Chapter 6
الباب السادس

How Cells Harvest Chemical Energy
كيف تحصد الخلايا الطاقة الكيميائية

PowerPoint Lectures for

Biology: Concepts & Connections, Sixth Edition

Campbell, Reece, Taylor, Simon, and Dickey

Lecture by Richard L. Myers

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Introduction: *How Is a Marathoner Different from a Sprinter?*
مقدمة : كيف يختلف الماراثوني عن العداء السريع؟

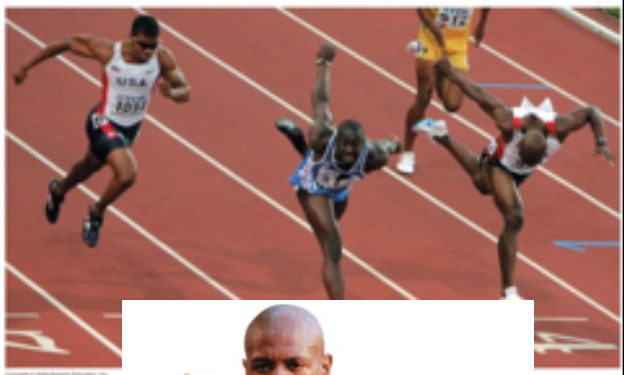
- The percentage of slow and fast muscle fibers determines the difference between track athletes
  - تحدد النسبة المئوية لألياف العضلات السريعة والبطيئة الفرق في سباق الرياضيين
    - Those with a large percentage of slow fibers make the best long-distance runners

يشكل ذوي النسب المئوية العالية من الألياف البطيئة أفضل عدائي المسافات الطويلة

    - Those with more fast fibers are good sprinters

في حين ان ذوي الالياف السريعة يجيدون العدو السريع لمسافات قصيرة

- All of our cells harvest chemical energy (ATP) from our food
  - تحصد كل خلايانا الطاقة الكيميائية (ATP) من الغذاء



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

INTRODUCTION TO CELLULAR RESPIRATION

مقدمة في التنفس الخلوي

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.1 Photosynthesis and cellular respiration provide energy for life

يعمل البناء الضوئي والتنفس الخلوي على تزويد الحياة بما تحتاجه من الطاقة

- Energy is necessary for life processes

الطاقة ضرورية في العمليات الحيوية

  - These include growth, transport, manufacture, movement, reproduction, and others

  - تشمل هذه العلميات النمو والنقل والتصنيع والحركة والتكاثر وأشياء أخرى

  - Energy that supports life on Earth is captured from sun rays reaching Earth through plant, algae, protist, and bacterial photosynthesis

  - تؤخذ الطاقة التي تدعم الحياة على كوكب الأرض من أشعة الشمس التي تصل الارض عن طريق النباتات والطحالب والأوليات وبكتيريا البناء الضوئي

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.1 Photosynthesis and cellular respiration provide energy for life

يعمل البناء الضوئي والتنفس الخلوي على تزويد الحياة بما تحتاجه من الطاقة

- Energy in sunlight is used in photosynthesis to make glucose from CO_2 and H_2O with release of O_2

تستخدم طاقة ضوء الشمس في البناء الضوئي لصنع الجلوكوز من ثاني أكسيد كربون والماء مع تحرير الأوكسجين كما يحدث في النبات الاخضر

- Other organisms use the O_2 and energy in sugar and release CO_2 and H_2O

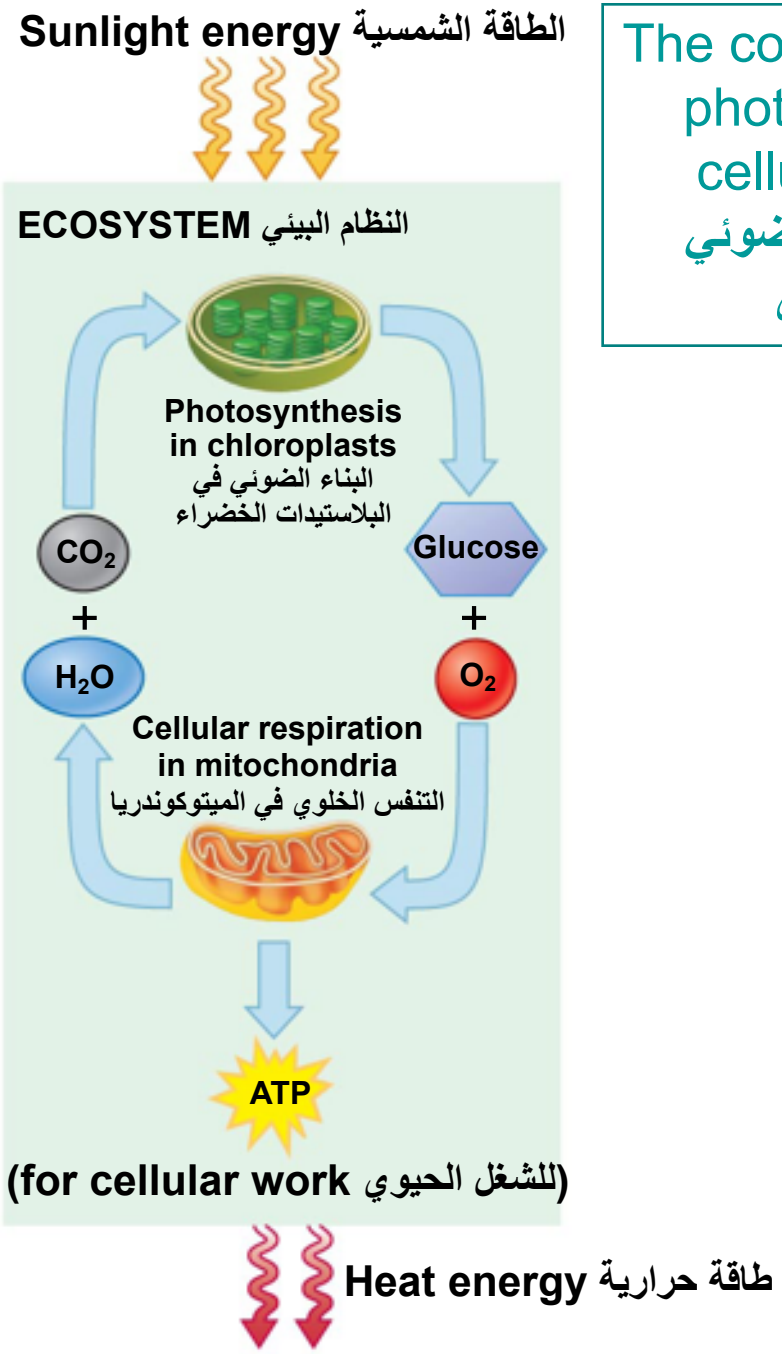
تستخدم كائنات أخرى (الحيوانات مثلا)الأوكسجين لتحرير الطاقة المختزنة في السكر وثاني أكسيد الكربون والماء

- Together, these two processes are responsible for the majority of life on Earth

ان هاتان العمليتان معا هما المسئولتان عن غالبية الحياة على كوكب الارض

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

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



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.2 Breathing supplies oxygen to our cells for use in cellular respiration and removes carbon dioxide
يعمل التنفس على تزويد خلايانا بالأوكسجين اللازم لعملية التنفس الخلوي وتحرير ثاني اكسيد الكربون

