

# กิจกรรมเมืองวิทยาศาสตร์ งานชุมนุมลูกเสือโลก ครั้งที่ 20

ชุดที่ 2

โดย ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ



Theme 3 : Life Sciences  
Theme 4 : Earth and Universe

City of Science



BIOTEC

SRSS  
SCIENCE IN RURAL SCHOOLS

WORLD  
THAILAND, 2005

## ◦ ที่ปรึกษา ◦

---

ดร. มรกต ตันติเจริญ

ดร. ศักรินทร์ ภูมิรัตน

## ◦ กองบรรณาธิการ ◦

---

อุษารัตน์ บุณนาค

ชื่นจิต กิ่งนรา

อุไรวรรณ เกิดบารมี

ดวงพร ชัยมงคลรัตน์

กิตติมา ไกรพิรพรรณ

## ◦ จัดทำโดย ◦

---

โครงการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในโรงเรียนชนบท  
(Science in Rural Schools, SiRs) <http://www.scithai.com>

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ  
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

## ◦ ออกแบบรูปเล่ม ◦

---

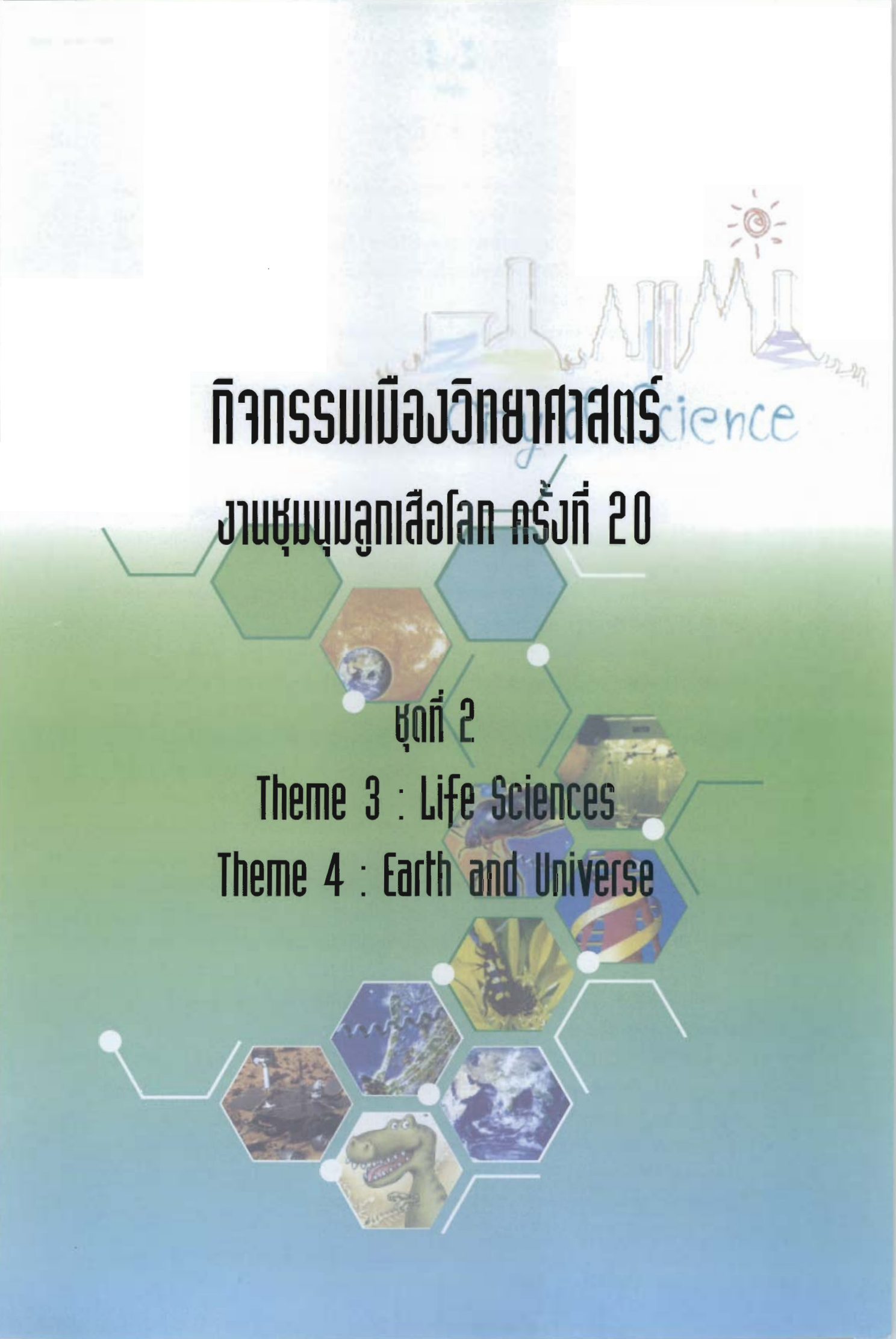
บริษัท เอ.พี. ไอเม็กซ์ จำกัด

สงวนลิขสิทธิ์โดย ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค)  
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เมษายน 2546

พิมพ์จำนวน 5,000 เล่ม

ISBN 974-229-463-1



# กิจกรรมเมืองวิทยาศาสตร์

งานชุมนุมลูกเสือโลก ครั้งที่ 20

ชุดที่ 2

Theme 3 : Life Sciences

Theme 4 : Earth and Universe

## คำนำ

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค) ได้เข้าร่วมการจัดกิจกรรม Life Sciences ของเมืองวิทยาศาสตร์ในงานเตรียมลูกเสือโลก (Pre-Jamboree) ซึ่งการจัดงานได้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี และเป็นที่น่ายินดีที่ กองอำนวยการลูกเสือโลกจากประเทศฝรั่งเศส ได้ชื่นชมการจัดกิจกรรมของไบโอเทค ซึ่งนับเป็นความภาคภูมิใจของประเทศไทยที่มีความสามารถและศักยภาพในการจัดกิจกรรมด้านวิทยาศาสตร์ ให้เป็นที่ชื่นชอบแก่กลุ่มลูกเสือนานาชาติ

จากผลงานการจัดกิจกรรม Life Science ในงานเตรียมลูกเสือโลก ส่งผลให้ไบโอเทคได้รับการแต่งตั้งจากคณะกรรมการบริหารลูกเสือแห่งชาติ ให้เป็นผู้บริหารการจัดกิจกรรมเมืองวิทยาศาสตร์ (City of Science) ในงานลูกเสือโลก (Jamboree) เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2545 - วันที่ 7 มกราคม 2546 ณ ตำบลสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

กิจกรรมในเมืองวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วยเกมการเล่นที่สนุกสนาน ซึ่งจะต้องใช้ทักษะการคิด ไหวพริบ และความสามัคคีในการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งจำแนกออกเป็น 4 กิจกรรมหลักคือ

1. กิจกรรมคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์ เพื่อฝึกทักษะการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์ โดยจะมีการจำลองเป็นเกมต่างๆ เช่นการร่วมกันสร้างภาพยนตร์ขนาดสั้นโดยใช้เทคนิคการตัดต่อวิดีโอและโปรแกรม Adobe Premiere เรียนรู้การใช้งานชุดจำลองของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียนที่ใช้แรงคนในการเคลื่อนที่ การแข่งขันเขียนภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อบังคับหุ่นยนต์ การเล่นเกมตามล่าหาสมบัติโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการอ่านพิกัดภูมิศาสตร์ (เครื่อง GPS)

2. กิจกรรมเทคโนโลยีการสื่อสาร และข้อมูลสารสนเทศ เพื่อเรียนรู้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศผ่านเกมสนุกสนานต่างๆ ได้แก่ การค้นหาจุดเสียของวงจรโทรศัพท์และการซ่อมแซม การทำจานดาวเทียมสื่อสารอย่างง่าย การประดิษฐ์วิทยุสื่อสาร การเล่นเกมหาพุ่มทรัพย์โดยใช้วิทยุสื่อสารการแข่งขันเกม Web Rally การประกอบคอมพิวเตอร์อย่างง่ายและใช้งานได้จริง การประกอบวงจรและเรียนรู้การทำงานของวงจร

3. มนุษย์และสิ่งมีชีวิต เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตรอบตัวและสภาพแวดล้อม รวมทั้งการเข้าใจถึงองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ เช่น การความสำคัญของดีเอ็นเอ เกมการค้นหาและบันทึกสิ่งมีชีวิตที่พบในบริเวณค่ายการรู้จักสมุนไพรพื้นบ้านการศึกษาแมลงรู้จักแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนของสิ่งมีชีวิต

4. โลกและจักรวาล เพื่อเรียนรู้ศาสตร์เบื้องหลังความสำเร็จของโครงการอวกาศและวิศวกรรมอวกาศ เช่น ในการสร้างจรวดน้ำ การออกแบบล้อรถยานอวกาศประเภท Mars Pathfinder การสำรวจดวงอาทิตย์โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ และรู้จักดวงอาทิตย์ การสร้างกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโพลีเมอร์ ที่จะมีการทดลองวิทยาศาสตร์อย่างง่ายเพื่อแสดงถึงสมบัติของโพลีเมอร์ การสร้างนาฬิกาแดด เกมการประดิษฐ์บอลดูลูกธนู เกมการขุดไดโนเสาร์

สำหรับหนังสือรวบรวมกิจกรรมเมืองวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นหนังสือฉบับที่ 2 ซึ่งรวบรวมกิจกรรมที่ 3 มนุษย์และสิ่งมีชีวิต และ กิจกรรมที่ 4 โลกและจักรวาล ไว้ด้วยกัน

ในการจัดกิจกรรมหลักทั้ง 4 และการทำหนังสือรวบรวมกิจกรรมเมืองวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 และ 2 นี้ ไบโอเทคได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ที่มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ทั้งนี้ไบโอเทคขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ตามรายชื่อต่อไปนี้ องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บริษัทสห คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) หอดูดาวเกิดแก้ว นิคมสาร 100 รัตต์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

## สารบัญ

### Theme 3 : Life Sciences

หน้า 5-42

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| กิจกรรม                                        | หน้า |
| <u>ฐานที่ 1 : Born Identity</u>                | 5    |
| <u>ฐานที่ 2 : DNA Treasure Hunt</u>            | 8    |
| <u>ฐานที่ 3 : Neo Biodiversity Descry</u>      | 11   |
| <u>ฐานที่ 4 : Magic of Plants</u>              | 14   |
| <u>ฐานที่ 5 : Coloured Adventure</u>           | 18   |
| <u>ฐานที่ 6 : Amazing Thai Herbal Medicine</u> | 26   |
| <u>ฐานที่ 7 : Art of Insect</u>                | 31   |
| <u>ฐานที่ 8 : Insect Garden</u>                | 36   |
| <u>ฐานที่ 9 : The Green Village of Miracle</u> | 39   |

### Theme 4 : Earth and Universe

หน้า 43-74

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| <u>ฐานที่ 1 : Solar Observation</u>           | 43 |
| <u>ฐานที่ 2 : Telescope Making</u>            | 45 |
| <u>ฐานที่ 3 : Safety Landing</u>              | 47 |
| <u>ฐานที่ 4 : Mars Rover</u>                  | 49 |
| <u>ฐานที่ 5 : Planet Earth in 2200</u>        | 51 |
| <u>ฐานที่ 6 : The Facts about the Climate</u> | 53 |
| <u>ฐานที่ 7 : Fun with Polymers</u>           | 56 |
| <u>ฐานที่ 8 : Dinosaur Detective</u>          | 61 |
| <u>ฐานที่ 9 : The Sun (Origin of Time)</u>    | 63 |
| <u>ภาคผนวก</u>                                | 67 |
| <u>รายชื่อหัวหน้าฐานและผู้ให้ข้อมูล</u>       | 73 |

THEME THREE

# LIFE SCIENCES

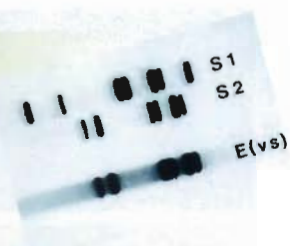
ผู้ที่สนใจคลื่นลูกใหม่ของวิวัฒนาการ “เทคโนโลยีชีวภาพ” จะได้เรียนรู้สิ่งต่างๆ ที่น่าสนใจเกี่ยวกับเกมและกิจกรรมต่างๆ เริ่มตั้งแต่ การทำความรู้จักกับ DNA การถ่ายทอดข้อมูลทาง พันธุกรรมและลักษณะเฉพาะตัวของสิ่งมีชีวิต ได้เรียนรู้และทำความเข้าใจกับความหลากหลาย ทางชีวภาพ รวมทั้งการสำรวจด้วยเครื่องมือพื้นฐาน การทำกิจกรรม เพื่อให้เข้าใจถึงพลังงานจากชีวมวลและการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสี การใช้ประโยชน์จากสีธรรมชาติ การ ศึกษาเรื่องใกล้ตัวอย่างเช่นสมุนไพร โดยผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะ สามารถหาสารสำคัญจากสมุนไพร และการนำไปใช้ประโยชน์ทาง ยานอกจากนี้ยังจะได้เรียนรู้ถึงโครงสร้างและพฤติกรรมของแมลง รวมถึงการได้ร่วมค้นหาวาอะไรเป็นกฎเกณฑ์สำคัญของสิ่งมีชีวิต และ การสังเคราะห์แสงโดยใช้สาหร่ายสไปรูลินาเป็นต้นแบบ



สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีลักษณะจำเพาะของตัวเองที่มีมาแต่กำเนิด ลักษณะบางอย่างที่มองเห็นได้ด้วยตา เช่น รูปร่าง สีขน ลวดลาย ใช้จำแนกสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ออกจากกันได้ อย่างไรก็ตาม ลักษณะภายนอกเหล่านี้อาจจะไม่มีความละเอียดเพียงพอ สำหรับกรณีที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำสูง หรือต้องการข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงเช่นการเป็นพ่อแม่ลูก หรือการจำแนกสายพันธุ์ การวิเคราะห์สารพันธุกรรมโดยการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจในการหาคำตอบได้ ในฐานนี้จัดให้มีกิจกรรมที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยลักษณะภายนอกและการวิเคราะห์สารพันธุกรรม

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะตัวของสิ่งมีชีวิต และได้เข้าใจวิธีการวิเคราะห์ DNA fingerprint



### สิ่งที่ต้องเตรียม

- อุปกรณ์สำรวจรอยเท้าสัตว์
  - รูปหล่อหรือแบบจำลองรอยเท้าสัตว์ชนิดต่างๆ
  - คู่มือการสำรวจรอยเท้าสัตว์
  - ไม้บรรทัด
  - สมุดบันทึก
- ภาพถ่ายเสียงจากกล้องดักจับภาพสัตว์ (camera trap) ในมุมต่างๆ
- อุปกรณ์การวิเคราะห์ตัวอย่าง DNA
  - อุปกรณ์แยก DNA ด้วยกระแสไฟฟ้า (electrophoresis apparatus)
  - เครื่องกำเนิดแสง UV
  - micropipette และ pipet tips
  - วุ้นทำขนม
  - น้ำเกลือ (buffer ที่ใช้ในการแยก DNA)
  - ตัวอย่างดีเอ็นเอ (ในกรณีที่ใช้ดีเอ็นเอจริงในการวิเคราะห์) หรือสีย้อมผ้า



- สีติดตาม DNA (loading dye) (การใช้สีติดตามดีเอ็นเอ ใช้เมื่อเรานำดีเอ็นเอจริงมาวิเคราะห์ แต่ถ้าเราหาดีเอ็นเอจริงไม่ได้ อาจจะใช้สีย้อมผ้าแทนได้ เนื่องจากวิธีการที่เราทำเป็นวิธีที่บอกความแตกต่างของสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เท่ากัน ถ้าใช้สีย้อมผ้าแทนการใช้ดีเอ็นเอ ก็ไม่ต้องใช้สีติดตามดีเอ็นเอ)
- ethidium bromide หรือ gel star ซึ่งเป็นพิษน้อยกว่า เพื่อใช้ในการย้อมดีเอ็นเอ
- หลอดเล็กใส่ตัวอย่างดีเอ็นเอ
- ดีเอ็นเอตัวอย่าง (DNA marker) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เท่ากัน

#### 4. อุปกรณ์การตรวจสอบลายนิ้วมือ

- เครื่องอ่านลายนิ้วมือ
- computer, printer
- software เก็บข้อมูลลายนิ้วมือ

ในกรณีที่ไม่มีเครื่องอ่านลายนิ้วมืออาจใช้วิธีการป้อนนิ้วมือลงบนหมึกสี แล้วทาบบนกระดาษแทนได้

#### 5. โปสเตอร์และแผนภาพอธิบายกิจกรรม

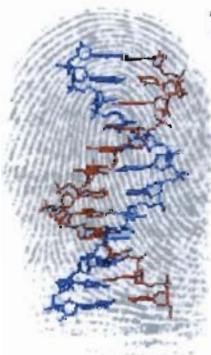


### ลองทำและสังเกต

มีการสมมุติสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสวนสัตว์โคราช ซึ่งมีการเคลื่อนย้ายลูกเสือโคร่งชื่อ "เฮลิคซ์" ซึ่งเป็นลูกเสือโคร่งตัวแรกที่เกิดในสวนสัตว์โคราชไปยังสวนสัตว์อีกแห่งหนึ่งเพื่อเป็นของขวัญ ในระหว่างการขนย้าย ลูกเสือเกิดหลุดจากกรงหนีหายเข้าไปในป่าสงวนบริเวณใกล้เคียง ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะถูกกำหนดให้เป็นนักสืบ เพื่อตามหาตัวเฮลิคซ์จากหลักฐานและร่องรอยต่าง ๆ ในป่าบริเวณที่สงสัย โดย . . .



1. สำรวจหารอยเท้าสัตว์ในป่า เพื่อหารอยเท้าเสือ
2. การดูภาพที่สมมุติว่าดักจับได้จากการใช้ camera trap โดยสังเกตลวดลายบนตัวเสือเทียบกับรูปของเฮลิคซ์ที่มีอยู่ซึ่งถ้าภาพถ่ายเสือตัวใดมีลายเหมือนกับของเฮลิคซ์ก็มีความเป็นไปได้ว่าเสือนั้นน่าจะเป็นเฮลิคซ์ที่หายไ
3. วิเคราะห์ตัวอย่าง DNA โดยเปรียบเทียบ DNA fingerprint ของตัวอย่างที่สมมุติว่าได้จากเสือที่พบในป่า กับ DNA fingerprint ของพ่อและแม่เฮลิคซ์ ถ้าพบว่าตรงกัน ก็มีความเป็นไปได้ว่าเสือนั้นคือเฮลิคซ์ที่หายไ



ในการทำกิจกรรมอาจดัดแปลงใช้สีย้อมผ้าที่มีขนาดโมเลกุลต่าง ๆ กันแทนฟอสเฟอรัสที่มีขนาดต่าง ๆ ได้ (วิธีการแยกดีเอ็นเอด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างง่ายแสดงในภาคผนวก) ก่อนที่จะเข้าห้องปฏิบัติการผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะต้องผ่านการตรวจสอบลายนิ้วมือ เพื่อเก็บข้อมูลและบันทึกประวัติของแต่ละคน ซึ่งเป็นมาตรการในการรักษาความปลอดภัย การเปรียบเทียบลายนิ้วมือของคนสามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์สแกนลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นสิ่งเฉพาะตัวของแต่ละบุคคลสามารถไข่งชี้เจ้าของได้ แต่อย่างไรก็ตาม จะไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าใครคือพ่อแม่



## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

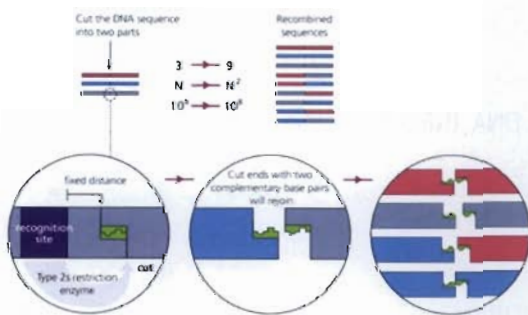
การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้บอกความแตกต่างหรือจำแนกความจำเพาะของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีความละเอียดและแม่นยำกว่าการสังเกตเพียงลักษณะภายนอก เช่น การเปรียบเทียบลายนิ้วมือของมนุษย์ รอยเท้า หรือลวดลายบนตัวสัตว์ จึงเป็นเหตุให้การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในเชิงนิติเวชและอาชีววิทยา (บ่งชี้ตัวคนร้าย) เชิงสังคมวิทยา (บอกความเป็นพ่อแม่ลูก) เชิงเศรษฐกิจ และการแพทย์ (ตรวจหาดีเอ็นเอแปลกปลอมและเชื้อโรค) รวมทั้งศึกษาประชากรของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อีกด้วย

ดีเอ็นเอย่อมาจาก ดีออกซีไรโบนิวคลีอิก แอซิด (Deoxyribonucleic acid) เป็นสารประกอบชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นรหัสลับในการกำหนดรูปร่างและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดบนโลก รหัสลับของชีวิตบนดีเอ็นเอจะถูกถ่ายทอดจากรุ่นพ่อ แม่ ไปสู่รุ่นลูกหลานเรื่อยไป ซึ่งเรียกว่าเป็น “การถ่ายทอดทางพันธุกรรม” ดังนั้นเราจึงเรียกดีเอ็นเอว่าเป็น “สารพันธุกรรม” นั่นเอง



แม้ว่าดีเอ็นเอในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะมีความคล้ายกันมาก แต่จะมีบางส่วนบนเส้นดี

เอ็นเอที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะตัวของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ ออกมา เช่น หน้าตา สีผิว ขน ผม ที่ต่างกัน ทำให้เราสามารถ แยกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันได้ การตรวจหาความจำเพาะของดีเอ็นเอ หรือการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการค้นหาความแตกต่างนั้นออกมา เทคนิคการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบง่าย เริ่มจากการตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ หรือ เเรสทริกชันเอนไซม์ (restriction enzymes) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการจดจำลำดับจำเพาะของดีเอ็นเอ และสามารถที่จะตัดดีเอ็นเอออกเป็นสองส่วนตรงบริเวณจำเพาะดังกล่าวได้



และด้วยเหตุที่ดีเอ็นเอของแต่ละคน หรือสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด มีลำดับที่แตกต่างกัน เมื่อถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ ก็จะได้จำนวนชิ้นของดีเอ็นเอที่ต่างกัน และมีขนาดต่าง ๆ กันด้วย เมื่อทำการแยกขนาดของดีเอ็นเอเหล่านั้นในวันด้วยการใช้กระแสไฟฟ้า ก็จะสามารถแยกขนาดของดีเอ็นเอที่ต่างกันไปได้ การที่ดีเอ็นเอถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูก ครึ่งหนึ่งของลักษณะจำเพาะของลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ตรวจได้จึงเหมือนของพ่อและอีกครึ่งหนึ่งจะเหมือนของแม่นั่นเอง

### บทสั้ท้าย Born Identity

จากกิจกรรมข้างต้นผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับความสนุกสนาน ได้ฝึกการสังเกตและวิเคราะห์ซึ่งเป็นพื้นฐานเบื้องต้นของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ และได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ความจำเพาะของสิ่งมีชีวิต การสังเกตลักษณะภายนอกของสัตว์ เข้าใจถึงความแตกต่างระหว่าง DNA fingerprint กับลายพิมพ์นิ้วมือ การใช้ลายพิมพ์นิ้วมือและลายพิมพ์ DNA ในการจำแนกบุคคล ซึ่งความรู้เหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการดำรงชีวิตต่อไป

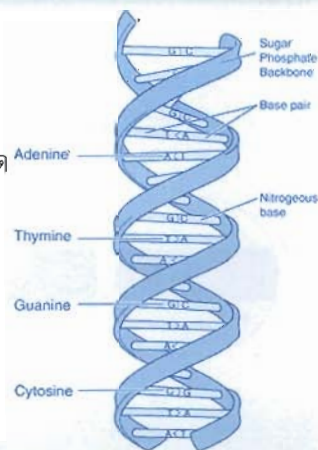
# DNA Treasure Hunt



สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมี DNA เป็นหน่วยย่อยที่สำคัญ โดยมีลักษณะเป็นสายคู่เส้นตรงหรือสายคู่วงปิด โดยชื่อเต็มของ DNA คือ Deoxy Ribonucleic Acid ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบใหญ่ๆ คือ น้ำตาล (ดีออกซีไรโบนิวคลีอิก), ฟอสเฟต และเบส 2 ชนิดย่อย คือ เพียวรีน คือ A กับ G, เบสพิริมิดีน คือ T กับ C (A: adenine, T: thymine, C: cytosine, G: guanine) และมีการจับคู่กันอย่างเฉพาะเจาะจง คือ A จับกับ T, และ G จับกับ C ใน DNA แต่ส่วนของ RNA, Ribonucleic Acid ต่างกับ DNA ตรงส่วนประกอบของน้ำตาลในส่วนของ RNA เป็นน้ำตาลไรโบส และเบสพิริมิดีน เป็น U กับ C แทน โดย DNA จะเป็นแหล่งบรรจุข้อมูลทางพันธุกรรม การจะนำรหัสออกมาจาก DNA ต้องถอดรหัสเป็น RNA ก่อนเป็นแม่พิมพ์ ในการสังเคราะห์โปรตีนต่อไป ดังนั้น DNA เป็นสารพันธุกรรมที่เก็บข้อมูลต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งสามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งโปรคาริโอท และยูคาริโอท

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของ DNA และความสำคัญของ DNA ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด
2. เพื่อให้เรียนรู้การถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมในเซลล์ทั่วไป
3. เพื่อให้รู้จักการทำงานเป็นทีม การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และการทำงานภายใต้เวลาที่กำหนด
4. เพื่อให้รู้จักการสังเกต การวางแผนการทำงาน รวมทั้งฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา



## สิ่งที่ต้องเตรียม

1. สนามสำหรับซ่อน Keyword หรือ สาย DNA ทั้งหมด 4 จุด และ Direction key/สายทาง
  - บ่อน้ำจำลอง
  - ต้นไม้/ป่าจำลอง
  - หลุมทรายจำลอง
  - สนามเพาะ 4 หลุม (หลุม 4 เหลี่ยม; วงกลม, ผืนผ้า, กากบาท)
  - หลุมทราย (หลอก)
  - รอก และเชือก

## 2. อุปกรณ์สื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับ DNA

- โปสเตอร์อธิบายเกี่ยวกับ DNA
- ป้ายผ้าเกี่ยวกับ DNA
- เอกสารความรู้การเล่นเกมส์
- อุปกรณ์การสอน
- กระดานดำ/ white board
- แบบจำลอง DNA

## 3. อุปกรณ์ประกอบการทำกิจกรรม

- หีบสมบัติ
- กล่องสำหรับซ่อน Keyword
- มะพร้าวสำหรับซ่อน Keyword
- ไม้ไผ่สำหรับซ่อน Keyword
- รางวัลสำหรับผู้ชนะ



## 4. อุปกรณ์ในการค้นหาปริศนา

- จอบ
- เสียม
- พลั่ว
- ไม้เมตร
- กระจกเงา
- เชือก



## 5. อุปกรณ์ประดับสนาม

- ยางรถยนต์ สำหรับทำสนามเพาะ แนวผจญภัย
- เชือก สำหรับทำสนามเพาะ แนวผจญภัย
- กระสอบทราย สำหรับทำสนามเพาะ แนวผจญภัย
- ผ้าใบ สำหรับทำสนามเพาะ แนวผจญภัย (ทำบ่อน้ำ)
- ธงสัญลักษณ์ A T G C
- ธงสัญลักษณ์ กระโหลกไขว้
- ไม้กางเขน
- ไม้กั้น

## ลองทำและสังเกต

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะต้องค้นหาลำดับเบสของสาย DNA หรือ Keywords ทั้งหมด 4 จุด โดยมีแผนที่ลายแทงเป็นคำใบ้ในการช่วยค้นหา จากนั้นผู้ร่วมกิจกรรมจะได้รับอุปกรณ์ช่วยในการค้นหา เช่น จอบ เสียม พลั่ว เข็มทิศ แวนชยาย ตลับเมตร อย่างละ 1 ชุดต่อกลุ่ม เพื่อช่วยค้นหา แผนที่ลายแทง และสาย DNA / Keywords อันถัดไปจนครบ ซึ่งจะถูกซ่อนไว้ใต้พื้นดิน บนต้นไม้ ใต้ต้นไม้ หรือที่ลับตา โดยในแต่ละกลุ่มจะมี staff 1 คน เป็นคนช่วยเหลือและแนะนำ



