Contents:

1) Chapter (3): Water and life ..... (1 – 8)
2) Chapter (5): Biological macromolecules and lipids..... (9 – 29)
3) Chapter (6): Energy and life ..... (30 – 42)
4) Chapter (7): Cell structure and function ..... (43 – 62)
5) Chapter (8): Cell membranes ..... (63 – 78)
6) Chapter (10): Cell respiration ..... (79 – 101)
7) Chapter (11): Photosynthesis ..... (102 – 116)
8) Chapter (16): Nucleic acids and inheritance ..... (117 – 131)
9) Chapter (17): Expression of genes ..... (132 – 147)

Contact us by:

: 0791134184 - 0781376865

Join our group on Facebook: www.facebook.com/groups/drs.of.A

Resources:

Campbell Biology (**13th Edition**) text book.

All right reserved to **Campbell** biology (**13th Edition**) text book

هذا هو **الإصدار الثاني للدوسية** وهي مكتوبة من قبل طلبة **كلية الطب في الجامعة الأردنية**.

الحمدلله رب العالمين لقينا طلب كبير على الدوسية عندما تم طرحها العام الماضي حيث شكرنا العديد من الطلبة من مختلف الجامعات الأردنية منهم من طلبة الجامعة الهاشمية و البلقاء التطبيقية و مؤتة و اليرموك والعلوم والتكنولوجيا و خصوصا طلبة الجامعة الأردنية فقد أحرز عدد كبير منهم العلامات الكاملة وحصلوا على درجة الإمتياز في هذه المادة.

معلومة: طلبة الطب الذين قاموا بتأليف هذه الدوسية حصلوا على علامة 95 من 100 عندما كانت الإمتحانات وجاهية (2019).

تحذير هام: لا يجب عليك نسخ أو طباعة أو تصوير هذا المحتوى ولا ارسال أي صورة إلى أي شخص عن هذا المحتوى عبر وسائل التواصل الإجتماعي لإن هذه الدوسية مسجلة بالمكتبة الوطنية لحقوق النشر وسيتم مسائلة أي شخص مسائلة قانونية اذا نشر أي شيء من هذه الدوسية.

Momen Tamimi

CHAPTER 3

Water and life

Covalent bond	رابطة تساهمية	**Adhesion**	خاصية التلاصق	**Solute**	المادة المذابة
Polar covalent	تساهمية قطبية	**Surface tension**	التوتر السطحي	**Solution**	المحلول
Partial negative	قليل من شحنة سالبة	**Evaporation**	عملية التبخر	**Aqueous**	المحلول المائي
Partial positive	قليل من شحنة موجبة	**Vaporization**	عملية التبخر	**Hydrophilic**	مادة محبة للماء
Cohesion	خاصية التماسك	**Solvent**	المادة المذيبة	**Hydrophobic**	مادة غير محبة للماء

The Molecule That Supports All of Life. **Water** is the **only common substance** to exist in the natural environment in all **three physical states** of matter: **(Solid, Liquid and Gas)**

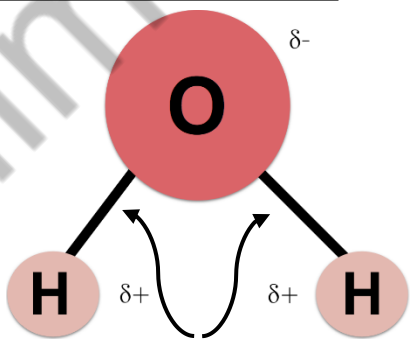
Water is vital (**essential**) for life:

1) Living organism **(70-95%)** contains **water**.

2) Three-quarters (3/4) of Earth's surface is **covered by water.**

Concept 3.1: Polar covalent bonds in water molecules result in hydrogen bonding.

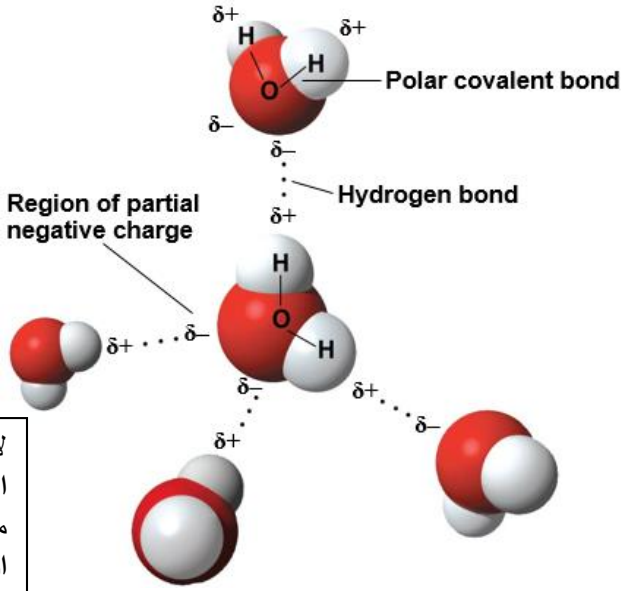
Water molecule is deceptively **simple**. It is **(V) shaped** molecule, with its two **hydrogen atoms joined to the oxygen atom** by **single covalent bonds**. **Oxygen** is **more electronegative** than **hydrogen**, so the **electrons** of the **covalent bonds spend more time closer to oxygen than to hydrogen** and because of that we call it **Polar covalent bonds**. This **unequal sharing** of **electrons** and water's **V-like shape make** it a **polar** molecule, meaning that its **overall charge is unevenly distributed**. In **water**, the oxygen of the molecule has **two regions** of **partial negative charge (δ-)**, and each hydrogen has a **partial positive charge (δ+).**



Polar covalent bond

يعد جزيء الماء **بسيط التركيب فشكله يشبه حرف (V)** ويتكون من **ذرة** من **الأكسجين** ترتبط بها **ذرتين من الهيدروجين برابطة تساهمية**. **ذرة الأكسجين لها كهروسلبية أعلى من ذرة الهيدروجين** وبالتالي فإن **الكترونات الرابطة التساهمية تمضي وقت أطول بالقرب من ذرة الأكسجين (تنجذب نحو الأكسجين بشكل أكبر)** ولهذا السبب أصبحنا نسمي هذه الرابطة (**رابطة تساهمية قطبية**) بسبب التوزع **الغير متساوي** للالكترونات بين **الاكسجين** و**الهيدروجين**. في جزيء الماء لدينا **منطقتان**: 1) منطقة تحتوي على **القليل من الشحنة السالبة** (عند ذرة **الأكسجين** بسبب وجود الألكترونات بجانبها لوقت أطول) 2) منطقة تحتوي على **القليل من الشحنة الموجبة** (عند ذرتي **الهيدروجين** بسبب ابتعاد إلكترونات الرابطة عنها).

Polarity allows water molecules to form **hydrogen bonds** with each other. The **partially positive hydrogen** of **one molecule** is **attracted** to the **partially negative oxygen** of a **nearby molecule**. The **two molecules** are thus **held together by a hydrogen bond. Hydrogen bonds** are very **fragile**, each only about 1**/20 as strong as a covalent bond**. The **hydrogen bonds form**, **break**, and **re-form** with **great frequency**. The **maximum** number of **hydrogen-bond** a water molecule can form is **(4).** The bond **between water molecules** is **H-bond**.



(4) Hydrogen bonds only

لأن **جزيء الماء قطبي** فهذا يسمح له **بتكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء الأخرى**. ويتم ذلك عن طريق **إرتباط ذرة الهيدروجين في جزيء الماء** (منطقة القليل من الشحنة الموجبة) بذرة **أكسجين** في **جزيء ماء آخر** (**منطقة القليل من الشحنة السالبة)** فتتكون رابطة بين الشحنة **الموجبة والسالبة** تسمى (الرابطة الهيدروجينية). **الرابطة الهيدروجينية أضعف بكثير** من **الرابطة التساهمية** لذلك فإن الروابط الهيدروجينية **تتكسر وتعود لتتشكل (تتكون) من جديد بسرعة عالية**. يستطيع جزيء **الماء الواحد** أن يرتبط **بأربعة جزيئات ماء أخرى** (**4 روابط هيدروجينية** فقط).

Momen Tamimi

Concept 3.2 Four emergent properties of water contribute to Earth's suitability for life

Four emergent properties of water:

1) Cohesive behavior.
2) Ability to moderate temperature.
3) Expansion upon freezing.
4) Versatility as a solvent.

هنالك **أربعة خصائص** تجعل الماء مهم جدا للحياة.

1- خاصية التماسك.
2- القدرة على التحكم في الإعتدال الحراري.
3- التمدد عند التجمد.
4- يستخدم كمذيب للمواد.

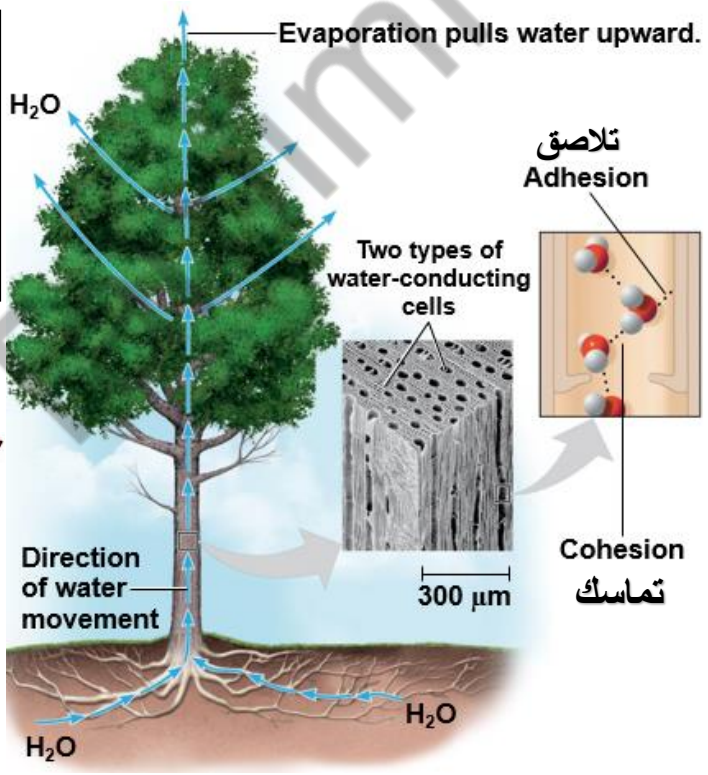
1) Cohesion of Water Molecules:

Water molecules stay close to each other as a result of **hydrogen bonding**. **Hydrogen bonds** hold water molecules **together** a phenomenon called **cohesion. Cohesion** due to **hydrogen bonding** contributes to the **transport of water** and **dissolved nutrients against gravity** in **plants**.