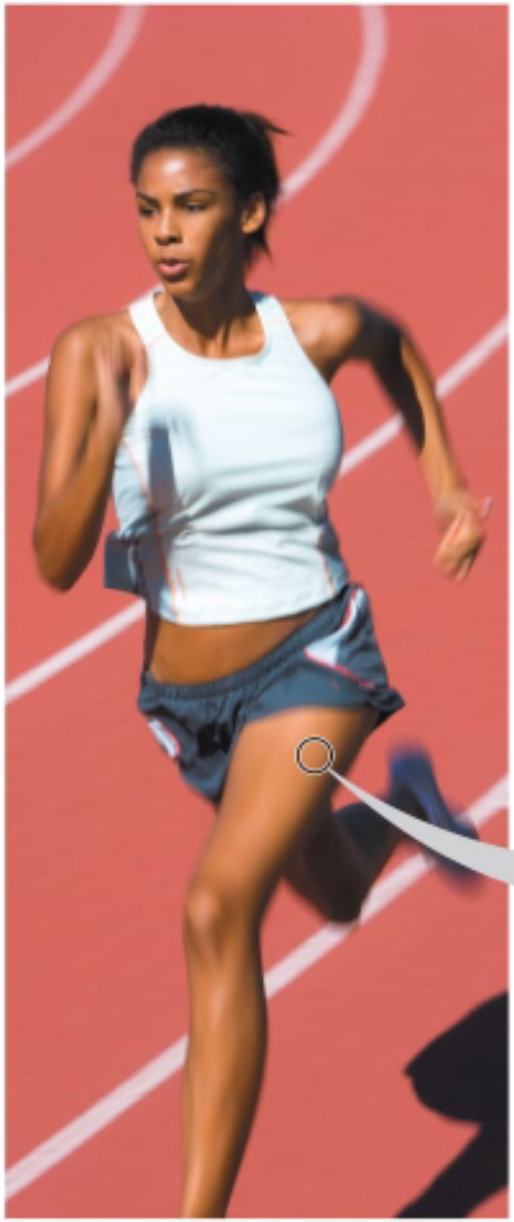
- Breathing and cellular respiration are closely related
  - يرتبط التنفس الرئوي والتنفس الخلوي ارتباط وثيقا ببعضهما البعض
    - **Breathing** is necessary for exchange of CO_2 produced during cellular respiration for atmospheric O_2

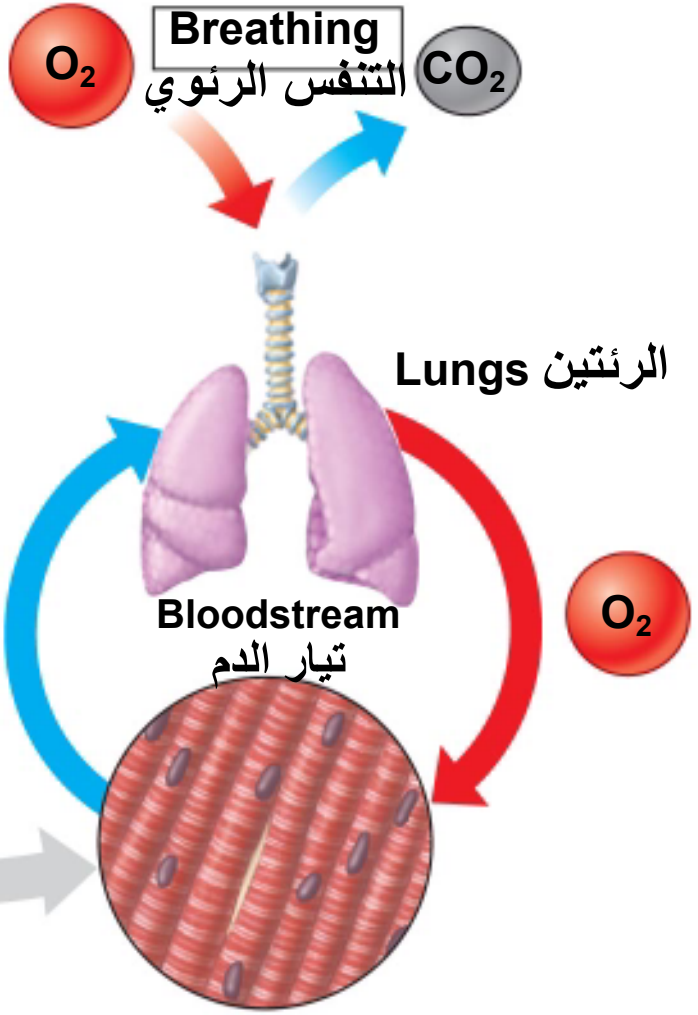
فالتنفس الرئوي ضروري لتبادل ثاني أكسيد الكربون الناتج من التنفس الخلوي بالأوكسجين الجوي

- **Cellular respiration** uses O_2 to help harvest energy from glucose and produces CO_2 in the process

يستخدم **التنفس الخلوي** الاوكسجين للمساعدة في حصد الطاقة من الجلوكوز وإنتاج ثاني أكسيد الكربون في نفس العملية

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.





Muscle cells carrying out تقوم الخلايا العضلية

Cellular Respiration بالتنفس الخلوي

$$\text{Glucose} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{ATP}$$

The connection between breathing and cellular respiration
الارتباط بين التنفس الرئوي والتنفس الخلوي

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc.

6.3 Cellular respiration banks energy in ATP molecules
يخزن التنفس الخلوي الطاقة في جزيئات الـ ATP

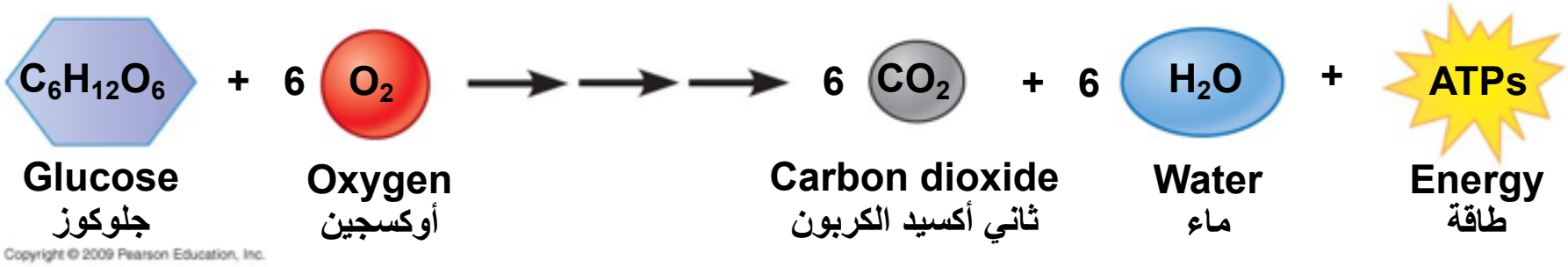
- Cellular respiration is an **exergonic** process that transfers energy from the bonds in glucose to ATP
  - التنفس الخلوي هو عملية **تفاعل محرر للطاقة** والتي تحرر الطاقة المختزنة في روابط جزيء الجلوكوز وتخزينها في ATP
  - Cellular respiration produces 38 ATP molecules from each glucose molecule

    ينتج التنفس الهوائي 38 جزيء ATP من كل جزيء جلوكوز
  - Other foods (organic molecules) can be used as a source of energy as well

    يمكن استخدام المواد الغذائية الآخرى (الجزيئات العضوية) كمصدر للطاقة أيضاً

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Summary equation for cellular respiration
ملخص معادلة التنفس الخلوي



