

Chapter 5

How Cells Harvest Chemical Energy

كيف تحصد الخلايا الطاقة الكيميائية

PowerPoint® Lecture Presentations for

Biology

Eighth Edition

Neil Campbell and Jane Reece

2nd Semester

1441 / 2019-2020

48 Slides

**This presentation is NOT an
Alternative to the textbook**

Lectures by Chris Romero, updated by Erin Barley with contributions from Joan Sharp

1st semester 2019/2020

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings

This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

هذه الشرائح هي عرض مبسط مترجم للمساعدة وليست
عرض تفصيلي للموضوعات المقررة في هذا الفصل ويجب
الرجوع الى الكتاب الجامعي للمقرر.

Energy-Converting Organelles

العضيات المحولة للطاقة

Mitochondria and Chloroplast

- **Both** are not part of Endo-membrane system
- **Both** are enclosed by a double membrane
- **Both** have an inter-membrane space
- **Both** are involved in ATP production
- **Both** have its own DNA

Energy-Converting Organelles

العضيات المحولة للطاقة

Mitochondria

Contains respiratory enzymes

Mitochondria generate ATP from glucose during cellular respiration

Found in almost all cells (plant, animal, etc)

process is *cellular respiration*

Chloroplast

Contains thylakoid membranes and pigment molecules.

chloroplasts generate ATP from light (via process of photosynthesis) to produce glucose for storage.

Usually found in plant cells.

process is *photosynthesis*

Cellular Respiration

التنفس الخلوي

– During cellular respiration: أثناء عملية التنفس الخلوى

– Cells consumes O_2

– تستخدم الخلية الأوكسجين

– Cells break down glucose to CO_2 and H_2O

– تكسر الخلية سكر الجلوكوز وتحرر جزيئات ثانى أكسيد الكربون والماء

– Cells consumes only 34% of energy stored in glucose molecule

– تستهلك الخلية فقط 34% من سكر الجلوكوز

– Cellular respiration produces up to 32 ATP molecules from each glucose molecule.

تنتج الخلية 32 جزء طاقة من كل جزئ جلوكوز

Cell respiration equation

معادلة التنفس الخلوي

- A **cellular respiration equation** is helpful to show the **changes in hydrogen atom distribution**

• معادلة التنفس الخلوي مفيدة لبيان التغيرات التي تطرأ على توزيع ذرة الهيدروجين

- Glucose loses its hydrogen atoms and is ultimately converted to CO_2

يفقد الجلوكوز ذرات الهيدروجين ويتحول في النهاية لثاني أكسيد الكربون

- At the same time, O_2 gains hydrogen atoms and is converted to H_2O

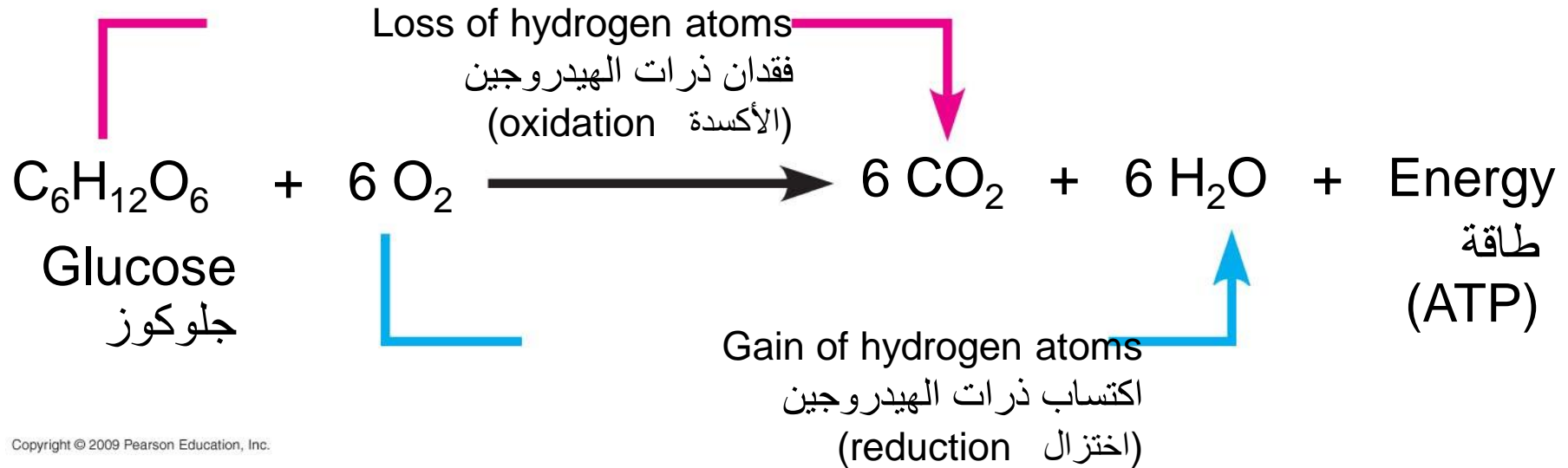
وفي نفس الوقت يتحد الأوكسجين مع ذرات الهيدروجين ويتحول لماء

- Loss of electrons is called **oxidation** يسمى فقدان الإلكترونات بالأكسدة

- Gain of electrons is called **reduction** يسمى اكتساب الإلكترونات بالاختزال

Rearrangement of hydrogen atoms (with their electrons)
in the redox reactions of cellular respiration

إعادة ترتيب ذرات الهيدروجين (بإلكتروناتها) في تفاعل إحدسة
التنفس الخلوي



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Stages of Cellular Respiration

مراحل التنفس الخلوي

Cellular respiration occurs in (**3**) main stages:

يحدث التنفس الخلوي على (ثلاث) مراحل

– Stage (1): Glycolysis

المرحلة الأولى: تحلل الجلوكوز

– Glycolysis occurs in the cytoplasm

– تحدث هذه المرحلة في السيتوبلازم

– Glycolysis begins respiration by breaking **glucose**

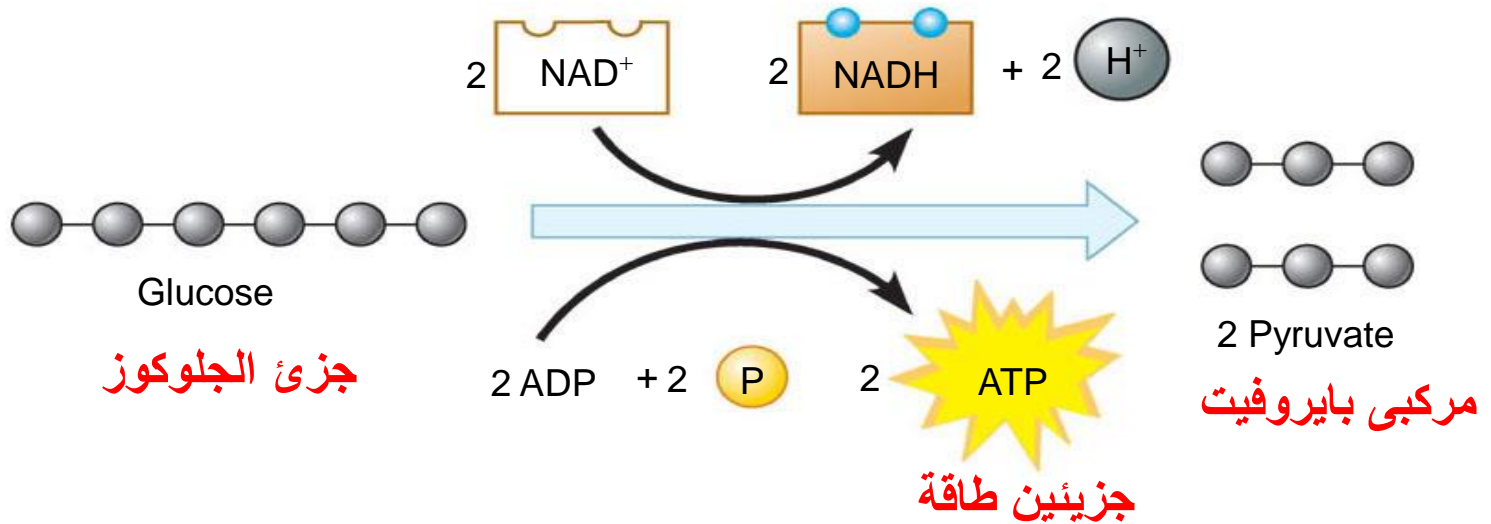
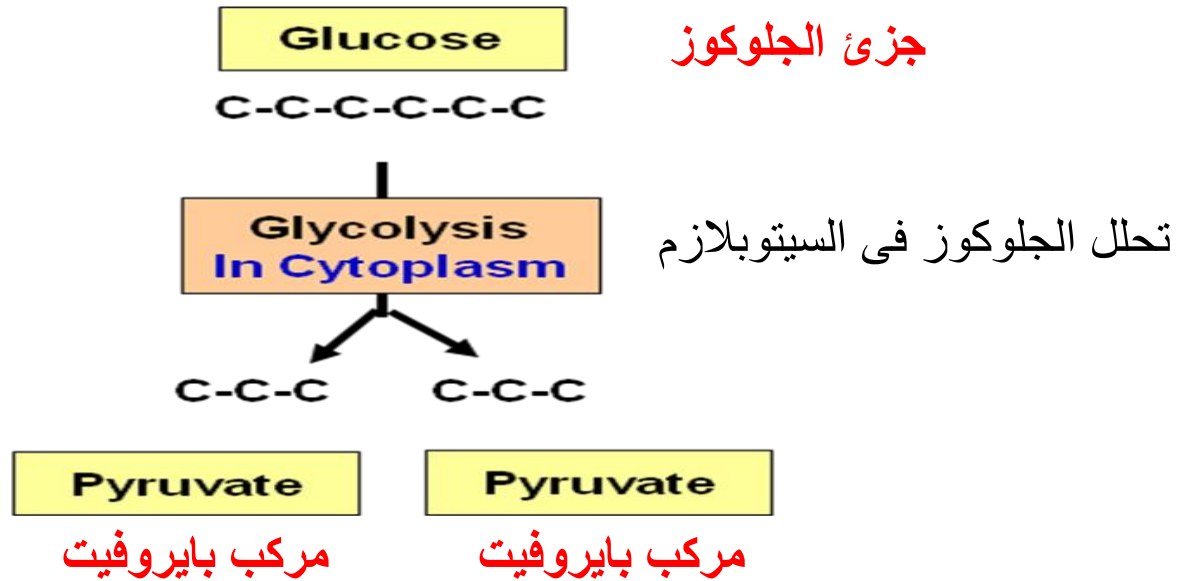
– تبدأ العملية بتكسير الجلوكوز

