงสีแดงเป็นอย่างมาก

ตัวอย่างในชีวิตประจำวันได้แก่ ควันทาจรถจักรยานยนต์โดยเฉพาะในจักรยานยนต์สองสูบซึ่งมีน้ำมันเครื่องที่เผาไหม้เป็นอนุภาคข้างต้น

ภายใต้ปรากฏการณ์ทินคอลล์ แสงที่มีความยาวคลื่นยาวจะผ่านออกไปได้ในขณะที่แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะกระเจิงแสงมากกว่า ปรากฏการณ์ทินคอลล์จะพบในอนุภาคที่อยู่ในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 40 ถึง 900 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงใกล้เคียงหรือต่ำกว่าเล็กน้อยกับความยาวของแสงที่ 400 ถึง 750 นาโนเมตร

3. UV-vis spectrophotometer

เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวิเคราะห์สารโดยอาศัยหลักการ ดูดกลืนรังสีของสารที่อยู่ในช่วง Ultra Violet (UV) และ Visible (Vis) ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-1000 nm โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ในตัวอย่าง

ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 2 สังกัดสำนักงานบริหารงานการศึกษาพิเศษ ตำบลคอนแก้ว อำเภอแมริ่ม จังหวัดเชียงใหม่

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง 3/1 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ จำนวน 30 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดวิเคราะห์ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และเอกสารประกอบหลักสูตรกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์หลักสูตร
- 2) วิเคราะห์หลักสูตรวิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อนำมาใช้กำหนดเนื้อหา จุดประสงค์ เวลา ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ
- 3) ศึกษาการสร้างชุดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย คู่มือการใช้สำหรับครู ประกอบด้วย คำชี้แจง และ

แผนการเรียนรู้ คู่มือการใช้สำหรับนักเรียน ประกอบด้วย คำชี้แจง ขั้นตอนการศึกษาชุดกิจกรรม และจุดประสงค์การเรียนรู้ บทเรียน และสถานการณ์โจทย์ปัญหา แบบวัดและประเมินผลประจำหน่วยการเรียนรู้

4) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อขอคำแนะนำในส่วนที่ยังบกพร่อง และนำมาปรับปรุงแก้ไข

5) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน และด้านการสอนฟิสิกส์ และอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และแผนการจัดกิจกรรมสำหรับครู เพื่อนำผลมาประเมินหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อพิจารณาความเหมาะสม โดยเกณฑ์ที่กำหนด คือ 3.50 ขึ้นไป และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ตามเกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด (2541)

6) นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปสู่การหาประสิทธิภาพต่อไป

7) ทดลองใช้ชุดกิจกรรมกับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ห้องเรียนเดียวกัน ตามขั้นตอนดังนี้

7.1) นำชุดกิจกรรมไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียน จำนวน 3 คน ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและอ่อนละกัน เพื่อศึกษาถึงข้อบกพร่องของสื่อการสอน ลำดับขั้นตอนของการนำเสนอเนื้อหาความเหมาะสมของวิธีการนำเสนอเนื้อหาวิชาความรู้ว่าเหมาะสมกับผู้เรียนหรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่

7.2) นำชุดกิจกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน จำนวน 9 คน ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อนละกัน อย่างละ 3 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม โดยสังเกตพฤติกรรมผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตลอดจนตรวจดูผลงานจากการทำแบบฝึกทักษะระหว่างเรียน และการปฏิบัติกิจกรรมแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

8) การหาประสิทธิภาพแบบภาคสนาม โดยนำชุดกิจกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ 75/75

การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ จำนวน 3 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2) ศึกษาเนื้อหารายวิชาอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3) ศึกษาวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์

4) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์

5) นำแผนการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำในส่วนที่บกพร่องและควรปรับปรุงแก้ไข

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

7) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ทดลองใช้ต่อไป
การสร้างแบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบทดสอบปรนัย แบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 1 ฉบับ มี 30 ข้อ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อนำมาจัดทำโครงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบ 4 ตัวเลือก

3) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำในส่วนที่บกพร่องและควรปรับปรุงแก้ไข

4) สดุดำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหาโดยตรวจสอบคำถามในแต่ละข้อว่าสามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ความสอดคล้อง (IOC)

5) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ ไปทดสอบนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่แล้วนำผลการตรวจสอบแบบถาวรคำนวณหาค่าความยากและอำนาจจำแนกรายข้อแล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20 - 0.80 ถ้าอำนาจจำแนกรายข้อ 0.2 ขึ้นไปจำนวน 30 ข้อ แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนระดับชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อหาค่าความเที่ยงของข้อสอบทั้งฉบับ ด้วยวิธีของ ลิวิสตัน

6) นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปจัดพิมพ์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

การสร้างแบบสอบถามความพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อยและน้อยที่สุด โดยให้คะแนนเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสารการสร้างแบบทดสอบความพึงพอใจและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) กำหนดประเด็นเนื้อหาที่ต้องการสอบถามความพึงพอใจ
- 3) จัดทำร่างแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามประเด็นที่กำหนด
- 4) นำเสนอแบบสอบถามความพึงพอใจฉบับร่างต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษาและนำมาปรับปรุงแก้ไข
- 5) นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างเสร็จแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงของเนื้อหาความสอดคล้องของข้อมูลกับวัตถุประสงค์โดยใช้ค่า (IOC) พิจารณาค่า 0.5 ขึ้นไปแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการเก็บข้อมูล

1. ดำเนินการกลุ่มตัวอย่างจากประชากรโดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 30 คน
2. ให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนแล้วตรวจผลการทำแบบทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลในการคิดวิเคราะห์ผลการวิจัยต่อไป
3. ดำเนินการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีการประเมินทักษะการเรียนรู้ระหว่างการทำกิจกรรมจากชิ้นงานโดยแบบประเมินชิ้นงานและแบบบันทึกการสังเกตแล้วผู้วิจัยตรวจแบบประเมินชิ้นงานและสรุปผลที่ได้จากการสังเกตเพื่อนำผลการประเมินมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป
4. ให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนหลังดำเนินการเรียนการสอนครบ 6 ชั่วโมง จากนั้นผู้วิจัยตรวจผลการทำแบบสอบถามเพื่อเก็บเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการวิจัยต่อไป

5. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ผ่านการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แล้วนำผลการประเมินแบบ สอบถามมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการวิจัย

6. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

6.1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้ค่า E_1 / E_2 และค่าเฉลี่ย

6.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ด้วยค่า t-test

6.3 หาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยนำผลจากการประเมินแบบสอบถามมาใช้ในการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อมาประกอบการวิเคราะห์สรุปการให้คะแนนโดยมาตรฐานส่วนประมาณค่า

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ในการศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีเนื้อหาดังนี้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยมีสถิติที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ

1. การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นใช้สถิติ E_1 / E_2 ตามเกณฑ์มาตรฐาน E_1 / E_2 เท่ากับ 75/ 75

เกณฑ์ E_1 หมายถึงค่าเฉลี่ยร้อยละ 75 ของนักเรียนที่ทำได้จากแบบฝึกหัดทำยสถานการณ์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องมิเตอร์และคะแนนการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียน

เกณฑ์ E_2 หมายถึงค่าเฉลี่ยร้อยละ 75 ของนักเรียนที่ทำได้จากการสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์คือคะแนนเฉลี่ยร้อยละ

การหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) โดยคำนวณจากสูตร

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum x}{N}\right)}{A} \times 100 \quad (3.1)$$

เมื่อ

E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัด

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

N แทน จำนวนนักเรียน

การหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_2) โดยคำนวณจากสูตร

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum F}{N}\right)}{B} \times 100 \quad (3.2)$$

เมื่อ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัดหรืองานในแต่ละหน่วย

B แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

N แทน จำนวนนักเรียน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์
เบื้องต้นใช้สถิติ t-test แบบ T-test Dependent โดยคำนวณจากสูตร

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{n \sum D^2 - (\sum D)^2}} \quad df = n - 1 \quad (3.3)$$

เมื่อ

t แทน การทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$\sum D$ แทน ผลรวมค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3. การหาค่าระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ
เจาะหาความรู้ ใช้สถิติหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยคำนวณจากสูตร

ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.4)$$

เมื่อ

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต
$\sum x$	แทน	ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
N	แทน	จำนวนผู้เรียน

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.5)$$

เมื่อ

S.D.	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
X	แทน	ค่าคะแนน
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
N	แทน	จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\sum$	แทน	ผลรวม

การให้คะแนนและแปลค่าของข้อมูลจากแบบทดสอบความพึงพอใจค่า 5 ระดับ โดย
กำหนด (หนูม้วน ร่มแก้ว, 2548, น. 67) ดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	5	คะแนน
พึงพอใจมาก	4	คะแนน
พอใจปานกลาง	3	คะแนน
พึงพอใจน้อย	2	คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	1	คะแนน

ค่าเฉลี่ยกำหนดดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 - 5.00	หมายความว่าถึง	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 - 4.50	หมายความว่าถึง	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 - 3.50	หมายความว่าถึง	พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 - 2.50	หมายความว่าถึง	พึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 - 1.50	หมายความว่าถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

4. การหาค่าเที่ยงตรงดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยคำนวณจากสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.6)$$

เมื่อ

IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์
$\sum R$	แทน	ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาทั้งหมด
N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

เกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

+1 = แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุได้

0 = ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุได้

-1 = ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นวัดได้ไม่ตรงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุได้

หมายเหตุ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมที่

ใช้ได้อยู่ระหว่าง 0.5 – 1

5. การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) ของข้อสอบ ใช้สถิติค่า P โดยคำนวณจากสูตร

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.7)$$

เมื่อ

P	แทน	ระดับความยาก
R	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกทั้งหมด
N	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

หมายเหตุ ค่าความยากง่ายที่เป็นไปได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 และค่าความยากง่ายที่เหมาะสมของข้อสอบที่ใช้ได้อยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8

6. การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบ ใช้สถิติค่า r โดยคำนวณจากสูตร

$$r = \frac{R_u}{f} - \frac{R_L}{f} \quad (3.8)$$

เมื่อ

r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
f	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งมีจำนวนเท่ากัน
R_u	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบข้อนั้นถูก
R_L	แทน	จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบข้อนั้นถูก

หมายเหตุ ค่าอำนาจจำแนกที่เป็นไปได้ตั้งแต่ -1 ถึง 1 และค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมของข้อสอบที่ใช้ได้อยู่ระหว่าง 0.2 ขึ้นไปถึง 1

7. การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ให้คะแนนถูกได้ 1 คะแนน ผิดได้ 0 คะแนน ใช้สถิติ KR-20 ของ Kuder Richardson โดยคำนวณจากสูตร

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{(\sum pq)}{s^2} \right\} \quad (3.9)$$

เมื่อ

r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
K	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
P	แทน	สัดส่วนของผู้ทำถูกในข้อหนึ่งๆ
q	แทน	$1 - p$
s^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่นที่ใช้ได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.60 - 1.00

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติทางแสงของแกรฟีนที่ได้จากการสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท เพื่อนำไปเป็นต้นแบบการกักเก็บพลังงาน และได้นำไปประยุกต์สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ระยะที่ 1

1. การศึกษาหาค่า pH ของสารละลายควอนตัมดอท ที่ใช้อัตราส่วนของ Citric Acid และ Sodium Hydroxide (NaOH) ที่แตกต่างกัน
2. การแสดงผลการทดสอบ Tyndall Effect ของแกรฟีนควอนตัมดอท โดยใช้อัตราส่วนของ Citric Acid อยู่ที่ 1 Molar และ Sodium Hydroxide (NaOH) อยู่ที่ 0 M, 1.5 M, 2.5 M, 3.5 M และ 4.5 M ตามลำดับ
3. ผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) และค่าความกว้างของแถบพลังงาน (Energy Band Gap: E_g) ของแกรฟีนควอนตัมดอท ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยวิธีไฟฟ้าเคมี

ระยะที่ 2

การสร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

การศึกษาค่า pH ของสารละลายควอนตัมดอท ที่ใช้อัตราส่วนของ Citric Acid และ Sodium Hydroxide (NaOH) ที่แตกต่างกัน

สำหรับการทดลองนี้เป็นการศึกษาถึงผลของค่า pH ของสารละลายควอนตัมดอท ที่ใช้อัตราส่วนของ Citric Acid ($C_6H_7O_8$) มีอัตราส่วนเท่ากับ 1 M และ Sodium Hydroxide (NaOH) มีอัตราส่วนเท่ากับ 0 M, 1.5 M, 2.5 M, 3.5 M และ 4.5 M ตามลำดับ จึงได้อัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (GQD1-GQD5)

Variety	Electrolyte	
	Citric Acid (M)	NaOH (M)
GQD1	1	0
GQD2	1	1.5
GQD3	1	2.5
GQD4	1	3.5
GQD5	1	4.5

จากตารางที่ 4.1 บ่งบอกถึงอัตราส่วนของสารละลาย Citric Acid และ NaOH ซึ่งสารละลาย NaOH จะใช้ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อจะดูความแตกต่างของค่า pH

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ที่มีผลต่อค่า pH

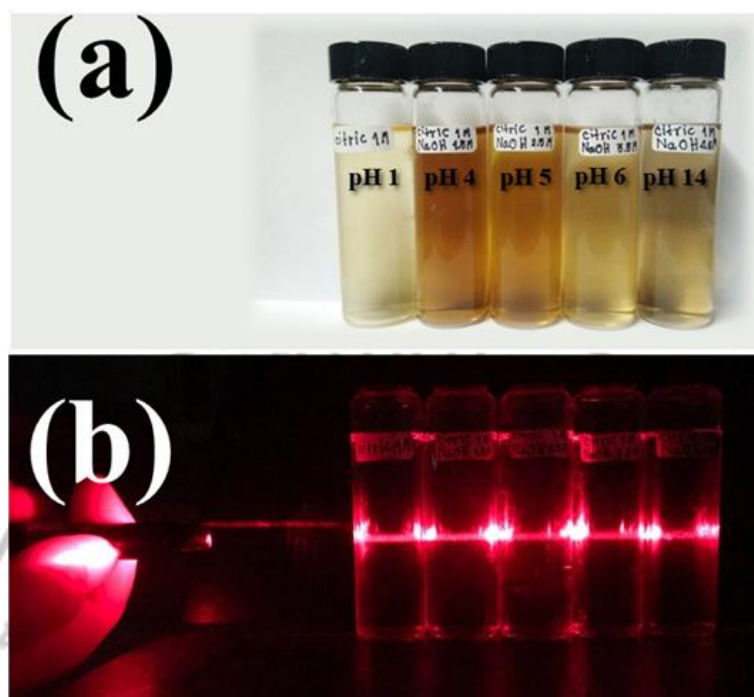
Variety	Electrolyte		ค่า pH
	Citric Acid (M)	NaOH (M)	
GQD1	1	0	1
GQD2	1	1.5	4
GQD3	1	2.5	5
GQD4	1	3.5	6
GQD5	1	4.5	14



ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างของสารละลาย GQD1, GQD2, GQD3, GQD4 และ GQD5

จากตารางที่ 4.2 พบว่า การสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี ที่ใช้อัตราส่วนของสารละลาย Citric Acid และสารละลาย Sodium Hydroxide (NaOH) มีอัตราส่วนอยู่ที่ 1:0 M, 1:1.5 M, 1:2.5 M, 1:3.5 M และ 1:4.5 M ที่มีอัตราส่วนของสารละลาย NaOH ที่แตกต่างกัน จึงได้ผลดังนี้ GQD1 มีค่า pH เท่ากับ 1, GQD2 มีค่า pH เท่ากับ 4, GQD3 มีค่า pH เท่ากับ 5, GQD4 มีค่า pH เท่ากับ 6 และ GQD5 มีค่า pH เท่ากับ 14 ดังภาพที่ 4.1 สรุปได้ว่า สารละลาย NaOH มีผลต่อค่า pH ยิ่งประมาณของสารเพิ่มขึ้น ค่า pH เพิ่มขึ้นเช่นกัน

การแสดงผลการทดสอบ Tyndall Effect ของแกรฟีนควอนตัมดอท โดยใช้อัตราส่วนของ Citric Acid อยู่ที่ 1 M และ Sodium Hydroxide (NaOH) อยู่ที่ 0 M, 1.5 M, 2.5 M, 3.5 M และ 4.5 M ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 ปรากฏการณ์ Tyndall Effect, a) Citric Acid 1M, b) Citric Acid 1M + NaOH 1.5M, c) Citric Acid 1 M + NaOH 2.5 M, d) Citric Acid 1 M + NaOH 3.5 M, e) Citric Acid 1 M + NaOH 4.5 M

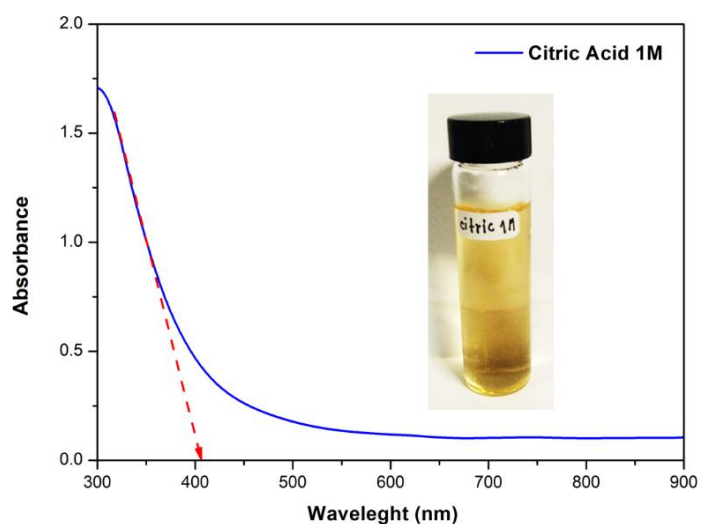
จากภาพที่ 4.2 พบว่า ปรากฏการณ์กระเจิงแสง ของแกรฟีนควอนตัมดอท เมื่อฉายลำแสงไปในสารคอลลอยด์ อนุภาคคอลลอยด์จะช่วยกระเจิงแสงและทำให้มองเห็นเป็นลำแสงได้ เมื่ออนุภาคอยู่ในขนาดเดียวกับความยาวคลื่นแสง ในการทดลองนี้ Tyndall Effect ใช้ตรวจสอบอนุภาคแขวนลอยจากการกระจายตัวของแสงกับอนุภาคในคอลลอยด์

ผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) และ ค่าความกว้างของแถบพลังงาน (Energy Band Gap: E_g) ของแกรฟีนควอนตัมดอท ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยวิธีไฟฟ้าเคมี

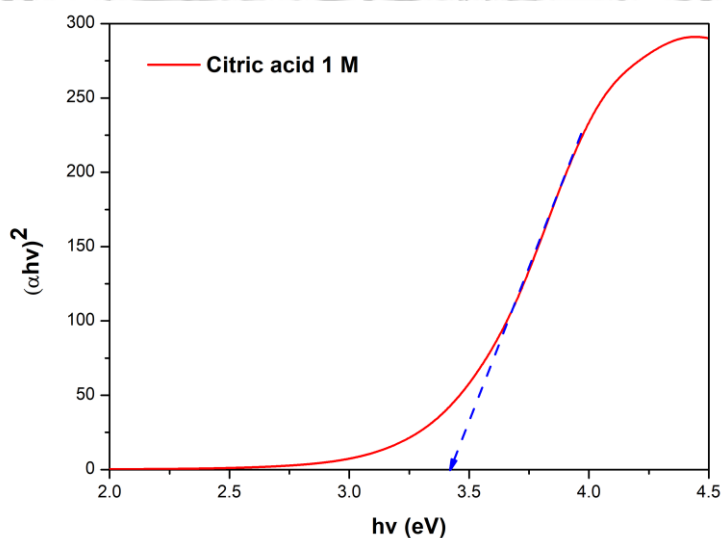
ขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) และค่าความกว้างของแถบพลังงาน (Energy Band Gap: E_g) ของแกรฟีนควอนตัมดอท ที่ผ่านการสังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้าเคมี ซึ่งมีตัวแปรต้น คือ ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) จำนวน 0 M, 1.5 M, 2.5 M, 3.5 M และ 4.5 M ตามลำดับ ตัวแปรควบคุม คือ ความเข้มข้นของ Citric Acid ($C_6H_7O_8$) จำนวน 1 Molar น้ำกลั่น 50 ml และการใช้กระแสไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 4 V ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติทางแสง ได้แก่ ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ GQDs และค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g) ของ GQDs