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.4 CONNECTION: The human body uses energy from ATP for all its activities

رابطة تطبيقية : يستمد جسم الإنسان الطاقة اللازمة لأنشطته المختلفة من ATP

- The average adult human needs about 2,200 kcal of energy per day

- يبلغ متوسط ما يحتاجه الإنسان البالغ من السعرات الحرارية حوالي 2,200 سعره حرارية (كيلو كالوري) من الطاقة في اليوم

  - A **kilocalorie** (**kcal**) is 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 (١ °م)

  - This energy is used for body maintenance and for voluntary activities

تستخدم هذه الطاقة لصيانة الجسم وللأنشطة الإرادية

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Energy Consumed by Various Activities (in kcal).
الطاقة المستهلكة في انشطة مختلفة (بالكيلو كالوري)

TABLE 6.4 ENERGY CONSUMED BY VARIOUS ACTIVITIES (IN KCAL)

Activity	Kcal Consumed per Hour by a 67.5-kg (150-lb) Person*
Running (7 min/mi)	979
Dancing (fast)	510
Bicycling (10 mph)	490
Swimming (2 mph)	408
Walking (3 mph)	245
Dancing (slow)	204
Sitting (writing)	28

*Not including kcal needed for body maintenance

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc.

الطاقة المستهلكة في
انشطة مختلفة (بكيلو كالوري)

النشاط	الكيلو كالوري المستهلك في الساعة بواسطة شخص يزن 67,5 كجم (150 رطل) *
الجري (7دقائق / ميل)	979
الرقص (السريع)	510
ركوب الدراجة (10 ميل / ساعة)	490
السباحة (2 ميل / ساعة)	408
المشي (3ميل / ساعة)	245
الرقص (البطيء)	204
الجلوس (الكتابة)	28

* لا تشتمل السعرات المطلوبة في صيانة الجسد

6.5 Cells tap energy from electrons "falling" from organic fuels to oxygen

تستخلص الخلايا الطاقة من الإليكترونات "الهابطة" من الوقود العضوي للأوكسجين

- The energy necessary for life is contained in the arrangement of electrons in chemical bonds in organic molecules
  - الطاقة اللازمة للحياة توجد في منظومة اليكترونات الروابط الكيميائية في الجزيئات العضوية
- An important question is how do cells extract this energy?
  - سؤال هام : كيف تستخلص الخلايا هذه الطاقة؟
- When the carbon-hydrogen bonds of glucose are broken, electrons are transferred to oxygen
  - عندما تنكسر روابط الكربون بالهيدروجين في الجلوكوز ، تنتقل الإليكترونات للأوكسجين
    - Oxygen has a strong tendency to attract electrons

هناك نزعة قوية في الأوكسجين لجذب الإليكترونات

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.5 Cells tap energy from electrons "falling" from organic fuels to oxygen

تستخلص الخلايا الطاقة من الإليكترونات "الهابطة" من الوقود العضوي للأوكسجين

- 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

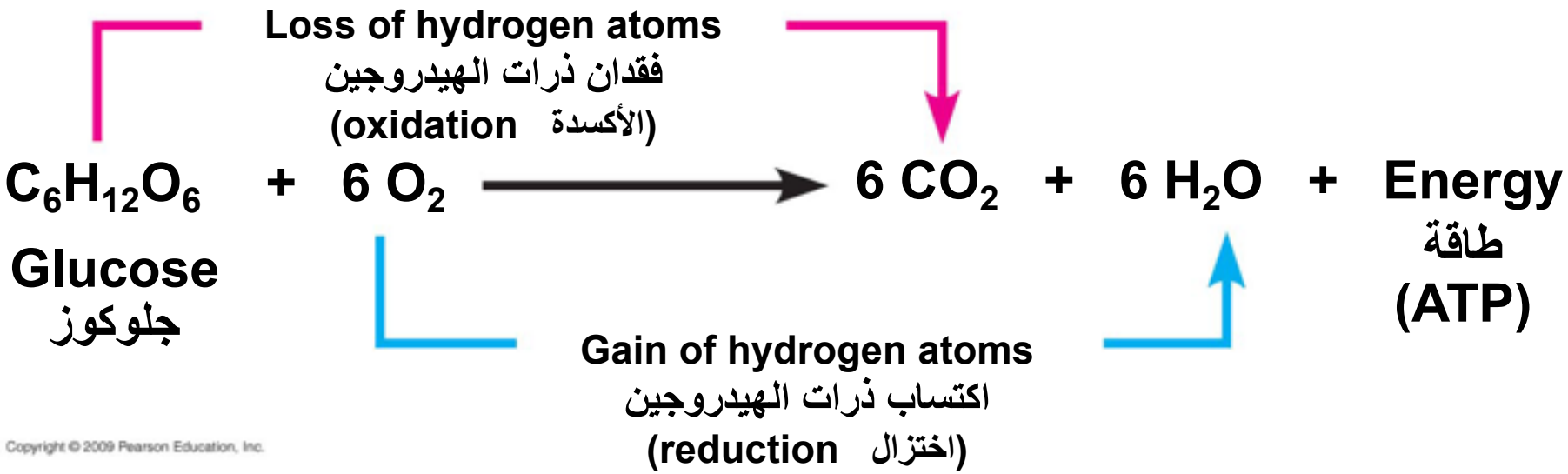
    يفقد الجلوكوز ذرات الهيدروجين ويتحول في النهاية لثاني أكسيد الكربون
  - At the same time, O_2 gains hydrogen atoms and is converted to H_2O

    زفي نفس الوقت يتحد الأوكسجين مع ذرات الهيدروجين ويتحول لماء
    - Loss of electrons is called **oxidation** تسمى فقدان الإليكترونات **بالأكسدة**
    - Gain of electrons is called **reduction** يسمى اكتساب الإليكترونان **بالاختزال**