– (ATP) splits **glucose (6-carbon molecule)** into (2) molecules of a **(3-carbon compound)** called **pyruvate**

– يشطر جزيء الطاقة ATP الجلوكوز (جزيء سداسي الكربون) إلى جزيئين من مركب ثلاثي الكربون يسمى بالبايروفيت

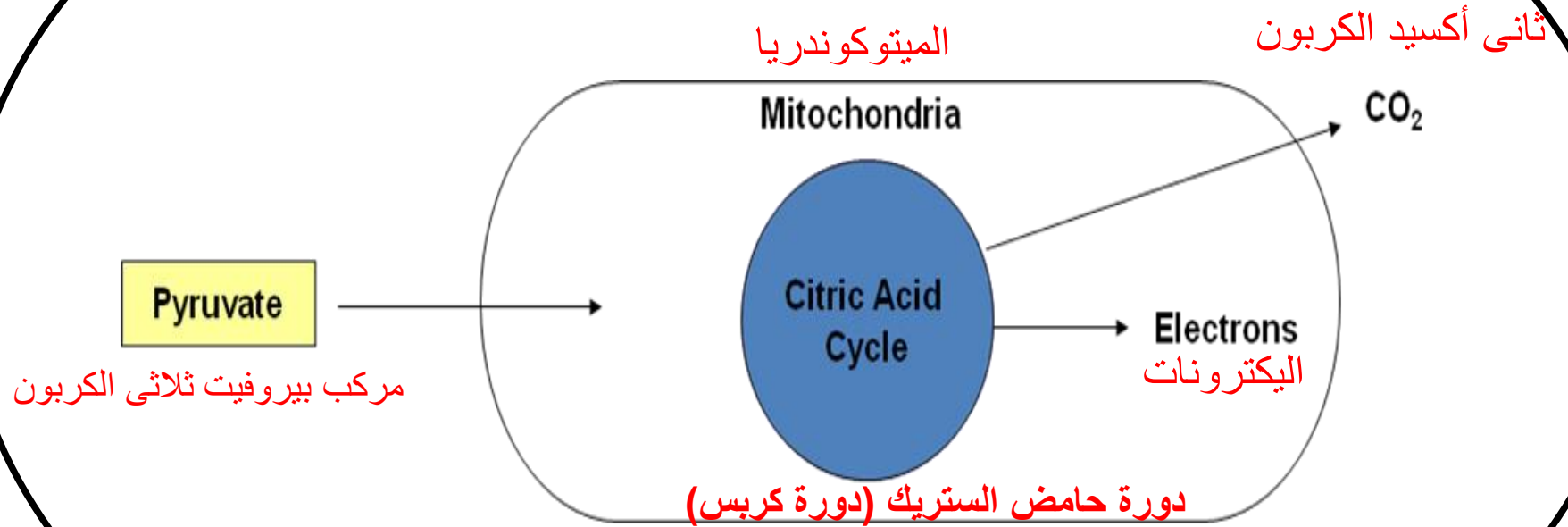
– A small amount of energy (2 ATP) & electrons are produced

– تنتج كمية بسيطة من الطاقة (جزيئين طاقة) واليكترونات



- **Stage (2): Citric acid cycle** “also called “**Krebs cycle**”
- المرحلة الثانية: دورة حامض الستريك (دورة كربس)
- Takes place in the mitochondria (matrix)
- تحدث هذه المرحلة في (حشوة) الميتوكوندريا
- The citric acid cycle breaks down pyruvate into CO₂
- تحلل دورة حمض الستريك البايروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون
- A small amount of energy (2 ATP) & electrons are produced
- – تنتج كمية بسيطة من الطاقة (جزيئين طاقة) واليكترونات
- Supplies the third stage of cellular respiration with electrons تزود المرحلة الثالثة بالإليكترونات

Cytoplasm



- **Stage (3): Oxidative phosphorylation (electron transport chain)**

• المرحلة الثالثة: الفسفرة المؤكسدة (سلسلة نقل الاليكترونات)

- This stage occurs in the **inner mitochondrial membrane**

• تحدث هذه المرحلة في (الغشاء الداخلي) للميتوكوندريا

- At this stage, electrons are shuttled through the electron transport chain

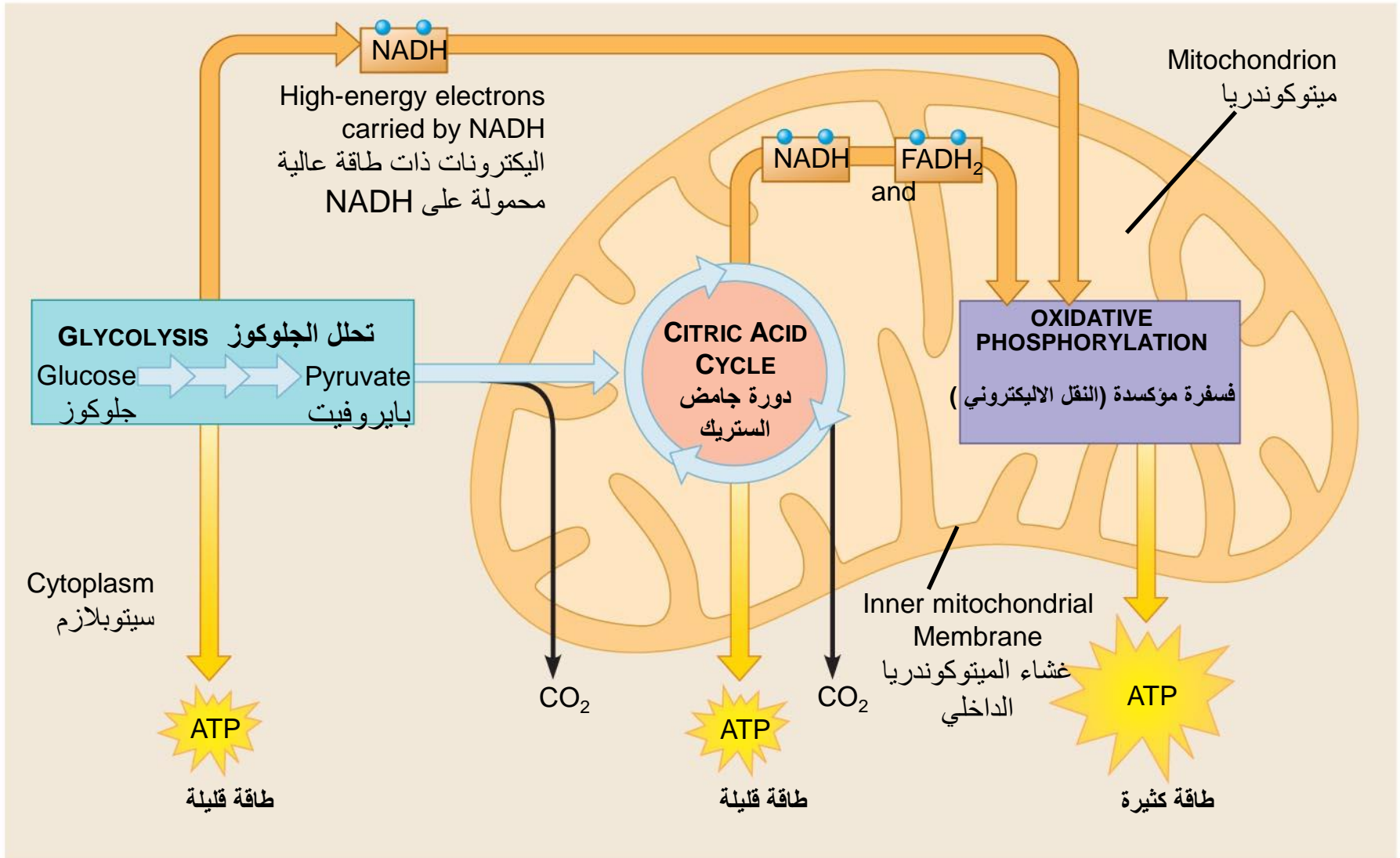
• خلال هذه المرحلة تنتقل الاليكترونات عبر سلسلة النقل الاليكتروني