1. การใช้ Sodium Hydroxide (NaOH) จำนวน 0 M

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของแกรไฟีนควอนตัมดอท โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 0 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง



ก) ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis)



ข) ค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g)

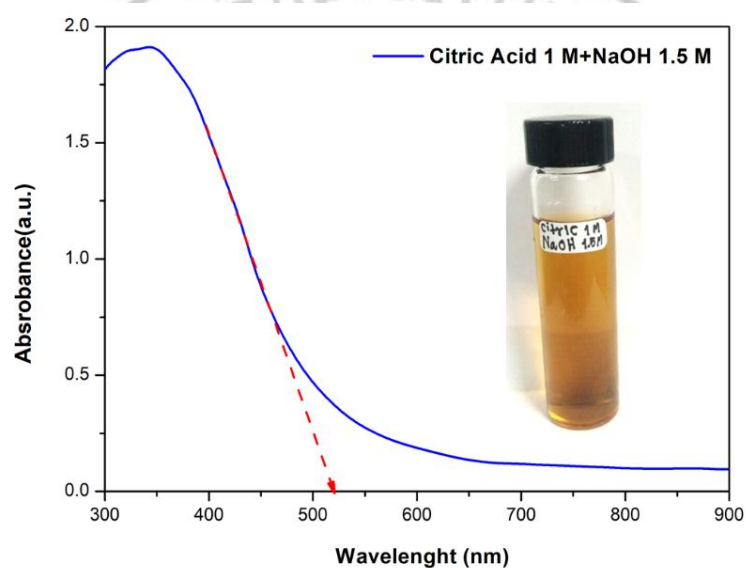
ภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide 0 M

จากภาพที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบ (ก) ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 0 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ GQDs

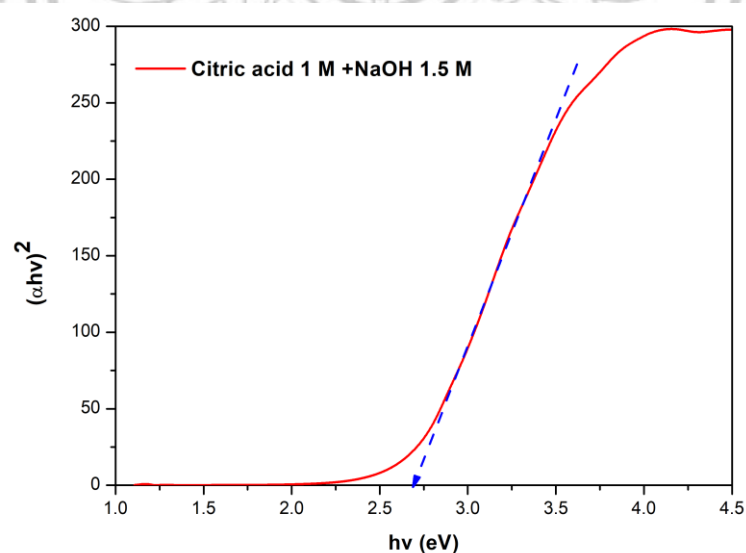
อยู่ในช่วง 329 nm แสดงดังภาพที่ 4.3 (ก) และค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g) มีค่าเท่ากับ 3.45 eV แสดงดังภาพที่ 4.3 (ข)

2. การใช้ Sodium hydroxide (NaOH) จำนวน 1.5 M

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของแกรไฟีนควอนตัมดอท โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 1.5 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง



ก. แสดงค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis)



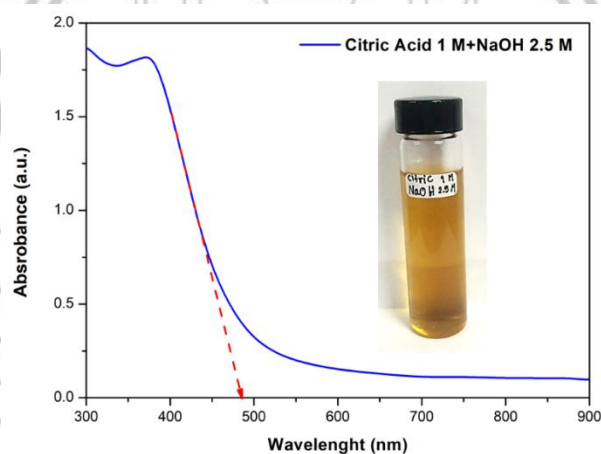
ข. แสดงค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g)

ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) 1.5 M

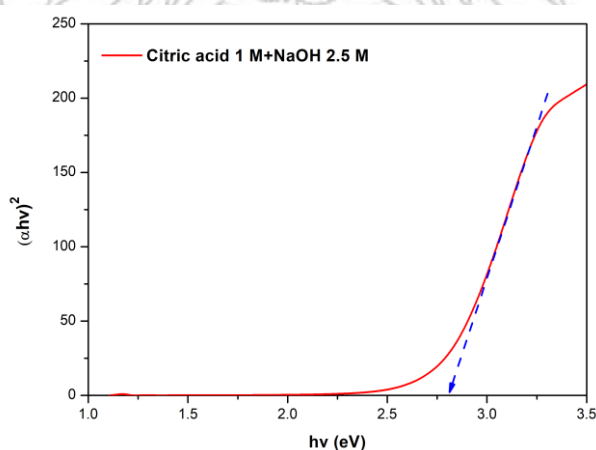
จากภาพที่ 4.4 ผลการทดสอบ (ก) ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 1.5 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ GQDs อยู่ในช่วง 435 nm แสดงดังภาพที่ 4.4 (ก) ค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g) มีค่าเท่ากับ 2.70 eV แสดงดังภาพที่ 4.4 (ข) พบว่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ (Satyaprakash, 2017) ซึ่งมีค่า UV-vis อยู่ในช่วง 261 nm ถึง 357 nm และค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g) มีค่าเท่ากับ 3.55 eV

3. การใช้ Sodium Hydroxide (NaOH) จำนวน 2.5 M

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของแกรไฟีนควอนตัมดอท โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 2.5 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง



ก. ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis)



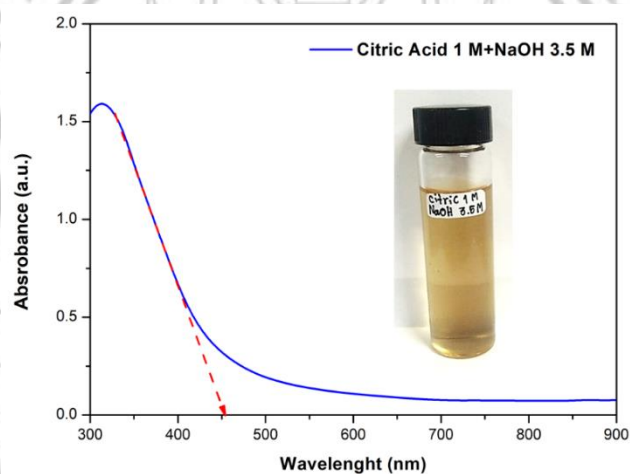
ข. ค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g)

ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) 2.5 M

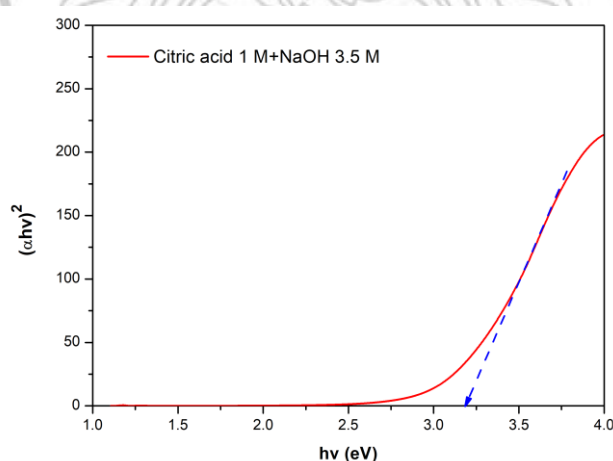
จากภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบ (ก) ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 2.5 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ GQDs อยู่ในช่วง 418 nm แสดงดังภาพที่ 4.5 (ก) และค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g) มีค่าเท่ากับ 2.82 eV แสดงดังภาพที่ 4.5 (ข)

4. การใช้ Sodium hydroxide (NaOH) จำนวน 3.5 M

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของแกรไฟีนควอนตัมดอท โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 3.5 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง



ก. ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis)



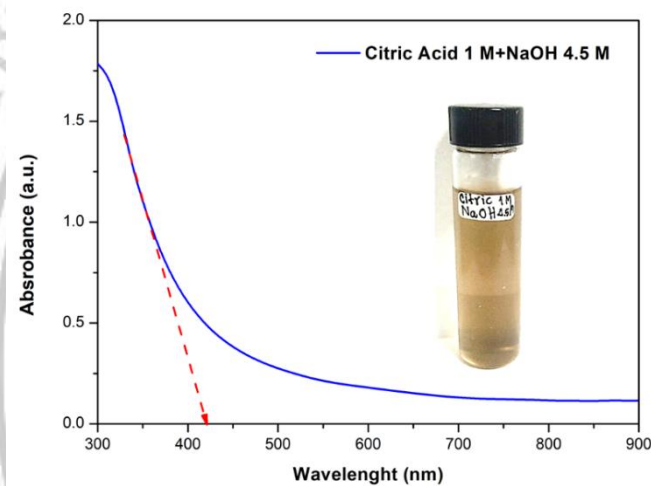
ข. ค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g)

ภาพที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) 3.5 M

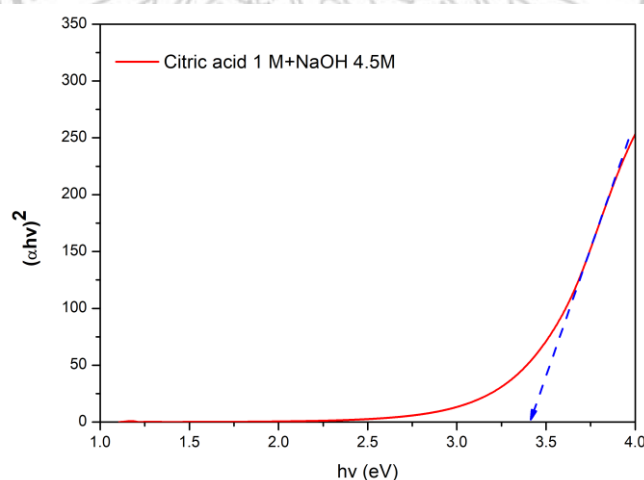
จากภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบ (ก) ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 3.5 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ GQDs อยู่ในช่วง 347 nm แสดงดังภาพที่ 4.6 (ก) และค่าความกว้างของแถบพลังงาน มีค่าเท่ากับ 3.18 eV แสดงดังภาพที่ 4.6 (ข)

5. การใช้ Sodium hydroxide (NaOH) จำนวน 4.5 M

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของแกรไฟีนควอนตัมดอท โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 4.5 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง



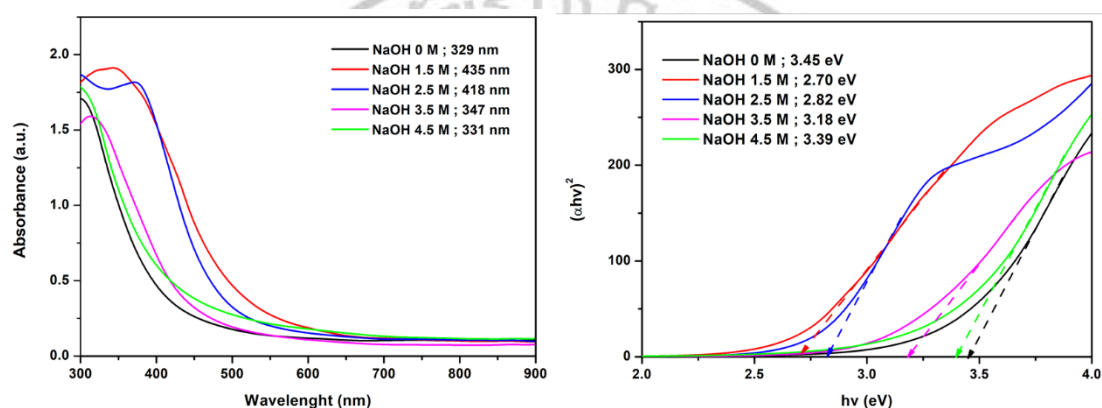
ก. ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis)



ข. ค่าความกว้างของแถบพลังงาน (E_g)

ภาพที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ GQDs โดยใช้ความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide (NaOH) 4.5 M

จากภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบ (ก) ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้ความเข้มข้นของ Citric Acid 1 M ต่อ Sodium Hydroxide 4.5 M ในน้ำกลั่น 50 ml ที่กระแสไฟฟ้า 4 V ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ค่าความดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ GQDs อยู่ในช่วง 331 nm แสดงดังภาพที่ 4.7 (ก) และค่าความกว้างของแถบพลังงาน มีค่าเท่ากับ 3.39 eV แสดงดังภาพที่ 4.7 (ข)



ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่า UV-vis และค่า E_g ของ GQDs ทั้งหมด

การสร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใชชุดกิจกรรมดังกล่าว ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน
ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามเกณฑ์ 75/75
กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

รายการ	ประสิทธิภาพ	คะแนน เต็ม	คะแนนเฉลี่ยคิด เป็นร้อยละ	แปลผล
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	E_1	30	75.44	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	30	77.89	สูงกว่าเกณฑ์
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าเคมี	E_1	20	77.67	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	20	78.83	สูงกว่าเกณฑ์
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ไดโอดคืออะไร	E_1	20	75.83	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	20	77.33	สูงกว่าเกณฑ์
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การ ต่อไดโอด	E_1	20	76.83	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	20	78.17	สูงกว่าเกณฑ์

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่ามีประสิทธิภาพ เท่ากับ 75.44/77.89 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าเคมี มีค่ามีประสิทธิภาพ เท่ากับ 77.67/78.83 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ไดโอดคืออะไร มีค่ามีประสิทธิภาพ เท่ากับ 75.83/77.33 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การต่อไดโอด มีค่ามีประสิทธิภาพ เท่ากับ 76.83/78.17 ซึ่งหมายความว่านักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 76.44/78.06 ซึ่งทั้งหมดมีประสิทธิภาพ เป็นไปตามเกณฑ์และสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้สถิติทดสอบ t-test

Dependent Sample

รายการ ประเมิน	การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{d}$	S.D. _d	t	Sig
ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	ก่อนเรียน	30	30	11.6	2.09	9.57	2.65	19.79*	.000
	หลังเรียน	30	30	21.17	1.89				
ทักษะการคิด วิเคราะห์	ก่อนเรียน	30	20	6.15	0.99	8.90	1.41	28.22*	.000
	หลังเรียน	30	20	15.05	0.83				

จากตารางที่ 4.4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 11.6 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 21.17 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างของก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 9.57 เมื่อนำค่าเฉลี่ยของคะแนนไปทดสอบความแตกต่างโดยใช้ t-test Dependent ได้ว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้ค่า t จากการคำนวณเท่ากับ 19.79 ส่วนค่า t จากการเปิดตาราง โดยที่ $df = N-1 = 29$ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05/1-tailed, $t=1.761$ และคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของทักษะการคิดวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 6.15 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 15.05 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างของก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 8.90 เมื่อนำค่าเฉลี่ยของคะแนนไปทดสอบความแตกต่างโดยใช้ t-test Dependent ได้ว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้ค่า t จากการคำนวณเท่ากับ 28.22 ส่วนค่า t จากการเปิดตาราง โดยที่ $df = N-1 = 19$ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05/1-tailed, $t=1.761$ ดังนั้นค่า t จากการคำนวณสูงกว่าค่า t จากการเปิดตารางสรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียน รวมไปถึงทำให้นักเรียนมีทักษะการคิดและวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนเช่นกัน

3. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน (ด้านปัจจัยการนำเข้า)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นมีความเหมาะสมและน่าสนใจ	4.33	0.60	มาก
2. คำชี้แจงสำหรับนักเรียนชัดเจนและเหมาะสม	4.23	0.43	มาก
3. เนื้อหาที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสม	4.10	0.54	มาก
4. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเพียงพอต่อการเรียนรู้	4.50	0.50	มาก
5. สื่อการเรียนรู้ มีความหลากหลายเหมาะสมกับกิจกรรม	4.03	0.41	มาก
6. ชุดกิจกรรมให้คำแนะนำแนวทางการร่วมกิจกรรมได้อย่างชัดเจน	4.20	0.40	มาก
7. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความยากง่ายเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหา	4.00	0.45	มาก
8. เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนถูกต้องชัดเจน	4.46	0.50	มาก
เฉลี่ย	4.23	0.48	มาก

ตารางที่ 4.5 แสดงความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เมื่อพิจารณาหลายด้านพบว่าด้านปัจจัยนำเข้ามีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.23$) โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละด้าน ดังนี้ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นมีความเหมาะสมและน่าสนใจ ($\bar{X} = 4.33$) 2) คำชี้แจงสำหรับนักเรียนชัดเจนและเหมาะสม ($\bar{X} = 4.23$) 3) เนื้อหาที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสม ($\bar{X} = 4.10$) 4) เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเพียงพอต่อการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.50$) 5) สื่อการเรียนรู้ มีความหลากหลายเหมาะสมกับกิจกรรม ($\bar{X} = 4.03$) 6) ชุดกิจกรรมให้

คำแนะนำแนวทางการร่วมกิจกรรมได้อย่างชัดเจน ($\bar{X}=4.20$) 7) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความยากง่ายเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหา ($\bar{X}=4.00$) และ 8) เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนถูกต้องชัดเจน ($\bar{X}=4.46$)

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน (ด้านกระบวนการ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้	4.72	0.41	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจชวนติดตาม	4.55	0.50	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความถนัด และตามความสนใจ	4.31	0.60	มาก
4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความยากง่ายเหมาะสม	4.65	0.48	มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	4.41	0.50	มาก
6. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจากง่ายไปหายาก	4.58	0.50	มาก
7. กิจกรรมที่ใช้มีกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.58	0.50	มาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์	4.51	0.50	มาก
9. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.65	0.48	มาก
10. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง	4.52	0.49	มาก
เฉลี่ย	4.56	0.50	มาก

ตารางที่ 4.6 แสดงความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เมื่อพิจารณาหลายด้านพบว่าด้านกระบวนการมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}=4.56$) โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านดังนี้ 1) ขั้นตอนการจัดกิจกรรมผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ ($\bar{X}=4.72$) 2) กิจกรรมการเรียนรู้มี

ความน่าสนใจชวนติดตาม ($\bar{X}=4.55$) 3) กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความถนัด และตามความสนใจ ($\bar{X}=4.31$) 4) กิจกรรมการเรียนรู้มีความยากง่ายเหมาะสม ($\bar{X}=4.65$) 5) กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา ($\bar{X}=4.41$) 6) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจากง่ายไปหายาก ($\bar{X}=4.58$) 7) กิจกรรมที่ใช้มีกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ($\bar{X}=4.58$) 8) กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ ($\bar{X}=4.51$) 9) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง ($\bar{X}=4.65$) และ 10) กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ($\bar{X}=4.62$)

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน (ด้านผลผลิต)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น	4.06	0.58	มาก
2. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์มากขึ้น	4.10	0.30	มาก
3. ผู้เรียนมีทัศนคติวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น	4.03	0.18	มาก
เฉลี่ย	4.06	0.35	มาก

ตารางที่ 4.7 แสดงความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาหลายด้านพบว่าด้านกระบวนการมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}=4.06$) โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านดังนี้ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น ($\bar{X}=4.06$) 2) ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์มากขึ้น ($\bar{X}=4.10$) และ 3) ผู้เรียนมีทัศนคติวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น ($\bar{X}=4.03$)

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน (ทั้ง 3 ด้าน)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความประทับใจ
ด้านปัจจัยการนำเข้า	4.23	0.48	มาก
ด้านกระบวนการ	4.56	0.50	มาก
ด้านผลผลิต	4.06	0.35	มาก
เฉลี่ย	4.28	0.44	มาก

