ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

หน่วยที่ 4 การสังเคราะห์ด้วยแสง

ในระบบนิเวศพืชทำหน้าที่เป็นผู้ผลิต (Producer)จึงเป็นตัวเปลี่ยนสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งอาศัยคลอโรฟิลล์ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และแสง เป็นปัจจัยสำคัญ

4.1 การศึกษาที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ที่	ปี ค.ศ.	นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา	การค้นพบ
1	ศตวรรษที่ 17	Jean Van Helmont (แวน เฮลมองท์)	พบว่า น้ำหนักต้นหลิว ที่เพิ่มขึ้น มาจากน้ำ ไม่ใช่ดิน
2	ศตวรรษที่ 18	Joseph Priestley	....
3	ศตวรรษที่ 18	Jan Ingenhousz	....
4	ศตวรรษที่ 18	Jean Senebier	....
5	ศตวรรษที่ 19	Nicolas de Soussure	....
6	ศตวรรษที่ 19	Joseph Pelletier and Joseph Caventou	....
7	ศตวรรษที่ 19	Robert Mayer	....
8	ศตวรรษที่ 19	Julius Sachs	....
9	ศตวรรษที่ 19	Jean Baptiste Bossingault	....
10	ศตวรรษที่ 20	Richard Willstatter	....
11	ศตวรรษที่ 20	Ernst Munch	....
12	ศตวรรษที่ 20	Cornelius Van Niel	....
13	ศตวรรษที่ 20	Robin Hill	....

LIVEWORKSHEETS

ที่	ปี ค.ศ.	นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา	การค้นพบ
14	ศตวรรษที่ 20	Sam Ruben and Martin Kamen	....
15	ศตวรรษที่ 20	Melvin Calvin	....
16	ศตวรรษที่ 20	Albert Frenkel	....
17	ศตวรรษที่ 20	Daniel Arnon	....
18	ศตวรรษที่ 20	Manuel Losada, Achim Trebst and co-workers	....
19	ศตวรรษที่ 20	Robert Emerson and Eugene Rabinowitch	....
20	ศตวรรษที่ 20	Robin Hill & Fay Bendall	....

แบบฝึกหัดทบทวน การศึกษาค้นคว้ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำสั่ง ให้นักเรียนนำชื่อนักวิทยาศาสตร์ ไปเติมในช่อง แต่ละข้อที่มีข้อความสัมพันธ์กับการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ดังกล่าว

แวน เฮลมองท์	โจเซฟ พริสต์ลีย์	แจน อินเกน ฮูซ	ซีนีบิเยร์	นิโคลาส ธีโอดอร์ โซซูร์
เองเกลมัน	แวน นิล	โรบิล ฮิลล์	แคเนียล อาร์นอน	จูเลียส ซาช	แซมวล รูเบน และมาร์ติน คาเมน

1.น้ำหนักของต้นหลิวมาจาก H_2O.....

2. ทดลองใช้ ADP, หมู่ฟอสเฟต , $NADP^+$, CO_2 และแสงใส่ลงไปในคลอโรพลาสต์ที่สกัดมาได้ จนเกิดปฏิกิริยา สังเคราะห์ด้วยแสงและได้น้ำตาล เกิดขึ้น.....

3.พิสูจน์ว่าอากาศเสีย คือ CO_2 อากาศดี คือ O_2 โดยพืชรับ CO_2 จากอากาศเข้าไป และปล่อย O_2 ออกมาโดยมีปัจจัยแสงมาเกี่ยวข้อง.....

4. แสดงให้เห็นว่า NADPH และ ATP เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง .....

5.วิเคราะห์สารอินทรีย์ที่ได้ คือ **คาร์โบไฮเดรต** .....

6. ศึกษาแบคทีเรียบางสปีชีส์ สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้โดยไม่ใช้น้ำ แต่ใช้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S).....

