الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

السنة الأولى

علم الحياة الحيوانية

د.حسن حلمي خاروف

المحاضرة الخامسة

125

cellular respiration and fermentation

التنفس الخلوي والتخمر

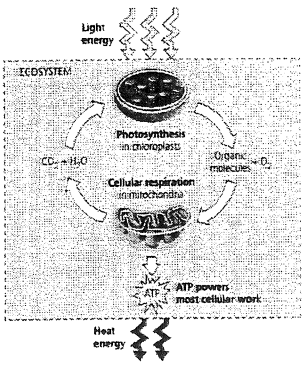
Biology (Campbell, P. 160-177)

Life is work الحياة هي عمل

* لكي تقوم الخلايا بفعالياتها (مثل تركيب الجزيئات وَضَخ المواد عبر الغشاء والتحرك) تحتاج إلى طاقة ... تأتي بالأصل من الشمس التي تستخدمها النباتات لتقوم بالتركيب الضوئي للسكريات في الصانعات الخضراء بامتصاص ثنائي أكسيد الكربون والماء وتحرير الأكسجين

* Living cells, to perform activities (assembling molecules, pumping material across membrane and moving etc....), **need energy from outside** ... from **food** that comes from the sun, by **photosynthesis** in plants ... takes place in **chloroplasts**, makes organic matter **from CO_2 and H_2O, and releasing O_2**.

* **تتحرر هذه الطاقة** ثانية بتفاعلات كيميائية تسمى **التنفس الخلوي** cellular respiration يستخدم بعضها في الفعاليات المختلفة لكن يتم حفظ ما يزيد عن ذلك في حوامل للطاقة energy carriers هي **الأتب ATP** التي، لذلك، تسمى **energy currency**.



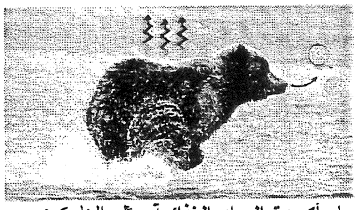
تذكّر .. الاستقلاب metabolism ... ابتناء anabolism و هدم metabolism

* تذكّر .. الاستقلاب metabolism ... ابتناء anabolism و هدم catabolism

9.1 مسالك الهدم تحرر طاقة بأكسدة الوقود العضوي

Catabolic Pathways Yield Energy by Oxidizing Organic Fuels.

* مسالك الهدم تُنتج الأتب catabolic pathways produce ATP لكن يضيع بعضها بشكل حرارة



* يتم تحريرها بأكسدة المواد الغذائية مثل الغلوكوز ... لكن هناك مصدر آخر للطاقة هو التخمر

* هناك مصدر آخر للطاقة ... التخمر .. Fermentation (تنفس لاهوائي anaerobic respiration)، لكن كميات الطاقة المحررة بهذه الطريقة أقل low amounts of energy

* لذلك الكمية الكبيرة من الطاقة اللازمة للخلية تأتي من التنفس الخلوي (الذي يحدث في المتقدرات) نتيجة أكسدة المواد العضوية، والقليل من التخمر

So ... organic compound + oxygen $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$ + energy

مثال ذلك أكسدة الغلوكوز

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{energy (ATP + heat)}$$

* هذا التفاعل يسمى أكسدة oxidation ... لكن هذا التفاعل يصاحبه عادة تفاعل إرجاع reduction

لذا تسمى العملية أكسدة - إرجاع oxidation –reduction (REDOX)

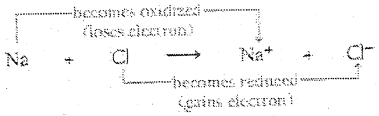
* لكن يمكن أن تتم الأكسدة والإرجاع أيضاً بنقل الإلكترونات ؟؟؟؟

* إذن تحرير الطاقة تتم **بتفاعلات محررة للطاقة** exergonic reactions، **ولكن تتم أيضاً بنقل إلكترونات electron transfer** الذي يترافق أيضاً بتحرير الطاقة التي تربط الجزيئات بعضها ببعض.
* أي تغيير موقع الإلكترونات يحرر الطاقة في المادة العضوية تستخدم لتركيب الـ ATP. لذا سُمّي هذا تفاعل أكسدة-إرجاع redox reaction .