ตารางที่ 4.8 แสดงความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.28$) เมื่อพิจารณาหลายด้านพบว่าด้านปัจจัยนำเข้ามีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.23$) ด้านกระบวนการมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.56$) และด้านผลผลิตมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06$)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี เพื่อนำไปใช้เป็นต้นแบบการกักเก็บพลังงาน เพื่อการเรียนรู้ทาง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อการสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี 2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติทางแสงของแกรไฟีนที่ได้จากการสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอท เพื่อนำไปเป็นต้นแบบการกักเก็บพลังงาน และ 3) สร้างชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยระยะที่ 1 การสังเคราะห์ใช้แท่งแกรไฟต์สองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้า มีสารละลายกรดซิตริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยมีการใช้อัตราส่วนที่แตกต่างกันของกรดซิตริก กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แกรไฟีนที่มีผลต่อแท่งของแกรไฟีน ระยะที่ 2 การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ ตำบลดอนแก้ว อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าเคมี แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ไดโอดคืออะไร และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การต่อไดโอดเปล่งแสง 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สำหรับสถิติที่ใช้วิเคราะห์คือ ค่าร้อยละ (E_1/E_2) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าที (t-test) ผลการวิจัยมีดังนี้

อภิปรายผล

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสังเคราะห์แกรไฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี ซึ่งใช้แท่งแกรไฟต์สองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด และแอโนดโดยใช้ความศักย์ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 4 V สารละลายอิเล็กโทรไลต์ประกอบด้วย Citric acid กับ NaOH อัตราส่วนความเข้มข้นเท่ากับ 1:0 M, 1:1.5 M, 1:3 M, 1:4.5 M และ 1:5 M เข้าไปยังระบบของสารละลายอิเล็ก

โพลีโกล์ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ อัตราส่วนของ ตามลำดับ จะมีค่า pH อยู่ที่ 1, 4, 5, 6 และ 14 ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ 2 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย จากการทดสอบค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-Vis อยู่ในช่วงความยาวคลื่น เท่ากับ 329 nm, 435 nm, 418 nm, 347 nm และ 331 nm ค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 3.45 eV, 2.70 eV, 2.82 eV, 3.18 eV และ 3.39 eV ของ GQDs-1, GQDs-4, GQDs-5, GQDs-6 และ, GQDs-14 ตามลำดับ ในกระบวนการไฟฟ้าเคมีสังเคราะห์ได้จากขอบดูดกลืนแสงของ GQD ซึ่งขอบดูดกลืนของ GQD ได้เปลี่ยนจากบริเวณความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ตไปเป็นบริเวณที่มองเห็นได้เมื่อ pH ของ GQD เพิ่มขึ้นมากกว่า 5 ดังนั้นการศึกษานี้จึงพบว่า แสดงให้เห็นว่า pH ของ GQD สามารถปรับขนาดและแถบพลังงานใน GQD ได้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท โดยวิธีไฟฟ้าเคมี ซึ่งใช้แท่งแกรไฟต์สองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด และแอโนดโดยใช้ความศักย์ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 4 V สารละลายอิเล็กโทรไลต์ประกอบด้วย Citric Acid กับ NaOH อัตราส่วนความเข้มข้นเท่ากับ 1:0 M, 1:1.5 M, 1:3 M, 1:4.5 M และ 1:5 M เข้าไปยังระบบของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ อัตราส่วนของ ตามลำดับ จะมีค่า pH อยู่ที่ 1, 4, 5, 6 และ 14 ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ 2 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย จากการทดสอบค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-Vis Spectrometer อยู่ในช่วงความยาวคลื่น เท่ากับ 329 nm, 435 nm, 418 nm, 347 nm และ 331 nm ค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 2.70 – 3.45 eV ของ GQDs-1, GQDs-4, GQDs-5, GQDs-6 และ, GQDs-14 ตามลำดับ ในกระบวนการไฟฟ้าเคมีสังเคราะห์ได้จากขอบดูดกลืนแสงของ GQD ซึ่งขอบดูดกลืนของ GQD ได้เปลี่ยนจากบริเวณความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ตไปเป็นบริเวณที่มองเห็นได้เมื่อ pH ของ GQD เพิ่มขึ้นมากกว่า 5 ดังนั้นการศึกษานี้จึงพบว่า แสดงให้เห็นว่า pH ของ GQD สามารถปรับขนาดและแถบพลังงานใน GQD ได้

ผลการสร้าง และหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ผ่านการพิจารณาความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ของชุดกิจกรรมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า องค์ประกอบของชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก เนื่องจากการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้การวัดและการประเมินผลตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3, 9 และ 30 คนทั้งนี้มีการแก้ไขข้อบกพร่องตลอดระยะเวลาที่กำหนดในการทดลองนำไปใช้เพื่อทดสอบหา

ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 เมื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพได้ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วได้นำมาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในชุดนี้มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 75.44/77.89 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และตรงกับเกณฑ์มาตรฐานของ วาโร เฟิงส์วส์ดี (2546, น. 43-46) เสนอว่าการกำหนดเกณฑ์เท่าใดนั้นผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความเหมาะสมแต่โดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้มีการกำหนดเกณฑ์ที่ 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจจะตั้งไว้ต่ำกว่านี้เช่น 75/75 ทั้งนี้หลังจากประเมินประสิทธิภาพแล้วควรมีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้และไม่ต่ำกว่าเกณฑ์เกิน 2.5 เปอร์เซนต์และสอดคล้องกับผลการวิจัยของวนิดา หล้าอ่อน (2553) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ที่ส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องบรรยากาศสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องบรรยากาศสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพ 76.65/75.46

ผลการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 11.6 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 21.17 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จารุวรรณ เกษสุวรรณ (2554) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง น้ำ ไฟ และดวงดาว สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กนกวรรณ สกิพันธ์ (2551) ได้ศึกษาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอนผลการศึกษพบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับจุด 05 เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมจากชุดกิจกรรมด้วยตนเองผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆตามความสามารถของแต่ละบุคคลทำให้ผู้เรียนไม่เบื่อที่จะเรียนแต่มีความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนมีโอกาสในการฝึกทักษะปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ได้ด้วยและสอดคล้องกับ บุญเกื้อ ควรรหาเวช (2542, น. 91) ที่กล่าวว่า ชุดกิจกรรมสามารถถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจและพัฒนาเจตคติฝึกทักษะกระบวนการแก่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามความถนัดและความสนใจของตนเองเพราะผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติ

ผลการทดลองการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งจากการเปรียบเทียบทักษะการคิดระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.15 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 15.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จารูวรรณ เกตขสุวรรณ (2554) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน และเทคนิคผังมโนทัศน์เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่องน้ำฟ้าและดวงดาวสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของเสาวลักษณ์ หน่อคาสุก (2555) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5c ด้วยกลวิธีการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 และความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกกระบวนการคิดอย่างต่อเนื่องโดยเน้นคำถามการคิดวิเคราะห์ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดสามารถนำกระบวนการคิดนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ประกอบกับมีกิจกรรมที่สร้างความสนใจให้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนอยากศึกษาค้นคว้าแสวงหาความรู้ลงมือปฏิบัติค้นพบคำตอบด้วยตนเองทีละขั้นตอนนอกจากนี้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์เพื่อจำแนกแยกแยะองค์ประกอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเรื่องที่ศึกษาเพื่อค้นหาคำตอบหรือข้อเท็จจริงของเรื่องนั้น ๆ ไปเป็นพื้นฐานหรือเครื่องมือในการตัดสินใจ ประเมินและแก้ปัญหาในเรื่องต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นโดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาหลายด้าน พบว่า ด้านปัจจัยมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}=4.23$) ด้านกระบวนการมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}=4.56$) และด้านผลผลิตมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}=4.06$) โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เนื่องจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้และสรุปองค์ความรู้

ด้วยตนเองฝึกการทำงานเป็นกลุ่มทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่าย นอกจากนี้ชุดกิจกรรมยังมีสีสันสวยงามมีภาพประกอบที่สามารถสร้างความสนใจของผู้เรียนได้ซึ่งเป็นไปทางเดียวกันกับผลงานวิจัยของ วนิดา หล้าอ่อน (2553) ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องบรรยากาศสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องบรรยากาศสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 ในการสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท ผู้ที่ทำการทดลอง ควรศึกษารายละเอียดให้เข้าใจถูกต้องก่อนลงมือปฏิบัติ กำหนดสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ให้ถูกต้อง ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้

1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ครูผู้สอนควรทำการศึกษารูปแบบและเทคนิคการใช้ในการจัดกิจกรรมให้เข้าใจถูกต้องและชัดเจนก่อนนำไปใช้ และควรมีการชี้แจงทำความเข้าใจแก่ผู้เรียนให้เข้าใจในขั้นตอนการเรียนรู้

1.3 ครูควรมีการวางแผนการใช้เวลาในการสอนนักเรียนเพิ่มเติม เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั่วโมง อาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้เวลาในการทำการทดลองในชุดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ในขั้นตอนการสังเคราะห์ ควรทำการเพิ่มความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า และเพิ่มเวลาในการสังเคราะห์ เพราะอาจจะทำให้สารละลายที่สังเคราะห์เป็นอนุภาคควอนตัมดอทที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น

2.2 การนำไปประยุกต์ในงานวิจัยอื่น ๆ ควรวิเคราะห์โครงสร้าง สมบัติทางแสง และทางไฟฟ้าเพิ่มเติม เช่น TEM, PL, Raman และ FT-IR

2.3 สามารถนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไปบูรณาการกับหน่วยการเรียนรู้หรือวิชาอื่น ๆ ได้

2.4 ควรสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาอื่น ๆ เช่น ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ที่เป็นเนื้อหาที่ยากแก่การเข้าใจในลักษณะการเรียนรู้ที่

แตกต่างเพื่อเป็นการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพให้มี
จำนวนมากขึ้นต่อไป

2.5 ในการจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ควรสอดแทรก เสี่ยง
ภาพเคลื่อนไหวเข้าไป ทำให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความแตกต่างจากชุด
กิจกรรมการเรียนรู้ทั่วไป และดึงดูดความสนใจผู้เรียนมากยิ่งขึ้น



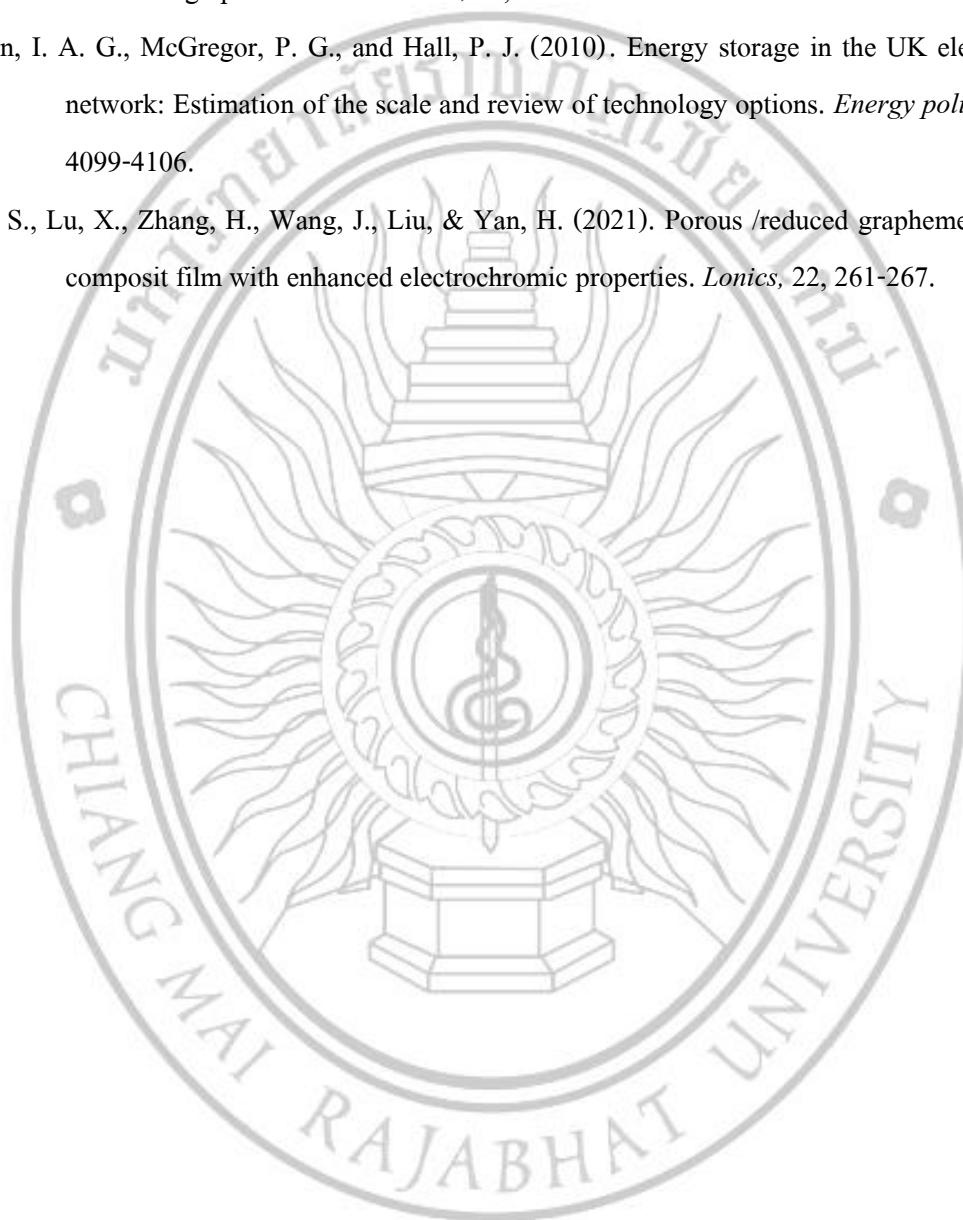
บรรณานุกรม

- กนกวรรณ สกิปันซ์. (2551). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอน. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี).
- กนกวลี แสงวิจิตรประชา. (2550). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หน่วยของชีวิตและชีวิตพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองการศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- เกียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2549). การคิดเชิงวิเคราะห์. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิเดีย.
- จารุวรรณ เกษสุวรรณ. (2554). พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน และเทคนิคแผนผังโน้ตสโน้เพื่อเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง น้ำ ไฟ และดวงดาว สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองการศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: บริษัทแดเน็กซ์อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2545). เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับประถมศึกษา หน่วยที่ 8 – 15. (พิมพ์ครั้งที่ 20). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- จิตาภรณ์ พันธุ์ศรี. (2549). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง แรง และการเคลื่อนที่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองการศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- ทิตนา แหมมณี. (2543). ชุดกิจกรรมการสอนและการฝึกทักษะกระบวนการกลุ่มชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. กรุงเทพฯ: ภาควิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญเกื้อ คอราเวช. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2552). แบบฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิควิธีคิด.

- ไพรัช หลงมีวงศ์. (2550). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การดำรงชีวิตของสัตว์ โดยใช้การเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5E. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2540). พฤติกรรมมนุษย์ในองค์การในเอกสารชุดการสอนหน่วยที่ 8-15. (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- วิเศษสรณ์ ชาติอารยะวดี. (2557). สมบัติและการนำไปประยุกต์ใช้. วารสารนเรศวรพะเยา, 7(1), 17-28.
- สลใจ วิบูลกิจ. (2542). ความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการประสานงานของศึกษานิเทศก์อำเภอกับความพึงพอใจในการทำงานของเจ้าหน้าที่ในสำนักงานศึกษานิเทศก์อำเภอ เขตการศึกษา 3. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- ศิริกาญจน์ วิเศษสุวรรณภูมิ. (2560). แกรฟีนวัสดุ 2 มิติเพื่ออนาคต. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา (สทศ.).
- เสาวลักษณ์ อินแพง. (2560). การสร้างเซนเซอร์แก๊สไฮโดรเจนด้วยการกระจายตัวของอนุภาคนาโนแพลเลเดียมบนแผ่นแกรฟีน. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา).
- อารีรัตน์ โพธิ์คำ. (2552). การพัฒนาชุดการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบางลายพิทยาคม. (การค้นคว้าอิสระศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยี การศึกษามหาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร).
- Ahirwar, S., Mallick, S., & Bahadur, D. (2017). Electrochemical method to prepare graphene quantum dots and graphene oxide quantum dots. *ACS Omega*, 2(11), 8343-8353.
- Beaudin, M., Zareipour, H., Achellenberglahe, A., & Rosehart, W., (2010) Energy storage for mitigating the variability of renewable electricity sources: An updated review. *Energy for Sustainable Development*, 14, 302–314.

- Chua, C.K. & Pumera, M. (2014). Chemical reduction of graphene oxide: a synthetic chemistry viewpoint. *Chem. Soc. Rev.*, 43, 291.
- Cruz, A. A. C., Freire, R. M., Carneiro, S. V., Ferreira, O. P., & Fechine, P. B. A. (2017). Carbon quantum dots: a safe tool to learn about quantum phenomenon in nanomaterials. *Journal of Laboratory Chemical Education*, 5(3), 48-54,
- Edward, R. S., & Coleman, K. S. (2013). Graphene synthesis: Relationship to application. *Nanoscale*, 5, 38-51
- Elsevier Ltd. (2013). All in the graphene family – A recommended nomenclature for two-dimensional carbon materials. *Carbon*, 65, 1.
- Galib, O. F. M. A. (2012). *Graphene grown by chemical vapor deposition on evaporated copper thin films*. (Master's thesis, Department of Microtechnology and Nanoscience, Chalmers University of Technology).
- Gao, W., Alemany, L.B., Ci, L., and Ajayan, P.M. (2009). New insights into the structure and reduction of graphite oxide. *Nature Chemistry*, 1, 403.
- Chen, H., Cong, T.N., Yang, W., Tan, C., Li, Y., and Ding, Y. (2008). *Progress in electrical energy storage system: A critical review*. UK: Institute of Particle Science and Engineering, University of Leeds.
- Chen, H., Cong, T.N., Yang, W., Tan, C., Li, Y. & Ding, Y., (2009) Progress in electrical energy storage system: A critical review. *Progress in Natural Science*, 19, 291–312.
- Hummers, W.S. Jr. & Offeman, R.E. (1958). Preparation of Graphitic Oxide. *Journal of the American Chemical Society*, 80, 1339.
- Mohsin, A. (2012). *Graphene synthesis and characterization on copper*. (Master's thesis, Electrical and Computer Engineering, The Graduate College, University of Iowa).
- Singh, V., Joung, D., Zhai, L., Das, S., Khondaker, S.I. and Seal, S. (2011). Graphene based materials: Past, present and future. *Progress in Materials Science*, 56(8), 1178-1271
- Pei, S. & Cheng, H.M. (2012). The reduction of graphene oxide. *Carbon*, 50, 3210.
- Korea IT Times. (2011). *S. Korea keen on turning waste to renewable energy*. Retrieved from <http://www.koreaitimes.com/story/16713/s-korea-keen-turning-waste-renewable-energy>
- Nair, N. C. & Garimella, N. (2010). Battery energy storage systems: Assessment for small -scale renewable energy integration. *Energy and building*, 42, 2124-2130.