7.ทดลองใช้**ออกซิเจนที่เป็นสารกัมมันตรังสี (O^{18})** แทน O^{16} (ออกซิเจนปกติ) .....

8.ทำการทดลอง ฉายแสงเข้าไปในของผสม ซึ่งมีคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากใบของพืชพวกผักโขม โดยเติม Fe^{3+}(เฟอริก) พบว่าเปลี่ยนเป็น Fe^{2+} เฟอรัส รวมทั้งเกิดออกซิเจนด้วย .....

9 อากาศเสีย เปลี่ยนเป็นอากาศดีโดยพืชสีเขียว.....

10.สรุปว่า แสงสีแดง และแสงสีน้ำเงิน ให้ผลดีที่สุดในการสังเคราะห์ด้วยแสง .....

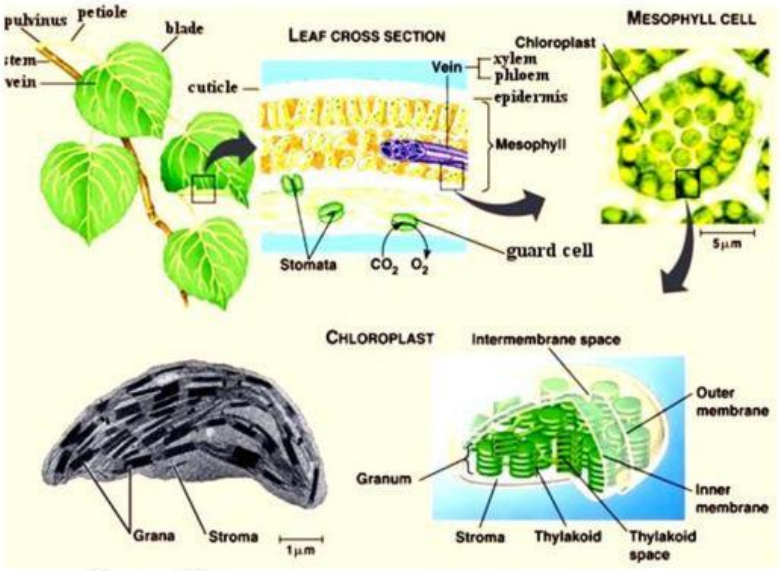
LIVEWORKSHEETS

ความรู้เบื้องต้นก่อนศึกษาเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

❖ คลอโรพลาสต์(Chloroplast)

คลอโรพลาสต์(chloroplast) เป็นออร์แกเนลที่พบได้ทั่วไปในเซลล์พืชและมีความสำคัญ เพราะกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์

คลอโรพลาสต์(chloroplast)กระจายอยู่ทั่วไปในไซโทพลาสซึมของเซลล์พืช แต่มักอยู่รวมกันแน่นมากรอบ ๆ นิวเคลียสหรืออยู่ใต้เยื่อหุ้มเซลล์ การเรียงตัวของคลอโรพลาสต์อาจแตกต่างไปตามปริมาณแสง ขนาดของคลอโรพลาสต์(chloroplast)แตกต่างตามชนิดของเซลล์ โดยทั่วไปมักมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-10 ไมโครเมตร หนาราว 2-3 ไมโครเมตร หรือยาวประมาณ 5 ไมโครเมตร กว้าง 2-3 ไมโครเมตร หนา 1-2 ไมโครเมตร จำนวนคลอโรพลาสต์แตกต่างตามชนิดของพืช และต่างกันไปในแต่ละเซลล์ขึ้นกับการทำงานของเซลล์นั้น ๆ สาหร่ายมักมีคลอโรพลาสต์ขนาดใหญ่ 1 อัน แต่เซลล์พืชชั้นสูงอาจมี 20-40 คลอโรพลาสต์ต่อเซลล์