- خسارة الإلكترونات تسمى أكسدة ... the loss of electrons is called oxidation

- ربح الإلكترونات يسمى إرجاع .. the gain of electrons is called reduction.

* When NaCl when ionized ....

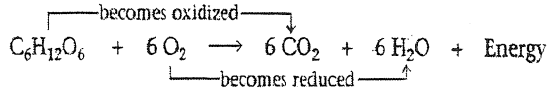


* هذا ينطبق أيضاً على المادة العضوية ... خاصة الغلوكوز في الجملة الحية ....

This applies also to organic material …glucose

Oxidation of Organic Fuel Molecules During Cellular Respiration

* Energy for biological reactions comes from **burning glucose**



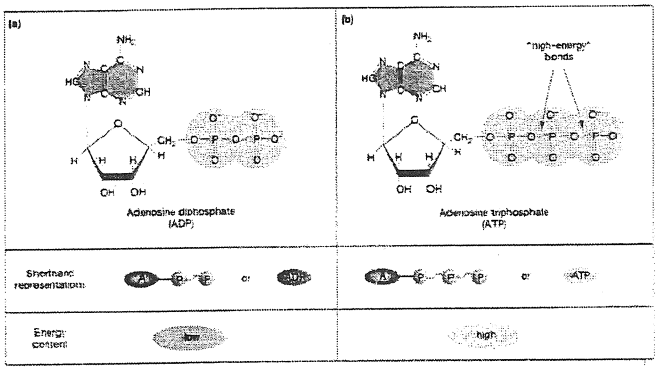
* **من أين تأتي هذه الطاقة** ؟ ... من حرق الهيدروجين .. روابطها تتضمن **إلكترونات** .. بصورة عامة المواد الغنية بالهيدروجين هي المصدر الرئيسي للطاقة.
* **ماهي المصادر الرئيسية للطاقة ؟... السكريات والليبيدات ... والبروتينات عند نفاذ هذه ...**

.... **بعض الأعضاء تفضل السكريات ... الدماغ يستعمل الغلوكوز فقط ... مرضى السكري diabetes**

بعض الأعضاء يفضل الليبيدات ... العضلات ... الرياضة والريجيم

* التفاعلات تحرر الطاقة ... تُحفَظ الطاقة المتحررة في الأتب ATP ..... ما هو الأتب ؟

* أهم حامل الطاقة The main energy carriers

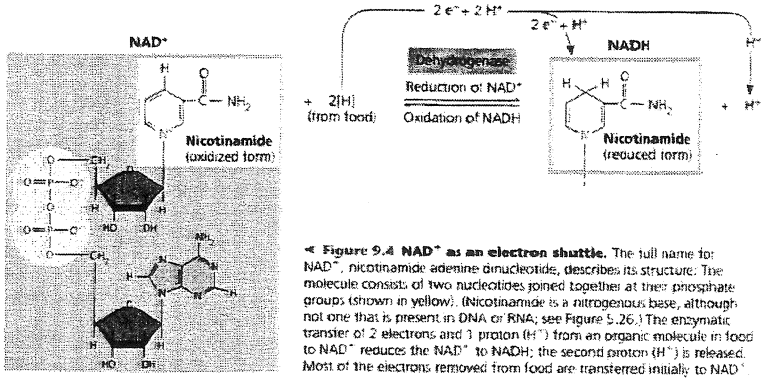


* لكن هناك مصدر آخر للطاقة ... NAD

... * **but there is another source of energy** ... NAD

Nicotinamide Adenine Dinucleotide

Nicotinamide Adenine Dinucleotide



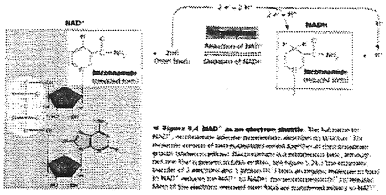
◀ **Figure 9.4 NAD⁺ as an electron shuttle.** The full name for NAD⁺, nicotinamide adenine dinucleotide, describes its structure: The molecule consists of two nucleotides joined together at their phosphate groups (shown in yellow). (Nicotinamide is a nitrogenous base, although not one that is present in DNA or RNA; see Figure 5.26.) The enzymatic transfer of 2 electrons and 1 proton (H^+) from an organic molecule in food to NAD^+ reduces the NAD^+ to NADH; the second proton (H^+) is released. Most of the electrons removed from food are transferred initially to NAD^+