- Jossen, A., Garche, J., & Sauer, D.U. (2004). Operation conditions of batteries in PV applications. *Solar Energy*, 76, 759-769.
- Stankovich, S., Dikin, D.A., Piner, R.D., Kohlhaas, K.A., Kleinhammes, A., Jia, Y., ..., Ruoff, R.S. (2007). Synthesis of grapheme-based nanosheets via chemical reduction of exfoliated graphite oxide. *Carbon*, 45, 1558.
- Wilson, I. A. G., McGregor, P. G., and Hall, P. J. (2010). Energy storage in the UK electrical network: Estimation of the scale and review of technology options. *Energy policy*, 38, 4099-4106.
- Zhao, S., Lu, X., Zhang, H., Wang, J., Liu, & Yan, H. (2021). Porous /reduced grapheme oxide composit film with enhanced electrochromic properties. *Ionics*, 22, 261-267.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. นางรัชนิกร วานิชสมบัติ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี
ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ อำเภอ
แมริม จังหวัดเชียงใหม่
2. นางรัตนดา วุฒินันท์สุรสิทธิ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี
ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ อำเภอ
แมริม จังหวัดเชียงใหม่
3. นางสาวโสภา กันจันะ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี
ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ อำเภอ
แมริม จังหวัดเชียงใหม่

ภาคผนวก ข

**แบบประเมินความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

คำชี้แจง

ให้ท่านพิจารณาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ว่ามีความสอดคล้องในด้านองค์ประกอบของชุดกิจกรรมและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หรือไม่โดยทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

+1 หมายถึงแน่ใจว่าชุดกิจกรรมนั้นมีความสอดคล้องด้านองค์ประกอบของชุดกิจกรรมและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

0 หมายถึงไม่แน่ใจว่าชุดกิจกรรมนั้นมีความสอดคล้องด้านองค์ประกอบของชุดกิจกรรมและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

1 หมายถึงแน่ใจว่าชุดกิจกรรมนั้นไม่สอดคล้องด้านองค์ประกอบของชุดกิจกรรมและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	+1	0	1
1. ด้านคู่มือการใช้ชุดกิจกรรม			
1.1 คำชี้แจงสำหรับครูได้มีการบอกขั้นตอนต่าง ๆ ในการนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้สอนอย่างครบถ้วน			
1.2 คำชี้แจงสำหรับครูจัดเรียงลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ตามลำดับก่อนหลังมีความเข้าใจง่ายสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง			
1.3 คำชี้แจงสำหรับนักเรียนมีการอธิบายข้อปฏิบัติในการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นให้นักเรียนสามารถปฏิบัติตามได้			
1.4 คำชี้แจงสำหรับนักเรียนสามารถแนะแนวทางที่นักเรียนต้องปฏิบัติเพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์ของการจัดการสอนได้			

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	+1	0	1
1.5 กำหนดการจัดชั้นเรียนได้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น			
2. ด้านแผนการจัดการเรียนรู้			
2.1 สารการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551			
2.2 ตัวชี้วัดสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกัน			
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระสำคัญ			
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้			
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในขั้นสร้างความสนใจเหมาะสำหรับการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากเรียนรู้อยากทำการสำรวจและค้นหา			
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในขั้นสำรวจและค้นหาสามารถทำให้นักเรียนได้ข้อมูลที่จะนำไปสู่ข้อสรุปบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.7 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในขั้นขยายความรู้สามารถทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบมากขึ้น			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



ภาคผนวก ค

**แบบประเมินความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

ตารางที่ ค.1 แสดงผลประเมินความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง เครื่องมือวัดงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3		
1. ด้านคู่มือการใช้ชุดกิจกรรม					
1.1 คำชี้แจงสำหรับครูได้มีการบอก ขั้นตอนต่างๆในการนำชุดกิจกรรมการ เรียนรู้ไปใช้สอนอย่างครบถ้วน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.2 คำชี้แจงสำหรับครูจัดเรียงลำดับ ขั้นตอนต่างๆตามลำดับก่อนหลังมีความ เข้าใจง่ายสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.3 คำชี้แจงสำหรับนักเรียนมีการอธิบาย ข้อปฏิบัติในการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ให้นักเรียน สามารถปฏิบัติตามได้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.4 คำชี้แจงสำหรับนักเรียนสามารถแนะ แนวทางที่นักเรียนต้องปฏิบัติเพื่อให้บรรลุ ตามจุดประสงค์ของการจัดการสอนได้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.5 กำหนดการจัดชั้นเรียนได้เหมาะสม กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3		
2. ด้านแผนการจัดการเรียนรู้					
2.1 สาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดตรงตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.2 ตัวชี้วัดสาระสำคัญและจุดประสงค์ การเรียนรู้สอดคล้องกัน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้และสาระสำคัญ	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้อง ตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ในขั้นสร้างความสนใจเหมาะสำหรับ การกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากเรียนรู้ อยากทำการสำรวจและค้นหา	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ในขั้นสร้างความสนใจเหมาะสำหรับ การกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากเรียนรู้ อยากทำการสำรวจและค้นหา	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ในขั้นสำรวจและค้นหาสามารถทำ ให้นักเรียนได้ข้อมูลที่จะนำไปสู่ข้อสรุป ตามจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3		
2.7 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในชั้นอธิบายและลงข้อสรุปทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในชั้นขยายความรู้สามารถทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบมากขึ้น	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.9 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในชั้นการวัดและประเมินผล สามารถวัดผลการเรียนรู้ได้ครบทั้ง พุทธพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.10 ระยะเวลาของแต่ละขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3. ด้านสื่อการเรียนรู้					
3.1 บัตรคำสั่งกำหนดข้อปฏิบัติไว้ครบถ้วนชัดเจน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.2 บัตรเนื้อหาใช้ภาษาได้เหมาะสมเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.3 บัตรเนื้อหาสอดคล้อง ครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.4 บัตรกิจกรรมมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.5 บัตรกิจกรรมจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาด้านพุทธพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3		
3.6 แบบบันทึกกิจกรรมสอดคล้องกับ บัตรกิจกรรม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.7 บัตรเฉลยกิจกรรมมีความชัดเจนและ สอดคล้องกับบัตรกิจกรรม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.8 บัตรคำถามสอดคล้องกับเนื้อหาและ จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.9 บัตรคำถามจะช่วยให้ นักเรียนได้ พัฒนา ด้าน พุทธพิสัย ทักษะพิสัย และจิต พิสัย	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.10 บัตรคำตอบ มีความชัดเจนและ สอดคล้องกับบัตรคำถาม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
4. ด้านการวัดและประเมินผล	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
4.1 การวัดและประเมินผล วัดได้ครอบคลุม ตามตัวชี้วัด					
4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน วัดได้ครอบคลุมตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
4.3 การวัดและการประเมินผลเน้นการ ประเมินตามสภาพจริง	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

ภาคผนวก ง

**แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น**

คำชี้แจง

ให้ท่านพิจารณาแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรม โดยทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

+1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบประเมินความพึงพอใจ มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความสอดคล้อง

1 หมายถึง แน่ใจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสอดคล้อง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ		
	+1	0	1
1. ด้านปัจจัยนำเข้า			
1.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เหมาะสมและน่าสนใจ			
1.2 คำชี้แจงสำหรับนักเรียนชัดเจน และเหมาะสม			
1.3 เนื้อหาที่กำหนดในชุดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสม			
1.4 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเพียงพอต่อการเรียนรู้เนื้อหา			
1.5 สื่อการเรียนรู้ มีความหลากหลายเหมาะสมกับกิจกรรม			
1.6 ชุดกิจกรรมให้คำแนะนำแนวทางการร่วมกิจกรรมได้อย่างชัดเจน			
1.7 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความยากง่ายเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหา			
1.8 เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนถูกต้องชัดเจน			

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	+1	0	1
2. ด้านกระบวนการ			
2.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้			
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจชวนติดตาม			
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความถนัด และตามความสนใจ			
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีความยากง่ายเหมาะสม			
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา			
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจากง่ายไปหายาก			
2.7 กิจกรรมที่ใช้มีกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ			
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์			
2.9 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง			
2.10 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง			
3. ด้านผลิต			
3.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น			
3.2 ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์มากขึ้น			
3.3 ผู้เรียนมีทัศนคติวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น			

ภาคผนวก จ

**ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น**

ตารางที่ ข. 1 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	+1	0	1		
1. ด้านปัจจัยนำเข้า					
1.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เหมาะสมและ น่าสนใจ	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.2 คำชี้แจงสำหรับนักเรียนชัดเจน และเหมาะสม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.3 เนื้อหาที่กำหนดในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เหมาะสม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.4 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเพียงพอต่อ การเรียนรู้เนื้อหา	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.5 สื่อการเรียนรู้ มีความหลากหลายเหมาะสมกับ กิจกรรม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.6 ชุดกิจกรรมให้คำแนะนำแนวทางการร่วม กิจกรรมได้อย่างชัดเจน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.7 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี ความยากง่ายเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.8 เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ถูกต้องชัดเจน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	+1	0	1		
2. ด้านกระบวนการ	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้					
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจชวนติดตาม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความถนัด และตามความสนใจ	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีความยากง่ายเหมาะสม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจากง่ายไปหายาก	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.7 กิจกรรมที่ใช้มีกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.9 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.10 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3. ด้านผลิต					
3.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.2 ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์มากขึ้น	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3.3 ผู้เรียนมีทัศนคติวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

ภาคผนวก จ

แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 เวลา 1 ชั่วโมง
 ชื่อหน่วย หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าเคมี เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์
 ผู้สอน นางสาวภัทรพร ปินคำ โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ K (Knowledge)

- 3.1.1 บอกความหมายของเกรฟีนควอนตัมคอตได้
- 3.1.2 บอกคุณสมบัติของเกรฟีนควอนตัมคอตได้
- 3.1.3 บอกการนำเกรฟีนควอนตัมคอตไปประยุกต์ใช้ในทางอิเล็กทรอนิกส์ได้
- 3.1.4 บอกสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ได้

3.2 ด้านทักษะกระบวนการ P (Performance)

- 3.2.1 คิดตั้งอุปกรณ์การสังเคราะห์เกรฟีนได้
- 3.2.2 วาดแผนผังการสังเคราะห์เกรฟีนได้

3.3 ด้านเจตคติ A (Attitude)

3.3.1 เห็นคุณค่าของแกรฟีนควอนตัมดอท

สาระสำคัญ

แกรฟีน (Graphene) เป็นอะตอมคาร์บอนที่จัดเรียงตัวในสองมิติมีแลตทิซแบบหกเหลี่ยม คล้ายรังผึ้ง และมีไฮบริดเซชันแบบ (sp^2) มีความหนา 1 อะตอม ซึ่งก็คือแกรไฟต์ที่มีเพียงชั้นเดียว (Monolayer of Graphite) นับตั้งแต่มีการค้นพบ แกรฟีน ในปี ค.ศ.2004 เป็นต้นมา นักวิจัยทั่วโลกได้ทำ การศึกษาวิจัยทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมันมีลักษณะเด่นกว่าวัสดุอื่น ๆ กล่าวคือ มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นสูง มีความแข็งแรงสูงกว่าโลหะหลายๆ มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดีมาก อนุกรมมีห้อง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเชิงแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ค่อนข้างกว้าง ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นในหลายๆ ด้าน จึงทำให้แกรฟีนได้ชื่อว่าวัสดุแห่งอนาคต

ควอนตัมดอท (quantum dot) (หรือบางครั้งก็เรียกว่าจุดควอนตัม) เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกนาโน (nanocrystal) ของสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่น แคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe) และ เลดซัลไฟด์ (PbS) ซึ่งประกอบไปด้วยอิเล็กตรอนจำนวนระหว่าง 100 - 1,000 อิเล็กตรอน และเป็นโครงสร้างนาโนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 2 - 10 นาโนเมตร (หรือประกอบไปด้วยอะตอมจำนวนประมาณ 10-50 อะตอม) เมื่อมองโครงสร้างของควอนตัมดอทนี้ผ่านเครื่องมือที่สามารถสำรวจโครงสร้างระดับนาโนได้ จะมองเห็นว่าโครงสร้างนี้มีลักษณะเป็นจุด (dot) จึงเป็นที่มาของโครงสร้างนาโนที่เรียกว่าควอนตัมดอท และเมื่อโครงสร้างของควอนตัมดอทที่ได้จากสังเคราะห์มีขนาดเล็กระดับนาโนนี้ ทำให้โครงสร้างนี้หรือจุดนี้ก็จะแสดงพฤติกรรมภายในอะตอมหรือภายในโมเลกุลแบบควอนตัม (quantum) ตามหลักการทางฟิสิกส์ควอนตัม (quantum physics) (หรือมีสถานะเป็นแบบควอนตัมนั่นเอง) จึงเรียกโครงสร้างนาโนของวัสดุที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า ควอนตัมดอท (หรือเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าผลึกนาโนของสารกึ่งตัวนำ)

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลาย เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของแกรฟีนควอนตัมดอท
2. คุณสมบัติของแกรฟีนควอนตัมดอท
3. การนำแกรฟีนควอนตัมดอทไปประยุกต์ใช้ในทางอิเล็กทรอนิกส์
4. อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte)

กิจกรรม /กระบวนการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (20 นาที)

- ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 30 ข้อ
- ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (30 นาที)

- ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
- ครูอธิบายความหมายเกรฟีนควอนตัมดอท และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ก่อนที่จะให้นักเรียนทำกิจกรรม
- ครูอธิบายกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจก่อนที่จะแจกให้นักเรียนทำ
- ครูตรวจสอบการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละกลุ่ม เพื่อให้คำปรึกษา ชี้แนะ อธิบายปัญหาต่าง ๆ ให้แก่นักเรียนในแต่ละกลุ่ม และสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ และลงข้อสรุป (5 นาที)

- ครูได้สรุปองค์ความรู้ร่วมขอให้นักเรียนจะได้ไปในทิศทางเดียวกัน
 - แกรฟีน (Graphene) เป็นอะตอมคาร์บอนที่จัดเรียงตัวในสองมิติมีแลตทิซแบบหกเหลี่ยมคล้ายรังผึ้ง และมีไฮบริดไคเซ-ชันแบบ (sp^2) มีความหนา 1 อะตอม
 - สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลาย เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (5 นาที)

- ครูอธิบายเพิ่มเติม เรื่อง แกรฟีนควอนตัมดอท และการนำไปประยุกต์ใช้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน/ตรวจสอบผล

- ครูตรวจสอบผลนักเรียนจากการทำกิจกรรม เรื่อง การสังเคราะห์แกรฟีน
- ครูตรวจพฤติกรรมนักเรียน ระหว่างทำกิจกรรม

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
2. ใบกิจกรรม เรื่อง การสังเคราะห์แกรไฟน์
3. อุปกรณ์การสังเคราะห์แกรไฟน์

หลักฐาน/ร่องรอยการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรม เรื่อง การสังเคราะห์แกรไฟน์
2. สมุด



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รหัสวิชา ว 23101 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1
เวลา 1 ชั่วโมง ชื่อหน่วย หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่อง ไดโอดคืออะไร
ผู้สอน นางสาวภัทรพร ปินตาคำ โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
ตัวชี้วัด

ว 5.1 ม.3/1 อธิบายตัวต้านทาน ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และหลอดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้นที่มีทรานซิสเตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ K (Knowledge)

3.1.1 อธิบายความหมาย ลักษณะของไดโอด

3.1.2 เขียนสัญลักษณ์ของไดโอด

3.1.3 บอกคุณสมบัติของไดโอด

3.3 ด้านทักษะกระบวนการ P (Performance)

3.2.1 ต่อชิ้นส่วนไดโอดในวงจรไฟฟ้า

3.2.2 วาดแผนผังการต่อวงจรไดโอด

3.3 ด้านเจตคติ A (Attitude)

3.3.1 เห็นคุณค่าของไดโอด

สาระสำคัญ

ไดโอด เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีรูปร่างลักษณะหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมาก และเป็นแบบที่

นักเรียนควรรู้จัก มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกเล็กๆ มีก้านโลหะอยู่หัว-ท้ายของทรง กระบอก ด้านหนึ่งมีแถบสีดำคาด ซึ่งแสดงว่าเป็นขั้วแคโทด (Cathode) หรือ ขั้วลบ ส่วนก้านโลหะด้านตรงกันข้ามจะเป็นขั้วแอโนด (Anode) หรือ ขั้วบวก

สาระการเรียนรู้

1. ความหมาย ลักษณะ เขียนสัญลักษณ์ ของไดโอด
2. คุณสมบัติของไดโอด
3. ต่อชิ้นส่วนไดโอดต่อในรูปวงจรไฟฟ้าได้
4. นำความคิดจากการวาดแผนผังวงจรไดโอด มาต่อวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (10 นาที)

- ครูและนักเรียนในนักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน
- ตั้งคำถามเรื่อง การสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมดอท

(ครูถามนักเรียนว่า เมื่อเราได้สารแกรฟีนควอนดอทแล้ว สามารถนำมาประยุกต์ใช้ด้านใด และปัจจุบันสามารถนำไปผลิตเป็นอะไรได้บ้าง

ตอบ แกรฟีนควอนตัมดอทสามารถนำมาประยุกต์ใช้ด้าน การคมนาคม เกษตรกรรม อุตสาหกรรม การแพทย์ และวิทยาศาสตร์ และปัจจุบันสามารถนำไปผลิตเป็น โซล่าเซลล์ ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ฯ)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (30 นาที)

- ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
- ครูอธิบายลักษณะและสมบัติ ของไดโอด ก่อนที่จะให้นักเรียนทำกิจกรรม
- ครูอธิบายกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจก่อนที่จะแจกให้นักเรียนทำ
- ครูตรวจสอบการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละกลุ่ม เพื่อให้คำปรึกษา ชี้แนะ อธิบายปัญหาต่าง ๆ ให้แก่นักเรียนในแต่ละกลุ่ม และสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ และลงข้อสรุป (10 นาที)

- ครูได้สรุปองค์ความรู้ร่วมขอให้นักเรียนจะได้ไปในทิศทางเดียวกัน
 - ไดโอดเปล่งแสงเป็นอุปกรณ์ ที่ให้แสงสว่างและยอมให้กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านได้ทางเดียวเท่านั้น
 - การต่อไดโอดเปล่งแสงต้องต่อแบบอนุกรม คือต่อขั้วแอโนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วแคโทดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (5 นาที)

- ครูอธิบายเพิ่มเติม เรื่อง ประเภทของไดโอด

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน/ตรวจสอบผล (5 นาที)

- ครูตรวจสอบผลนักเรียนจากการทำกิจกรรม เรื่อง ไดโอดคืออะไร
- ครูตรวจพฤติกรรมนักเรียน ระหว่างทำกิจกรรม

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

4. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
5. ใบกิจกรรม เรื่อง ไดโอดคืออะไร
6. อุปกรณ์การต่อวงจร

หลักฐาน/ร่องรอยการเรียนรู้

3. ใบกิจกรรม เรื่อง ไดโอดคืออะไร
4. สมุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รหัสวิชา ว 23101 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1
เวลา 1 ชั่วโมง ชื่อหน่วย หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่อง การต่อไดโอดเปล่งแสง
ผู้สอน นางสาวภัทรพร ปินตาคำ โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 ม.3/1 อธิบายตัวต้านทาน ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และหลอดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้นที่มีทรานซิสเตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ K (Knowledge)

- 3.1.1 อธิบายความหมาย ลักษณะของไดโอดเปล่งแสง
- 3.1.2 เขียนสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง
- 3.1.3 บอกคุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง

3.4 ด้านทักษะกระบวนการ P (Performance)

- 3.2.1 ต่อชิ้นส่วนไดโอดเปล่งแสงในวงจรไฟฟ้า
- 3.2.2 วาดแผนผังการต่อวงจรไดโอดเปล่งแสง

3.3 ด้านเจตคติ A (Attitude)

- 3.3.1 เห็นคุณค่าของไดโอดเปล่งแสง

สาระสำคัญ

ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) หรือ เรียกว่า LED (แอลอีดี) ผลิตมาจากสาร กึ่งตัวนำ ชนิด P และชนิด N ต่อชนกัน มีขาต่อออกมาใช้งานสองขา คือขาแอนโนด และ ขาแคโทด ซึ่งไดโอดเปล่งแสงเปล่งแสงออกมาได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแสงที่เปล่งออกมา ประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียว และมีเฟสต่อเนื่องกัน

สาระการเรียนรู้

1. ความหมาย ลักษณะ เขียนสัญลักษณ์ ของไดโอดเปล่งแสง
2. คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง
3. ต่อชิ้นส่วนไดโอดเปล่งแสงต่อในรูปวงจรไฟฟ้าได้
4. นำความคิดจากการวาดแผนผังวงจรไดโอดเปล่งแสง มาต่อวงจรไฟฟ้าใช้ใน

ชีวิตประจำวัน

กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (10 นาที)

- ครูและนักเรียนในนักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน
- ตั้งคำถามเรื่อง ไดโอด

(ครูถามนักเรียนว่า ไดโอดมีคุณสมบัติอย่างไร

ตอบ ไดโอดมีคุณสมบัติทำให้กระแสไฟฟ้าไหลทางเดียว โดยกระแสไฟฟ้าไหลเข้าทางขั้วแอโนดและออกทางขั้วแคโทด)

(ครูถามนักเรียนว่า การต่อไดโอดในวงจรต้องต่อแบบอนุกรม คือ

ตอบ ขั้วแอโนดต่อกับขั้วบวกและขั้วแคโทดต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (30 นาที)

- ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
- ครูอธิบายลักษณะและสมบัติ ของไดโอดเปล่งแสงก่อนที่จะให้นักเรียนทำกิจกรรม
- ครูอธิบายกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจก่อนที่จะแจกให้นักเรียนทำ
- ครูตรวจสอบการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละกลุ่ม เพื่อให้คำปรึกษา ชี้แนะ อธิบายปัญหาต่าง ๆ ให้แก่นักเรียนในแต่ละกลุ่ม และสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ และลงข้อสรุป (10 นาที)