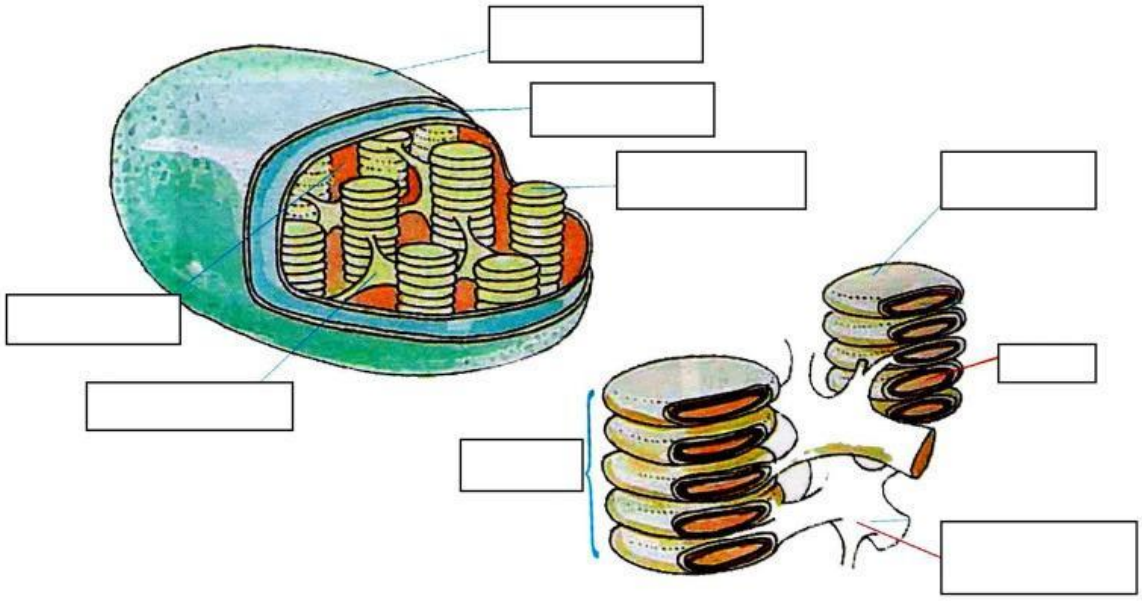


<u>โครงสร้างของคลอโรพลาสต์</u>

ประกอบด้วย เยื่อหุ้ม 2 ชั้น ซึ่งเป็นยูนิตเมมเบรน (unit-membrane) ที่ประกอบด้วยฟอสโฟลิพิด และโปรตีน คือ เยื่อชั้นนอก (Outer membrane) และเยื่อชั้นใน (Inner membrane) คล้ายของไมโทรคอนเดรีย เยื่อชั้นนอกมีลักษณะเรียบเป็นตัวควบคุมการผ่านของสารในไซโทรพลาซึมกับใน คลอโรพลาสต์ เยื่อชั้นในขนานกับเยื่อชั้นนอก และมีส่วนที่ยื่นเว้าเข้าข้างใน กลายเป็นลาเมลลา (Lemella) ลาเมลลาเป็นเยื่อบาง ๆ เรียงซ้อนกันและขนานกันเป็นแผ่นซึ่งลอยอยู่ในของเหลวที่เรียกว่า สโตรมา(stroma) หรือเมทริกซ์ (matrix) ซ้อนกันเป็นตั้งเรียกทั้งตั้งว่า กรานุม (granum) หลาย ๆ กรานุมเรียกว่า กรานา (grana) และเรียกลาเมลลาแต่ละแผ่นในกรานุมว่า ไทลาคอยด์ (thylakoid) ในแต่ละกรานุมจะมีแผ่นไทลาคอยตั้งแต่ 10-100 แผ่น ซึ่งจำนวนจะแตกต่างกันตามชนิดของสิ่งมีชีวิต เช่น สาหร่ายสีแดง มีไทลาคอยด์แผ่นเดียว สาหร่ายสีเขียวแกมเหลืองหรือสีน้ำตาลแกมเหลือง (คริสโซไฟตา , Chrysophyta, พวกไดอะตอม , Diatom) มีไทลาคอย์เป็นคู่