- Produce much energy (ATP) through the oxidative phosphorylation

• يتولد كمية أكبر من الطاقة ATP من خلال الفسفرة المؤكسدة

An overview of cellular respiration

نظرة شاملة للتنفس الخلوي



Respiration Stages – summary



Note that energy can be harvested as either ATP (for direct use by the cell) OR as NADH, for later conversion to ATP in E.T.C.)

- **Glycolysis**

- Input: Glucose, NAD^+

- Output: Pyruvic Acid, 2 ATP, NADH (full taxi with electrons/ H^+)

- **Citric Acid Cycle**

- Input: Pyruvic Acid (from Glycolysis), NAD^+

- Output: CO_2 , 2 ATP, NADH

- **Electron Transport Chain**

- Input: O_2 , NADH (with e^-/H^+)

- Output: H_2O , 28 ATP

Items from the chemical equation are underlined

Fermentation

التخمير

- Fermentation is an anaerobic (without oxygen) energy-generating process

• التخمير هو عملية توليد الطاقة لا هوائياً (دون الحاجة لأوكسجين)

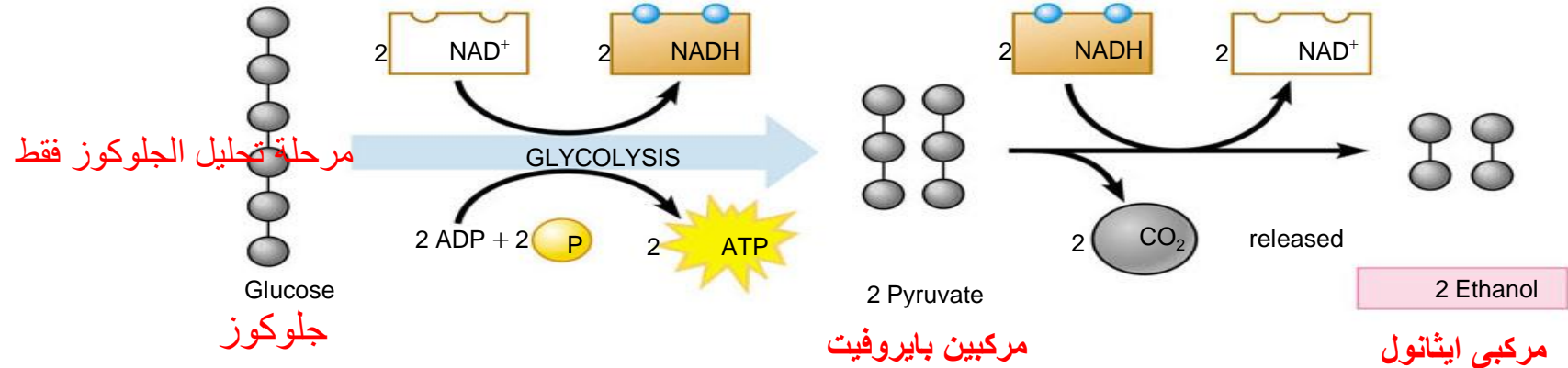
- Under anaerobic conditions, many kinds of cells can **use glycolysis alone** to produce small amounts of ATP

• تكمن الفكرة في استخدام مرحلة تحليل الجلوكوز فقط (دون تمرير اليكتروناته خلال سلسلة النقل

الاليكتروني للأوكسجين) لانتاج جزيئات الطاقة اللازمة

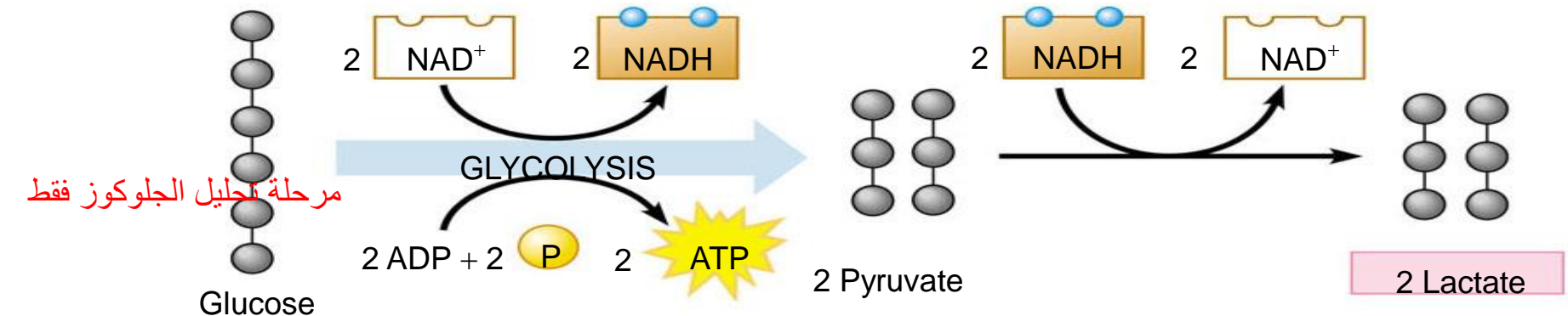
- In alcohol fermentation: Pyruvate converts to CO_2 and ethanol

تخمير الكحول



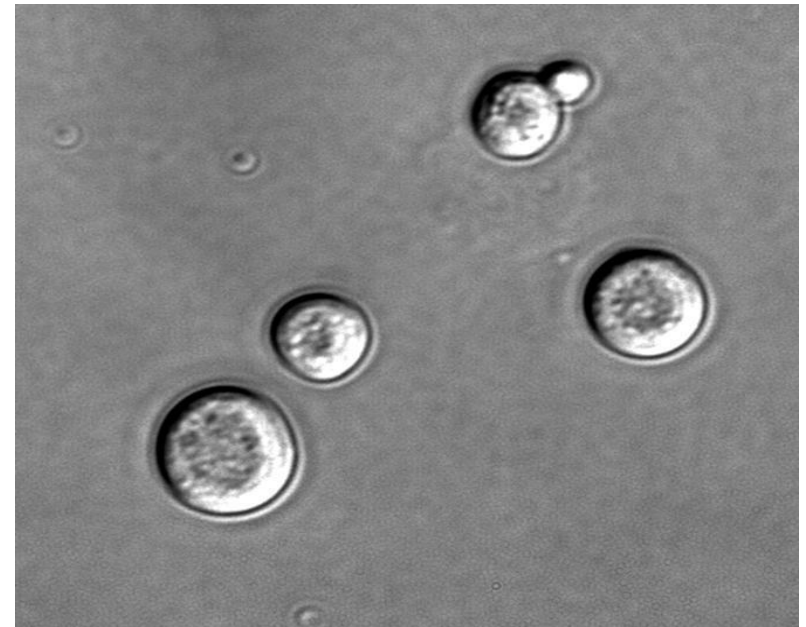
- In lactic acid fermentation: pyruvate converts to lactate

تخمير الحامض اللبنى



– Yeasts are **single-celled** fungi that not only can use respiration for energy but can ferment under anaerobic conditions.