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

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

إعادة ترتيب ذرات الهيدروجين (بإليكتروناتها) في تفاعل إخسدة التنفس الخلوي



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

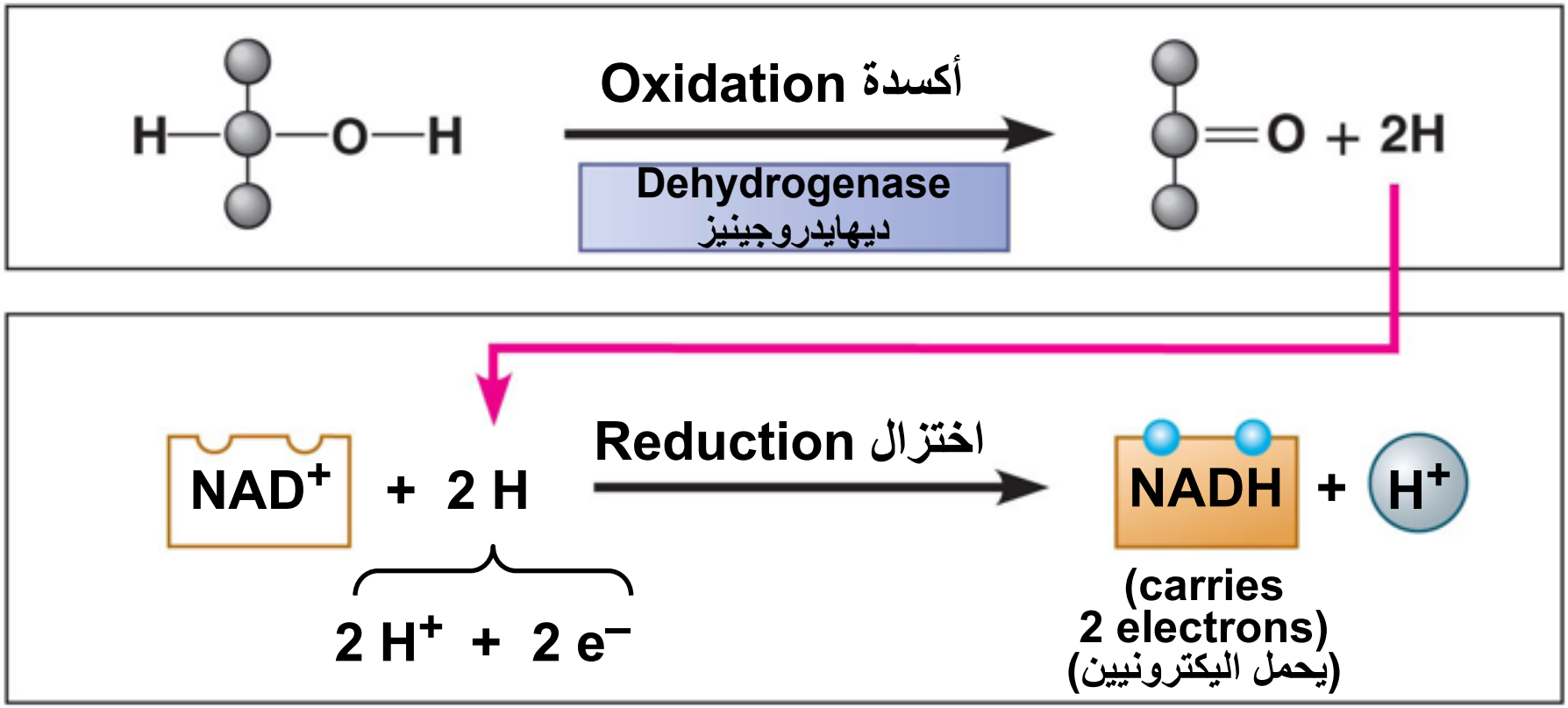
6.5 Cells tap energy from electrons "falling" from organic fuels to oxygen

تستخلص الخلايا الطاقة من الإليكترونات "الهابطة" من الوقود العضوي للأوكسجين

- Enzymes are necessary to oxidize glucose and other foods
- الإنزيمات ضرورية لأكسدة الجلوكوز والأغذية الأخرى
  - The enzyme that removes hydrogen from an organic molecule is called **dehydrogenase**
  - يسمى الإنزيم الذي يزيل الهيدروجين من الجزيء العضوي **بالديهايدروجينيز (انزيم نزع الهيدروجين)**
  - Dehydrogenase requires a coenzyme called **NAD$^+$** (nicotinamide adenine dinucleotide) to shuttle electrons
  - يتطلب الديهايدروجينيز مرافق إنزيمي يسمى بـ **NAD$^+$** (نيوكليتيدة الأدنين نيكوتين أميد الثنائية) لنقل الالكترونات
  - NAD$^+$ can become reduced when it accepts electrons and oxidized when it gives them up
  - يصبح الـ NAD$^+$ مُختزَلا عندما يستقبل اليكترونات ويصبح مُؤَكسد عندما يفقدها

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

pair of redox reactions, occurring simultaneously
زوج من تفاعلات الأخسدة يحدثان في آن واحد



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.5 Cells tap energy from electrons "falling" from organic fuels to oxygen

تستخلص الخلايا الطاقة من الإليكترونات "الهابطة" من الوقود العضوي للأوكسجين

- The transfer of electrons to NAD^+ results in the formation of NADH, the reduced form of NAD^+
  - انتقال الإليكترونات إلى NAD^+ يؤدي لتكوين NADH (الصيغة المختزلة لـ NAD^+)
    - In this situation, NAD^+ is called an electron acceptor, but it eventually becomes oxidized (loses an electron) and is then called an electron donor
    - ويسمى في هذه الحالة الـ NAD^+ مستقبل اليكتروني ، ولكنه في النهاية يصبح مُؤكسداً (يفقد اليكتروناً) وعندها يسمى واهب اليكتروني

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.5 Cells tap energy from electrons "falling" from organic fuels to oxygen

تستخلص الخلايا الطاقة من الإليكترونات "الهابطة" من الوقود العضوي للأوكسجين

- There are other electron "carrier" molecules that function like NAD^+

- يوجد جزيئات أخرى "حاملة" للإليكترون تعمل مثل NAD^+

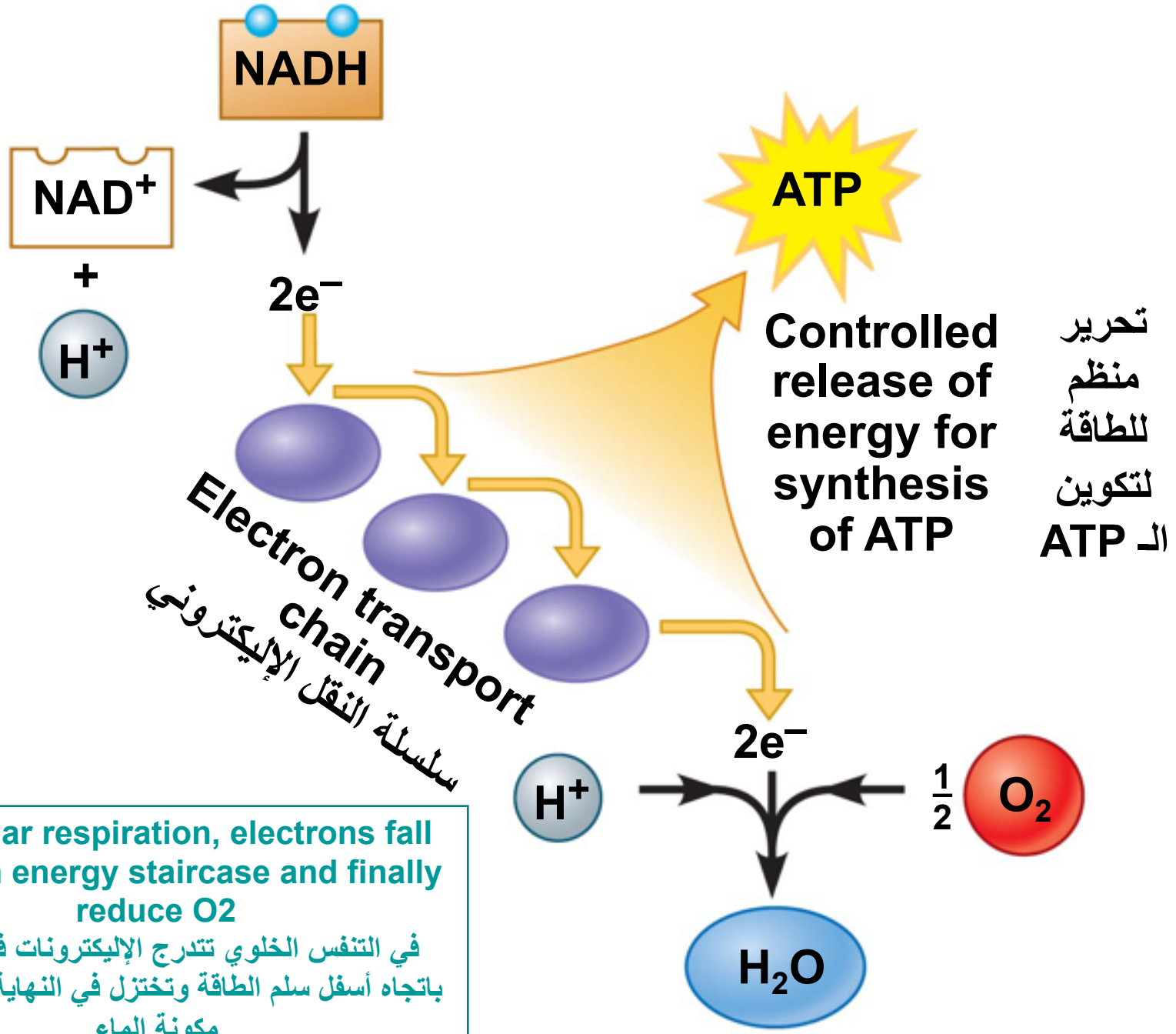
  - They form a staircase where the electrons pass from one to the next down the staircase

