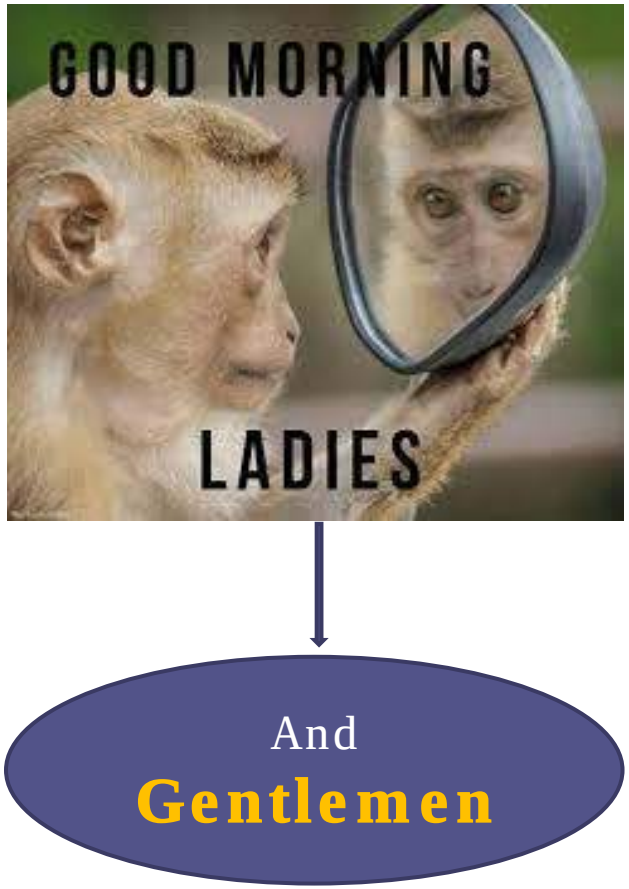
مقدمة في علم الكيمياء الحيوية

د. رنا الحلاق

Biochemistry Club KAU
BE ACTIVE & CREATIVE

الكيمياء الحيوية

يعتبر علم الكيمياء الحيوية (الحياتية) من العلوم الحديثة التي لا يتعدى تاريخها الـ200 سنة، وفي الحقيقة لم يظهر هذا المصطلح إلا عام 1903م بواسطة الكيميائي الألماني كارل نيوبرج Carl Neuberg. وقبل ذلك ارتبطت الكيمياء الحيوية بالكيمياء العضوية والفسيولوجيا وعلوم الأحياء والصيدلية. وحاليا تسهم الكيمياء الحيوية كركيزة في بناء علوم أخرى مثل الهندسة الوراثية، التقانة الحيوية، صناعة الأدوية والعقاقير ومكافحة الأمراض...



ماذا يعني مصطلح الكيمياء الحيوية

إن كلمة Biochemistry مكونة من شقين:

- Bio: وهي اختصار لكلمة Biology، أي علم الحياة
- Chemistry: وهي علم الكيمياء

وبالتالي، فالـ Biochemistry هو علم كيمياء الحياة.. أي العلم الذي يدرس **الأساس الكيميائي للحياة.**

Biochemistry is the **science of the chemical basis of life**

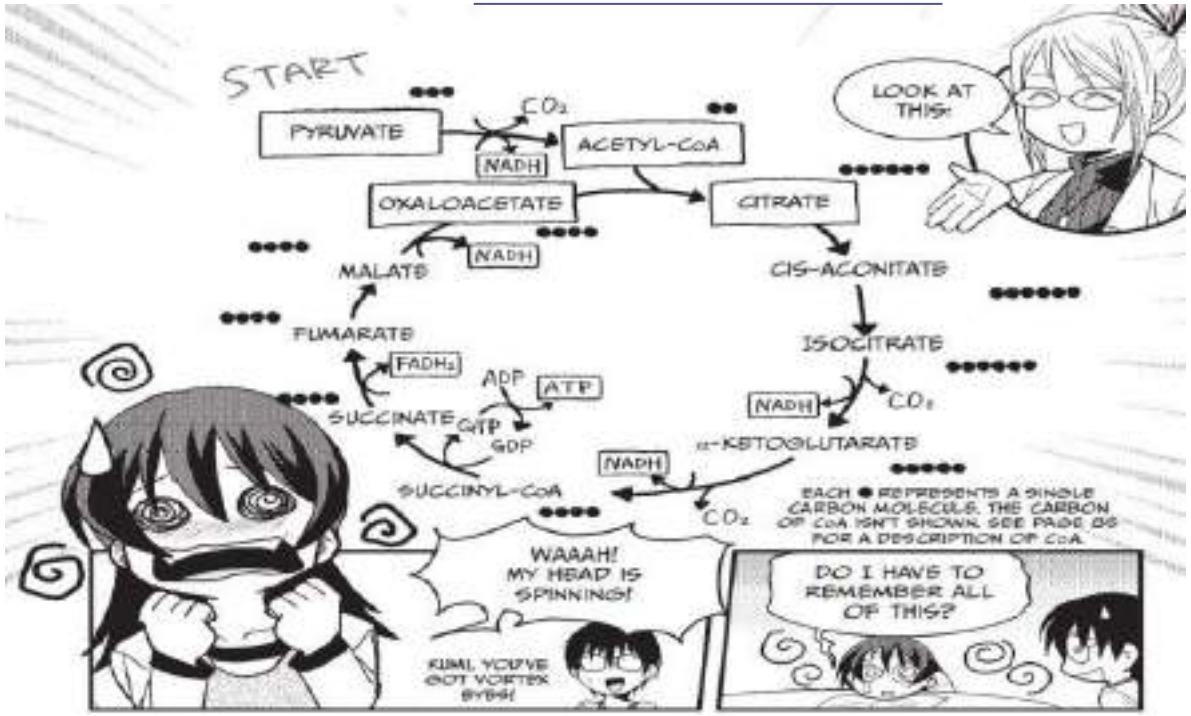
وبالمجمل، فالكيمياء الحيوية

هي أحد فروع العلوم الطبية التي تختص بدراسة كل ما هو متعلق بالحياة والآليات الاستقلابية لدى الكائنات الحية سواء أكانت كائنات دقيقة، كالجراثيم والفطريات، أو راقية كالإنسان والحيوان.

يركز علم الكيمياء الحيوية على **دراسة المكونات الخلوية** للكائنات الحية من حيث التراكيب الكيميائية لهذه المكونات، ومناطق تواجدها ووظائفها الحيوية فضلا عن **دراسة العمليات والتفاعلات الحيوية المختلفة (الاستقلاب)** التي تحدث داخل هذه الخلايا الحية من حيث البناء والتخليق anabolism، أو من حيث الهدم وانتاج الطاقة catabolism

ونظراً لتشعب فروع علم الكيمياء الحيوية فانه تم تقسيمها إلى ثلاثة اتجاهات رئيسية وهي:

١- دراسة التركيب الكيميائي لمكونات الخلايا من حيث النوع والكم، وسمى هذا المجال بالكيمياء الحيوية التركيبية .
٢- دراسة فزيولوجية لمكونات الخلايا الحية والتحولات الغذائية وانتاج الطاقة، و سمى هذا المجال بالكيمياء الحيوية الفسيولوجية والحركية .
٣- دراسة وظيفة المركبات الحيوية داخل الخلايا و العلاقة بينها وبين وظائف الاعضاء والأنسجة، وسمى هذا المجال بالكيمياء الحيوية الوظيفية .



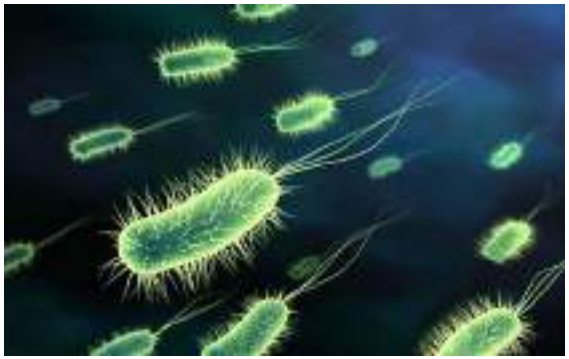
الخلية: أصغر وحدة تركيبية ووظيفية في الكائنات الحية

تقسم الخلايا إلى:

1-الخلايا طليعية النواة أو بدائية النواة Prokaryotic cells

2- الخلايا حقيقية النواة

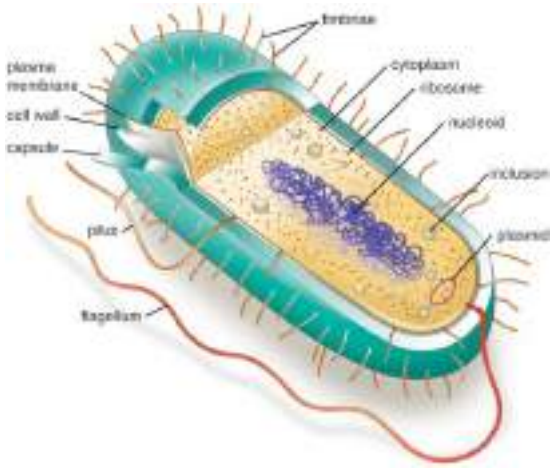
Eukaryotic cells



الخلايا طليعية النوى (بدائيات النوى) Prokaryotic cells

وتشمل خلايا الجراثيم والطحالب الخضراء_ الزرقاء بالإضافة للريكتسيات، وتتصف بما يلي:

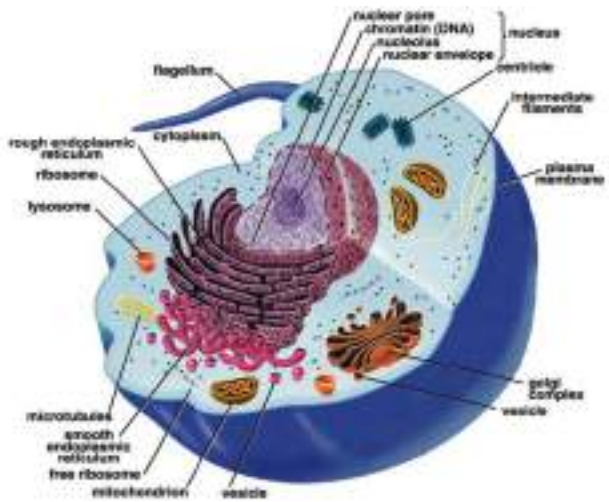
- تمتلك جدار صلب مكون من الببتيدات والسكريات (الببتيدوغليكان)
- يقع الغشاء البلازمي مباشرة تحت الجدار الخلوي
- لايوجد نواة واضحة ولا غشاء نووي
- يتوضع صبغي واحد من الـ DNA في منطقة غير منتظمة الحدود (تدعى الجسم النووي)
- لاتحتوي على المتقدرات ولا على جهاز غولجي
- لاتحتوي على جسيمات حالة



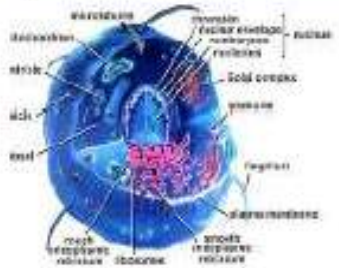
الخلايا حقيقيات النوى Eukaryotic cells

وتشمل الخمائر والفطريات، النباتات والحيوانات:

- يتألف الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من الشحميات تتخللها بعض البروتينات وسكريات مقترنة
- تحوي على غشاء يفصل النواة عن مكونات الخلية
- تمتلك ريبوسومات بالإضافة إلى الشبكة الهيولية الباطنة
- توجد فيها متقدرات يختلف عددها حسب نمط الخلية ووظيفتها
- يوجد فيها جهاز غولجي
- تحوي جسيمات حالة



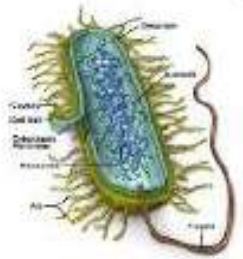
Eukaryotic Cell



* Nucleus
* Membrane bound organelle
* Cytoskeleton
* Complex

- Cytoplasm
- DNA
- Plasma Membrane

Prokaryotic Cell



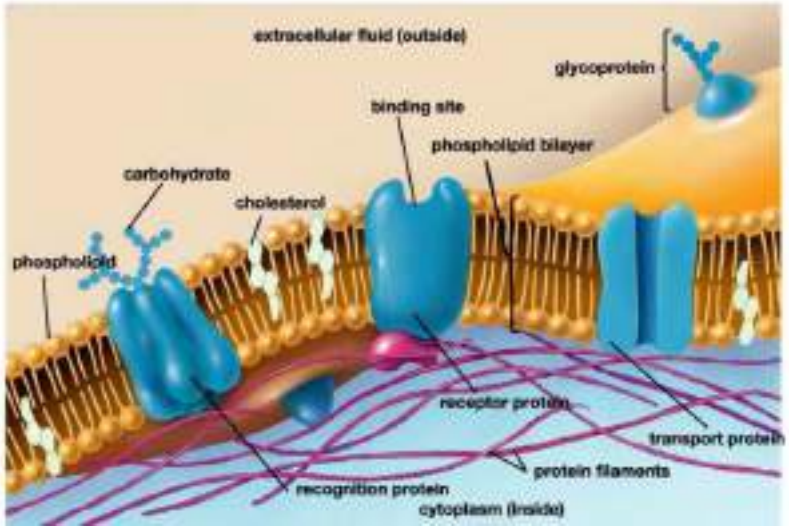
* No Nucleus
* No Membrane bound Organelle
* No Cytoskeleton
* Simple

Cell membrane

The outer membrane of cell that **protects** and controls **movement** in & out

- Double layer (phospholipid bilayer)
- Selectively permeable
- Boundary between the cell and the environment
- All cells have this!!

Extracellular



Intracellular

Nucleus

Directs cell activities

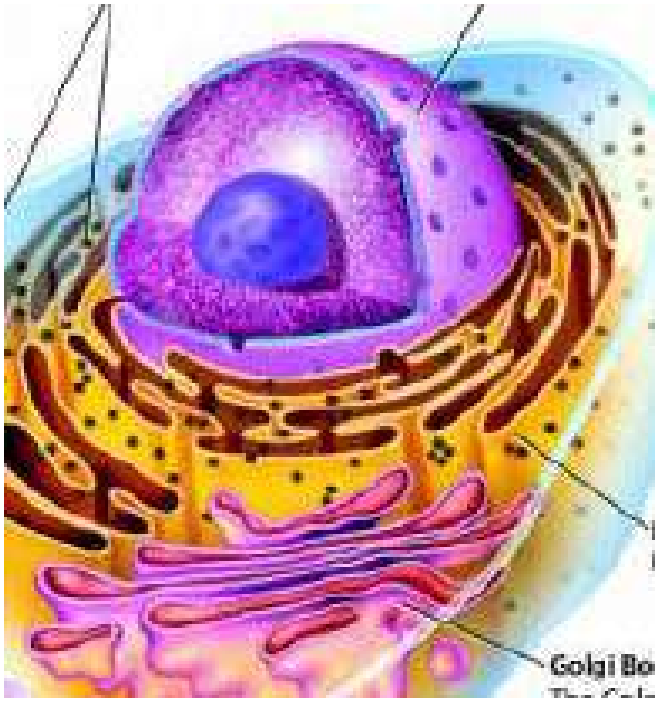
- Separated from cytoplasm by nuclear membrane
- Contains genetic material – DNA

Nuclear Membrane:

- Surrounds nucleus
- Made of two layers
- Openings allow material to enter and leave nucleus

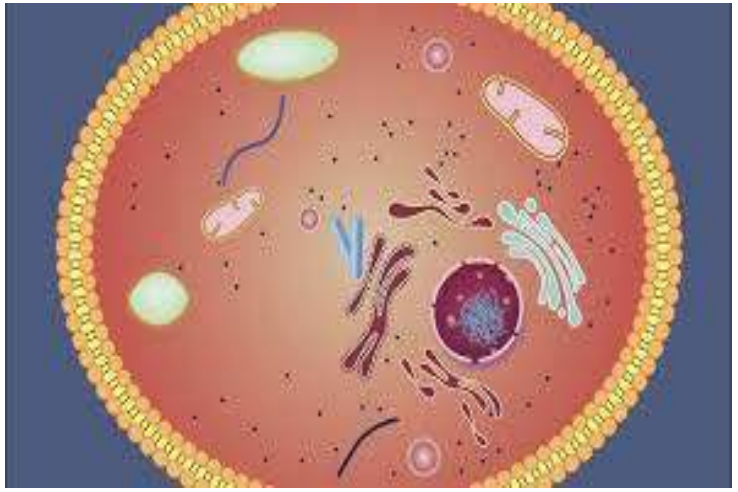
Nucleolus:

- Inside nucleus
- Contains RNA to build proteins



Cytoplasm

- Gel-like mixture
- Surrounded by cell membrane (the area outside the nucleus)
- All of the organelles are suspended (float) in it



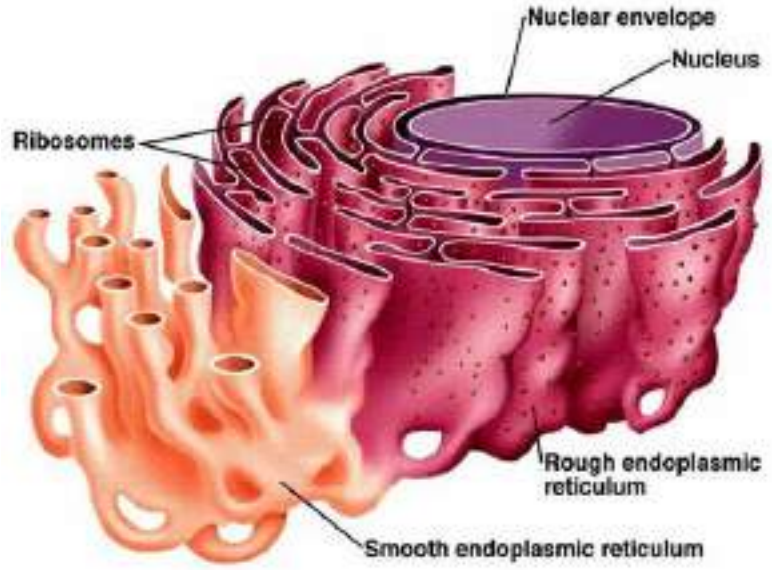
Cytoplasm = everything between the plasma membrane and the nuclear compartment

Endoplasmic Reticulum

A system of tubes & sacs formed by membranes (an enclosed space)