– الخمائر هي فطريات وحيدة الخلية ، الى جانب انها تستطيع القيام بالتنفس الخلوي (هوائيا)
لإنتاج الطاقة فهي قادرة على القيام بعملية التخمر تحت الظروف اللاهوائية



Cells use many kinds of organic molecules as fuel for cellular respiration

تستخدم الخلايا العديد من الجزيئات العضوية الأخرى كوقود في عملية التنفس

- Although glucose is considered to be the primary source of sugar for respiration and fermentation, ATP is generated using:

علما بأن الجلوكوز هو المصدر الرئيسي للسكر في عمليات التنفس والتخمير, إلا أن جزيئات الطاقة يمكن إنتاجها أيضا من:

- Carbohydrates, الكربوهيدرات
- Fats الدهون
- Proteins. البروتينات

- Fats make excellent cellular fuel because they

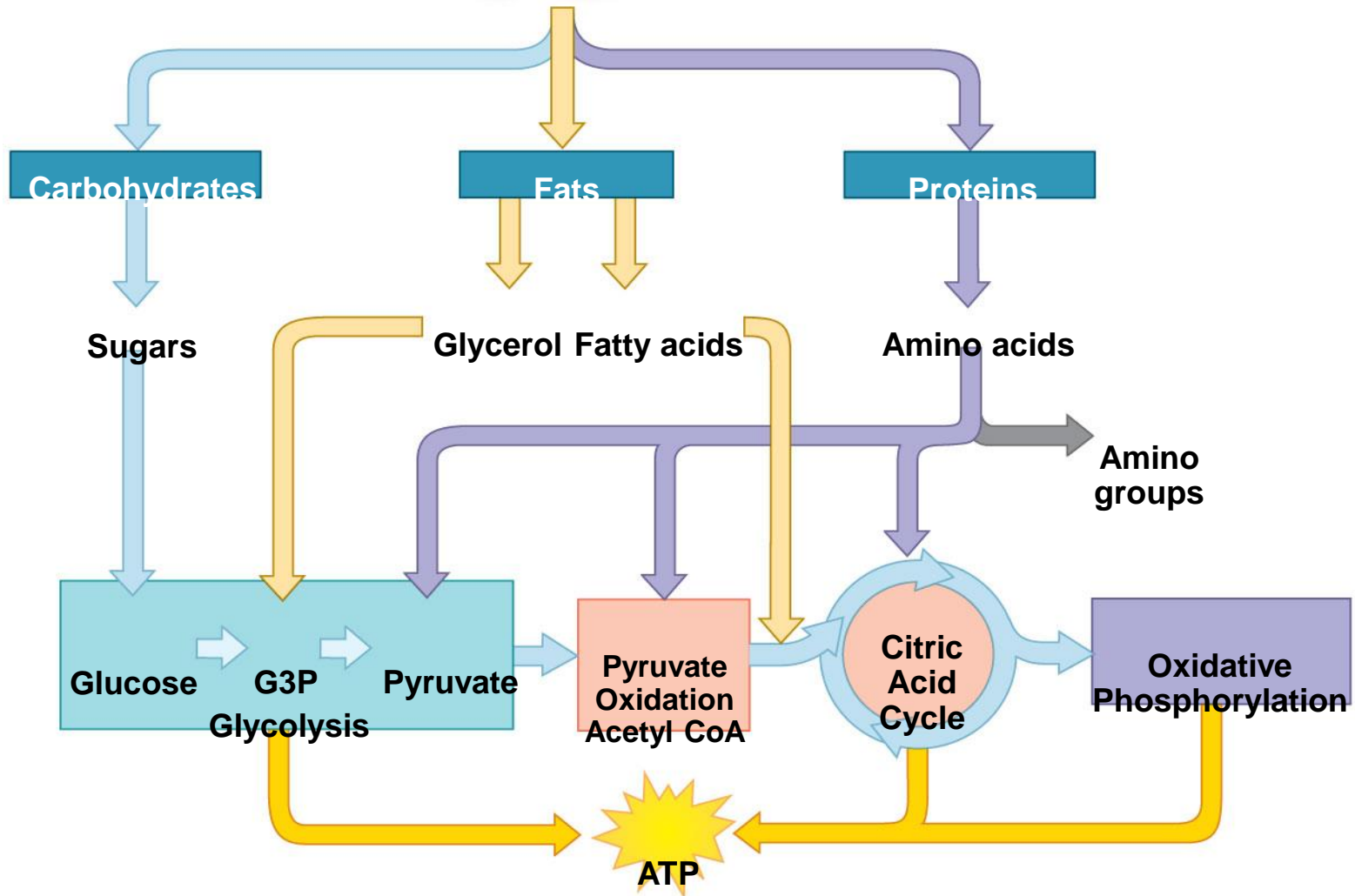
- الدهون تعتبر مصدر ممتاز للطاقة وذلك لأنها

- contain many hydrogen atoms and thus many energy-rich electrons and

- تحتوي على العديد من ذرات الهيدروجين والعديد من الإلكترونات الغنية بالطاقة

- yield more than twice as much ATP per gram than a gram of carbohydrate or protein.

- تحتوي على ضعف عدد ATP لكل جرام أكثر من الكربوهيدرات أو البروتين



Photosynthesis

عملية البناء الضوئي

Autotrophs and Heterotrophs الكائنات ذاتية التغذية

- troph = food **غذاء**
- **Auto = self** **ذاتية** & **Hetero = others** **أخرين**
- **Autotrophs** depend on **themselves** to make their own food
- **Heterotrophs** **depend on others** food.

الكائنات ذاتية التغذية هي كائنات حية قادرة على تصنيع غذائها بنفسها بينما تعتمد الكائنات غير ذاتية التغذية على غذاء الآخرين

- **Photoautotroph** make their own food by using **light**
- تسمى الكائنات ذاتية التغذية التي تستخدم **طاقة الضوء** بالكائنات ذاتية التغذية الضوئية
- **Chemoautotroph** make their own food by using **chemicals**
- تسمى الكائنات ذاتية التغذية التي تستخدم **الطاقة الكيميائية** بالكائنات ذاتية التغذية الكيميائية