- ครูได้สรุปองค์ความรู้ร่วมขอให้นักเรียนจะได้ไปในทิศทางเดียวกัน
 - ไดโอดเปล่งแสงเป็นอุปกรณ์ ที่ให้แสงสว่างและยอมให้กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านได้ทางเดียวเท่านั้น
 - การต่อไดโอดเปล่งแสงต้องต่อแบบอนุกรม คือต่อขั้วแอโนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วแคโทดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (5 นาที)

- ครูอธิบายเพิ่มเติม
(ไดโอดเปล่งแสง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แสงที่ตาคนมองเห็น และ แสงที่ตาคนมองไม่เห็น)

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน/ตรวจสอบผล (5 นาที)

- ครูตรวจสอบผลนักเรียนจากการทำกิจกรรม เรื่อง มาต่อไดโอดเปล่งแสงกันเถอะ
- ครูตรวจพฤติกรรมนักเรียน ระหว่างทำกิจกรรม

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
2. ใบกิจกรรม เรื่อง มาต่อไดโอดเปล่งแสงกันเถอะ
3. อุปกรณ์การต่อวงจร

หลักฐาน/ร่องรอยการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรม เรื่อง มาต่อไดโอดเปล่งแสงกันเถอะ
2. สมุด

ภาคผนวก ข

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
รายวิชา วิทยาศาสตร์



โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เชียงใหม่ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 2

คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น รายวิชา วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จัดทำขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด ตามหลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีเนื้อหาสาระการนำเสนอเหมาะสำหรับนักเรียน รูปแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และทำความเข้าใจด้วยตนเอง ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและสนุกกับการเรียน พร้อมทั้งสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน



คู่มือสำหรับครู

การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ครูผู้สอนควรศึกษารายละเอียดกิจกรรมการปฏิบัติตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ครูเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และจัดชั้นเรียน ให้พร้อม
2. ครูศึกษาเนื้อหาที่จะสอน ให้ละเอียดและศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
3. ก่อนสอนครูต้องเตรียมชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นไว้บนโต๊ะ ให้เรียบร้อย และเตรียมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนในแต่ละกลุ่ม โดยให้ได้รับคนละ 1 ชุด ยกเว้นสื่อการสอนที่ต้องใช้ร่วมกันทั้งกลุ่ม
4. ครูให้นักเรียนทำการทดลองการสังเคราะห์แอมป์น ก่อนเข้าสู่บทเรียน
5. ครูเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้และวัดผลประเมินผลให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอน ที่กำหนดไว้
6. การสอนแบ่งออกเป็น 5 ชั้น ดังนี้ ชั้นที่ 1 ชี้นำ ชั้นที่ 2 ชั้นกิจกรรม ชั้นที่ 3 ชั้นสรุป ชั้นที่ 4 ชั้นประเมินผล
7. ก่อนสอนครูต้องชี้แจง ใบงานการสังเคราะห์แอมป์น และชี้แจงให้นักเรียนศึกษาคู่มือ นักเรียน ศึกษาการเรียนรู้ด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่ ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน ใบความรู้ กิจกรรมการทดลอง บันทึกกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน คำถามชวนคิด เฉลย
8. เมื่อปฏิบัติกิจกรรมเสร็จแล้ว ครูต้องเน้นให้นักเรียนเก็บชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ของตนไว้ในสภาพเรียบร้อย
9. การสรุปบทเรียนควรจะเป็นกิจกรรมร่วมกันของกลุ่ม หรือตัวแทนแต่ละกลุ่ม สรุปร่วมกัน



การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น นักเรียนควรปฏิบัติตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แบ่งหน้าที่ กำหนดบทบาทสมาชิกให้ชัดเจน หากมีปัญหาให้ปรึกษาคู่มือ
2. นักเรียนศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ ก่อนลงมือศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 30 ข้อ แล้วตรวจคำตอบจากเฉลย
4. นักเรียนศึกษากิจกรรมการทดลองการสังเคราะห์แอมโมเนีย อย่างละเอียด
5. นักเรียนศึกษาเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่หน้าแรกจนถึงหน้าสุดท้าย จะข้ามหน้าใดหน้าหนึ่ง **ไม่ได้**
6. ถ้ามีคำสั่ง คำถามหรือกิจกรรม นักเรียนต้องปฏิบัติตามทุกอย่าง
7. นักเรียนต้องซื้อสัตว์ของตนเอง **ไม่ดูเลย** ก่อน คว้าความสามารถ ในการตอบคำถามด้วยตนเอง
8. นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องตอบคำถามเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล และสรุปผล การทดลอง
9. เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนต้องส่งตัวแทนนำเสนอ ไปบันทึกกิจกรรมของกลุ่มตนเอง
10. ทุกกิจกรรมการเรียนรู้มีเวลาจำกัด นักเรียนควรปฏิบัติให้ทันเวลา ไม่ควรปล่อยทิ้งงาน หรือสะสมงานค้างไว้ เนื่องจากผลงานแต่ละกิจกรรมชุดการเรียนรู้เป็นองค์ความรู้สำหรับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในลำดับต่อไป
11. การทำกิจกรรมในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ หรือช่วยกันค้นคว้าด้วยความตั้งใจ
12. เมื่อเรียนจบแต่ละกิจกรรมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ควรเก็บอุปกรณ์การเรียน ให้เรียบร้อยทุกครั้ง



เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ ทดลองและอธิบายสมบัติเบื้องต้นของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บางชนิด เช่น ตัวต้านทาน ไดโอด ไอซี และทรานซิสเตอร์ (ว 5.1 ม.3/1)



1. บอกความหมาย ของเกรฟีนควอนตัมดอทได้ (K)
2. บอกคุณสมบัติของเกรฟีนควอนตัมดอทได้ (K)
3. บอกการนำเกรฟีนควอนตัมดอทไปประยุกต์ใช้ในทางอิเล็กทรอนิกส์ได้ (K)
4. บอกความหมาย ลักษณะของไดโอด และ ไดโอดเปล่งแสง (K)
5. เขียนสัญลักษณ์ เขียนสัญลักษณ์ของไดโอด และ ไดโอดเปล่งแสง (K)
6. อธิบายคุณสมบัติของไดโอด และ ไดโอดเปล่งแสง (K)
7. ทดลองอุปกรณ์การสังเคราะห์เกรฟีนได้ (P)
8. วาดรูปแผนผังวงจร ไดโอดและ ไดโอดเปล่งแสง (P)
9. ต่อชิ้นส่วนไดโอดในวงจรไฟฟ้าและไดโอดเปล่งแสงในวงจรไฟฟ้า (P)
10. เห็นคุณค่าของเกรฟีนควอนตัมดอท (A)
11. เห็นคุณค่าของไดโอด (A)

เวลาที่ใช้ 3 ชั่วโมง



-  กิจกรรมที่ 1 การสังเคราะห์แก๊ส
-   กิจกรรมที่ 2 ไดโอด คืออะไร
-    กิจกรรมที่ 3 มาต่อดีโอดเปล่งแสงกันเถอะ



ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านและปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้ ปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนอ่านคู่มือนักเรียนให้เข้าใจ ก่อนจะลงมือศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ขั้นที่ 2 นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 30 ข้อ และตรวจคำตอบจากเฉลย

ขั้นที่ 3 นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์แก๊สฟีน

ขั้นที่ 4 นักเรียนศึกษากิจกรรมการทดลองที่ 1 การสังเคราะห์แก๊สฟีน แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรมบันทึกผลลงในใบบันทึกกิจกรรมและตรวจความถูกต้องจากเฉลยกิจกรรม (ไม่ควรเปิดดูเฉลยก่อน)

ขั้นที่ 5 นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 2 เรื่อง ไดโอด

ขั้นที่ 6 นักเรียนศึกษาใบความรู้ 2 ไดโอดคืออะไร แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรมบันทึกผลลงในใบบันทึกกิจกรรมและตรวจความถูกต้องจากเฉลยกิจกรรม (ไม่ควรเปิดดูเฉลยก่อน)

ขั้นที่ 7 นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 3 เรื่อง ต่อไดโอดเปล่งแสง

ขั้นที่ 8 นักเรียนศึกษากิจกรรมการทดลองที่ 3 มาต่อไดโอดเปล่งแสงกันเถอะ แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรม บันทึกผลลงในใบบันทึกกิจกรรมและตรวจความถูกต้องจากเฉลยกิจกรรม (ไม่ควรเปิดดูเฉลยก่อน)

ขั้นที่ 9 นักเรียนกลุ่มที่ครูสุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 10 นักเรียนทุกคนและครูร่วมกันสรุปและรับฟังการให้ความรู้เพิ่มเติมจาก
ครูผู้สอน

ขั้นที่ 11 นักเรียนทำคำถามชวนคิด และตรวจความถูกต้องจากเฉลยคำถามชวน
คิด

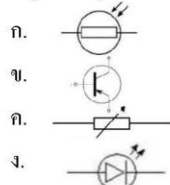
ขั้นที่ 12 นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ และตรวจคำตอบจาก
เฉลย



แบบทดสอบก่อนเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว โดยท าเครื่องหมาย X ตรงข้อที่ คิดว่า ถูกต้อง

1. สัญลักษณ์อุปกรณ์ชนิดใดต่อไปนี้ ที่การทำงานขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ตกกระทบ

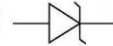


2. อุปกรณ์ชนิดใดในวงจรไฟฟ้าที่แปลงแสงได้

- ก. Prints Cercuits
- ข. Integrated Circuit
- ค. Light Emitting Diode
- ง. Light Dependent Resistor

3. ไดโอดแปลงแสงใช้กระแสไฟฟ้าน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหายต้องมีการต่อ
ขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดใด

- ก. ไอซี
- ข. ตัวล้นทาน
- ค. ตัวเก็บประจุ
- ง. ทรานซิสเตอร์

4. ไดโอด ทำหน้าที่อะไรในวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- เป็นอุปกรณ์ท ำหน้าที่ตัด - ต่อ วงจรไฟฟ้า
 - เป็นอุปกรณ์ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางเดียว
 - เป็นอุปกรณ์ที่ลดปริมาณกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรไฟฟ้า
 - เป็นอุปกรณ์ที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้ตามต้องการ
5. จากสัญลักษณ์  ข้อใดกล่าว ไม่ ถูกต้อง
- ขั้วไฟฟ้าด้าน B เรียกว่าแอโนด
 - ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้ คือ ไดโอด
 - ด้าน A ต้องต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่
 - การต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้ต้องต่อแบบอนุกรมกับวงจร
6. จากสัญลักษณ์  เป็นไดโอดประเภทใด
- ซีเนอร์ไดโอด
 - โฟโตไดโอด
 - ไดโอดความแรงเคอร์
 - ไดโอดเปล่งแสง
7. จากสัญลักษณ์  เป็นไดโอดประเภทใด
- ซีเนอร์ไดโอด
 - โฟโตไดโอด
 - ไดโอดความแรงเคอร์
 - ไดโอดเปล่งแสง
8. จากสัญลักษณ์  เป็นไดโอดประเภทใด
- ไดโอดความแรงเคอร์
 - โฟโตไดโอด
 - ซีเนอร์ไดโอด
 - ไดโอดเปล่งแสง

9. ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ไดโอด ทำหน้าที่อะไร

- ก. เปลี่ยนความต้งศักย์ไฟฟ้าให้สูงขึ้น
- ข. เปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
- ค. ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลกลับไปกลับมา
- ง. เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

10. ไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทิศทางเดียว คือ

- ก. กระแสสลับไหลจากศักย์ไฟฟ้าสูง ไปยังศักย์ไฟฟ้าต่ำ
- ข. กระแสตรงกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้ว N ไปยังขั้ว P
- ค. กระแสสลับไหลจากศักย์ไฟฟ้าต่ำ ไปยังศักย์ไฟฟ้าสูง
- ง. กระแสตรงกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้ว P ไปยังขั้ว N

11. ถ้าต้องการให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานได้ ควรต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับวงจรดังนี้

- ก. ต่อแอคโนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับแบตเตอรี่แบบขนานกับโวลต์มิเตอร์
- ข. ต่อแอคโนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับตัวต้านทานแบบขนานกับโวลต์มิเตอร์
- ค. ต่อแอคโนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับตัวเก็บประจุแบบอนุกรมกับโวลต์มิเตอร์
- ง. ต่อแอคโนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับตัวทรานซิสเตอร์แบบอนุกรมกับโวลต์มิเตอร์

12. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับไดโอดเปล่งแสง

- ก. เพื่อป้องกันไม่ให้ไดโอดเปล่งแสงเสียหายต้องต่อแบบอนุกรม
- ข. ขาขาวของไดโอดเปล่งแสงจะแสดงขั้วลบและขาสั้นจะแสดงขั้วบวก
- ค. ทำหน้าที่กำหนดทิศการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าไปทางเดียวกัน
- ง. เมื่อมีกระแสไหลในวงจรไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าของไดโอดที่แอโนดจะสูงกว่าแคโทด

13. ข้อใด การต่อไดโอดและไดโอดเปล่งแสงเข้ากับวงจรไฟฟ้า ที่เหมือนกัน
- ก. กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรไฟฟ้า จะมีศักย์ของไดโอดที่แคโทด สูงกว่าขั้วแอโนด
 - ข. ต้องต่อขั้วลบของLED กับขั้วลบของแบตเตอรี่และ ต่อขั้วบวกของLED กับขั้วบวกของแบตเตอรี่
 - ค. ไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว คือ ไหลเข้าทาง แคโทดหรือขั้ว N แล้วออกทางแอโนด หรือขั้ว P เท่านั้น
 - ง. การต่อแบบขนานขั้ว P ของไดโอดเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อขั้ว N ของไดโอดเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า
14. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับไดโอดในอุดมคติ
- ก. เมื่อได้รับไบแอสตรงจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด
 - ข. เมื่อได้รับไบแอสกลับจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด
 - ค. ไม่มีค่าความต้านทานภายใน
 - ง. ศีลพื้นที่จะขยายขึ้นเมื่อได้รับไบแอสตรง
15. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอด
- ก. ทำงานในย่านแรงดันแบบไบแอสตรง
 - ข. แรงดันที่ใช้ในการไบแอสต้องมากพอที่จะทำให้ทำงานอยู่ในย่านแรงดันพังย้อนกลับ
 - ค. รักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมให้คงที่
 - ง. แรงดันในย่านแรงดันพังทลายย้อนกลับเรียกว่าแรงดันซีเนอร์
16. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับไดโอดแบบจุดสัมผัส
- ก. เกิดจากการนำสารเจอร์มาเนียมชนิด N มาอัดเป็นสายเล็ก ๆ ให้มีลักษณะเป็นหลอดแพลทินัม
 - ข. สร้างขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N มาต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด N
 - ค. สารกึ่งตัวนำชนิด N จะแพร่อนุภาคอะตอมของสารบางเข้าไปในเนื้อของสารกึ่งตัวนำชนิด P
 - ง. ไดโอดชนิดนี้นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

17. ข้อกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N
- ก. สารกึ่งตัวนำชนิดพีเกิดจากการเติมสารเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัวลงไป
 - ข. สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเกิดจากการเติมสารเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัวลงไป
 - ค. สารกึ่งตัวนำชนิดพีมีสภาพทางไฟฟ้าที่เป็นบวกมากกว่าลบ
 - ง. พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของสารกึ่งตัวนำและสารเจือเรียกว่าพันธะไอออน
18. ข้อใดไม่ใช่แบบจำลองของไดโอด
- ก. แบบจำลองในอุดมคติ
 - ข. แบบจำลองไฟสลัป
 - ค. แบบจำลองในทางปฏิบัติ
 - ง. แบบจำลองแบบรวม
19. ไดโอดแบบวาริแคปนิยมนำไปใช้ในวงจรใด
- ก. วงจรขยายสัญญาณ
 - ข. วงจรปรับความถี่
 - ค. วงจรออสซิลเลเตอร์
 - ง. วงจรกรองสัญญาณ
20. ข้อใดมีลักษณะการทำงานแตกต่างจากพวก
- ก. โฟโตไดโอด
 - ข. ไดโอดเปล่งแสง
 - ค. ไดโอด
 - ง. ซีเนอร์ไดโอด
21. สารในข้อใดเป็นสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว
- ก. โบรอน , อาร์เซนิก
 - ข. ซิลิคอน , เจอร์มาเนียม
 - ค. ฟอสฟอรัส , โบตัสเซียม
 - ง. โซเดียม , แคลเซียม

22. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของ ไอศเพล่งแสง

- ก. แบบตัวเลข
- ข. แบบคี่อสมตรีกร์
- ค. มีรอยต่อ 2 รอยต่อสามชั้น
- ง. เป็นสารชนิดแกเลียมอาเซนายด์

23. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. การไบแอสไดโอดไปข้างหน้าทำได้โดยต่อขั้วแอโนดเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ
- ข. การไบแอสไดโอดไปข้างหน้าเป็นการกำหนดให้ขั้ว แคโทดต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ
- ค. การไบแอสไดโอดไปข้างหน้าเปรียบเสมือนสวิตช์ที่ปิด
- ง. การไบแอสไดโอดไปข้างหน้าจะไม่สามารถทำให้กระแสไหลผ่านได้

24. เส้นโหลด (Load Line) คืออะไร

- ก. เส้นที่ใช้กำหนดลักษณะของไดโอด
- ข. เส้นที่ใช้กำหนดจุดทำงานของไดโอด
- ค. เส้นที่ใช้กำหนดอุณหภูมิของไดโอด
- ง. เส้นที่ใช้กำหนดความต้านทานของไดโอด

25. จากการตรวจสอบคุณสมบัติของไดโอดโดยใช้มัลติมิเตอร์ปรากฏว่ามีเตอร์แสดงค่า OL หมายความว่าอย่างไร

- ก. ไดโอดลัดวงจร
- ข. ไดโอดขาด
- ค. ไดโอดปกติ
- ง. ไดโอดเกิดโอเวอร์โหลด

26. ไดโอดสารกึ่งตัวนำจะนำกระแสเมื่อต้องวงจรในลักษณะใด
- ไบแอสอินเวิร์ต
 - ไบแอสโวล
 - ไบแอสตรง
 - ไบแอสกลับ
27. ในสภาวะกั้นกระแสปรากฏว่ามีกระแสเล็กๆ ไหลผ่านรอยต่อไดโอดเรียกกระแสนี้ว่าอะไร
- กระแสรั่วไหล
 - กระแสเกิน
 - กระแสไบแอสตรง
 - กระแสโวล
28. ในภาวะที่ไดโอดไม่นำกระแส ถ้าป้อนแรงดันค่าหนึ่งแล้ว Q ทำให้มีกระแสไหลผ่านรอยต่อไดโอดเป็นจำนวนมากค่าแรงดันนี้
- แรงดันคัท - อิน
 - แรงดันคัท - ออฟ
 - แรงดันพังทลาย
 - แรงดันไบแอสตรง
29. ซีเนอร์ไดโอดนิยมนำไปใช้งานตรงกับข้อใด
- วงจรเรียงกระแส
 - วงจรขยายสัญญาณ
 - วงจรถ่ายความถี่
 - วงจรรักษาระดับแรงดัน
30. การจ่ายแรงดันไบอัสในซีเนอร์ไดโอด ที่ถูกต้องควรจ่ายแรงดันไบอัสตามข้อใด
- จ่ายแรงดันไบอัสตรงต่ำ ๆ
 - จ่ายแรงดันไบอัสตรงสูงมากๆ
 - จ่ายแรงดันไบอัสกลับต่ำกว่าค่าแรงดันเบรกดาวน์
 - จ่ายแรงดันไบอัสให้สูงกว่าค่าเบรกดาวน์