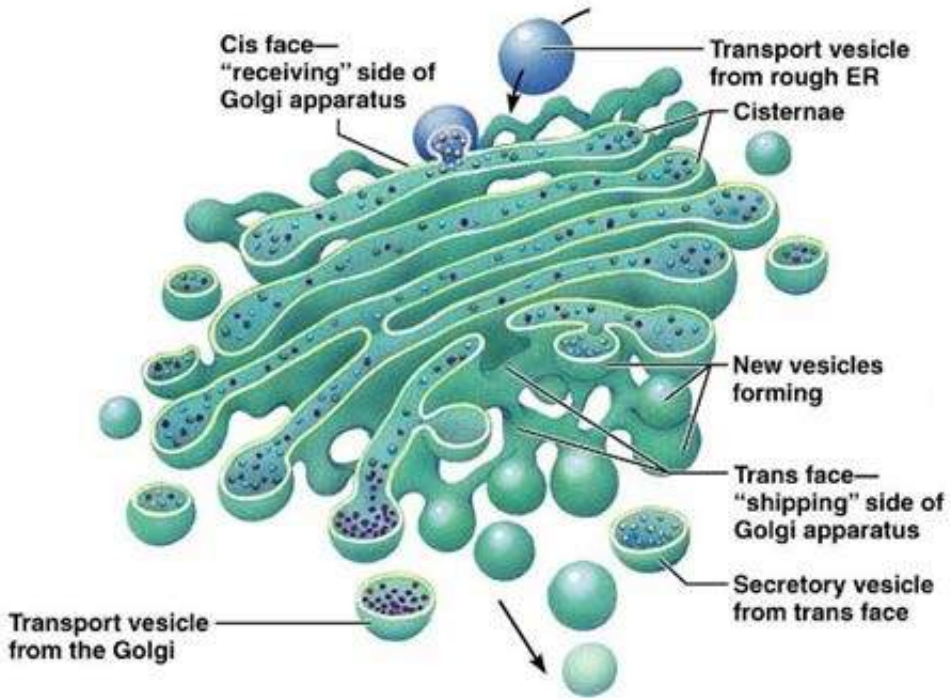
It has 2 types:

- Smooth ER: lacks ribosomes
  - Lipid synthesis, drug detoxification, carbohydrate metabolism
- Rough type: ribosomes embedded in surface
  - Transports proteins to the Golgi body

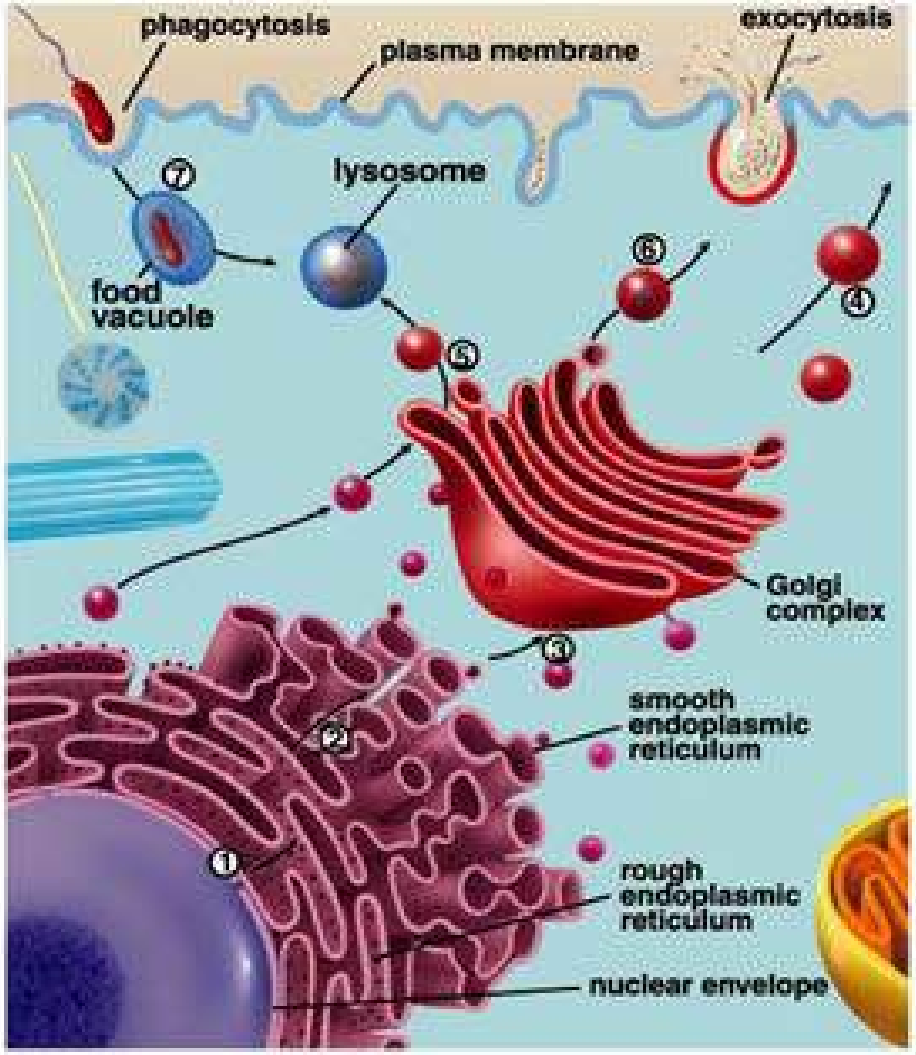


Golgi Apparatus

- **Sorts proteins and packs them into vesicles to be sent to appropriate destinations (like mail being sorted a the post office)**



Vesicles move from ER to Golgi



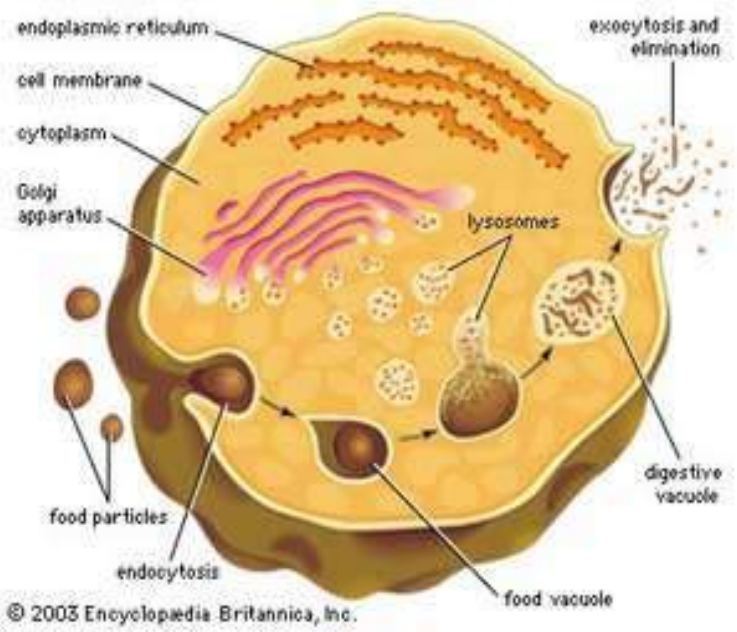
Lysosomes

- **Lysosome** = Digestive sac for proteins, fats, &carbohydrates that contains digestive enzymes

a. merges with vesicles containing food particles, invading bacteria

b. harsh chemicals and enzymes degrade the food or bacteria, without harming rest of cell

c. Transports undigested material to cell membrane for removal



Mitochondrion

major source of cell's energy

a. energy is taken from sugar, stored in molecule

called ATP (adenosine triphosphate)

b. requires oxygen to make this exchange

(aerobic metabolism)

c. Cristae – inner membrane

Matrix – inner membrane space

Mitochondria

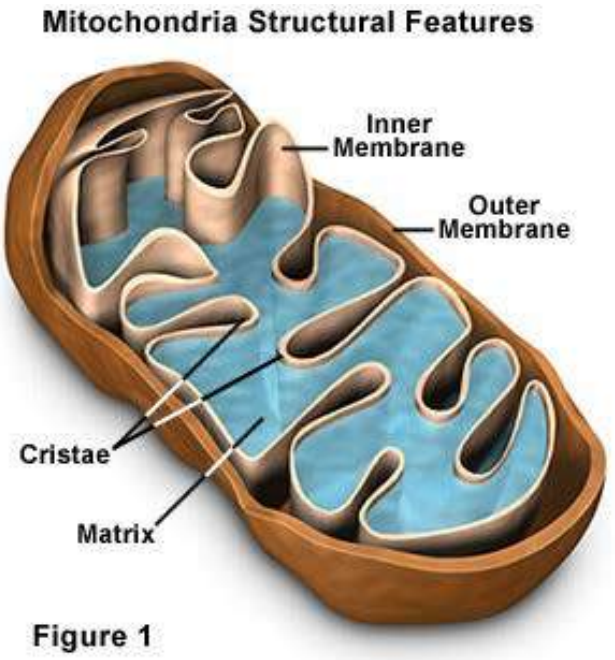
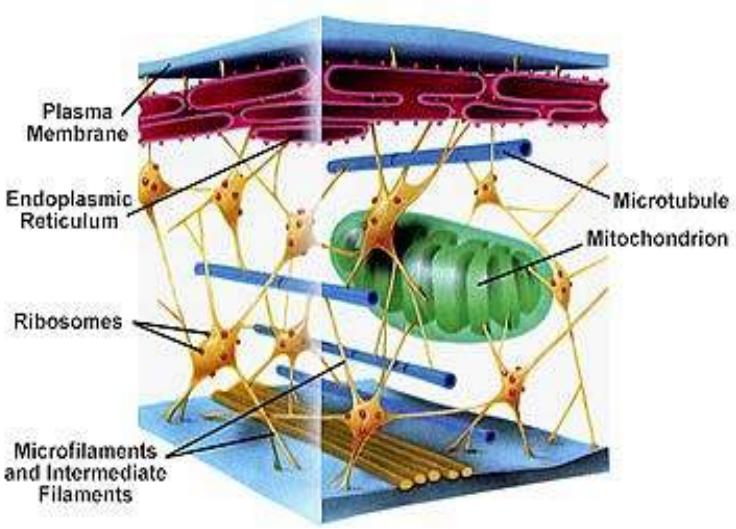


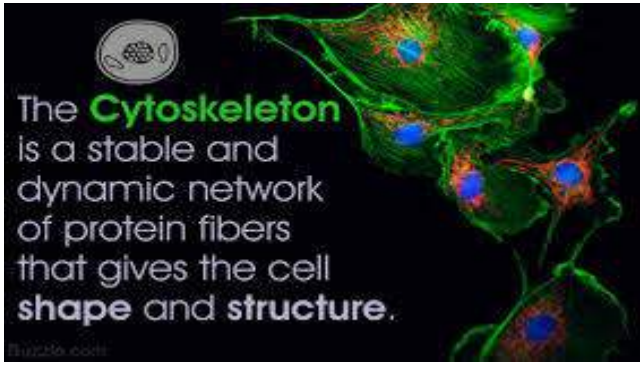
Figure 1

Cytoskeleton

- Network of protein fibers supporting cell shape and anchoring organelles
- Microfilaments
- Microtubules

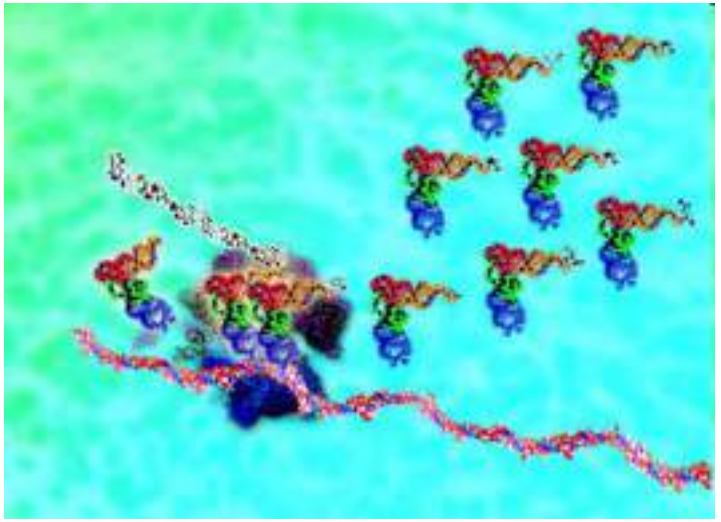
Forms cilia, flagella, centrioles

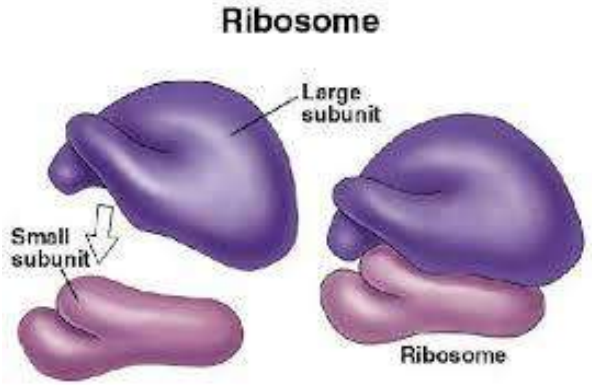




Ribosomes

- Ribosomes are the protein synthesizers of the cell.
- They look like little dots on the nucleus, ER and in the cytoplasm
- Where the cell **produces proteins**
- They are not true organelles





Vacuoles

Membrane-bound sacs for storage, digestion, and waste removal

- **Can take up to 90%**

of the volume of a plant cell

- Contains water solution
- Help plants maintain shape-

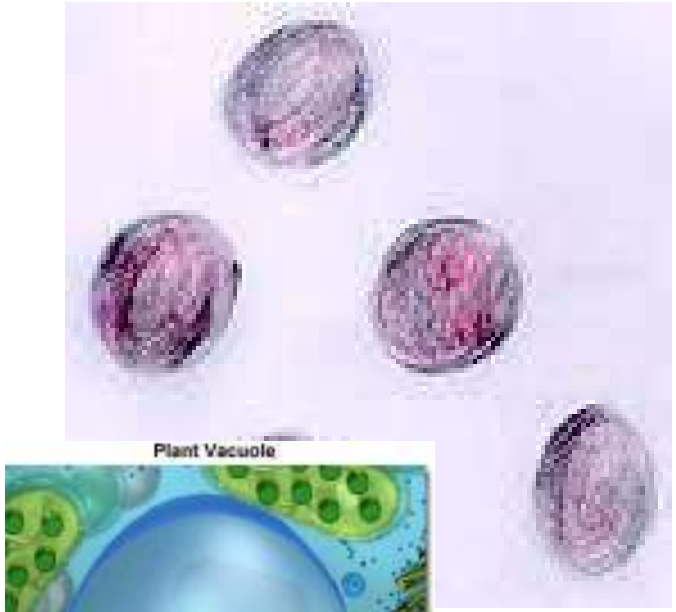


Figure 1

Cell Parts Chart

Name	What does it do?	Picture
Nucleus	Directs all the activities of the cell	
Cell Membrane	Protects the cell and allows nutrients to come into the cell.	
Cytoplasm	The gel-like fluid that holds the organelles.	
Ribosomes	Produces proteins that helps the cell grow.	
Endoplasmic Reticulum	Passages that transports materials.	

30L

Cell Parts Chart

Mitochondria	Producess energy	
Golgi bodies	Packages materials to be sent or received.	
Lysosomes	Breaks down food and waste materials.	
Vacuoles	Stores food, water, and nutrients.	
Cell Wall	Provides shape for plant cells.	
Chloroplasts	Uses sunlight energy to make food (glucose).	

31R

مفهوم الطاقة الحيوية

دورة الطاقة "Energy Cycle": و يقصد بها هدم بعض المركبات (التي تعتبر مصدراً للطاقة الكيميائية الكامنة) عبر *تفاعلات أنزيمية* معينة لإنتاج مركبات غنية بالطاقة تستعمل بدورها في القيام بجميع الوظائف الفيزيولوجية المعروفة، بالإضافة إلى بناء مواد خلوية جديدة.

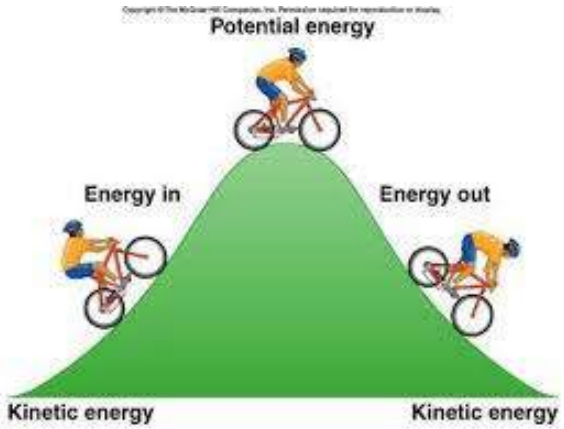
Energy is defined as the **ability to do work**. Organisms take in energy and transduce it to new forms.

Bioenergetics is the quantitative study of energy transductions (transfer and utilization) in living cells.

Basic Types of Energy

Kinetic energy • Energy in motion

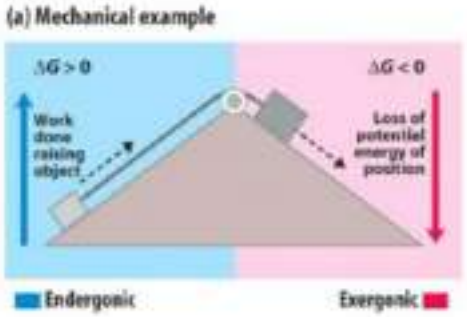
Potential energy • Stored energy

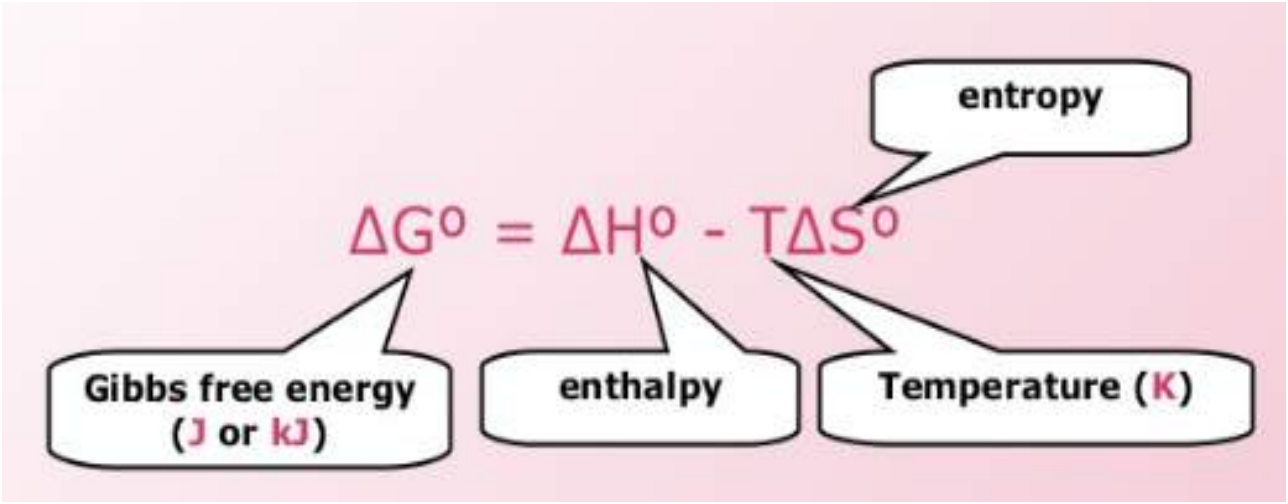


Free Energy

The amount of energy actually available to **break** and subsequently **form** other chemical bonds = Free Energy of the molecule. Free energy is defined as **the energy available to do work**.