Autotrophs and Heterotrophs

الكائنات ذاتية التغذية

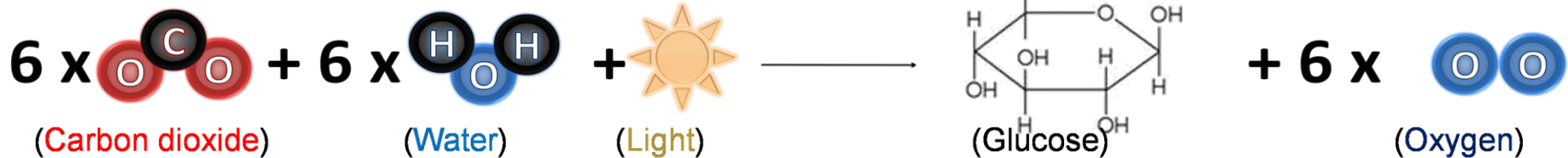
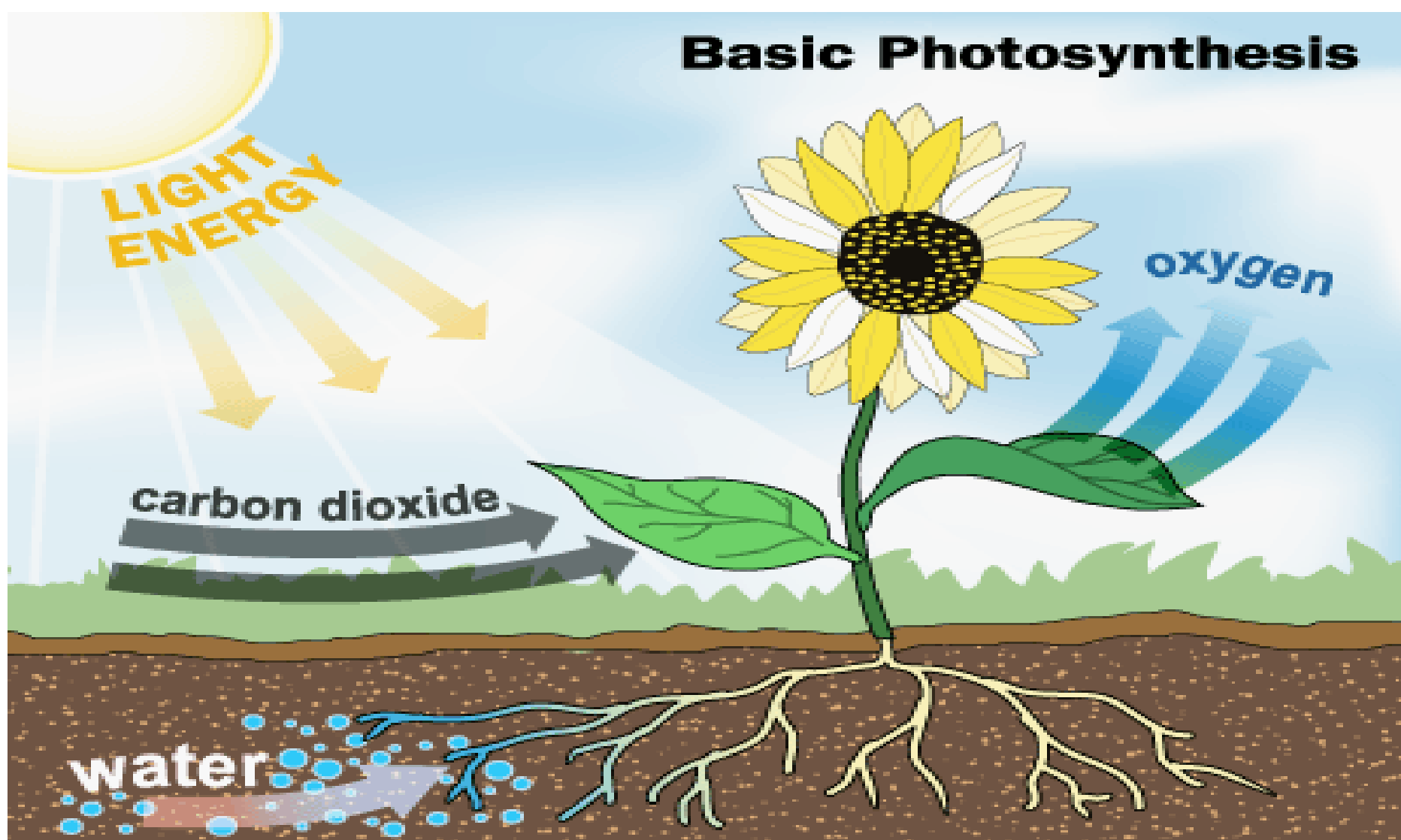
Autotrophs depend on themselves to make their own food
Heterotrophs depend on others food.

	Autotroph	Heterotroph
Produce own food:	Yes	No
Food chain level:	Primary	Secondary and tertiary
Types:	<p>Photoautotroph: use basic energy sources such as sunlight,</p> <p>Chemoautotroph: use inorganic energy sources, such as hydrogen sulfide, elemental sulfur, ferrous iron, and ammonia</p>	
Examples:	<p>Plants, algae (Phototrophs)</p> <p>Bacteria, Archae (Chemotrophs)</p>	<p>Animals: Herbivores and carnivores</p> <p>Fungi</p>
Definition:	An organism that is able to form nutritional organic substances from simple inorganic substances such as carbon dioxide .	Heterotrophs cannot produce organic compounds from inorganic sources and therefore rely on consuming other organisms in the food chain.
What or How they eat ?:	Produce their own food for energy.	They eat plants and animals .

Photosynthesis البناء الضوئي

- Most plants, algae and protists are **Photoautotrophs**
- معظم النباتات والطحالب والأوليات هي ذاتية التغذية الضوئية
- **Photosynthesis** is the process of converting *light energy* to *chemical energy* and storing it in the bonds of sugar. This process occurs in plants and some algae. Plants need only *light energy* + CO_2 + H_2O to make sugar. The process of photosynthesis takes place in the **chloroplasts**, specifically using **chlorophyll**, the *green* pigment involved in photosynthesis (Figure •).
- تستخدم هذه الكائنات ضوء الشمس لتحويل ثاني أكسيد الكربون والماء الى سكر الجلوكوز أى أن النباتات تحول الطاقة الضوئية (ضوء الشمس) الى طاقة كيميائية (سكر الجلوكوز)

Basic Photosynthesis



Why is Photosynthesis important?

ما أهمية البناء الضوئي

- Makes organic molecules (Sugar as glucose) out of inorganic materials (carbon dioxide and water).

تصنع جزيئات عضوية كسكر الجلوكوز من أخرى غير عضوية كالماء

- From which begins all food chains.

تبدأ منها جميع السلاسل الغذائية

- Produces oxygen gas

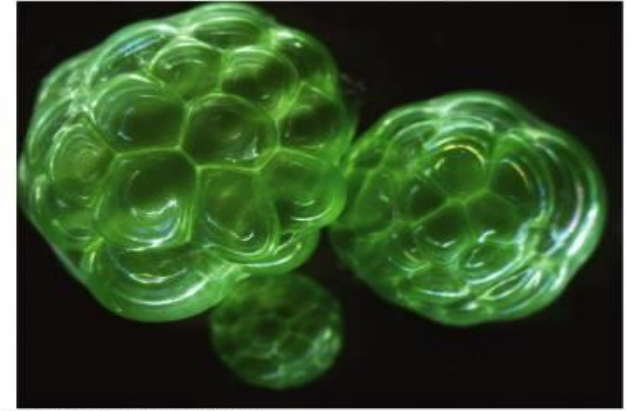
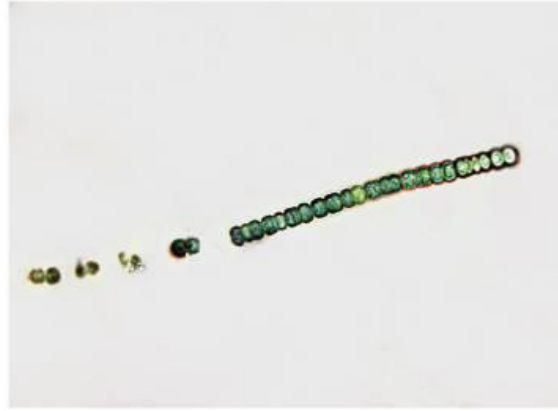
تنتج غاز الأوكسجين الهام للحياة

- Earth's plants produce 160 billion metric tons of sugar each year through **photosynthesis**

تنتج نباتات الأرض 160 مليار طن من السكر كل سنة بالبناء الضوئي

Photosynthesis occurs in plants, algae, protists

يحدث البناء الضوئي في النباتات والطحالب والأوليات



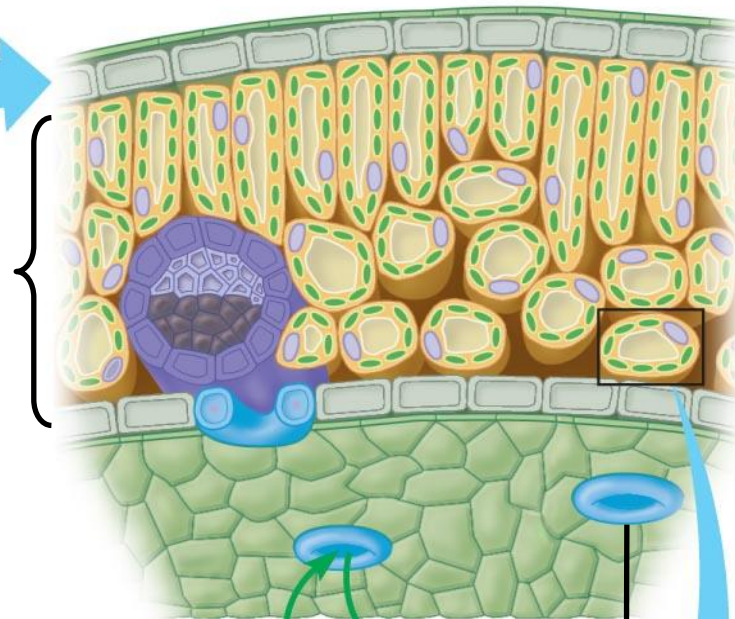
Photosynthesis occurs in chloroplasts present in plant cells