ใบความรู้ที่ 1

แกรฟีนควอนตัมดอท

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ของวัสดุนาโน (Nanomaterials) ทำให้เทคโนโลยีทางด้านนาโน เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มากยิ่งขึ้น เช่น ทางด้านเครื่องนุ่งห่ม ได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านนาโนมาใช้ใน การทำเครื่องนุ่งห่มมีคุณสมบัติพิเศษขึ้น เช่น กันน้ำและกำจัด แบคทีเรีย ด้านที่อยู่อาศัย ได้นำเอาวัสดุนาโนมาผสมในสีทาบ้าน เพื่อกำจัดแบคทีเรียและสามารถทำความสะอาดตัวเองได้ และ นำมาเป็นส่วนประกอบในสิ่งของต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษ เช่น ในไม้เทนนิส เพื่อให้เบา แข็งแรงและยืดหยุ่นมากขึ้น เป็นต้น โดยวัสดุนาโน หมายถึงวัสดุที่มีขนาดในช่วง 1-100 นาโนเมตร ซึ่ง สามารถประยุกต์ใช้ได้กับทุกสาขาวิชาทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เช่น เกม ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวัสดุศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ และในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุนาโนได้รับความสนใจอย่าง มากในหมู่นักวิทยาศาสตร์ และหนึ่งในวัสดุนาโนที่ได้รับความ สนใจอย่างมากในปัจจุบันก็คือ “แกรฟีนควอนตัมดอท (Graphene Quantum Dots, GQDs)”

แกรฟีน (Graphene) เป็นอะตอมคาร์บอนที่จัดเรียงตัวในสองมิติมีแลตทิซแบบหกเหลี่ยม คล้ายรังผึ้ง และมีไฮบริดเซชันแบบ (sp^2) มีความหนา 1 อะตอม ซึ่งก็คือแกรไฟต์ที่มีเพียงชั้นเดียว (Monolayer of Graphite) นับตั้งแต่มีการค้นพบ แกรฟีน ในปี ค.ศ.2004 เป็นต้นมา นักวิจัยทั่วโลกได้ทำ การศึกษาวิจัยทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมันมีลักษณะเด่นกว่าวัสดุนาโนอื่นๆ กล่าวคือ มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นสูง มีความแข็งแรงสูงกว่าโลหะมาก มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดีมาก อนุภูมิห้อง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเชิงแสง ในช่วงความยาวคลื่นที่ค่อนข้างกว้าง ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นในหลายๆ ด้าน จึงทำให้แกรฟีนได้ชื่อว่าวัสดุแห่งอนาคต

ควอนตัมดอท (quantum dot) (หรือบางครั้งก็เรียกว่าจุดควอนตัม) เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกนาโน (nanocrystal) ของสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่น แคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe) และ เลดซัลไฟด์ (PbS) ซึ่งประกอบไปด้วยอิเล็กตรอนจำนวนระหว่าง 100 - 1,000 อิเล็กตรอน และเป็นโครงสร้างนาโนที่มีขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 2 - 10 นาโนเมตร (หรือประกอบไปด้วยอะตอมจำนวนประมาณ 10-50 อะตอม) เมื่อมอง โครงสร้างของควอนตัมดอทผ่านเครื่องมือที่สามารถสำรวจ โครงสร้างระดับนาโนได้ จะมองเห็นว่าโครงสร้างนี้มีลักษณะเป็นจุด (dot) จึงเป็นที่มาของโครงสร้างนาโนที่เรียกว่า ควอนตัมดอท และเมื่อ โครงสร้างของควอนตัมดอทที่ได้จากสังเคราะห์มีขนาดเล็กระดับนาโนนี้ ทำให้โครงสร้างนี้หรือจุดนี้ก็จะแสดงพฤติกรรมภายในอะตอมหรือภายในโมเลกุลแบบควอนตัม (quantum) ตามหลักการทางฟิสิกส์ควอนตัม (quantum physics) (หรือมีสถานะเป็นแบบควอนตัม นั่นเอง) จึงเรียกโครงสร้างนาโนของวัสดุที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า ควอนตัมดอท (หรือเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าผลึกนาโนของสารกึ่งตัวนำ)

อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) หมายถึง สารที่นำมาละลายในน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากมี ไอออนซึ่งอาจจะเป็นไอออนบวก หรือ ไอออนลบเคลื่อนที่อยู่ในสารละลาย สารละลายอิเล็กโทรไลต์นี้อาจเป็นสารละลาย กรด เบส หรือเกลือ ตัวอย่างเช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สารละลายกรดเกลือ (HCl) และสารละลายของเกลือ (KNO_3) เป็นต้น โดยสารละลายดังกล่าว ประกอบด้วยไอออน H^+ , Cl^- , OH^- , K^+ และ NO_3^- ตามลำดับ

คุณสมบัติ

1. มีความแข็งแรงมากกว่าเพชร 100 เท่า
2. มีความแข็งแรงกว่าเหล็กกล้าที่มีความหนาเท่ากับ 200 เท่า
3. มีความยืดหยุ่นสูง เหมาะกับการนำไปใช้ผสมในพอลิเมอร์ต่างๆ
4. เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีกว่าทองแดง
5. เป็นตัวนำความร้อนได้ดี
6. เป็นวัสดุโปร่งแสง
7. น้ำหนักเบา
8. ไม่เป็นพิษกับร่างกายมนุษย์ (หากรับในปริมาณน้อย)

การนำไปประยุกต์ใช้

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอได้(Flexible electronics)

ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางประเภท เช่น หน้าจอทีวี แผงเซลล์สุริยะหน้าจอสัมผัสของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และอุปกรณ์แปลงแสงอินทรีย์(Organic Light Emitting Diodes, OLEDs) ต้องการความโปร่งแสง มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และความต้านทานแผ่น (sheet resistance) ที่ต่ำแกรฟีนจึงจัดเป็นตัวเลือกหนึ่งที่มีความโดดเด่นต่อการนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ใน อุปกรณ์เหล่านี้ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แกรฟีนชั้นเดียวจะมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ หรือให้ค่าความโปร่งแสงสูงมากถึง 97-98 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังนำไฟฟ้าได้ดีมากเนื่องจากช่องว่าง แถบพลังงานมีค่าเป็นศูนย์

แผงวงจรรวม

แกรฟีนมีคุณสมบัติในอุดมคติที่จะเป็นองค์ประกอบที่ดีของวงจรรวม แกรฟีนมีตัวขนส่งกระแสไฟฟ้าที่มีความคล่องตัวสูง และกลืนรบกวนต่ำ ทำให้มันถูกนำมาใช้เป็นช่องทางในทรานซิสเตอร์แบบ FET ปัญหาที่คือแผ่นแกรฟีนเดี่ยวจะยากที่จะผลิต และยังยากที่จะผลิตเหนือพื้นผิวที่เหมาะสม นักวิจัยกำลังมองหาวิธีการของการถ่ายโอนแผ่นแกรฟีนเดี่ยวจาก แหล่งที่มาของมัน (การขาดด้วยกลไกบน SiO_2/Si หรือการผลิตกราฟิตด้วยความร้อนของ พื้นผิว SiC) ลงบนพื้นผิวเป้าหมาย

ทรานซิสเตอร์(Transistor)

ทรานซิสเตอร์ คืออุปกรณ์ที่พัฒนาจากไดโอด เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้า เปิด/ปิดสัญญาณไฟฟ้า โดยทรานซิสเตอร์ จะถูกบรรจุอยู่ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องซักผ้า โทรทัศน์ รถยนต์ หรือแม้แต่ ไมโครล์และถูกกอล์ฟเพื่อช่วยวิเคราะห์ห้วงสวิงในการเล่นกอล์ฟ ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์มีความพยายาม ในการนำแกรฟีนมาใช้เป็นทรานซิสเตอร์ เพื่อเพิ่มความถี่ให้กับทรานซิสเตอร์โดยคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ (i) แกรฟีนมีความคล่องตัวของอิเล็กตรอนสูงมาก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (ii) อิเล็กตรอนในแกรฟีนมีการเคลื่อนที่แบบบอลลิสติก (ballistic movement) หรือ ชีปนาวุธ

กิจกรรมการทดลองที่ 1



1. ให้นักเรียนศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองที่ 1 ตามรายละเอียดในกรอบด้านล่าง

การทดลองที่ 1 การสังเคราะห์แอมโมเนีย

จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของแอมโมเนียเบื้องต้น
2. อธิบายการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้
3. สรุปเกี่ยวกับสมบัติของแอมโมเนียในควอนตัมคอปได้
- 4.

วิธีทดลอง

1. นักเรียนวางแผนการสังเคราะห์ ที่ประกอบด้วย แท่งแกรไฟต์ Applied Voltage สายไฟ พร้อมแจ็กปลากลิบ บีกเกอร์ กรดซัลฟิวริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ น้ำกลั่น แท่งคนสาร และขาตั้ง เหล็กที่ใช้สำหรับจับยึดแท่งแกรไฟต์
2. นักเรียนชั่งสารละลายที่จะใช้ในแต่ละกลุ่ม โดยที่ครูกำหนดให้ กลุ่มที่ 1 กรดซัลฟิวริก 1 M กลุ่มที่ 2 กรดซัลฟิวริก 1 M และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5 M กลุ่มที่ 3 กรดซัลฟิวริก 1 M และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 M กลุ่มที่ 4 กรดซัลฟิวริก 1 M และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3.5 M และกลุ่มที่ 5 กรดซัลฟิวริก 1 M และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.5 M ตามลำดับ
3. นำสารละลายมาเทลงในน้ำกลั่น 50 mL คนให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
4. นำสายไฟพร้อมแจ็กปลากลิบมาลิบแท่งแกรไฟต์ เพื่อนำต่อกับ Applied Voltage
5. กดสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง ON (เปิดสวิตช์) ปรับค่าไปที่ 4 V สังเกตสารละลายในบีกเกอร์ บันทึกผล
6. นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผล

2. นักเรียนรับอุปกรณ์การทดลองที่โต๊ะวางอุปกรณ์ (อุปกรณ์การทดลองที่ 1)
3. สมาชิกในกลุ่มศึกษาขั้นตอนการทดลองอย่างละเอียดและลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง
4. นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม ตอบคำถาม ตามหัวข้อในใบบันทึกกิจกรรม
5. เมื่อนักเรียนทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วให้เก็บอุปกรณ์ทุกชิ้น และ นำไปส่งคืนที่โต๊ะวางอุปกรณ์
6. ส่งใบบันทึกกิจกรรม

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1



การทดลองที่ 1 เรื่อง.....



จุดประสงค์

.....

.....

.....

.....



อุปกรณ์

.....

.....

.....

.....



ทดลองวันที่.....



22

ผลการทดลอง (ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองทำกิจกรรมการสังเคราะห์แตรฟิน)



คำถามเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล

1. ในการสังเคราะห์ มีอุปกรณ์ ดังนี้

.....

2. การสังเคราะห์แตรฟิน เป็นการสังเคราะห์ในรูปแบบใด

.....

3. ในกิจกรรมการทดลอง เมื่อเวลา 30 นาที สีในบีกเกอร์เปลี่ยนเป็นสี.....
 สังเกตได้จาก.....

4. เมื่อนำเรเซอร์มาส่องกราฟ ผลที่ได้มีลักษณะอย่างไร

.....

5. สารละลายแตรฟินควอนตัมดอท สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอิเล็กทรอนิกส์
 ยกตัวอย่างมา 3 อย่าง

.....



23

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



วาดแผนภาพที่ปฏิบัติ

เพื่อนๆ ทำทันเวลาไหมล่ะ



ใบความรู้ที่ 2

ไดโอด

ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Component) ในอดีตใช้หลอดสุญญากาศเป็น ยุคแรก ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดใหญ่ เช่น วิทยุในอดีตมีขนาดใหญ่กว่า ในปัจจุบันมาก แต่ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันนี้ มาจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งเป็นสารที่นำไฟฟ้าได้ดีกว่าฉนวนไฟฟ้า แต่ไม่ดีเท่ากับตัวนำไฟฟ้า โดยจะนำไฟฟ้าได้ดีในบางเงื่อนไขเท่านั้น

ในปัจจุบันชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะมีขนาดเล็กกว่าและเบาว่าในอดีตมาก อีกทั้งยังใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่ามากและในอนาคต นักวิจัยได้คิดค้นพัฒนานำตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด (Superconductor) ซึ่งเป็นสารที่เมื่ออยู่ในอุณหภูมิต่ำ จะไม่มีความต้านทานไฟฟ้า ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ด้วยความเร็วสูง ซึ่งสามารถใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กกว่าในปัจจุบัน

ไดโอด (Diode)

ไดโอด เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีลักษณะและสมบัติ ดังนี้

1. ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ประกบติดกัน จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว
2. ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ประกบติดกัน จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว

ลองศึกษาดู... ไม่ยากอย่างที่คิด
นะคะ



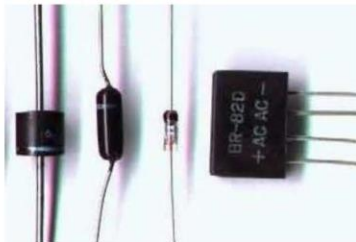
สารกึ่งตัวนำชนิด P

เป็นสารกึ่งตัวนำผสม ผลิตขึ้นมาจากธาตุซิลิคอน หรือ ธาตุเจอร์เมเนียมที่บริสุทธิ์ ผสมกับธาตุที่อยู่ในหมู่ 3 ของตารางธาตุ เช่น โบรอน (B), แกลเลียม (Ga), อะลูมิเนียม (Al) หรือ อินเดียม (In) อย่างใดอย่างหนึ่ง ไปหลอมละลายในอัตราส่วนที่พอเหมาะ เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงจะได้ผลึกสารกึ่งตัวนำชนิด P

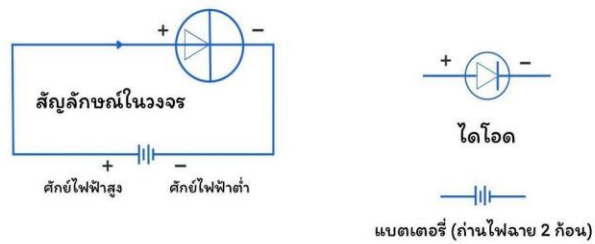
สารกึ่งตัวนำชนิด N

เป็นสารกึ่งตัวนำผสม ผลิตขึ้นจากการนำธาตุซิลิคอน หรือ ธาตุเจอร์เมเนียมที่บริสุทธิ์ผสมกับธาตุหมู่ 5 ของตารางธาตุ เช่น อาร์เซนิก (As), ฟอสฟอรัส (P), หรือ แอนติโมนี (Sb) อย่างใดอย่างหนึ่ง ไปหลอมละลายในอัตราส่วนที่พอเหมาะ เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงจะได้ผลึก สารกึ่งตัวนำชนิด N

3. ไดโอดมีรูปร่างลักษณะหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมาก และ เป็นแบบที่นักเรียนควรรู้จัก มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกเล็ก ๆ มีก้านโลหะอยู่หัว-ท้ายของทรงกระบอก ด้านหนึ่งมีแถบสีดำ แสดงว่าเป็นขั้วแคโทด (Cathode) หรือ ขั้วลบขาสั้น ส่วนก้านโลหะด้านตรงกันข้ามจะเป็นขั้วแอโนด (Anode) หรือ ขั้วบวกขายาว



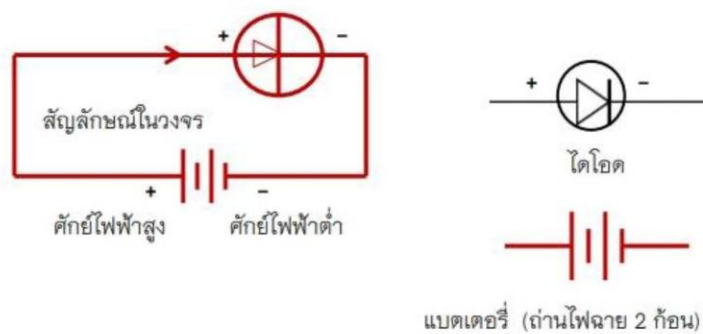
4. สัญลักษณ์ของไดโอด



5. ไดโอด ทาหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นกระแสตรง เนื่องจากยอมให้อิเล็กตรอนไหลผ่านได้ทิศทางเดียว

6. เมื่อต่อไดโอดเข้ากับวงจร ไดโอดจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ ก็ต่อเมื่อศักย์ไฟฟ้าของไดโอดที่แอโนดจะต้องสูงกว่าที่แคโทด ดังนั้น จึงต้องต่อแอโนดของไดโอดเข้ากับขั้วบวกของวงจร และต่อแคโทดของไดโอดเข้ากับขั้วลบของวงจร

การต่อไดโอดในวงจร



ประเภทของไดโอด

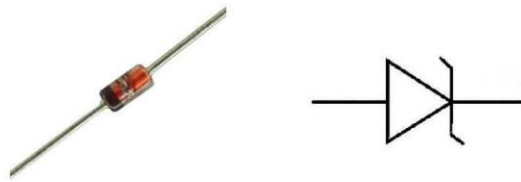
1. ไดโอดธรรมดา (Normal diode)
2. ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode)
3. ไดโอดความแรงเตอร์หรือวาริแคป (Varactor or Varicap Diode)
4. แอลอีดี (Light Emitting Diode ; LED)
5. โฟโตไดโอด (Photo Diode)
6. ไดโอดกำลัง (Power Diode)

1. ไดโอดธรรมดา (Normal diode)



มีรูปร่างหลายแบบแต่ที่นิยมใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะมี 2 ขั้วลักษณะคล้ายตัวต้านทาน ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าให้ไหลไปทางเดียวคือกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไดโอดได้ถ้าค่าขั้ว P กับขั้วบวก และ N กับขั้วลบ แต่ความต้านทานของไดโอดไม่คงที่เพราะความสัมพันธ์ระหว่างกระแส กับความต่างศักย์ที่คร่อมไดโอดไม่เป็นเส้นตรง

2. ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode)



ซีเนอร์ไดโอดเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำกระแสได้เมื่อได้รับไบอัสกลับ และระดับแรงดันไบอัสกลับที่นำซีเนอร์ไดโอดไปใช้งานได้เรียกว่า ระดับแรงดันพังทลายซีเนอร์ (Zener Breakdown Voltage ; V_z) ซีเนอร์ไดโอดจะมีแรงดันไบอัสกลับ (V_r) น้อยกว่า V_z เล็กน้อย ไดโอดประเภทนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ควบคุมแรงดันที่โหลดหรือวงจรที่ต้องการแรงดันคงที่ เช่น ประกอบอยู่ในแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง หรือ โวลเทจเรกูเลเตอร์

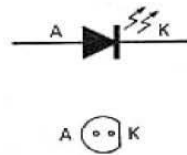
3. ไดโอดวาร์กเตอร์หรือวาริแคป (Varactor or Varicap Diode)



ไดโอดวาร์กเตอร์หรือวาริแคปเป็นไดโอดที่มีลักษณะพิเศษ คือ สามารถปรับค่าคาปาซิแตนซ์เชื่อมต่อ C_t ได้โดยการปรับค่าแรงดันไบอัสกลับ ไดโอดประเภทนี้มีโครงสร้างเหมือนกับไดโอดทั่วไป ขณะแรงดันไบอัสกลับ (Reverse Bias Voltage ; V_r) มีค่าต่ำ Depletion Region จะแคบลงทำให้ C_t ตรงรอบต่อมีค่าสูง แต่ในทางตรงข้ามถ้าเราปรับ V_r ให้สูงขึ้น Depletion Region จะขยายกว้างขึ้น ทำให้ C_t มีค่าต่ำ จากลักษณะดังกล่าว เราจึงนำวาริแคปไปใช้ในวงจรปรับความถี่

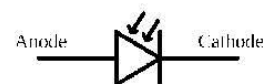
เช่น วงจรจูนความถี่อัตโนมัติ (Automatic Fine Tuning ; AFC) และวงจรกรองความถี่ซึ่งปรับช่วงความถี่ได้ตามต้องการ (Variable Band pass Filter) เป็นต้น

4. ไดโอดเปล่งแสงหรือแอลอีดี (Light Emitting Diode ; LED)



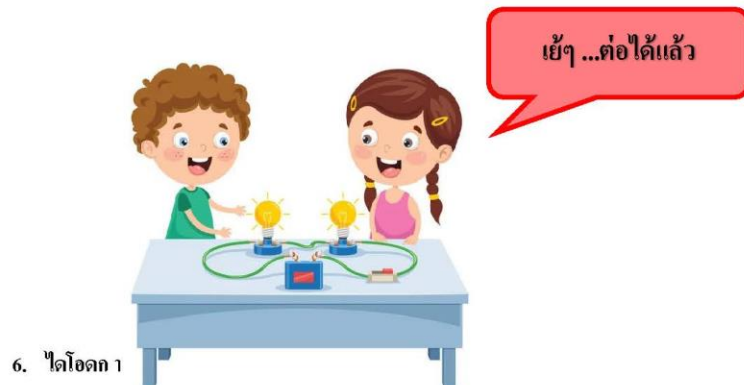
LED เป็นไดโอดที่ใช้สารประเภทแกเลียมอาร์สไนด์ (Gallium Arsenide Phosphide ; GaAsP) หรือสารแกเลียมฟอสไฟต์ (Gallium Phosphide ; GaP) มาทำเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N แทนสาร Si และ Ge สารเหล่านี้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ สามารถเรืองแสงได้เมื่อได้รับไบอัสตรง การเกิดแสงที่ตัว LED นี้เราเรียกว่า อิเล็กโทรลูมิเนสเซนส์ (Electroluminescence) ปัจจุบันนิยมใช้ LED แสดงผลในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคิดเลข, นาฬิกา เป็นต้น