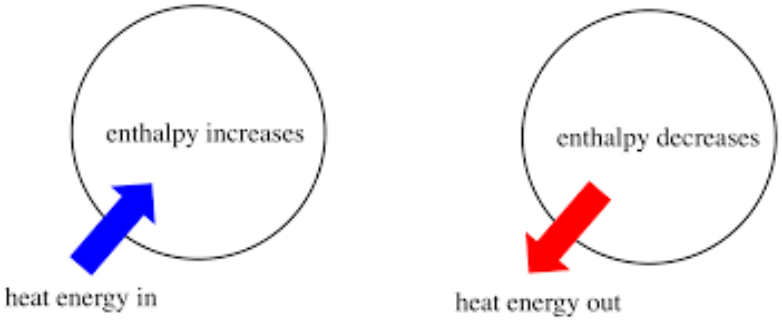
Caloric value of food is the amount of free energy derived from complete oxidation of food





Enthalpy, is the heat content of the reacting system.

When a chemical reaction releases heat, it is said to be exothermic –



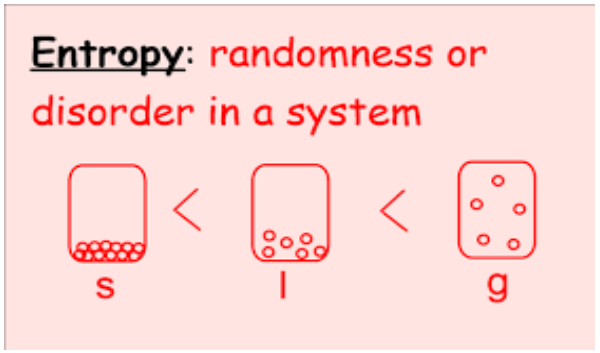
Reacting systems that take up heat from their surroundings are endothermic- and have positive value of ΔH

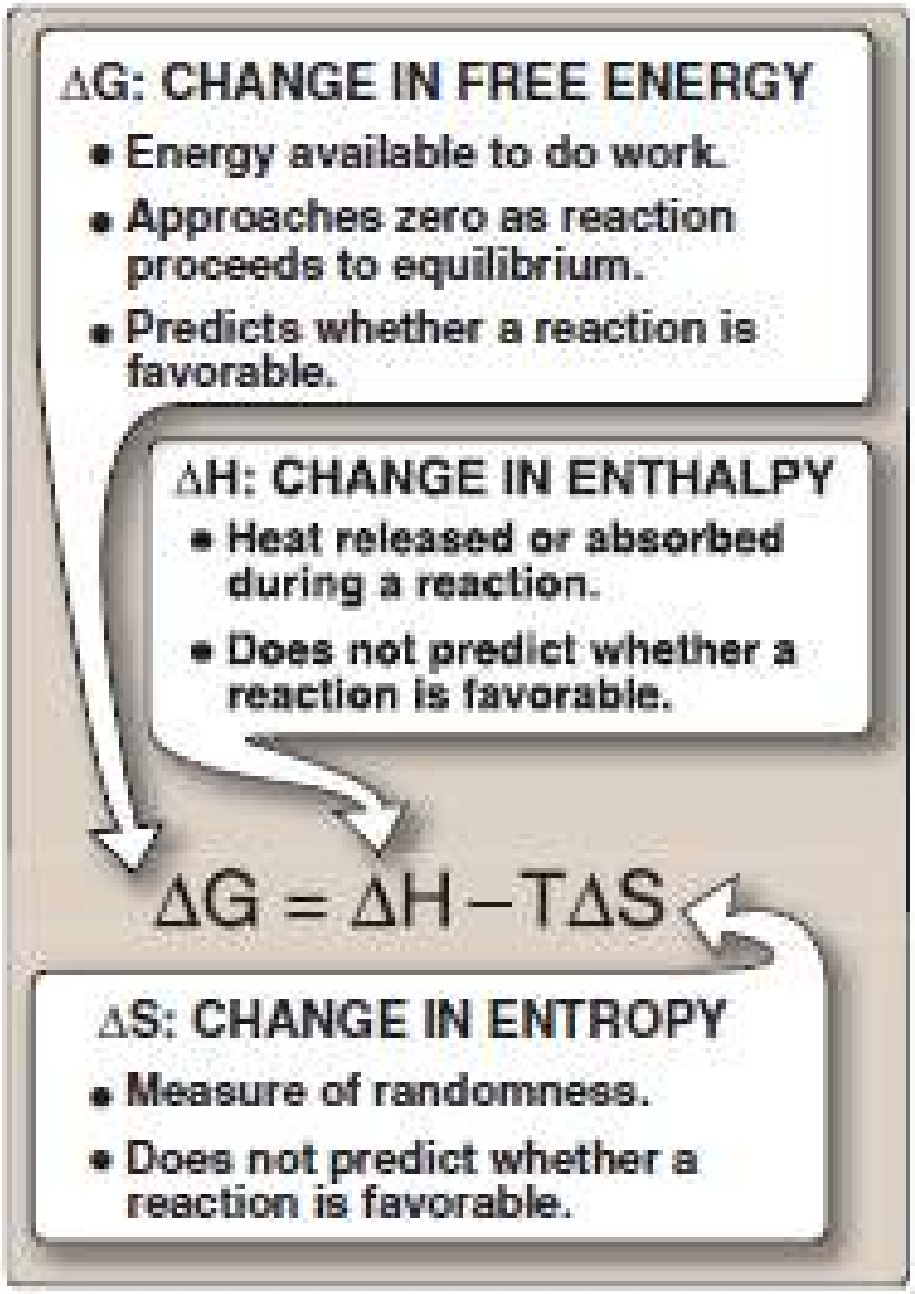
Units of ΔH - joules/mole

Entropy, is a quantitative expression for the randomness or disorder of a system.

When the products of a reaction are more disordered than the reactants, the reaction is said to proceed with a gain in entropy

Units of ΔS - J/mol





Relationship between changes in free energy (G), enthalpy (H), and entropy (S). T is the absolute temperature in degrees Kelvin (oK): oK = oC + 273

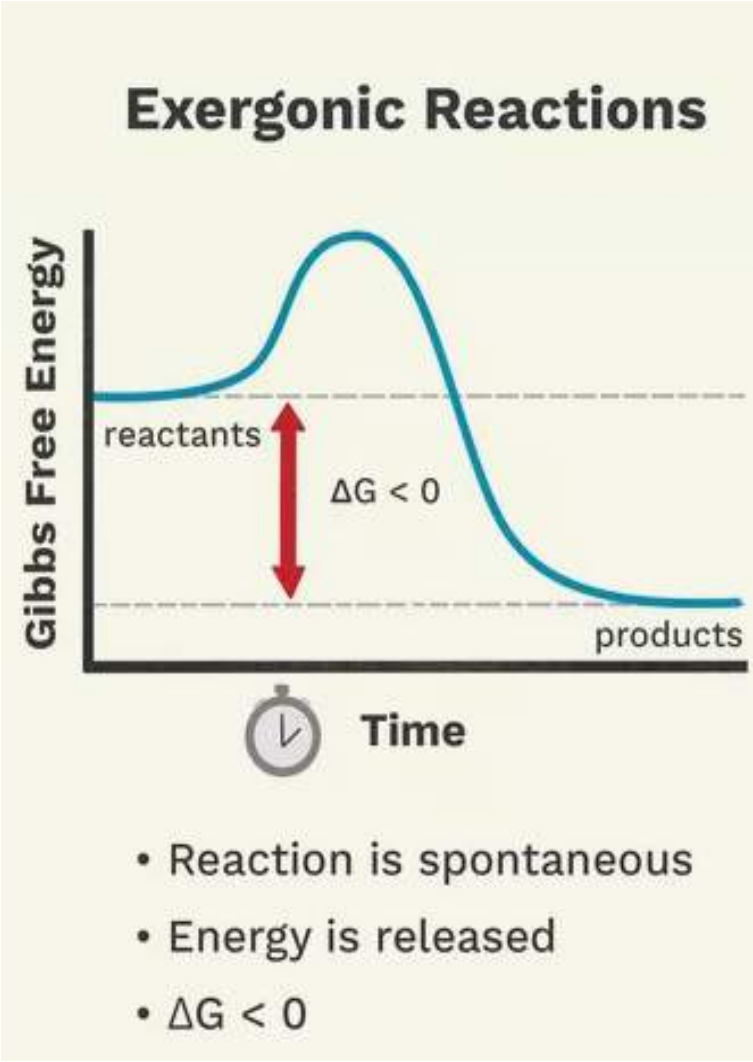
أنواع التفاعلات الكيميائية

1- An **exergonic reaction** refers to a reaction where energy is released. Because the reactants lose energy (G decreases),

Gibbs free energy **(ΔG)** is **negative** under constant temperature and pressure.

These reactions usually occur *spontaneously*.

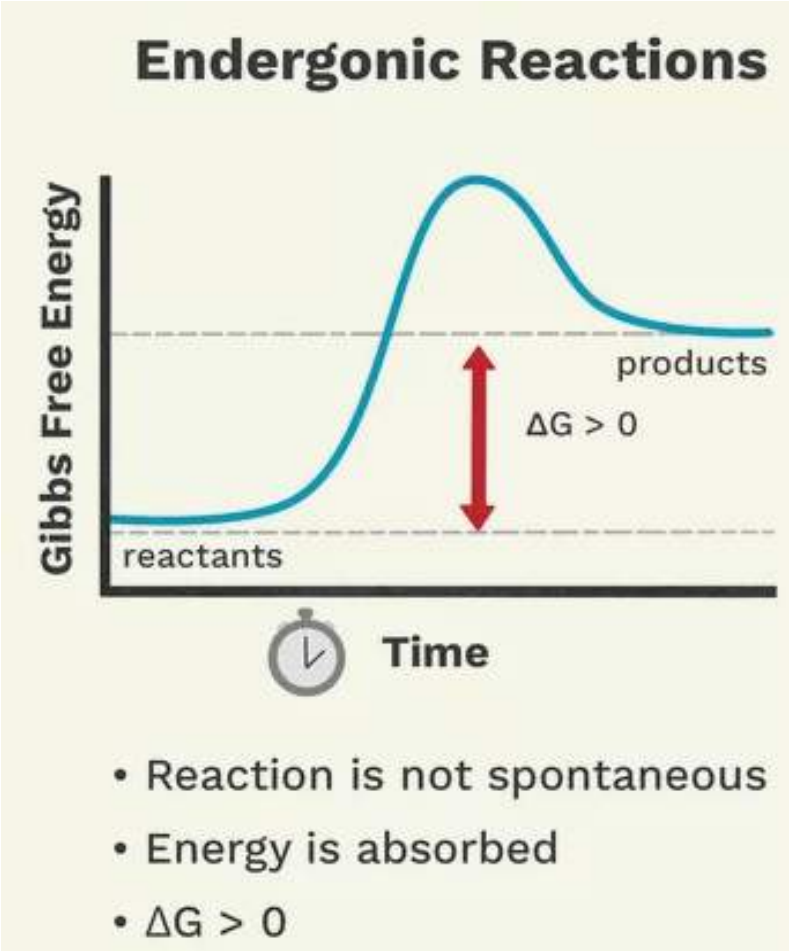
Example of exergonic reactions is cellular respiration: C6H12O6 (glucose) + 6 O2 -> 6 CO2 + 6 H2O



2- An **Endergonic reaction** is a nonspontaneous reaction.

Endergonic reactions *absorb energy* from their surroundings.

- The free energy of the system increases. The change in the Gibbs Free Energy (G) of an endergonic reaction is **positive**
- Examples of endergonic reactions include endothermic reactions, such as photosynthesis and the melting of ice



ملاحظة

ΔG (without the superscript “o”), represents:

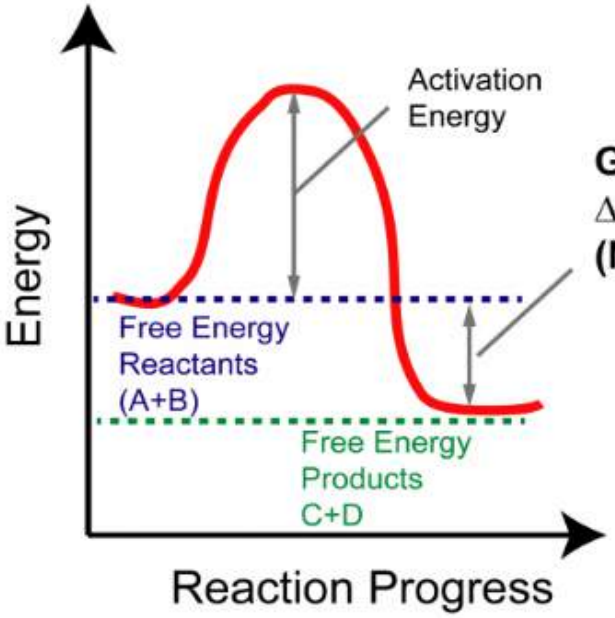
- the change in free energy and, thus,

-the direction of a reaction at any specified concentration of products and reactants.

The **standard free energy** change, **ΔGo** (with the superscript “o”), which is

- the energy change when reactants and products are at a concentration of 1 mol/L.

$$\Delta G = \Delta Go + RT \ln(B)/(A)$$

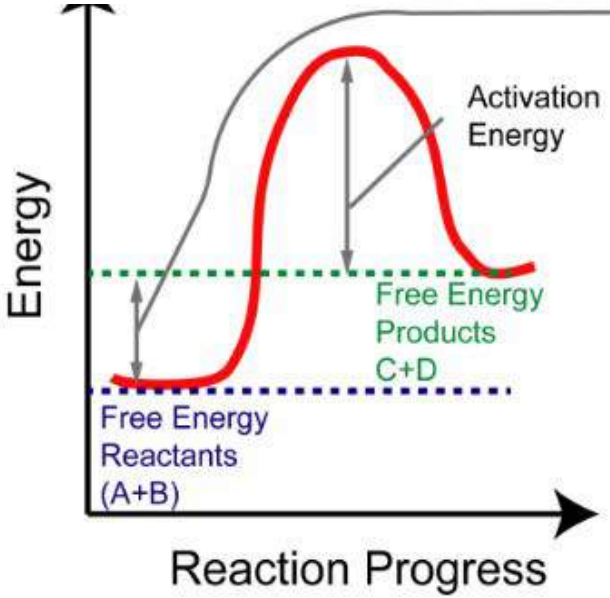


Gibbs Free Energy
ΔGo
(Negative = exothermic)

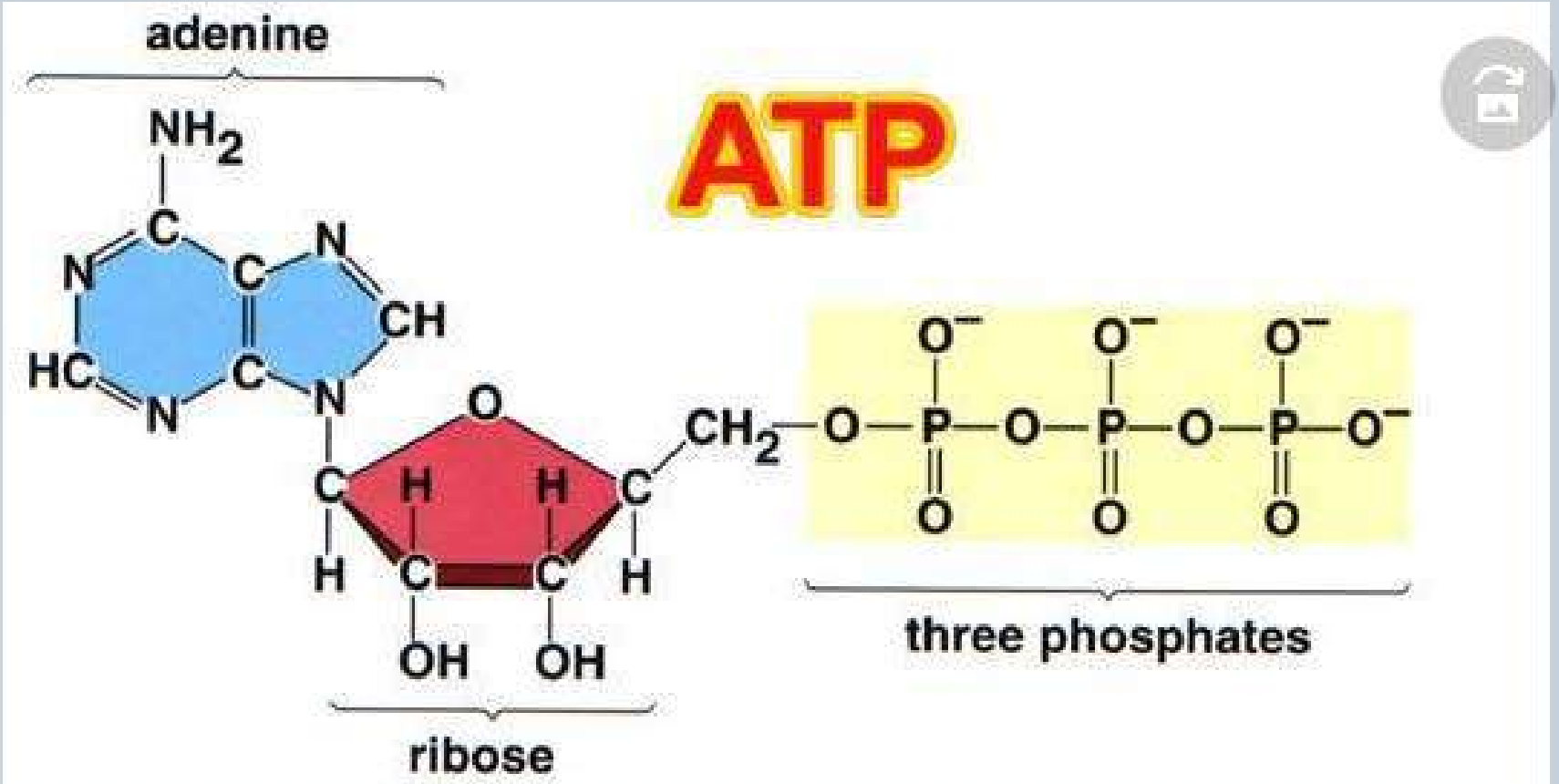
If ΔG = 0, the reactants are in equilibrium

!!??