يحدث البناء الضوئي في البلاستيدات الخضراء في الخلايا النباتية

Chloroplasts are found in the mesophyll (green tissue in the interior of a leaf)

تتركز البلاستيدات الخضراء في خلايا الميزوفيل (النسيج الوسطي) وهي النسيج الأخضر في داخل الورقة

Leaf Cross Section طاع عرضي في ورقة



CO₂ O₂ Stoma الثغور

Mesophyll Cell
خلية من النسيج الوسطي



Chloroplast

بلاستيدات خضراء

The location and structure of chloroplasts

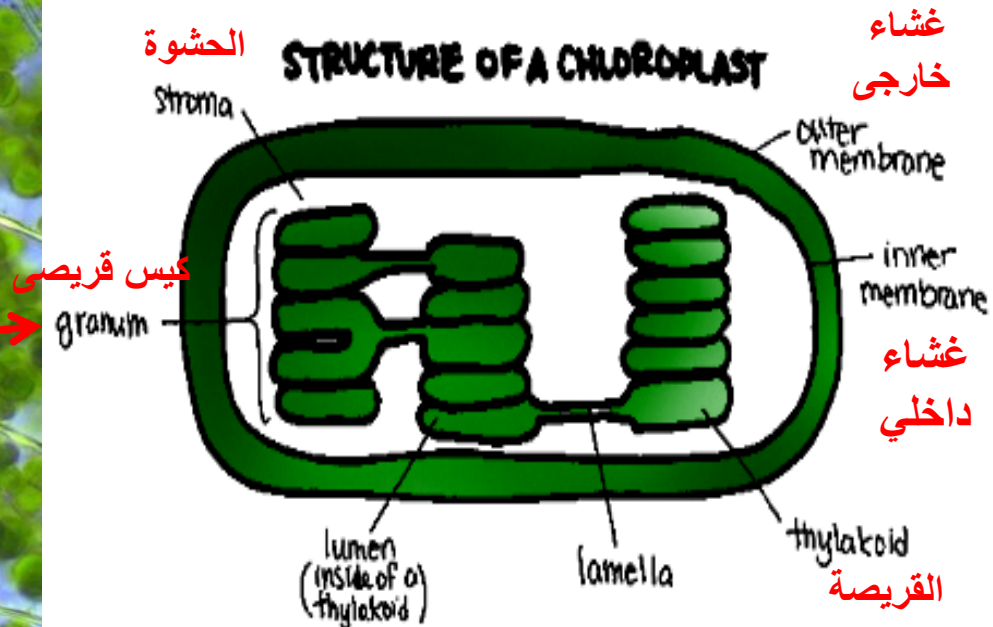
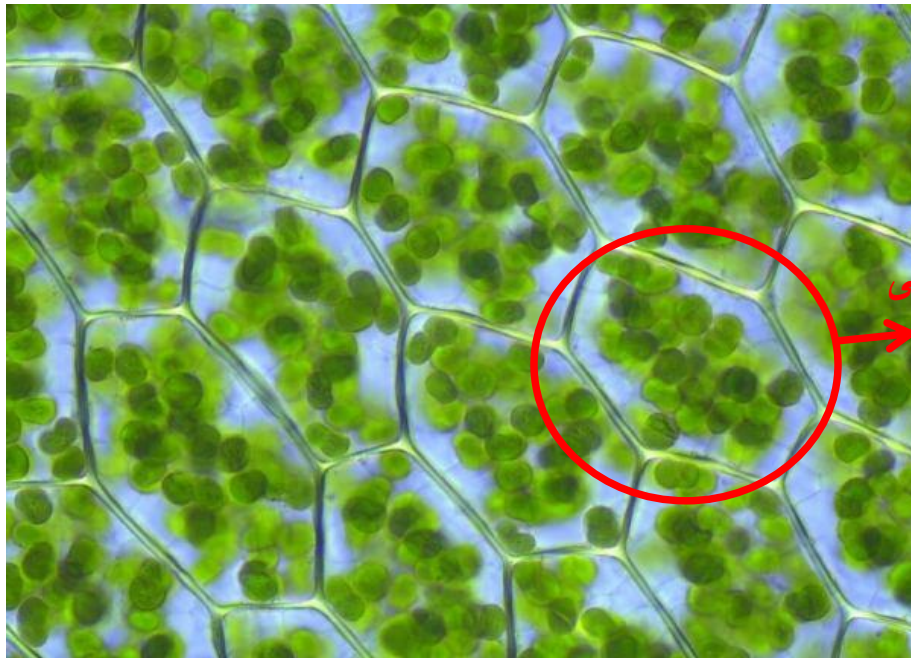
مكان وتركيب البلاستيدات الخضراء

Chloroplasts consists of two membranes surrounding an inner room called (stroma) and connected sacs called (thylakoids)

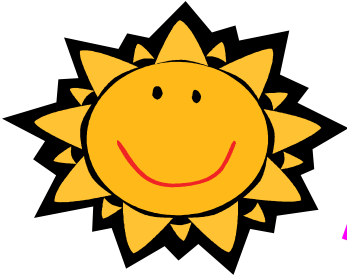
تتكون البلاستيدات من غشائين يحيطوا بحجرة داخلية تسمى الحشوة وأكياس غشائية متداخلة تسمى القريصة

Thylakoids are concentrated in a structure called **granum**

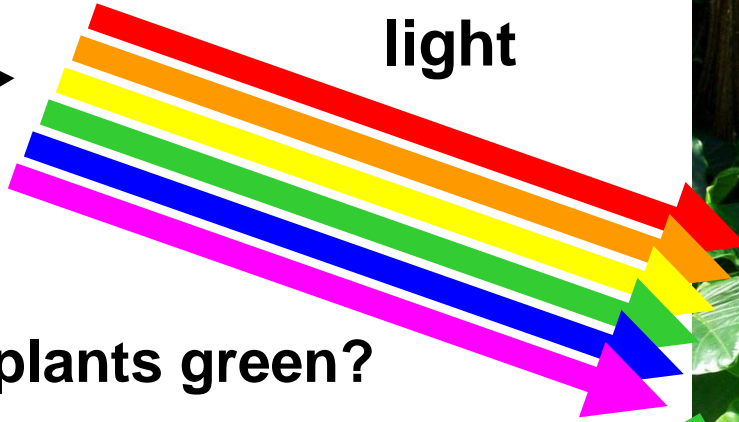
تنظم القريصات فوق بعضها البعض مشكلة وحدات مترابطة يسمى كل منها بالكيس القريصي



Sun light



Absorbed light



Why are plants green?

لماذا النباتات خضراء



Transmitted light

ضوء ممتص

Reflected light

ضوء أخضر منعكس



Reflected light

ضوء أخضر منعكس



□ Chloroplasts contain several pigments تحتوي البلاستيدات على صبغات عديدة

□ **Chlorophyll**

صبغة الكلوروفيل

□ **Carotenoids**

صبغة الكاروتين

□ **Chlorophyll** absorbs light

– يمتص الكلوروفيل الألوان الطيفية المختلفة للضوء

– **Chlorophyll** reflects specific wavelength of light
(green wave length)

– يعكس الكلوروفيل اللون الأخضر فقط

– **Leaves are green because contain Chlorophyll**

□ **Carotenoids** absorb excessive light that would
damage chlorophyll

تمتص صبغة الكاروتين الضوء الزائد الذي قد يتلف الكلوروفيل

Photosynthesis is a redox process, as is cellular respiration

البناء الضوئي هو عملية أوكسدة كما هو الحال بالنسبة للتنفس الخلوي

- Photosynthesis, like respiration, is a redox (oxidation-reduction) process

• البناء الضوئي كالتنفس عبارة عن عملية أوكسدة (أوكسدة - إختزال)

- Water molecules are split apart by oxidation, which means that they lose electrons along with hydrogen ions (H^+)