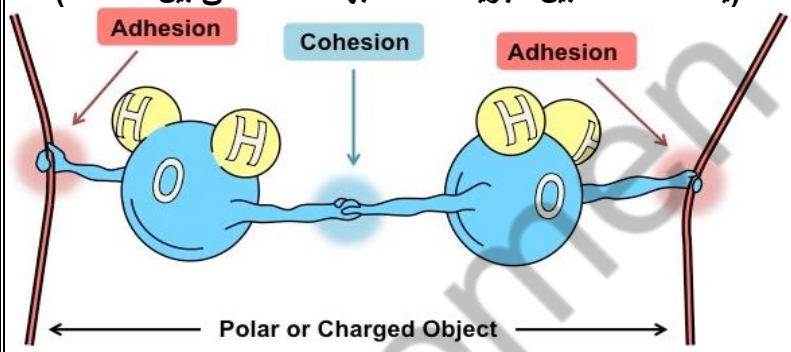
Adhesion: is an **attraction between different substances, adhesion** of water by **hydrogen bonds** to the molecules of **cell walls** helps counter the **downward pull of gravity.**

خاصية التماسك: تنشأ هذه الخاصية **بين جزيئات الماء مع بعضها البعض** وذلك بسبب وجود **روابط هيدروجينية** بينها حيث انها **تساعد** على رفع الماء **للأعلى** في **النباتات بعكس إتجاه الجاذبية الأرضية**.

خاصية التلاصق: تنشأ هذه الخاصية بين **جزيئات الماء و مواد اخرى ترتبط بها غير الماء** و مثال على ذلك **إرتباط جزيئات الماء بالجدار الخلوي للنباتات** والذي يساعدها على **الإرتفاع للأعلى ومقاومة الجاذبية الأرضية**.



Cohesion occurs between same molecules.
Adhesion occurs between different molecules.
(يحدث التماسك بين الجزيئات المتشابهة أما التلاصق بين المختلفة)



Surface tension: is a **measure of how difficult it is to break the surface of a liquid**. Water has an **unusually high surface tension** due to **hydrogen bonding** between the molecules. (**H-bond is responsible for surface tension**). Surface tension allows **insects to walk on water** as shown here in the figure.

خاصية **التوتر السطحي**: **قياس مدى صعوبة كسر سطح سائل**. الماء لديه خاصية التوتر السطحي بشكل **مرتفع** وذلك بسبب وجود **روابط هيدروجينية** بين **جزيئات الماء**. خاصية التوتر السطحي تسمح **للحشرات بالوقوف و المشي على الماء**.

In a single molecule of water, two hydrogen atoms are bonded to a single oxygen atom by?

A) Hydrogen bonds.
B) Nonpolar covalent bonds.
C) Polar covalent bonds.
D) Ionic bonds.
E) van der Waals interactions

Answer: **(C)**

Momen Tamimi

2) Moderation of Temperature by Water:

Anything that moves has **kinetic energy**, the **energy of motion**. The faster a molecule moves, the **greater** its **kinetic energy**. The kinetic energy associated with the **random movement of atoms** or **molecules** is called **thermal energy**. **Thermal energy** in transfer from **one body of matter** to **another** is defined as **heat**. Water **absorbs** heat from **warmer air** and **releases** stored heat to **cooler air**. Water can **absorb** or **release** a large amount of heat with only a **slight change** in its **own temperature**. A **calorie** (**cal**) is the amount of **heat required to raise or decrease** the temperature of **1 g of water by 1ºC**. **One joule equals 0.239 cal; one calorie equals 4.184 J**.

خاصية تنظيم الحرارة للماء: أي شيء يتحرك له **طاقة حركية**. كلما **زادت سرعة الجزيء زادت طاقته الحركية**. و تسمى **الطاقة الحركية المرتبطة بالحركة العشوائية للذرات أو الجزيئات بالطاقة الحرارية**. تستطيع الطاقة الحرارية أن **تنتقل من جسم إلى آخر**. يمكن لجزيء الماء أن **يمتص** كمية **كبيرة** من الحرارة أو **يفقد كمية كبيرة** أيضا و لكن يحدث **تغير بسيط في درجة حرارته.** الكالوري (**السعرة الحرارية**): كمية الحرارة التي نحتاجها **لرفع أو خفض** درجة حرارة **واحد غرام** من **الماء بدرجة واحدة من السيليسيوس.**

Water's High Specific Heat:

specific heat of a substance: is the amount of heat that must be **absorbed or lost for 1 g** of that substance **to change its temperature by 1ºC.** We already know water's specific heat because we have defined a **calorie** as the amount of heat that causes 1 g of water to change its temperature by 1°C. **The specific heat of water is 1 cal/(g • ºC).**

Water heats up + cool down → **resists changing** its temperature because of its **high specific heat.**

Water's high specific heat can be traced to **hydrogen bonding**:

A) Heat is **absorbed** when **hydrogen bonds break.**

B) Heat is **released** when **hydrogen bonds form.**

يوجد للماء **حرارة نوعية عالية نسبيا**: لكل مادة **حرارة نوعية خاصة بها** وتعرف على أنها: كمية الحرارة التي نحتاجها **لرفع أو خفض** درجة حرارة **واحد غرام** من المادة **بدرجة واحدة من السيليسيوس.** للماء حرارة نوعية عالية جدا فالماء عندما **يسخن** و **يبرد يقاوم التغير** في درجة حرارته وذلك بسبب خاصية **الحرارة النوعية** للماء فهي **تحافظ على درجة حرارته ثابتة**. عندما يتم **امتصاص** الحرارة **تتكسر الروابط الهيدروجينية** و عندما **يفقد الماء الحرارة تتشكل الروابط الهيدروجينية**.

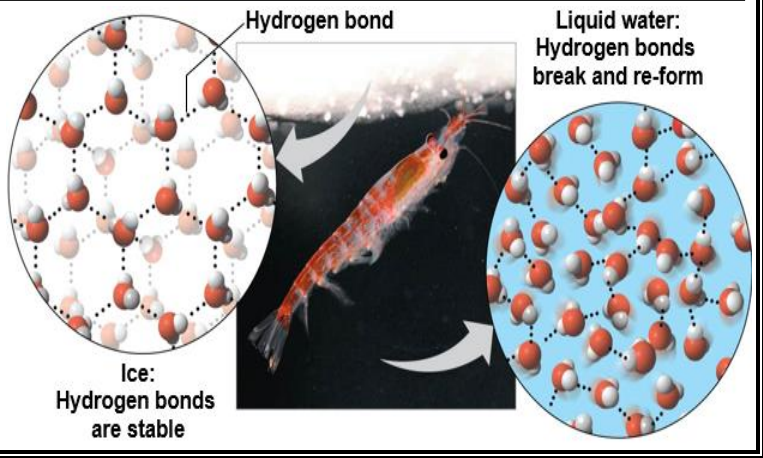
Evaporative Cooling:

Evaporation (or **vaporization**) is transformation of a substance from **liquid to gas. Heat of vaporization** is the heat a liquid must absorb for 1 g to be converted to gas as a liquid evaporates, its remaining surface cools, a process called **evaporative cooling**. **Evaporative cooling of water helps stabilize temperatures in organisms and bodies of water.** Evaporation of sweat from human skin dissipates body heat and **helps prevent overheating on a hot day**.

حرارة التبخر: هي الحرارة التي يجب أن **يمتصها** السائل حتى يتم **تحويل 1 غرام من السائل إلى غاز** و عندما يتبخر السائل **يبرد سطحه** فتسمى هذه العملية **التبريد بعد التبخر**. و هذه العملية مهمة جدا في الماء اذ أن الماء **يحافظ على درجة حرارة الكائنات الحية و يجعلها مستقرة و ثابتة.** مثال: (**التعرق**) عندما تكون درجة الحرارة عالية في فصل الصيف فإن جسم الإنسان يبدأ بالتعرق ويظهر على بشرته نقاط من الماء ما **يساعده للحفاظ على درجة حرارته معتدلة**.

3) Floating of Ice on Liquid Water:

Ice floats in liquid water because **hydrogen bonds** in ice are more **ordered** making ice **less dense** than water. Water reaches its **greatest density at 4ºC**. (**Most dense**). As the temperature **falls from 4°C to 0°C**, water begins to **freeze**, the molecules become **locked into a crystalline lattice**. Many scientists are worried that **global warming** is having a profound effect on **icy environments** around the globe.



Moner Tamimi

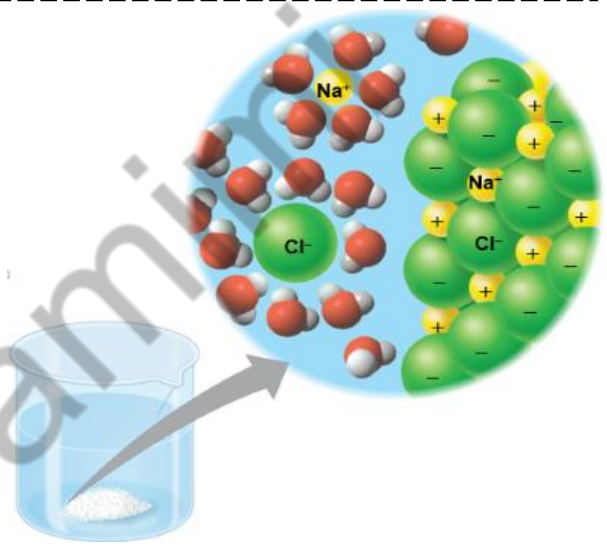
الثلج (**الجليد**) **يطفو** على الماء **السائل** وذلك لأن **الروابط الهيدروجينية** في الثلج (الجليد) **منتظمة** أكثر من الماء ما يجعل الثلج (الجليد) **أقل كثافة من الماء السائل**. يصل الماء الى اعلى (**أكبر**) **كثافة** له على درجة حرارة **4 سيلسيوس.** عندما تنخفض درجة الحرارة إلى (**صفر**) سيلسيوس **يبدأ الماء بالتجمد** وتترتب الجزيئات على **شكل شبكة بلورية متراصة**.