Gibbs Free Energy
ΔGo
(Positive= endothermic)



ATP AS AN ENERGY CARRIER



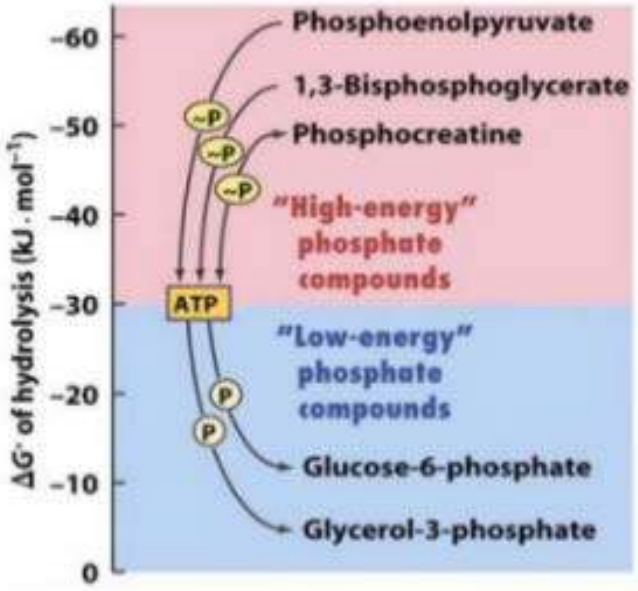
ATP

Adenosine triphosphate (ATP) is considered to be the energy currency of life. It is present in the cytoplasm and nucleoplasm of every cell, and is essential for all the physiological mechanisms that require energy! ATP is remarkable for its ability to enter into many coupled reactions.

ATP forms Mg 2+ complex in the cell. ATP cannot be used as a storage form of energy due to its high turnover rate (the amount of ATP that is formed and broken equals the body wt daily)

ATP hydrolysis produces ADP. This conversion from ATP to ADP is an extremely crucial reaction. Just the cutting of one bond is sufficient to liberate about 7.3 kilocalories per mole = 30.6 kJ/mol

Other High Energy Phosphate Compound



	$\Delta G^{o\prime}$	
	KJ/mol	Kcal/mol
phosphoenolpyruvate	-61.9	-14.8
Carbamoyl phosphate	-51.4	-12.3
1,3-bisphosphoglycerate (to 3-phosphoglycerate)	-49.3	-11.8
Creatine phosphate	-43.1	-10.3
$ATP \rightarrow AMP + pp_i$	-32.2	-7.7
$ATP \rightarrow ADP + P_i$	-30.5	-7.3
Glucose-1-phosphate	-20.9	-5.0
pp_i	-19.2	-4.6
Fructose-6-phosphate	-15.9	-3.8
Glucose-6-phosphate	-13.8	-3.3
Glycerol-3-phosphate	-9.2	-2.2

الطاقة الحرة المعيارية لحلمهة بعض مركبات الفوسفات العضوية ذات الأهمية الكيميائية الحيوية

❖ يقع ATP في منتصف الجدول السابق وهذا يعني أن:

☺ المركبات التي تعلو الـ ATP في الجدول High Energy Phosphate تقوم بإعطائه مجموعة فوسفات.

☜ لأنها تملك طاقة حرة أكبر من تلك اللازمة لتشكيل ATP.

☺ ويقوم ATP بمنح مجموعة فوسفات Pi لتشكيل المركبات التي دونه في الجدول Low Energy Phosphate.

☺ المركبات الأدنى من الـــATP في الجدول لا تصلح لتشكيل ATP (على عكس المركبات التي تعلوه).

☜ لأنها تملك طاقة أقل من الطاقة اللازمة لتشكيله و التي تبلغ 32.2 Kj/mol-.

إن أهم مركب يعتمد عليه الجسم لتشكيل ATP هو الكرياتين فوسفات

- يتحلمه الكرياتين فوسفات(الفوسفاجين) إلى كرياتين وفوسفات Pi.
- تقوم الفوسفات بتشكيل الـ ATP باتحادها مع الـ ADP.
- وباعتبار أن تفكك ATP إلى ADP يصرف طاقة قدرها (-30.5) حسب الجدول:

←فبالتالي العملية المعاكسة تمتص الطاقة نفسها أي (+30.5).

وبجمع المعادلتين (تحلمه الكرياتين فوسفات و تشكيل ال ATP) نلاحظ أن محصلة الطاقة الحرة سالبة وهي (-12.6 kj/mol)

- أي: أن التفاعل الكلي ناشر للحرارة (exergonic) و قابل للحدوث.

$$\text{Creatine phosphate} \rightarrow \text{creatine} + \text{phosphate} : \Delta G^{0'} = -43.1\ kj/mol$$

$$\text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow \text{ATP} : \Delta G^{0'} = +30.5\ kj/mol +$$

$$\text{Creatine phosphate} + \text{ADP} \rightarrow \text{creatine} + \text{ATP} : \Delta G^{0'} = -12.6\ kj/mol$$

هناك 3 مصادر رئيسية لـ ~P تعمل دوراً في عمليات خزن الطاقة وقبطها

1. الفسفرة التأكسدية *Oxidative Phosphorylation* (السلسلة التنفسية):

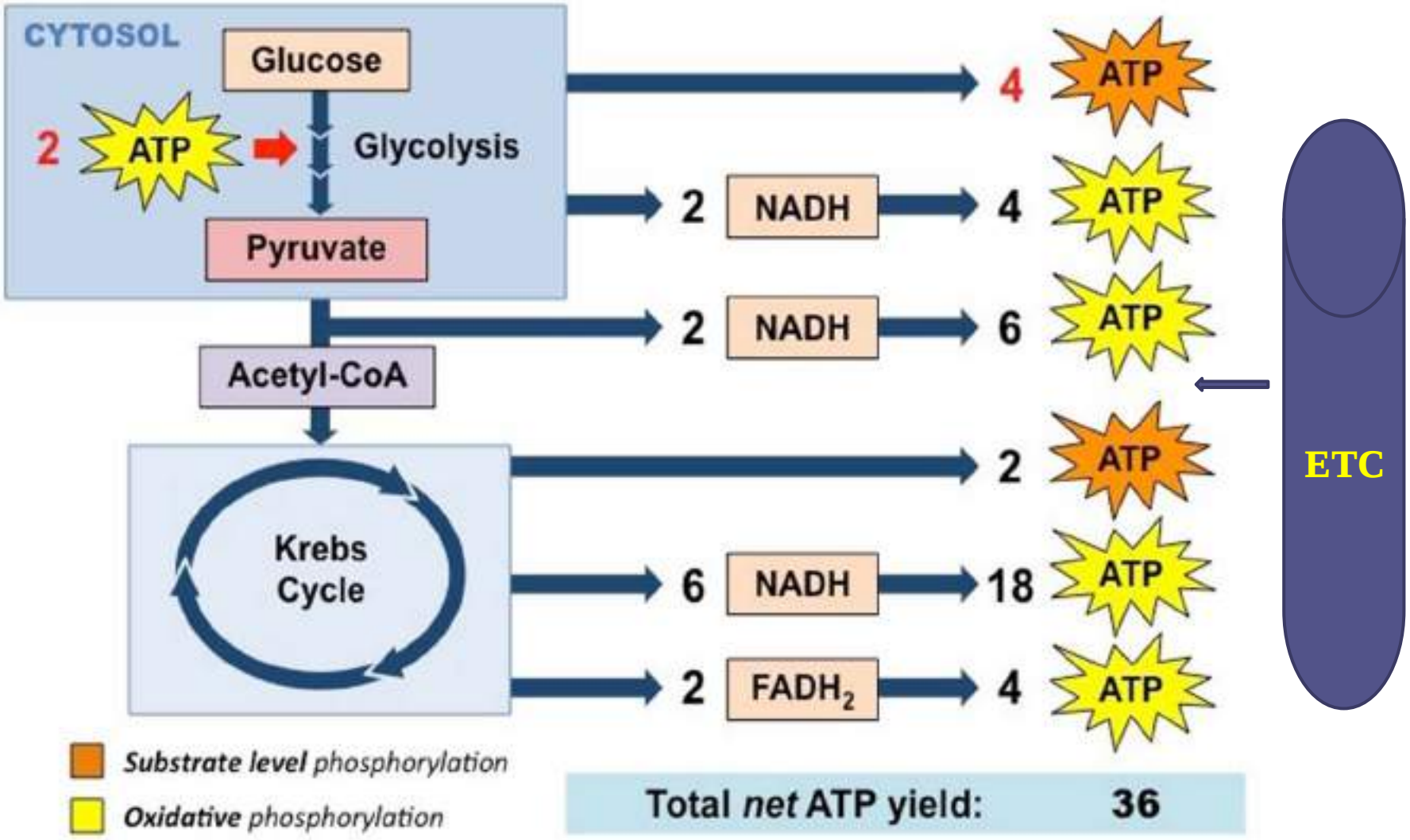
←وهي أهم المصادر، إذ تمثل عملية التنفس الحاصلة في الميتوكوندريا وتنطوي على عمليات متتالية من الأكسدة والإرجاع تنتهي بتفاعل إلكترون مع أوكسجين لإعطاء الماء.

2. تحلل السكر *Glycolysis*:

←تنتج هذه العملية مجموعتي ~P عن طريق تشكل اللاكتات انطلاقاً من جزيء غلوكوز.

3. حلقة كربس *the citric acid cycle*:

←تنتج مباشرة مجموعة واحدة من ~p على مستوى الركائز (ستمر لاحقاً بالتفصيل).


CYTOSOL
Glucose
2
ATP
Glycolysis
Pyruvate
Acetyl-CoA
Krebs Cycle
4
ATP
2
NADH
4
ATP
2
NADH
6
ATP
2
ATP
6
NADH
18
ATP
2
FADH2
4
ATP
ETC
Substrate level phosphorylation
Oxidative phosphorylation
Total net ATP yield:
36

Energy Carriers

- ATP

  temporary energy storage molecule in all cells

- NADH

  H^+ and e^- carrier molecule

  $NAD^+ + H^+ + e^- \longrightarrow NADH$

- $FADH_2$

  H^+ and e^- carrier molecule

  $FAD + 2H^+ + e^- \longrightarrow FADH_2$

Think of NADH and $FADH_2$ as taxi cabs!

الأكسدة والارجاع

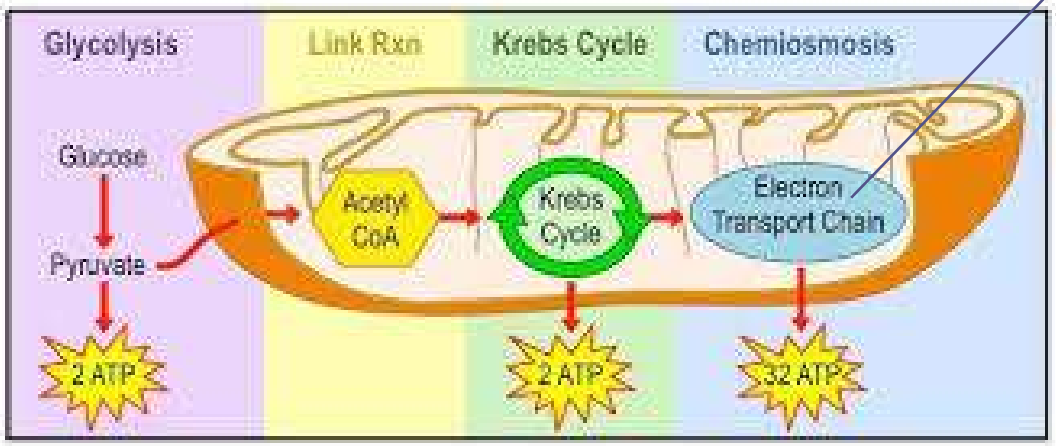
الأكسدة Oxidation	الإرجاع Reduction
فقد الإلكترونات	كسب الإلكترونات
(removal of electrons)	(gain of electron)
وبالتالي **ارتفاع** الرقم التأكسدي أي **ازدياد** الشحنة الموجبة على العنصر ($Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$)،أو كسب الأُكسجين، أو نزع الهيدروجين.	وبالتالي **انخفاض** الرقم التأكسدي أي **نقصان** الشحنة الموجبة على العنصر ($Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2}$)، أو نزع الأُكسجين، أو كسب الهيدروجين.

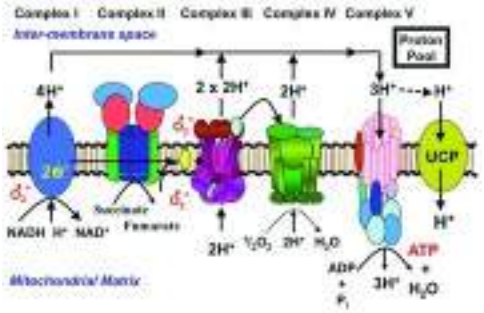
- **العامل المرجِع: يُرجع جزيء ما، وتجري عليه عملية أكسدة.**
- **العامل المؤكسِد: يُؤكسِد جزيء ما، وتجري عليه عملية إرجاع.**

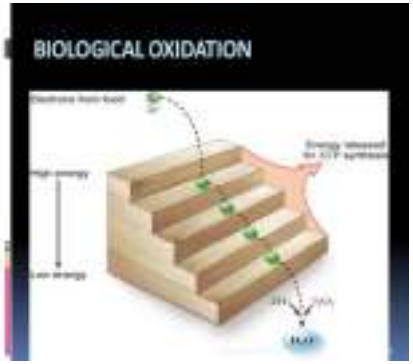
التنفس و الأكسدة الحيوية

إن هدف التنفس هو الحصول على الطاقة وانتاج الـ ATP والماء

- تتحرر الطاقة من تفاعلات الأكسدة على شكل الكترونات
- تنتقل الالكترونات shuttled عبر حوامل الكترونية نوعية مثل +NAD إلى سلسلة نقل الالكترون
- تتحول طاقة الالكترون إلى ATP بواسطة سلسلة نقل الالكترونات ETC







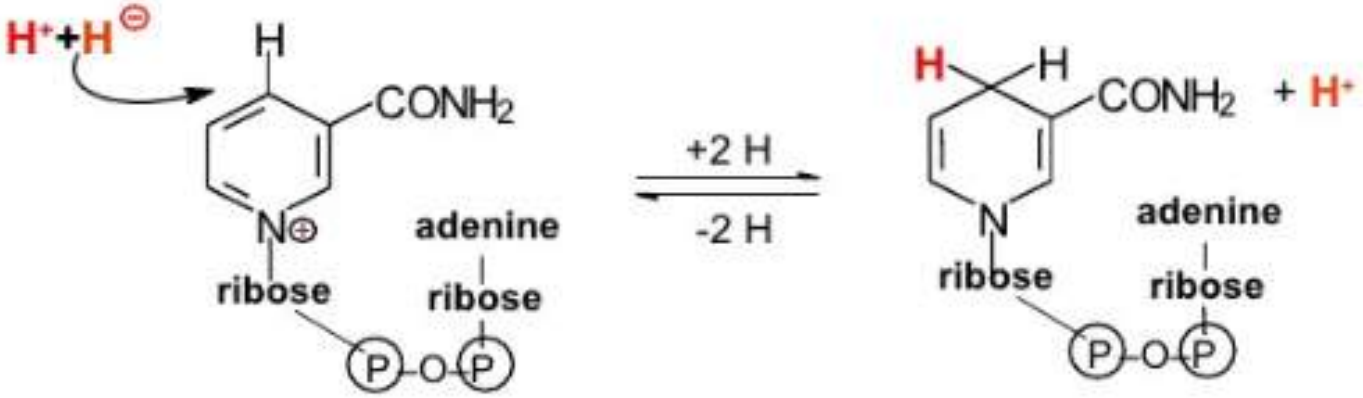
Electron transfer occurs in 4 different ways

- 1. Directly as electrons.
- 2. As hydrogen atoms.
- 3. As hydride ions.
- 4. Through direct combination with oxygen.

Clip slid

NAD⁺ – the coenzyme of dehydrogenases (nicotinamide adenine dinucleotide)

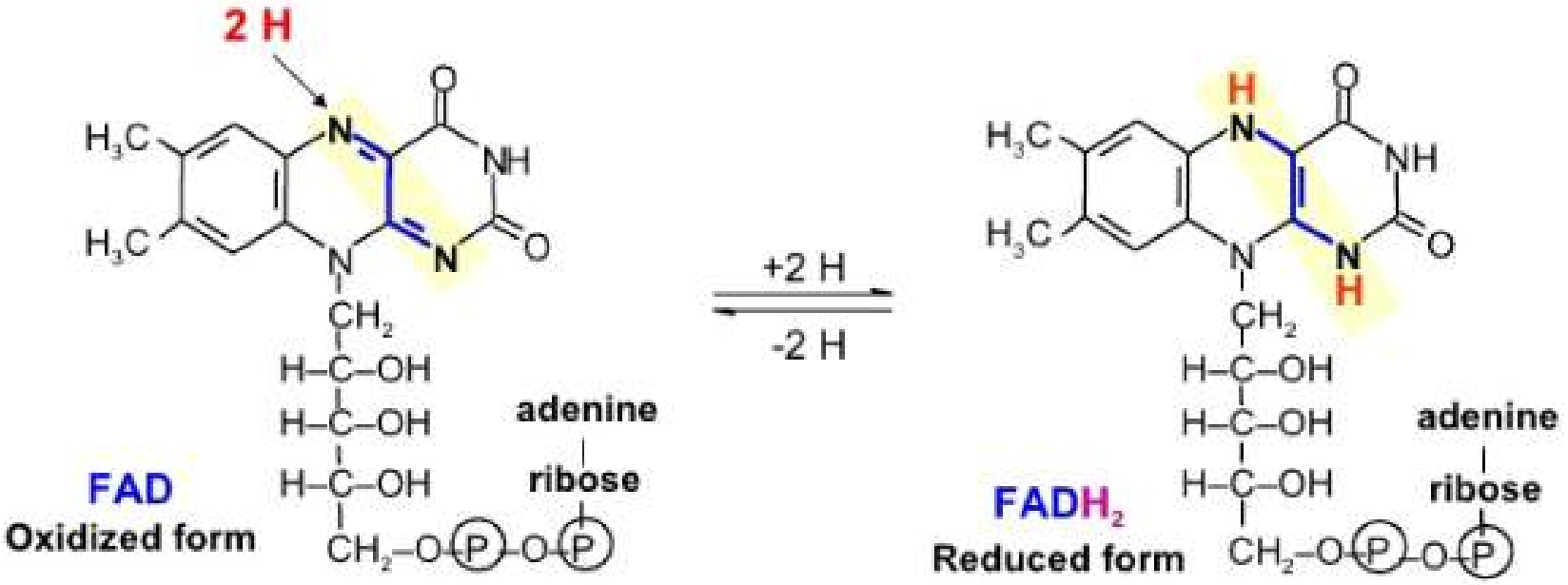
It acts as an **oxidant** that takes off **two atoms of hydrogen** from the substrate.
One atom plus one electron (**hydride anion H⁻**) is added to the *para*-position of the pyridinium ring, the remaining H⁺ binds to the enzyme.