  - تنتظم هذه الجزيئات على هيئة سلم حيث يتدرج الإليكترون في النزول من درجة الى اخرى

  - These electron carriers collectively are called the **electron transport chain**, and as electrons are transported down the chain, ATP is generated

  - تسمى هذه الحوامل جملةً **سلسلة النقل الإليكتروني** ، و بانتقال الاليكترونات باتجاه أسفل السلسلة يتولد الـ ATP

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



In cellular respiration, electrons fall down an energy staircase and finally reduce O2

في التنفس الخلوي تتدرج الإليكترونات في الانتقال باتجاه أسفل سلم الطاقة وتختزل في النهاية الأوكسجين مكونة الماء

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

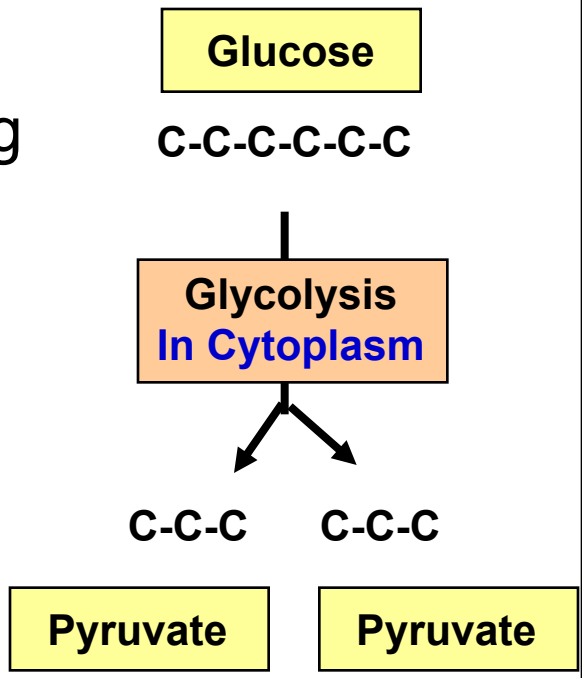
STAGES OF CELLULAR RESPIRATION AND FERMENTATION

مراحل التنفس الخلوي والتخمر

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.6 Overview: Cellular respiration occurs in three main stages
نظرة شاملة : يحدث التنفس الخلوي على ثلاث مراحل رئيسية

- **Stage 1: Glycolysis المرحلة 1: تحلل الجلوكوز**
  - Glycolysis begins respiration by breaking glucose, a six-carbon molecule, into two molecules of a three-carbon compound called pyruvate
  - تبدأ عملية التنفس بتحليل الجلوكوز (جزيء سداسي الكربون) إلى جزيئين من مركب ثلاثي الكربون يسمى بالبايروفيت
  - This stage occurs in the cytoplasm
  - تحدث هذه المرحلة في السيتوبلازم



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.7 Glycolysis harvests chemical energy by oxidizing glucose to pyruvate
تحصد عملية تحلل الجلوكوز الطاقة الكيميائية بأكسدة الجلوكوز إلى بايروفيت

- In glycolysis, a single molecule of glucose is enzymatically cut in half through a series of steps to produce two molecules of pyruvate

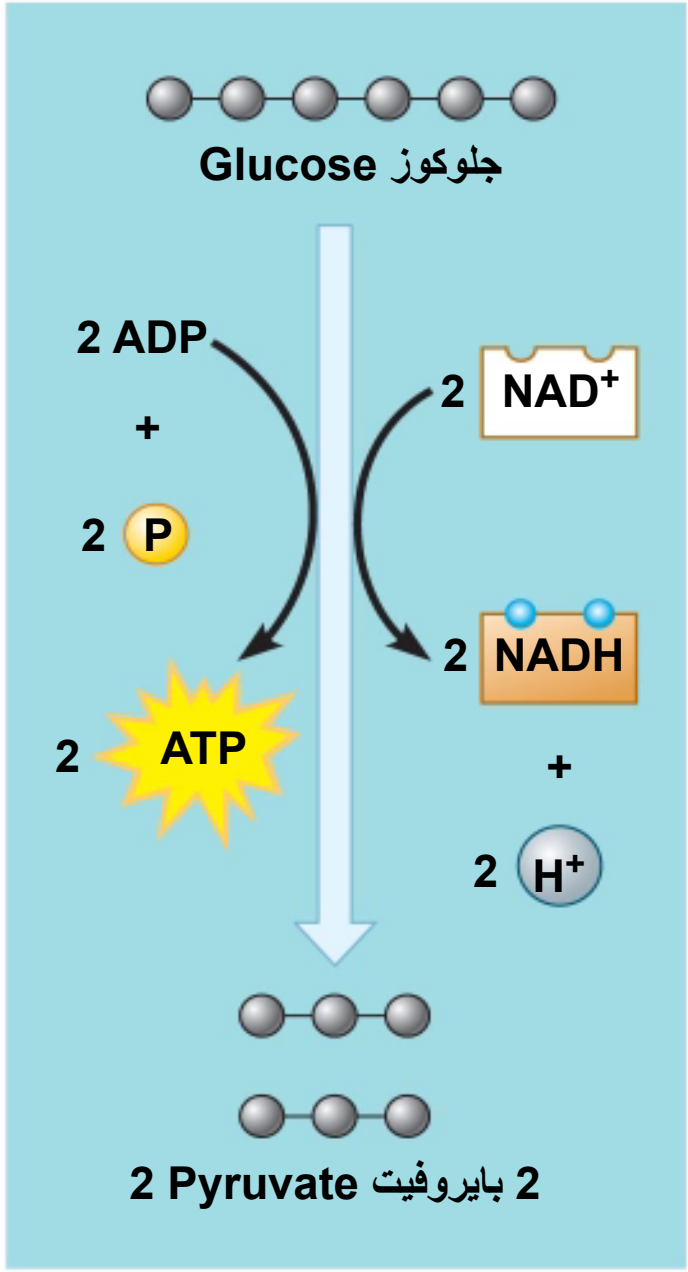
- في عملية تحلل الجلوكوز يقطع جزيء واحد من الجلوكوز إنزيمياً إلى نصفين خلال سلسلة من الخطوات لإنتاج جزيئين من البايروفيت

  - In the process, two molecules of NAD^+ are reduced to two molecules of NADH

  في هذه العملية يختزل جزيئان من NAD^+ إلى جزيئين من NADH

  - At the same time, two molecules of ATP are produced by substrate-level phosphorylation