2. จากข้อ 1. เมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับแผนที่ลายแทงแผ่นแรกจาก staff ของแต่ละกลุ่ม โดยลักษณะของลายแทงจะเป็นตัวอักษรจะมีลักษณะเป็นคำใบ้ที่เป็นประโยคกลับด้าน ซึ่งจำเป็นต้องใช้กระจกเงาอ่านก่อน สำหรับเดินทางค้นหาลายแทงแผ่นอันถัดไป และลำดับเบสของสาย DNA หรือ Keywords ซึ่งเป็นสายเบสต่อกันประมาณ 60 - 70 ตัวอักษร ตัวอย่างเช่น ATGCCTACCTATCAGGTTTACGAAAGGATTTTAAGGGGGG

3. จากข้อ 2. ผู้ร่วมกิจกรรมต้องหา DNA หรือ Keywords ให้ครบทั้งหมด 4 จุด จนกระทั่งได้ Keyword ทั้งหมด 4 Keywords





4. จากข้อ 3. ผู้ร่วมกิจกรรมต้องนำ DNA หรือ Keywords ทั้ง 4 ที่หามาได้กลับมาที่จุดเริ่มต้น และเข้าไปในฐานหรือเตนท์ เพื่อทำการสังเคราะห์หรือการจำลองตัวเองของสาย DNA ที่กำหนดให้ เพื่อให้ได้สาย DNA สายใหม่ก่อน โดยใช้กฎการเข้าคู่ของเบส (complementary base pairing) คือ เบส A เข้าคู่กับเบส T และเบส C เข้าคู่กับเบส G ตัวอย่างเช่น ATGCCTATCAGGTTTACAGG - สาย DNA สายเก่า TACGGATAGTCCAAATGTCC - สาย DNA สายใหม่

### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะเรียนรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์โดยทางอ้อม เช่น พื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นอาณาจักรต่าง ๆ (ชีววิทยา) เช่น มนุษย์ สัตว์ พืช รา เป็นต้น อีกทั้งเรียนรู้ทางด้าน พื้นฐานสารพันธุกรรม DNA และกลไกการทำงานการส่งผ่านรหัสทางพันธุกรรม (ชีวเคมี) การฝึกทักษะการสังเกต การใช้สิ่งแวดลอมเป็นองค์ประกอบในการค้นหา (ระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม) รวมทั้งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน การสรุป การประมวลผล การวิจารณ์ ที่สอดแทรกลงไปในเกมตามล่าหาสมบัติสิ่งมีชีวิต

5. เมื่อได้สาย DNA สายใหม่แล้ว จะต้องถอดรหัสเป็นสาย mRNA ก่อนเป็นแม่พิมพ์ จากนั้นผู้ร่วมกิจกรรมต้องอ่านเบสครั้งละ 3 ตัว จากคู่มือในการแปลรหัสทางพันธุกรรมที่มีให้ (Genetic passport) ที่กำหนดให้ โดยเบส 3 ตัว จะแปลได้ 1 ตัวอักษร โดยมีเงื่อนไขกำหนดไว้ เช่น ATG=A, CCT=N, ACC=I, TAT=M, CAG=A, GTT=L, TAC=ไม่มีความหมาย (No-meaning) เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ATGCCTACCTATCAGGTTTAC = จะมีความหมายว่า ANIMAL ซึ่งแต่ละกลุ่มจะต้องทำการประมวลค่าไปทั้ง 4 คำที่แปลมาได้และเดาว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นคืออะไรในกล่องมหาสมบัติ และต้องหยิบออกมาแสดง สิ่งมีชีวิตนั้นอย่างถูกต้อง โดยใช้เวลาน้อยที่สุด ถึงจะได้รางวัลสำหรับผู้ชนะเลิศ



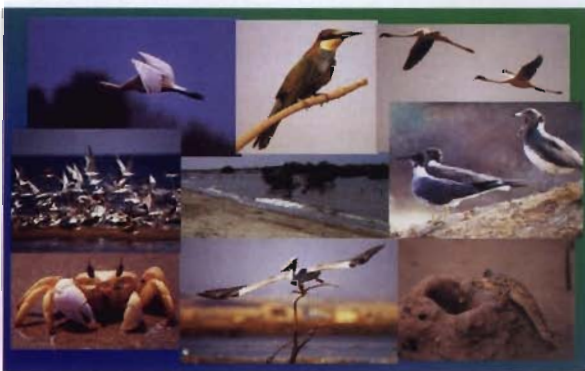
### บทลงท้าย DNA Treasure Hunt

จากกิจกรรมข้างต้น ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะเปิดการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การคิดเชิงสังเคราะห์และฝึกที่จะแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์และปัญหาเฉพาะหน้าได้ภายในเวลาที่กำหนด อีกทั้งผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เรียนรู้ขั้นตอนการส่งผ่านรหัสพันธุกรรม การถอดรหัส และการแปลรหัส และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนต่อไปในอนาคต



โลกของเรา ประกอบด้วยความหลากหลายทางชีวภาพมากมาย ทั้งในระดับ ระบบนิเวศ ชนิดพันธุ์ และพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพเหล่านั้นมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง เพื่อดำรง สายพันธุ์ของตัวเองไว้ให้อยู่รอดได้ในโลกข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพที่เก็บรวบรวมมานั้น มีการนำมาศึกษาวิเคราะห์ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเนื่องจากประสบปัญหาในการเก็บค่าพิกัดได้อย่าง ยากลำบาก เช่น ในผืนป่า หรือกลางทะเลที่ไม่มีแหล่งอ้างอิงใดๆ บอกตำแหน่งที่ถูกต้องได้

ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องมือที่สามารถระบุตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็ว ทำงานได้ในทุกสถานที่และทุกสภาวะอากาศ บนพื้นโลก เครื่องมือดังกล่าวก็คือ เครื่องบอกค่าพิกัดด้วยดาวเทียม GPS: [Global Positioning System] ซึ่งค่าพิกัดที่ได้จากเครื่อง GPS นั้นสามารถนำไปศึกษาวิเคราะห์ร่วมกับระบบงานอื่น ๆ ได้แก่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) การแปลภาพถ่ายดาวเทียม การทำแผนที่ รวมทั้งนำไปศึกษาร่วมกับ



ชั้นข้อมูลอื่น ๆ เช่น ชั้นข้อมูลดิน ทิน แหล่งน้ำ

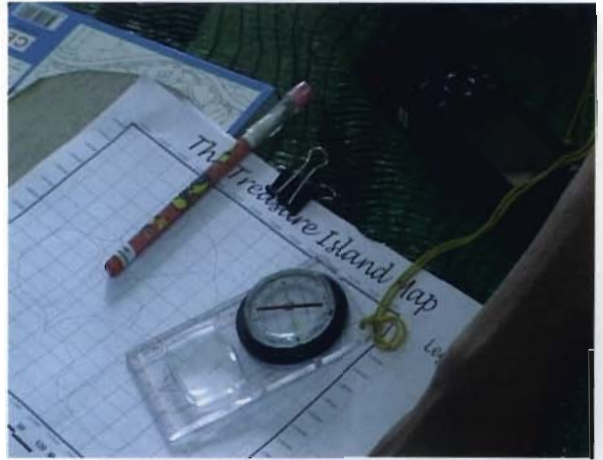
ถนน หมู่บ้าน ประชากร ฯลฯ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ ด้วยคุณสมบัติของเครื่องบอกค่าพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS) มันจึงเข้ามามีบทบาทในการประยุกต์ใช้กับงานสำรวจ เก็บข้อมูล และศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อให้มีประสิทธิภาพ สะดวก และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรม มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ทั้งในระดับระบบนิเวศและ ชนิดพันธุ์ และรู้จักสิ่งมีชีวิตที่อยู่รอบตัว
2. เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมมีความรู้ความเข้าใจในการสำรวจด้วยเครื่องมือพื้นฐาน ได้แก่ เข็มทิศและเครื่องบอกค่าพิกัดด้วยดาวเทียม
3. เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรม ได้มีความรู้ความเข้าใจองค์ประกอบแผนที่ และการทำแผนที่ที่ถูกต้อง

## สิ่งที่ต้องเตรียม

1. เครื่องบอกพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS)
2. เช็มทิศ
3. แผนที่ที่มีค่าพิกัด
4. คู่มือการใช้เครื่องบอกพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS)
5. Index Ecology
6. อุปกรณ์เครื่องเขียน
7. กระดานรองเขียน
8. กระดาษคำถาม
9. คำใบ้
10. จุดบรรยายความหลากหลายทางชีวภาพ



## การดำเนินกิจกรรม



1. ผู้ร่วมกิจกรรมจะได้รับเครื่อง GPS เช็มทิศ แผนที่ คู่มือการใช้เครื่อง GPS อุปกรณ์เครื่องเขียน และคำใบ้ โดยลักษณะคำใบ้ที่ผู้ร่วมกิจกรรมจะได้รับ คือ ตำแหน่งของจุดเด่น ๆ ในพื้นที่ที่จะใช้อ้างอิง ระยะทางที่จะไปยังจุดต่อไป และทิศทาง ซึ่งผู้ร่วมกิจกรรมจะต้องใช้การสังเกต

การนับระยะหรือการนับก้าว และการอ่านทิศจากเช็มทิศที่ได้รับ เพื่อไปยังจุดที่มีสมบัติซ่อนอยู่ ขั้นตอนนี้จะฝึกให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้ใช้การสังเกต ความเป็นรอบคอบและการใช้เช็มทิศ ซึ่งเป็นหลักการสำรวจเบื้องต้น

2. เริ่มเล่นเกมโดยสมมุติพื้นที่ให้เป็นเกาะมหาสมบัติ มีมหาสมบัติ 1 ชิ้น และสมบัติอื่น ๆ ซ่อนอยู่ 7 ชิ้น คือ ชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่มีลักษณะเด่นและน่าสนใจในแต่ละระบบนิเวศ แล้วแต่ว่าจะเลือกอะไร เช่น ต้นกระบองเพชรเป็นตัวแทนของระบบนิเวศทะเลทราย ปูเสฉวนเป็นตัวแทนของระบบนิเวศชายทะเล เป็นต้น ทั้งหมดถูกซ่อนอยู่ในพื้นที่เกาะ โดยเป็นแบบจำลองและมีป้ายบรรยายพร้อมภาพประกอบ ผู้ร่วมกิจกรรมจะได้รับคำใบ้ในการค้นหาสมบัติทั้ง 7 ชิ้น และเมื่อหาสมบัติพบแล้วผู้เข้าร่วมกิจกรรม จะต้องอ่านคำพิกัดจากเครื่อง GPS พร้อมทั้งลงตำแหน่งในแผนที่ โดยเลือกลงสีให้ตรงกับระบบนิเวศที่กำหนดไว้ให้ใน Index Ecology โดยมีเวลาในการค้นหา 30 นาที
3. จากนั้นตอบคำถามจากกระดาษคำถาม โดยวิเคราะห์เนื้อหาจากป้ายบรรยายของสมบัติ
4. สมบัติในแต่ละชิ้นนั้น จะมีคำใบ้บรรยายคุณสมบัติของมหาสมบัติชิ้นที่ 8 อยู่ 1 คำใบ้ รวมทั้งหมดเป็น 7 คำใบ้ เพื่อบอกคุณลักษณะของมหาสมบัติชิ้นที่ 8 ซึ่งผู้ร่วมกิจกรรมไม่ต้องหาแต่จะต้องตอบว่ามหาสมบัติชิ้นที่ 8 คืออะไร



5. ผู้ร่วมกิจกรรมจะต้องตามหาสมบัติให้ได้มากที่สุด และต้องตอบว่าหาสมบัติชิ้นที่ 8 นั้นคืออะไร จากคำใบ้ 7 ข้อที่ผู้ร่วมกิจกรรมได้รับมาจากการตามหาสมบัติทั้ง 7 ชิ้น จะเป็นคำบรรยายคุณลักษณะของความหลากหลายทางชีวภาพ 7 ข้อ ซึ่งผู้ร่วมกิจกรรมไม่จำเป็นต้องหาสมบัติครบทั้ง 7 ชิ้น ก็อาจจะวิเคราะห์ได้ว่าหาสมบัติชิ้นที่ 8 คืออะไร ผู้ชนะคือผู้ที่หาสมบัติได้มากที่สุด โดยตอบคำถามถูกต้อง ทำแผนที่ที่ถูก

ต้องตามหลักแผนที่ และตอบได้ว่าหาสมบัติชิ้นที่ 8 คืออะไร ซึ่งคำตอบก็คือ ความหลากหลายทางชีวภาพ หรือ Biodiversity นั่นเอง



## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ความหลากหลายทางชีวภาพ คือ สิ่งมีชีวิตที่อยู่รวมกันอยู่อย่างหลากหลายในระบบนิเวศต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่บนโลก ตั้งแต่ระบบนิเวศทะเลทรายไปจนถึงระบบนิเวศป่าดิบชื้น ตั้งแต่แบคทีเรียที่มีขนาดเล็กที่สุด ไปจนถึงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีขนาดใหญ่ที่สุด รวมทั้งการวิวัฒนาการของพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเพื่อความอยู่รอด สามารถจำแนก ออกได้เป็น 3 ระดับใหญ่ ๆ คือ

1. ความหลากหลายทางระบบนิเวศ (Ecology Diversity)
2. ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ (Species Diversity)
3. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic Diversity)

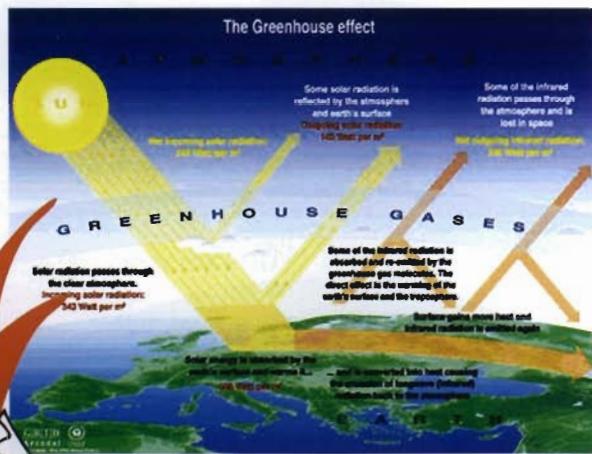
ระบบบอกค่าพิกัดด้วยดาวเทียม (Global Positioning System) เป็นระบบที่ประกอบด้วยดาวเทียม จำนวน 24 ดวง โคจรอยู่รอบโลก และส่งสัญญาณมายังเครื่องรับบนพื้นโลก เพื่อคำนวณหาตำแหน่งพิกัด โดยอาศัยค่าความเร็วของคลื่น และเวลาที่ใช้ในการเดินทางของดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ซึ่งค่าพิกัดที่ได้นั้นสามารถนำไปแสดงบนแผนที่เพื่อใช้ศึกษาวิเคราะห์ประยุกต์ใช้ในงานศึกษาหรืองานวิจัยด้านต่าง ๆ ได้



## บทส่งท้าย Neo Biodiversity Descry

จากกิจกรรมในฐานนี้จะส่งเสริมให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้รับความรู้ ความเข้าใจ ได้ฝึกทักษะในการสังเกตสิ่งรอบตัว การสำรวจด้วยเข็มทิศ การใช้งานเครื่องบอกพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS) และเรียนรู้การทำแผนที่ ที่ถูกต้อง การมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นกลุ่ม การมีมนุษยสัมพันธ์และได้รับความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตที่อยู่รอบตัวเรา

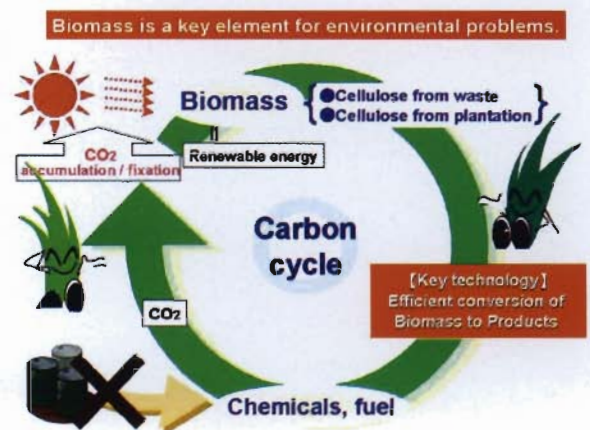
มนุษย์รู้จักการใช้พลังงานมานานับพัน ๆ ปี อาทิ การใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ การใช้ไฟ รวมถึงพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ มนุษย์มีการพัฒนาพลังงานต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการดำเนินชีวิต น้ำมันปิโตรเลียมนับเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่สำคัญที่สุดในปัจจุบันมีการขุดหาแหล่งน้ำมันปิโตรเลียมจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลก เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ



อย่างไรก็ตามน้ำมันเชื้อเพลิงนับวันจะมีราคาสูงขึ้นและปริมาณยังลดลงเรื่อย ๆ รวมทั้งการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงยังทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon-dioxide) จำนวนมหาศาล และเมื่อก๊าซดังกล่าวลอยขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศจึงทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green House Effect) ส่งผลให้โลกร้อนขึ้นเรื่อย ๆ จากผลกระทบต่าง ๆ ดังกล่าว ทำให้มนุษย์ต้องแสวงหาแหล่งพลังงานอื่น ๆ เพื่อทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวมวล เป็นต้น

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้ถึงปัญหาด้านพลังงานในปัจจุบัน และชี้ทางเลือกใหม่ในการใช้พลังงานทดแทนจากชีวมวล
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้ถึงการเก็บสะสมพลังงานของพืชจากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง
3. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้ถึงการแปรรูปสารอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืชมาเป็นเชื้อเพลิงรูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการใช้งานต่อไป



## สิ่งที่ต้องเตรียม

1. ฟีนอล์ฟทาไลน์ในเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
3. กระดาษ 100 ปอนด์
4. กล้องใสอุปกรณ์พร้อมมิกูญแจ

- ขวดขนาดเล็ก
- คีมหนีบ
- แผ่น Thin layer

chromatography (TLC)



- หลอด Capillary
- ครกบดยาขนาดเล็ก
- ตัวทำละลายอินทรีย์สำหรับสกัดตรงควัดฤ
- ตัวทำละลายอินทรีย์สำหรับแยกตรงควัดฤซึ่งประกอบด้วย Hexane:Ethylacetate:Methanol อัตราส่วน 5:2:1

5. มันสำปะหลัง

6. อ้อย

7. มะพร้าว

8. สับปะรด

9. ครก, สาก 1 ชุด

10. เขียง 3 อัน

11. มีดทำครัว 4 เล่ม

12. เครื่องบีบน้ำอ้อย

13. ที่บีบน้ำผลไม้

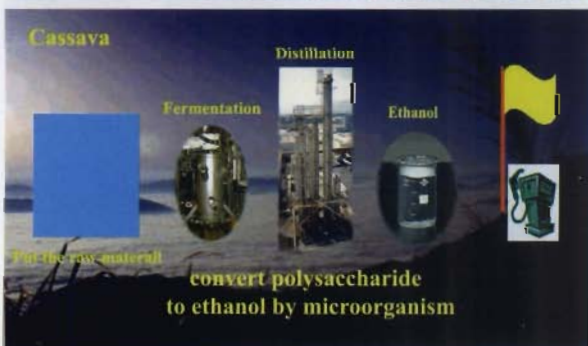
14. จรวดน้ำ พร้อมฐาน

15. ผ้าขาวบาง

16. ที่คั้นน้ำผลไม้

17. Jigsaws วิธีการผลิต: วัตถุประสงค์ -> กระบวนการผลิต -> แหล่งเชื้อเพลิง

18. แอลกอฮอล์แข็ง



## การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้นำกิจกรรมใช้ฟีนอล์ฟทาไลน์เขียนลงบนกระดาษเป็นสัญลักษณ์ต่างๆ กัน (ไม่ให้ผู้เข้าร่วมรู้ว่าเขียนอะไร)
2. สุ่มผู้เข้าร่วมกิจกรรมขึ้นมากลุ่มละ 1 คน ให้เลือกแผ่นกระดาษที่เขียนด้วยฟีนอล์ฟทาไลน์





3. พ่นกระดาษด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้สัญลักษณ์ปรากฏ (ระวัง!!! ไม่ให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ฟุ้งกระจายโดนดวงตา มือ หรือแขนขา ถ้าโดนให้รีบล้างด้วยน้ำสะอาดมาก ๆ ให้ผู้เข้าร่วมและผู้นำกิจกรรมล้างมือทุกครั้งหลังจากจบกิจกรรมชิ้นนี้)
4. ผู้ร่วมกิจกรรมเข้าไปในพื้นที่ปฏิบัติการ (สนาม) เพื่อหารหัสกุญแจเปิดกระเป๋ที่ใส่อุปกรณ์การทดลอง

5. ผู้ร่วมกิจกรรมนำอุปกรณ์เข้ามาทำการทดลองสกัดสาร Photosynthetic Pigment Chlorophyll ดังนี้

5.1 ฉีกใบไม้ใส่ลงในครกบดยา หยดตัวทำละลายอินทรีย์ 95% ethanol บดให้ได้สารละลายสีออกมา

5.2 ใช้หลอด capillary ดูดสารละลายสี แล้วหยดให้เป็นแถบตามขวางของบนแผ่น TLC ห่างจากขอบประมาณ 5 มิลลิเมตร

5.3 เป่าแผ่น TLC ให้แห้งสนิท ขณะเดียวกันหยดตัวทำละลายลงในขวดขนาดเล็ก ให้ตัวทำละลายสูงประมาณ 3 มิลลิเมตร แล้ววางในตู้วางหลอดทดลอง

5.4 ใช้คีมหนีบคีบแผ่น TLC ใส่ลงในขวดที่หยดตัวทำละลายสำหรับแยก โดยให้ด้านที่หยดสารสีอยู่ด้านกันหลอด

5.5 ปิดฝาขวดไม่ให้หลอดเขย่า รอจนกว่าตัวทำละลายจะขึ้นสูงประมาณ 4.5 เซนติเมตรของแผ่น TLC

5.6 คีบแผ่น TLC ออกมาเป่าให้แห้ง เทียบกับแผ่น TLC ที่เป็นสัญลักษณ์ เพื่อหารหัสในการทำกิจกรรมชิ้นต่อไป

6. เมื่อผู้ร่วมกิจกรรมได้รับรหัสจากการสกัด Photosynthesis pigment แล้ว ให้นำรหัสนั้นไปหาวัตถุติดในพื้นที่ปฏิบัติการอีกครั้งเพื่อนำไปผลิตสารพลังงาน

7. เมื่อได้วัตถุติดแล้วให้นำมาสกัดสารดังนี้

- มันสำปะหลัง : ขูดหัวมันสำปะหลัง หั่น และตำให้ละเอียด แล้วใส่ถุงพลาสติก
- สับปะรด : หั่นและสับให้ละเอียด ใส่ผ้าขาวบางและคั้นน้ำ แล้วใส่ถุงพลาสติก
- อ้อย : ปอกเปลือกแล้วบิบน้ำโดยใช้เครื่องบิบน้ำ แล้วใส่ถุงพลาสติก
- มะพร้าว : ปอกเปลือก คั้นน้ำแล้วคั้นน้ำจากเนื้อมะพร้าว แล้วใส่ถุงพลาสติก



8. ให้ผู้ร่วมกิจกรรมแต่ละกลุ่ม ต่อจิ๊กซอว์วิธีการผลิตแหล่งเชื้อเพลิง แล้วนำถุงวัตถุติดที่สกัดได้จากข้อ 7 ไปวางในตำแหน่ง "put the raw material" ที่อยู่บนจิ๊กซอว์ ทำให้ผู้ร่วมกิจกรรมทราบถึงกรรมวิธีการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลจากมันสำปะหลัง อ้อย และสับปะรด รวมทั้งการผลิตน้ำมันพืชจากมะพร้าว นอกจากนี้ภาพบนจิ๊กซอว์จะมีสัญลักษณ์รูปธงสีต่าง ๆ ที่แสดงถึงที่ซ่อนของเชื้อเพลิง ซึ่งผู้ร่วมกิจกรรมต้องออกไปค้นหาเชื้อเพลิงตามสัญลักษณ์ที่ได้

9. เมื่อได้พลังงานมาแล้ว ให้ลูกเลื่อนนำไปจุดไฟ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการนำเชื้อเพลิงมาจุดระเบิดจรวด เพื่อให้เข้าใจว่าพลังงานที่ได้จากพืชก็สามารถนำมาใช้ได้จริงสามารถนำมาทดแทนปิโตรเลียมและเป็นพลังงานหมุนเวียนในธรรมชาติ



10. ให้ผู้ร่วมกิจกรรมจุดจรวดน้ำ โดยการสูบลมเข้าจรวดน้ำภายในเวลา 10 วินาที แล้วจึงปล่อยจรวดพร้อมกัน ซึ่งเป็นส่วนของการก่อนปล่อยฐาน

### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากพืช ซึ่งเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรรมชาติที่ เรียกว่า “กระบวนการสังเคราะห์แสง” (Photosynthetic Process) โดยที่พืชจะใช้ Chlorophyll ดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์มาเก็บไว้ในรูปของน้ำตาลและสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งใช้ในการเจริญเติบโตของพืช เมื่อคนและสัตว์รับประทานพืชเข้าไป ก็จะได้รับพลังงานและสารอาหารจากสารอินทรีย์นั้น เราเรียกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายว่า “ชีวมวล” (Biomass) เมื่อผ่านกระบวนการที่เหมาะสม สารอินทรีย์เหล่านี้จะสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้ เช่น เชื้อเพลิงแท่ง ก๊าซชีวภาพ ก๊าซโซฮอลล์ และไบโอดีเซล เป็นต้น เมื่อเผาไหม้พลังงานเหล่านี้จะได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพืชจะนำก๊าซดังกล่าวกลับมาเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสงต่อไปไม่มีวันหมด

### บทส่งท้าย *Magic of Plants*

เมื่อจบกิจกรรมนี้ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้ถึงปัญหาด้านพลังงานในปัจจุบัน เล็งเห็นทางเลือกใหม่ ในการใช้พลังงานทดแทนจากชีวมวล มีความรู้เรื่องการเก็บสะสมพลังงานของพืชจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในรูปสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง และกรรมวิธีแปรรูปสารอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสง ของพืชมาเป็นเชื้อเพลิงรูปแบบต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการใช้งานต่อไป

สีมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิต สีมีอิทธิพลต่อความรู้สึก สีเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจ การยอมรับความชอบและไม่ชอบ เราทุกคนรู้ที่จะใช้ประโยชน์จากสี แต่คนส่วนมากกลับมีความรู้ น้อยมากเกี่ยวกับสี ประเทศไทยมีภูมิปัญญาในการใช้ประโยชน์จากสีธรรมชาติในการประกอบ อาหารทั้งคาวและหวาน การย้อมสีผ้า การทำผ้าบาติก ซึ่งแสดงถึงความเป็นเอกลักษณ์ไทย แต่ ในขณะเดียวกันก็มีความเป็นสากลตอบสนองต่อกระแสนิยมธรรมชาติโดยลดการใช้สีซึ่งเกิดจาก การสังเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี การจัดกิจกรรมจึงมุ่งเน้นให้ลูกเสือมีความรู้และเข้าใจในเรื่องของ สีจากธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสี การมองเห็นสี รวงวัตถุต่างๆ ที่ทำให้ เกิดสีในธรรมชาติ การเปลี่ยนสีของใบไม้และดอกไม้ และการประยุกต์ใช้สีธรรมชาติในการทำ ผ้าบาติก

โดยกิจกรรมของ Coloured Adventure ประกอบด้วย 5 กิจกรรม คือ The sun, Colour wheel of fortune, Harmony within, Secrets of trees and flowers และ Neverland's wisdom

### จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้เกี่ยวกับสเปกตรัมของแสง (การแยกออกเป็น 7 สีของสีขาว )
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความรู้เกี่ยวกับแม่สีของแสง และการเกิดขึ้นของสีจากการรวมกันของแม่สีแสง
3. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้รับความรู้พื้นฐานของประสาทสัมผัสที่รับรู้สีของหยันตาและการทำงานที่มีความสัมพันธ์กันระหว่าง ตาและสมองในการมองเห็นภาพ
4. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้ถึงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเปลี่ยนสีของต้นไม้และใบไม้
5. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้การใช้ประโยชน์จากสีธรรมชาติ