จำนวนกรานามีตั้งแต่ 40-60 อันใน 1 คลอโรพลาสต์ กรานามีส่วนของเมมเบรนยื่นออกไปเชื่อมกับกรานาอื่น ส่วนที่เชื่อมกันนี้เรียกว่า สโตรมาลาเมลลา (stroma lamella) หรืออินเตอร์กรานุมลาเมลลา (Intergrana lamella) หรือเฟร็ท (Fret)

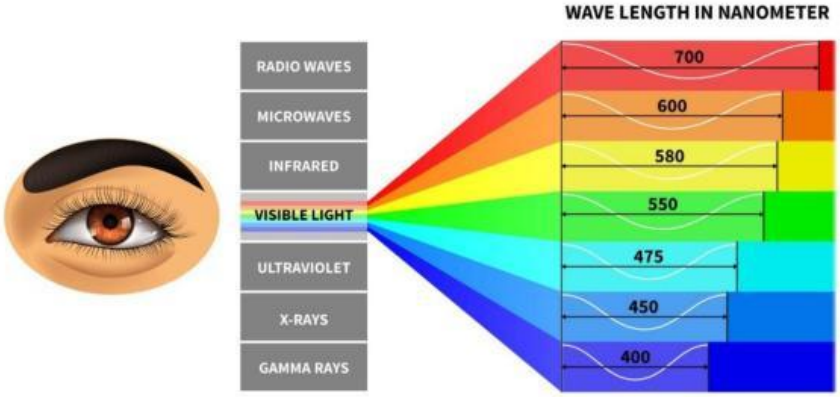
LIVEWORKSHEETS



❖ พลังงานแสง

แสง(light) เป็นรังสีในรูปของ **คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(electromagnetic wave)** และมีสมบัติเป็น **อนุภาค (particle)** เรียกว่า **โฟตอน(.....)** โดยระดับพลังงานของโฟตอน จะแปลผกผันกับความยาวคลื่นแสง

$$\text{ระดับพลังงานโฟตอน} = \frac{1}{\text{ความยาวคลื่นแสง}}$$



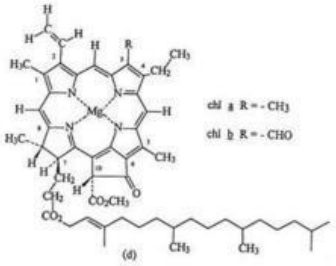
รู้หรือไม่ ?

แสงที่ตามนุษย์มองเห็นได้ (.....) เป็นแสงที่มีความยาวช่วงคลื่น .....นาโนเมตร

LIVEWORKSHEETS

❖ สารสี (pigment)

สารสี(.....) ทำหน้าที่เป็นตัวรับพลังงานแสง โดยในสิ่งมีชีวิตพบสารสี หลายกลุ่มดังนี้



1.คลอโรฟิลล์(.....) ดูดแสงสีน้ำเงินและสีแดงได้มากที่สุด แต่คลอโรฟิลล์ดูดแสงสีเขียวได้น้อยมาก เราจึงเห็นคลอโรฟิลล์เป็นสีเขียว คลอโรฟิลล์อยู่ที่ไทลาคอยด์เมมเบรนธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างคลอโรฟิลล์คือ.....