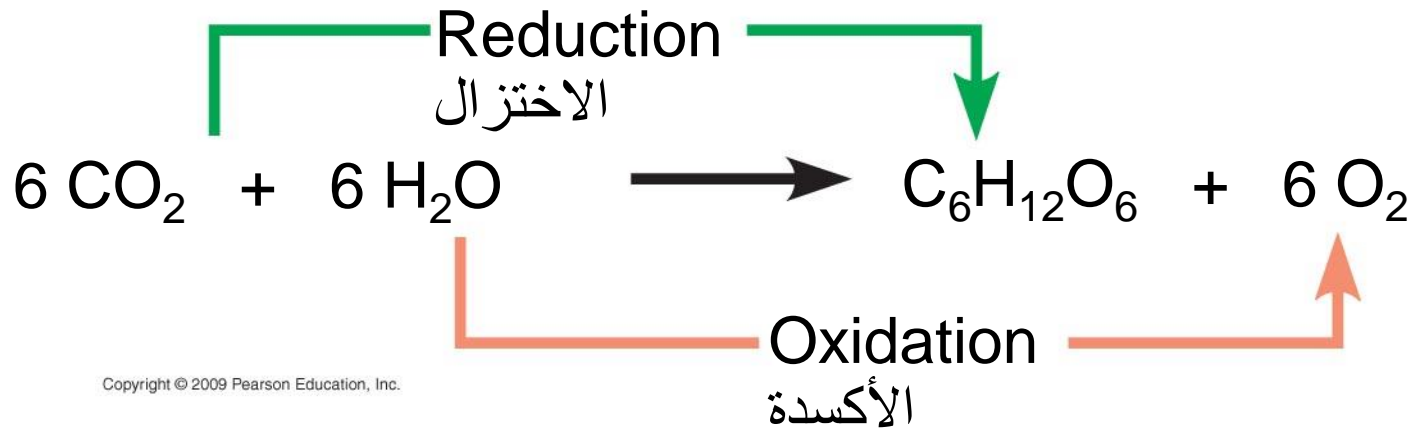
– تتجزأ جزيئات الماء بالأوكسدة ، مما يعني أنها تخسر اليكترونات بالإضافة الى أيونات الهيدروجين جراء ذلك الجزء

- Then CO_2 is reduced to sugar as electrons and hydrogen ions are added to it

– ثم يختزل ثاني أوكسيد الكربون إلى سكر بإضافة الإليكترونات وأيونات الهيدروجين اليه

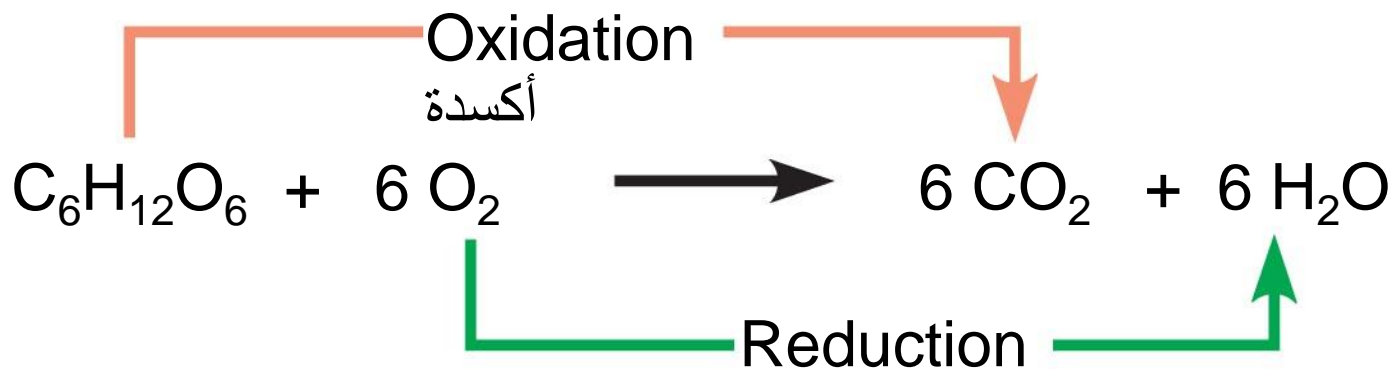
Photosynthesis (uses light energy)

البناء الضوئي (يستخدم الطاقة الضوئية)



Cellular respiration (releases chemical energy)

التنفس الخلوي (تحرير الطاقة الكيميائية)



Photosynthesis occurs in (2) stages

- Light-**dependent** reaction (Stage 1)

المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية

- Light-**independent** reaction (Stage 2)

المرحلة الثانية: التفاعلات غير المعتمدة على الضوء (تفاعلات الظلام أو دورة كالفين)

- In the **light reactions**, light energy is converted in the **thylakoid membrane** to chemical energy and O₂

في تفاعلات الضوء تتحول الطاقة الضوئية في أغشية القيريص إلى طاقة كيميائية وأوكسجين

- Water splits to provide the O₂ as well as electrons

يتجزأ الماء لتوفير الأوكسجين والإلكترونات

- Produces ATP molecules to be used as fuel to light-independent reaction (dark reactions)

ينتج طاقة (جزيئات ATP) كوقود للمرحلة الثانية مرحلة التفاعلات غير المعتمدة على الضوء (تفاعلات الظلام)

Stage 2

المرحلة الثانية

- The second stage is the **Calvin cycle**, which occurs in the stroma of the chloroplast (**Dark reactions**)

• المرحلة الثانية هي دورة كالفين ، والتي تحدث في حشوة البلاستيدات الخضراء

- A cyclic series of reactions that builds sugar from CO_2 and the products of the light reactions using ATP. Each turn of the light independent cycle requires 1 CO_2 , 3 ATP, and 2 NADPH. It needs 6 turns of the cycle to make 1 molecule of glucose because glucose has a 6 carbon atom backbone.

– عبارة عن سلسلة دائرية من التفاعلات التي تبني جزيئات السكر من ثاني أكسيد الكربون ونواتج تفاعلات الضوء باستخدام جزيئات ATP (6 تحولات كل تحول يحتاج الى 3 جزيئات أي تحتاج دورة كالفين الى 18 جزئ طاقة)

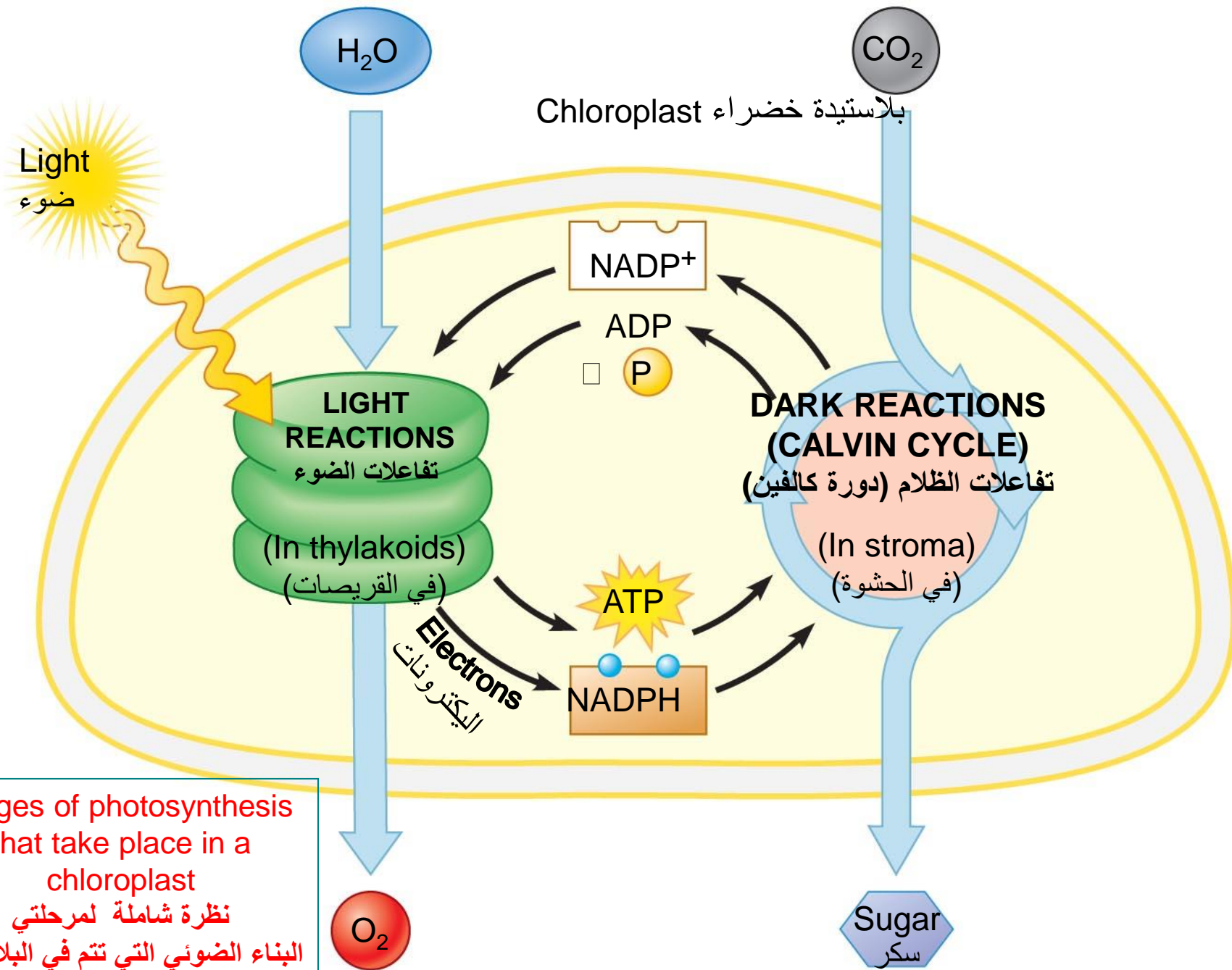
- During the Calvin cycle, CO_2 is incorporated into organic compounds, a process called **carbon fixation**