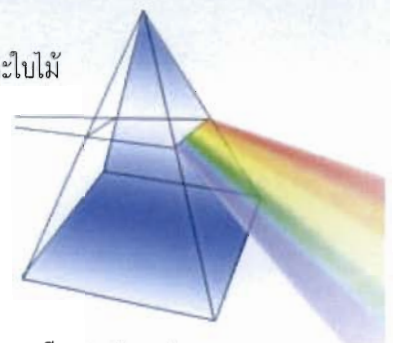
### กิจกรรมที่ 1 THE SUN

#### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้เกี่ยวกับสเปกตรัมของแสง (การแยกออกเป็น 7 สีของแสงขาว)

#### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. หินสี
2. ถาดหลุมสำหรับวางหิน
3. ปริซึม
4. แผ่นกระดาษสีขาว



## การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทำการแยกแสงโดยใช้ปริซึมและสังเกตการเรียงลำดับของแสงสีต่าง ๆ ที่ปรากฏบนจอสีขาว
2. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมต้องวิ่งไปที่บ่อน้ำซึ่งมีหินสีต่าง ๆ และหาหินที่มีสีเหมือนกับแสงสีที่แยกได้จากปริซึม
3. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจัดเรียงหินสีบนกระดาษที่ได้เตรียมไว้



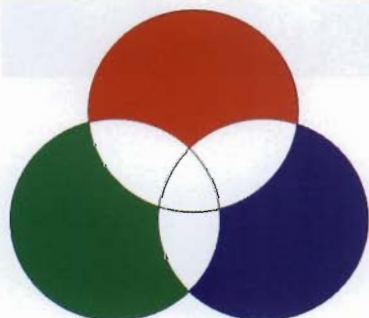
## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

สีมีจุดกำเนิดมาจากแสง เมื่อทำการแยกแสงอาทิตย์ด้วยปริซึม แสงจะถูกแยกออกตามความยาวคลื่น ที่เรียกว่า สเปกตรัม ซึ่งมีทั้งช่วงคลื่นที่สามารถมองเห็นและมองไม่เห็น ในช่วงคลื่นแสงที่สามารถมองเห็นจะปรากฏเป็นแสงสีต่าง ๆ ได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง เรียงลำดับจากความยาวคลื่นน้อยไปมาก

## กิจกรรมที่ 2 COLOUR WHEEL OF FORTUNE

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความรู้เกี่ยวกับแม่สีพื้นฐาน



### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. เครื่องกำเนิดแสงสี ประกอบด้วยกระจกเงา แผ่นกรองแสงสีแดง เขียว หรือน้ำเงิน
2. ฉากสีขาว
3. ดินสอสี
4. กระดาษ



## การดำเนินกิจกรรม

1. แบ่งผู้เข้าร่วมกิจกรรมออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มหนึ่งเป็นผู้ส่ง และอีกกลุ่มเป็นผู้รับ
2. ผู้ส่งมีหน้าที่ส่งรหัสสีให้แก่ผู้รับ โดยใช้เครื่องกำเนิดแสงสี อุปกรณ์เครื่องกำเนิดแสงสีในฐานมีหน้าที่คือ กระจกเงาทำหน้าที่สะท้อนแสงอาทิตย์ให้ตกลงบนแผ่นกรองแสง เกิดเป็นแสงสีแดง เขียว น้ำเงิน ตามสีของแผ่นกรองแสงที่ใช้ ซึ่งมีแสงสีพื้นฐาน 3 สี คือ แดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B)
3. ผู้ส่งจะได้รับรหัส 4 รหัส ได้แก่ 1) R+G 2) G+B 3) R+B 4) R+G+B และต้องส่งรหัสโดยใช้เครื่องกำเนิดแสงสีให้ตรงกับรหัสที่ได้รับ โดยส่งไปยังจอสีขาว
4. ผู้รับรหัสที่ได้โดยดูจากแสงสีที่ปรากฏบนจอ และต้องสังเกตแสงสีที่เกิดขึ้นจากการผสมแสงสีต่าง ๆ
5. ผู้รับระบายสีที่สังเกตเห็นทั้งหมดลงบนวงล้อของสี
6. รวมกลุ่มกันแล้วนำสีที่ได้แสดงให้พี่เลี้ยงประจำกลุ่มดู

## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

แม่สีของแสงมี 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อนำแม่สีของแสงมารวมกันจะปรากฏเป็นแสงสีต่าง ๆ ซึ่งการผสมของแสงสีต่าง ๆ เช่น แดง + เขียว = เหลือง, แดง + น้ำเงิน = ม่วงแดง, น้ำเงิน + เขียว = สีฟ้า ปรากฏการณ์ของการรวมกันของแสงสีนี้เองที่เป็นต้นกำเนิดของสีอื่นต่าง ๆ ซึ่งการผสม สีของแสงสีต่าง ๆ จะมีความแตกต่างจากการผสมสีที่คุ้นเคยกัน

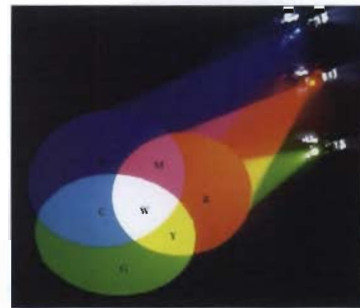


Fig. 1.1. Additive color mixing

แม่สีแสง

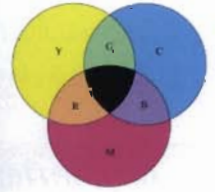


Fig. 1.2. Subtractive color mixing

แม่สี

## กิจกรรมที่ 3 HARMONY WITHIN

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรม ได้รับความรู้พื้นฐานของประสาทสัมผัสที่รับรู้สีของนัยน์ตา และการทำงานสัมพันธ์ของตาและสมองในการมองเห็นภาพ

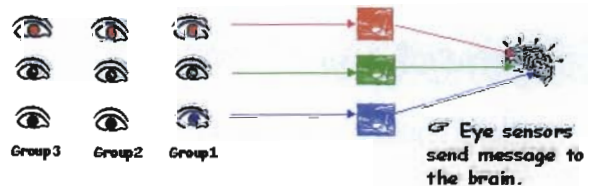
### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. กล้องที่มีฟิล์มกรองแสงสีแดง
2. กล้องที่มีฟิล์มกรองแสงสีเขียว
3. กล้องที่มีฟิล์มกรองแสงสีน้ำเงิน
4. รูปภาพปริศนาที่ประกอบด้วย แอปเปิล และตัวหนังสือสีต่าง ๆ กันดังภาพ



### การดำเนินกิจกรรม

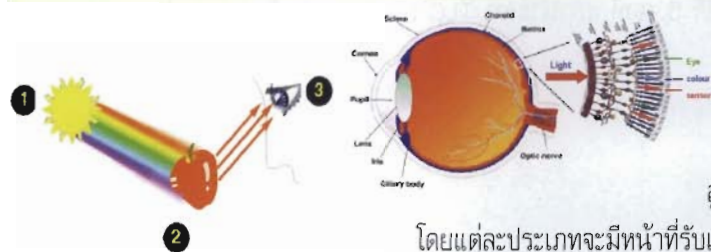
1. จับฉลากแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม
  - กลุ่ม 1 - 3 สมมติให้เป็นประสาทรับสีทางตา ดังนี้ แดง เขียว น้ำเงิน ตามลำดับ
  - กลุ่ม 4 สมมติให้เป็น สมอง
2. กลุ่ม 1 - 3 ทำหน้าที่สังเกตรูปภาพในกล้องที่มีแผ่นกรองสี โดย
  - กลุ่มที่เป็นประสาทรับสีทางตาสีแดง ให้ดูในกล้องที่มีฟิล์มกรองแสงสีแดง
  - กลุ่มที่เป็นประสาทรับสีทางตาสีเขียว ให้ดูในกล้องที่มีฟิล์มกรองแสงสีเขียว
  - กลุ่มที่เป็นประสาทรับสีทางตาสีน้ำเงิน ให้ดูในกล้องที่มีฟิล์มกรองแสงสีน้ำเงิน
3. กลุ่มที่เป็นประสาทรับสีทางตาส่งข้อความให้แก่กลุ่มสมอง
4. กลุ่มสมองประมวลข้อความที่ได้ออกมาเป็นภาพที่สมบูรณ์จากข้อมูลที่ได้มา



5. รวมกลุ่มเข้าด้วยกันแล้วเลือกภาพที่ถูกต้อง โดยเลือกจากสีของแอปเปิลและสีของตัวหนังสือที่ควรจะเป็น



## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์



ภายในดวงตาของเราจะมีเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย ซึ่งจะเชื่อมต่ออยู่กับเซลล์ประสาทภายในเนื้อเยื่อชั้นในสุดของลูกตา (Retina) ซึ่งเซลล์รูปกรวยจะมี 3 ประเภท

โดยแต่ละประเภทจะมีหน้าที่รับและตอบสนองต่อความยาวคลื่นของแสงที่ต่างกัน คือ เซลล์รับแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เซลล์รับแสงจะส่งสัญญาณไปยังสมอง ซึ่งสมองจะประมวลข้อมูลทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่าการมองเห็นสีเกิดจากการทำงานประสานกันระหว่างตาและสมอง ดังนั้นในการมองเห็นสีได้นั้นจะต้องมีองค์ประกอบหลัก คือ แสง ตัววัตถุซึ่งสามารถดูดกลืนและปลดปล่อยแสงในแต่ละช่วงคลื่น และตา

## กิจกรรมที่ 4 SECRETS OF TREES AND FLOWERS

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้ถึงกลไกและสาเหตุของการเปลี่ยนสีของต้นไม้และดอกไม้

กิจกรรมนี้ยังแบ่งย่อยออกเป็น 2 รูปแบบกิจกรรม คือ

### กิจกรรมความลับของต้นไม้

### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. Capillary tube
2. แผ่น TLC ขนาด 0.5 x 5 เซนติเมตร
3. หลอดทดลองขนาด 13 x 100 มิลลิเมตร พร้อมฝาหรือจุกยาง
4. ตัวทำละลายเคลื่อนที่ (mobile phase) ซึ่งประกอบด้วย n-butanol : acetic acid : water ในอัตราส่วน 12 : 3 : 5 โดยปริมาตร โดยบรรจุสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองปิดฝาดังตั้งให้ไอของสารละลายอิมตัวในหลอดทดลอง
5. น้ำสกัดจากใบหูกวางเขียวและหูกวางแดง เตรียมโดยชั่งใบหูกวางที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ 3 กรัม เติมน้ำ 95% เอทานอล 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
6. กระดาษสำหรับจดบันทึก

### การดำเนินกิจกรรม

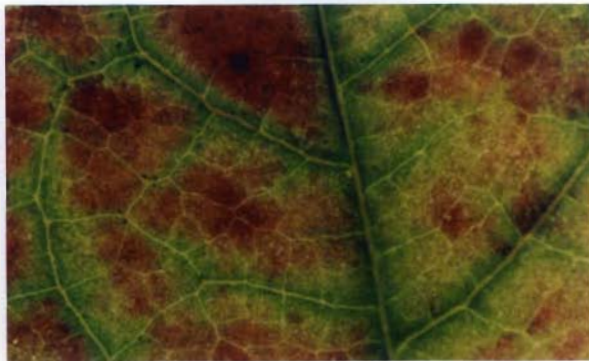
1. ผู้ร่วมทำกิจกรรมใช้หลอด Capillary tube ดูดน้ำสกัดจากใบหูกวางเขียวในหลอดที่ 1 และน้ำสกัดจากใบหูกวางแดงในหลอดที่ 2



2. หยดสารสกัดจากใบไม้ลงบนแผ่น TLC ให้ตำแหน่งที่หยดสารห่างจากปลายด้านล่างประมาณ 1 เซนติเมตร พยายามให้หยดให้เป็นจุดเล็กที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ ทำให้แห้งประมาณ 15 วินาที หยดซ้ำหลาย ๆ ครั้งที่ตำแหน่งเดิม
3. ทิ้งให้แห้ง
4. ค่อย ๆ หย่อนแผ่น TLC ลงในหลอดทดลองที่มีตัวทำละลายเคลื่อนที่ ปิดฝาและห้ามขยับหลอดทดลอง
5. สังเกตการแยกของสารสกัดบนแผ่น TLC ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วนำแผ่น TLC ออกมาทิ้งให้แห้ง
6. จัดบันทึกผลการทดลองและวาดรูปประกอบ
7. ทาวารงค์วัตถุที่ได้เป็นรังควัตถุชนิดใด จากสิ่งของที่จัดแสดง

## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

รงควัตถุหรือเม็ดสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ คลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเขียวคาร์โรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเหลือง ส้ม และแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้ สีม่วง แดง น้ำเงิน จากการแยกสารสกัดจากใบหูกวางสีเขียว จะเห็นได้ว่านอกจากรงควัตถุสีเขียวแล้ว ยังมีรงควัตถุสีอื่นรวมอยู่ด้วย เนื่องจากคลอโรฟิลล์มีในปริมาณมากกว่าจึงทำให้เห็นสีของใบเป็นสีเขียว เช่นเดียวกันกับสารสกัดจากใบหูกวางสีแดง ซึ่งจะประกอบด้วยรงควัตถุสีแดงและ

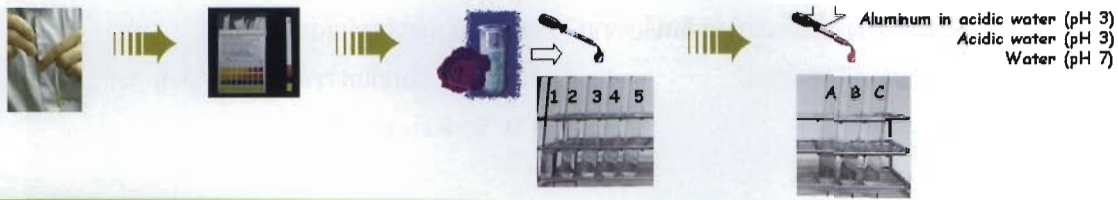


สีเหลืองในปริมาณที่สูงกว่า จึงทำให้เห็นสีของใบเป็นสีแดง ดังนั้นการเปลี่ยนสีของใบหูกวางจากสีเขียวเป็นสีแดง จึงเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยการชักนำจากสภาวะแวดล้อม ทั้งภายในและภายนอกที่เปลี่ยนไป เช่น อายุของใบที่มากขึ้น อุณหภูมิของอากาศ คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุหลักในการสังเคราะห์แสง จึงต้องคอยผลิตอาหารเพื่อต้นไม่ตลอดเวลา ดังนั้นสีเขียวจึงปกคลุมรงควัตถุสีอื่นที่มีอยู่ในใบไม้ ในการทำงาน ของคลอโรฟิลล์ ต้องการน้ำจากพื้นดินซึ่งจะถูกดูดขึ้นมาจากทางราก และเดินทางผ่านขึ้นมามาตามลำต้นเรื่อย ๆ จนถึงใบ และเข้าสู่เส้นแขนงตามใบ เมื่อถึงฤดูใบไม้ร่วงอากาศจะเริ่มเย็นลง ต้นไม้จะรู้ว่าหน้าหนาวใกล้จะมาถึงและเริ่มเตรียมพร้อมสำหรับอากาศอันเย็นจัด โดยชั้นบาง ๆ ของเซลล์จะก่อตัวขึ้นภายในเส้นใบ ซึ่งทำหน้าที่เป็นท่อลำเลียงน้ำเพื่อที่จะปิดกั้นไม่ให้น้ำผ่านเข้าไปในใบได้อีก เมื่อปราศจากน้ำคลอโรฟิลล์ก็ค่อย ๆ สลายตัว สีเขียวจะเริ่มหายไป และในที่สุดเราก็ได้เห็นสีอื่น ๆ ของใบไม้ที่มีอยู่แต่ปกติเราไม่เห็น อย่างเช่น สีส้ม

## กิจกรรมความลับของดอกไม้

### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. สารละลายที่มีค่า pH ต่างกัน คือ pH 3, 5, 7, 9 และ 12 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร บรรจุในหลอดทดลองหมายเลข 2, 5, 4, 1 และ 3 ตามลำดับ
2. ตารางสีของค่า pH ( pH-color chart )
3. สารสีม่วงที่สกัดจากกะหล่ำปลีสีม่วง เตรียมโดยหั่นกะหล่ำม่วงเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วเติมน้ำร้อน เขย่า และตั้งทิ้งไว้จนสังเกตเห็นสารละลายสีม่วง
4. หลอดทดลอง A, B และ C ซึ่งมีสารละลายอะลูมิเนียมที่มี pH 3, สารละลายที่มี pH 3 และน้ำ ตามลำดับ
5. กระดาษวัดค่า pH (pH paper)



## การดำเนินกิจกรรม

1. มีหลอดทดลอง 5 หลอดบรรจุสารละลายที่มีค่า pH ต่างกัน
2. จุ่มกระดาษวัดค่า pH ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด แล้วอ่านค่าในขณะที่ยังขึ้นอยู่
3. อ่านค่า pH ที่วัดได้โดยการนำไปเปรียบเทียบกับตารางสีของค่า pH (pH - color chart)
4. บันทึกผลที่ได้แล้วจัดเรียงหลอดทดลองตามลำดับจากค่า pH น้อยไปมาก
5. หยดสารสีม่วงที่สกัดจากกะหล่ำปลี 3 หยด ลงในหลอดแต่ละหลอด
6. บันทึกผลการทดลองพร้อมวาดภาพประกอบ ซึ่งให้เห็นถึงความแตกต่างของสีของแอนโทไซยานินในสภาพกรดและเบส
7. หยดสารละลายในหลอดที่ 2 (pH 3) 3 หยด ลงในหลอดทดลอง A, B, C
8. สังเกตการเปลี่ยนสี และบันทึกผลการทดลองพร้อมวาดภาพประกอบ
9. หาคำตอบว่าอะไรทำให้สีของน้ำสกัดจากกะหล่ำปลีเปลี่ยนไปในแต่ละขั้นตอน

## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์



แอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง ม่วง น้ำเงิน โดยสามารถเปลี่ยนแปลงสีได้ตามค่าความเป็นกรด-ด่าง และชนิดของไอออนที่มีอยู่ในสภาวะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ กัน แอนโทไซยานินสามารถเปลี่ยนสีจากสีแดงในสภาวะที่เป็นกรด เป็นสีม่วง สีน้ำเงิน สีเหลือง และสีเขียว เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นตามลำดับ จากความรู้ที่ได้รับสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงสีของดอกไม้ และการนำไปใช้เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับวัดค่าความเป็นกรด-ด่างได้ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนสีของดอกไม้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างเพียงอย่างเดียว เช่นในกรณีของ ดอกไฮเดรนเยีย ซึ่งพบว่าจะมีสีม่วงน้ำเงิน ในสภาวะที่เป็นกรด และสีแดงในสภาวะที่เป็นด่างมากขึ้น ซึ่งทั้งหมดนี้เกิดจากการที่แอนโทไซยานินสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะอะลูมิเนียม ( $Al^{3+}$ ) ซึ่งไฮเดรนเยียจะดูดซับธาตุนี้ได้ดีในดินที่เป็นกรด จากการทดลองจะเห็นว่า สารสกัดสีแดงของแอนโทไซยานินในสภาวะที่เป็นกรดเปลี่ยน สีเป็นสีม่วงน้ำเงินในสภาวะที่มีโลหะอะลูมิเนียม จากความรู้ที่ได้ เกษตรกรสามารถไปใช้ผลิตปุ๋ยเพื่อการผลิตไฮเดรนเยียสีม่วงซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดได้

## กิจกรรมที่ 5

## NEVERLAND'S WISDOM

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้การใช้ประโยชน์จากสีธรรมชาติ

### สิ่งที่ต้องเตรียม

- |                        |                    |                        |
|------------------------|--------------------|------------------------|
| 1. ผ้าฝ้ายดิบ          | 3. ดินสอ           | 5. พู่กันสำหรับลงสี    |
| 2. กรอบไม้สำหรับขึงผ้า | 4. ปากกาเขียนเทียน | 6. ขวดสำหรับล้างพู่กัน |

7. สีธรรมชาติสีต่าง ๆ สีเขียวจากใบต้นทุกวาง สีเหลืองจากแก่นขนุน และสีแดงจากเปลือกมังคุด
8. หม้อสำหรับต้มผ้า
9. เตาไฟฟ้าสำหรับต้มเทียน
10. ไขผึ้ง ผสมกับพาราฟินในอัตราส่วน 1:1
11. Sodium silicate

## การดำเนินกิจกรรม

### 1. การสกัดสีธรรมชาติ

1. หั่นหรือบดวัตถุดิบไม่ว่าจะเป็นใบ ลำต้น หรือผลให้กลายเป็นชิ้นเล็ก ๆ
2. ทำการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 วัน
3. ทำการสกัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้สีที่เข้มข้นก่อนการนำไปใช้

### 2. การทำผ้าบาติก

1. บรรยายขั้นตอนการทำผ้าบาติกก่อนลงมือทำ
2. เตรียมพื้นที่ใช้งานโดยการปูพื้นด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์
3. เตรียมเทียนที่ใช้ในการเขียนโดยผสมเทียนกับพาราฟินในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ต้มในหม้อไฟฟ้าที่ควบคุมระดับความร้อนได้ ต้องควบคุมความร้อนให้เหมาะสมถ้าร้อนเกินไปเทียนจะไหลเร็ว ทำให้ควบคุมลายเส้นได้ยาก และถ้าเย็นเกินไป เทียนก็จะแข็งตัวเร็วไม่ซึมผ่านผ้า
4. เตรียมสีที่ใช้ในการลงผ้า โดยนำสีที่สกัดได้มาแช่น้ำอุ่นตลอดเวลาการใช้งาน
5. เตรียมผ้า โดยการต้มผ้าดิบในผงซักฟอกเพื่อกำจัดไขมันที่เคลือบอยู่บนผ้า ชักน้ำและตากแห้ง
6. นำผ้ามาเขียนลายโดยใช้ดินสอร่างตามแบบ และขีดผ้าให้ตึงบนกรอบไม้
7. เขียนเทียนตามแบบที่ได้ร่างไว้ โดยใช้ปากกาเขียนเทียน การเขียนเทียนที่ดีต้องพยายามให้เทียนซึมลงไปบนเนื้อผ้า
8. ก่อนการลงสี ให้สเปรย์ผ้าให้ชื้นด้วยน้ำ ซึ่งจะช่วยให้สีกระจายได้อย่างทั่วถึง เลือกใช้ฟู่กันที่เหมาะสม และเลือกลงสีที่อ่อนกว่าก่อนสีที่เข้ม
9. รอให้สีแห้งโดยการตากแดด สามารถลงสีซ้ำได้ ถ้าต้องการสีเข้ม เมื่อผ้าแห้งแล้วทำการตรึงสีด้วย สารละลายโซเดียมซิลิเกต
10. รอให้ผ้าแห้งและทำการซักโดยต้มในน้ำร้อนเพื่อกำจัดเทียน



## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

สีธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากแร่ธาตุ สัตว์ และส่วนต่าง ๆ ของพืช ทั้งเปลือก ลำต้น ใบ ผล เมล็ด และราก การใช้สีธรรมชาติเป็นความรู้ดั้งเดิมที่สืบทอดกันมาจากปู่ย่าตายาย แหล่งวัตถุดิบสีธรรมชาติสามารถหาได้จากต้นไม้ในบริเวณบ้าน ชุมชน หรือป่าสาธารณะที่อยู่ใกล้เคียง เช่น สีแดงจากกระเจี๊ยบและรากยอ สีเขียวจากใบเตย ใบสมอและใบทุกวาง สีเหลืองจากขมิ้นและแก่นขนุน สีน้ำเงินจากดอกอัญชัญและคราม สำหรับสีธรรมชาติจากสัตว์มีเพียงสีแดงที่ได้มาจากครั่ง ซึ่งสีธรรมชาติเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรุงแต่งอาหาร และใช้เป็นสีย้อมได้ ต้นไม้ชนิดเดียวกันแต่คนละต้นจะให้สีต่างกัน การเก็บวัตถุดิบต่างฤดูกาลสีที่ได้ก็แตกต่างกัน อุณหภูมิและระยะเวลาของการต้มย้อมก็มีผลต่อความเข้มหรืออ่อนของสีที่ได้ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นข้อจำกัดในการผลิตผ้าย้อมสีจากธรรมชาติให้มีสีเดียวกันในจำนวนมาก ๆ การย้อมสีธรรมชาติมีกระบวนการและขั้นตอนที่ต่างกันไปบ้างตามวัตถุดิบ เส้นใย และสีที่ใช้ในการย้อม ในการทำผ้าบาติกด้วยสีธรรมชาติต้องเลือกชนิดของผ้าให้เหมาะสมและลงสีซ้ำหลาย ๆ ครั้งก่อนการตรึงสี เพื่อให้ได้สีคุณภาพดีติดทนนาน เนื่องจากสีย้อมผ้า สีย้อมกระดาษ สีย้อมเส้นใยต่าง ๆ เป็นสีที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี มีความบริสุทธิ์ต่ำและอาจมีโลหะหนักเจือปนอยู่ในปริมาณสูง ดังนั้นการสัมผัสโดยตรงในเวลานานอาจทำให้เกิดการสะสมในร่างกายและเกิดอันตรายได้ ในปัจจุบันผู้บริโภคจึงหันมาสนใจการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากสีธรรมชาติมากขึ้น

### *บทส่งท้าย Coloured Adventure at Wonderland*

เมื่อเข้าทำกิจกรรมนี้แล้วผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะเข้าใจว่าแสงสีขาวยประกอบไปด้วยสีต่างๆ และเข้าใจการเรียงลำดับของสีเหล่านั้นในสเปกตรัมมีความรู้เรื่องการผสมแสงสีที่ก่อให้เกิดสีต่างๆ และรู้เกี่ยวกับการทำงานประสานกันระหว่างประสาทรับแสงทางตาและสมองอีกทั้งสามารถบอกได้ว่าวงควัตถุเป็นตัวการที่ทำให้เกิดสี และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เรียนรู้วิธีการทำผ้าบาติกโดยใช้สีจากธรรมชาติ

# Amazing Thai Herbal Medicine

ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตศูนย์สูตร (equator) มีภูมิอากาศและภูมิประเทศที่เหมาะสม มีทรัพยากรธรรมชาติหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ จุลินทรีย์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถสังเคราะห์สารที่มีประโยชน์ที่จะนำมาใช้เป็นยารักษาโรคต่างๆ ได้ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสนใจที่จะศึกษาและวิจัยสมุนไพร เพื่อที่จะนำสมุนไพรมานำมาใช้ในการรักษาโรคใหม่ๆ ซึ่งยังไม่มียาแผนปัจจุบันที่นำมาใช้รักษาได้ เช่น ยาด้านเอดส์ ยาด้านมะเร็ง เป็นต้น

เราจะเห็นว่าสมุนไพรเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตของคนเรา ไม่ว่าจะเป็นยาหรืออาหาร ในสภาพเศรษฐกิจเช่นนี้ เราจึงควรหันกลับมาสนใจที่จะใช้สมุนไพรกันอย่างจริงจัง เพื่อสุขภาพที่ดี และลดค่าใช้จ่าย ลดการเสียดุลการค้า เป็นการช่วยเหลือประเทศชาติอีกทางหนึ่ง

ซึ่งกิจกรรมของฐาน Amazing Thai Herbal Medicine แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม คือ ท่องโลกไปกับสมุนไพรไทย สารสำคัญในสมุนไพร น้ำมันโพล ยาไทยแก้ปวดเมื่อย และสมุนไพรบำบัด



## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้ฝึกทักษะการเรียนรู้ กระบวนการการศึกษาสมุนไพร
2. เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้รู้จักชนิดของสมุนไพรและประโยชน์ทางยา
3. เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้ชนิดของสารสำคัญและวิธีการทดสอบหาสารสำคัญในสมุนไพร
4. เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้ฝึกเตรียมยาจากสมุนไพร

## กิจกรรมที่ 1

### ท่องโลกไปกับสมุนไพรไทย (Planet of Thai Herbal Medicine)

## จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้ฝึกทักษะการเรียนรู้ กระบวนการการศึกษาสมุนไพร

## สิ่งที่ต้องเตรียม

1. Stereomicroscope 1 ชุด
2. ส่วนสมุนไพรจำลอง มีชนิดสมุนไพรประมาณ 20-30 ชนิด

3. ตัวอย่างของ specimens เช่นพยาธิชนิดต่าง ๆ ไรฝุ่น  
ยุง แมงกะพรุน
4. กระดาษแข็ง
5. โปสเตอร์ 5 สี
6. พู่กัน
7. จานสี
8. กระดาษทิชชู
9. รีบบิ้นหลากสี