All of the following are water properties essential for life on earth, except:

A) Cohesion.
B) Specific heat.
C) Solvent.
D) Expansion above 10^0C.
E) Surface tension
Answer: **(D)**

4) Water: The Solvent of Life:

A **solution** is a liquid that is a **completely homogeneous mixture of substances**.
The **solvent** is the **dissolving agent** of a solution.
The **solute** is the **substance** that is **dissolved**.
An **aqueous solution** is one in which **water** is the **solvent**.

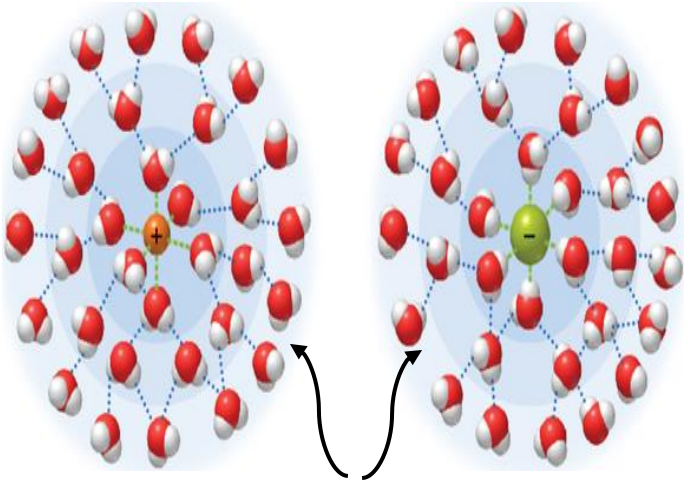


الماء السائل المذيب للمواد في الحياة. سوف نتعرف على بعض المفاهيم
المحلول: هو السائل الذي يتكون من خليط متجانس من المواد.
المذيب: العامل الذي يذيب المواد في المحلول.
المذاب: المواد التي تذوب داخل المحلول.
المحلول المائي: هو محلول يكون الماء فيه هو المذيب.

Water: solvent / NaCl (salt, ionic compound): solute

Water is a **very versatile solvent due to its polarity**.
Suppose for example that we dissolved a spoonful of **table salt (NaCl)** in a **glass of water**. **NaCl** will **dissociate** into **two ions**: **Na^+** and **Cl^-**. These **ions** and **regions** of the **water molecules** are **attracted** to each other due to their **opposite charges**. The **oxygens** of the water molecules have **regions** of **partial negative charge** that are attracted to **sodium cations** (because sodium has a **positive charge**). The **hydrogen regions** are **partially positively charged** and are attracted to **chloride anions** (because chloride has a **negative charge**). As a result, water molecules **surround** the **individual sodium and chloride ions**, **separating** and **shielding** them from **one another**. The **sphere of water molecules around each dissolved ion** is called a **hydration shell**. A **compound** does not need to be **ionic** to **dissolve in water** it can be **polar** or **charged compound**.

يعد الماء مذيب للمواد الاخرى بسبب انه مركب قطبي. و عندما **يذوب محلول ايوني في الماء** يحاط كل **ايون بغلاف من جزيئات الماء** يسمى **بالغلاف الصدفي** (يشبه الصدفة).
للتوضيح أكثر: عندما يذوب **ملح كلوريد الصوديوم (NaCl)** في الماء فانه ينقسم الى **ايونات ايون الصوديوم الموجب** و **ايون الكلور السالب**. تتجمع جزيئات الماء من **جهة الهيدروجين** (**الجهة الموجبة**) على **شكل غلاف** و تحيط ب **ايون الكلور لانه سالب**. اما **ايون الصوديوم** لأنه **موجب** فتتجمع **جزيئات الماء** عليه **بشكل غلاف من جهة الاكسجين** (**الجهة السالبة**). وهاذ الغلاف **يفصل** كل من **أيون الصوديوم** و**أيون الكلور** عن **بعضهما البعض**. وليس بالضروري أن يكون **المركب أيوني ليذوب** في **الماء** ويتشكل حوله **غلاف صدفي** فمن الممكن أن يكون **المركب قطبي أو مشحون**.



Hydration shell

Monier Tamimi

Hydrophilic and Hydrophobic Substances: (المواد المحبة والغير محبة للماء)

1) A **hydrophilic** substance is one that has an **affinity for water.** (Philic = Love)

2) A **hydrophobic** substance is one that **does not have an affinity for water.** (Phobia = Hate)

Example of **hydrophilic substances:** (**salts**, **sugars**, **polar** substances, substances that **can form hydrogen bonds**). There is some **hydrophilic substance** that **does not dissolve in water** like **cotton**, a **plant product.** Example of **hydrophobic substances**: (**wax**, **oil**, **nonionic**, **nonpolar**, substances that **cannot form hydrogen bonds**). **Oil** molecules are **hydrophobic** they have relatively **nonpolar bonds. Hydrophobic** molecules related to **oils** are the **major ingredients** of **cell membranes.**

(Hydrophilic) = محب للماء (تذوب فيه) / (Hydrophobic) = غير محب للماء (لا تذوب فيه).

أمثلة على **المواد المحبة للماء**: **(الملح / السكر / المواد القطبية / المواد التي تستطيع تكوين روابط هيدروجينية مع الماء عندما تذوب)** هنالك بعض المواد القطبية التي لا **تذوب في الماء** مثل **القطن** بسبب أنه **مركب كبير** يحتوي على **العديد من جزيئات السيليلوز (Cellulose).**

أمثلة على المواد **الغير محبة للماء (الكارهة للماء): (الشمع / الزيوت / المواد الغير أيونية / المواد الغير قطبية / المواد التي لا تكون روابط هيدروجينية مع الماء).** **الزيوت مواد غير محبة للماء** ترتبط مع بعضها البعض عن طريق **روابط غير قطبية** وتعد الزيوت **المكون الأساسي للأغشية الخلوية**.

Q1: Cohesion helps the transport of water against gravity in plants?

A) True.

B) False.

Answer: **(A)**

Q2: Polarity allows water molecules to form hydrogen bonds?

A) True.

B) False

Answer: **(A)**

Summary of Key Concepts:

Concept 3.1: Polar covalent bonds in water molecules result in hydrogen bonding Water is a polar molecule. A hydrogen bond forms when a partially negatively charged region on the oxygen of one water molecule is attracted to the partially positively charged hydrogen of a nearby water molecule. Hydrogen bonding between water molecules is the basis for water's properties. Ice floats because it is less dense than liquid water. This property allows life to exist under the frozen surfaces of lakes and polar seas. Water is an unusually versatile **solvent** because its polar molecules are attracted to ions and polar substances that can form hydrogen bonds. **Hydrophilic** substances have an affinity for water; **hydrophobic** substances do not. The emergent properties of water support life on Earth and may contribute to the potential for life to have evolved on other planets. **Concept 3.2: Four emergent properties of water contribute to Earth's suitability for life** Hydrogen bonding keeps water molecules close to each other, giving water **cohesion**. Hydrogen bonding is also responsible for water's **surface tension**. Water has a high **specific heat**: Heat is absorbed when hydrogen bonds break and is released when hydrogen bonds form. This helps keep **temperatures** relatively steady, within limits that permit life. **Evaporative cooling** is based on water's high **heat of vaporization**. The evaporative loss of the most energetic water molecules cools a surface.

Which of the following is incorrectly matched?

A) Solvent – dissolving agent.

B) Solutes – dissolved substance.

C) Water – versatile solvent.

D) Aqueous solution – organic solvent.

E) Aqueous solution – water solvent.

Answer: **(D)**

Women Tamimi

Test Questions (Practice exam)
Test Yourself

Q1: The slight negative charge at one end of one water molecule is attracted to the slight positive charge of another water molecule. What is this attraction called?
A) A covalent bond.
B) A hydrogen bond.
C) An ionic bond.
D) A hydrophilic bond.
E) A hydrophobic bond.

Q2: What gives rise to the cohesiveness of water molecules?
A) Hydrophobic interactions.
B) Nonpolar covalent bonds.
C) Ionic bonds.
D) Hydrogen bonds.
E) Both A and C.

Q3: Water's high specific heat is mainly a consequence of the?
A) Small size of the water molecules.
B) High specific heat of oxygen and hydrogen atoms.
C) Absorption and release of heat when hydrogen bonds break and form.
D) Fact that water is a poor heat conductor.
E) Inability of water to dissipate heat into dry air.

Q4: Which type of bond must be broken for water to vaporize?
A) Ionic bonds.
B) Nonpolar covalent bonds.
C) Polar covalent bonds.
D) Hydrogen bonds.
E) Covalent bonds.

Q5: At what temperature is water at its densest?
A) 0°C.
B) 4°C.
C) 32°C.
D) 100°C.
E) 212°C.

Q6: The partial negative charge in a molecule of water occurs because?
A) The oxygen atom acquires an additional electron.
B) The electrons shared between the oxygen and hydrogen atoms spend more time around the oxygen atom nucleus than around the hydrogen atom nucleus.
C) The oxygen atom has two pairs of electrons in its valence shell that are not neutralized by hydrogen atoms.
D) The oxygen atom forms hybrid orbitals that distribute electrons unequally around the oxygen nucleus.
E) One of the hydrogen atoms donates an electron to the oxygen atom.

Most of water properties are due to hydrogen bonds between water molecules?
A) True.
B) False.
Answer: **(A)**

Momen Tamimi

Q7: The amount of heat required to change the temperature of 1 g of any substance by one C is defined as?
A) 1 kilocalorie.
B) 1 calorie.
C) 1 joule.
D) The heat of vaporization of that Substance.
E) The specific heat of that substance.

Q8: Many mammals control their body temperature by sweating. Which property of water is most directly responsible for the ability of sweat to lower body temperature?
A) Water's change in density when it condenses.
B) Water's ability to dissolve molecules in the air.
C) The release of heat by the formation of hydrogen bonds.
D) The absorption of heat by the breaking of hydrogen bonds.