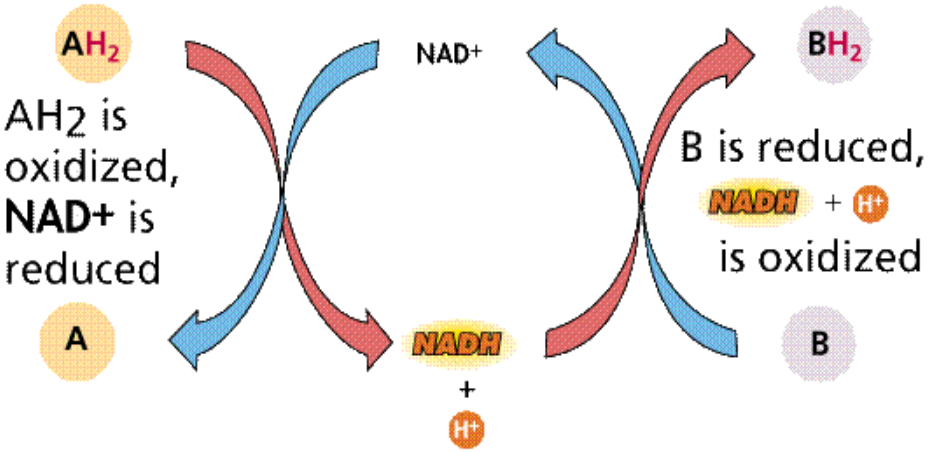
Oxidized form NAD⁺
(aromatic ring,
positive charge)

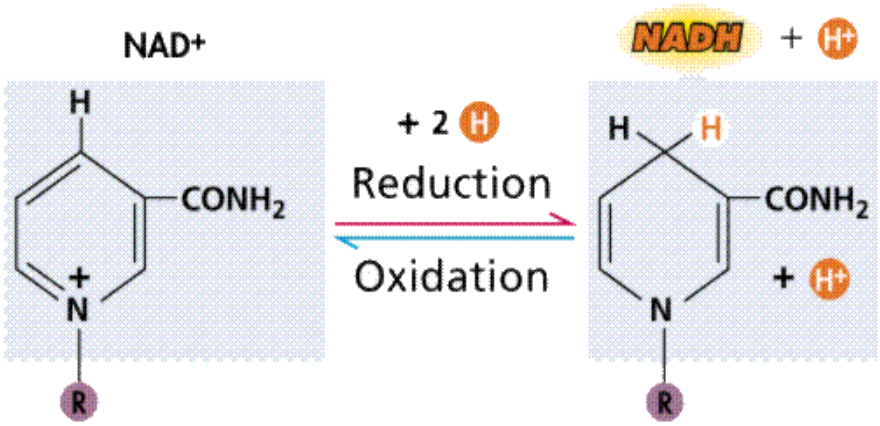
Reduced form NADH + H⁺
(quinoid ring,
no charge)

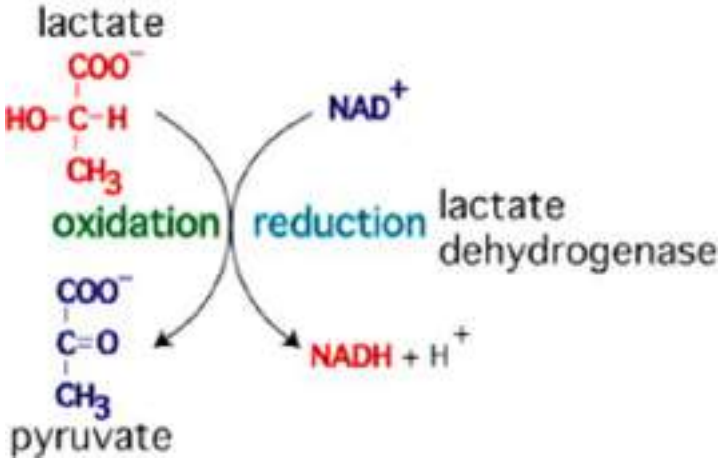
FAD – the coenzyme of dehydrogenases (flavin adenine dinucleotide)



Oxidized form of coenzyme FAD takes off two hydrogen atoms.

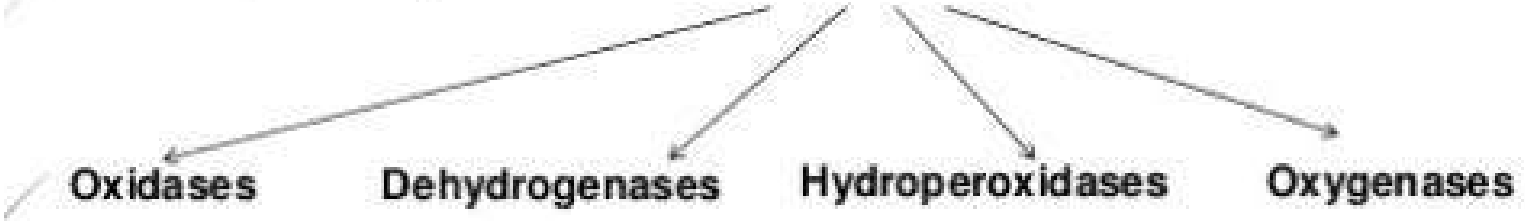

AH2
AH2 is oxidized, NAD+ is reduced
A
NAD+
NADH + H+
BH2
B is reduced, NADH + H+ is oxidized
B


NAD+
NADH + H+
+ 2 H
Reduction
Oxidation
CONH2
R


lactate
COO−
HO–C–H
CH3
oxidation
reduction
NAD+
lactate dehydrogenase
C=O
NADH + H+
pyruvate

Oxidation-reduction enzymes

- Enzyme responsible: **OXIDO-REDUCTASE**



الأنزيمات التي تسهم بتفاعلات الأكسدة والارجاع

وتعرف بأنزيمات الـ Oxidoreductases، وتشمل:

1- Oxidases: تستخدم الأوكسجين كمتقبل للالكترون

2- Dehydrogenases: لاتستخدم O2 كمتقبل

3- Hydroperoxidases: تستخدم الـ H2O2 كركيزة

4- Oxygenases: تحفز النقل المباشر لل O2 إلى الركيزة

الاوكسيجيناز والديهيدروجيناز تتداخل بالتنفس، في حين تعدل ال Hydroxyperoxidases الجذور الحرة، أما الـ Oxygenases فتسهم بتفاعلات الـ Biotransformation

Redox Enzymes

1. Oxidase

- Use oxygen as hydrogen acceptor
- Reaction product: H_2O, H_2O_2
- Some contains copper
  - **Example:** Cytochrome oxidase / Cytochrome a_3
  - Other oxidases are **FLAVOPROTEIN**

L-amino acid oxidase, Xanthin oxidase, aldehyde dehydrogenase

2. Dehydrogenase

- Doesn't use oxygen as hydrogen acceptor
- Contains large no. of enzymes in this family
- Nicotinamide-dependent
  - NAD-linked dehydrogenase
  - NADP-linked dehydrogenase

- **2 major functions:**
  1. **Transfer of hydrogen** from one substrate to another
  2. **Transfer of electron** in respiratory chain from substrate to oxygen.

Other dehydrogenases

- Depends on Riboflavin.
- Similar to FMN and FAD.

- **Examples:**
  - NADH-dehydrogenase.
  - Succinate dehydrogenase
  - Acyl-CoA dehydrogenase
  - Mitochondrial glycerol-3-phosphate dehydrogenase.

Hydroperoxidase

- Accumulation of peroxidases → generation of free radicals → leads to atherosclerosis, cancer.

- **Peroxidases**
  - Originally considered plant enzyme
    - (Milk, Leukocytes, platelets and in **tissues involved in Eicosanoid metabolism**)
  - Reduces peroxides using various electron acceptor.

Oxygenase

- Catalyze the incorporation of O_2 into substrates in 2 steps

  1st. Oxygen is bound to the active site of the enzyme

  2nd. Bound O_2 is reduced or transferred to the substrate

Consists of two sets of enzymes

1. **Dioxygenases :** incorporate both atoms of oxygen into the substrate ; $A + O_2 \rightarrow AO_2$
2. **Monooxygenases :** incorporates one atom of oxygen into the substrate & the other is reduced to water

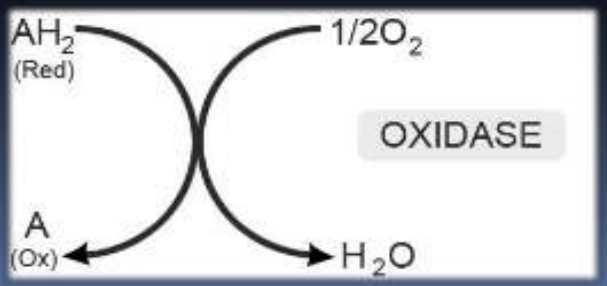
   $A - H + O_2 + ZH_2 \rightarrow A - OH + H_2O + Z$

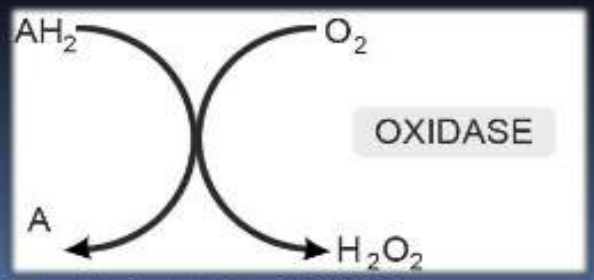
OXIDASES

- Catalyze the removal of hydrogen from a substrate with the involvement of oxygen as a H – acceptor, forming water or hydrogen peroxide.

- Exist in two different forms :
  - some of them are copper containing such as, Cytochrome oxidase , the terminal component of ETC which transfer the e^- finally to O_2.

  - Other are flavoproteins such as , L – amino acid oxidase (FMN linked) and Xanthine oxidase (FAD linked)





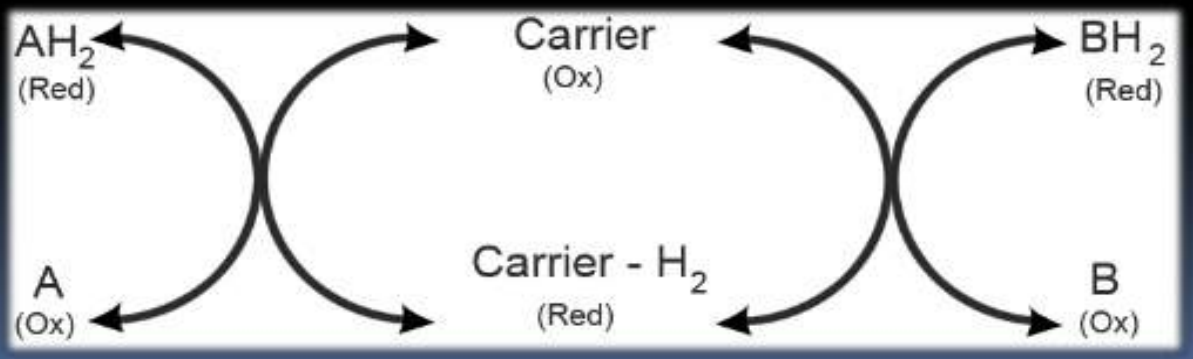
DEHYDROGENASES

Perform 2 main functions:

- ❑Transfer hydrogen from one substrate to another in a coupled Oxidation /Reduction reaction
- ❑As components of Electron transport chain such as cytochromes

Dehydrogenases use coenzymes – nicotinamides & riboflavin - as hydrogen carriers

- ❑ Nicotinamides can be in the form of NAD^+ or $NADP^+$
- ❑ Riboflavin can be – FMN or FAD same as oxidases



HYDROPEROXIDASES

- Includes 2 sets of enzymes : catalases and peroxidases
- Peroxidases reduce H_2O_2 at the expense of several other substances

$$H_2O_2 + AH_2 \rightarrow 2H_2O + A$$

- Catalases uses H_2O_2 as electron acceptor & electron donor

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O$$

Peroxisomes are rich in oxidases and catalases

OXYGENASES

Catalyze the incorporation of O_2 into substrates in 2 steps

- Oxygen is bound to the active site of the enzyme
- Bound O_2 is reduced or transferred to the substrate

Consist of two sets of enzymes

1. Dioxygenases : incorporate both atoms of oxygen into the substrate ; $A + O_2 \rightarrow AO_2$
2. Monooxygenases : incorporates one atom of oxygen into the substrate & the other is reduced to water

$$A - H + O_2 + ZH_2 \rightarrow A - OH + H_2O + Z$$

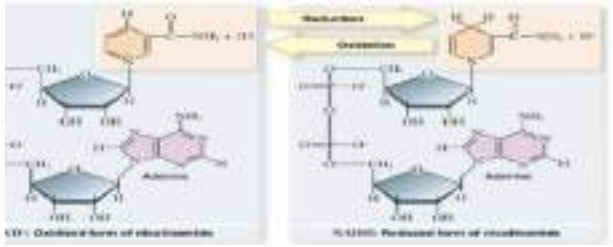
المتقدرات Mitochondrion

- تتميز المتقدرات باحتواء جدارها الخارجي على عدة أنزيمات مثل: acyl-CoA synthetase و glycerol phosphate dehydrogenase
- Adenylyl kinase و creatine kinase تتواجدان في الفراغ ما بين الجدارين الداخلي والخارجي
- أما الـ phospholipid cardiolipin فيتركز في الغلاف الداخلي جنبا إلى جنب مع أنزيمات السلسلة التنفسية، صانعة الـ ATP، والعديد من الناقلات الغلافية
- أما المطرق matrix فيضم أنزيمات حلقة كريبس، الأكسدة البائية والـ pyruvate dehydrogenase

Redox-potential

يعرف أيضا بكمون الأكسدة- الارجاع oxidation reduction potential

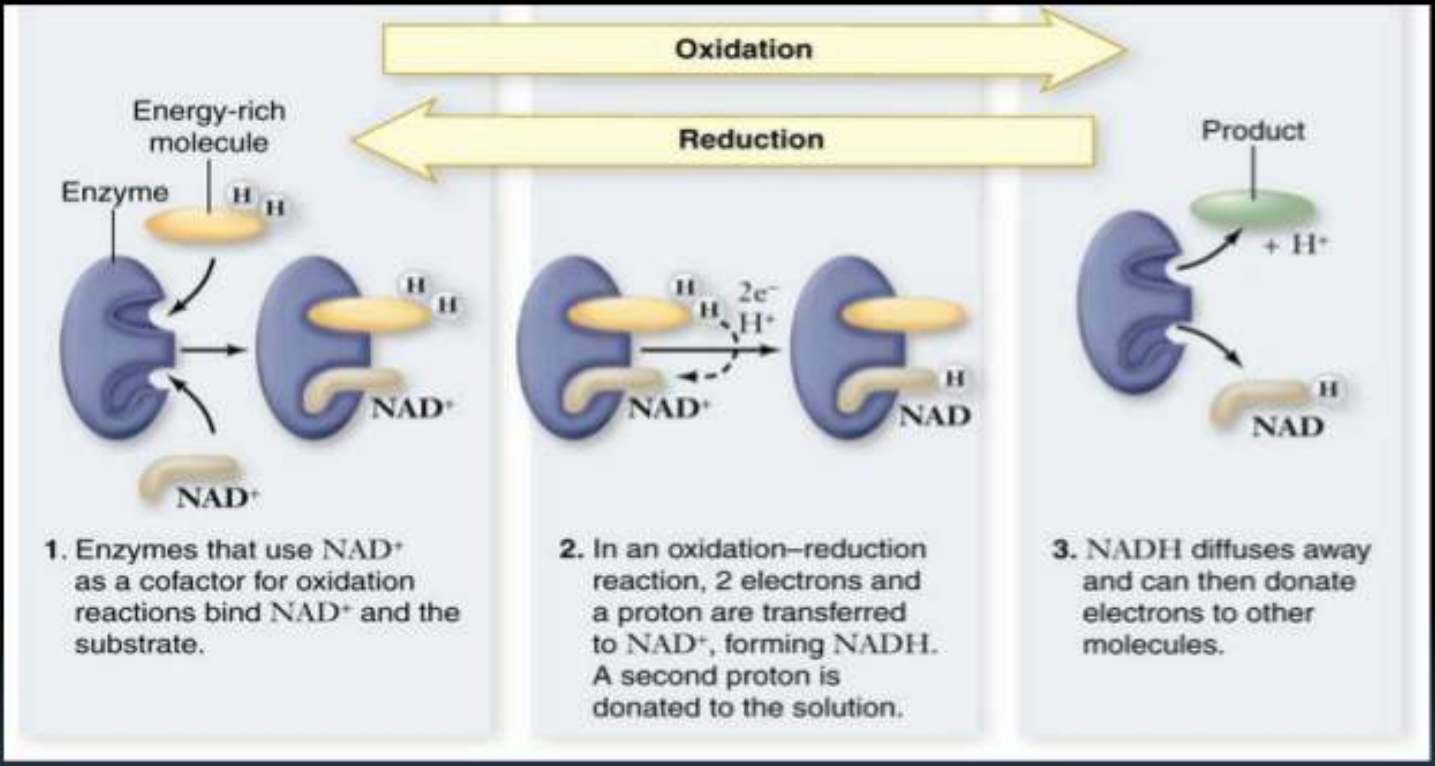
يعبر هذا الكمون عن مدى ألفة مادة ما للالكترونات في تفاعلات اكسدة - ارجاع تتناسب تغيرات الطاقة الحرة مع ميل المتفاعلات لإعطاء أو كسب الالكترونات E_o