  ينتج في نفس الوقت جزيئان من ATP بواسطة فسفرة مستوى عامل الانزيم

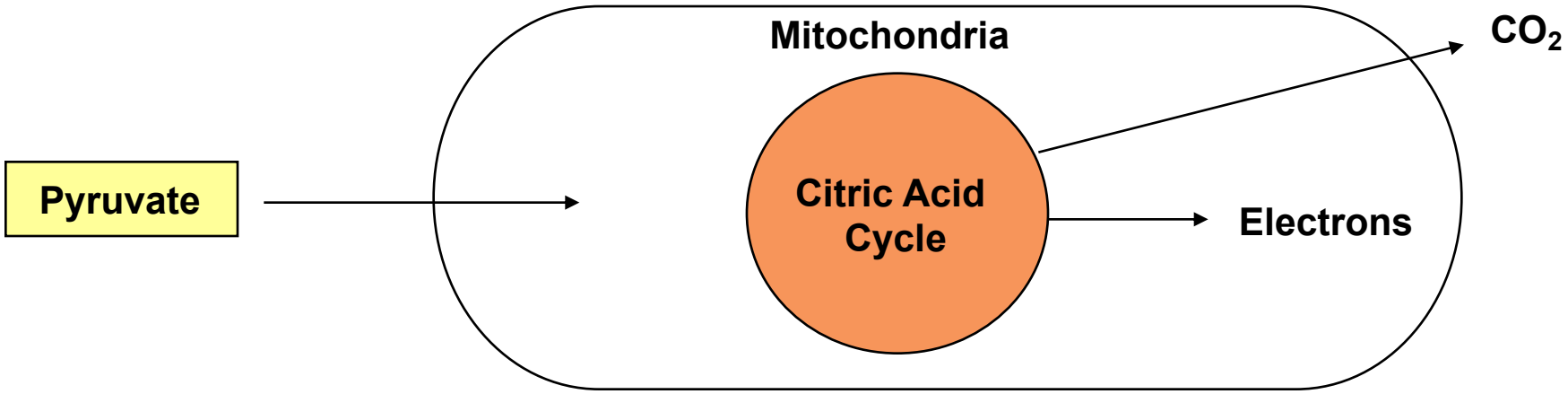


Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

An overview of glycolysis
نظرة شاملة لتحلل الجلوكوز

6.6 Overview: Cellular respiration occurs in three main stages
نظرة شاملة : يحدث التنفس الخلوي على ثلاث مراحل رئيسية

- **Stage 2: The citric acid cycle المرحلة 2: دورة حامض الستريك**
  - The citric acid cycle breaks down pyruvate into carbon dioxide and supplies the third stage with electrons
  - تحلل دورة حمض الستريك البايروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون وتزود المرحلة الثالثة بالإليكترونات
  - This stage occurs in the mitochondria
  - تحدث هذه المرحلة في الميتوكوندريا



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

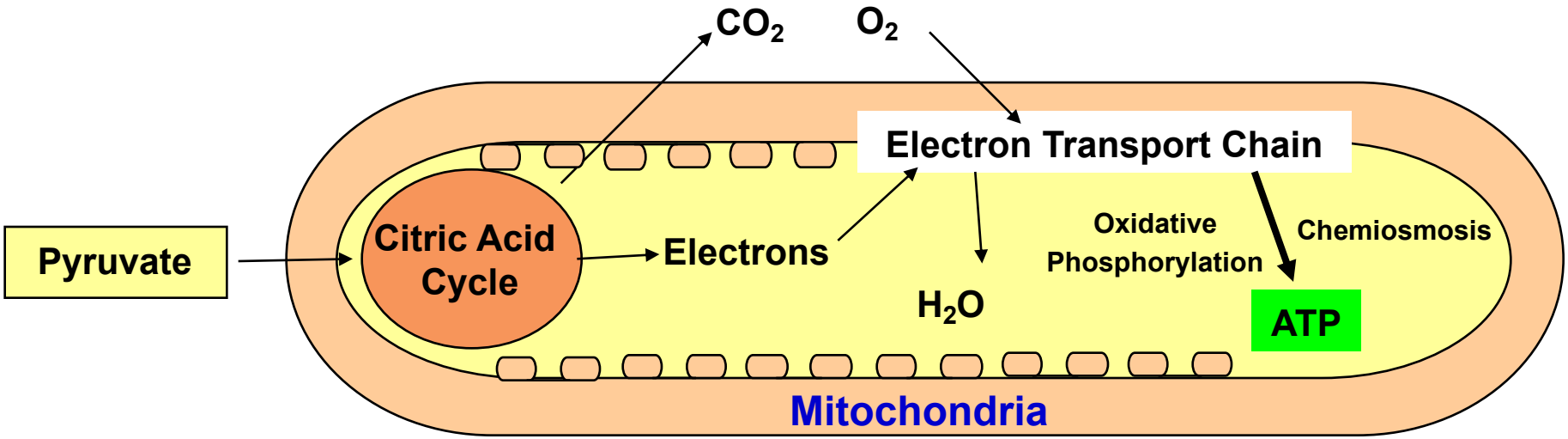
6.6 Overview: Cellular respiration occurs in three main stages
نظرة شاملة : يحدث التنفس الخلوي على ثلاث مراحل رئيسية

- **Stage 3: Oxidative phosphorylation** **المرحلة 3: الفسفرة المؤكسِدة**
  - At this stage, electrons are shuttled through the electron transport chain

    خلال هذه المرحلة تنتقل الإليكترونات عبر سلسلة النقل الإليكتروني
  - As a result, ATP is generated through oxidative phosphorylation associated with chemiosmosis