### การดำเนินกิจกรรม

1. ฟังคำอธิบายเกี่ยวกับกิจกรรมและความรู้เกี่ยวกับสมุนไพรและโรค โดยเน้นโรคทางเดินอาหาร โรคภายนอก (โรคผิวหนัง) และสมุนไพรกำจัดแมลงที่ใช้กับพืชและคน เช่นประโยชน์ของการใช้สมุนไพรในการควบคุมไรฝุ่น
2. เล่นเกมสืบทอดความสัมพันธ์ระหว่างโรคและสมุนไพรที่ใช้รักษา โดยผู้ร่วมกิจกรรมต้องค้นหาสมุนไพรตาม RC ที่วางให้ หลังจากนั้นให้ใช้บ่วงไปคล้องสมุนไพรแล้วนำไปวางบน block ให้ตรงกับโรค
3. แบ่งผู้ร่วมกิจกรรม ออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อแข่งกันตัดน้ำด้วยกระบอไม้ไผ่ที่เจาะรู (ซึ่งต้องพยายามเอาหัวปัดรูรั่ว แล้ววิ่งไปรดน้ำต้นไม้ที่ปักอยู่บนโฟมซึ่งวางอยู่ในท่อประปาอีกทีหนึ่ง กลุ่มใดสามารถรดน้ำได้มากจากต้นไม้โผล่ขึ้นมาก่อน ก็ให้นำต้นไม้ไปวางตาม block ที่ระบุอาการของโรคไว้ กลุ่มใดทำได้เร็วและถูกต้องจะเป็นทีมชนะ
4. ผู้ร่วมกิจกรรม ทำของชำร่วย bookmark ซึ่งเป็นการเรียนรู้ถึงความแตกต่างของแต่ละชนิดของสมุนไพร (taxonomy) โดยเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือของคน ซึ่งแต่ละคนจะมีเอกลักษณ์ของตนเอง วิธีทำ นำส่วนของพืชมา scan รูปร่าง ลงบนกระดาษแข็งที่เตรียมไว้เพื่อใช้เป็น bookmark (โดยการใช้สีโปสเตอร์และพู่กัน) พร้อมทั้งปั๊มลายนิ้วมือของตนเองลงในกระดาษดังกล่าว และใช้ปากกาวาดรูปต่าง ๆ ลงบนลายนิ้วตามแบบที่ได้เตรียมไว้ให้
5. ให้ผู้ร่วมกิจกรรมทดลองใช้ยาเตรียมได้ พร้อมสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง



## กิจกรรมที่ 2 สารสำคัญในสมุนไพร (Active constituents)

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้รู้จักชนิดของสมุนไพรและประโยชน์ทางยา

### สิ่งที่ต้องเตรียม

- |                     |                          |                       |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1. เปลือกมังคุดแห้ง | 5. ใบมะขามแขก            | 9. ตะแกรงวางหลอดทดลอง |
| 2. ลูกมะคำดีควาย    | 6. ใบยาสูบ               | (Test tube rack)      |
| 3. ดอกอัญชัน        | 7. แอลกอฮอล์             | 10. หลอดหยด (Dropper) |
| 4. ผลหมาก           | 8. หลอดทดลอง (test tube) | 11. กรวยกรอง          |

12. สำลี
13. แท่งแก้วคน (Stirring rod)
14. เชียงพร้อมมิด
15. น้ำยา Dragendorff's
16. Sodium hydroxide solution
17. Dil HCl
18. Dil NaOH
19. 1 % Gelatin solution

### การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้ร่วมกิจกรรมฟังคำบรรยายเกี่ยวกับสารสำคัญที่พบในพืช และประโยชน์ของสารเหล่านั้น
2. ผู้ร่วมกิจกรรมฝึกทักษะในการทดสอบสารสำคัญที่พบในพืชสมุนไพรที่มีการนำมาใช้ทางยา เช่น ใบชา เปลือกมังคุด มะค่าติ้ว กล้วย ดอกอัญชัน เป็นต้น



3. นำสารสำคัญจากพืชมาใช้ประโยชน์ คือ การสกัดสารสี (anthocyanin) จากดอกอัญชัน แก่นฝาง และการเปลี่ยนแปลงสีโดยใช้ความเป็นกรด-ด่าง เพื่อนำมาแต่งสี
4. ให้ผู้ร่วมกิจกรรมทดลองใช้ยาเตรียมได้ พร้อมสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง



## กิจกรรมที่ 3 น้ำมันไหล...ยาไทยแก้ปวดเมื่อย (Thai massage oil and hot compress)

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้ชนิดของสารสำคัญและวิธีการทดสอบหาสารสำคัญในสมุนไพร



### สิ่งที่ต้องเตรียม

#### การทำน้ำมันไหล

- |                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1. หัวไหลสด หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ | 7. เตาแก๊ส แบบตั้งโต๊ะ    |
| 2. น้ำมันปาล์ม                | 8. กระป๋องแก๊ส            |
| 3. การบูร                     | 9. ทัพพี                  |
| 4. กานพลู                     | 10. กรวยกรอง              |
| 5. น้ำมันระกำ                 | 11. ผ้าขาวบาง             |
| 6. หม้อสแตนเลส                | 12. ขวดบรรจุปากแคบพร้อมฝา |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว | 13. เชียงพร้อมมิด         |

## การทำลูกประคบไพล

1. ผงไพล
2. ผงขมิ้นชัน
3. ใบส้มป่อย
4. ผิวมะกรูด
5. ผ้าขาวบาง



## การดำเนินกิจกรรม

1. ให้ความรู้เกี่ยวกับสมุนไพรไพล สูตรยาเตรียมน้ำมันไพล ลูกประคบไพล ประโยชน์ และความแตกต่างจากพืชวงศ์เดียวกัน ได้แก่ ขิง ขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อย เป็นต้น โดยให้เรียนรู้จากลักษณะภายนอกและกลิ่นเฉพาะของเหง้าไพล
2. แบ่งผู้ร่วมกิจกรรมออกเป็น 2 กลุ่ม ให้แข่งขันชงหาเหง้าไพลในกระเบ ผู้ร่วมกิจกรรมจะต้องเรียนรู้ลักษณะภายนอกและกลิ่นเฉพาะของเหง้าไพล โดยจะต้องไปชงหาในกระเบที่มีเหง้าสมุนไพรต่าง ๆ ปะปนอยู่ ได้แก่ เหง้าขิง ขมิ้นอ้อย ขมิ้นชัน
3. ให้ผู้ร่วมกิจกรรมฝึกปฏิบัติเตรียมน้ำมันไพล ลูกประคบไพล โดยการเอาเหง้าไพลและขมิ้นที่ชงมาได้ มาเตรียม
4. ให้ผู้ร่วมกิจกรรมทดลองใช้ยาเตรียมน้ำมันไพล พร้อมสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

## กิจกรรมที่ 4 สุนทรบำบัด (Aromatherapy)

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้ร่วมกิจกรรมได้ฝึกเตรียมยาจากสมุนไพร

### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. เหง้าขมิ้นชันสด หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ
2. ชุกลั่นน้ำมันหอมระเหยชนิดเบากว่าน้ำ
3. บีมน้ำ
4. ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยต่าง ๆ 10 ชนิด
5. เครื่องตวง(Cylinder) ขนาด 10 มล.
6. เครื่องตวง(Cylinder) ขนาด 100 มล
7. ขวดบรรจุปากแคบพร้อมฝา
8. กระดาษสำหรับทดสอบกลิ่น
9. เชียงพร้อมมีด



### การเตรียมเทียนหอม

1. พาราฟิน
2. Multiwax
3. PE
4. ไล่เทียน
5. สีน้ำมัน หลาก ๆ สี
6. หม้อหุงข้าว
7. Hot plate
8. เครื่องปั้นดินเผาสำหรับไล่เทียนหอม
9. บีกเกอร์ สำหรับรินเทียน
10. ไม้จิ้มลูกชิ้น (ใช้แทนแท่งแก้วคน)



## การดำเนินกิจกรรม

1. อธิบายความหมายของ aromatherapy ประโยชน์ ชนิดของน้ำมันหอมระเหย (สารจากตัวไฟ) และวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยสารวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยใช้เครื่องกลั่นเบาว่าน้ำ
2. ให้ผู้ร่วมกิจกรรมเล่นเกมส้าความสัมพันธ์ระหว่างสมุนไพร และน้ำมันหอมระเหย โดยผู้ร่วมกิจกรรมแต่ละคนจะได้กระดาษทดสอบกลิ่นจากกระดาษที่ได้หยดน้ำมันหอมระเหยต่างชนิดกัน แล้วดมกลิ่นเพื่อสืบค้นหาชนิดของน้ำมันโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างสมุนไพรจริง
3. ผู้ร่วมกิจกรรมฝึกเตรียมเทียนหอม ซึ่งเป็นการนำน้ำมันหอมระเหยมาใช้ประโยชน์
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

สาร pluanatol ที่ได้จากใบเปล้าน้อย เป็นยารักษาแผลในกระเพาะอาหาร สาร vincristine และ vinblastine จากรากแพะพวยฝรั่งเป็นยารักษาโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ สาร reserpine จากรากระย่อม เป็นยาลดความดันโลหิต เป็นต้น สมุนไพรนอกจากใช้เป็นยารักษาโรคแล้ว สมุนไพรยังเป็นอาหารเสริมสุขภาพที่เราสามารถรับประทานเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น การรับประทานอาหารสมุนไพรที่มีวิตามิน เอ วิตามิน อี และวิตามิน ซี จะช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง สมุนไพรกระเทียมก็สามารถจะลดคอเรสเตอรอลในเลือดได้ เป็นการป้องกันการเกิดการอุดตันของเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดได้ นอกจากนี้ น้ำคั้นสมุนไพรที่เตรียมเองก็เป็นการช่วยรักษาและป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ ไม่เพียงแต่สมุนไพรจะใช้เป็นอาหารและเครื่องดื่ม สมุนไพรยังใช้เป็นสีธรรมชาติที่มีความปลอดภัย สมุนไพรหลายชนิดที่มีสีสวย ๆ และสามารถจะนำมาแต่งสีของอาหารและเครื่องดื่มได้ ได้แก่ ลูกตาล จะให้สีเหลืองใช้แต่งขนมลูกตาล ถ่านกะลามะพร้าวที่นำไปเผาจนได้เป็นสีดำใช้แต่งขนมเปียกปูน หรือขนมโสมน ก็ได้จากดอกโสนซึ่งมีสีเหลือง เป็นต้น นอกจากสมุนไพรดังกล่าวแล้ว ยังมีสมุนไพรอีกจำนวนมากที่ให้สีได้ เช่น ดอกอัญชัน ดอกกุหลาบ ก้านดอกกระเจียว ดอกคำฝอย กลีบเลี้ยงกระเจียว ผลผักปลังแดง หรือใบเตย เป็นต้น

## บทส่งท้าย Amazing Thai Herbal Medicine

ผู้ร่วมกิจกรรมจะได้เรียนรู้กระบวนการการศึกษาสมุนไพร ชนิดของสมุนไพรไทยที่มีประโยชน์ทางยา ปีกหักชะในการทดสอบหาสารสำคัญในสมุนไพรและปีกหักชะในการเตรียมผลิตภัณฑ์ยาจากสมุนไพร เช่น น้ำมันโพล ลูกประคบโพล และเทียนหอม เป็นต้น ซึ่งความรู้เหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการชีวิตประจำวันได้

# Art of Insect

โลกที่เราอยู่อาศัยนี้ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตมากมายหลายชนิด แต่สิ่งมีชีวิตที่นับว่ามีความหลากหลายและมีจำนวนมากที่สุดคือ แมลง กิจกรรมในฐานนี้จะให้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาและพฤติกรรมของแมลงชนิดต่างๆ แก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม และสร้างจินตนาการให้แก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของแมลงมาประยุกต์ในการวาดภาพแมลงตามที่คุณเข้าร่วมกิจกรรมสนใจ อีกทั้งยังฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ และสร้างความสามัคคีให้แก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม

โดยกิจกรรมของฐาน Art of Insect แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม คือ What is it ?, Crypsis, Bee foraging behavior และวาดภาพสีน้ำประกอบกับลักษณะภายนอกของแมลง

## จุดประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของแมลง เพื่อให้ทราบว่าคุณลักษณะทางสัณฐานวิทยาเหล่านี้ มีประโยชน์และโทษอย่างไร
2. ใช้กิจกรรมนันทนาการเพื่อการจำลองพฤติกรรมของผึ้งเพื่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ฝึกให้มีความสังเกตแมลงหลายชนิดที่พรางตัวหรือเลียนแบบธรรมชาติเพื่อความอยู่รอด
4. ฝึกทักษะการใช้สีน้ำและเทคนิคการวาดภาพสีน้ำแก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม

## กิจกรรมที่ 1

### What is it ?

## จุดประสงค์

เพื่อเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของแมลง เพื่อให้ทราบว่าคุณลักษณะทางสัณฐานวิทยาเหล่านี้มีประโยชน์และโทษอย่างไร



## สิ่งที่ต้องเตรียม/กลุ่ม

(จัดสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรม อย่างน้อย 2 กลุ่ม และกลุ่มละไม่ควรต่ำกว่า 5 คน)

- |                                                                                                                                      |                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1. อุปกรณ์วาดภาพสีน้ำ เช่น สีน้ำ จานสี น้ำผสมสี พู่กันแบบกลมหรือแบน ค้อนช่างใหญ่ขนาดต่างๆ กัน ภาชนะพร้อมน้ำใช้ล้างทำความสะอาดพู่กันฯ | 3. แมลงตัวอย่างเจลยของจริงที่เป็นต้นแบบของคำถาม              |
| 2. ขาดังวาดรูปพร้อมกระดานรองที่ติด กระดาษวาดภาพสีน้ำ 100-300 กรัม มีขนาดประมาณ 18 x 21 นิ้ว                                          | 4. การ์ดข้อมูลรายละเอียดของแมลง 10 รายการสำหรับแมลงแต่ละชนิด |
|                                                                                                                                      | 5. รางวัลสำหรับกลุ่มหรือบุคคลผู้ชนะเลิศ                      |

### การดำเนินกิจกรรม (ของแต่ละกลุ่ม)

1. ให้แต่ละคนในกลุ่ม สุ่มเลือกการวัดข้อมูลความรู้เรื่องพื้นฐานทางสัณฐานวิทยาของแมลงที่จัดไว้ให้ออกมาคนละข้อ ให้ผู้ร่วมกิจกรรมช่วยกันเรียงลำดับความสำคัญของข้อมูล แล้ววาดภาพก่อนหลังตามลักษณะแมลงและข้อมูลที่กำหนดนั้น ๆ
2. เมื่อได้วาดตามข้อมูลพื้นฐานวิทยาของแมลงมา 10 ข้อ แล้ว ร่วมกันทายว่าเป็นแมลงชนิดใดจากข้อมูลและภาพขณะนั้น บอกเฉลยชนิดแมลง
3. หากวาดผิดหรือไม่เหมือน อนุญาตให้แก้ไขได้ใหม่ ในเวลาจำกัด
4. ทำการแข่งขันระหว่างกลุ่ม ตัดสินในความถูกต้อง ใกล้เคียงความจริง และสวยงาม
5. ให้รางวัลแก่กลุ่มชนะ หากเลือกบุคคลอาจให้แข่งขันตอบปัญหา ผู้ใดตอบถูกต้องก่อนและถูกต้องจึงให้รางวัล

## กิจกรรมที่ 2 Crypsis

### จุดประสงค์

เพื่อให้รู้จักวิวัฒนาการการปรับตัวของแมลงให้รอดพ้นจากอันตรายจากศัตรู โดยการพรางตัวเลียนแบบให้คล้ายกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุด



### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. กระดาษ A 4 xerox รูปภาพขาวดำลายเส้น ที่จัดเตรียมไว้เป็นรูปแมลงชนิดต่าง ๆ ประมาณ 24 ชนิดแปะพรางตัวอยู่ในธรรมชาติ
2. อุปกรณ์วาดภาพสีน้ำ เช่น สีน้ำ จานสี น้ำผสมสี ฟู่กันแบบกลมขนาดเล็ก ภาชนะพร้อมน้ำใช้ล้างทำความสะอาดทุกครั้ง

### การดำเนินกิจกรรม

1. แจกกระดาษรูปภาพที่จัดเตรียมไว้ให้
2. ให้ลงสีน้ำเฉพาะรูปแมลงที่จะต้องสังเกตแยกให้ออกจากสิ่งแวดล้อม และธรรมชาติ
3. ในเวลาที่ให้จำกัด ประมาณ 5 นาที นับจำนวนแมลงที่ระบายสีได้ถูกต้อง ใครทำได้มากที่สุดจะเป็นผู้ชนะ

## กิจกรรมที่ 3 Bee Foraging Behavior

### จุดประสงค์

ใช้กิจกรรมนี้เพื่อทดสอบการเพื่อการจำลองพฤติกรรมของผึ้งในการหาและเก็บอาหารเข้ารัง เป็นการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและเสริมสร้างความสามัคคีในกลุ่ม

### สิ่งที่ต้องเตรียม (สำหรับผู้ที่เข้าร่วมกิจกรรม 20 คน และแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน)

1. ลูกปิงปอง 4 สี สีละไม่ควรน้อยกว่า 50 ลูก ใช้แทนเกสรดอกไม้ ชนิดละสี
2. หลอดฉีดยาพลาสติกใช้แทนวงปากผึ้งในการดูดน้ำหวาน
3. ขวดพลาสติก 12 ใบ พร้อมเชือกแขวนไว้ที่คอ สำหรับใส่

น้ำหวานต่างสีที่ดูดมาจากดอกไม้แทนกระเพาะน้ำหวาน (nectar crop) ในตัวผึ้งเก็บน้ำหวาน (N) ผึ้งเก็บน้ำหวาน และเกสร (N+P) และสำหรับผึ้งงานทำหน้าที่แม่บ้านในรัง (H)

4. น้ำใส่สี 4 สี (ควรเป็นสีที่ชักออกได้ง่าย) สีละขวด แบ่งใส่ แก้วน้ำ 3 แก้ว ใช้แทนน้ำหวานในดอกไม้ที่กระจายอยู่ในธรรมชาติ
5. แก้วพลาสติก 4 ใบ ใส่ลูกปิงปองสีละแก้ว ซึ่งมี 4 สี เป็นตัวแทนการเทียบหาคุณค่าของกลิ่นน้ำหวานและกลิ่นเกสรของดอกไม้ชนิดเดียวกัน ที่ผึ้งสำรวจ (S) จะต้องจดจำให้ได้
6. น้ำหอม 4 กลิ่น แทนกลิ่นหอมของดอกไม้ หยดใส่ในสำลีติดไว้ที่แก้วใส่เกสรและทั้งในขวดน้ำหวานจากดอกไม้ชนิดเดียวกัน แล้วบันทึกสีทั้งคู่ของลูกปิงปองและสีน้ำหวานไว้
7. ตะกร้าพลาสติกขนาดเล็กอย่างน้อย 8 ใบ แทนอวัยวะที่ใช้เก็บเกสร (pollen baskets) ใช้ยางรัดตะกร้าติดกับข้อเท้า

บริเวณปากตะกร้า อาจมียางเส้นกันลูกปิงปองกระพอก ขณะวิ่งสำหรับผึ้งที่เก็บเกสร (P) 4 คน และผึ้งที่เก็บน้ำหวาน และเกสร (N+P) 4 คน

8. หมวกผึ้งมีหนวด อาจใช้กระดาษทำ มี 4 สีเพื่อจัดกลุ่มผู้ร่วมกิจกรรมหรือแยกรังผึ้ง
9. ขวดพลาสติกใส 6 เหลี่ยมขนาดใหญ่ 4 ใบ (1 ใบ / รัง) สำหรับผึ้งงานทำหน้าที่แม่บ้านในรัง (H) เก็บลูกปิงปองไว้แทนหลอดเซลล์ที่ใช้เก็บเกสรภายในรังผึ้ง (pollen storage cells)
10. ขวดพลาสติกใส 6 เหลี่ยมขนาดเล็ก 4 ใบ (1 ใบ / รัง) สำหรับผึ้งงานทำหน้าที่แม่บ้านในรัง (H) เก็บน้ำหวานออกจาก nectar crop แล้วใส่ในขวดนั้นแทนเซลล์ที่ใช้เก็บน้ำหวานภายในรังผึ้ง (honey storage cells)
11. ฉลากเตรียมให้พอ 20 คน สำหรับการกระจายตัว เลือกเข้ากลุ่ม รัง และหน้าที่ของผึ้ง

## การดำเนินการกิจกรรม

1. จับฉลากแบ่งกลุ่ม เป็น 4 กลุ่ม หรือรังผึ้ง คือ A, B, C และ D แบ่งหน้าที่ S, N, P, N+P และ H

A ต้องเก็บ Nectar สี . . . . . pollen grains สี.....

B ต้องเก็บ Nectar สี . . . . . pollen grains สี.....

C ต้องเก็บ Nectar สี . . . . . pollen grains สี.....

D ต้องเก็บ Nectar สี . . . . . pollen grains สี.....

(สีอาจมีการเปลี่ยนแปลงสลับคู่ได้) โดยจะแบ่งหน้าที่ดังนี้

**S คือ scout bees** มีหน้าที่ตรวจสอบดมเทียบจับหาคู่กลิ่นเดียวกันของเกสรและน้ำหวานแล้วมาแจ้งว่าคู่ใดเป็นกลิ่นจากดอกไม้ชนิดเดียวกันแล้วบอกคู่สี ทั้งต้องออกหาสำรวจแหล่งน้ำหวานที่ผู้ดำเนินงานแอบนำไปซ่อนไว้สีละ 3 จุด แล้วกลับมาบอกเพื่อนในกลุ่มเดียวกัน (1 กลุ่ม คือ 1 รัง) ส่วนลูกปิงปอง หรือเกสร (pollen grains) สาดกระจายคละสีกัน ในที่แจ้งห่างจากรังประมาณ 10-20 เมตร

**N คือ nectar bee forager** มีหน้าที่ในการเก็บน้ำหวาน โดยจะต้องดูดน้ำหวานด้วยหลอดฉีดยา จากถ้วยน้ำหวานดอกไม้ในทุ่ง อนุญาตให้เก็บเที่ยวละ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ใน nectar crop แล้วเอามาเทใส่ที่ House bee honey crops ภายในรัง แล้วรีบออกไปหาเก็บเพิ่มเติมอีก

**P คือ pollen bee forager** มีหน้าที่ในการเก็บลูกปิงปอง (pollen grains) อนุญาตให้เก็บเที่ยวละ 2 ลูก ใส่ใน pollen baskets แล้วรีบนำมาใส่ลงใน pollen storage cells

**N+P คือ nectar & pollen forager** มีหน้าที่เก็บน้ำหวาน อนุญาตให้เก็บเที่ยวละ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ nectar sac และเก็บ pollen grains 2 ลูก ใส่ pollen basket แล้วรีบนำกลับมารังดำเนินการเหมือน N และ P



H คือ **house bee** มีหน้าที่นำเอาน้ำหวานจาก honey crops มาเก็บไว้ใน honey storage cell

2. ให้แต่ละกลุ่มเก็บ pollen grains และ nectar ตามหน้าที่ได้แบ่งไว้ โดยใช้เวลาประมาณ 10 นาที (ขึ้นกับความสะดวกและเวลาที่จำกัด) ทีมใดเก็บ pollen grains และ nectar ได้มากที่สุดในเวลาที่กำหนด จะเป็นทีมชนะและสามารถถามคำถามเกี่ยวกับเกมส์ได้ เพื่อทดสอบว่าผู้เล่นเข้าใจพฤติกรรมการหาอาหารของผึ้งหรือไม่

## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

### Art of living : Insect society

ผึ้ง (honey bee) เป็นแมลงสังคม มีการรวมรังเพื่อช่วยเหลือเกื้อกูลกัน มีการแบ่งชั้นวรรณะ ได้แก่ ผึ้งแม่รัง (Queen) ผึ้งตัวผู้ (Drone) และผึ้งงาน (Worker) ผึ้งงาน จะเป็นหมัน มีหน้าที่จะต้องเลี้ยงดูตัวอ่อนในรัง บริการ ดูแลสมาชิก กิจกรรมภายในรัง สร้างรัง ซ่อมแซมรัง ปกป้องรัง และจะต้องออกหาอาหารในช่วงที่มีเกสรและน้ำผึ้งหลาก มากักตุนไว้ในรังไว้เผื่อยามฤดูกาลที่ขาดแคลน ดังนั้นจึงมีการเร่งรัดหาอาหารของผึ้ง แต่ละรังแข่งขันกันหาอาหารให้มาก และรังที่แข็งแรงก็จะเป็นรังที่สะสมอาหารได้มากที่สุด เพื่อความสะดวกมีระเบียบสังคมของขบวนการเก็บหาอาหาร ผึ้งงานจึงมีการแบ่งงานกันทำเหมือนกับสังคมมนุษย์จากหน้าที่ต่าง ๆ จึงเรียกแบ่งกลุ่มผึ้งงานหาอาหารเหล่านี้เป็น 3 ประเภทคือ



- 1) Pollen forager เป็นผึ้งที่เก็บเฉพาะเกสรจากดอกไม้ที่โหล่ของเรณูซึ่งเป็นอาหารโปรตีนหลักสำหรับตัวผึ้งเอง เพื่อใช้ในการผลิตนมผึ้งและไขผึ้ง หรือเพื่อเป็นอาหารโดยตรงกับตัวอ่อน และต้องเก็บกักตุนเอาไว้ในช่วงฤดูกาลที่ขาดแคลน
- 2) Nectar forager เป็นผึ้งที่เก็บเฉพาะน้ำหวานจากดอกไม้ ซึ่งอาจจะมีเกสรที่ไม่ต้องการจากพืชที่มีเกสรน้อยไม่เอื้ออำนวยกับผึ้ง จึงได้แต่น้ำหวานจากดอกไม้มาเป็นอาหารหลักคาร์โบไฮเดรตให้แก่ตัวเองและตัวอ่อนภายในรัง และต้องเก็บกักตุนเอาไว้ในช่วงฤดูกาลขาดแคลนเช่นกัน
- 3) Nectar & pollen forager คือผึ้งที่เก็บทั้งเกสรและน้ำหวานจากดอกไม้ อาจจะเนื่องจากดอกไม้ชนิดนั้นเอื้ออำนวยให้อาหารได้ทั้ง 2 อย่าง ผึ้งงานก็จะเก็บอาหารจากดอกไม้ทั้งทั้งสองอย่างในแต่ละเที่ยวบิน



ส่วนผึ้งงานที่ทำหน้าที่เป็นแม่บ้าน (House bee) เป็นผึ้งที่มีอายุไม่เกิน 3 สัปดาห์ นับจากการออกจากดักแด้ อยู่ประจำในรังมี หน้าที่กิจกรรมในรังซึ่งรวมทั้งการรับน้ำหวานจากผึ้งที่ออกไปหากินมา แล้วผ่านขบวนการระเหยน้ำออกและย้อยด้วยเอนไซม์ทำให้น้ำหวานเปลี่ยนเป็นน้ำผึ้งแล้วเก็บไว้ในหลอดเซลล์น้ำผึ้ง (honey storage cell)

ผึ้งสำรวจ (scout bee) คือผึ้งงานชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่ออกสำรวจหาแหล่งอาหารใหม่ แล้วจะมาส่งข่าวให้ผึ้งหาอาหารอื่นๆ ได้รับทราบโดยการสื่อสารด้วยการเต้นระบำ บอกกลิ่นชนิดของพืชอาหาร ไม่ว่าจะเป็นกลิ่นน้ำหอมจากของเกสรดอกไม้ หรือน้ำหวานแล้ว ก็ยังสามารถบอกปริมาณ ระยะทาง และทิศทางของแหล่งอาหาร ให้กับผึ้งหาอาหารอื่นๆ ภายในรังทราบ

จากวิถีชีวิตของผึ้งหาอาหารในรังจึงดัดแปลงมาใช้ในเกมส์ โดยเลียนแบบพฤติกรรมการเก็บอาหาร โดย Pollen forager เก็บเกสรใส่ใน pollen baskets ซึ่งเป็นอวัยวะพิเศษที่อยู่บริเวณขาหลังบริเวณ tibia ของผึ้ง แล้วนำ pollen มาเก็บไว้ใน pollen storage cell ในรวงผึ้ง ส่วน Nectar forager จะใช้ปากดูดเก็บน้ำหวานจากตอมน้ำหวานของดอกไม้มาใส่ใน nectar crop เมื่อกลับมารังจะบ้วน nectar ให้ House bee ซึ่งจะปรับเป็นน้ำผึ้งเก็บไว้ใน honey storage cell