5. โฟโตไดโอด (Photo Diode)



โฟโตไดโอด เป็นไดโอดที่อาศัยแสงจากภายนอกผ่านเลนส์ ซึ่งฝังตัวอยู่ระหว่างรอยต่อ P-N เพื่อกระตุ้นให้ไดโอดทำงาน การต่อโฟโตไดโอดเพื่อใช้งานจะเป็นแบบไบอัสกลับ ทั้งนี้เพราะไม่ต้องการให้โฟโตไดโอดทำงานในทันทีทันใด แต่ต้องการให้ไดโอดทำงานเฉพาะเมื่อมีปริมาณ

แสงสว่างมากพอตามที่กำหนดเสียก่อน กล่าวคือ เมื่อเลนส์ของโฟโตไดโอดได้รับแสงสว่างจะเกิดกระแสว โหล ปริมาณกระแสว โหลนี้เพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสง



ไดโอดกำลัง เป็นไดโอดที่ออกแบบให้บริเวณรอยต่อมีช่วงกว้างมากกว่าไดโอดทั่วไป เพื่อนำไปใช้กับงานที่มีกำลังไฟฟ้าสูง กระแสสูงและทนต่ออุณหภูมิสูงได้ เช่น ประกอบเป็นวงจรเรียงกระแส ในอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าเมื่อพิกัดกระแสไฟฟ้ามีค่าหลายร้อยแอมป์ ทำให้ไดโอดมีอุณหภูมิขณะทำงานสูง โดยทั่วไปจึงนิยมใช้ร่วมกับตัวระบายความร้อน (Heat Sinks) เพื่อเพิ่มพื้นที่ระบายความร้อนภายในตัวไดโอดกำลัง



กิจกรรมการทดลองที่ 2



1. ให้นักเรียนศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองที่ 2 ตามรายละเอียดในกรอบด้านล่าง

การทดลองที่ 2 ไดโอดคืออะไร

จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของไดโอด
2. วาดรูปแผนผังวงจรและต่อชิ้นส่วน"ไดโอด"ในวงจรไฟฟ้าได้ ในวงจรไฟฟ้าได้
3. สรุปเกี่ยวกับสมบัติของไดโอดได้ สรุปเกี่ยวกับสมบัติของไดโอดได้

วิธีทดลอง

1. นักเรียนวางแผนการต่อวงจรที่ประกอบด้วย แบตเตอรี่ นักเรียนวางแผนการต่อวงจรที่ประกอบด้วย แบตเตอรี่ 4 เซลล์ สายไฟพร้อมแจ็กปากคีบ แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ ไดโอด สวิตช์ และตัวต้านทาน $100\ \Omega$
2. ต่อโวลต์มิเตอร์เพื่อวัดศักย์ไฟฟ้าระหว่างแอโนดกับแคโทดของไดโอด
3. โยกสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง ON (เปิดสวิตช์) อ่านค่ากระแสไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ไฟฟ้า บันทึกผล
4. ทำเหมือนข้อ 1-3 แต่ให้กลับขั้ว 3 แต่ให้กลับขั้วไดโอด บันทึกผล
5. นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผล

2. นักเรียนรับอุปกรณ์การทดลองที่โต๊ะวางอุปกรณ์ (อุปกรณ์การทดลองที่ 2)
3. สมาชิกในกลุ่มศึกษาขั้นตอนการทดลองอย่างละเอียดและลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง
4. นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม ตอบคำถาม ตามหัวข้อในใบบันทึกกิจกรรม
5. เมื่อนักเรียนทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วให้เก็บอุปกรณ์ทุกชิ้น และ นำไปส่งคืนที่โต๊ะวางอุปกรณ์
6. ส่งใบบันทึกกิจกรรม

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2



การทดลองที่ 2 เรื่อง.....



จุดประสงค์

.....

.....

.....



อุปกรณ์

.....

.....

.....



ทดลองวันที่.....



ผลการทดลอง (ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองทำกิจกรรมการต่อไดโอด)



35

คำถามเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล

1. ในวงจรการทดลอง มีอุปกรณ์ ดังนี้

.....

.....

2. การต่อไดโอดให้กระแสไฟฟ้าไหลควรต่ออย่างไร

.....

.....

.....

3. ในกิจกรรมการทดลอง เมื่อกลับขั้วของไดโอด จะมีกระแสไฟฟ้าหรือไม่

..... สังเกตได้จาก.....

4. ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดของไดโอด มีค่าต่างกันประมาณ

.....

.....

5. เมื่อกลับขั้วของไดโอด ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วของไดโอดมีค่าประมาณ

.....

.....

6. ไดโอด มีความสำคัญต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าหรือไม่.....



อย่างไร.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....



วาดแผนผังวงจรที่ปฏิบัติ

36



เพื่อนๆ ทำทันเวลาไหมล่ะ



ใบความรู้ที่ 3

ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง หรือ LED

ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) หรือ เรียกว่า LED (แอลอีดี) ผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด P และ ชนิด N ต่อชนกัน มีขาค้อออกมาใช้งานสองขา คือขาแอโนด และ ขาแคโทด ซึ่งไดโอดเปล่งแสงจะเปล่งแสงออกมาได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน แสงที่เปล่งออกมา ประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียว และมีเฟสต่อเนื่องกัน

ไดโอดเปล่งแสงสามารถผลิตขึ้นมาได้จากสารหลายชนิด ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

ไดโอดเปล่งแสง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แสงที่ตาคนมองเห็น และ แสงที่ตาคนมองไม่เห็น

แสงที่ตาคนมองเห็น

ไดโอดเปล่งแสงที่ตาคนมองเห็น มี 4 ชนิด คือ สีน้ำเงิน สีแดง สีเขียว และ สีเหลือง หรือบางครั้งออกสีส้ม ไดโอดชนิดนี้ เรียกว่า LED (แอลอีดี) หรือ Light Emitting Diode

แสงที่ตาคนมองไม่เห็น

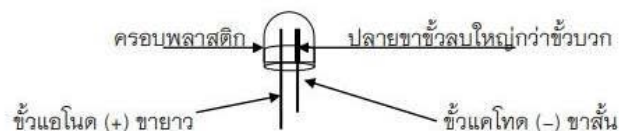
ไดโอดเปล่งแสงชนิดที่ตาคนมองไม่เห็น เพราะ เป็นแสงที่อยู่ในย่านแสงอินฟราเรด ซึ่งขณะเปล่งแสงออกมาตาคนจะมองไม่เห็น ไดโอดชนิดนี้ เรียกว่า IRED (ไออาร์อีดี) หรือ Infrared Emitting Diode

แสงที่เปล่งออกมาจากไดโอดเปล่งแสง จะมีสีแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเนื้อสารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ผลิต ซึ่งมีดังนี้

- สารกึ่งตัวนำอาร์ซีไนต์ใช้ตัวย่อว่า GaAs ไดโอดจะเปล่งแสงอินฟราเรดออกมา
- สารกึ่งตัวนำอาร์ซีไนต์ฟอสไฟด์ ใช้ตัวย่อว่า GaAsP ไดโอดจะเปล่งแสงสีแดงหรือสีเหลืองออกมา
- สารกึ่งตัวนำฟอสไฟด์ ใช้ตัวย่อว่า GaP ไดโอดจะเปล่งแสง สีน้ำเงิน หรือ สีเขียวออกมา

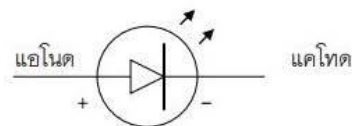
ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) หรือ เรียกว่า LED (แอลอีดี) มีลักษณะ ดังนี้

- ขั้วบวกและขั้วลบอยู่ด้านเดียวกัน ปกติจะมีสองขา ขาทั้งสองยาวไม่เท่ากัน โดยขาที่สั้นกว่าจะเป็นขั้วลบ ส่วนขาที่ยาวกว่าจะเป็นขั้วบวก และ ปลายขาลบด้านที่อยู่ใกรอบพลาสติกจะโตกว่าปลายขาบวก



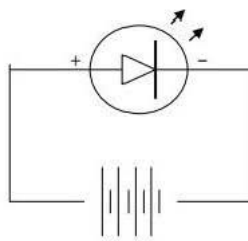
ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) หรือ เรียกว่า LED (แอลอีดี) มีสัญลักษณ์ ดังนี้

- สัญลักษณ์ของ LED คือ



ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) หรือ เรียกว่า LED (แอลอีดี) มีลักษณะและคุณสมบัติ ดังนี้

- การต่อ LED ที่ถูกต้อง ต้องให้ขั้วลบของ LED ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ และ ขั้วบวกของ LED ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่เช่นเดียวกับไดโอดธรรมดา ซึ่งทำให้แอมป์ของไดโอดเปล่งแสงมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าแคโทด



กิจกรรมการทดลองที่ 3



1. ให้นักเรียนศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 มาต่อไดโอดเปล่งแสงกันเถอะ

จุดประสงค์ จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของไดโอดเปล่งแสง
2. วาดรูปแผนผังวงจรและต่อชิ้นส่วน"ไดโอดเปล่งแสง"ในวงจรไฟฟ้าได้ วงจรไฟฟ้าได้
3. สรุปเกี่ยวกับสมบัติของไดโอดเปล่งแสงได้ รูปเกี่ยวกับสมบัติของไดโอดเปล่งแสงได้

วิธีทดลอง

1. นักเรียนวางแผนการต่อวงจรที่ประกอบด้วย แบตเตอรี่ 4 เซลล์ สายไฟ แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ ไดโอดเปล่งแสง สวิตช์ และตัวต้านทาน $100\ \Omega$
2. ต่อโวลต์มิเตอร์เพื่อวัดศักย์ไฟฟ้าระหว่างแอโนดกับแคโทดของไดโอดเปล่งแสง
3. โยกสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง ON (เปิดสวิตช์) อ่านค่ากระแสไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ไฟฟ้า บันทึกผล
4. ทำเหมือนข้อ 1-3 แต่ให้กลับขั้วไดโอดเปล่งแสง บันทึกผล
5. นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผล

2. นักเรียนรับอุปกรณ์การทดลองที่ได้ะวางอุปกรณ์(อุปกรณ์การทดลองที่ 3)
3. สมาชิกในกลุ่มศึกษาขั้นตอนการทดลองอย่างละเอียดและลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง
4. นักเรียนบันทึกผลการทากิจกรรม ตอบค าถาม ตามหัวข้อในใบบันทึกกิจกรรม
5. เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยให้เก็บอุปกรณ์ทุกชิ้น และ น ำไปส่งคืนที่ได้ะวางอุปกรณ์
6. ส่งใบบันทึกกิจกรรม

ใบบันทึกกิจกรรม



การทดลองที่ 3 เรื่อง.....



จุดประสงค์

.....

.....

.....

.....



อุปกรณ์

.....

.....

.....

.....



ทดลองวันที่.....



ผลการทดลอง (ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองทำกิจกรรมการต่อไอโอด)



43

คำถามเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล

1. อุปกรณ์ในวงจร มีดังนี้

.....

.....

2. ในวงจรไฟฟ้านี้มีอุปกรณ์ชนิดใดที่ต้องต่อแบบอนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยลง เป็นการป้องกันไม่ให้ไดโอดเปล่งแสงเสีย

.....

.....

3. ในกิจกรรมการทดลอง เมื่อโยกสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง on ไดโอดเปล่งแสงเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ.....แสดงว่า.....

4. เมื่อสลับขั้วของไดโอดเปล่งแสง และ เมื่อโยกสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง on ไดโอดเปล่งแสงเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ.....แสดงว่า.....

.....เกิดจากสาเหตุ.....

5. ถ้าต้องการให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานได้ ควรต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับวงจร ดังนี้

.....

.....



สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....



วาดแผนผังวงจรที่ปฏิบัติ

44



เพื่อนๆ ทำทันเวลาไหมล่ะ



คำถามชวนคิด

คำชี้แจง : จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ในวงจรที่มีไดโอดเปล่งแสงเป็นองค์ประกอบ หากมีกระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง อาจจะทำให้ไดโอดเปล่งแสงเสียหายได้ ซึ่งจะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายได้อย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

2. การต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับแบตเตอรี่ 3 เซลล์ ต้องต่ออย่างไรอธิบายและวาดภาพประกอบ

.....

.....

.....





แบบทดสอบหลังเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว โดยท าเครื่องหมาย X ตรงข้อที่ คิดว่า ถูกต้อง

1. ไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทิศทางเดียว คือ
 - ก. กระแสตรงกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้ว P ไปยังขั้ว N
 - ข. กระแสตรงกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้ว N ไปยังขั้ว P
 - ค. กระแสสลับไหลจากศักย์ไฟฟ้าต่ำ ไปยังศักย์ไฟฟ้าสูง
 - ง. กระแสสลับไหลจากศักย์ไฟฟ้าสูง ไปยังศักย์ไฟฟ้าต่ำ
2. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับไดโอดในอุดมคติ
 - ก. เมื่อได้รับไบแอสตรงจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด
 - ข. เมื่อได้รับไบแอสกลับจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด
 - ค. ไม่มีค่าความต้านทานภายใน
 - ง. ศีลพื้นที่นํ้าเงินจะขยายขึ้นเมื่อได้รับไบแอสตรง
3. ถ้าต้องการให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานได้ ควรต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับวงจรดังนี้
 - ก. ต่อแอค โนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับเบสเทอร์แบบขนานกับ โวลต์มิเตอร์
 - ข. ต่อแอค โนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับตัวต้านทานแบบขนานกับ โวลต์มิเตอร์
 - ค. ต่อแอค โนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับตัวเก็บประจุแบบอนุกรมกับ โวลต์มิเตอร์
 - ง. ต่อแอค โนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับตัวทรานซิสเตอร์แบบอนุกรมกับ โวลต์มิเตอร์

4. ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับไดโอดเปล่งแสง

- ก. เพื่อป้องกันไม่ให้ไดโอดเปล่งแสงเสียหายต้องต่อแบบอนุกรม
- ข. ขายาวของไดโอดเปล่งแสงจะแสดงขั้วลบและขาสั้นจะแสดงขั้วบวก
- ค. ทำหน้าที่กําหนดทิศการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าไปทางเดียวกัน
- ง. เมื่อมีกระแสไหลในวงจรไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าของไดโอดที่แอโนดจะสูงกว่าแคโทด

5. ข้อใด การต่อไดโอดและไดโอดเปล่งแสงเข้ากับวงจรไฟฟ้า ที่เหมือนกัน

- ก. กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรไฟฟ้า จะมีศักย์ของไดโอดที่แคโทด สูงกว่าขั้วแอโนด
- ข. ต้องต่อขั้วลบของLED กับขั้วลบของแบตเตอรี่และ ต่อขั้วบวกของLED กับขั้วบวกของแบตเตอรี่
- ค. ไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว คือไหลเข้าทาง แคโทดหรือขั้ว N แล้วออกทางแอโนด หรือขั้ว P เท่านั้น
- ง. การต่อแบบขนานขั้ว P ของไดโอดเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อขั้ว N ของไดโอดเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า

6. ไดโอด ทำหน้าที่อะไรในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- ก. เป็นอุปกรณ์ทําหน้าที่คัด - ค่อ วงจรไฟฟ้า
- ข. เป็นอุปกรณ์ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางเดียว
- ค. เป็นอุปกรณ์ที่ลดปริมาณกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรไฟฟ้า
- ง. เป็นอุปกรณ์ที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้ตามต้องการ

7. จากสัญลักษณ์  ข้อใดกล่าว **ไม่** ถูกต้อง

- ก. ขั้วไฟฟ้าด้าน B เรียกว่าแอโนด
- ข. ชั้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้ คือ ไดโอด
- ค. ด้าน A ต้องต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่
- ง. การต่อชั้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้ต้องต่อแบบอนุกรมกับวงจร

8. จากสัญลักษณ์  เป็นไดโอดประเภทใด

- ก. ซีเนอร์ไดโอด
- ข. โฟโต้ไดโอด
- ค. ไดโอดวาร์เกเตอร์
- ง. ไดโอดเปล่งแสง

9. สัญลักษณ์อุปกรณ์ชนิดใดต่อไปนี้ ที่การทำงานขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ตกกระทบ

- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 

10. จากสัญลักษณ์  เป็นไดโอดประเภทใด

- ก. ซีเนอร์ไดโอด
- ข. โฟโต้ไดโอด
- ค. ไดโอดวาร์เกเตอร์
- ง. ไดโอดเปล่งแสง

11. จากสัญลักษณ์  เป็นไดโอดประเภทใด

- ก. ซีเนอร์ไดโอด
- ข. โฟโต้ไดโอด
- ค. ไดโอดวาร์เกเตอร์
- ง. ไดโอดเปล่งแสง

12. ในภาวะที่ไดโอดไม่นำกระแส ถ้าป้อนแรงดันค่าหนึ่งแล้ว Q ทำให้มีกระแสไหลผ่านรอยต่อไดโอดเป็นจำนวนมากค่าแรงดันนี้

- ก. แรงดันคัท – อิน
- ข. แรงดันลัฟ - ออฟ
- ค. แรงดันพังทลาย
- ง. แรงดันไบแอสตรง

13. ไดโอดสารกึ่งตัวนำจะนำกระแสเมื่อต่อวงจรในลักษณะใด

- ก. ไบแอสอิเล็กทรอนิกส์
- ข. ไบแอสโวล
- ค. ไบแอสตรง
- ง. ไบแอสกลับ

14. จากการตรวจสอบคุณสมบัติของไดโอดโดยใช้มัลติมิเตอร์ปรากฏว่ามีเตอร์แสดงค่า OL หมายความว่าอย่างไร

- ก. ไดโอดลัดวงจร
- ข. ไดโอดขาด
- ค. ไดโอดปกติ
- ง. ไดโอดเกิดโอเวอร์โวล

15. ในสภาวะกั้นกระแสปรากฏว่า มีกระแสค่าเล็กๆ ไหลผ่านรอยต่อไดโอดเรียกกระแสนี้ว่าอะไร

- ก. กระแสรั่วไหล
- ข. กระแสเกิน
- ค. กระแสไบแอสตรง
- ง. กระแสโวล

16. ซีเนอร์ทไดโอดนิยมนำไปใช้งานตรงกับข้อใด

- ก. วงจรเรียงกระแส
- ข. วงจรขยายสัญญาณ
- ค. วงจรกำหนดความถี่
- ง. วงจรรักษาระดับแรงดัน

17. ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ไดโอด ทำหน้าที่อะไร

- ก. เปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าให้สูงขึ้น
- ข. เปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
- ค. ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลกลับไป-กลับมา
- ง. เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

18. การจ่ายแรงดันไบอัสในซีเนอร์ทไดโอด ที่ถูกต้องควรจ่ายแรงดันไบอัสตามข้อใด

- ก. จ่ายแรงดันไบอัสตรงต่ำ ๆ
- ข. จ่ายแรงดันไบอัสตรงสูงมาก ๆ
- ค. จ่ายแรงดันไบอัสกลับต่ำกว่าค่าแรงดันแบรกดาวน
- ง. จ่ายแรงดันไบอัสให้สูงกว่าค่าแบรกดาวน

19. ไดโอดเปล่งแสงใช้กระแสไฟฟ้าน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหายต้องมีการต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดใด

- ก. ไอซี
- ข. ตัวต้านทาน
- ค. ตัวเก็บประจุ
- ง. ทรานซิสเตอร์

20. อุปกรณ์ชนิดใดในวงจรไฟฟ้าที่แปลงแสงได้

- ก. Prints Circuits
- ข. Integrated Circuit
- ค. Light Emitting Diode
- ง. Light Dependent Resistor