Q9: What do cohesion, surface tension, and adhesion have in common with reference to water?
A. All increase when temperature increases.
B. All are produced by ionic bonding.
C. All are properties related to hydrogen bonding.
D. All are properties related to polarity of water.
E. C and D only.

Q10: Each water molecule can form hydrogen bond with other ……. Molecules?
A) 4.
B) 3.
C) 2.
D) 1.

Q11: Hydrophobic substances such as vegetable oil are?
A) Nonpolar substances that repel water molecules.
B) Nonpolar substances that have an attraction for water molecules.
C) Polar substances that repel water molecules.
D) Polar substances that have an affinity for water.
E) Charged molecules that hydrogen-bond with water molecules.

Q12: The sphere of water molecule around an ions is known as:
A) Cohesion.
B) Adhesion.
C) Hydration shell.
D) Surface tension.
E) High specific heat.

Q13: Which of the following classified as hydrophilic molecules but cannot dissolve in water?
A) Sugar.
B) Cotton.
C) Salts.
D) Oils.
E) Both B and D correct.

A **joule** is the amount of **heat required to raise** the temperature of **1 g of water by 1ºC**.
A) True.
B) False.
Answer: **(B)**

Momen Tamimi

Q14: Transformation of a material from liquid to gaseous state is known as:
A) Boiling.
B) Evaporation.
C) Vaporization.
D) Condensation.
E) B+C.

Q15: The tendency of water molecules to stay close to each other as a result of hydrogen bonding ……?
A) Provides the surface tension that allow leaves to float on water.
B) Is called cohesion.
C) Acts to moderate temperature.
D) Keeps the water moving through the vessels in a tree trunk.
E) All of the above.

Q16: Which of the following is a hydrophobic material?
A) Paper.
B) Table salt.
C) Wax.
D) Sugar.
E) NaCl.

Q17: Adhesion is best described as which of the following?
A) The clinging of one substance to another same substance.
B) A property of water that helps moderate Earth's temperature.
C) The process that contributes to the transport of water and dissolved nutrients in plants by causing water molecules to tug on other water molecules.
D) The process by which a crystalline lattice forms.
E) The clinging of one substance to different substance.

Q18: What property of water allows it to have a very high boiling point?
A) Hydrogen bonding.
B) Covalent bonding.
C) Van der Waals forces.
D) Evaporation.
E) High specific heat.

Q19: Which of the following would the strongest type of bond present in a sample of water?
A) Ionic bond.
B) Polar covalent bond.
C) Van der Waals interactions.
D) Hydrogen bond.
E) Dipole-dipole interactions.

Q20: Water can form hydration shell around which of the following compounds:
A) NaCl
B) Sugar.
C) Cotton.
D) All of the above.
E) All of the above except C.

1- B	2- D	3- C	4- D	5- B	6- B	7- E	8- D	9- E	10- A
11- A	12- C	13- B	14- E	15- E	16- C	17- A	18- E	19- B	20- E

Momen Tamimi

CHAPTER 5

Biological macromolecules and lipids

Polymer	العديد من الجزيئات	**Amino acids**	حموض امينية	**Starch**	النشويات
Monomer	جزيء واحد	**Nucleic acids**	حموض نووية	**Branch**	تفرع
Hydrolysis	تجزئة (تحطيم)	**Fatty acid**	حمض دهني	**Kink**	إنحناء
Saccharide	سكر	**Polar**	قطبي	**Contractile**	إنقباض
Lipids	الليبيدات (الدهون)	**Macromolecule**	مادة ضخمة	**Backbone**	الهيكل

You need to know some of these **functional groups** to understand this chapter:

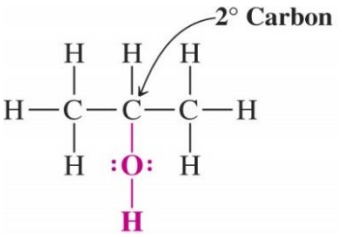
1) Alcohols (Polar): -OH= Hydroxyl group. Example: **Ethanol.**

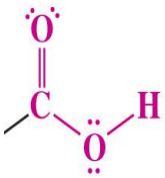
2) Carboxylic acid (Polar): R-**C=O-OH** (**C=O-OH Carboxyl** group).

3) Esters: R-**C=O-OR** (**C=O-OR Carboxyl** group).

4) Amine: R-**NH2** Example: **(NH3 ammonia).**

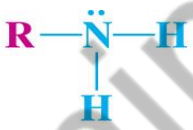
5) Amide: O=C-NH2. Example: (**Acetamide**).



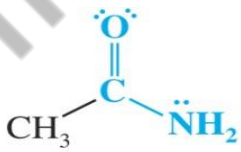


or

The carboxyl group



A primary (1°) amine



Acetamide

The Molecules of Life:

All living things are made up of **four** classes of large biological molecules: **carbohydrates**, **lipids**, **proteins**, and **nucleic acids**. Members of three of these classes: **carbohydrates**, **proteins**, and **nucleic acids** are **huge** and are therefore called **macromolecules.** (Lipids **are not** macromolecules)

الجزيئات المكونة للحياة (تتكون الكائنات الحية منها):
تتكون جميع الكائنات الحية من **أربعة** أنواع من الجزيئات الحيوية: **الكاربوهيدرات/ الليبدات/ البروتينات / الحموض النووية**. **ثلاثة أنواع** من **أصل أربعة** يصنفوا على أنهم **جزيئات حيوية ضخمة جدا** وهم: **(الكاربوهيدرات / البروتينات / الحموض النووية)** وبالتالي فإن **الليبيدات** لا تعد من **المركبات الضخمة**.

Concept 5.1: Macromolecules are polymers, built from monomers

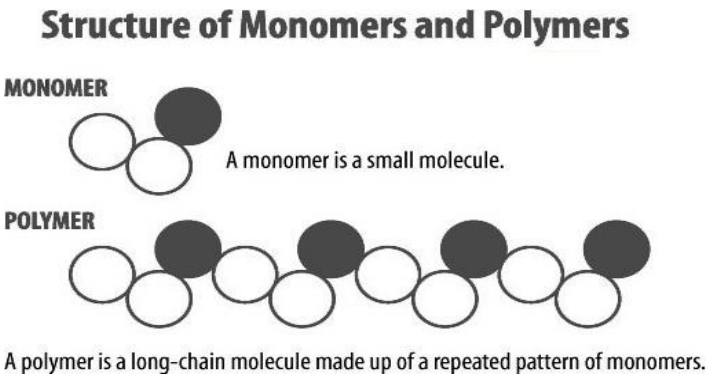
A **polymer:** is a **long** molecule consisting of many **similar** building blocks.

A **monomers:** The **repeating units** that serve as **building blocks for polymers**.

Carbohydrates, **proteins**, and **nucleic acids** are **polymers**. **Note:** only **Carbohydrates, proteins**, and **nucleic acids** are **polymers** and this means that **lipids are not polymers**.

Lipids ⟶ are not macromolecules + are not polymers.

البوليمر (Polymer): مركب ضخم (سلسلة طويلة) تتكون من **العديد من الوحدات البنائية المتشابهة** قد يصل عددها إلى **المئات** من الوحدات البنائية **ترتبط بين بعضها البعض بروابط لتشكل هذه السلسلة الطويلة**.
المونومر (Monomer): هي **الوحدة البنائية الواحدة التي يتم من خلالها بناء البوليمر**. تعد **(الكاربوهيدرات والبروتينات والحموض النووية)** من **البوليمرز** (أي أنها **تتكون من العديد من الوحدات البنائية المرتبطة**), **ولا تعد (الليبيدات) من البوليمرز (لا تتكون من العديد من الوحدات البنائية المرتبطة)**. وبالتالي فإن **الليبيدات لا تعد من المركبات الضخمة + لا تعد من البوليمرز**.



Carbohydrates, Protein, Lipids and nucleic acids are macromolecules?

A) True.

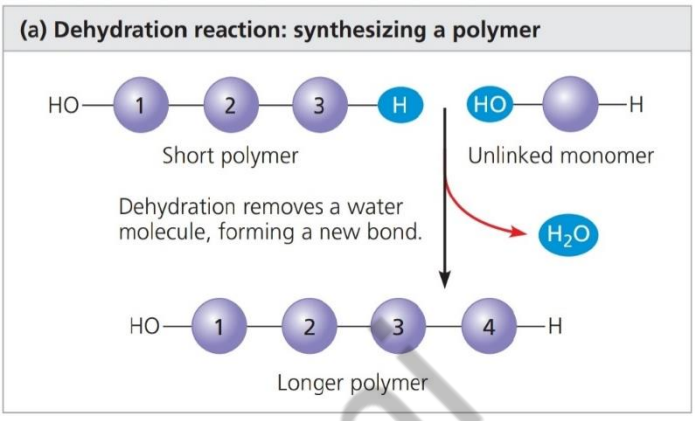
B) False.

Women Tamimi

The Synthesis and Breakdown of Polymers:

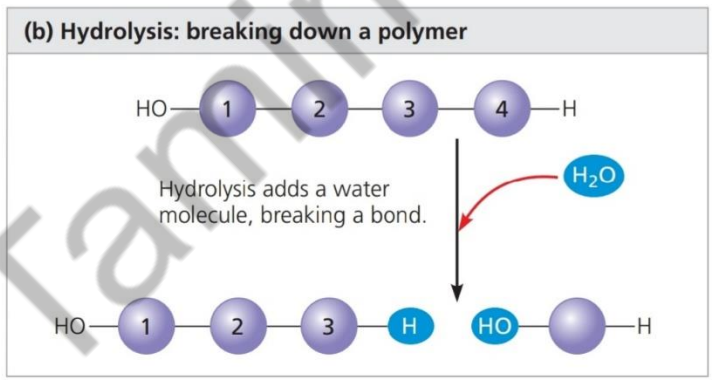
Enzymes are specialized macromolecules that **speed up chemical reactions** such as those that **make** or **break down polymers**.