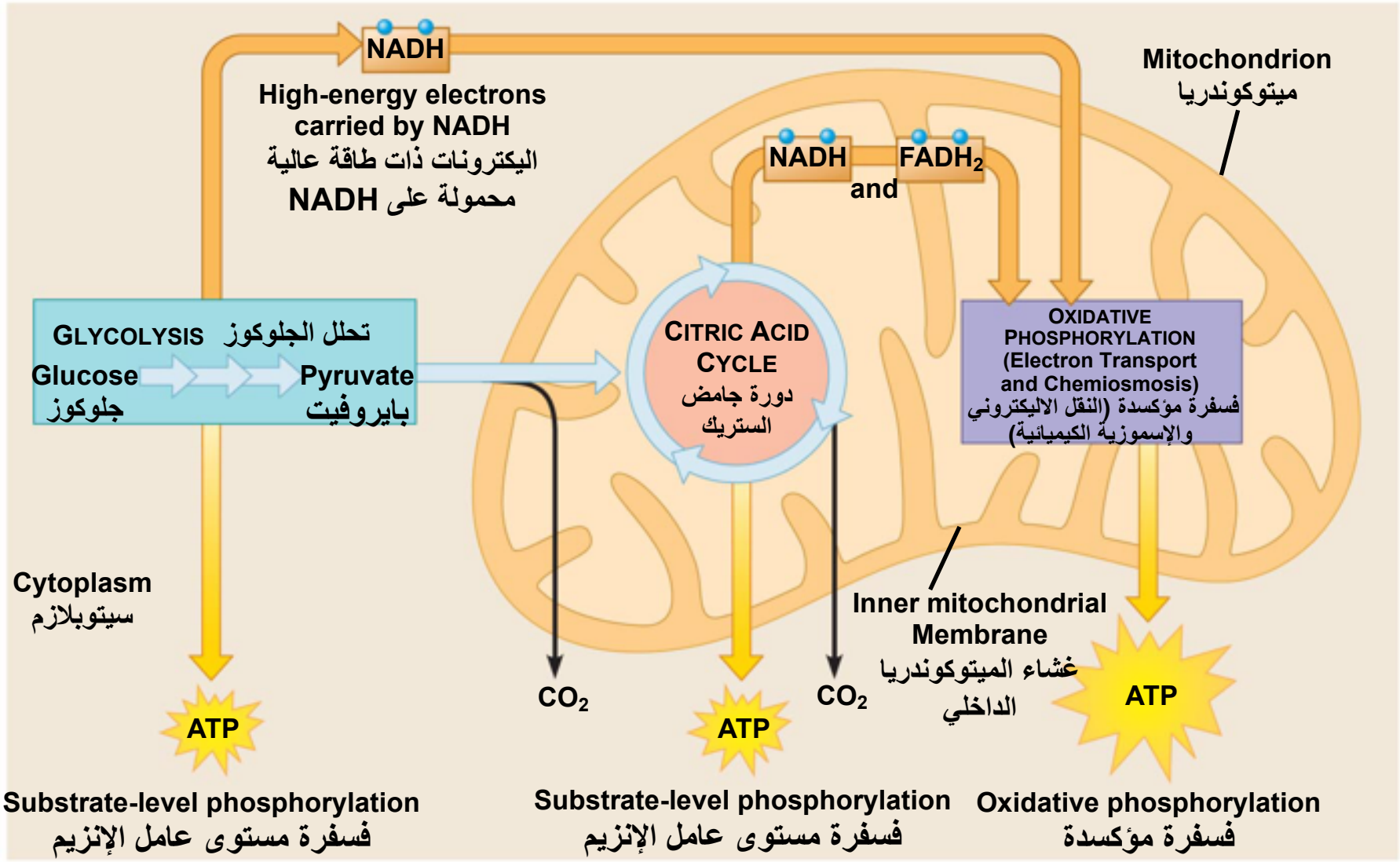
    ونتيجة لذلك يتولد الـ ATP من خلال الفسفرة المؤكسِدة المرتبطة بالإسموزية الكيميائية
  - This stage occurs in the inner mitochondrion membrane

    تحدث هذه المرحلة في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

An overview of cellular respiration
نظرة شاملة للتنفس الخلوي



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.13 Fermentation enables cells to produce ATP without oxygen

يجعل التخمر الخلايا قادرة على انتاج ATP دون الحاجة الى الأوكسجين

- Fermentation is an anaerobic (without oxygen) energy-generating process
  - التخمر هو عملية توليد الطاقة لا هوائيا (دون الحاجة لأوكسجين)
    - It takes advantage of glycolysis, producing two ATP molecules and reducing NAD^+ to NADH
      - يستفيد من التحلل الجلوكوزي بإنتاج جزيئين ATP واختزال NAD^+ إلى NADH
    - The trick is to oxidize the NADH without passing its electrons through the electron transport chain to oxygen
      - تكمن الفكرة في أكسدة NADH دون تمرير اليكتروناته خلال سلسلة النقل الاليكتروني للأوكسجين

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.13 Fermentation enables cells to produce ATP without oxygen

يجعل التخمر الخلايا قادرة على انتاج ATP دون الحاجة الى الأوكسجين

- Your muscle cells and certain bacteria can oxidize NADH through **lactic acid fermentation**

- يمكن أن تؤكسد خلاياك العضلية وبعض أنواع البكتيريا مركب الـ NADH من خلال **تخمر الحامض اللبني**

  - NADH is oxidized to NAD^+ when pyruvate is reduced to lactate

  - يتأكسد الـ NADH إلى NAD^+ عندما يختزل البايروفيت إلى اللاكتيت

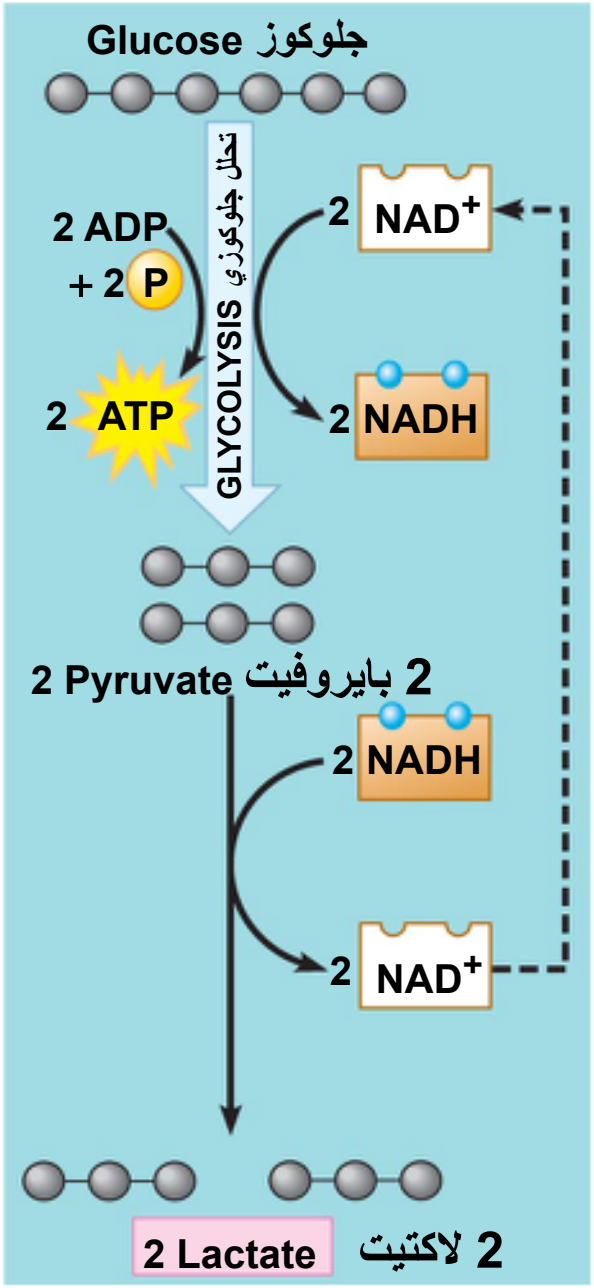
  - In a sense, pyruvate is serving as an “electron sink,” a place to dispose of the electrons generated by oxidation reactions in glycolysis

  - بمعنى ان يعمل البايروفيت ”كحوض اليكتروني“ ، مكان تلقى فيه الإليكترونات الناتجة من تفاعلات الأكسدة في تحلل الجلوكوز

PLAY **Animation: Fermentation Overview**

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Lactic acid fermentation
تخمر الحامض اللبني