يندمج ثاني أكسيد الكربون خلال دورة كالفين بالمركبات العضوية في عملية تسمى بتثبيت الكربون

Dr. Calvin - Nobel prize in chemistry (1961)



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Stages of photosynthesis that take place in a chloroplast
 نظرة شاملة لمرحلتي البناء الضوئي التي تتم في البلاستيدة الخضراء

Light Dependent Reaction

- The reaction **must have light** to take place.
- This reaction takes place on the **thylakoid membranes**.
- **Light energy of sun** is trapped by chlorophyll molecules. This energy is used to:
 1. Reduce ADP to **ATP**
 2. Reduce Coenzyme NADP⁺ to **NADPH** and **H⁺** .
 3. Produce **Oxygen**

Light Independent Reaction (Calvin Cycle)

- The process **does not require light** and can occur in both the light and dark periods.
- This reaction takes place in the **stroma**
- **Chemical energy (ATP and NADPH)** trapped from light dependent reaction is used to:
 1. Produce **Sugar**.
 2. Produce Coenzyme **NADP⁺**

	Light Reaction	Dark Reaction
Take place in	Thylakoid membrane	Stroma within the chloroplast
In put	$\text{H}_2\text{O} + \text{Light} + \text{NADP}^+ + \text{ADP}$	$\text{NADPH} + \text{ATP} + \text{CO}_2$
Out put	$\text{O}_2 + \text{NADPH} + \text{ATP}$	$\text{Sugar} + \text{NADP}^+ + \text{ADP}$
Happens when	Light is present	ATP is present
Function	converts light energy to chemical energy	converts CO_2 to sugar



Sunlight energy الطاقة الشمسية



ECOSYSTEM النظام البيئي



Photosynthesis
in chloroplasts

البناء الضوئي في
البلاستيدات الخضراء

CO₂

+

H₂O

Glucose

+

O₂

Cellular respiration
in mitochondria

التنفس الخلوي في الميتوكوندريا



ATP

(for cellular work لشغل الخلية)



Heat energy طاقة حرارية

The connection between
photosynthesis and
cellular respiration
الارتباط بين البناء الضوئي
والتنفس الخلوي

المصطلح	تعريف المصطلح
Cellular respiration: an exergonic process that transfers energy from the bonds in glucose to ATP	التنفس الخلوي هو عملية تفاعل محرر للطاقة والتي تحرر الطاقة المخزنة في روابط جزيء الجلوكوز وتخزينها في ATP
Respiration is one of the key ways a cell gains useful energy to fuel cellular activity	التنفس هو مفتاح الخلية للحصول على الطاقة المفيدة كوقود لأنشطة الخلية
A kilocalorie (kcal): the quantity of heat required to raise the temperature of 1 kilogram (kg) of water by 1°C	السعرة الحرارية (كيلو كالوري) هي كمية الحرارة المطلوبة لرفع درجة حرارة 1 كيلوجرام من الماء درجة مئوية واحدة (1°م)
Dehydrogenase: the enzyme that removes hydrogen from an organic molecule	الديهيدروجيناز (إنزيم نزع الهيدروجين) الإنزيم الذي يزيل الهيدروجين من الجزيء العضوي
Glycolysis	تحلل الجلوكوز
The citric acid cycle	دورة حامض الستريك
Oxidative phosphorylation	الفسفرة المؤكسدة
Fermentation: an anaerobic (without oxygen) energy-generating process	التخمير هو عملية توليد الطاقة لا هوائية (دون الحاجة لأوكسجين)
lactic acid fermentation: oxidizing of NADH by muscle cells and bacteria	تخمير الحامض اللبني تؤكسد الخلايا العضلية وبعض أنواع البكتيريا مركب الـ NADH
Yeasts: single-celled fungi that not only can use respiration for energy but can ferment under anaerobic conditions	الخمائر هي فطريات وحيدة الخلية ، الى جانب انها تستطيع القيام بالتنفس الخلوي (هوائيا) لإنتاج الطاقة فهي قادرة على القيام بعملية التخمر تحت الظروف اللاهوائية

المصطلح	تعريف المصطلح
Fermentation: an anaerobic (without oxygen) energy-generating process	التخمير هو عملية توليد الطاقة لا هوائية (دون الحاجة لأوكسجين)
lactic acid fermentation: oxidizing of NADH by muscle cells and bacteria	تخمير الحامض اللبني تؤكسد الخلايا العضلية وبعض أنواع البكتيريا مركب الـ NADH
Aerobic respiration: requires <u>oxygen</u> in order to generate <u>ATP</u>	التنفس الهوائي يحتاج الى الأوكسجين ليحرر الطاقة
Anaerobic respiration does not require <u>oxygen</u> in order to generate <u>ATP</u>	التنفس لا هوائي لا يحتاج الى الأوكسجين ليحرر الطاقة

المصطلح	تعريف المصطلح
Autotrophs: living things that are able to make their own food without using organic molecules derived from any other living thing	الكائنات ذاتية التغذية هي كائنات حية قادرة على تصنيع غذائها دون استخدام جزيئات عضوية مستمدة من أي كائن حي آخر
Photoautotrophs: the use of energy of light to produce organic molecules by Autotrophs	التغذية الضوئية تستخدم طاقة الضوء لإنتاج جزيئات عضوية بالكائنات ذاتية
Chemoautotrophs: organisms that uses <u>inorganic</u> energy sources. Chemoautotrophs are mostly <u>bacteria</u> or <u>archaea</u> that live in hostile environments such as deep sea	التغذية الكيميائية كائنات تستخدم مصادر الطاقة غير العضوية وغالبيتها من البكتيريا والبدائيات التي تعيش في البحار العميقة.
Heterotrophs : <u>organism</u> that cannot <u>fix carbon</u> and uses <u>organic</u> carbon for growth (on others food)	الكائنات غير ذاتية التغذية هي كائنات لا تستطيع تثبيت الكربون وتعتمد على مصادر عضوية أخرى (على غذاء الآخرين)
Chloroplasts: organelles consisting of photosynthetic pigments, enzymes, and other molecules grouped together in membranes	البلاستيدات الخضراء هي عضيات تتكون من صبغات مكونة للضوء وإنزيمات ومركبات أخرى مجموعة مع بعضها البعض في أغشية
Chlorophyll: an important light absorbing pigment in chloroplasts, is responsible for the green color of plants	الكلوروفيل صبغة هامة لامتصاص الضوء في البلاستيدات الخضراء وهي المسؤولة عن اللون الاخضر في النبات ا

المصطلح	تعريف المصطلح
Photosynthesis	البناء الضوئي
Light dependent reactions: In the light reactions, light energy is converted in the thylakoid membrane to chemical energy and O ₂	التفاعلات الضوئية في تفاعلات الضوء تتحول الطاقة الضوئية في أغشية القريب إلى طاقة كيميائية وأوكسجين
Light independent reactions: The second stage is the Calvin cycle , which occurs in the stroma of the chloroplast (dark reactions) It is a cyclic series of reactions that builds sugar molecules from CO ₂ and the products of the light reactions using ATP	التفاعلات غير المعتمدة على الضوء (تفاعلات الظلام) هي المرحلة الثانية وتسمى دورة كالفين ، والتي تحدث في حشوة البلاستيدات الخضراء. عبارة عن سلسلة دائرية من التفاعلات التي تبني جزيئات السكر من ثاني أوكسيد الكربون ونواتج تفاعلات الضوء باستخدام ATP
Dark reactions	تفاعلات الظلام
Stroma	الحشوة
Thylakoid	القريصة
Thylakoid membrane	غشاء القريصة
Granum	الكيس القريصي