2.คาโรทีนอยด์ (.....) พบในเนื้อเยื่อพืชที่มีสีเหลือง ส้ม แดง อยู่ร่วมกับคลอโรฟิลล์ในไทลาคอยด์เมมเบรน ดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน (400 – 500 nm) แล้วถ่ายทอดพลังงานให้คลอโรฟิลล์และปกป้องคลอโรฟิลล์ไม่ให้ถูกทำลาย โดยอะตอมของออกซิเจนที่เป็นอนุมูลอิสระ

3.ไฟโคบิลิน (.....) เป็นรงควัตถุเสริมที่พบในสาหร่ายสีนำเงินและสาหร่ายสีแดง แบ่งเป็นไฟโคอิริทริน ซึ่งดูดแสงสีเขียว และไฟโคไซยานินดูดแสงสีส้มแดง

4.แบคทีริโอคลอโรฟิลล์ (.....) เป็นรงควัตถุที่พบในกลุ่มแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้

ตารางแสดงรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ

	คลอโรฟิลล์ a b c d	แคโรทีนอยด์	ไฟโคบิลิน	แบคทีรีโอคลอโรฟิลล์ a b c d
กรีนแบคทีเรีย	- - - -	+	-	+ - + หรือ +
ไซยาโนแบคทีเรีย	+ - - -	+	+	
สาหร่ายสีแดง	+ - - +	+	+	
สาหร่ายสีน้ำตาล	+ - + -	+	-	
สาหร่ายสีเขียว	+ + - -	+	-	
มอส	+ + - -	+	-	
เฟิน	+ + - -	+	-	
พืชมีดอก	+ + - -	+	-	

หมายเหตุ + หมายถึง มี - หมายถึง ไม่มี

<u>คำถาม</u>

1.รงควัตถุ ชนิดใดพบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด .....

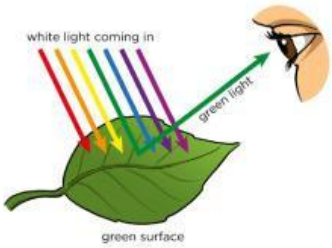
2.สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำตาล และสาหร่ายสีเขียว มีคลอโรฟิลล์ใดเหมือนและต่างกันอย่างไร.....

.....

3.ไฟโคบิลิน พบในสิ่งมีชีวิตชนิดใดบ้าง.....

LIVEWORKSHEETS

ทำไมคลอโรฟิลล์จึงเป็นสีเขียว

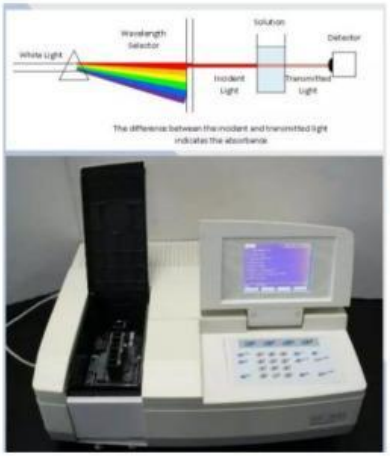


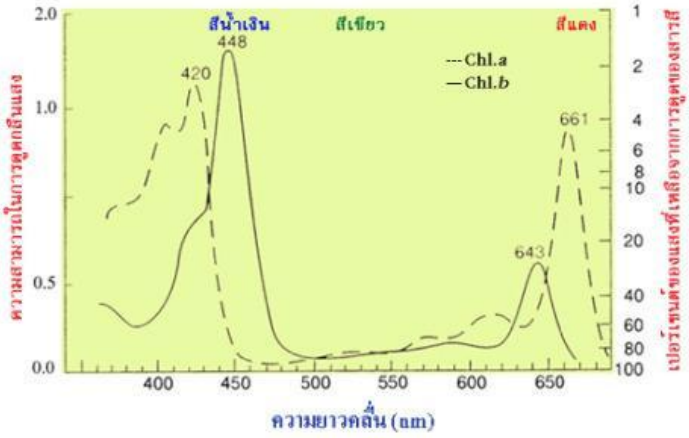
สเปคตรัมของทั้งคลอโรฟิลล์ a และ b มีส่วนที่เป็นยอด หมายถึงดูดแสงได้ดีคือ ช่วงแสงสีน้ำเงิน ที่ความยาวคลื่นประมาณ 420-460 nm และ แสงสีแดง ที่มีความยาวคลื่น ในช่วง630-660 nm และมีการดูดแสงได้ไม่ดีในช่วงคลื่น 480-620 nm ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแสงสีเขียว-เหลือง พืชจะดูดแสงสีน้ำเงินและแดงไว้ได้หมดหรือเกือบหมด ส่วนแสงสีเขียว-เหลืองจะถูกสะท้อนออกไปหรือทะลุผ่านใบไม้ไปดังนั้น **คลอโรฟิลล์** จึงมี **สีเขียว**