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

6.13 Fermentation enables cells to produce ATP without oxygen

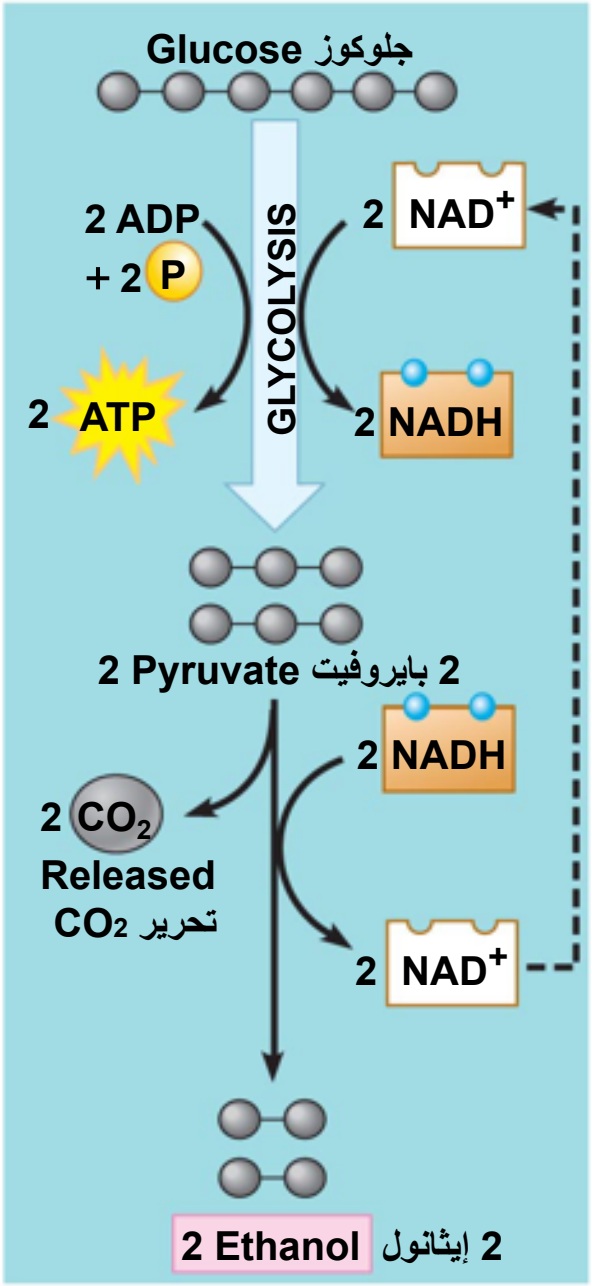
يجعل التخمر الخلايا قادرة على انتاج ATP دون الحاجة الى الأوكسجين

- The baking and winemaking industry have used **alcohol fermentation** for thousands of years
  - تم استخدام **التخمر الكحولي** في صناعة الخبز ووفي صناعة النبيذ لآلاف السنين
    - 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
    - They convert pyruvate to CO_2 and ethanol while oxidizing NADH back to NAD^+
    - تحول الخمائر البايروفيت لثاني أكسيد الكربون وكحول إيثيلي بينما تقوم بأكسدة الـ NADH إلى NAD^+

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Alcohol fermentation

تخمر الكحول



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

INTERCONNECTIONS BETWEEN MOLECULAR BREAKDOWN AND SYNTHESIS

الترابط بين هدم وبناء الجزيئات

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

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

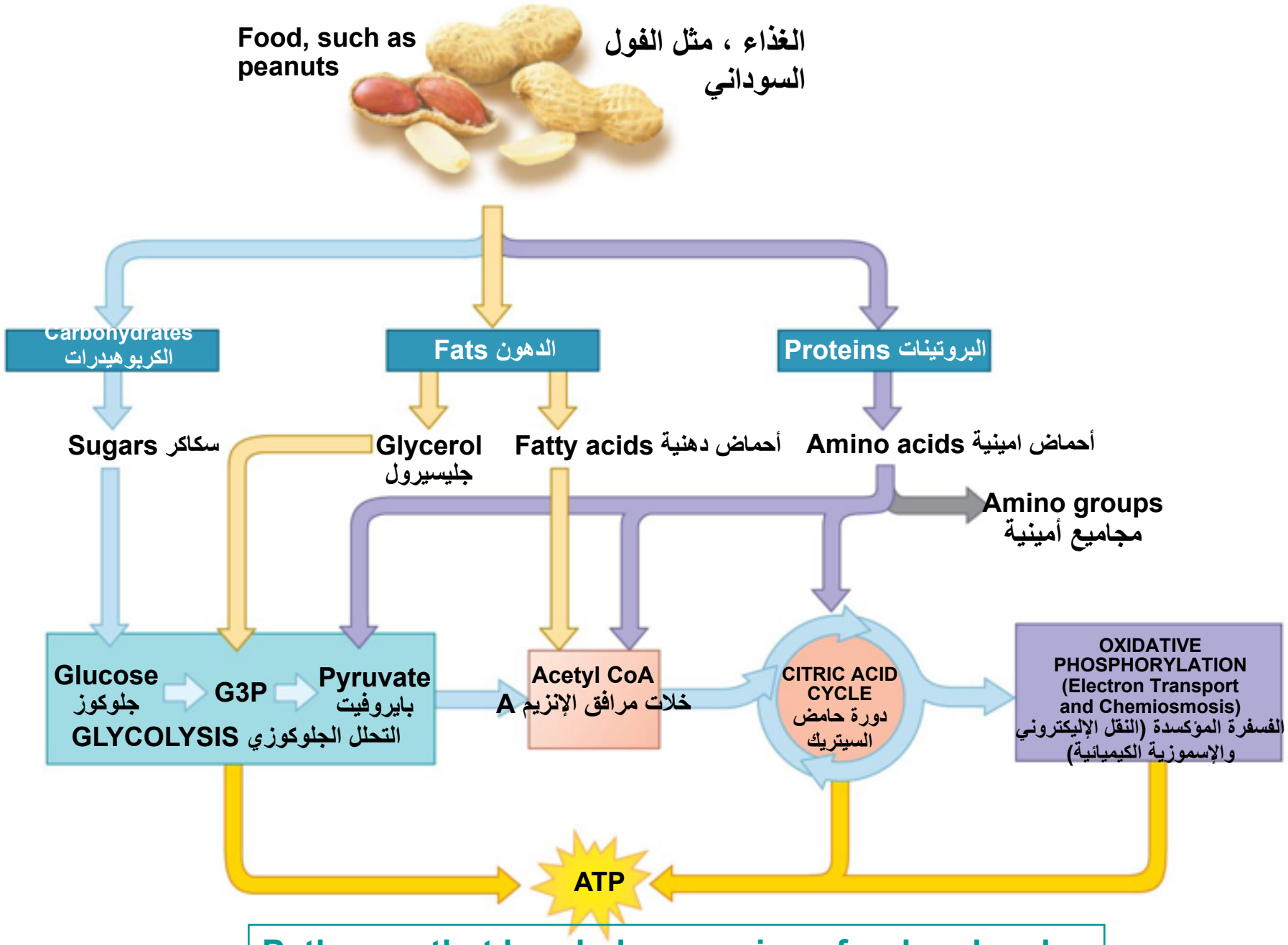
تستخدم الخلايا العديد من المركبات العضوية كوقود للتنفس الهوائي

- Although glucose is considered to be the primary source of sugar for respiration and fermentation, there are actually three sources of molecules for generation of ATP

- بالرغم من اعتبار الجلوكوز مصدر السكر الرئيسي للتنفس والتخمر ، إلا أنه يوجد ثلاثة مصادر جزيئية أخرى لتوليد الـ ATP

  - **Carbohydrates** (disaccharides) الكربوهيدرات (السكريات الثنائية)
  - **Proteins** (after conversion to amino acids) البروتينات (بعد التحول لأحماض أمينيه)
  - **Fats** الدهون

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Pathways that break down various food molecules

مسارات هدم جزيئات الغذاء المختلفة

AN OVERVIEW OF PHOTOSYNTHESIS

نظرة شاملة للبناء الضوئي

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.