Dehydration reaction: The **reaction connecting monomers** in which **two molecules** are **covalently bonded** to **each other** with the **loss of a water molecule.** Also called **(Polymerization reaction)**



عملية **تصنيع البوليمرز**:
تحدث عملية تصنيع البوليمر عن طريق **تفاعل** يتم فيه **نزع جزيء ماء** حيث تتكون **رابطة جديدة** بين **الوحدات البنائية**. يتم نزع جزيء الماء وذلك عن طريق **وجود انزيم** معين ينزع عنصر **الهيدروجين** من **وحدة بنائية** و ينزع **مجموعة الهيدروكسيل** من **وحدة بنائية بجانبها** وبالتالي تتكون **رابطة تساهمية** بين هذه الوحدات البنائية **لتحل محل جزيء الماء** الذي قد تم **نزعه**.

Hydrolysis: a process that is **essentially** the **reverse** of the **dehydration reaction**. In this process **Polymers are disassembled to monomers**. Hydrolysis means **water breakage** the **bond** between **monomers** is **broken** by the **addition** of a **water molecule**. An example of **hydrolysis** is the process of **digestion**.



عملية **هدم البوليمرز**:
عملية **هدم البوليمر** فهي **عكس العملية الاولى تماما** حيث **تتكسر الرابطة التساهمية** بين **الوحدات البنائية (البوليمر يتفكك إلى مونومر)** ويتم ذلك عن طريق **اضافة جزيء ماء مكان الرابطة**. مثال على هذه العملية: **عملية الهضم داخل جسم الإنسان**

How many water molecules needed to hydrolyze a polymer made of 4 monomers?

A) 4.
B) 3.
C) 2.
D) 1
E) None of the above.

Answer: **(B)**

Concept 5.2: Carbohydrates serve as fuel and building material

Carbohydrates include **sugars** and the polymers of sugars. There are **two** types of sugar: **simple** and **complex** sugars. **Simple** sugars include **monosaccharide** (**mono** = **1**)
Example: **Glucose**, **Galactose** and **Fructose.**
Complex sugars include **disaccharide**, **oligosaccharide** and **polysaccharide**. (Complex = more than one. (**di** = **2**), (**oligo** = **3-10**) and **Poly** = **100** or **1000** (**many**).
Example: **Maltose**, **Lactose** and **Sucrose**.
Maltose = **glucose** + **glucose**
Lactose = **glucose** + **galactose**
Sucrose = **glucose** + **fructose**
Carbohydrates → **Sugars** → it ends with **ose** (تنتهي تسمية السكر بهذه الكلمة)
Function of carbohydrates: **fuel** (source of **energy**), **Building material.**

Momen Tanimi

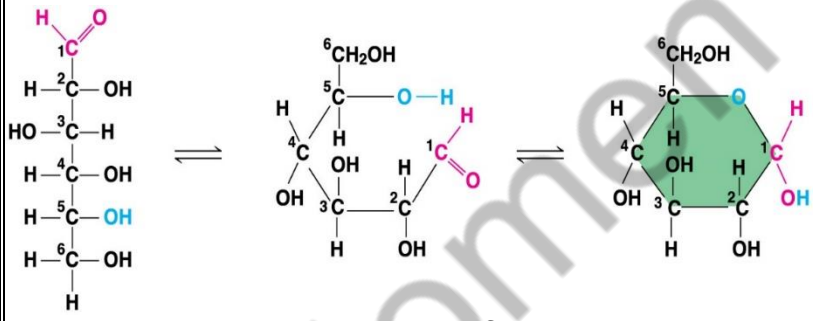
تعمل الكاربوهيدرات **كمصدر للطاقة** (**وقود** للخلية) بالاضافة الى انها تعمل **كمواد لبناء مواد اخرى**. تتكون الكاربوهيدرات من **سكريات** (أي أن الكاربوهيدرات هي **سكريات** في الأصل) و هنالك **نوعان** من **السكريات**: **سكريات بسيطة** و **سكريات معقدة**.
السكريات البسيطة: تحتوي على جزيء **واحد فقط** من السكر مثل: سكر **الغلوكوز** أو **الفركتوز** (سكر احادي)
السكريات المعقدة: تحتوي على أكثر من جزيء من السكر مرتبط مع بعضه البعض. و ممكن أن يرتبط جزئين من السكر أو ثلاثة اجزاء أو عشرة أو مئة.....الخ.

Monosaccharides have molecular formulas that are usually **multiples** of **{CH_2O}.**
Glucose ($C_6H_{12}O_6$) is the most **common** monosaccharide. **Monosaccharides** are classified by:
1) The **location** of the **carbonyl group** (as **aldose** or **ketose**).
2) The **number of carbons** in the carbon skeleton.

للسكريات الاحادية **صيغة جزيئية** و هي بالعادة تكون من **مضاعفات** هذه الصيغة. **سكر الغلوكوز** هو أكثر السكريات **الاحادية شيوعا** و **انتشارا**. و **تصنف** السكريات الاحادية حسب:
1) **موقع مجموعة الكاربونيل** و تقسم الى قسمين (**ألديهايد** أو **كيتون**).
2) **عدد ذرات الكربون** في السلسلة الكربونية (الهيكل الكربوني).

Though often drawn as linear skeletons, in **aqueous solutions** many sugars form **rings**.
Monosaccharides serve as a major **fuel** for cells and as **raw material** for **building molecules.**

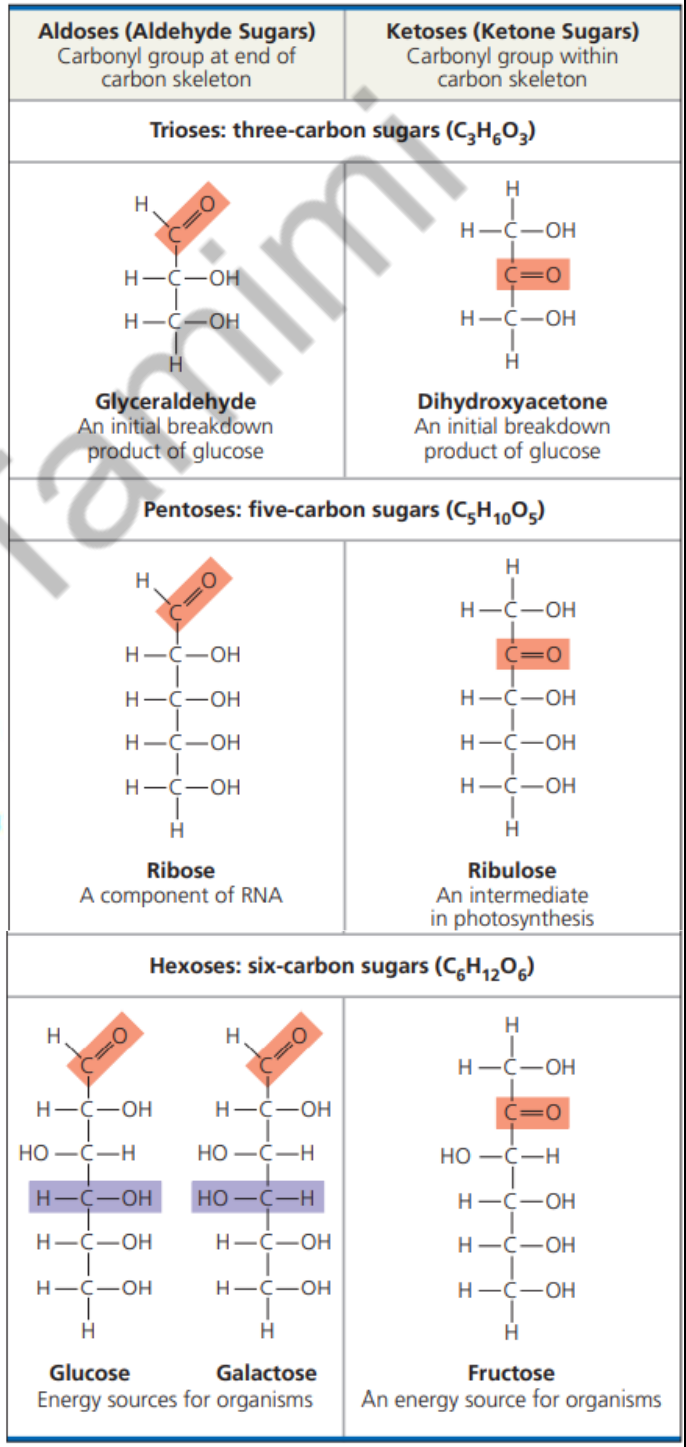
بالعادة ترسم السكريات على شكل هيكل خطي كما هو مبين في الشكل هنا ولكنها عندما **توضع في محلول مائي** العديد من السكريات **تكون حلقات**. تعمل السكريات الاحادية **كوقود للخلايا و وحدات بنائية للمواد الاخرى**.



Linear and ring forms

إن عملية تحول السكريات من شكل هيكل خطي إلى شكل حلقة تتم عن طريق ارتباط الكربون رقم (1) مع الأكسجين المحمولة على الكربون رقم (5) كما هو موضح أعلى الشكل. فإن الرابطة الثنائية بين الكربون رقم (1) و الأكسجين تتحطم و يرتبط مكانها الهيدروجين القادم من الأكسجين المحمولة على الكربون رقم (5).

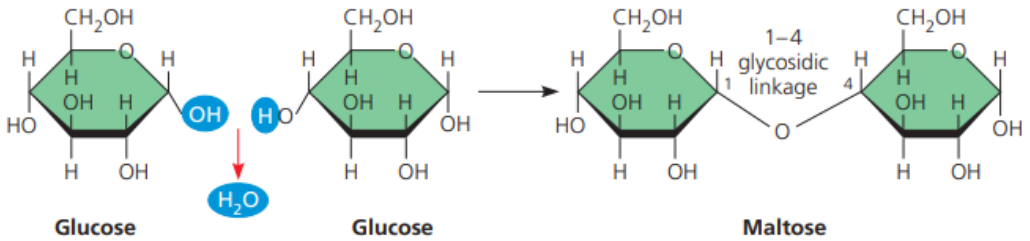
Monosaccharides are classified by number of carbons in carbon skeleton and the location of hydroxyl group?
A) True
B) False



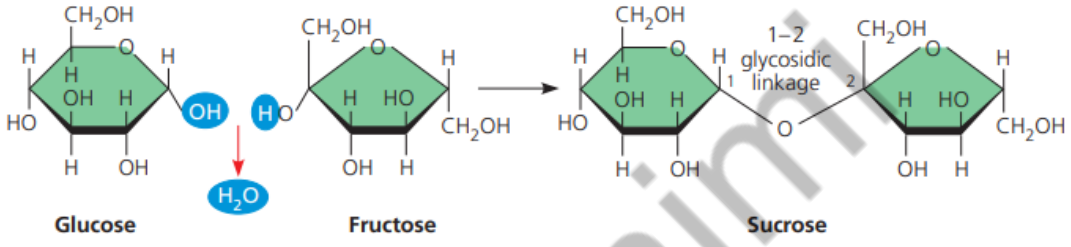
Women Tamimi

A **disaccharide** is formed when a **dehydration reaction** joins two monosaccharides.
This covalent bond is called a **glycosidic linkage.** (**1-4** glycosidic bond).