## กิจกรรมที่ 4

## วาดภาพประกอบลักษณะภายนอกของแมลง

### จุดประสงค์

ให้สังเกตโครงสร้างหลักของแมลง ความแตกต่าง ลักษณะพิเศษของแมลงแต่ละตัวมาประกอบกับฝึกทักษะการใช้สีน้ำและเทคนิคการวาดภาพสีน้ำแก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม

### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. อุปกรณ์วาดภาพสีน้ำ เช่น สีน้ำ จานสี พู่กันขนาดต่าง ๆ น้ำสะอาดใช้ผสมสี ภาชนะใช้ล้างพู่กัน กระดาษรอง กระดาษ วาดภาพ ฯลฯ
2. กระดาษวาดภาพสีน้ำ 300 กรัม

### การดำเนินกิจกรรม

1. ให้ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการใช้สีน้ำในการวาดภาพแมลง และเทคนิคการวาดภาพ
2. ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมฝึกปฏิบัติจริงโดยการเลือกวาดภาพแมลง ประกอบกับลักษณะภายนอกของแมลงที่ได้จัดไว้ให้ พร้อมทั้งข้อมูลละเอียดของแมลงแต่ละชนิด



### บทส่งท้าย Art of Insect

เมื่อทำกิจกรรมนี้แล้วผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับความรู้เกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างพื้นฐาน วิทยาของแมลงต่าง ๆ การปรับตัวของแมลง และได้เรียนรู้ถึงพฤติกรรมและการดำรงชีวิตของแมลงซึ่งเป็นแมลงที่มีการอยู่ร่วมกันเป็นสังคม มีการช่วยเหลือเกื้อกูลกัน มีความสามัคคีกันในการดำรงชีวิตเพื่อส่วนรวมซึ่งจะทำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในการดำเนินชีวิต นอกจากนั้นผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เรียนรู้เทคนิคการวาดภาพสีน้ำ ซึ่งในการที่จะวาดภาพให้สวยและดีนั้นจะต้องเป็นคนช่างสังเกต ตั้งใจจดจ่อของลักษณะโครงสร้าง สีของแมลงออกมาวาดลงบนกระดาษ หวังว่ามีสมาธิ มีจิตใจรักและความตั้งใจในการวาดภาพ ด้วยเหตุนี้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับความเพลิดเพลินรวมทั้งความจดจำภาพของแมลงที่ดีเกี่ยวกับแมลง ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคตได้ต่อไป

แมลงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีมากที่สุดในโลกทั้งจำนวนชนิดและปริมาณ ทั้งนี้เพราะแมลงมีลักษณะที่สำคัญคือมีขนาดเล็ก ทำให้ต้องการที่อยู่อาศัยและอาหารในการดำรงชีวิตไม่มาก สามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว รวมทั้งมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี นักวิทยาศาสตร์จึงให้ความสนใจในการศึกษาวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์จากแมลงในด้านต่างๆ มากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ความหลากหลายของแมลงเป็นตัวบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์และสมดุลของสิ่งแวดล้อม แมลงในน้ำบางชนิดใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของน้ำ แมลงใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์อื่น ๆ แมลงเป็นแหล่งอาศัยของเชื้อราที่สามารถนำมาสกัดสารที่มีฤทธิ์ในการรักษาโรคบางโรคได้ นอกจากนี้แมลงยังถูกเลือกเป็นตัวแทนในการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ และชีววิทยาระดับโมเลกุล (Molecular biology) เป็นต้น จากความสำคัญของแมลงที่มีเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ การศึกษาด้านพื้นฐานของแมลงจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อเยาวชนและบุคคลทั่วไปที่สนใจอันก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเพื่อสร้างสรรค์และพัฒนางานด้านนี้ต่อไปได้อย่างดี

### จุดประสงค์

1. เพื่อให้ความรู้พื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับแมลงทางด้านโครงสร้างของแมลง ชีววิทยาของแมลงและนิเวศวิทยาของแมลง ลูกเสือที่สนใจด้านนี้จะได้นำไปประยุกต์ใช้หรือศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมต่อไปได้อย่างดี
2. เน้นกระบวนการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมที่ทำร่วมกันเป็นหลัก เพื่อให้ลูกเสือได้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง โดยเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมด้วยตนเอง และนำความรู้ที่ได้รับเสนอต่อกลุ่มรวมเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน
3. เน้นภาพรวมด้านความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงที่พบในประเทศไทย ซึ่งถือได้ว่าเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าของเรา เมื่อเทียบกับประเทศในโซนอื่นๆ ของโลก

### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. ตู้โชว์ตัวอย่างแมลงแห้งที่เป็นตัวแทนของแมลงอันดับสำคัญ 7 อันดับ คือ Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Odonata, Orthoptera, Hemiptera และ Hymenoptera
2. ตู้เลี้ยงแมลงที่มีชีวิตซึ่งเป็นตัวแทนของแมลงทั้ง 7 อันดับ ในข้อ 1 และเลี้ยงในสภาพต่างๆ คือ บนต้นไม้ ในดินและในน้ำ





3. ทุนจำลองแมลงขนาดใหญ่ 4 ชนิด คือ ผีเสื้อแสงจันทร์ ตัวกว้างห้าขา แมลงปอ และแมลงวันหัวเขียว
4. คู่มือแมลงแสดงนิเวศวิทยาของด้วงหนวดยาว ผีเสื้อกลางคืน ผีเสื้อกลางคืน และจอมปลวก พร้อมป้ายสื่อความหมาย
5. จัดสวนให้สอดคล้องกับการทำกิจกรรมนิเวศวิทยาของแมลง
6. บอร์ดแนะนำแมลงและขั้นตอนการทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างละเอียด
7. passport ที่ใช้ประกอบการทำกิจกรรมทั้งหมด 6 กิจกรรม แจกให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคน

## การดำเนินกิจกรรม

1. แบ่งกลุ่มผู้ร่วมกิจกรรมออกเป็นกลุ่ม โดยจับฉลากเพื่อเลือกชนิดแมลงประจำกลุ่มของตนเอง ซึ่งจะกำหนดโดยชื่อสามัญของแมลงและสีที่ต่าง ๆ กันของป้ายชื่อแมลงที่ให้คล้องคอ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เลือกคล้องคอพร้อมป้ายชื่อแมลงประจำกลุ่มของตนเองในระหว่างทำกิจกรรม ในส่วนนี้จะใช้เวลาประมาณ 5 นาที ต่อจากนั้นมีการบรรยายความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแมลงอย่างคร่าว ๆ ในเวลาประมาณ 10 นาที
2. กิจกรรมที่ 1 คือ Insect collection กำหนดให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมวาดรูปแมลงตามชื่อกลุ่มของตน ที่พบในฐานกิจกรรมให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตลอดเวลาที่ทำกิจกรรมอยู่ในฐาน
3. กิจกรรมที่ 2 คือ การหาชื่อสามัญ (common name) ของแมลงที่พบทั่วไป โดยจะมีภาพแมลงให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมดู และผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะหาชื่อสามัญของแมลงจาก puzzle board ที่แจกให้ในเวลา 5 นาที เมื่อได้ครบ 7 ชื่อให้เขียนลงใน passport และผู้ดำเนินกิจกรรมจะเฉลยคำตอบ ในกิจกรรมนี้จะใช้เวลาโดยรวมโดยประมาณ 10 นาที
4. กิจกรรมที่ 3 คือ หาชื่ออันดับแมลง (order name) โดยผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับกล่องตัวอย่างแมลงตัวแทนทั้ง 7 อันดับ และจะต้องเขามาเทียบกับคู่มือแมลงเพื่อกลับไปเขียนใน passport ในลำดับที่ตรงกับ common name ในเวลา 5 นาที เมื่อเสร็จกิจกรรมผู้ดำเนินกิจกรรมจะเฉลยคำตอบ ในกิจกรรมนี้ใช้เวลาโดยรวมโดยประมาณ 10 นาที
5. กิจกรรมที่ 4 คือ Insect biology ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เห็นสภาพความเป็นอยู่ของแมลงชนิดต่าง ๆ จากทั้ง 7 อันดับ ในสภาพต่าง ๆ กัน ที่อยู่บนต้นพืชอยู่ในดิน และอยู่ในน้ำ ในระยะต่าง ๆ ของแมลง และผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เล่นเกมวงจรชีวิตของแมลง (insect life cycle) เพื่อให้เกิดความเข้าใจว่าแมลงมีการดำรงชีวิต และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อการเจริญเติบโต (metamorphosis) ได้หลายแบบ



6. กิจกรรมที่ 5 คือ Insect ecology กิจกรรมนี้จะจัดในสวนเพื่อให้เห็นสภาพระบบนิเวศที่แตกต่างกัน โดยเน้นที่อยู่อาศัยของแมลงที่แตกต่างกันในแต่ละชนิดเช่น ผีเสื้อ มักจะพบว่าชอบดูดน้ำหวานจากดอกไม้ หรือ ดั่งงหลายชนิด มักจะพบว่าชอบอาศัยตามพื้นดิน เป็นต้น ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะทำกิจกรรม walk rally เพื่อหาคำตอบจากคำใบ้ตามสีแผ่นป้ายชื่อแมลงของกลุ่ม และตัวอย่างแมลงที่เราจัดวางเอาไว้ในสวน เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเรียนรู้ลักษณะทางนิเวศวิทยาของแมลงที่เป็นปริศนาจากคำใบ้ต่าง ๆ ได้
7. กิจกรรมที่ 6 ก่อนที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะออกจากฐานจะให้เล่นเกม Insect vocabs โดยผู้ดำเนินกิจกรรมจะถาม

ชื่อสามัญของแมลงชนิดต่าง ๆ จากด้านหลังของ passport ซึ่งถ้าผู้เข้าร่วมกิจกรรมเป็นชาวต่างประเทศ จะถามเป็นชื่อภาษาอังกฤษ และให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมตอบเป็นชื่อภาษาไทย แต่ถ้าผู้เข้าร่วมกิจกรรมเป็นชาวไทยจึงจะถามเป็นชื่อภาษาไทยและให้ตอบเป็นภาษาอังกฤษ กิจกรรมนี้ใช้เวลาโดยประมาณ 5-10 นาที



### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเข้าร่วมในกิจกรรมพื้นฐานหลักที่เกี่ยวกับแมลง 3 ส่วน คือ โครงสร้างของแมลง (Insect structure) ชีววิทยาของแมลง (Insect biology) และนิเวศวิทยาของแมลง (Insect ecology) โดยมีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. Insect structure: แนะนำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้รู้จักโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของแมลง คือ เป็นสัตว์ที่มีเปลือกหุ้มภายนอกลำตัวแข็ง (exoskeleton) มีลำตัวแบ่งเป็น 3 ส่วนชัดเจน คือ ส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และส่วนท้อง (abdomen) มีขา 6 ขา หรือ 3 คู่ มีหนวด 1 คู่ และมีปีก 1-2 คู่หรือไม่มีปีก กิจกรรมนี้ลูกเสือจะเล่น puzzle game และ matching game เพื่อให้ทราบชื่อ common name และ order name ของแมลงกลุ่มที่สำคัญ ๆ ที่ควรจะรู้จักตามลำดับ
2. Insect biology: แนะนำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ทราบถึงชีววิทยาบางประการของแมลง เช่น การดำรงชีวิตอยู่ในแหล่งอาศัย (habitat) ในแหล่งต่าง ๆ อันได้แก่ บนต้นไม้พืช ในดิน และในน้ำ หรือการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแมลง (metamorphosis) ในรูปแบบแตกต่างกัน
3. Insect ecology: แนะนำผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ทราบถึงลักษณะทางนิเวศวิทยาของแมลงกลุ่มหลัก ๆ ที่พบโดยทั่วไป จากคำใบ้ที่บอกถึงลักษณะเฉพาะของแมลงในด้านต่าง ๆ เช่น ลักษณะการกินอาหาร การเจริญเติบโต การดำรงชีวิตในแหล่งอาศัย รวมไปถึงความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางนิเวศวิทยา อันจำเพาะเจาะจงของแมลงในแต่ละกลุ่ม

### บทส่งท้าย Insect Garden

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมในฐานะนี้จะได้รู้เกี่ยวกับแมลง ทางด้านโครงสร้าง ชีววิทยา และนิเวศวิทยา เพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงประยุกต์ใช้ หรือเป็นพื้นฐานในการดำเนินการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมได้ และได้ฝึกพัฒนาทักษะในการเรียนรู้แมลงเชิงผสมผสานและเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับแมลง ทั้งในด้านแมลงที่มีประโยชน์และแมลงศัตรู

# The Green Village of Miracle

การสังเคราะห์แสง เป็นกระบวนการทางชีวภาพพื้นฐานที่สำคัญกระบวนการหนึ่งต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก สิ่งมีชีวิตสังเคราะห์แสง เช่น พืช สาหร่าย และแบคทีเรีย บางชนิดสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานเคมีได้ โดยต้องอาศัยรงควัตถุชนิดต่างๆ เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ เป็นต้น ในการส่งถ่ายพลังงาน ในงานกิจกรรม “The green village of miracle” นี้ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า เป็นสิ่งมีชีวิตจำลองกระบวนการดังกล่าว เนื่องจากกลไกในการสังเคราะห์แสงในเซลล์ของสาหร่ายชนิดนี้คล้ายคลึงกับกระบวนการสังเคราะห์แสงในพืชโดยสมบูรณ์ เหตุการณ์จำลองให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเข้าช่วยชาวเมือง Greenies ในการค้นหาฤกษ์แห่งชีวิตที่จะประกอบกันได้เป็นสมการของการสังเคราะห์แสง

## จุดประสงค์



SPIRULINA

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ฝึกทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการใช้ความคิด การสังเกต ในการแก้ปัญหา โดยผ่านการเล่นเกมนิรนัยแบบ role play
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์แสงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสาหร่ายสไปรูลิน่า

## สิ่งที่ต้องเตรียม

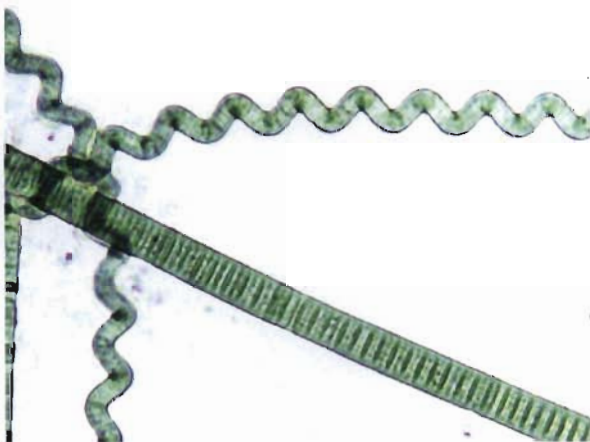
1. กล้อง 3 ใบมีสีแดง ลิเขียว และสีฟ้า
2. กุญแจตั้งรหัส 3 อัน
3. ชุดอุปกรณ์ TLC (แถบอลูมิเนียมเคลือบซิลิกา ทลอด capillary)
4. สารละลายสาหร่ายเข้มข้นในเมทานอล
5. สารละลายตัวพาที่มี คลอโรฟอร์ม : เมทานอล : น้ำ อัตราส่วน 1 : 3 : 1
6. ทลอดทดลองมีฝาจุพร้อมที่วางทลอด
7. ไม้ไผ่ทาสีสามสี เขียว ส้ม เหลือง สลับลำดับกัน
8. ผนังและก้อนอิฐปลอมทำจาก ฟิวเจอร์บอร์ด และโฟม
9. สารละลายสำหรับเลี้ยงสาหร่ายดังนี้
  - สารละลายเบกิ้งโซดา (baking soda) ความเข้มข้น 2.5 - 4.5 กรัม/ลิตร
  - สารละลายเกลือแกง (NaCl) ความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร
  - สารละลายปุ๋ย N : p : K 16:16:16 ความเข้มข้น 0.6 กรัม/ลิตร



10. หลอดไฟความเข้มชั้นต่าง ๆ กัน
11. เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ
12. กระดาษแข็งสำหรับทำโพสเตอร์ข้อมูล และคำใบ้ต่าง ๆ
13. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
14. สารละลายเมทานอล
15. ปิเปต และลูกยาง
16. กระบอกน้ำกลั่น
17. บีกเกอร์
18. กระดาษทึบ
19. hot plate
20. Spectrophotometer
21. หลอดไฟกระพริบ
22. น้ำ
23. พิวเจอร์บอร์ดสีดำทำเป็นกระดานดำสำหรับการ
24. อุปกรณ์ตกแต่งฉาก (ตกแต่งเป็นถ้ำพอมด อาจใช้ผ้ากันส่วนท้องทดลองจากส่วนอื่น ๆ ของถ้ำ)
25. โฟมทำเป็นก้อนหินปลอมก้อนใหญ่ เพื่อใช้ซ่อนแผ่นข้อมูล



### การดำเนินกิจกรรม



1. สมมุติเหตุการณ์จำลอง แล้วให้ผู้ร่วมกิจกรรมเข้าช่วยชาวเมือง Greenies ในการติดตามของสามสิ่งคืนจากพอมดของสามสิ่งนี้นับว่าเป็นกุญแจแห่งชีวิตของเมือง เมื่อขาดไปทำให้เมืองสีเขียวที่อุดมไปด้วยชีวิตกลายเป็นเมืองร้างสีน้ำตาล พอมดได้เก็บของสามสิ่งนี้ไว้ในกล่องสามกล่อง สีแดง สีเขียว และสีฟ้า ซึ่งสีของกล่องจะสื่อถึงวงจรชีวิตที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของสาหร่ายสไปรูลิน่า แต่ละกล่องมีเลขรหัสที่ใช้ในการเปิดกล่องต่างกัน ผู้ร่วมกิจกรรมจะต้องไขปริศนาเพื่อหาเลขรหัสทั้งสาม โดยเก็บข้อมูลจากด้านทดสอบ 3 ด้านในถ้ำพอมดเพื่อที่จะไปเปิดกล่อง แล้วนำสิ่งของทั้งสามมาประกอบกัน เพื่อคืนชีวิตให้กับ Green Village ผู้เล่นจะเข้าใจถึงที่มาของการสร้างพลังงานของสิ่งมีชีวิต
2. ด้านแรก ผู้เข้าร่วมกิจกรรมต้องแยกวงจรชีวิตหรือสารสีในสาหร่าย spirulina (ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้เมืองเป็นสีเขียว) ด้วย Thin Layer Chromathography (TLC) โดยใช้หลอด capillary จุ่มลงในสารละลายสาหร่ายซึ่งสกัดด้วยแอลกอฮอล์ แล้วนำไปจุดบนแผ่น TLC ให้สังเกตการแยกสีบนแผ่น TLC ผู้ร่วมกิจกรรมจะเข้าใจว่า สาหร่ายที่เราเห็นเป็นสีเขียวนั้นแท้จริงแล้วมีรงควัตถุชนิดอื่นอยู่ด้วยเช่นกัน ผู้เล่นจะนำ

ลำดับสีที่ได้ไปเปรียบเทียบกับรั้วไม้ที่มีลำดับสีเดียวกันซึ่ง เป็นที่ซ่อนของข้อมูลและคำใบ้ในด้านที่ 2

3. ด้านที่สอง ผู้ร่วมกิจกรรมจะต้องดึงก้อนอิฐจากกำแพง ตามตำแหน่งที่บอกไว้ในแผ่นคำใบ้ในรูปแบบแมทริกซ์ ด้านหลังแผ่นอิฐจะมีรูปภาพจิ๊กซอว์ ถ้าสามารถหยิบได้อย่างถูกต้องจะสามารถนำมาประกอบเป็นรูปภาพที่แสดงความยาวคลื่นที่มีการดูดแสงสูงสุด ( $\lambda_{max}$ ) ของรงควัตถุสามชนิดคือ คลอโรฟิลล์ (สีเขียว) คาโรทีนอยด์ (สีแดง) และไฟโคไซยานิน (สีฟ้า) โดยในกราฟจะแสดงค่า  $\lambda_{max}$  ของคาโรทีนอยด์ไว้แล้ว (ซึ่งเป็นรหัสที่ใช้เปิดกล่องสีแดง) ส่วนค่าสำหรับคลอโรฟิลล์และไฟโคไซยานิน ยังคงว่างไว้ เมื่อจัดเรียงก้อนอิฐได้อย่างถูกต้องแล้ว ก็จะได้คำใบ้สำหรับด้านที่สามต่อไป



4. ด้านที่สาม ผู้ร่วมกิจกรรมจะต้องเรียงลำดับปริมาณออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายตัวอย่างทำด้วย เมื่อเรียงได้ถูกต้องจะปรากฏเป็นคำบอกที่ซ่อนของข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม ผู้ร่วมกิจกรรมจะได้ทดลองวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ (Dissolve Oxygen ; DO) จากเครื่องวัด DO และเข้าใจว่าสาหร่ายสามารถสร้างออกซิเจนได้ โดยปริมาณ



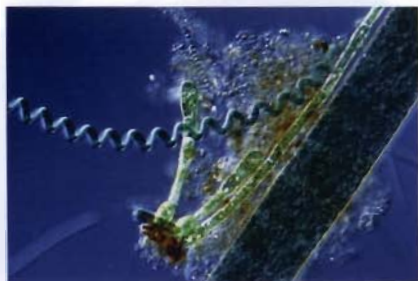
ออกซิเจนที่เกิดขึ้นและละลายอยู่ในน้ำ จะขึ้นกับความเข้มข้นของสาหร่าย และปริมาณความเข้มของแสงที่มันได้รับ ข้อมูลที่ซ่อนไว้คือข้อมูลเกี่ยวกับการสกัดสารสองชนิดคือ คลอโรฟิลล์ และไฟโคไซยานิน และวิธีการใช้เครื่อง spectrophotometer ในการหาค่า  $\lambda_{max}$



5. เมื่อผู้เล่นเก็บดาวเก็บได้จากทั้งสามด้าน จะสามารถเข้าไปในห้องทดลองของฟอมด์ได้ ขณะนี้ผู้ร่วมกิจกรรมจะได้ข้อมูลครบถ้วนและสามารถไขปริศนาได้ ว่าเลขรหัส 3 ตัว ที่ต้องนำไปเปิดกล่อง 3 ใบ คือ ค่า  $\lambda_{max}$  ของรงควัตถุแต่ละชนิด เขาจะต้องการสกัดรงควัตถุจากสาหร่ายสไปรูลีนา ได้แก่ คลอโรฟิลล์ และไฟโคไซยานิน นำสารละลาย ที่ได้ไปวัด  $\lambda_{max}$  โดยใช้เครื่อง spectrophotometer เพื่อได้รหัสสำหรับกล่องสีเขียว และสีฟ้าตามลำดับ ผู้เข้าร่วมกิจกรรม

จะได้ทำทดลองดังกล่าว และเข้าใจว่าการจะสกัดรงควัตถุต่างกันต้องใช้ตัวทำละลายต่างกัน เช่น คลอโรฟิลล์ต้องสกัดโดยแอลกอฮอล์ ส่วนไฟโคไซยานินต้องสกัดด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ )

6. เมื่อได้รหัสครบ ผู้ร่วมกิจกรรมสามารถเปิดกล่องทั้งสามสี พบว่าในกล่องมีบางสิ่งบรรจุอยู่พร้อมคำใบ้ กล่องหนึ่งมีน้ำบรรจุอยู่ มีคำใบ้ว่า HIJKLMNO กล่องหนึ่งมีไฟกระพริบอยู่ มีคำใบ้ว่า YGRENE THGIL และอีกกล่องหนึ่งมีควีน มีคำใบ้ว่า OCO ผู้ร่วมกิจกรรมพบกระดานที่มีสมการเคมีเขียนอยู่ แต่สารแต่ละตัวจะถูกเว้นว่างไว้ ผู้ร่วมกิจกรรมจะต้องเติมสมการให้สมบูรณ์ โดยสารตั้งต้นสามตัวได้แก่ น้ำ พลังงานแสง และคาร์บอนไดออกไซด์ คือสิ่งที่ผู้เล่นค้นพบ และจะต้องใช้ความรู้ทางเคมีเขียนเติม ผลิตภัณฑ์ที่ได้ซึ่งก็คือ ออกซิเจน และคาร์โบไฮเดรต สมการดังกล่าวก็คือสมการการสังเคราะห์แสงนั่นเอง ผู้ร่วมกิจกรรมจะได้รับของแสดงความขอบคุณจากชาวเมือง ซึ่งผู้ดำเนินกิจกรรมสามารถให้ความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้ร่วมกิจกรรมจาก Appendix ท้ายเล่ม



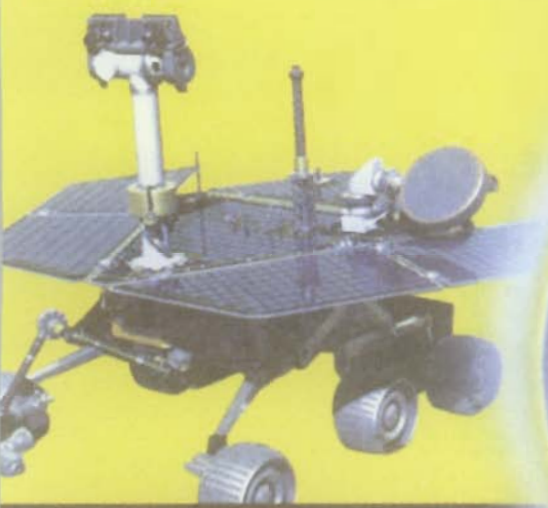
สาหร่ายสไปรูลีนา ซึ่งเป็นไซยาโนแบคทีเรียสามารถผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงเช่นเดียวกับพืชชั้นสูงชนิดอื่น ๆ รงควัตถุหลักในการสังเคราะห์แสง คือ คลอโรฟิลล์ แต่รงควัตถุอื่น ๆ ก็มีส่วนร่วมเช่นกัน เพราะเป็นตัวช่วยจับพลังงานแสงส่งผ่านไปให้คลอโรฟิลล์ในสาหร่าย รงควัตถุอื่น ๆ เช่น กลุ่มคาโรทีนอยด์ มีสีส้ม สีแดง สีเหลือง และไฟโคไซยานินมีสีฟ้า การสกัดรงควัตถุแต่ละชนิดเพื่อนำมาศึกษาต้องใช้ตัวทำละลายต่างกัน เช่น น้ำ จะสามารถสกัดไฟโคไซยานิน และแอลกอฮอล์สามารถสกัดคลอโรฟิลล์ และกลุ่มคาโรทีนอยด์ ดังที่เห็นจากเมื่อนำสารสกัดสาหร่ายแอลกอฮอล์ มาทำ TLC จะพบแถบสีเขียว ส้ม และเหลืองเท่านั้น การหาปริมาณรงควัตถุทำได้โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ซึ่งอ่านค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ซึ่งค่านี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้น เมื่อวัดค่าที่  $\lambda_{\max}$  ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เพื่อหา  $\lambda_{\max}$  ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละสาร

### บทส่งท้าย The Green Village of Miracle

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์แสง และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งเป็นกระบวนการทางชีวภาพพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยใช้สาหร่ายสไปรูลีนาเป็นแบบจำลอง และได้ฝึกทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการคิดแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม การมีส่วนร่วม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

THEME **F**OUR

# EARTH AND UNIVERSE



ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้สร้างกล้องโทรทรรศน์ด้วยตนเอง ได้สนุก  
กับการออกแบบและยิงจรวดน้ำ ออกแบบและแก้ปัญหาการสร้าง  
ยานที่ใช้สำรวจพื้นผิวดาวเคราะห์ ฝึกใช้จินตนาการในการคาด  
เดาสถานการณ์โลกและสิ่งแวดล้อมในอีก 200 ปีข้างหน้า ทดลอง  
สร้างนาฬิกาแดดด้วยตนเอง เรียนรู้ทักษะในการอ่านเวลาจาก  
นาฬิกาแดด ฝึกทักษะในการสำรวจซากไดโนเสาร์ด้วยตนเอง ท้าย  
ที่สุดในฐานโพลีเมอร์จะให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้สนุกสนานและพบ  
กับความมหัศจรรย์ทางเคมีที่คาดไม่ถึง