❖ การดูดกลืนแสงของสารสี

สเปคตรัม (spectrum) ของสารคือการแสดงความสามารถในการดูดแสงของสารที่ความยาวคลื่นต่างๆกันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สเปคตรัมของสารที่มีสีจึงเป็นกราฟที่มียอด มีเนินมีที่ราบและเหวที่แสดงว่าที่ความยาวคลื่นใด สารตัวนั้นๆ ดูดแสงได้ดีเพียงใดยอดที่สูง ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ แสดงถึงความสามารถในการดูดแสงที่ความยาวคลื่นนั้นที่ราบหรือเหว แสดงถึงความสามารถดูดแสงที่ต่ำ การวัดสเปคตรัมของสารทำได้โดยใช้ **เครื่อง** spectrophotometer

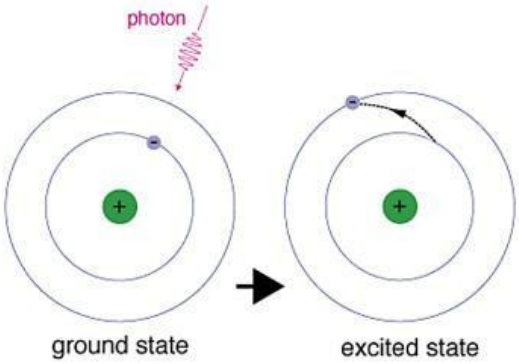




เกิดอะไรขึ้น เมื่อรงควัตถุดูดกลืนแสง

รงควัตถุต่าง ๆ ทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานแสงหรือโฟตอน ที่ความยาวคลื่นแสงต่างกัน พลังงานของโฟตอนแปรผันกลับกันความยาวคลื่น ถ้าแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะมีพลังงานมากกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาว แสงที่มีพลังงานสูงมาก จะทำให้พันธะเคมีของรงควัตถุแตกตัวออกและปล่อยอิเล็กตรอนออกเป็นอิสระ แต่ถ้าแสงนั้นมีพลังงานน้อยจะทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นสะเทือนเท่านั้น

LIVEWORKSHEETS

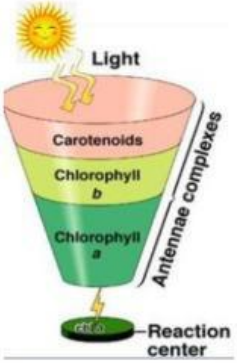


เมื่อรงควัตถุดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตาคนเรามองเห็น จะไปเพิ่มพลังงานให้แก่อิเล็กตรอน ทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ใน**สภาพปกติ(Ground state)** ถูกกระตุ้นให้มีพลังงานสูงมากขึ้น และเคลื่อนที่ไปอยู่ในระดับที่มีพลังงานสูงขึ้น (Higher - energy orbital) อิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงขึ้นเรียกว่า อิเล็กตรอนที่อยู่ใน**สภาพเร่งเร้า (Excite eletron)**

พลังงานของอิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับสูง เรียกว่าพลังงานเร่งเร้า (Excitation energy) พลังงานเร่งเร้านี้ไม่คงตัวและอาจสูญเสียในรูป ก) ความร้อน หรือ ข) เปลี่ยนเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าเดิม จึงเกิดการเรืองแสง (Fluorescence) หรือ ค) ส่งต่อพลังงานไปยังโมเลกุลของ รงควัตถุที่อยู่ติดกันเป็นทอด ๆ จนถึงศูนย์กลางปฏิกิริยาซึ่งมีคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ ทำให้คลอโรฟิลล์ เอ ที่ศูนย์กลางปฏิกิริยาได้รับพลังงานจนอิเล็กตรอนในคลอโรฟิลล์ เอ หลุดออกมา อิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้จะมีตัวรับอิเล็กตรอน (Electron acceptor) มารับอิเล็กตรอน ดังการทดลองของแดเนียล อาร์นอน ที่พบว่า NAD^+ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในสภาพที่มีคลอโรพลาสต์ และได้ NADPH เกิดขึ้น

❖ ระบบแสง (Photosystem : PS)

ระบบแสง ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ



ก) แอนเทนนาคอมเพล็กซ์(.....) ประกอบด้วย ***แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์b*** และ ***คลอโรฟิลล์a*** ตามลำดับ ทำหน้าที่จับพลังงานจากแสงอาทิตย์และส่งต่อพลังงาน ต่อๆกันจนถึงศูนย์กลางปฏิกิริยา(reaction center)

ข) ศูนย์กลางปฏิกิริยา(.....) ประกอบด้วย***คลอโรฟิลล์ เอ โมเลกุลพิเศษ 1*** คู่ ทำหน้าที่รับพลังงานโฟตอน และถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่อยู่ในสภาพเร่งเร้าไปยังตัวรับอิเล็กตรอนที่อยู่นอกคลอโรฟิลล์

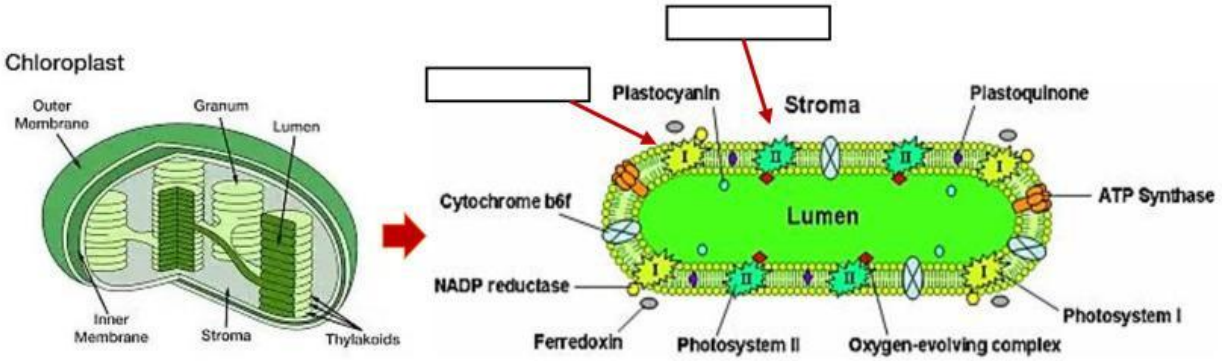
<u>ชนิดของระบบแสง</u>

ระบบแสง(PS) อยู่ที่เยื่อไทลาคอยด์(thylakoid membrane) มี 2 ชนิด ได้แก่

❖ **ระบบแสงI** (Photosystem I : **PSI**) ดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น **700 นาโนเมตร** จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า .....

❖ **ระบบแสงII** (Photosystem II : **PSII**) ดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น **680 นาโนเมตร** จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า .....

LIVEWORKSHEETS



คลอโรพลาสต์(Chloroplast) ไทลาคอยด์(Thylakoid)

Note

ระบบแสง (Photosystem : PS)

ประกอบด้วย 2 ส่วน .....

และ.....

ระบบแสง I (PSI)

หรือ .....

ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น ..... nm.

ระบบแสง II (PSII)

หรือ .....

ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น..... nm.

LIVEWORKSHEETS