(a) Dehydration reaction in the synthesis of maltose. The bonding of two glucose units forms maltose. The 1–4 glycosidic linkage joins the number 1 carbon of one glucose to the number 4 carbon of the second glucose. Joining the glucose monomers in a different way would result in a different disaccharide.



(b) Dehydration reaction in the synthesis of sucrose. Sucrose is a disaccharide formed from glucose and fructose. Notice that fructose forms a five-sided ring, though it is a hexose like glucose.



تتكون السكريات الثنائية عن طريق تفاعل يتم به ازالة جزيء ماء و يربط السكريات الاحادية مع بعضها البعض. نوع الرابطة رابطة تساهمية و تسمى غلايكوسيدك بوند.
توضيح: في هذا الشكل يوجد جزئين من السكر الاحادي يتم نزع من احدهم مجموعة الهيدروكسيل و يتم نزع من الاخر ذرة هيدروجين و كمجموع يتم نزع جزيء ماء واحد لتتكون رابطة بين جزئي السكريات الاحادية و بالتالي تتكون السكريات الثنائية.

Polysaccharides, the polymers of sugars, have **storage** and **structural** roles. The **function** of a **polysaccharide** are determined by its sugar **monomers** and the **positions** of its **glycosidic linkages.**

السكريات المتعددة: تختلف السكريات المتعددة في **وظائفها** فمنها من تكون وظيفته لها علاقة **بتخزين الطاقة** حيث أن **السكريات** هي مصدر الطاقة **الأساسي** للكائن الحي و منها من تكون لها علاقة **(وظيفة) بالتراكيب البنائية** وقد تكون أحد المكونات **للأغشية الخلوية** مثل: سكر **السيليلوز** المكون الأساسي لجدار الخلية في **النباتات**.

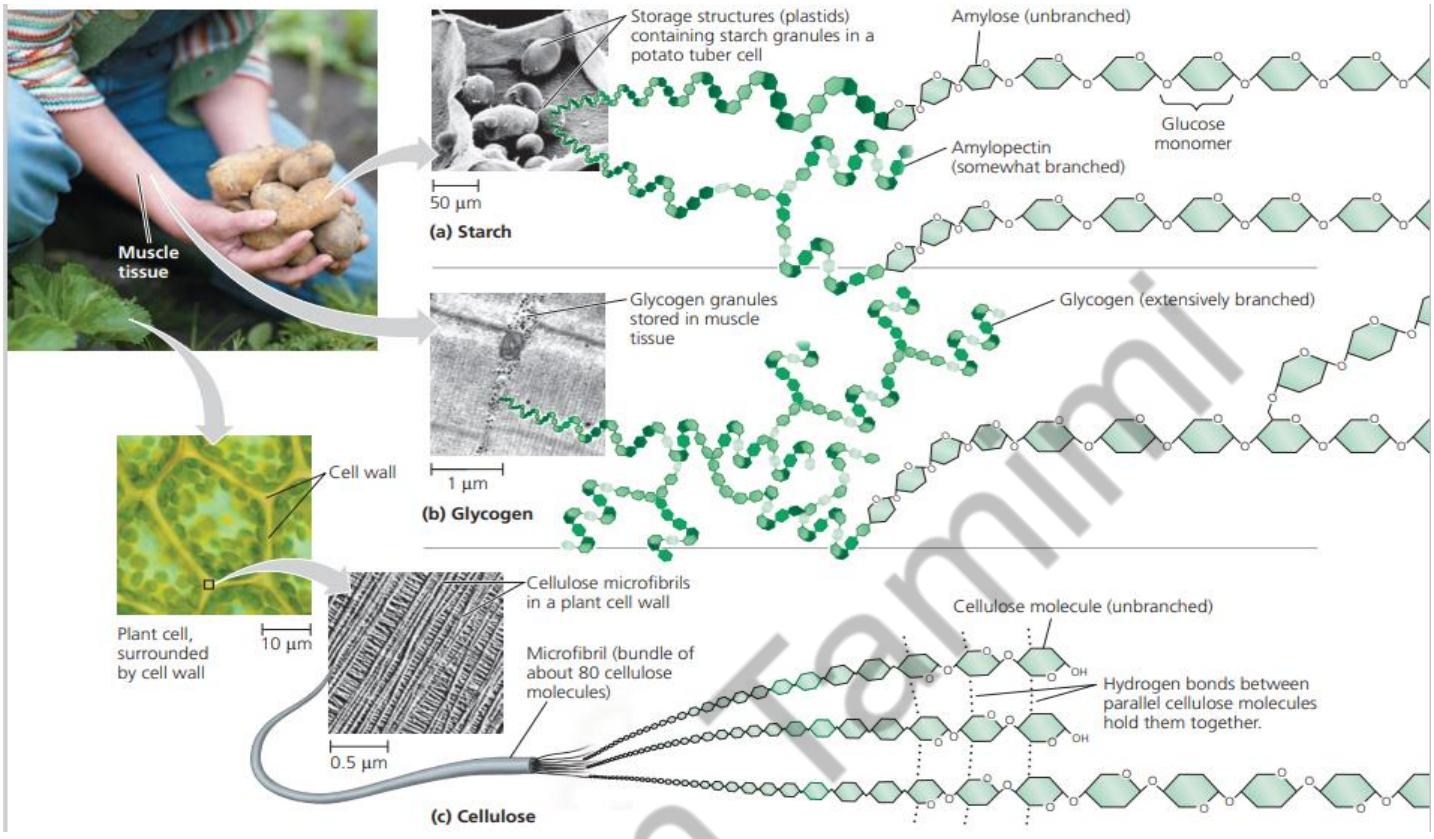
Storage Polysaccharides: Starch in plants, Glycogen in animals.
Starch a **storage** polysaccharide of **plants**, consists of glucose monomers.
Plants store surplus starch as **granules** within **chloroplasts** and other plastids. The **simplest form** of starch is **amylose** ⟶ **not branched.**
There is a **complex** structure of **starch** called **amylopectin** ⟶ **branched.**
Amylose and **amylopectin** are consists of **glucose** monomers **joined** together by **covalent bond** (**1-4 glycosidic linkage**). Only at the **branching point** in amylopectin **glucose** monomers is joined together by (**1-6 glycosidic linkage**).

السكريات المستخدمة في **التخزين**: (تخزن داخل الجسم لكي تمد الكائنات الحية بالطاقة). وهي نوعان **الستارش (النشا)** في **النباتات** و **الغلايكوجين** في **الحيوانات**. يتكون الستارش (النشا) الموجود في النباتات من جزيئات **الغلوكوز** حيث أن النباتات تخزن الستارش (النشا) على شكل **حبيبات** داخل **الكلوروبلاست**. وأبسط اشكال الستارش (النشا) هو **الأميلوز** يتكون من سلسلة من جزيئات الغلوكوز وتكون هذه السلسلة **غير متفرعة**. ويوجد شكل آخر للستارش (النشا) لكنه **أكثر تعقيد** من الأميلوز **يسمى أميلوبيكتن** حيث يتكون أيضا من سلسلة من جزيئات الغلوكوز لكن هذه السلسلة **تكون متفرعة بشكل بسيط**. ترتبط جزيئات الغلوكوز في كل من الأميلوز و الأميلوبكتن **برابطة تساهمية (1-4 غلايكوسيدك بوند)** والاختلاف الوحيد أنه عند **نقطة التفرع** في مركب **الأميلوبكتن** ترتبط جزيئات الغلوكوز برابطة تساهمية **(1-6 غلايكوسيدك بوند)** وليس **4-1**.

Glycogen is a storage polysaccharide in animals. Glycogen is stored mainly in **liver** and **muscle cells**. **Hydrolysis** of glycogen in these cells releases glucose when the demand for sugar increases.
Hydro = **water** / **lysis** = **breaking** ⟶ تحطيم

Women Tanimi

الغلايكوجين: يعد من **السكريات المخزنة** في أجسام **الحيوانات** وهو يتخزن بشكل أساسي في **الكبد** و **الخلايا العضلية**. عندما **تقل** نسبة **السكر** في جسم الجيوان (**عندما يحتاج سكر**) فإنه يتم **تحطيم** مركب **الغلايكوجين** لكي يعطي سكر **الغلوكوز** ليستفيد منه جسم الحيوان وعملية التحطيم تحدث **بوجود الماء** (عند **اضافة** جزيء ماء **فتنكسر** الرابطة التي تربط **جزيئات الغلوكوز** كما أخذنا سابقا). ويعد **الغلايكوجين** من السكريات **المتفرعة بشكل كبير** وهو مركب **متفرع أكثر** من مركب **الأميلوبكتن** فى النباتات.