# Solar Observation

ระบบสุริยะของเรามีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง ล้อมรอบด้วยโลกและดาวเคราะห์ต่างๆ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุด และเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิด, การเปลี่ยนแปลง และการดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลกพืชต้องการแสงอาทิตย์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร มนุษย์ต้องการพลังงานแสงและพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ หากขาดดวงอาทิตย์ไปโลกของเราจะมีแต่ความหนาวเหน็บและมืดมิด สิ่งมีชีวิตต่างๆ ก็จะดำรงชีวิตอยู่ไม่ได้ด้วย ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับดวงอาทิตย์จึงมีความสำคัญเพื่อให้เราสามารถรับรู้ถึงความเป็นไป และการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้น อีกทั้งการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในแง่ของการเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานอีกแหล่งของโลกด้วย

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเข้าใจลักษณะการทำงานทางดาราศาสตร์ของนักดาราศาสตร์
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้และฝึกวิธีการสังเกตวัตถุบนท้องฟ้าจากพรรณานุกรณ
3. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสามารถคำนวณระยะห่างจากโลกถึงดวงอาทิตย์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ได้

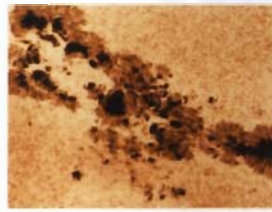
## สิ่งที่ต้องเตรียม

1. กล้องโทรทรรศน์ที่ติดแผ่นกรองแสงแบบ White light ซึ่งทำจากกระจกเคลือบโลหะ (แผ่นกรองแสงลักษณะนี้จะลดความเข้มแสงลงเหลือน้อยกว่า 1% ของ 1/1000 ของความเข้มแสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถสังเกตได้อย่างปลอดภัยด้วยตาเปล่า และยอมให้แสงผ่านได้ทุกความยาวคลื่นในสเปกตรัม)
2. กล้องโทรทรรศน์ที่ติดแผ่นกรองแสงแบบ Hydrogen-Alpha (นอกจากแผ่นกรองแสงแบบ Hydrogen-Alpha จะลดความเข้มแสงแล้ว แผ่นกรองแสงชนิดนี้จะยอมให้แสงผ่านได้เฉพาะแสงที่มาจากอะตอมของก๊าซไฮโดรเจนเท่านั้น ทำให้ผู้สังเกตสามารถสังเกตปรากฏการณ์เปลวสุริยะ และการระเบิดของก๊าซบนดวงอาทิตย์ได้)
3. กล้องรูเข็ม (แผ่นพลาสติกทึบแสงเจาะรูขนาดเล็กที่ฉายภาพดวงอาทิตย์ลงมายังฉาก)
4. กล้องโทรทรรศน์สำหรับฉายภาพดวงอาทิตย์บนฉากสีขาว
5. เครื่องคิดเลข
6. สายวัด
7. เครื่องเขียน

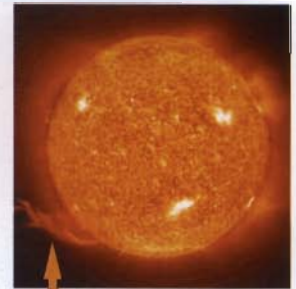


## การดำเนินกิจกรรม

1. ติดตั้งกล้องโทรทรรศน์ทั้งหมดในบริเวณที่เหมาะสม
2. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมใช้กล้องโทรทรรศน์ที่ติดแผ่นกรองแสงแบบ White light เพื่อสังเกตจุดบนดวงอาทิตย์ (Sun Spots)
3. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมใช้กล้องโทรทรรศน์สำหรับฉายภาพดวงอาทิตย์บนฉากสีขาว เพื่อศึกษาสังเกตดวงอาทิตย์อย่างใกล้ชิด
4. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมใช้กล้องโทรทรรศน์ที่ติดแผ่นกรองแสงแบบ Hydrogen Alpha เพื่อสังเกตเปลวสุริยะ (Prominence) และปรากฏการณ์ของพลาสมาดวงอาทิตย์
5. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมศึกษานิทรรศการความรู้เกี่ยวกับดวงอาทิตย์ที่จัดทำขึ้น
6. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมแบ่งกลุ่มเพื่อร่วมกันคำนวณระยะห่างจากโลกถึงดวงอาทิตย์ ด้วยวิธีการใช้กล้องรูเข็มและสามเหลี่ยมคล้าย



Sun Spots



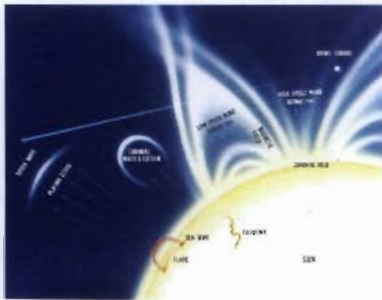
Prominence



### ข้อแนะนำในการทำกิจกรรม

ห้ามมองดวงอาทิตย์ผ่านกล้องโทรทรรศน์โดยปราศจากแผ่นกรองแสง หรือห้ามมอง ด้วยตาเปล่า

## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์



กล้องโทรทรรศน์ที่ติดแผ่นกรองแสงแบบ white light จะกรองความเข้มแสงให้ลดลงเหลือประมาณ  $1/1000$  ใช้เพื่อสังเกตจุดบนดวงอาทิตย์ (Sun Spots) กล้องโทรทรรศน์ที่ติดแผ่นกรองแสงแบบ Hydrogen Alpha ใช้สังเกตดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่น Hydrogen Alpha ซึ่งแผ่ออกจากอะตอมของก๊าซไฮโดรเจน ใช้เพื่อสังเกตเปลวสุริยะ (Prominence) และปรากฏการณ์ของพลาสมาดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงบนผิวดวงอาทิตย์จะมีผลกระทบต่อโลกด้วย เช่น เมื่อเกิด CME (Coronal Mass Ejection) จะเกิดอนุภาคพลังงานสูงแผ่มายังโลกและทำให้เกิดแสงเหนือแสงใต้ อีกทั้งมีผลต่อดาวเทียมและการสื่อสารของเราด้วย

### บทส่งท้าย Solar Observation

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมในฐานนี้จะได้รับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ และมีความเข้าใจลักษณะการทำงานทางดาราศาสตร์ของนักดาราศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งฝึกการสังเกตและการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

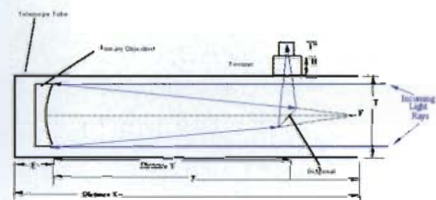
# Telescope Making



ตาของเราเป็นอวัยวะที่ทำให้เรามองเห็นสิ่งต่างๆ รอบตัวของเรา ทั้งรูปร่างและสีสันทําให้เราสามารถศึกษาสิ่งต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตามนัยสําคัญของเราก็มียึดจำกัดเช่นกันในด้านของระยะทาง นั่นคือเราไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ในระยะที่ไกลมากๆ ด้วยเหตุนี้เองจึงทําให้มีสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยให้เราสามารถมองเห็นวัตถุที่อยู่ไกลมากๆ ได้ชัดเจนขึ้น นั่นคือ กล้องโทรทรรศน์นั่นเอง กิจกรรมในฐานนี้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เรียนรู้การประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์นี้ด้วยตนเอง

## จุดประสงค์

1. ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความเข้าใจในหลักการทำงานของกล้องโทรทรรศน์
2. ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมฝึกการใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
3. ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ฝึกการสร้างกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย



## สิ่งที่ต้องเตรียม

- |                  |                                                |
|------------------|------------------------------------------------|
| 1. กระดาษ 3 ชั้น | 2. ท่อ PVC และชุดประกอบกล้องโทรทรรศน์          |
| - กระดาษหลัก     | 3. ไขควง, คีม และอุปกรณ์ช่างทั่วไป             |
| - กระดาษรอง      | 4. เลนส์ตาสำหรับเล็งระนาบกระดาษ (Collimation)  |
| - เลนส์ตา        | 5. ไขควงเกี่ยวกับหลักการทำงานของกล้องโทรทรรศน์ |



### การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้ดำเนินกิจกรรมอธิบายหลักการทำงานและการทำกล่องโทรทรรศน์เบื้องต้น
2. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้รับแจกชุดกระจกและกล่องโทรทรรศน์กลุ่มละ 1 ชุด
3. เมื่อทำกล่องโทรทรรศน์เสร็จแล้วผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะร่วมกันหาระยะโฟกัสและตำแหน่งของการตั้งกระจกต่าง ๆ เพื่อให้ได้ภาพที่เห็นคมชัดขึ้น
4. นำกล่องโทรทรรศน์ที่ทำเสร็จแล้วออกสังเกตจริงนอกพื้นที่ ฝึกการใช้กล่องโทรทรรศน์
5. เปรียบเทียบคุณภาพของภาพที่ได้กับกลุ่มอื่น ๆ แล้วร่วมกันสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น



### บทส่งท้าย

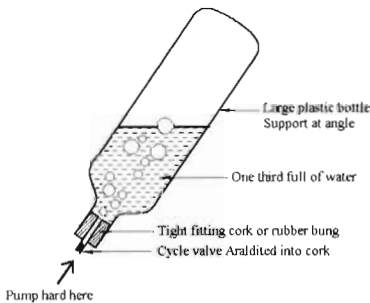
ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้นำทักษะทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์มาใช้ในการทำกล่องโทรทรรศน์ด้วยตนเองจากวัสดุเหลือใช้ เป็นการปลูกฝังความคิดในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ให้หาได้ทั่วไป อีกทั้งได้ฝึกการทำงานและการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

# Safety Landing

ตั้งแต่โบราณมาแล้วมนุษย์เฝ้ามองดวงดาวบนพื้นโลก และอยากจรรู้ว่าดวงดาวเหล่านั้นจะมีลักษณะอย่างไร จึงเริ่มคิดค้นประดิษฐ์สิ่งที่จะทำให้มองเห็นได้ใกล้ขึ้น ชัดขึ้น ต่อมาก็เริ่มมีความต้องการที่จะได้ออกไปสำรวจดูด้วยตนเองบนพื้นผิวของดวงดาวเหล่านั้น จรวดหรือยานอวกาศจึงได้ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อนำมนุษย์ขึ้นไปในอวกาศและได้มีการวิวัฒนาการปรับปรุงเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน และเป็นยานพาหนะชนิดเดียวที่สามารถพามนุษย์ออกสู่อวกาศได้ กิจกรรมในฐานนี้จะส่งเสริมให้ผู้ร่วมกิจกรรมมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของจรวด และฝึกแก้ปัญหาในสถานการณ์จำลองได้อย่างมีระบบ

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความเข้าใจหลักการทำงานเบื้องต้นของจรวด
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีระบบ



## สิ่งที่ต้องเตรียม

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 1. จรวดน้ำ         | 5. กระดาษหนังสือพิมพ์ |
| 2. ฐานยิงจรวดน้ำ   | 6. air cushion        |
| 3. ที่สูบลมจักรยาน | 7. กระดาษ             |
| 4. ไขนกกกระทา      | 8. รมชูชีพ            |



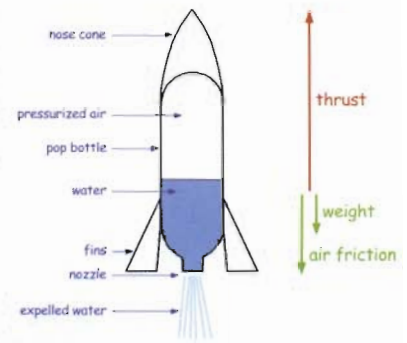
## การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับอุปกรณ์การยิงจรวดซึ่งประกอบด้วยจรวดน้ำฐานยิงไขนกกกระทาวัสดุหุ้ม
2. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมคิดหาวิธีการที่จะติดไขกับจรวดและส่งจรวดขึ้นไป โดยมีเงื่อนไขให้จรวดขึ้นไปได้สูงที่สุดโดยเมื่อตกลงมาแล้วไขไม่แตก
3. ทดลองยิงซ้ำไปเรื่อย ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้ยิงจรวดได้ตามเงื่อนไขที่ตั้งเอาไว้ การหาความสัมพันธ์นี้อาจจะใช้การทดลองยิงจริง หรือคิดจากตรรกทางฟิสิกส์ก็ได้
4. Optimize ปัจจัยต่าง ๆ เพื่อออกแบบการทดลองยิงจริง
5. ทดลองยิง
6. สรุปผลการทดลอง พุดคุยถึงปัญหา และแนวทางในการหาวิธีที่ดีที่สุด



## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

จรวดน้ำ เป็นการนำเอาขวดน้ำอัดลมพลาสติกขนาด 2 ลิตร มาใช้ในการยิงจรวดน้ำ ทำได้โดยการเติมน้ำให้เต็มระดับหนึ่ง ตั้งคว่ำในแนวตั้งแล้วติดเข้ากับฐานยิงจรวดอัดความดันให้กับจรวดโดยใช้เครื่องสูบลมจักยานสูบลมเข้าไปทางปากขวด จนถึงความดันระดับหนึ่ง จรวดจะยิงขึ้นเมื่อปล่อยให้อากาศที่อัดอยู่ในขวดออกมาจากทางปากขวด



หลักการส่งจรวดขึ้นสู่ท้องฟ้ามี 2 ประการ คือ

1. ยานอวกาศจะใช้แรงขับเคลื่อน (Thrust) ซึ่งจะปล่อยไปในทิศทางเดียว และจรวดจะวิ่งไปในทิศทางตรงข้าม ยิ่งแรงขับเคลื่อนมากจรวดก็จะมีความเร็วมาก ตามหลักฟิสิกส์ กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน คือ  $F = ma$
2. อุปกรณ์และนักบินจะต้องไม่หนักเกินกว่าแรงขับเคลื่อน หรือ  $mg < \text{Thrust}$  เพราะหากไม่เป็นเช่นนั้นแล้วจรวดก็ sẽไม่มีความเร่งและไม่สามรถยิงออกไปได้

ปัญหาต่าง ๆ ที่ทำให้การทดลองไม่สำเร็จ ได้แก่

ระบบฐานยิง

- ความดันลม

ระบบจรวด

- ปริมาณน้ำ (น้ำหนักของจรวด)
- ตำแหน่งที่ติดไข่
- ความหนาของวัสดุกันกระแทก
- ลักษณะการติดวัสดุกันกระแทก
- ลักษณะและการติดร่มชูชีพ

โดยความดันลมและปริมาณน้ำในจรวดจะมีความสัมพันธ์กันโดยตรง เพราะเป็นปัจจัยที่ให้ thrust แก่จรวด ซึ่งเป็นตัวกำหนดความสูงของจรวด การทดลองอาจเป็นไปได้หลายกรณี เช่น หากความดันลมมาก ปริมาณน้ำน้อย จะได้จรวดที่มีน้ำหนักเบา thrust ที่แรงมากแต่เวลาสั้นมาก หากความดันลมมาก ปริมาณน้ำมาก จะได้จรวดที่มีแรง thrust แรงพอสมควรและได้เวลานานกว่าแต่น้ำหนักจรวดก็จะมากขึ้นไปด้วย

## บทส่งท้าย Safty Landing

กิจกรรมฐานนี้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เข้าใจหลักการทำงานของจรวด ซึ่งปัจจุบันเป็นพาหนะเดียวในการขนส่งขึ้นสู่อวกาศของมนุษย์ และได้ฝึกการคิดวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาตามเงื่อนไขที่ได้รับ

# Mars Rover

ความปรารถนาในการไปสำรวจพื้นผิวดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ เป็นสิ่งที่อยู่ในใจของนักสำรวจในยุควอการศทุกคน ในช่วงแรกๆ ยานอวกาศที่ส่งไปยังดาวดวงอื่นเพียงแต่ลงจอด และถ่ายภาพพื้นที่ที่รอบข้างตัวยานเท่านั้น ต่อมาเริ่มมีการพัฒนายานที่สามารถท่องไปบนผิวดาวเคราะห์อื่นๆ ได้ด้วย ปัญหาแรกๆ ที่นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรต้องประสบ ก็คือการออกแบบระบบล้อที่สามารถพา รถสำรวจข้ามสิ่งกีดขวางที่ไม่สามารถคาดเดาได้ ไปได้อย่างปลอดภัย รถสำรวจ Mars Rover ที่ส่งไปยังดาวอังคารเมื่อปี 1998 ถือเป็นความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ทั้งทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมที่เปิดโอกาสให้นักวิทยาศาสตร์ได้มีความเข้าใจในดาวเคราะห์เพื่อนบ้านมากขึ้นอย่างมาก

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมฝึกแก้ปัญหาจากการสร้างระบบล้อและช่วงล่างของยานที่ใช้สำรวจพื้นผิวดาวเคราะห์
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการความคิดทางวิทยาศาสตร์

## สิ่งที่ต้องเตรียม

1. รถ Mars Rover จำลอง
2. เฟลาแบบต่างๆ
3. ล้อ
4. มอเตอร์
5. เฟือง
6. หนัวยาง
7. ไขควงขนาดเล็ก
8. พื้นที่ชรุระ



## การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมรับฟังการบรรยายเกี่ยวกับการสำรวจดาวเคราะห์ต่าง ๆ และความจำเป็นในการสร้างระบบล้อที่สามารถวิ่งได้บนทุกสภาวะพื้นผิว
2. ผู้ดำเนินกิจกรรมแจกอุปกรณ์ให้แก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม อันได้แก่ รถทดลอง เพลาล้อ มอเตอร์ เฟือง หนัวยาง ไขควง
3. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมร่วมกันสร้างระบบช่วงล่างและออกแบบล้อเพื่อให้ยานสำรวจที่ออกแบบสามารถวิ่งไปในบริเวณพื้นที่ ที่มีความขรุขระมากได้
4. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบรถที่ออกแบบและสร้างเสร็จแล้วโดยนำออกไปวิ่งที่พื้นที่ที่ขรุขระ
5. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมนำรถออกแบบของกลุ่มมาวิ่งแข่งขันกัน เพื่อสรุปปัญหาและหาข้อแก้ไขร่วมกัน



## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

### คุณสมบัติของรถสำรวจที่ดี คือ

1. มีล้อมากกว่า 4 ล้อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะพื้น
2. ล้อทั้งหมดจะต้องสามารถปรับมุมได้ ยิ่งมีความอิสระมากก็ยิ่งเหมาะสม
3. เพลารถควรจะสามารถปรับมุมได้ เพื่อไม่ให้รถคว่ำเมื่อผ่านสิ่งกีดขวางที่มีความสูงใกล้เคียงกับตัวรถ
4. มีจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity : CG) ควรจะต่ำที่สุดเท่าที่ทำได้



## บทส่งท้าย Mars Rover

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมในฐานนี้จะได้ฝึกความสามารถ ความคิดสร้างสรรค์ และได้รับความสนุกสนานในการคิดออกแบบล้อรถ และได้รับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสำรวจดาวเคราะห์ต่าง ๆ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับการกระตุ้นให้สนใจ และมีความต้องการที่จะศึกษาทางด้านนี้เพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

# Planet Earth in 2200

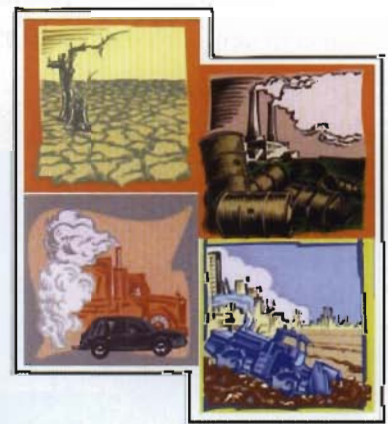


ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นบนโลกของเรามีทั้งสิ่งที่เกิดจากธรรมชาติและมนุษย์เราสร้างขึ้น เช่น การเกิด Global warming, Acid rain, Ozone depletion, Pollution เป็นต้น ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้เป็นผลมาจากมนุษย์เราสร้างขึ้นเป็นส่วนใหญ่ บางครั้งมนุษย์ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากการกระทำสิ่งหนึ่งที่ทำให้เกิดหลายๆ ส่วนเกิดปัญหาตามมาด้วย ปัญหาที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์นั้นไม่ได้เกิดเพียงจุดใดจุดหนึ่ง แต่มีผลกระทบกับโลกทั้งใบของเรา แม้ว่าการกระทำบางอย่างยังไม่ส่งผลกระทบในทันทีทันใด แต่ใช้เวลาสั่งสมนานและต่อเนื่องก็จะแสดงผลลัพท์ในเวลาต่อมา

ดังนั้นกิจกรรมในฐานนี้จะส่งเสริมให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ตระหนักถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนผิวโลก ที่จะส่งผลกระทบต่อโลกของเราในอนาคต เพื่อที่จะเกิดแนวคิดในการอนุรักษ์รักษาสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในสภาพที่ดีทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และทำให้โลกของเราน่าอยู่ต่อไป

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนผิวโลกตลอดเวลาที่ผ่านมา
2. เพื่อให้ปลูกฝังผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีสำนึกในการรักษาสิ่งแวดล้อมของโลก
3. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมฝึกการใช้ความคิดและจินตนาการ
4. เพื่อให้เกิดการแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและ



## สิ่งที่ต้องเตรียม



- |                |                  |
|----------------|------------------|
| 1. กระดาษ      | 9. กาว           |
| 2. ดินสอ       | 10. ทราย         |
| 3. ลวด         | 11. หิน          |
| 4. เชือก       | 12. ดิน          |
| 5. ถุงดำ       | 13. น้ำ          |
| 6. ตะเกียบ     | 14. Model ต้นไม้ |
| 7. ไม้ไอศกรีม  | 15. สีเมจิก      |
| 8. กระดาษฟอยล์ |                  |



### การดำเนินกิจกรรม

1. แบ่งผู้เข้าร่วมกิจกรรมเป็นกลุ่ม กลุ่มละประมาณ 10-15 คน
2. ให้แต่ละกลุ่มระดมสมอง เพื่อจินตนาการถึงโลกในอีก 200 ปีข้างหน้า โดยคำนึงถึงประเด็นต่อไปนี้
  - พื้นผิวโลกจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณสารบางชนิดในอากาศ ชั้นบรรยากาศ ปริมาณน้ำในทะเล การดูดซับน้ำของดิน ชนิดของพืชและสัตว์
- มนุษย์สิ่งมีชีวิตอื่นๆ จะมีรูปแบบการอยู่อาศัยอย่างไร เพื่อให้อยู่รอดได้ในสภาวะของโลกแบบดังกล่าว
3. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับอุปกรณ์ แต่ละกลุ่มจะสร้างแบบจำลองโลกในปี 2200 บนกระเบื้องทรายขนาด 1.5 x 1.5 เมตร โดยใช้ทราย หิน และวัสดุอื่นๆ ที่ได้รับ
4. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมอธิบายว่าการสร้างแบบจำลองในลักษณะดังกล่าวนี้มีเหตุผลอย่างไร
5. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้ถ่ายภาพกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น



### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ชั้นบรรยากาศของโลกจะช่วยป้องกันโลกจากรังสีที่รุนแรงของดวงอาทิตย์ได้ ชั้นบรรยากาศของโลกแบ่งออกได้เป็น 5 ชั้น ได้แก่ Troposphere, Stratosphere, Mesosphere, Thermosphere, Ionosphere ก่อนที่จะจางหายไปเป็นอวกาศนอกโลก นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าทวีปต่างๆ เคยเป็นแผ่นดินผืนใหญ่ผืนเดียวคือ Pangaea เนื่องจากหากเรามองจากที่สูงเราจะพบว่าทวีปต่างๆ สามารถนำมาต่อกันได้ลงตัวพอดี เหมือน Jigsaw เปลือกโลกของเราจะมีการเคลื่อนที่อย่างช้าๆ อยู่ตลอดเวลา อาจเคลื่อนผ่านกันไปหรืออาจเคลื่อนที่มาชนกันจนเคลื่อนเข้าไปอยู่ข้างใต้อีกทวีป ทำให้เกิดภูเขาขึ้น

### บทส่งท้าย Planet Earth 2200

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางภูมิศาสตร์ของโลกของเราทั้งในอดีตและปัจจุบัน และได้แลกเปลี่ยนความรู้ต่างๆ เพื่อสร้างจินตนาการในการสร้างแบบจำลองด้วยมือตัวเองร่วมกับเพื่อนๆ ต่างชาติ อีกทั้งได้ตระหนักถึงการใช้เทคโนโลยีต่างๆ ที่จะมีผลกับโลกในอนาคต และผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับความสนุกสนาน เกิดการเรียนรู้และยอมรับความคิดซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม

# The Facts about the Climate (Hot Air Balloon)

การเกิดลม การเกิดฝน การเกิดพายุ ล้วนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลอากาศ เมื่ออุณหภูมิหรือความดันมีการเปลี่ยนแปลง การหมุนเวียนของกระแสในมหาสมุทรก็เกิดจากสาเหตุเดียวกัน และมีผลกระทบถึงการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศอีกด้วย

มนุษย์ได้นำความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของอากาศมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น การสร้างกังหันลม รั้วตัดคลื่นน้ำ กระเบื้องดำข้าว ฯลฯ และอย่างหนึ่งคือการนำมาสร้างบอลลูนลมร้อนเพื่อใช้ในการขนส่งและเดินทาง

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีพื้นฐานความรู้เรื่องเกิดการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศในส่วนต่าง ๆ ของโลก
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความรู้เกี่ยวกับการสร้างและหลักการในการปล่อยบอลลูนลมร้อน
3. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้แสดงความคิดสร้างสรรค์และทำงานเป็นทีม โดยนำความรู้ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม

การดำเนินกิจกรรม แบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมย่อย

## กิจกรรมที่ 1

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีพื้นฐานความรู้เรื่องเกิดการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศในส่วนต่าง ๆ ของโลก

### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. วัตถุรูปทรงต่าง ๆ ที่มีปริมาณพื้นที่ผิวเท่ากัน
2. ชูตถึง Eureka
3. กระบอกตวง
4. สมุดบันทึก



## การดำเนินกิจกรรม

ผู้ดำเนินกิจกรรมอธิบายให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องเกิดการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศในส่วนต่าง ๆ ของโลก ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับแจกตุ้มน้ำรูปทรงต่าง ๆ ที่มีปริมาณพื้นที่ผิวเท่ากัน และได้รับแจกชุดถัง Eureka และกระบอกตวง เพื่อหาปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ว่ารูปทรงใดมีปริมาตรมากที่สุดในขั้นตอนนี้ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะพบว่ารูปทรงกลมจะมีปริมาตรมากที่สุดเมื่อเทียบกับรูปทรงอื่น ๆ ที่มีพื้นที่ผิวเท่ากัน

## กิจกรรมที่ 2

### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความรู้เกี่ยวกับการสร้างและหลักการในการปล่อยบอลลูนลมร้อน

### สิ่งที่ต้องเตรียม

- |                                                                  |                         |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. กระดาษหนังสือพิมพ์                                            | ทรงสามเหลี่ยม ทรงรียาว) |
| 2. ผงพลาสติก                                                     | 7. หลอดหยด (Dropper)    |
| 3. เกลีส                                                         | 8. สีส้มอาหาร           |
| 4. น้ำ                                                           | 9. กัดมันน้ำ            |
| 5. น้ำหมึก                                                       | 10. Glass Tank          |
| 6. แบบจำลองบอลลูน 4 แบบ ที่มีรูปทรงต่างกัน (ทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยม | 11. น้ำแข็ง             |
|                                                                  | 12. สายยาง              |



## การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสังเกตการณ์ของชุดกระดาษที่อยู่ใต้ลมร้อน
2. บันทึกผลการสังเกต
3. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสังเกตการณ์ที่ของผงพลาสติกในขวดน้ำเกลียวที่แช่ในน้ำอุ่น
4. บันทึกผลการสังเกต
5. ทดลองหยดน้ำหมึกอุ่น ๆ ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ กัน (15, 35, 60 องศา)
6. บันทึกผลการสังเกต
7. ให้แบบจำลองบอลลูน 4 แบบ ที่มีรูปทรงต่างกัน (ทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยม ทรงสามเหลี่ยม ทรงรียาว) แต่ละแบบมีขนาดพื้นที่ผิวเท่ากัน ให้ลองตัดทแยง/น้ำใส่บอลลูนแล้ววัดดูว่าแบบไหนมีปริมาตรมากกว่ากัน



### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะพบว่าโมเลกุลที่ร้อนจะลอยตัวขึ้นไปสู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า และเข้าใจว่าการที่บอลลูนจะลอยได้ อุณหภูมิภายในบอลลูนต้องสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 10 องศาเซลเซียส และการที่ลูกบอลลูนมักเป็นทรงกลมเพราะเป็นรูปทรงที่มีปริมาตร/พื้นที่ผิวมากที่สุด จึงสามารถเก็บลมร้อนได้ดีกว่า เมื่อใช้วัสดุเท่ากันและมีน้ำหนักเท่ากัน

### กิจกรรมที่ 3

#### จุดประสงค์

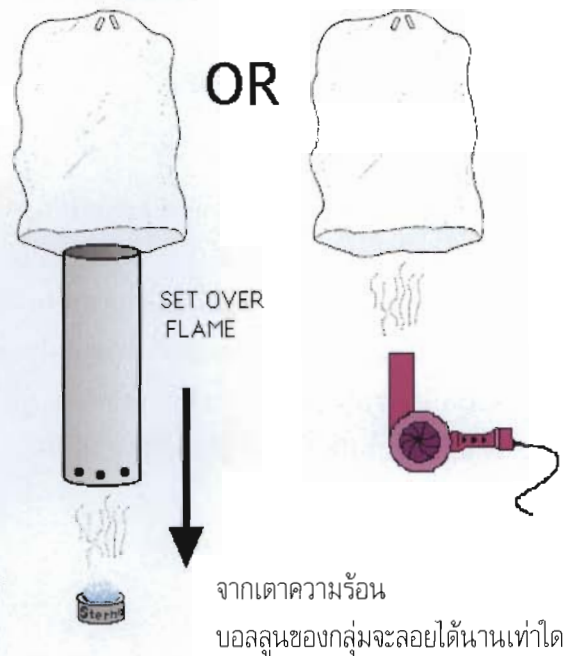
เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้แสดงความคิดสร้างสรรค์และทำงานเป็นทีม โดยนำความรู้ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม

#### สิ่งที่ต้องเตรียม

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 1. กระดาษหนังสือพิมพ์ | 6. ถุงดำ          |
| 2. ลวด                | 7. ถังแก๊ส        |
| 3. เทปใส              | 8. หัวเตา         |
| 4. เชือก              | 9. กระบอกเหล็ก    |
| 5. กระดาษสี ตกแต่ง    | 10. นาฬิกาจับเวลา |

#### การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะถูกแบ่งเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มจะได้รับอุปกรณ์จากนั้น ให้แต่ละกลุ่มสร้างบอลูนลมร้อนที่สามารถลอยได้นานที่สุด เมื่อได้รับความร้อนนาน 2 นาที
2. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดลองปล่อยบอลูนและจับเวลาว่า
3. บันทึกผลการทดลอง



#### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างบอลูนลมร้อนด้วยตนเองโดยอาศัยหลักการที่ว่าโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยสูงขึ้น นั่นคือเมื่ออากาศที่บรรจุอยู่ในบอลูนได้รับความร้อนจากเตาก็จะลอยสูงขึ้นพาให้ตัวบอลูนลอยสูงขึ้นด้วย

#### บทส่งท้าย The Facts about the Climate (Hot Air Balloon)

ในฐานะกิจกรรมนี้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ และไหลเวียนของอากาศทำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสามารถอธิบายการแปรปรวนของอากาศที่เกิดขึ้นได้และได้นำความรู้ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างบอลูนร้อนขึ้นด้วยตนเอง จากวัสดุง่ายๆ ที่หาได้จากรอบ ๆ ตัว นอกจากนั้นผู้เข้าร่วมกิจกรรมยังได้ฝึกที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่นอีกด้วย

โพลิเมอร์ (polymers) อาจเป็นคำที่แปลกและไม่คุ้นหู แต่ความจริงแล้วโพลิเมอร์เป็นวัสดุที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก โพลิเมอร์ไม่ใช่สิ่งแปลกใหม่ ตั้งแต่ตื่นนอนในตอนเช้าจนถึงเวลาเข้านอนเราใช้โพลิเมอร์กันอยู่ทุกวันในรูปของพลาสติก โฟม ยาง เส้นใย กาวและสี โพลิเมอร์เป็นวัสดุที่มีประโยชน์ และมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของเรา ทำให้เกิดความสะดวกสบายและปลอดภัย ผู้เข้าร่วมกิจกรรมในฐานนี้จะได้เรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับโพลิเมอร์ให้ดีขึ้นกว่าเดิม

## กิจกรรมที่ 1

### การแยกพลาสติกอย่างง่าย ๆ และการรีไซเคิลพลาสติก

#### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้การแยกชนิดของพลาสติกจากค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

#### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. ตัดพลาสติก และฟิล์มเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2x2 ซม. จากกล่องหรือขวดชนิดต่าง ๆ ไม่มีหมายเลขหรือเครื่องหมายใด ๆ บนชิ้นพลาสติก
2. บีกเกอร์ขนาด 250 มล. จำนวน 7 ใบ
3. สารละลายเอธานอล 52% ( $D=0.911$ ) 150 มล.
4. สารละลายเอธานอล 38% ( $D=0.911$ ) 150 มล.
5. สารละลายเอธานอล 24% ( $D=0.911$ ) 150 มล.
6. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 6% ( $D=0.911$ ) 150 มล.
7. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 32% ( $D=0.911$ ) 150 มล.
8. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 40% ( $D=0.911$ ) 150 มล.
9. น้ำกลั่น ( $D=1$ ) 150 มล.
10. อะซิโตน
11. ลวดทองแดง
12. คีมคีบ

#### การดำเนินกิจกรรม

1. เทสารละลายแต่ละชนิดที่เตรียมไว้ 150 มล. ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. ทำป้ายติดแสดงชนิดและความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิดให้ชัดเจนเรียงลำดับตามความหนาแน่นจากสูงไปต่ำ
2. ทดสอบชิ้นพลาสติกโดยการใส่คีมคีบชิ้นพลาสติกชิ้นแรกใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นให้ลึกกว่าระดับผิวน้ำแล้วปล่อยสังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



- นำชิ้นพลาสติกออกมาเช็ดให้แห้งแล้วทดสอบต่อโดยใช้สารละลายเอธานอลที่มีความหนาแน่นลดลง ถ้าชิ้นพลาสติกลอยอยู่ที่ผิวของน้ำ หรือทดสอบต่อด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความหนาแน่นมากขึ้น ถ้าชิ้นพลาสติกจมอยู่ใต้น้ำ ทั้งนี้เพื่อหาความหนาแน่นที่ใกล้เคียงที่สุดของชิ้นพลาสติกที่ต้องการทดสอบ สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล
- นำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของชิ้นพลาสติกกับความหนาแน่นของสารละลายในตารางเพื่อหาชนิดของพลาสติกแล้วสรุปลงในตารางว่าชิ้นพลาสติกที่ทดสอบเป็นชนิดใด
- ทดสอบชิ้นพลาสติกที่เหลือด้วยวิธีเดียวกัน
- เมื่อทำการทดลองเสร็จ ควรเทสารละลายที่ใช้ทดสอบเก็บในภาชนะที่เหมาะสมเพื่อเก็บไว้ใช้ใหม่ได้

## เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ชิ้นพลาสติกชนิดต่าง ๆ จะมีความหนาแน่นที่ต่างกัน จึงใช้เป็นหลักในการแยกชนิดของพลาสติกอย่างง่าย ๆ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีราคาแพง

ตารางแสดงชนิดของพลาสติก

| สารละลายที่ใช้ทดสอบ | ความหนาแน่นของสารละลาย | ลักษณะของพลาสติกขณะจุ่มลงในน้ำสารละลาย (จม/ลอย/แขวนลอย) |            |             |             |           |           |
|---------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-----------|-----------|
|                     |                        | พลาสติก A                                               | พลาสติก B  | พลาสติก C   | พลาสติก D   | พลาสติก E | พลาสติก F |
| 40% แคลเซียมคลอไรด์ | 1.398                  | ลอย/แขวนลอย                                             |            | ลอย         |             |           | ลอย       |
| 32% แคลเซียมคลอไรด์ | 1.306                  | จม                                                      |            | ลอย/แขวนลอย |             |           | ลอย       |
| 6% แคลเซียมคลอไรด์  | 1.051                  | จม                                                      |            | จม          |             |           | แขวนลอย   |
| น้ำ                 | 1                      | จม                                                      | ลอย        | จม          | ลอย         | ลอย       | จม        |
| 24% เอธานอล         | 0.955                  |                                                         | แขวนลอย/จม |             | ลอย         | ลอย       |           |
| 38% เอธานอล         | 0.941                  |                                                         | จม         |             | ลอย/แขวนลอย | ลอย       |           |
| 52% เอธานอล         | 0.911                  |                                                         | จม         |             | จม          | ลอย       |           |
| ชนิดของพลาสติกคือ   |                        | PET                                                     | HDPE       | PVC         | LDPE        | PP        | PS        |

ในการรีไซเคิลพลาสติกมีความจำเป็นต้องแยกพลาสติกชนิดต่าง ๆ ออกจากกัน มิเช่นนั้นแล้วจะทำให้พลาสติกที่ได้มีคุณภาพลดลง จนบางครั้งไม่สามารถนำมาใช้งานได้อีก



## กิจกรรมที่ 2

### การผลิตโฟมโพลีสไตรีน

#### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้วิธีการผลิตโฟมโพลีสไตรีน

#### สิ่งที่ต้องเตรียม

- เม็ด EPS
- บีกเกอร์
- น้ำ
- เตาให้ความร้อน



### การดำเนินกิจกรรม

1. ต้มน้ำในบีกเกอร์ให้เดือด
2. ใส่เม็ด EPS ลงไปแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

เมื่อใส่เม็ด EPS ลงไปในน้ำเดือด เม็ดโฟมจะขยายใหญ่ขึ้นเนื่องจากกาซเพนเทน (pentane) ที่อยู่ในเม็ดโฟมเกิดการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน จึงดันให้ผนังโฟมซึ่งเป็นพลาสติกชนิดโพลีสไตรีนซึ่งจะอ่อนตัวที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ออกในการผลิตแผ่นโฟมที่ใช้ทำป้าย หรือกระทั่งสามารถทำได้โดยใส่เม็ดโฟมที่ผ่านการขยายตัวแล้วลงในแม่แบบโลหะทรงกล่งขนาดใหญ่ แล้วอบให้ความร้อนอีกครั้งเพื่อให้ผนังเม็ดโฟมเชื่อมติดกัน จากนั้นจึงทำให้เย็นลง แล้วตัดเป็นแผ่นหนาตาม ต้องการ

### กิจกรรมที่ 3

#### การผลิตเส้นใยในลอน

#### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเรียนรู้การสังเคราะห์ในลอนโดยปฏิกิริยาแบบควบแน่น

#### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. สารละลาย A (hexamethylenediamine+น้ำ) 15 มล.
2. สารละลาย B (sebacoylchloride + เฮกเซน) 15 มล.
3. บีกเกอร์ขนาด 50 มล. 1 ใบ
4. คีมคีบ
5. ขวดแก้ว
6. สีส้มอาหาร

### การดำเนินกิจกรรม

1. เทสารละลาย A ลงในบีกเกอร์ หยดสีส้มอาหาร 1 หยด
2. เทสารละลาย B ลงในสารละลาย A ช้า ๆ เพื่อไม่ให้สารละลายทั้งสองผสมกัน ซึ่งจะสังเกตเห็นการแยกชั้นของสารละลายทั้งสอง
3. ใช้คีมคีบดึงแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นทั้งสองอย่างช้า ๆ ให้ออกมาเป็นเส้นใย
4. พันเส้นใยโพลิเมอร์ที่ดึงขึ้นมาได้รอบขวดแก้ว หมุนขวดแก้วอย่างต่อเนื่องจนสารเคมีหมด
5. ล้างเส้นใยโพลิเมอร์ด้วยน้ำก่อนสัมผัส

### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

การทดลองนี้เป็นการแสดงให้เห็นการสังเคราะห์เส้นใยในลอน โดยใช้ปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารไดเอมีน hexamethylenediamine ซึ่งละลายอยู่ในน้ำ กับสารไดเอซิดคลอไรด์ sebacoylchloride ซึ่งละลายอยู่ในเฮกเซน เมื่อเทสารทั้งสองชนิดลงในบีกเกอร์จะเกิดการแยกชั้น เนื่องจากน้ำมีความเป็นขั้วสูง ในขณะที่เฮกเซนไม่มีขั้ว จึงไม่ผสมกัน โพลิเมอร์จะเกิดเป็นลักษณะแผ่นฟิล์มบริเวณที่สารละลายทั้งสองพบกัน จึงสามารถใช้คีมคีบดึงเอาโพลิเมอร์ออกมาเป็นเส้นได้เรื่อย ๆ จนสารเคมีหมด



## กิจกรรมที่ 4

### การทำลูกบอลยาง

#### จุดประสงค์

เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องยาง การแยกยางออกจากน้ำยาง และลักษณะเฉพาะของยาง

#### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. น้ำยางข้น 1 มิลลิลิตร
2. น้ำ 15 มิลลิลิตร
3. น้ำส้มสายชู 1 มิลลิลิตร
4. ถาดแก้วขนาดเล็ก 1 ใบ
5. แท่งแก้วคน
6. น้ำสำหรับล้างก้อนยาง
7. หลอดหยด
8. บีกเกอร์



#### การดำเนินกิจกรรม

1. ศึกษาลักษณะของน้ำยางข้น โดยการหยดน้ำยางข้นลงบนฝ่ามือ 1-2 หยด ลองใช้นิ้วเกลี่ยดู
2. ผสมน้ำยางข้น 1 มิลลิลิตร กับน้ำ 15 มิลลิลิตร ลงในถาดแก้วขนาดเล็ก
3. ค่อย ๆ เติมน้ำส้มสายชู 1 มิลลิลิตร ลงในถาดแก้ว คนให้เข้ากัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง จะมีก้อนยางสีขาวเกิดขึ้น
4. เขี่ยก้อนยางออกมาใส่ไว้ในมือ ล้างเอาน้ำส้มสายชูออก พร้อมกับปั้นก้อนยางให้เป็นก้อนกลมได้น้ำที่ไหลจากก๊อก
5. ทดสอบสมบัติของลูกบอลยาง โดยการดึงหรือปล่อยให้เต่งลงบนพื้น

#### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ยางเป็นวัสดุโพลิเมอร์ประเภทหนึ่งที่สามารถยืดออก หรือสามารถเปลี่ยนขนาดได้มากเมื่อถูกดึง และกลับสู่สภาพเดิมเมื่อปล่อยแรงดึง ทั้งนี้เนื่องจากสายโซ่โมเลกุลของยางมักจะพันกันไปมาอย่างไม่เป็นระเบียบ เรียกการจัดตัวแบบนี้ว่า ออสถ์รอน จากสมบัติพิเศษที่ยืดหยุ่นได้นี้เองทำให้บางครั้งเราเรียกยางว่า “อีลาสโตเมอร์” (Elastomer) ซึ่งยางก็มีทั้งธรรมชาติที่ได้จากการกรีดยางพารา ได้มาเป็นน้ำยางสดที่มีลักษณะเหลวขาวคล้ายน้ำมัน และยางสังเคราะห์ที่ผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีทางเคมี

## กิจกรรมที่ 5

### ลูกเต๋าดังจากกา

#### จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของโพลิเมอร์อันเนื่องมาจากเกิดพันธะแบบเชื่อมขวาง

#### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. กาวยีสขาว หรือกาวยีสชนิดใส
2. บอแรกซ์
3. น้ำอุ่น

4. บีกเกอร์ขนาด 250 มล. และขนาด 50 มล.
5. สีส้มอาหาร
6. แท่งแก้วคน

### การดำเนินกิจกรรม

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมละลายบอแรกซ์ 2.5 กรัมด้วยน้ำอุ่น 10 มล. ในบีกเกอร์ขนาด 50 มล.
2. เทกาว 10 กรัม ลงในบีกเกอร์ ขนาด 250 มล. หยดสีส้มอาหาร 1 หยด คนให้เข้ากัน
3. เติมน้ำ 10 มล. ลงในกาว คนให้เข้ากัน
4. เทสารละลายบอแรกซ์ที่เตรียมไว้ลงในกาวแล้วคนเร็ว ๆ สังเกตการเปลี่ยนแปลง
5. เอาของแข็งที่ได้มานวดประมาณ 3-5 นาที แล้วปั้นเป็นก้อนกลม ทดสอบการกระเด็งบนพื้นโต๊ะที่สะอาด
6. ทดลองเอาของแข็งที่ได้ดึงออกมาเป็นเส้นยาว ๆ อย่างช้า ๆ เปรียบเทียบกับการดึงอย่างรวดเร็ว
7. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-5 แต่เปลี่ยนสารละลายบอแรกซ์เป็น 4 กรัม แล้วเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุที่ได้



### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

การสีขาวส่วนใหญ่ทำมาจากโพลิเมอร์ที่เรียกว่า โพลีไวนิลอะซิเตต ส่วนกาวใส จะทำมาจาก โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ซึ่งโพลิเมอร์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีสายโซ่เป็นแบบเส้นตรงเมื่อ โพลิเมอร์ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำในปริมาณที่เหมาะสมจะได้สารละลายที่มีลักษณะเหนียวหนืด เนื่องจากเกิดการพันกันระหว่างสายโซ่โพลิเมอร์ในสารละลายนั่นเอง จึงสามารถนำมาทำเป็นกาวได้ โดยกาวจะแห้งและแข็งเมื่อตัวทำละลาย (น้ำ) ระเหยไป เมื่อเติมสารละลายบอแรกซ์ลงไปกาวจะเกิดพันธะไฮโดรเจนเชื่อมขวางขึ้นระหว่างสายโซ่เส้นตรงของโพลิเมอร์กับบอแรกซ์ ทำให้โมเลกุลของโพลิเมอร์มีขนาดใหญ่ขึ้น สารละลายจะมีความเหนียวและหนืดขึ้น จนถึงจุดที่สารละลายไม่สามารถไหลได้

### บทส่งท้าย Fun with Polymers

เมื่อจบกิจกรรมนี้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับความรู้เกี่ยวกับโพลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์และมีอยู่รอบ ๆ ตัวเรา ทำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสามารถอธิบายถึงสาเหตุการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ทางโพลิเมอร์ที่พบเห็นได้ และได้พัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ ทางด้านการทดลอง การสังเกตและการจดบันทึกการทดลองผู้เข้าร่วมกิจกรรมยังได้ฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปถ่ายทอดให้แก่บุคคลอื่นต่อไป

# Dinosaur Detective

ซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์บอกเล่าเรื่องราวของโลกในอดีตและเป็นสิ่งเตือนใจให้เราคำนึงถึงการรักษาสีงแวดล้อมของโลกที่จะช่วยให้เวลาการสูญพันธุ์ของมนุษย์ช้าลงถือว่าซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์เป็นวัตถุที่มีคุณค่าและหายาก สมควรทำการศึกษาอย่างถูกวิธี อีกทั้งประเทศไทยก็เป็นบริเวณหนึ่งของโลกที่พบซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์เป็นจำนวนมากดังนั้นในการจัดกิจกรรมครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทักษะในการศึกษาไดโนเสาร์ โดยสอดแทรกความรู้เกี่ยวกับไดโนเสาร์ไทยไปด้วย

## จุดประสงค์

1. ให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไดโนเสาร์
2. ให้ความรู้เกี่ยวกับไดโนเสาร์ไทย
3. ให้ความรู้เกี่ยวกับการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์



## สิ่งที่ต้องเตรียม

### ฐานกิจกรรมย่อยที่ 1

1. รอยเท้าไดโนเสาร์จำลอง 4 รอย
2. เทปวัดระยะ



### ฐานกิจกรรมย่อยที่ 2

1. กระดูกไดโนเสาร์
2. ไม้กลายเป็นหิน
3. หินทรายที่ดูภายนอกคล้ายกระดูกไดโนเสาร์
4. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอซูม 3 ตัว โดยออก TV 1 ตัว
5. แว่นขยาย



### ฐานกิจกรรมย่อยที่ 3

ชุดเครื่องมือ dig it up



## ฐานกิจกรรมย่อยที่ 4

1. หลุมขุดค้นจำลอง,
2. เช็มทิศธรณีวิทยา
3. เทปวัดระยะ

### การดำเนินกิจกรรม

1. แนะนำกิจกรรม (รับสมุดสนามธรณี / บันทึกรื้อข้อมูลส่วนตัว) แบ่งลูกเสือออกเป็น 3 กลุ่ม
2. ให้ลูกเสือทำกิจกรรมที่ฐาน 1, 2 และ 4 ภายในเวลา 45 นาที
3. ให้ลูกเสือจับกลุ่มย่อย โดย 1 กลุ่ม ประกอบด้วย 3 คน แล้วไปรับอุปกรณ์ dig it up ที่ฐาน 3 ทำกิจกรรมพร้อมอภิปรายภายในเวลา 30 นาที



### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

#### ฐานกิจกรรมที่ 1

Whose track? รอยเท้าและแนวทางการเดินของไดโนเสาร์สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับ ประเภท ความสูง และพฤติกรรมของไดโนเสาร์ได้

#### ฐานกิจกรรมที่ 2

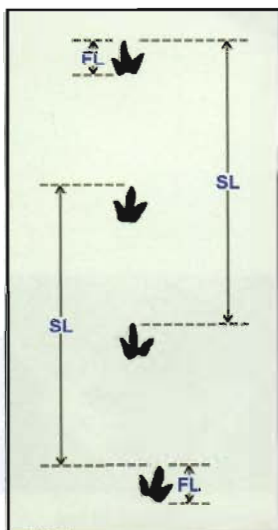
Under microscope บ่อยครั้งที่เราเข้าใจผิดว่าโครงสร้างบางอย่างคือโครงกระดูกไดโนเสาร์ แต่เมื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้ว จะช่วยให้ระบุได้ว่าสิ่งนั้นใช่โครงกระดูกไดโนเสาร์หรือไม่

#### ฐานกิจกรรมที่ 3

Dig it up ทักษะหนึ่งที่สำคัญในการเป็นนักบรรพชีวินวิทยา คือ ทักษะในการสังเกต และทักษะในการขุดค้นหาซากดึกดำบรรพ์

#### ฐานกิจกรรมที่ 4

Bone Mapping ในการขุดกระดูกไดโนเสาร์นั้น หลังจากเปิดหน้าดินและเห็นกระดูกชัดเจนบางส่วนแล้ว ก่อนที่จะนำกระดูกเข้าเฟืองเพื่อจะเคลื่อนย้ายออกจากแหล่ง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องบันทึกข้อมูลตำแหน่งการกระจายตัวของกระดูกในลักษณะของแผนที่กระดูก ทั้งนี้ต้องระบุทิศเหนือและทิศทางการวางตัวของชั้นหินด้วย



### บทส่งท้าย

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมในฐานนี้จะได้รับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไดโนเสาร์ ความรู้เกี่ยวกับไดโนเสาร์ไทย ทักษะในการสำรวจไดโนเสาร์ และการศึกษาไดโนเสาร์ในห้องปฏิบัติการ และฝึกทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ

# The Sun (Origin of Time)

เวลาเป็นหน่วยวัดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์หน่วยหนึ่ง นอกเหนือไปจากน้ำหนักและระยะทาง เวลาหนึ่งวินาทีเป็นหน่วยย่อยจากนาฬิกา ชั่วโมงและวัน ซึ่งต้นกำเนิดแท้จริงของเวลามาจากการวัดการหมุนรอบตัวเองของโลก นาฬิกาแดดเป็นอุปกรณ์วัดเวลาแรกเริ่มที่อาศัยหลักการเคลื่อนที่ของโลกเทียบกับดวงอาทิตย์ ใช้สำหรับบอกเวลาท้องถิ่นที่นาฬิกาแดดนั้นตั้งอยู่ การศึกษาเรื่องนาฬิกาแดดจึงเป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของโลกโดยมีดวงอาทิตย์เป็นจุดอ้างอิง

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ฝึกการอ่านเวลาจากนาฬิกาแดด
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ฝึกทักษะ ความชำนาญในการประดิษฐ์โดยการสร้างนาฬิกาแดด



## การดำเนินกิจกรรม

แบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมย่อย

### กิจกรรมที่ 1 นาฬิกาแดดแบบอีเควตอเรียล (Equatorial Sundial)

## จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้หลักการทำงานของนาฬิกาแดดแบบอีเควตอเรียล (Equatorial Sundial)
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ฝึกทักษะความชำนาญในการประดิษฐ์โดยการสร้างนาฬิกาแดด

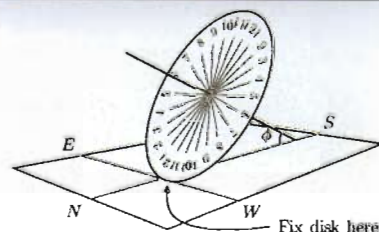
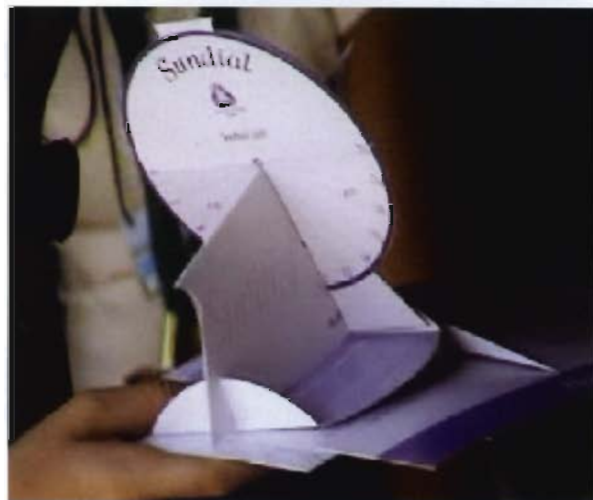
## สิ่งที่ต้องเตรียม

1. Model กระดานนาฬิกาแดดแบบอีเควตอเรียล (Equatorial Sundial)
2. คัตเตอร์
3. ไม้บรรทัด
4. กาว
5. เข็มทิศ



### การดำเนินงานกิจกรรม

1. แยกชิ้นส่วนนาฬิกาแดดออกจาก Model กระดาษ
2. พับแผ่นที่เป็นหน้าปัดบอกเวลาตามเส้นประ จะได้หน้าปัดที่มีเลขทั้งสองหน้า เลขตรงกันทิศทับกัน แล้วใช้คัตเตอร์ตัดให้เป็นช่องตามตำแหน่ง
3. ใช้คัตเตอร์ทำช่องที่ส่วนที่เป็นตัวสร้างเงา ขึ้นน้อออกแบบให้ใช้กับละติจูด 13 องศา หากใช้กับละติจูดอื่น ปรับได้โดยการวัดมุม ให้มุมสันบนทำมุมกับฐานเท่ากับละติจูดที่ใช้ แล้วตัดช่วงล่างทิ้งไป
4. ประกอบชิ้นหน้าปัดเข้ากับสันสร้างเงา
5. พับแผ่นฐานเรียบตามตำแหน่ง
6. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมนำนาฬิกาแดดที่ประกอบเสร็จแล้วไปวางในที่ราบโล่งให้ได้ระดับ
7. หันนาฬิกาแดดไปทางทิศเหนือโดยใช้เข็มทิศ
8. อ่านเวลาจากเงาที่ตกบนหน้าปัด



### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

นาฬิกาแดดแบบอีเควเตอร์เรียล (Equatorial Sundial) ตามแบบนี้ใช้กับประเทศที่อยู่ในซีกโลกเหนือ ละติจูด 13 องศา หากใช้ที่ละติจูดอื่นต้องปรับให้มุมเงยของแกนสร้างเงาเท่ากับละติจูดที่ตั้งนั้น ในซีกโลกใต้ให้หันด้านสูงไปทางใต้ ปรับให้ละติจูดเท่ากับที่ตั้งตัวเลขบอกเวลาและทิศทางจะกลับกัน



### กิจกรรมที่ 2

#### นาฬิกาแดดแบบฮอริซอนทอล (Horizontal Sundial)

#### จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้หลักการทำงานของนาฬิกาแดดแบบฮอริซอนทอล (Horizontal Sundial)
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ฝึกทักษะความชำนาญในการประดิษฐ์โดยการสร้างนาฬิกาแดด