21. ไดโอดมีลักษณะการทำงานแตกต่างจากพวก

- ก. โฟโตไดโอด
- ข. ไดโอดเปล่งแสง
- ค. ไดโอด
- ง. ซีเนอร์ไดโอด

22. เส้นโหลด (Load Line) คืออะไร

- ก. เส้นที่ใช้กำหนดลักษณะของไดโอด
- ข. เส้นที่ใช้กำหนดจุดทำงานของไดโอด
- ค. เส้นที่ใช้กำหนดอุณหภูมิของไดโอด
- ง. เส้นที่ใช้กำหนดความต้านทานของไดโอด

23. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง

- ก. แบบตัวเลข
- ข. แบบค็อตเมตริกซ์
- ค. มีรอยต่อ 2 รอยต่อสามชั้น
- ง. เป็นสารชนิดแกเลียมอาเซนายด์

24. สารในข้อใดเป็นสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว

- ก. โบรอน , อาร์เซนิก
- ข. ซิลิคอน , เจอร์มาเนียม
- ค. ฟอสฟอรัส , โบตัสเซียม
- ง. โซเดียม , แคลเซียม

25. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. การไบแอสไดโอดไปข้างหน้าทำได้โดยต่อขั้วแอโนดเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ
- ข. การไบแอสไดโอดไปข้างหน้าเป็นการกำหนดให้ขั้ว แคโทดต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ
- ค. การไบแอสไดโอดไปข้างหน้าเปรียบเสมือนสวิตช์ที่ปิด
- ง. การไบแอสไดโอดไปข้างหน้าจะไม่สามารถทำให้กระแสไหลผ่านได้

26. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอด

- ก. ทำงานในย่านแรงดันแบบไบแอสตรง
- ข. แรงดันที่ใช้ในการไบแอสต้องมากพอที่จะทำให้ทำงานอยู่ในย่านแรงดันพังย้อนกลับ
- ค. รักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมให้คงที่
- ง. แรงดันในย่านแรงดันพังทลายย้อนกลับเรียกว่าแรงดันซีเนอร์

27. ไดโอดแบบวาริแคปนิยมนำไปใช้ในวงจรใด

- ก. วงจรขยายสัญญาณ
- ข. วงจรปรับความถี่
- ค. วงจรออสซิลเลเตอร์
- ง. วงจรกรองสัญญาณ

28. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับไดโอดแบบจุดสัมผัส

- ก. เกิดจากการนำสารเจอร์มาเนียมชนิด N มาอัดเป็นสายเล็ก ๆ ให้มีลักษณะเป็นลวดแพลตตินัม
- ข. สร้างขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N มาต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด P
- ค. สารกึ่งตัวนำชนิด N จะแพร่อนุภาคอะตอมของสารบางเข้าไปในเนื้อของสารกึ่งตัวนำชนิด P
- ง. ไดโอดชนิดนี้นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

29. ข้อใดไม่ใช่แบบจำลองของโคโคด

- ก. แบบจำลองในอุดมคติ
- ข. แบบจำลองไฟสลัป
- ค. แบบจำลองในทางปฏิบัติ
- ง. แบบจำลองแบบรวม

30. ข้อกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N

- ก. พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของสารกึ่งตัวนำและสารเจือเรียกว่าพันธะไอออน
- ข. สารกึ่งตัวนำชนิดพีเกิดจากการเติมสารเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัวลงไป
- ค. สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเกิดจากการเติมสารเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัวลงไป
- ง. สารกึ่งตัวนำชนิดพีมีสภาพทางไฟฟ้าที่เป็นบวกมากกว่าลบ

ทำกันได้ไหมครับ...!!



ภาคผนวก



กระดาษคำตอบ แบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

ข้อ	ก	ข	ค	ง
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				



กระดาษคำตอบ แบบทดสอบหลังเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

ข้อ	ก	ข	ค	ง
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				



เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย
1	ง	16	ก
2	ก	17	ง
3	ข	18	ง
4	ข	19	ข
5	ก	20	ง
6	ก	21	ข
7	ง	22	ก
8	ก	23	ง
9	ก	24	ข
10	ง	25	ง
11	ก	26	ก
12	ข	27	ก
13	ข	28	ก
14	ก	29	ง
15	ก	30	ง



เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย
1	ก	16	ง
2	ก	17	ก
3	ก	18	ง
4	ข	19	ข
5	ข	20	ก
6	ข	21	ง
7	ก	22	ข
8	ก	23	ก
9	ง	24	ข
10	ง	25	ง
11	ก	26	ก
12	ก	27	ข
13	ก	28	ก
14	ง	29	ง
15	ก	30	ก

เฉลยกิจกรรมการทดลองที่ 1



การทดลองที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์แก๊สฟีน



จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของแก๊สฟีนเบื้องต้น
2. อธิบายการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้
3. สรุปเกี่ยวกับสมบัติของแก๊สฟีนควอนตัมคอตได้



อุปกรณ์

1. แท่งแกรไฟต์
2. Applied Voltage
3. สายไฟพร้อมแจ็คปากกิบ
4. บีกเกอร์ขนาด 100 mL
5. กรดซัลฟริก
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์
7. น้ำกลั่น
8. แท่งคนสาร
9. ขาค้างเหล็กที่ใช้สำหรับจับยึดแท่งแกรไฟต์



ทดลองวันที่ (วันที่ทำการทดลอง)



ผลการทดลอง (ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองทำกิจกรรมการการสังเคราะห์แกรไฟน์)

เวลา	ผลการทดลอง	ค่าความต่างศักย์
10	สีจากการทดลอง	
20	สีจากการทดลอง	
30	สีจากการทดลอง	



คำถามเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล

1. ในการสังเคราะห์ มีอุปกรณ์ ดังนี้

- แท่งแกรไฟต์
- Applied Voltage
- สายไฟพร้อมแจ๊คปากคีบ
- บีกเกอร์ขนาด 100 mL
- กรดซัลฟริก
- โซเดียมไฮดรอกไซด์
- น้ำกลั่น
- แท่งคนสาร
- ขาดังหลักที่ใช้สำหรับจับยึดแท่งแกรไฟต์

2. การสังเคราะห์แกรไฟน์ เป็นการสังเคราะห์ในรูปแบบใด

การสังเคราะห์แบบไฟฟ้าเคมี

3. ในกิจกรรมการทดลอง เมื่อเวลา 30 นาที สีในบีกเกอร์เปลี่ยนเป็นสี สีเหลืองอ่อน

สังเกตได้จาก สารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์

4. เมื่อนำเรเซอร์มาส่องกรด ผลที่ได้มีลักษณะอย่างไร

เมื่อนำแสงไปส่องในสารคอลลอยด์ อนุภาคคอลลอยด์จะช่วยกระเจิงแสงและทำให้มองเห็นเป็นลำแสงได้

5. สารละลายแกรฟีนควอนตัมคอต สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอิเล็กทรอนิกส์ ยกตัวอย่างมา 3 อย่าง

หน้าจอทีวี แผงเซลล์สุริยะ ทรานซิสเตอร์ ไดโอด แบตเตอรี่ ฯ

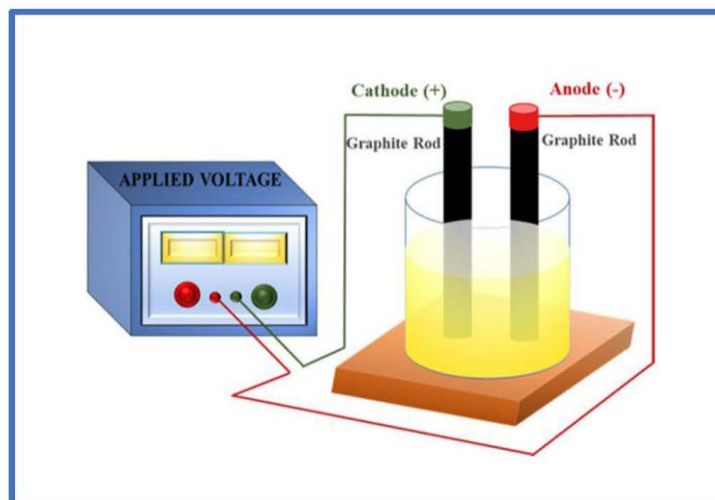


สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการสังเคราะห์แกรฟีนควอนตัมคอต โดยวิธีไฟฟ้าเคมี ผลจากการทดลอง พบว่า สีของสารละลายอิเล็กโทรไลต์เริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองอ่อน จนถึงเหลืองเข้ม เมื่อนำลำแสงส่องไปในสารละลายทำให้เกิดการกระเจิงของแสง ทำให้มองเห็นลำแสงได้ชัดเจน สารละลายที่ได้ก็คือ แกรฟีนควอนตัมคอต



วาดแผนภาพที่ปฏิบัติ



เฉลยกิจกรรมการทดลองที่ 2



การทดลองที่ 2 เรื่อง ไคโอคคืออะไร



จุดประสงค์

1. ทาการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของไคโอค
2. วาดรูปแผนผังวงจรและต่อชิ้นส่วน “ไคโอค” ในวงจรไฟฟ้าได้
3. สรุปเกี่ยวกับสมบัติของไคโอคได้



อุปกรณ์

1. แบตเตอรี่ 4 เซลล์ (กระดาษพร้อมถ่านไฟฉาย 4 ก้อน)
2. สายไฟพร้อมแจ็กและปากคีม 7 เส้น
3. แอมมิเตอร์ 1 เครื่อง
4. โวลต์มิเตอร์ 1 เครื่อง
5. ไคโอค 1 ตัว
6. สวิตช์ 1 ตัว
7. ตัวต้านทาน $100\ \Omega$ 1 ตัว



ทดลองวันที่ (วันที่ทำกิจกรรมชุดนี้)



63

ผลการทดลอง (ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองทำกิจกรรมการต่อไดโอด)

การต่อไดโอด	กระแสไฟฟ้า (A)	ศักย์ไฟฟ้า (V)
1. ต่อขั้วแอโนดของไดโอดกับขั้วบวกของแบตเตอรี่และต่อขั้วแคโทดของไดโอดกับขั้วลบของแบตเตอรี่	จากการทดลอง 0	V_1 = จากการทดลอง V_2 = จากการทดลอง
2. กลับขั้วของไดโอด จากข้อ 1		

*** $V_2 > V_1$



คำถามเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล

1. ในวงจรการทดลอง มีอุปกรณ์ ดังนี้
สายไฟ แบตเตอรี่ แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ ไดโอด สวิตช์ และตัวต้านทานการต่อไดโอดให้กระแสไฟฟ้าไหลควรต่ออย่างไร
2. การต่อไดโอดให้กระแสไฟฟ้าไหลควรต่ออย่างไร
ต่อแบบอนุกรมขั้วแอโนดต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ ขั้วแคโทดต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่
3. ในกิจกรรมการทดลอง เมื่อกลับขั้วของไดโอด จะมีกระแสไฟฟ้าหรือไม่ **ไม่มี**
สังเกตได้จาก เข็มของแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ไม่เบน
4. ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดของไดโอด มีค่าต่างกันประมาณ
(คำตอบจากที่นักเรียนทดลองได้)
5. เมื่อกลับขั้วของไดโอด ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วของไดโอดมีค่าประมาณ
(คำตอบจากที่นักเรียนทดลองได้)
6. ไดโอด มีความสำคัญต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าหรือไม่ มี อย่างไร **ไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว คือ เข้าทางแอโนดหรือขั้ว P แล้วไหลออกจากแคโทด หรือ ขั้ว N**

7. ยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันที่ใช้ไดโอดเป็นส่วนประกอบ มา 3 ชิ้น
โทรทัศน์ พัดลม เครื่องเสียง วิทยุ ฯลฯ

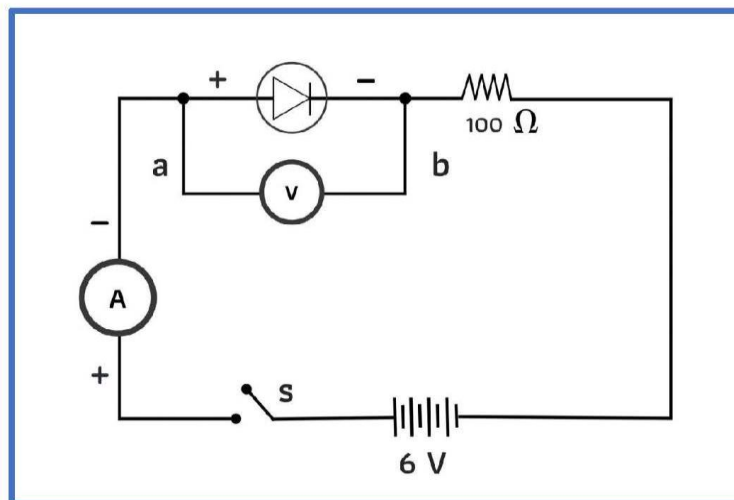


สรุปผลการทดลอง

1. ไดโอดมีคุณสมบัติทำให้กระแสไฟฟ้าไหลทางเดียว โดยกระแสไฟฟ้าไหลเข้า
ทาง
ขั้วแอโนดและออกทางขั้วแคโทด
2. การต่อไดโอดในวงจรต้องต่อแบบอนุกรม คือ ขั้วแอโนดของไดโอดต่อกับ
ขั้วบวก
และขั้วแคโทดของไดโอดต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่



วาดแผนผังวงจรที่ปฏิบัติ



เฉลยกิจกรรมการทดลองที่ 3



การทดลองที่ 1.2 เรื่อง มาต่อไดโอดเปล่งแสงกันเถอะ



จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของไดโอดเปล่งแสง
2. วาดรูปแผนผังวงจรและต่อชิ้นส่วน "ไดโอดเปล่งแสง" ในวงจรไฟฟ้าได้
3. สรุปเกี่ยวกับสมบัติของไดโอดเปล่งแสงได้



อุปกรณ์

1. แบตเตอรี่ 4 เซลล์ (กระบะพร้อมถ่านไฟฉาย 4 ก้อน)
2. สายไฟ 7 เส้น
3. แอมมิเตอร์ 1 เครื่อง
4. โวลต์มิเตอร์ 1 เครื่อง
5. ไดโอดเปล่งแสง 1 ตัว
6. สวิตช์ 1 ตัว
7. ตัวต้านทาน $100\ \Omega$ 1 ตัว



ทดลองวันที่ (วันที่ทำกิจกรรมชุดนี้)



66

ผลการทดลอง (ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองทำกิจกรรมการต่อไดโอด)

การต่อขั้วของ LED	ความสว่าง ของ LED	กระแสไฟฟ้า (A)	ศักย์ไฟฟ้า (V)
1. ต่อแอโนดของ LED กับขั้วบวกของ แบตเตอรี่ และต่อ แคโทดของ LED กับ ขั้วลบของแบตเตอรี่	สว่าง	จากการทดลอง	$V_1 =$ จากการทดลอง
2 . ต่อแอโนดของ LED กับ ขั้วลบของ แบตเตอรี่ และต่อ แคโทดของ LED กับ ขั้วบวกของแบตเตอรี่ (สลับขั้วกับข้อ 1)	ไม่สว่าง	0	$V_2 =$ จากการทดลอง

*** $V_2 > V_1$



คำถามเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล

67

1. อุปกรณ์ในวงจร มีดังนี้

สายไฟ แบตเตอรี่ แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ ไดโอดเปล่งแสง สวิตช์ และ ตัวต้านทาน

2. ในวงจรไฟฟ้านี้มีอุปกรณ์ชนิดใดที่ต้องต่อแบบอนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยลง เป็นการป้องกันไม่ให้ไดโอดเปล่งแสงเสีย

ตัวต้านทาน

3. ในกิจกรรมการทดลอง เมื่อโยกสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง on ไดโอดเปล่งแสงเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ มีแสงสว่าง แสดงว่า มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง

4. เมื่อสลับขั้วของไดโอดเปล่งแสง และ เมื่อโยกสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง on

ไดโอดเปล่งแสงเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ ไม่สว่าง แสดงว่า ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เกิดจากสาเหตุ ต่อผิดขั้ว กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงได้

5. ถ้าต้องการให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานได้ ควรต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับวงจร ดังนี้

ต่อแอโนด (ขายาว) เข้ากับแบตเตอรี่ ขั้วบวก และ ต่อแคโทด (ขาสั้น) เข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่



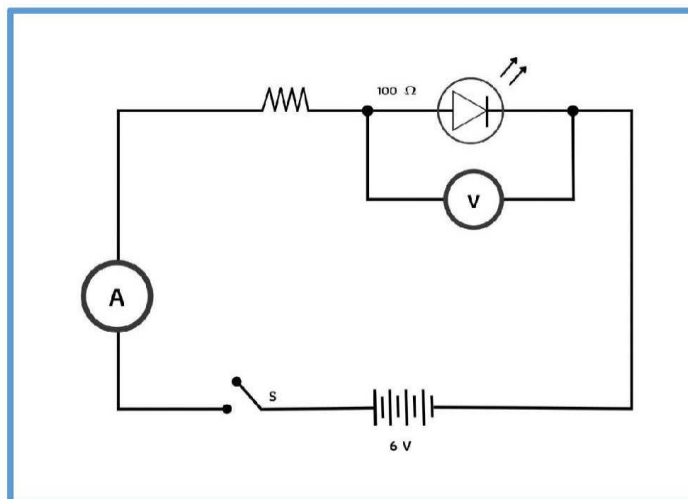
สรุปผลการทดลอง

1. ไดโอดมีคุณสมบัติให้กระแสไฟฟ้าไหลทางเดียว โดยกระแสไฟฟ้าไหลเข้าทางขั้วแอโนดและออกทางขั้วแคโทด
2. การต่อไดโอดในวงจรต้องต่อแบบอนุกรม คือ ขั้วแอโนดต่อกับขั้วบวกและขั้วแคโทดกับขั้วลบของแบตเตอรี่
3. ไดโอดเปล่งแสงเป็นอุปกรณ์ ที่ให้แสงสว่างและยอมให้กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านได้ทางเดียวเท่านั้น
4. การต่อไดโอดเปล่งแสงต้องต่อแบบอนุกรม คือ ต่อขั้วแอโนดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วแคโทดของไดโอดเปล่งแสงเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่



วาดแผนผังวงจรที่ปฏิบัติ

68



เพื่อนๆ ทำทันเวลาไหมค่ะ



เฉลยคำถามชวนคิด

คำชี้แจง : จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ในวงจรที่มีไดโอดเปล่งแสงเป็นองค์ประกอบ หากมีกระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง อาจจะทำให้ไดโอดเปล่งแสงเสียหายได้ ซึ่งจะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายได้อย่างไร เพราะเหตุใด

ในวงจรที่มีไดโอดเปล่งแสงเป็นองค์ประกอบ หากมีกระแสไฟฟ้าจำนวนมาก ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง อาจจะทำให้ไดโอดเปล่งแสงเสียหายได้ ซึ่งจะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายได้โดยการต่อตัวต้านทานลงไปในวงจรไฟฟ้า เนื่องจาก ตัวต้านทานจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงน้อยลง

2. การต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับแบตเตอรี่ 3 เซลล์ ต้องต่ออย่างไรอธิบายและวาดภาพประกอบ

การต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับแบตเตอรี่ 3 เซลล์ โดยการต่ออนุกรมเข้าไปในวงจรให้ถูกขั้ว ซึ่งขั้วแอโนดของไดโอดเปล่งแสงจะต้องต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และ ขั้วแคโทดของไดโอดเปล่งแสงต้องต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ จึงจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในไดโอดเปล่งแสงทำให้สามารถเปล่งแสงได้



บรรณานุกรม

บุญธรรม ภัทรจากรุกด. (2562). งานไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

ศรีลักษณ์ ผลวัณณะ และ คณะ. (2548). อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์นิยมวิทยา.

สมพงษ์ จันทรโพธิ์ศรี.รศ.ดร. วิทยาศาสตร์ 5. มปป. กรุงเทพฯ : บริษัท ไฮเอ็ดพับลิชชิง.

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ พว. (2558). คู่มือครูวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล ภัทรพร ปินตากำ

วัน เดือน ปีเกิด 24 กุมภาพันธ์ 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน 38 ตำบลเมืองราย อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย 57290

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2555 - พ.ศ. 2560 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์
สถาบันการศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2565 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ แขนงฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2563 – ปัจจุบัน ตำแหน่ง พนักงานการตลาด
สังกัด / หน่วยงาน Progress
จังหวัดเชียงใหม่