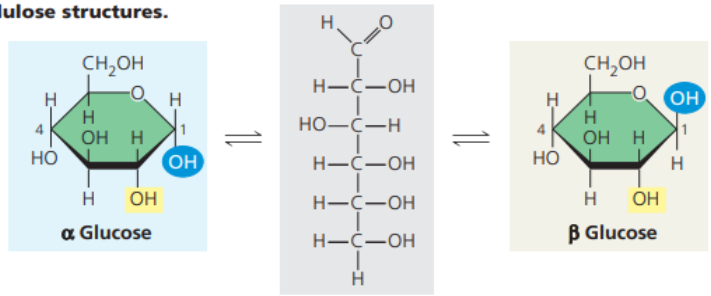
Structural Polysaccharides:

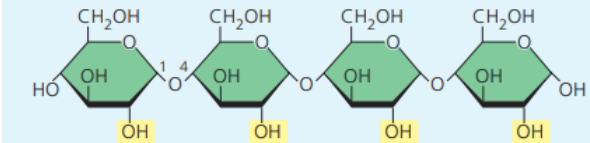
The polysaccharide **cellulose** is a major component of the **cell wall** of **plant cells**. Like **starch**, **cellulose** is a polymer of **glucose**, but the **glycosidic** linkages **differ.** The difference is based on **two ring forms** for glucose: **alpha (α) and beta (β).** In starch **α (1-4) glycosidic linkage** / in cellulose **β(1-4) glycosidic linkage.**

السكريات البنائية: يعد سكر **السيليلوز** المكون الرئيسي **لجدار الخلية في النباتات**. **والسيليلوز** مثل الستارش (**النشا**) يتكون من **جزيئات متعددة** من **الغلوكوز** لكن تختلف فيما بينها في **نوع الرابطة** حيث أن **الستارش** (**النشا**) يرتبط **برابطة تساهمية (ألفا 1-4 غلايكوسيدك بوند)** أما **السيليلوز** فيرتبط **برابطة تساهمية (بيتا 1-4 غلايكوسيدك بوند)**.

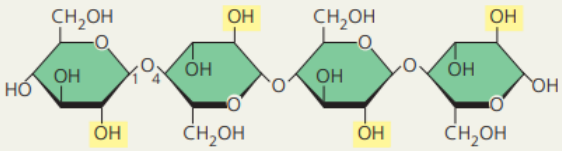
Figure 5.7 Starch and cellulose structures.

(a) α and β glucose ring structures. These two interconvertible forms of glucose differ in the placement of the hydroxyl group (highlighted in blue) attached to the number 1 carbon.





(b) Starch: 1–4 linkage of α glucose monomers. All monomers are in the same orientation. Compare the positions of the —OH groups highlighted in yellow with those in cellulose (c).



(c) Cellulose: 1–4 linkage of β glucose monomers. In cellulose, every β glucose monomer is upside down with respect to its neighbors. (See the highlighted —OH groups.)

Momen Tamimi

Here in this figure we have two different ring forms for glucose: **alpha (α) and beta (β).** If the **hydroxyl group** in carbon number **1 (C1)** is located **down** then it is **alpha (α)** but if the **hydroxyl group** is located **up** then it is **beta (β).**

C1 ⟶ OH ⟶ down ⟶ **alpha (α)**

C1 ⟶ OH ⟶ up ⟶ **beta (β)**

هذا الشكل يبين **نوعان** مختلفان من **الحلقات** لسكر الغلوكوز (**ألفا و بيتا**). كيف نفرق بينهم؟ ننظر الى **ذرة الكربون الاولى (كربون رقم 1** في الحلقة) اذا كانت مجموعة **الهيدروكسيل** متواجدة **بالأسفل** اذا هي **ألفا** أما اذا كانت مجموعة **الهيدروكسيل** متواجدة **بالأعلى** اذا **هي بيتا**.

Starch (**α** configuration) is **largely helical**. **Cellulose** molecules (**β** configuration) are **straight** and **unbranched. Enzymes** that digest **starch** by **hydrolyzing α linkages can't hydrolyze β linkages in cellulose**. The cellulose in human food **passes** through the **digestive** tract as **insoluble fiber**. Some **microbes** use **enzymes** to **digest cellulose.**

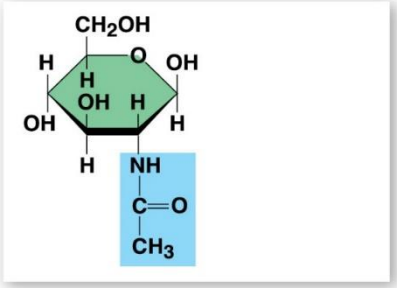
الستارش (**النشا**) ذو النوع **ألفا** تكون **حلزونية** الشكل (**ملتفة**) بينما جزيئات **السيليلوز** التي هي من النوع **بيتا** تكون **مستقيمة وغير متفرعة**. **الإنزيمات** التي تهضم الستارش (**النشويات**) عن طريق **تحطيم الرابطة** التي من نوع **ألفا لا تستطيع** أن **تحطم الرابطة من نوع بيتا كما في السيليلوز**. الإنزيمات التي توجد داخل جسم **الإنسان** تستطيع هضم **النشويات** لأنها من **النوع ألفا** ولكنها **لا تستطيع تحطيم سكر السيليلوز** لأنه من نوع **بيتا** لذلك عندما يأكل الإنسان طعام يحتوي على **سكر السيليلوز** فإنه **لا يتم هضمه** بل يخرج عن **طريق الجهاز الهضمي** على شكل **ألياف غير قابلة للذوبان**. ومن الجدير بالذكر أن هنالك بعض **الميكروبات** (كائنات دقيقة) تحتوي على **إنزيمات** تستطيع **هضم سكر السيليلوز** (أي **تستطيع تحطيم الرابطة من نوع بيتا**).

Chitin, another **structural polysaccharide**, is found in the **exoskeleton** of **arthropods**. Chitin also provides **structural support** for the **cell walls** of many **fungi.**

Chitin ⟶ **N-acetyl glucosamine.**

الكايتن: هو أحد **السكريات البنائية** يوجد في **الهيكل الخارجي للمفصليات** (مثل **الصرصور**) حيث أن وظيفته **الحماية والدعم** للهيكل الخارجي. ويوجد **الكايتن** أيضا في **جدار الخلية** لدى العديد من **الأعفان** ويعمل أيضا على **دعمها**.

The structure of chitin



Chitin, embedded in proteins, forms the exoskeleton of arthropods.

Concept 5.3: Lipids are a diverse group of hydrophobic molecules.

Lipids are the one class of **large biological molecules** that does not include **true polymers.** (They are not polymers). The unifying feature of lipids is that they **mix poorly** if at all, with **water** (**insoluble in water**). Lipids consist mostly of **hydrocarbon regions**.

The **most** biologically **important lipids** are **fats**, **phospholipids**, and **steroids.**

الليبدز هي **مجموعة متنوعة** من الجزيئات **الكارهة للماء** (**غير محبة** للماء). وتعد الليبدز من **المركبات الحيوية الكبيرة ولكنها لم تصل لمرحلة البروتين و الكاربوهيدرات و الحموض النووية في الضخامة** وهي **ليست من المركبات المتعددة** (**ليست بوليمر**). أحد خصائص **الليبدز** أنها **غير محبة للماء ولا تذوب في الماء** أيضا. وتتكون الليبدز من مناطق **هيدروكربونية** وتعد **الفسفوليبدز** و**الستيرويدز** و**الدهون أهم أنواع الليبدز** من **الناحية البيولوجية** (**الحيوية**).

Fats and oils are constructed from **two types** of **smaller** molecules: **glycerol** and **fatty acids. Glycerol** is a **three-carbon alcohol** with a **hydroxyl group attached** to each **carbon.** A **fatty acid** consists of a **carboxyl group** attached to a **long carbon skeleton.**

Momen Tamimi

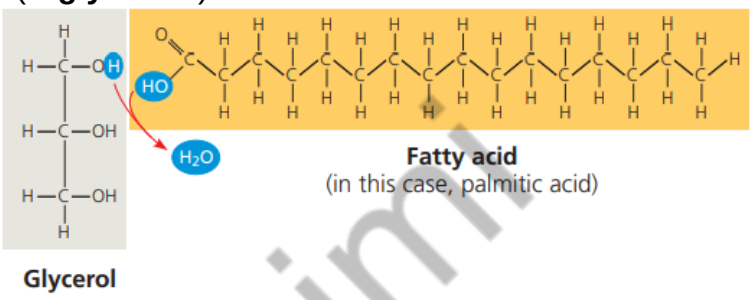
تتكون **الدهون** و**الزيوت** من **نوعين** من **الجزيئات الصغيرة**: **الغليسيرول** و **الأحماض الدهنية**. و**الغليسيرول** مركب يتكون من **ثلاث ذرات كربون** مرتبطة مع بعضها البعض على شكل **سلسلة صغيرة** و**ترتبط** مجموعة **الهيدروكسيل بكل ذرة كربون من الذرات الثلاث**. ويحتوي **الحمض الدهني** على مجموعة **الكاربوكسيل** التي **ترتبط** مع **الهيكل الكربوني** لسلسلة الحمض الدهني.

Fatty acid chain is **linked** to **glycerol** via **dehydration reaction** It forms an **ester bond** between **carbon** and **oxygen** (so we **remove H** atom from **OH group** in **glycerol** and we **remove** (**OH**) hydroxyl group from **fatty acid carboxyl group**).

1Fatty acid + glycerol ⟶ **Palmitic acid**

Glycerol + **3Fatty acids** ⟶ **Triacylglycerol** or (**triglyceride**)

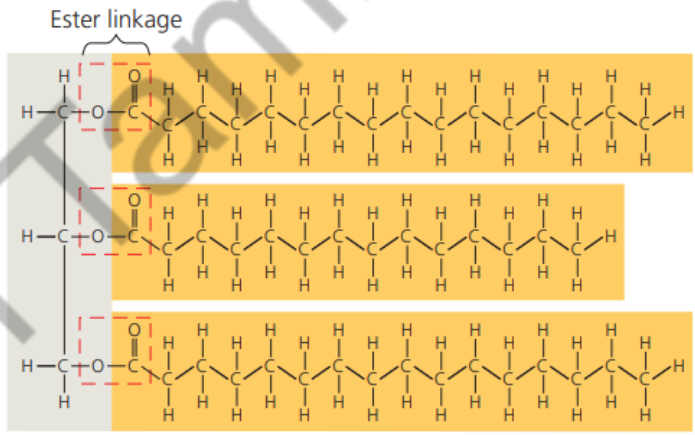
يرتبط الحمض الدهني مع الغليسيرول عن طريق تفاعل يتم فيه نزع جزيء الماء وتتكون رابطة بين الكربون والأكسجين تسمى إستر بوند. يتم نزع ذرة الهيدروجين من مركب الغليسيرول ويتم نزع مجموعة الهيدروكسيل من سلسلة الحمض الدهني وبالأخص من مجموعة الكاربوكسيل الموجودة في نهاية السلسلة.