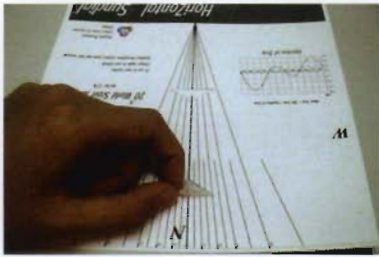
#### สิ่งที่ต้องเตรียม

- |                                                            |              |
|------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. Model กระดาษนาฬิกาแดดแบบฮอริซอนทอล (Horizontal Sundial) | 3. ไม้บรรทัด |
| 2. คัตเตอร์                                                | 4. กาว       |
|                                                            | 5. เข็มทิศ   |

### การดำเนินงานกิจกรรม

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมตัดชิ้นส่วนนาฬิกาแดดแบบฮอริซอนทอล (Horizontal Sundial) ตามแบบ
2. นำชิ้นส่วนสร้างเงาติดตามตำแหน่ง

3. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมนำนาฬิกาแดดที่ประกอบเสร็จแล้วไปวางในที่ราบโล่งให้ได้ระดับ
4. ทึ่หน้าฬิกาแดดไปทางทิศเหนือโดยใช้เข็มทิศ
5. อ่านเวลาจากเงาที่ตกบนหน้าปัด



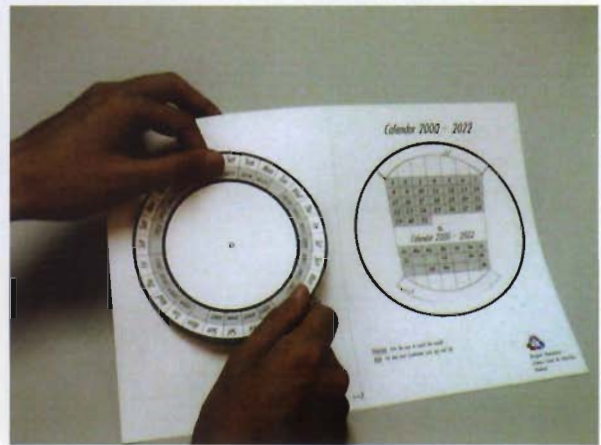
### กิจกรรมที่ 3 ปฏิทิน 20 ปี (Calendar)

#### จุดประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เรียนรู้หลักการของรอบเวลา 1 ปีและฝึกการใช้ปฏิทิน
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ฝึกทักษะ ความชำนาญในการประดิษฐ์โดยการประกอบปฏิทิน 20 ปี

#### สิ่งที่ต้องเตรียม

1. Model กระดาษปฏิทิน 20 ปี
2. ค้อนขนาดเล็ก
3. ตาไก่ (ท่วงโลหะที่ใช้ยึดแผ่นกระดาษ)
4. ที่เจาะรู
5. กรรไกร



#### การดำเนินกิจกรรม

1. ตัดชิ้นส่วนปฏิทินตามแบบ
2. นำแผ่นชิ้นส่วนวางซ้อนกัน แล้วตอกยึดชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน
3. ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดลองหาวันในอดีตและอนาคต โดยการหมุนเลขปี ให้ตรงตำแหน่ง ถ้าเป็นปีอธิกสุรทินก็ใช้เดือนตามที่กำหนดด้วย
4. หมุนเดือนให้ตรงแล้วดูวันจากตาราง

#### เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ปีอธิกสุรทิน (Leap year) เป็นปีที่มีวันทางสุริยคติเพิ่มขึ้น คือ เดือนกุมภาพันธ์มี 29 วัน โดยปีที่ ค.ศ. ทหารด้วย 4 ลงตัว เป็นปีอธิกสุรทิน ปีที่ ค.ศ. ทหารด้วย 100 ลงตัว ไม่เป็นปีอธิกสุรทิน และปีที่ ค.ศ. ทหารด้วย 400 ลงตัว เป็นปีอธิกสุรทิน (ค.ศ. 2000 เดือนกุมภาพันธ์ มี 29 วัน ค.ศ. 2100 เดือนกุมภาพันธ์มี 28 วัน) เรียกว่าปฏิทินเกรกอเรียน

### บทส่งท้าย *The Sun (Origin of Time)*

ดวงอาทิตย์และการเคลื่อนที่ของโลกเป็นจุดกำเนิดของการวัดเวลา การหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดช่วงเวลา 1 วัน การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ 1 รอบทำให้เกิดช่วงเวลา 1 ปี จากการสังเกตเงาของหลักไม้ที่ปักบนพื้นทำให้เกิดเป็นนาฬิกาแดดแบบง่ายๆ ขึ้น แม้ว่าในปัจจุบันมนุษย์สามารถสร้างนาฬิกาที่มีความเที่ยงตรงสูงมาก เช่น นาฬิกาอะตอม นาฬิกาควอทซ์ ทำให้นาฬิกาแดดเกือบไม่มีคุณค่าในการบอกเวลาอีกต่อไป แต่นาฬิกาแดดยังคงเป็นสื่อกลางที่ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างเวลาที่เราใช้อยู่กับการเคลื่อนที่ของโลก

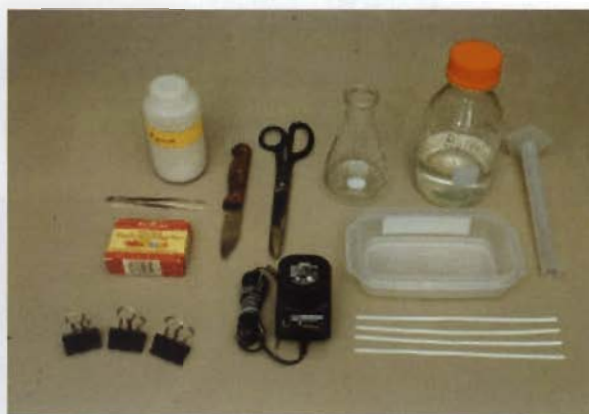
กิจกรรมนี้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้ฝึกการอ่านเวลาจากนาฬิกาแดดแบบอ็เคตอเรียล ได้ฝึกการสร้างนาฬิกาแดดขนาดเล็กและสามารถนำนาฬิกาแดดที่สร้างขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้

การทำเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส เป็นเทคนิคการแยกความแตกต่างของสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เท่ากันโดยใช้กระแสไฟฟ้า ทำให้โมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปในเจล สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากจะเคลื่อนที่ไปได้ช้ากว่าสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย เทคนิคดังกล่าวนี้นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์โปรตีนและกรดนิวคลีอิก รวมทั้งการทำ DNA fingerprint ด้วย เพราะดีเอ็นเอต่างชนิดกันก็มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เท่ากัน แต่ในการแยกดีเอ็นเอด้วยกระแสไฟฟ้า ต้องมีการเตรียมตัวอย่างดีเอ็นเอ และต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) ในการตัดดีเอ็นเอออกมา ซึ่งอาจจะไม่สามารถนำไปทำเองได้โดยง่าย แต่ก็สามารถเรียนรู้เทคนิคการแยกดีเอ็นเอด้วยกระแสไฟฟ้าได้โดยการใช้ตัวอย่างสีย้อมผ้าแทนดีเอ็นเอ ซึ่งใช้หลักการเดียวกันได้ ด้วยการแยกความแตกต่างของสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เท่ากัน ซึ่งมีวิธีการง่าย ๆ ดังนี้

**การทำเจลอิเล็กโตรโฟรีซิสอย่างง่าย**  
**โดยใช้สีย้อมผ้าในการทดสอบแทนการใช้ดีเอ็นเอ**

## วัสดุอุปกรณ์

1. ลีเย็มผ้า สีเขียว สีเหลือง และสีน้ำเงิน
2. ภาชนะพลาสติกใสสีที่ลิ้มผืนผ้า ขนาด 10x15 เซนติเมตร 2 ใบ
3. AC/DC converter (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า) 12 โวลต์, 120 โวลต์ AC in, 300 มิลลิแอมป์ DC out
4. วันทำขนม
5. น้ำเกลือ (ใช้เป็น electrolyte/buffer)
6. ปากคีบ
7. มีด
8. กระดาษกรองที่สามารถดูดซับลีเย็มผ้าได้
9. ที่หนีบกระดาษสีดำขนาดใหญ่



การเตรียมน้ำเกลือความเข้มข้น 0.05 M

- เตรียมสารละลายน้ำเกลือ โดยชั่งเกลือแกง 58 กรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
- เจือจางสารละลาย โดยนำสารละลายที่ได้ 1 ส่วน ผสมกับน้ำ 20 ส่วน จะได้สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 0.05 M

## การเตรียมเจลโดยใช้วุ้นทำขนม

1. นำวุ้น 1-1.3 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำเกลือความเข้มข้น 0.05 M 100 มิลลิลิตร นำไปต้ม ให้ความร้อนจนวุ้นละลายแต่อย่าให้ถึงกับเดือด (หรืออาจต้มในไมโครเวฟได้ใช้เวลา 1 นาที แล้วนำออกมาเขย่า ต้มต่อที่ละ 1 นาที จนกว่าวุ้นจะละลายหมด)
2. เมื่อวุ้นละลายหมดแล้วนำมาทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส
3. จากนั้นเทวุ้นลงในภาชนะพลาสติกใบแรก ให้ความหนาประมาณ 4-5 มิลลิเมตร แล้วทิ้งไว้ให้เย็นจนวุ้นแข็งตัว จะได้เจลสำหรับทำอิเล็กโตรโฟรีซิส



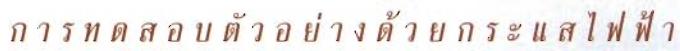
## การเตรียมชุดทดสอบด้วยกระแสไฟฟ้า (electrophoresis apparatus)

1. นำ converter มา (โดยก่อนใช้ต้องแน่ใจว่าไม่ได้เสียบปลั๊กอยู่) ตัดที่ปลายสายไฟทั้งสองข้าง โดยตัดพลาสติกที่หุ้มสายไฟของแต่ละข้างออกให้เหลือเส้นทองแดงเปลือยยาวประมาณ 8 เซนติเมตร
2. วางสายไฟขั้วลบให้อยู่ห่างจากขั้วบวกประมาณ 5 เซนติเมตร ทำเครื่องหมายแสดงขั้ว แล้วใช้ที่หนีบกระดาดขนาดใหญ่หนีบสายไฟไว้กับขอบภาชนะพลาสติกที่เตรียมไว้อีกหนึ่งใบ
3. เติมน้ำเกลือความเข้มข้น 0.05 M ประมาณ 50-100 มิลลิลิตร ให้ท่วมสายไฟทั้งสองเส้น (ระวังอย่าให้สายไฟทั้งสองเส้นแตะกัน)
4. เสียบปลั๊ก converter สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ซึ่งจะเห็นฟองอากาศเกิดขึ้นที่ปลายขั้วลบ และเห็นสีฟ้าตกตะกอนที่ปลายขั้วบวก จากนั้นถอดปลั๊กออก



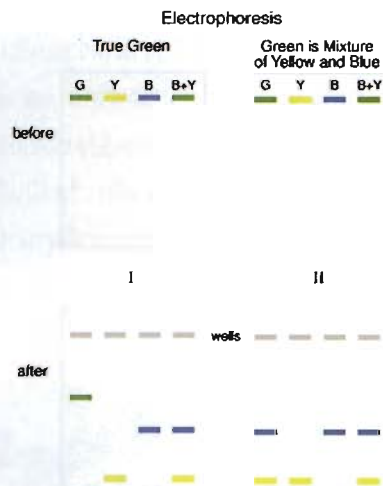
## การเตรียมตัวอย่างสีย้อม

1. นำกระดาษกรองมาตัดให้มีความกว้าง 3 มิลลิเมตร แล้วจุ่มลงในสีแต่ละสี คือ เขียว เหลือง น้ำเงิน และสีเขียวยที่ เกิดจากการผสมสีเหลืองกับสีน้ำเงินเป็นสีเขียว โดยจุ่ม 1 แผ่นต่อ 1 สี จากนั้นทิ้งไว้ 10 นาทีให้สีบนกระดาษกรองแห้ง
2. ตัดตัวอย่างสีที่ปลายกระดาษกรองให้ได้ขนาด 3x3 มิลลิเมตร



- 
- A photograph of a gel electrophoresis setup. A rectangular gel is placed in a white tray. Two black electrodes are connected to the gel by wires. The gel shows a series of colored bands (yellow, orange, red, blue, green) indicating the separation of different components.

**รูปที่ได้จากการใช้ตัวอย่างสี**



อ้างอิงภาพ นำมาจาก [www.biotech.wisc.edu/education/wisco.html](http://www.biotech.wisc.edu/education/wisco.html)

## ฐานที่ 4 : Magic of Plant

### พลังงานชีวมวล (Green Energy)

มนุษย์รู้จักการใช้พลังงานมานานนับพัน ๆ ปี อาทิการใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ การใช้ไฟรวมถึงพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ มนุษย์มีการพัฒนาพลังงานต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการดำเนินชีวิต น้ำมันปิโตรเลียมนับเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่สำคัญที่สุดในปัจจุบัน มีการขุดหาแหล่งน้ำมันปิโตรเลียมจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลก เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

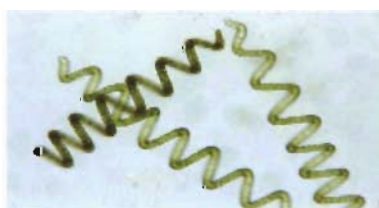
อย่างไรก็ตาม น้ำมันเชื้อเพลิงนับวันจะมีราคาสูงขึ้นและปริมาณยังลดลงเรื่อย ๆ รวมทั้งการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงยังทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) จำนวนมหาศาล และเมื่อก๊าซดังกล่าวลอยขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศจะทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green House Effect) ส่งผลให้โลกร้อนขึ้นเรื่อย ๆ จากผลกระทบต่าง ๆ ดังกล่าวทำให้มนุษย์ต้องแสวงหาแหล่งพลังงานอื่น ๆ เพื่อทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวมวล เป็นต้น

พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากพืช ซึ่งเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรรมชาติที่เรียกว่า “กระบวนการสังเคราะห์แสง” (Photosynthesis Process) โดยที่พืชจะดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์มาเก็บไว้ในรูปของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งใช้ในการเจริญเติบโตของพืช เมื่อคนหรือสัตว์กินพืชเข้าไปก็จะได้ประโยชน์จากสารอินทรีย์นั้น เราเรียกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายว่า “ชีวมวล” (Biomass) เมื่อผ่านกระบวนการที่เหมาะสม สารอินทรีย์เหล่านี้จะสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้ เช่น เชื้อเพลิงแข็ง ก๊าซชีวภาพ ก๊าซไฮโดรเจน และไบโอดีเซล เป็นต้น การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อนำพลังงานชีวมวลให้สามารถใช้งานได้หลากหลายและราคาถูก นับเป็นความท้าทายของมนุษย์ที่ยังต้องศึกษาค้นคว้ากันต่อไป

## ฐานที่ 9 : The Green Village of Miracle

### สไปรูลินา

สไปรูลินา มีชื่อเรียกกันโดยทั่วไปว่าสาหร่ายเกลียวทอง หรือสาหร่ายเกลียวหยก แต่แท้จริงแล้วจะถูกจัดอยู่ในพวกแบคทีเรียสีเขียวแกมน้ำเงิน ชาวแม็กซิกัน แอฟริกัน และเอเชีย นิยมบริโภคสาหร่ายชนิดนี้มานานหลายพันปีแล้ว เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง สไปรูลินาสามารถจับพลังงานจากแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นสารอาหารที่สำคัญได้หลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เบต้าแคโรทีน ธาตุเหล็ก วิตามินบี 12 และกรดไขมันที่จำเป็น เชื่อกันว่าสไปรูลินาเป็นสิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์แสงได้ชนิดแรกที่ถูกออกแบบโดยธรรมชาติมานานกว่าหลายล้านปี เพื่อเป็นแหล่งอาหารให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จนเกิดเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายในปัจจุบัน



สิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์แสงได้ เช่น พืช สาหร่าย และสาหร่ายสีน้ำเงิน มีรงควัตถุหลายชนิดอยู่ภายในเซลล์ เราสามารถแยกรงควัตถุเหล่านั้นออกจากกันได้โดยวิธีที่เรียกว่า โครมาโตกราฟี ระบบโครมาโตกราฟีประกอบด้วย stationary phase และ mobile phase สารจะถูกแยกออกจากกันด้วยความสามารถในการละลายอยู่ที่ต่างกันในแต่ละเฟส Thin Layer Chromatography (TLC) เป็นโครมาโตกราฟีประเภทหนึ่งที่ยืมใช้ ซึ่งมี stationary phase เป็นซิลิกาเจลที่ฉาบอยู่บนแผ่นแก้ว หรือ แผ่นอลูมิเนียมบาง ๆ โดยสารละลายตัวอย่างจะถูกจุดซ้ำ ๆ ลงบนแถบก่อนไปทางปลายด้านล่าง แล้วจุ่มปลายแถบด้านล่างลงในสารละลายตัวพาซึ่งเป็น mobile phase สารละลายจะซึมขึ้นมาตามแผ่น เมื่อผ่านจุดที่จุดไว้ก็จะพาสารสีขึ้นไปด้วย ถ้าในตัวอย่างมีรงควัตถุหลายสีก็จะแยกออกมาเป็นแถบสีให้เห็น

ในการทดลองที่ได้ทำไปแล้ว สารละลายตัวอย่างที่ใช้เป็นสารสกัดเข้มข้น ที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย รงควัตถุในสาหร่ายสีน้ำเงินที่ถูกสกัดออกมาด้วยแอลกอฮอล์ คือ คลอโรฟิลล์ (สีเขียว) และกลุ่มแคโรทีนอยด์ ได้แก่ แคโรทีน (สีส้ม) และ แซนโทฟิลล์ (สีเหลือง) เมื่อทำโครมาโตกราฟีจึงจะเห็นแถบสีเหล่านี้ ปรากฏขึ้น

## การดูดกลืนแสง

เมื่อส่องแสงผ่านสารละลาย แสงส่วนหนึ่งจะผ่านออกไปได้ แต่บางส่วนจะถูกดูดกลืนไว้โดยสารละลายนั้น ๆ ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนไว้เรียกว่าค่าการดูดกลืนแสง สารละลายสีสามารถดูดกลืนแสงได้ต่างจากความยาวคลื่นต่างกัน ความยาวคลื่นที่สารสีนั้นดูดแสงได้สูงสุด เรียกว่า  $\lambda_{\max}$  (แลมด้าแมกซ์) เมื่อใช้แสงที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ  $\lambda_{\max}$  ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความเข้มข้นของสารละลายนั้น โดยหลักการนี้จึงทำให้เราสามารถหาปริมาณของรงควัตถุที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายได้อย่างง่าย ๆ

รูปกราฟที่พบหลังการทดลองคือกราฟที่พล็อตระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสง (แกนตั้ง) กับความยาวคลื่น (แกนนอน) ของรงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงในสาหร่ายสีน้ำเงินทั้งสามชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (สีเขียว) ไฟโคไซยานิน (สีฟ้า) และกลุ่มแคโรทีนอยด์ (สีเหลืองถึงแดง) คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุหลักที่จำเป็น ส่วนไฟโคไซยานิน และกลุ่มแคโรทีนอยด์ จะมีส่วนช่วยจับพลังงานแสงแล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์อีกทีหนึ่ง ค่า  $\lambda_{\max}$  ที่นิยมใช้หาความเข้มข้นของรงควัตถุทั้ง 3 ชนิดคือ 665, 450 และ 620 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งก็คือค่าความยาวคลื่นที่จุดยอดของแต่ละกราฟนั่นเอง

## ออกซิเจนในน้ำ

การวัดอัตราการสังเคราะห์แสงของสิ่งมีชีวิตทำได้ง่าย ๆ โดยวัดปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้น ในกรณีสาหร่ายสีน้ำเงิน จะทำการวัดออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำด้วยเครื่องมือง่าย ๆ คือหัววัดออกซิเจน โดยจุ่มหัววัดลงในสารละลายแล้วอ่านเป็นค่า Dissolved Oxygen (DO) ได้เลย ในหัววัดประกอบด้วยเมมเบรนที่ยอมให้ออกซิเจนผ่านเท่านั้น เมื่อออกซิเจนผ่านเข้าปฏิกิริยาเชื่อมวงจรีไฟฟ้า เกิดกระแสไฟฟ้าได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณออกซิเจน เครื่องจะคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ แล้วอ่านออกมาเป็นค่า DO ปัจจัยที่จะมีผลในการคำนวณมีหลายปัจจัย บางค่าจะถูกกำหนดไว้ เช่น ความดัน และ ความเข้มข้นของเกลือ ส่วนปัจจัยที่มีการแปรผันได้ระหว่างวัด เช่น อุณหภูมิ อาจทำให้ค่าที่วัดได้ผิดไป ในหัววัดรุ่นใหม่ ๆ จะมีการออกแบบให้มีตัววัดอุณหภูมิไปพร้อมกัน เพื่อชดเชยค่าที่ผันแปรไปให้ถูกต้องมากขึ้น

ในการทดลองจะเห็นได้ว่า ในถ้วยที่มีสารละลายสีเขียวเข้ม และถ้วยในกล่องที่มีหลอดไฟหลายดวง ค่า DO ที่วัดได้จะสูง แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของเซลล์ และความเข้มของแสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของสไปรูลินา คือเมื่อยิ่งมากทำให้มีการผลิตออกซิเจนมากขึ้น หรือมีการสังเคราะห์แสงมากขึ้นนั่นเอง

### การวัดรงควัตถุ

การที่เราเห็นรงควัตถุเป็นสีต่าง ๆ กัน เนื่องจากรงควัตถุเหล่านั้นดูดกลืนแสงสีต่าง ๆ กันนั่นเอง สีที่มันไม่ดูดกลืนไว้ก็จะผ่านเข้าตาเราให้เห็นเป็นสีนั้น เช่น คลอโรฟิลล์จะดูดแสงในช่วงความยาวคลื่นสีแดงและสีน้ำเงิน แต่ไม่ดูดสีเขียว เป็นต้น ท่านสามารถลองพิจารณาการดูดแสงของรงควัตถุอีกสองชนิดเอง รงควัตถุต่างชนิดกันต้องใช้ตัวทำละลายต่างกัน จะเห็นได้จากการทดลองแรก ซึ่งใช้ตัวทำละลายเป็นแอลกอฮอล์ในการสกัด จะไม่พบรงควัตถุสีฟ้าเลย การจะสกัดรงควัตถุสีฟ้าจะต้องใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และความร้อน เมื่อสกัดสีออกมาแล้ว จะนำส่วนที่เป็นสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการหาความเข้มข้นโดยวิธีการดูดกลืนแสงเรียกว่า spectrophotometer ซึ่งจะสามารถเลือกเฉพาะความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ ส่องผ่านหลอดที่บรรจุสารละลายแล้วอ่านออกมาเป็นค่าการดูดกลืนแสง ก่อนอื่นต้องหา  $\lambda_{max}$  ก่อน เครื่องรุ่นใหม่ ๆ สามารถ scan หาค่า  $\lambda_{max}$  ได้อย่างอัตโนมัติ จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่  $\lambda_{max}$  นำมาแปลงเป็นความเข้มข้น โดยใช้กราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้ เครื่องรุ่นใหม่สามารถอ่านค่าออกมาเป็นความเข้มข้นได้เลย โดยคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ป้อนไว้ ต้องระวังไม่ให้มีตะกอนปนมากับสารละลายสี เพราะจะทำให้ค่าที่วัดผิดไป

### Photosynthesis

กระบวนการสังเคราะห์แสงคือกระบวนการทางธรรมชาติ ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานเคมีในรูปของอาหาร สมการการสังเคราะห์แสงอาจเรียกเป็นสมการแห่งชีวิตก็ได้ เพราะอาหารที่เรากิน และออกซิเจนที่เราหายใจ ก็เกิดจากกระบวนการนี้ สารตั้งต้นของสมการนี้ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) น้ำ ( $H_2O$ ) และมีพลังงานแสงเป็นตัวกระตุ้น ได้ผลิตภัณฑ์คือ คาร์โบไฮเดรต ( $CH_2O$ ) $_n$  และออกซิเจน ( $O_2$ ) คาร์โบไฮเดรตในรูปที่เราคุ้นเคยกันมีค่า  $n = 6$  ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส ( $C_6H_{12}O_6$ ) และแป้ง ซึ่งก็คือน้ำตาลที่รวมกันหลายโมเลกุลนั่นเอง แป้งจะถูกสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์แสงได้ ก็จะเป็นแหล่งอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตอื่นที่สังเคราะห์แสงไม่ได้ เช่น คนและสัตว์ สมการการสังเคราะห์แสงดูเหมือนเป็นสมการง่าย ๆ แต่ในธรรมชาติปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ มีขั้นตอนที่ซับซ้อนมากมายหลายขั้นตอน โดยเฉพาะในขั้นตอนการส่งถ่ายและแปรรูปพลังงาน

ในพืชทั่วไปการสังเคราะห์แสงจะเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ แต่สำหรับสไปรูลินาซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว การสังเคราะห์แสงจะเกิดในไซโตพลาสซึม

# รายนามหัวหน้าฐานและผู้ให้ข้อมูล

## Theme : Life Sciences

### 1. Born Identity

ดร.สุดสงวน ชูสกุลงนะชัย  
นักวิจัย ห้องปฏิบัติการวิศกรรมโปรตีน-ลิแกน และชีววิทยาโมเลกุล  
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ  
ดร.วนิชา วิชัย นักวิจัย  
ห้องปฏิบัติการตรวจสอบหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ  
สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า (WCS) ที่เชื้อเพื่อให้มี camera trap และรูปจาก camera trap

### 2. DNA Treasure Hunt

นายณัฐวุฒิ บุญยีน ผู้ช่วยนักวิจัย ห้องปฏิบัติการชีววิทยา  
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

### 3. Neo Biodiversity Descry

นายเทวพร แจ่มกระจ่าง ผู้ช่วยวิจัย  
ห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยา ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ  
นายพูนศักดิ์ ไมโกดทรัพย์ ผู้ช่วยวิจัย  
ห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยา ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

### 4. Magic of Plant

นายจงชัย กุบโคกกรวด นิสิตปริญญาโท คณะเภสัชศาสตร์  
เครือข่ายสยามเด็กเล่น (Siam Deklen Network) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5. Coloured Adventure

ดร.วรรณพ วิเศษสงวน นักวิจัย  
ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางอาหาร ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ  
นางสาวมณฑยา วัฒนประเสริฐ ผู้ช่วยนักวิจัย  
ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางอาหาร ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

### 6. Amazing Thai Herbal Medicine

ดร.นพมาศ สุนทรเจริญนนท์  
ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

### 7. Art of Insect

ดร.สาริตรี มาลัยพันธุ์  
ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### 8. Insect Garden

ดร.จริยา จันทรไพแสง  
ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## 9. The Green Village of Miracle

ดร.ต้นสนลักษณ์ รัชฎาวงศ์

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นายไวรุจน์ เดชมหิทุกุล

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## Theme : Earth and Universe

### 1. Solar Observation

น.ท.ฐาภร เกิดแก้ว หอดูดาวเกิดแก้ว

นายวิภู รุโจปการ หอดูดาวเกิดแก้ว E-mail:wiphu@kirdkao.org

### 2. Telescope Making

น.ท.ฐาภร เกิดแก้ว หอดูดาวเกิดแก้ว

นายวิภู รุโจปการ หอดูดาวเกิดแก้ว E-mail:wiphu@kirdkao.org

### 3. Safety Landing

น.ท.ฐาภร เกิดแก้ว หอดูดาวเกิดแก้ว

นายวิภู รุโจปการ หอดูดาวเกิดแก้ว E-mail:wiphu@kirdkao.org

### 4. Mars Rover

น.ท.ฐาภร เกิดแก้ว หอดูดาวเกิดแก้ว

นายวิภู รุโจปการ หอดูดาวเกิดแก้ว E-mail:wiphu@kirdkao.org

### 5. Planet Earth in 2200

นายศุภชัย สิริเลิศ

ศูนย์นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ เทคโนธานี

### 6. The Facts about the Climate (Hot Air Balloon)

นางกรรณิการ์ เจ็น

องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (อพวช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

### 7. Fun with Polymers

ดร.ธนชาติ ลิ้มจักษ์ นักวิจัย สาขาโพลิเมอร์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หนังสือเรียนรู้โพลิเมอร์จากการทดลอง ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)

### 8. Dinosaur Detective

นางตติยา ใจบุญ ท้องฟ้าจำลอง

### 9. The Sun Origin of Time

นายสมชาย ปัญจวัฒน์ ท้องฟ้าจำลอง





โครงการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในโรงเรียนชนบท

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

113 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2564-6700 โทรสาร 0-2564-6701 <http://www.scitthai.com>

ISBN 974-229-463-1