الحصول على الطاقة على مراحل بـ "ناد" ومنظومة نقل الإلكترونات

Stepwise Energy Harvest via NAD and the Electron Transport System

التنفس الخلوي يحرر الطاقة من الغلوكوز بخطوات .. تتضمن **نزع إلكترونات** (مع بروتونات بصورة هيدروجين) إلى حامل إلكترونات هو الناد NAD^+ نيكوتين أميد أدينين ثنائي النواتيد (Nicotinamide Adenine Dinucleotide) فيصبح NADH مُرجَع

* Cellular respiration releases energy from glucose in **series of steps**, by **stripping electrons (with a proton as hydrogen)** to electron carrier .. NADH (Nicotinamide Adenine Dinucleotide .. reduced) ..



* إذن ناد هو عامل مُؤكسد بنقل إلكترونات في سلسلة نقل إلكترونات

thus NAD^+ is an **oxidizing agent** .. in **electron transport chain**

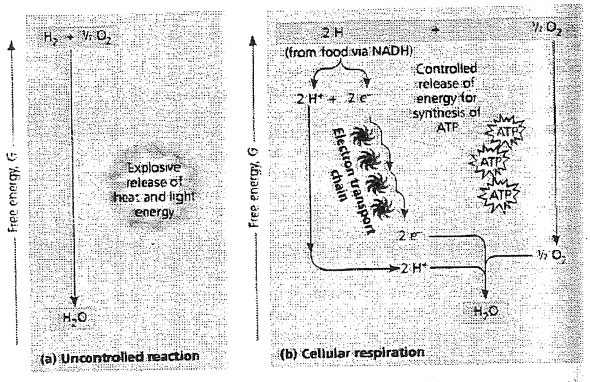
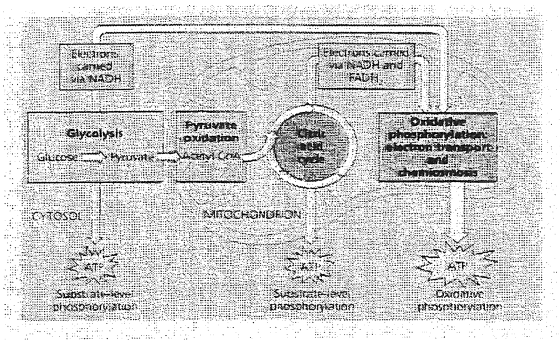


Figure 9.5 An introduction to electron transport chains. (a) The one-step exergonic reaction of hydrogen with oxygen to form water releases a large amount of energy in the form of heat and light: an explosion. (b) In cellular respiration, the same reaction occurs in stages. An electron transport chain breaks the "fall" of electrons in this reaction into a series of smaller steps and stores some of the released energy in a form that can be used to make ATP. (The rest of the energy is released as heat.)

The stages of Cellular Respiration مراحل التنفس الخلوي

1- **glycolysis** تحلل سكري ..... (in cytosol)
2- **Pyruvate oxidation** أكسدة البيروفات (in mitochondria)
3- **Kreps cycle** دورة كريس (**citric acid cycle** دورة حمض الليمون) (in mitochondria)
4- **Oxidative phosphorylation** فسفرة تأكسدية (**electron transport chain**) سلسلة نقل الإلكترونات (in mitochondria)



9.2- التحلل السكري يجني الطاقة بأكسدة الغلوكوز إلى بيروفات

glycolysis harvests chemical energy by oxidizing glucose to pyruvate

1. **التحلل السكري Glycolysis (إمبدِن ماير هوف Embden Myerhoff)**

10 تفاعلات ..... في ثلاث مراحل :

- **توظيف الطاقة energy investment**
- **شطر الفروكتوز fructose cleavage**
- **تحرير الطاقة energy liberation**