خلال تفاعلات اكسدة-ارجاع تقوم الالكترونات بنقل الطاقة من جزيئة لاخرى: NAD+ كحامل للالكترون، يتقبل هذا المركب الكترونين وبروتون ليصبح NADH (التفاعل عكوس)

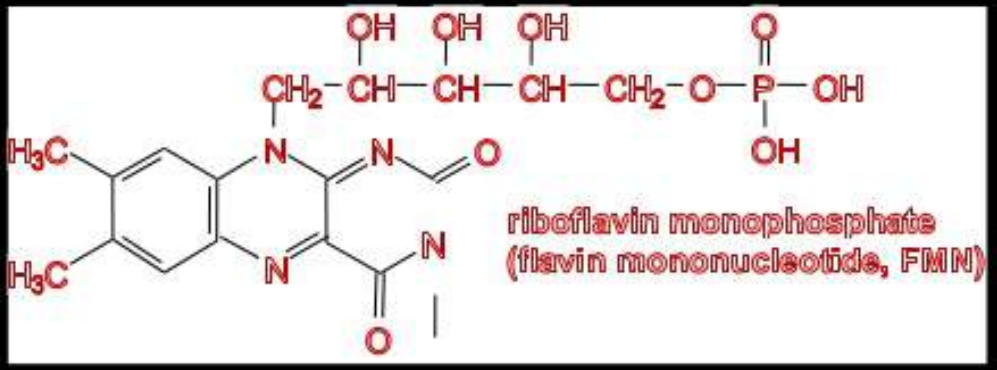
سندرس لاحقا كيف يتم نقل الالكترونات من NADHو FADH2 من وعبر معقدات السلسلة التنفسية ETC لتوليد ATP في نهاية المطاف

NICOTINAMIDE COENZYME: NAD+

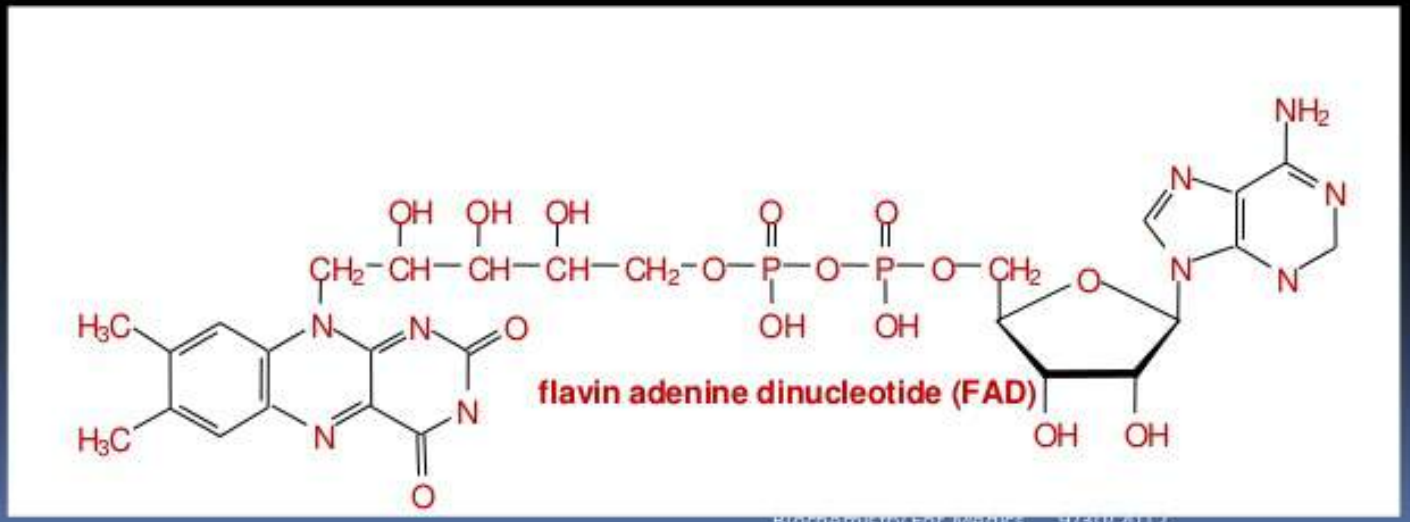


Always a 2-electron reaction transferring 2 e^- and 2 H^+

THE FLAVIN COENZYMES / FLAVOPROTEINS



Always a 2-electron reaction transferring 2 e^- and 2 H^+



تركيب جسم شخص بالغ وزنه 70 كغ

Material المادة	%Content المحتوى
الماء	% 61.6
أملاح غير عضوية ذائبة	% 0.7
أملاح غير عضوية غير ذائبة	%5.5
بروتين	%16
الغليسيريدات الثلاثية TG	% 13.5
شحوم غشائية	%2.5
سكريات	% 1.5
حمض نووي	% 0.3

المكونات الأساسية العضوية للمادة الحية

- **الماء**: ويشكل نسبة كبيرة (وسطيا أكثر من 60% بالنسبة للبالغ، وترتفع هذه النسبة لـ 70% عند الأطفال)
- **الأملاح المعدنية**: حيث تقسم المعادن إلى قسمين:

- المعادن الرئيسية: Na, K, Ca, P

- المعادن الزهيدة : Fe, Cu, I

- **المركبات العضوية**: يمكن تصنيفها إلى:

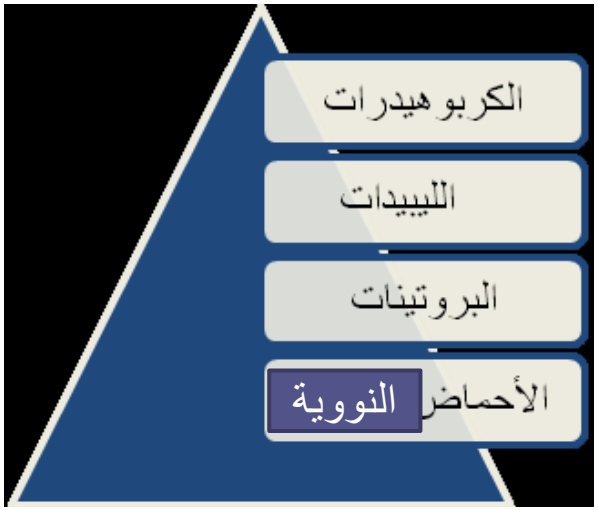
- *مركبات هيكلية*: وهي تشكل البنية الهيكلية للكائن كالأغشية، العظام والعضلات وغيرها. ويدخل في تركيبها عناصر رئيسية: C, H, O, N

- *مركبات غير هيكلية*: وهي ضرورية من الناحية الوظيفية ولكنها غير هامة من الناحية البنيوية كالأنظيمات، الهرمونات والمعادن ..

يتضح من الجدول السابق بأن **الكائنات الحية تتكون من جزيئات أربع تعرف باسم الجزيئات البيولوجية الكبيرة macromolecules:**

وهي مركبات عضوية كبيرة الحجم تتكون من جزيئات أصغر حجماً منها

يتم تقسيم الجزيئات الكبيرة إلى أربع مجموعات حسب التركيب والوظائف وهي على الشكل التالي:



وجميعها ضرورية لحياة الكائنات. هذا ويطلق على معظم الجزيئات الحيوية الكبيرة لفظ بوليمرات polymers.

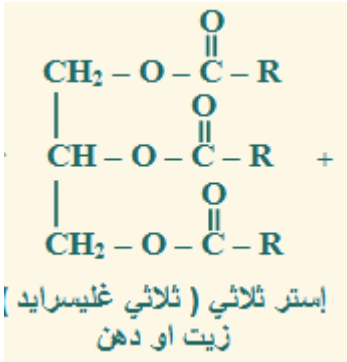
- **الكربوهيدرات:** جزيئات بيولوجية كبيرة مكونة من مونيمرات تسمى السكريات الأحادية

تشمل الكربوهيدرات: *** السكريات *النشويات * والألياف.**

- صيغتها العامة هي: (CH2O)n :) 1:2:1

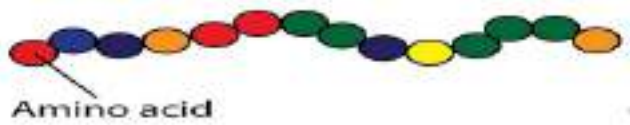
- **الليبيدات**: جزيئات بيولوجية كبيرة تتكون من جزيئات أصغر تسمى الأحماض الدسمة، وهي عبارة عن مجموعة من المركبات غير المتجانسة:

- تتكون من ذرات الكربون والهيدروجين الأكسجين.
- جميعها غير قابلة للذوبان في الماء وتذوب في المذيبات العضوية: مثل البنزين.



- **البروتينات**: جزيئات بيولوجية (بوليمرات) تتكون من عدة جزيئات أصغر (مونيمرات) تسمى الأحماض الأمينية Amino Acids

- البروتينات تشكل البنية التركيبية لجميع الكائنات الحية.
- تسهم البروتينات في العمليات الكيميائية الحيوية التي تحفظ الحياة، وتعمل على إستمراريتها.



- **الحموض النووية**: ويوجد نوعان من الحموض النووية وهما:

1- حمض الريبونيوكليك منقوص الأوكسجين DNA:
Deoxyribonucleic acid

2- حمض الريبونيوكليك RNA

يحتوي الدنا DNA على المعلومات الجينية الوراثية لتصنيع الحموض الأمينية

The Cell

أساس الحياة

الحياة كتعريف حيوي هي

Ability to reproduce

الخلايا كلبنات بناء أولية:

- All organisms are composed of one or more cells; the cell is the structural and functional unit of life
- Cells are capable of reproducing themselves
- All cells arise from pre-existing cells

"Where a cell arises, there must be a previous cell, just as animals can only arise from animals and plants from plants."

Rudolf Virchow 1858

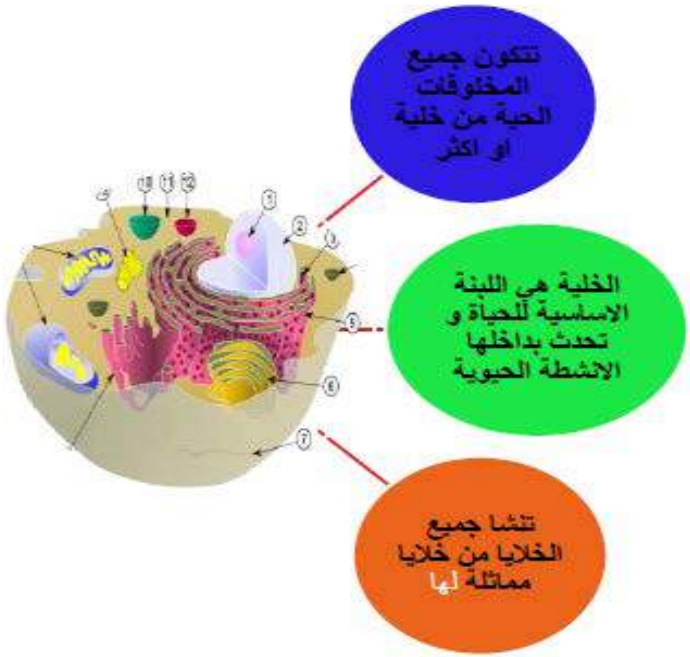
إذن: الوحدة الكيميائية الحيوية الأساسية: **الخلية**

وبناء على المواصفات الحيوية السريرية يمكن أن تقسم الكائنات الحية إلى ثلاث زمر أساسية:

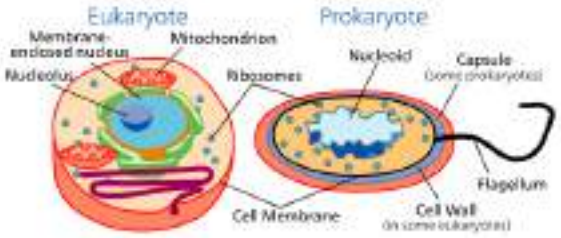
1- بدائيات النوى Prokaryotes

2- حقيقيات النوى Eukaryotes

3- البدئيات Archaea



الكائنات حقيقية النواة Eukaryote	الكائنات أولية النواة Prokaryote
١. -تحتوى على أنوية حقيقية ٢. تحتوى على غشاء نووى ٣. يوجد DNA في النواة ٤. الخيوط الكروماتينية تعمل كروموسومات ٥. تحتوى على ميتوكوندريا وغيرها من العضيات ٦. التكاثر جنسى ولاجنسى	١. لاتحتوى على أنوية حقيقية ٢. لاتحتوى على غشاء نووى ٣. يوجد DNA في السيتوبلازم ٤. DNAيعمل كروموسوم واحد ٥. لاتحتوى على ميتوكوندريا وغيرها من العضيات ٦. التكاثربالأنشطار والتكاثر الجنسى نادر



	Eukaryotic Cell	Prokaryotic Cell
Nucleus	Present	Absent
Number of chromosomes	More than one	One--but not true chromosome: Plasmids
Cell Type	Usually multicellular	Usually unicellular (some cyanobacteria may be multicellular)
True Membrane bound Nucleus	Present	Absent
Example	Animals and Plants	Bacteria and Archaea

	Eukaryotic Cell	Prokaryotic Cell
Endoplasmic reticulum	Present	Absent
Mitochondria	Present	Absent
Cytoskeleton	Present	May be absent
DNA wrapping on proteins.	Eukaryotes wrap their DNA around proteins called histones.	Multiple proteins act together to fold and condense prokaryotic DNA. Folded DNA is then organized into a variety of conformations that are supercoiled and wound around tetramers of the HU protein.
Ribosomes	larger	smaller
Vesicles	Present	Present
Golgi apparatus	Present	Absent
Cell size	10-100µm	1-10µm

Cells are Highly Complex and Organized

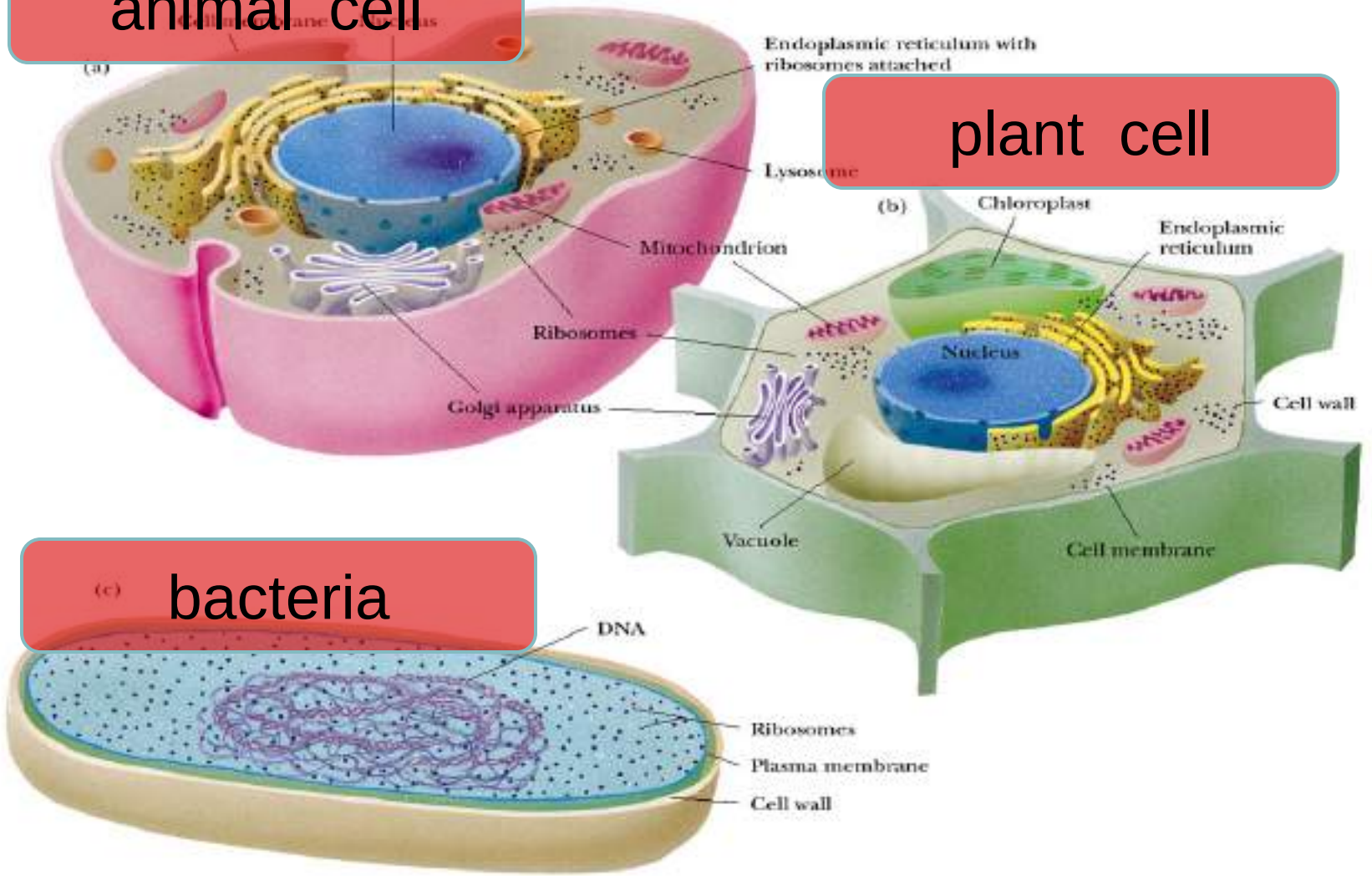
eukaryotes

prokaryotes

animal cell

plant cell

bacteria



© 2008 Brooks/Cole - Thomson

أنماط الخلايا في المتعضية الحية

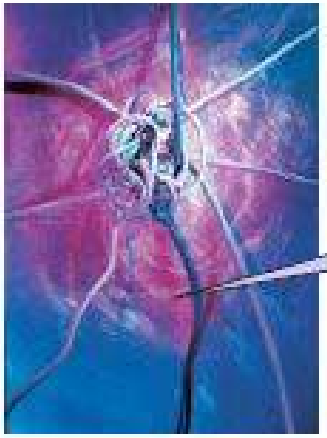
- **Somatic cells الخلايا الجسدية:**
  - differentiated to specialized tissue cells
  - limited number of cell divisions
  - limited life-span
- **Stem cells الخلايا الجذعية :**
  - undifferentiated, but has ability to differentiate
  - unlimited number of cell divisions
  - unlimited life span

Examples of Cells

Amoeba Proteus

Plant Stem

Bacteria



Nerve Cell

Red Blood Cell

المكونات النمطية لحقيقيات النواة

Organelles:

Nucleous
mitochondria
Golgi apparatus
ER system
lysosomes
peroxisomes

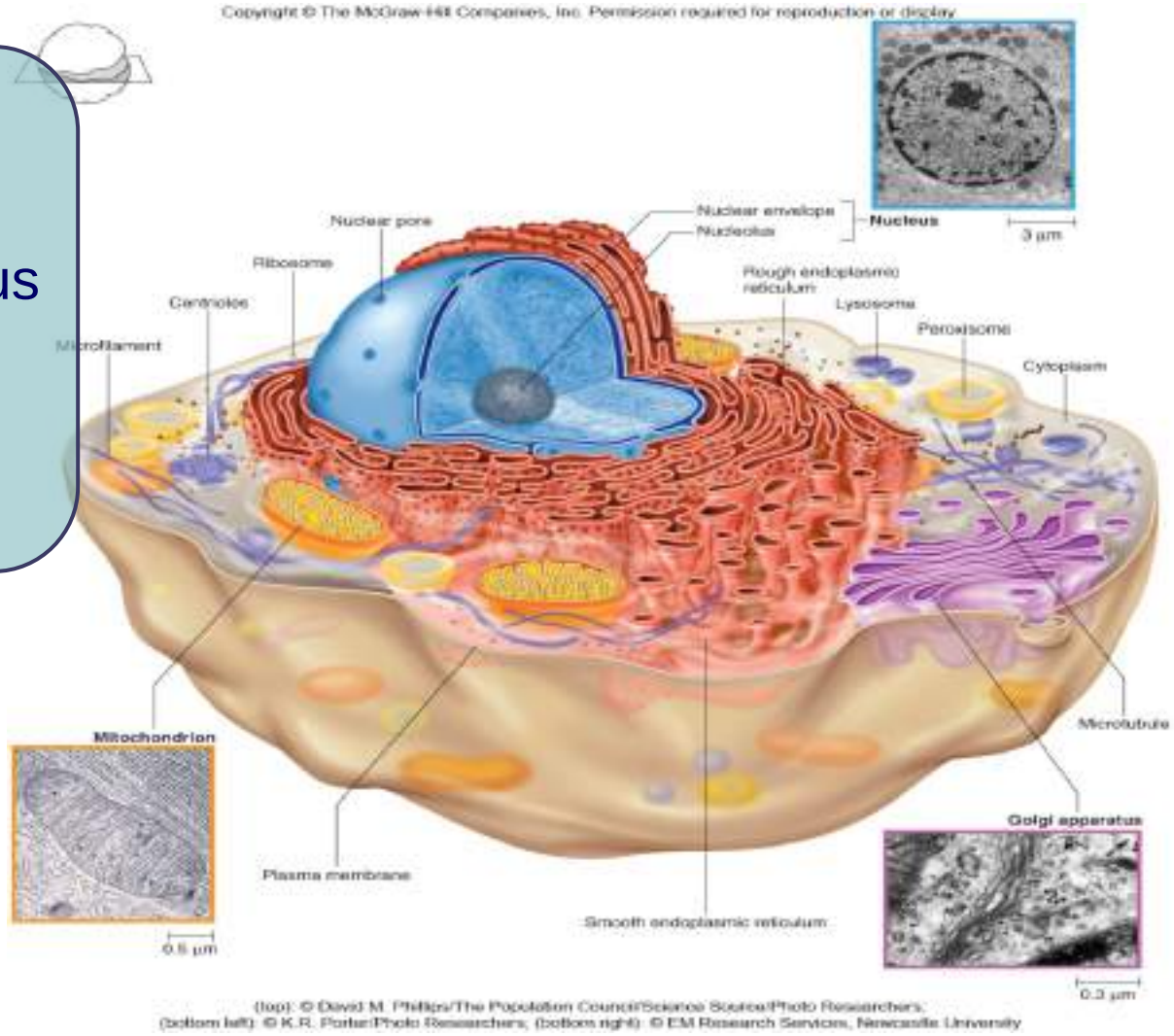


Table 1.4

A Summary of Organelles and Their Functions

Organelle	Function
Nucleus	Location of main genome; site of most DNA and RNA synthesis
Mitochondrion	Site of energy-yielding oxidation reactions; has its own DNA
Chloroplast	Site of photosynthesis in green plants and algae; has its own DNA
Endoplasmic reticulum	Continuous membrane throughout the cell; rough part studded with *ribosomes (the site of protein synthesis)**
Golgi apparatus	Series of flattened membranes; involved in secretion of proteins from cells and in reactions that link sugars to other cellular components
Lysosomes	Membrane-enclosed sacs containing hydrolytic enzymes
Peroxisomes	Sacs that contain enzymes involved in the metabolism of hydrogen peroxide
Cell membrane	Separates the cell contents from the outside world; contents include organelles (held in place by the *cytoskeleton**) and the *cytosol*
Cell wall	Rigid exterior layer of plant cells
Central vacuole	Membrane-bounded sac (plant cells)

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

عضيات الخلية ووظائفها الحيوية

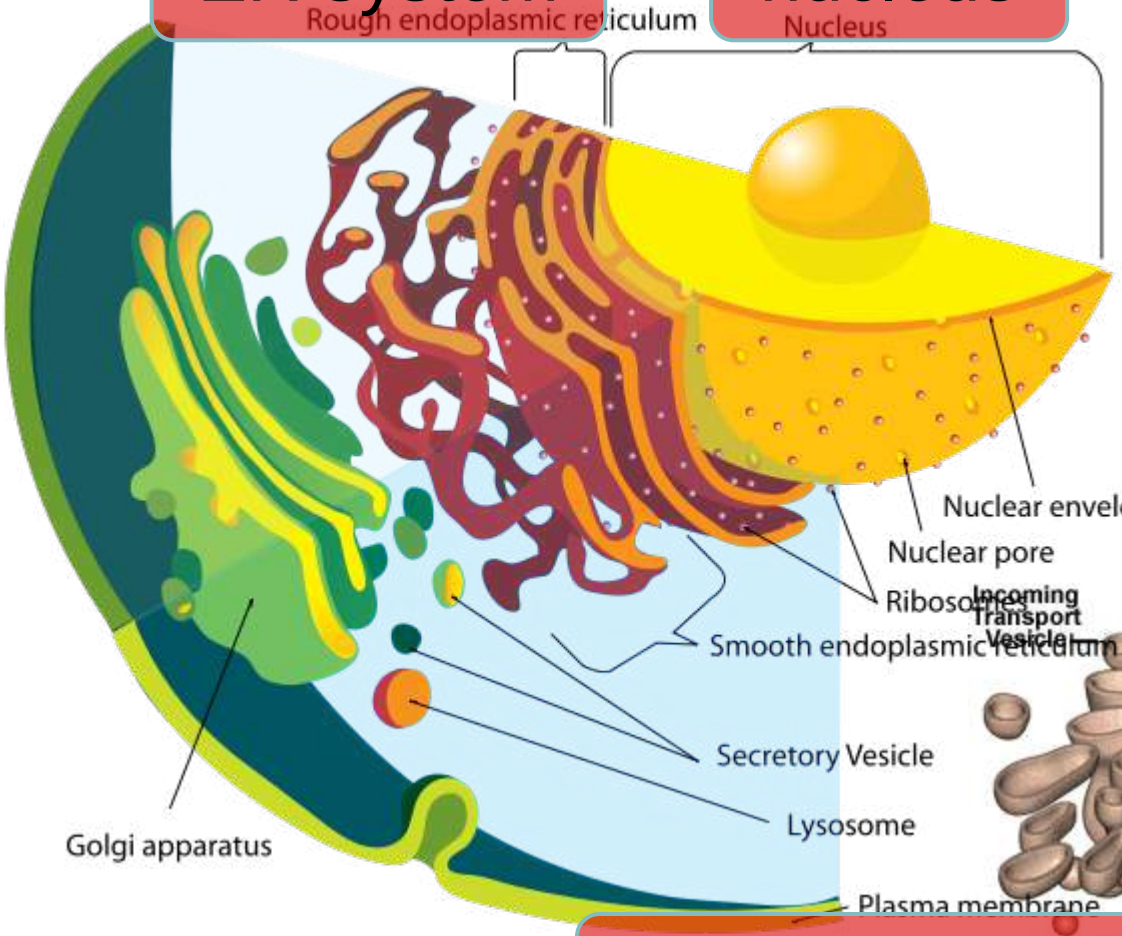
Nucleus the organelle that contains the cell's DNA and is the control center of the cell	**Chloroplast** the organelle that uses the energy of sunlight to make food
Ribosome the organelle in which amino acids are hooked together to make proteins	**Golgi complex** the organelle that processes and transports proteins and other materials out of cell
Endoplasmic reticulum the organelle that makes lipids, breaks down drugs and other substances, and packages proteins for Golgi complex	**Large central vacuole** the organelle that stores water and other materials
Mitochondrion the organelle that breaks down food molecules to make ATP	**Lysosome** the organelle that digests food particles, wastes, cell parts, and foreign invaders

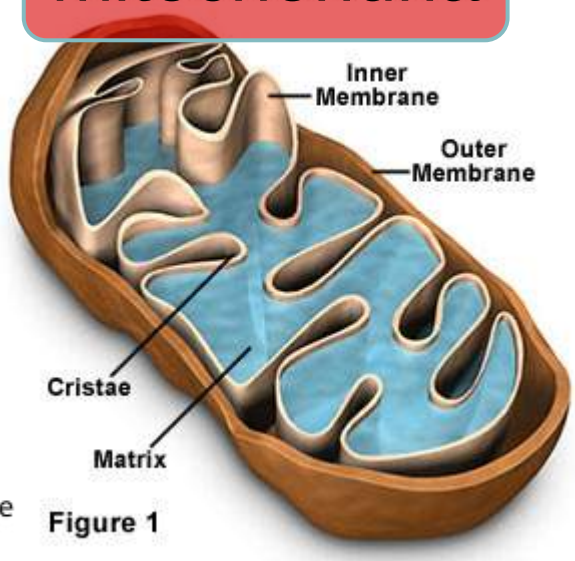
العضيات الهامة

ER system

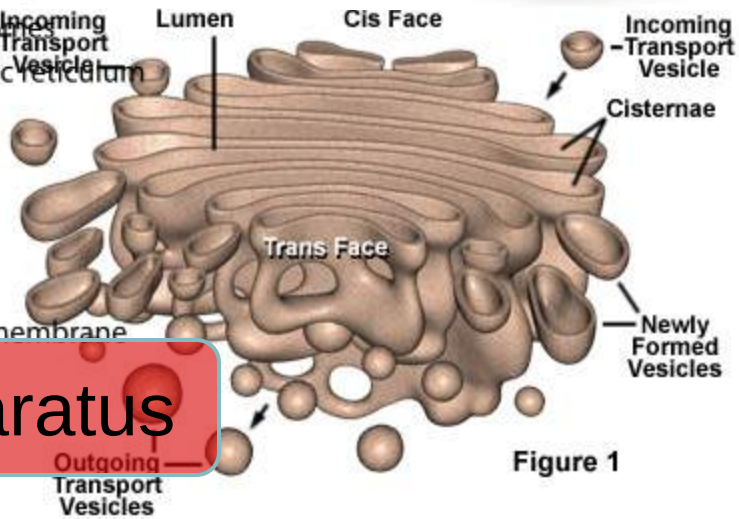
nucleus

mitochondria



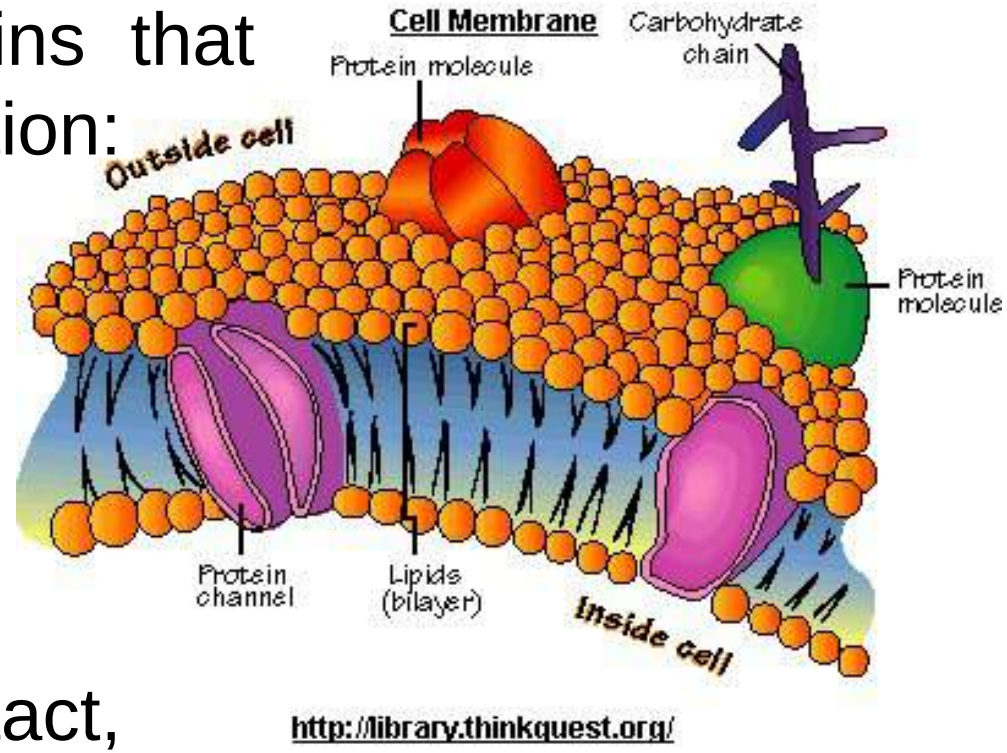


Golgi apparatus



الغلاف السيتوبلازمي

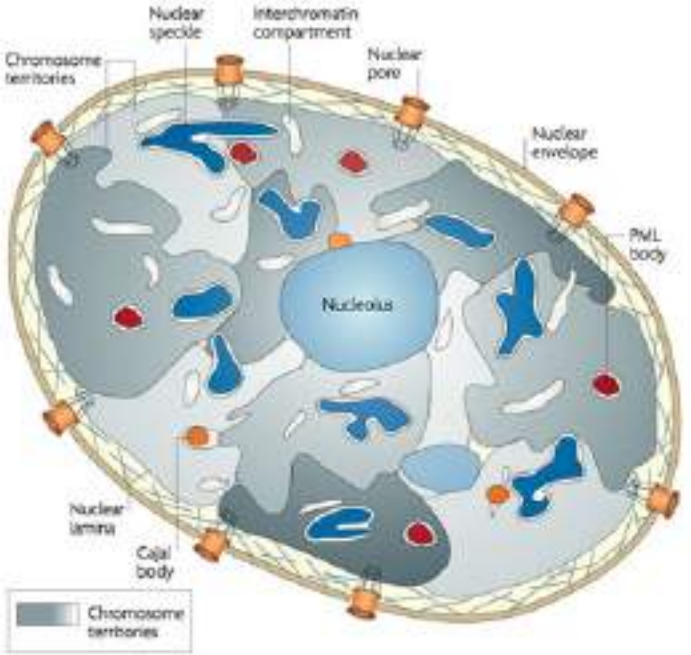
- Double phospholipid layer with embedded proteins that are related to cell function:



- Enzymes
- Transport proteins
- Structural proteins
- Specific structures mediating cell-cell contact, signal transduction.

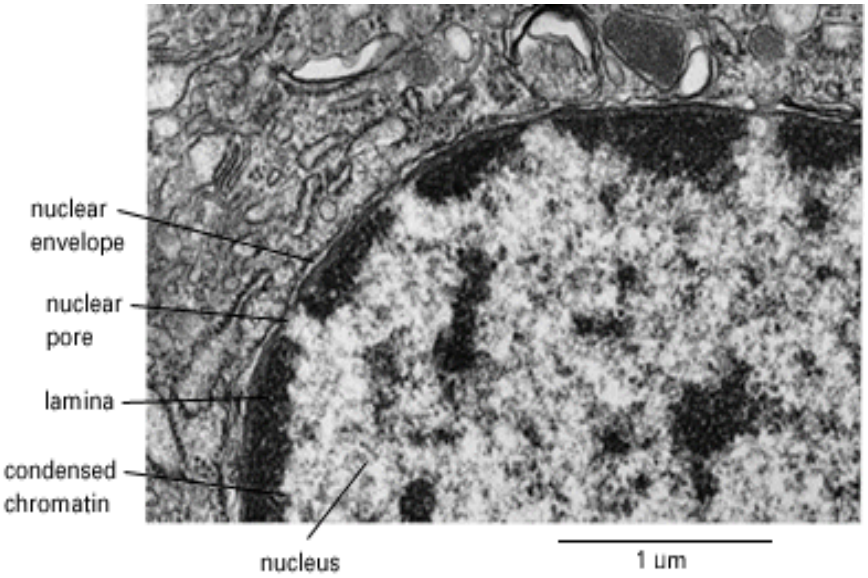
النواة

- The largest part of the subcellular organelles
- Separated from cytoplasm by double membrane system (nuclear envelop)
- Has pores through the 2 membranes
- Contains all genomic DNA of the cell
- Location of RNA synthesis



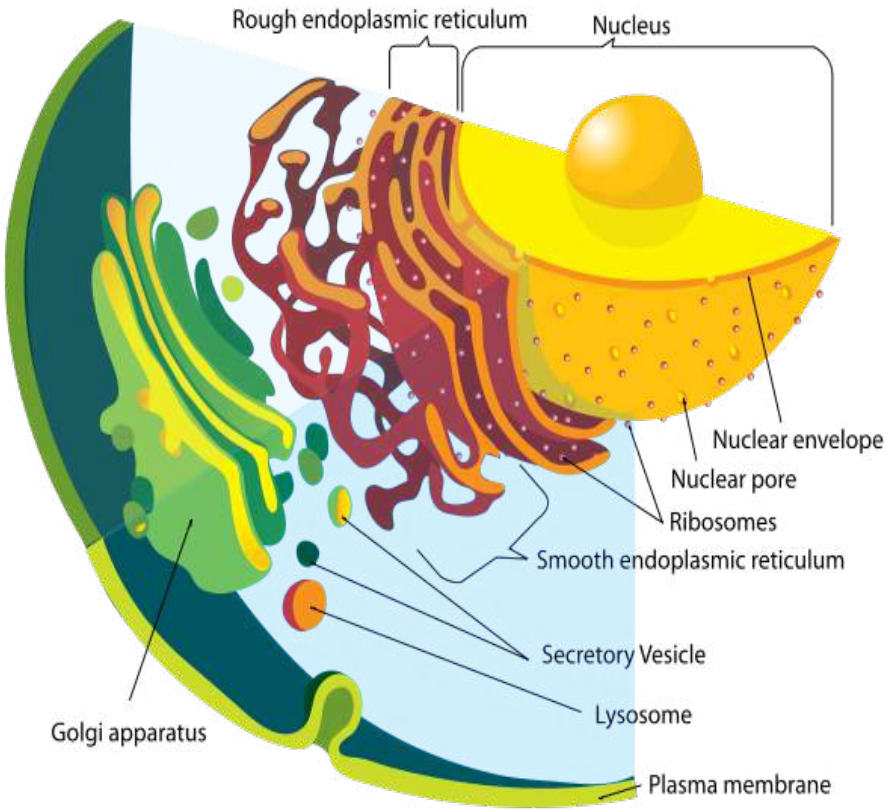
الغلاف النووي

- Double lipid layer
- Outer layer part of the ER
- Inner layer connected to nuclear lamina



- Nuclear pores: two way openings in the envelop for active transport

الجملة البطانية



- Integrated network of organelles
- Responsible for synthesis, intracellular transport and secretion of substances
- Main components are the endoplasmic reticulum and the Golgi complex

CMG, Dr. M. Küpper 2012

THE ENDOPLASMIC RETICULUM (ER):

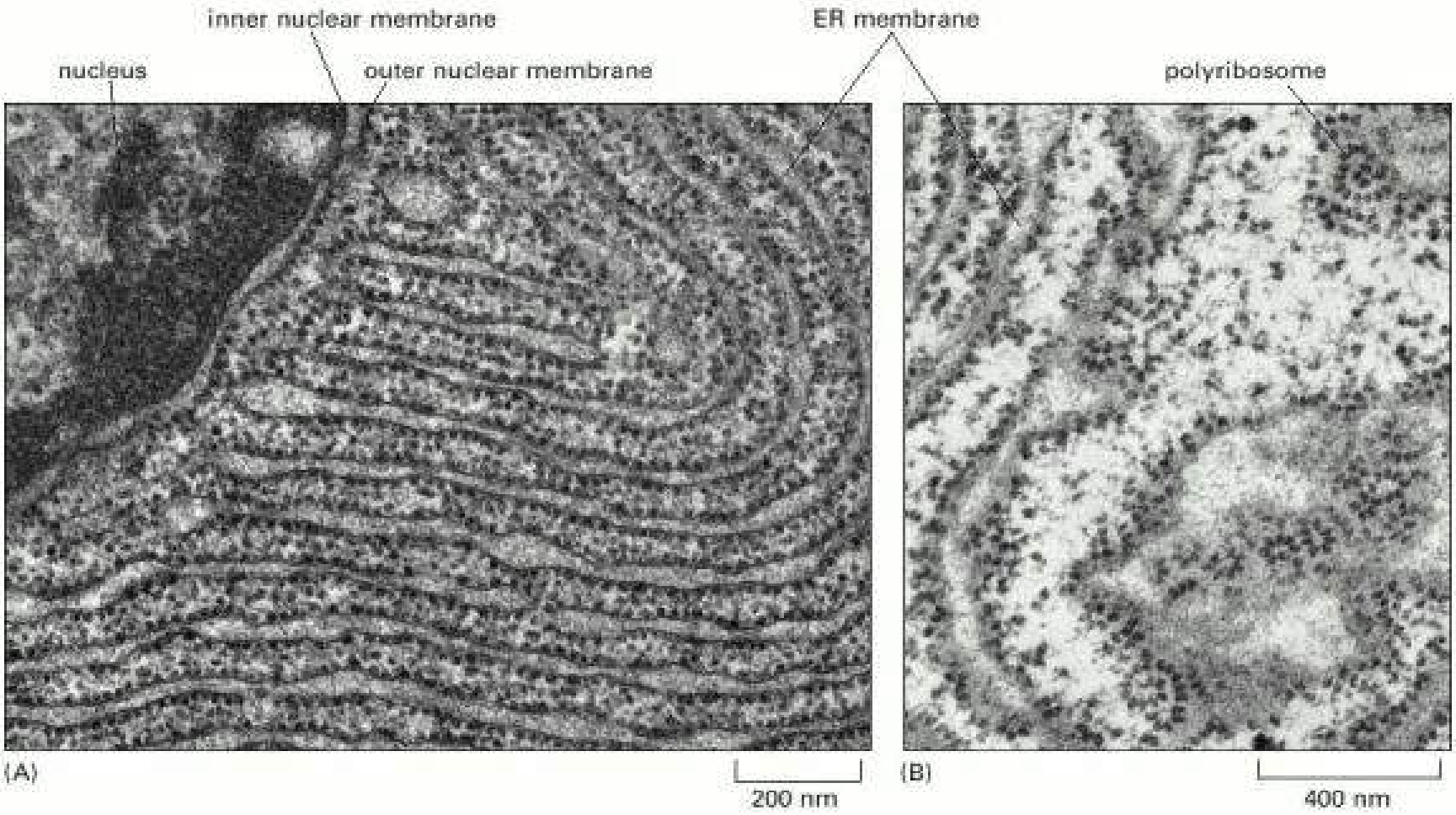
ER: تتكون من قنوات وأكياس وحويصلات مملوءة بسائل ومحاطة بأغشية لها تركيب الغشاء البلازمي

General function:

- Proteins are synthesized in the ER, shifted to the Golgi complex and transported to their destinations
- It contains enzymes involved in lipid metabolism
- Glycogen storage (liver cells)

- **Structure:**
  - rough ER (RER): nearest to the nucleus, studded with ribosomes
  - smooth ER (SER): lacks ribosomes, extends from the RER towards the plasma membrane

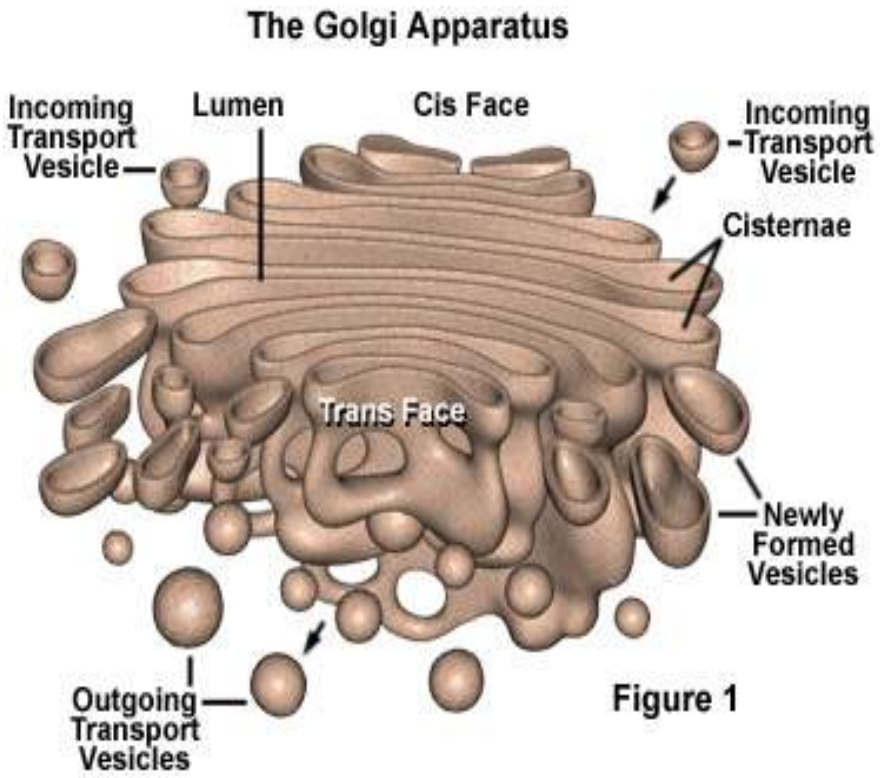
الشبكة البطانية الخشنة



	الشبكة الاندوبلازمية الخشنة	الشبكة الاندوبلازمية الملساء
التركيب	قنوات وأكياس وحويصلات مملوءة بسائل محاطة بأغشية لها نفس تركيب الغشاء البلازمي وتقع على هذه الأغشية رايبوسومات .	قنوات واكياس وحويصلات مملوءة بسائل محاطة بأغشية لها نفس تركيب الغشاء البلازمي
الوظيفة	إفراز البروتينات .	1- بناء الليبيدات . 2- أيض الكربوهيدرات . 3- إزالة سمية بعض العقاقير والسموم . 4- تخزين الكالسيوم اللازم لانقباض العضلات

جهاز غولجي

- أجسام غولجي عبارة عن بنى غشائية تشمل حزمة من الأكياس المنبسطة المرتبة ترتيباً متوازياً، ومن حويصلات كروية ذات أغشية رقيقة تقع بالقرب من حافة الأكياس . تعمل أجسام غولجي على تعديل تركيب البروتينات المصنعة في الرايبوزومات وتصنيفها وإعدادها بشكلها النهائي لتستخدم في داخل الخلية أو لتفرز خارجها كما تعمل على :
- اصطناع بعض السكاكر المعقدة كاللاكتوز lactose



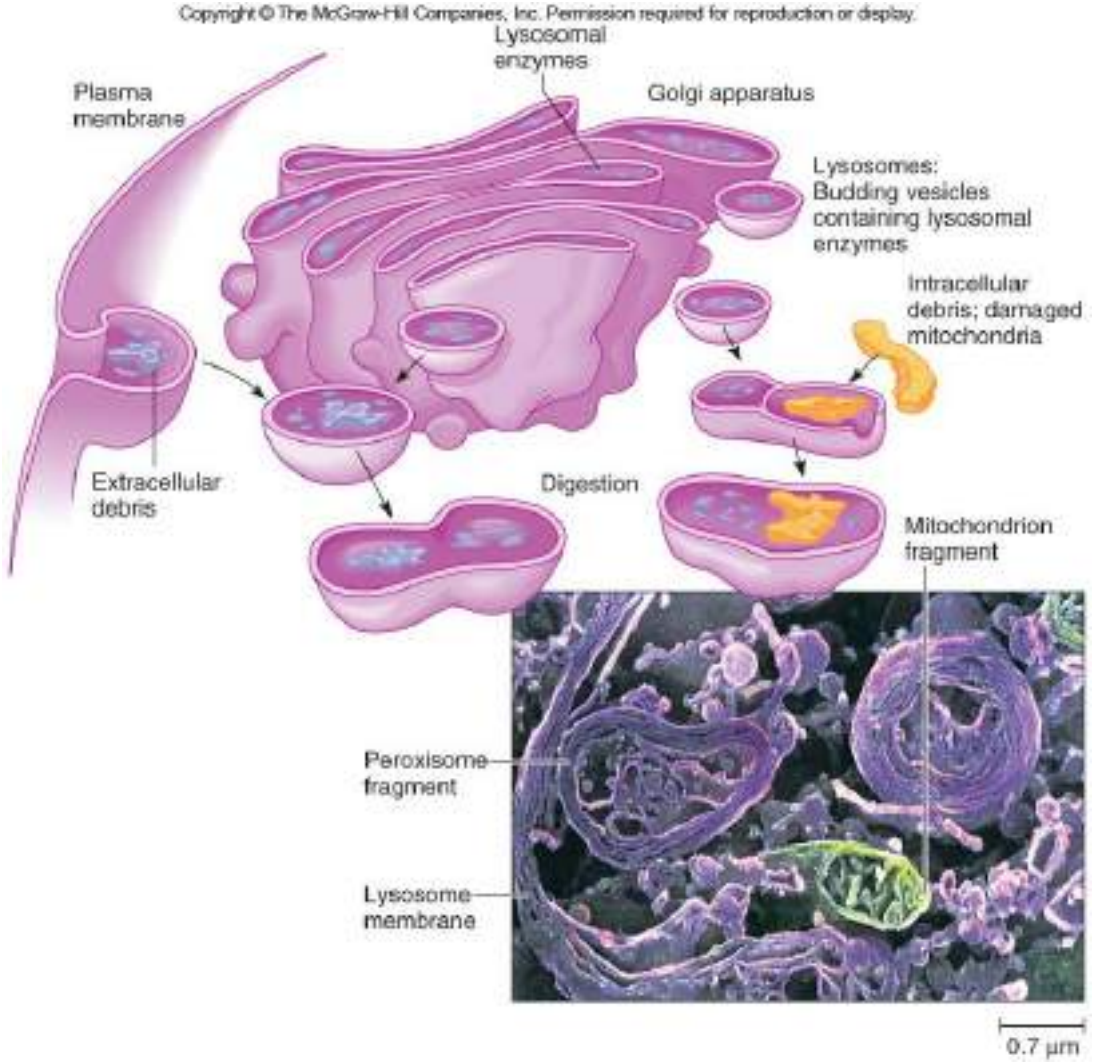
عضيات التحطيم والتدرك: الجسيمات الحالة (الليزوزومات)

- Membrane-bound organelles filled with a mixture of hydrolytic enzymes.

Principle sites for intracellular digestion

- Responsible for breakdown of materials ingested from the extracellular environment like debris or nutrients (old proteins), as well as degradation of pathogenic bacteria
- Involved in organelle turn-over (autophagy)

Lysosomes Emerge From The Golgi Complex and Fuse With Vesicles



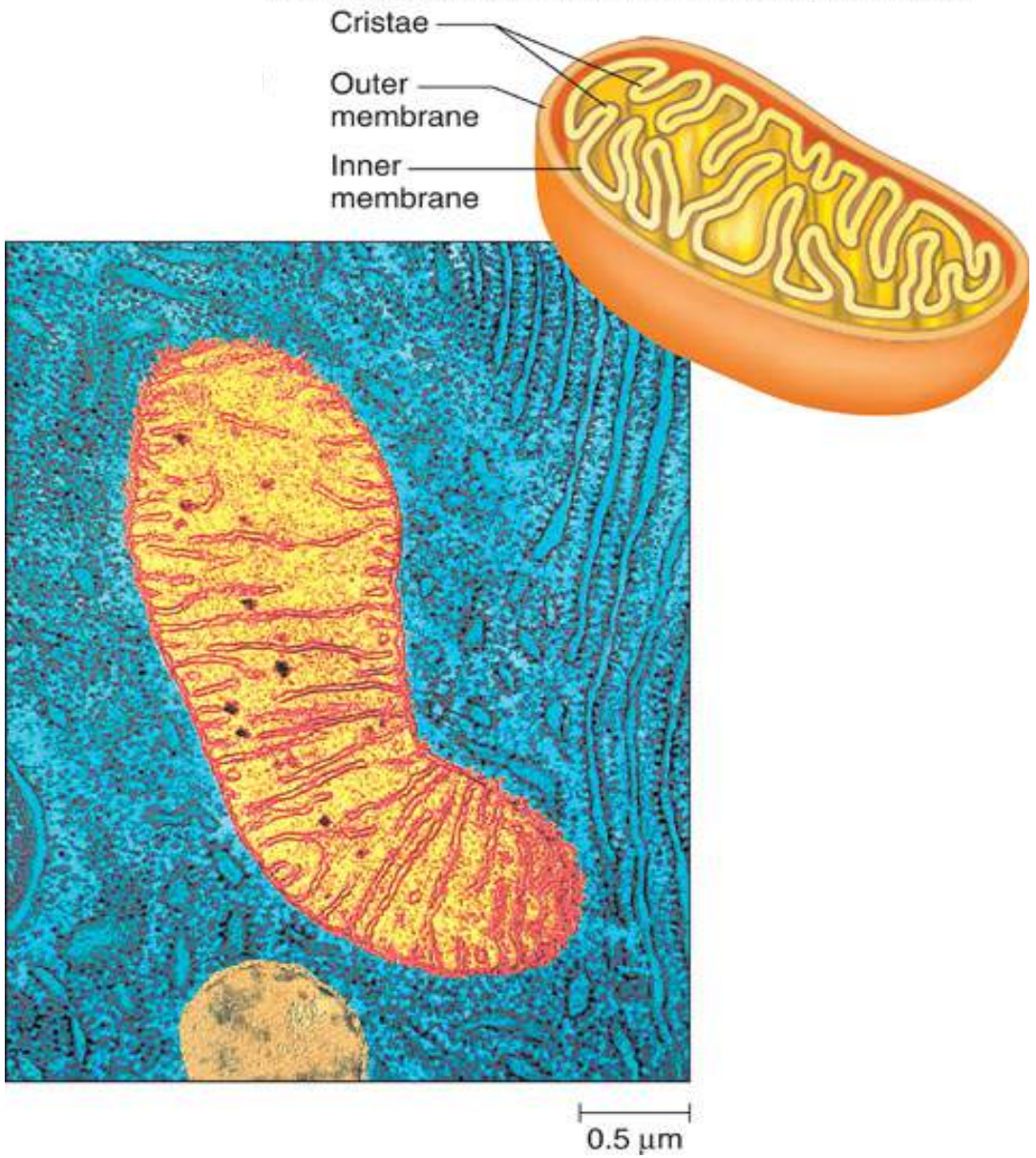
من عضيات التدرك: Peroxisomes

Peroxisomes are vesicular bodies that are smaller than lysosomes characterized by:

- Self-replicating organelles
- Contains several enzymes (enzymes that transfer hydrogen to oxygen to produce H_2O_2, catalase)
- Major function is breakdown of lipids (beta-oxidation), synthesis of bile acids, detoxification

المتقدرات

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



معظم طاقة الخلية تنتج في المتقدرات

- Mitochondria are rod-shaped organelles that can be considered the power generators of the cell, converting oxygen and nutrients into adenosine triphosphate (**ATP**). This process is called **aerobic respiration**
- Mitochondria has two specialized membranes, creating the **internal matrix** and **intermembrane space**
- Matrix contains enzymes to produce acetyl CoA from pyruvate and fatty acids, and to metabolize acetyl CoA in the **citric acid cycle**