(a) One of three dehydration reactions in the synthesis of a fat

Fats separate from water because water molecules **hydrogen-bond** to each other and **exclude the fats**. In a fat, **three fatty** acids are joined to **glycerol** by an **ester linkage**, creating a **triacylglycerol**, or **triglyceride.** The fatty acids in a fat can be all the **same** or of **two** or **three different kinds.**

تنفصل (تبتعد) الدهون عن الماء وذلك لأن جزيئات الماء ترتبط **بروابط هيدروجينية** فيما بينها وبالتالي فإنها **تبعد الدهون عنها**.
ترتبط **ثلاثة جزيئات** من **الحمض الدهني** مع **الغليسيرول** عن طريق رابطة تسمى **إستر بوند** لتعطي مركب يدعى **تراي أسيل غليسيرول**.
ومن الممكن أن تكون سلاسل الأحماض الدهنية جميعها **متشابهة** أو **مختلفة (نوعين** من الحموض) أو مختلفة **بثلاثة** أنواع.



(b) Fat molecule (triacylglycerol)

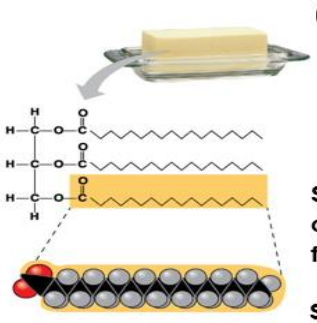
Fatty acids vary in **length** (number of carbons) and in the **number** and **locations** of **double bonds**. Fatty acids divides into **two** groups: **Saturated** and **Unsaturated** fatty acids. **Saturated fatty acids** have the **maximum** number of **hydrogen atoms** possible and **no double bonds. Unsaturated fatty acids** have **one** or **more** double bonds.

تختلف الحموض الدهنية في طولها (عدد ذرات الكربون) و موقع الرابطة الثنائية. وتقسم الحموض الدهنية إلى **مشبعة** و**غير مشبعة**

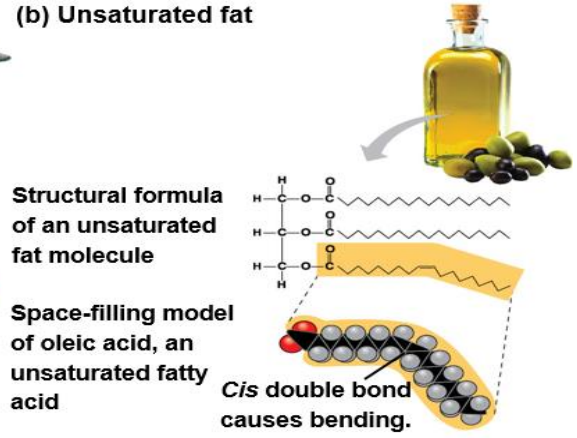
Saturated ⟶ **No** double bonds (**دهون مشبعة لا تحتوي** على روابط ثنائية بين ذرات الكربون)

Unsaturated ⟶ **One** or **more** double bonds (**دهون غير مشبعة تحتوي** على **رابطة** ثنائية أو **أكثر**)

(a) Saturated fat



(b) Unsaturated fat



Momen Tamimi

Bending = **Kink** = **الرابطة الثنائية** عند **إنحناء** للسلسلة يحدث

Fats made from **saturated** fatty acids are called **saturated** fats and are **solid** at **room temperature**. Most **animal** fats are **saturated.** Fats made from **unsaturated** fatty acids are called **unsaturated** fats or **oils** and are **liquid** at room temperature. **Plant** fats and **fish** fats are usually **unsaturated**.

الدهون المشبعة تكون **(توجد)** في **الحالة الصلبة** على درجة حرارة **الغرفة** مثل **الزبدة** أما **الدهون الغير مشبعة لا** توجد **بالحالة الصلبة** بل توجد **بالحالة السائلة** في درجة حرارة **الغرفة** مثل **الزيت**. معظم **الحيوانات** تكون الدهون التي **بداخلها دهون مشبعة** أما **الأسماك والنباتات** تحتوي على **دهون غير مشبعة**.

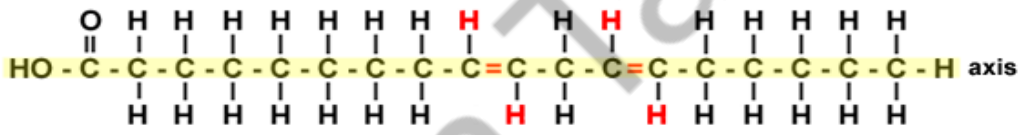
A **diet rich** in **saturated** fats may contribute to **cardiovascular** disease through plaque deposits. **Hydrogenation** is the process of **converting unsaturated** fats to **saturated** fats by **adding hydrogen**. **Hydrogenating vegetable oils** also creates **unsaturated fats** with ***trans* double bonds**. These ***trans* fats** may contribute **more** than **saturated fats** to **cardiovascular disease.**

إذا وضع الإنسان **نظام غذائي** له **غني بالدهون المشبعة** فإن ذلك **خطير** لأنه يؤدي الى **حدوث أمراض في القلب** مثل **تصلب الشرايين**. عملية **الهدرجة** وهي عملية **تحويل الدهون الغير مشبعة** الى **دهون مشبعة** وذلك بإضافة **الهيدروجين** لها. وإن **هدرجة الزيوت النباتية** لتحويلها إلى **دهون مشبعة** يعطي مركب **عند بداية عملية الهدرجة** يسمى **ترانز** وهذا المركب **خطير جدا** اذ أنه عندما **تكون الرابطة الثنائية ترانز** فإنه له تأثير **خطير** على **الصحة** وعلى **أمراض القلب وأخطر من الدهون المشبعة أيضا**.

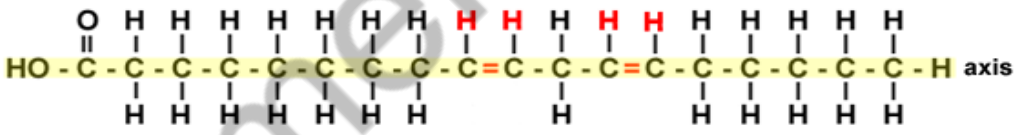
Cardiovascular disease ⟶ **atherosclerosis** (مرض تصلب الشرايين)

So what do we mean by **trans** or **cis** fats? **Cis Vs Trans**

Trans ⟶ **opposite** direction
Cis ⟶ **same** direction
} **Look at H atoms**



linoleic acid: *trans* configuration (*trans* isomer)



linoleic acid: *cis* configuration (*cis* isomer)

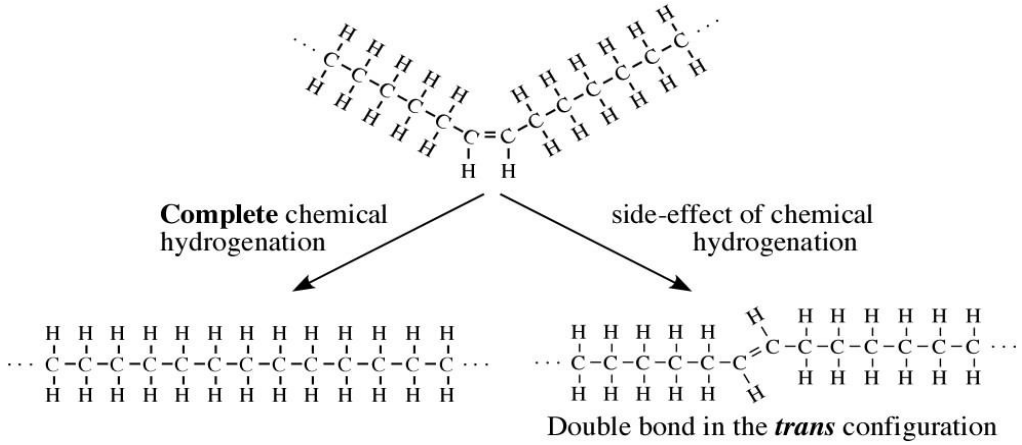
Function of fats:

1) The **major function** of fats is **energy storage** (الوظيفة الرئيسية للدهون **تخزين الطاقة**)
Humans and other mammals **store** their **long-term food** reserves in **adipose cells.**
(تخزن الدهون عند الإنسان وبعض الكائنات الأخرى داخل الخلايا الدهنية)

2) Shock absorbent. (إمتصاص الصدمات)

3) Thermal insulator (عازل للحرارة)

الشكل بالأسفل **غير مطلوب** ولكن لتعميق الفهم عملية **الهدرجة** قمت بإضافته

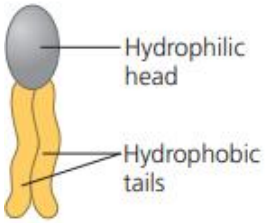


Double bond in the ***trans*** configuration

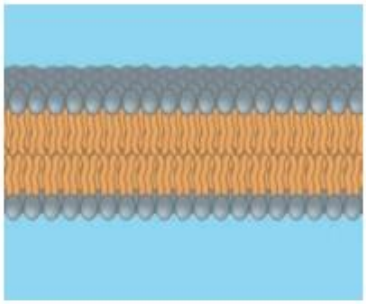
Women Tamimi

Phospholipids:
In a phospholipid, **two fatty acids** and a **phosphate** group are **attached** to **glycerol**. The two fatty acid tails are **hydrophobic**, but the phosphate group and its attachments form a **hydrophilic head.**
Phospholipid = **Glycerol** + **2Fatty acids** + **Phosphate group**
Phospholipid is an **amphipathic** molecule. Amphipathic!! What it means??
An **amphipathic** molecule is a molecule that has both **polar** (hydrophilic) and **non-polar** (hydrophobic) **parts.**

الفسفوليبد: يتكون الفسفوليبد من **جزيئين** من **الحمض الدهني** ومن **مجموعة فوسفات** و**الغليسيرول** بحيث **يرتبط** كل من **الحمض الدهني** ومجموعة **الفوسفات** بسلسلة **الغليسيرول** (**هيكل** الغليسيرول). ويكون **الحمض الدهني** على شكل **ذيول كارهة للماء** (غير محبة للماء) أما مجموعة **الفوسفات** فهي تشكل **رأس المركب** وهي **محبة للماء** (تعشق الماء). الفسفوليبد يعد جزيء **محب وغير محب للماء** في نفس الوقت ويطلق عليه إسم **الأمفيباثيك**.

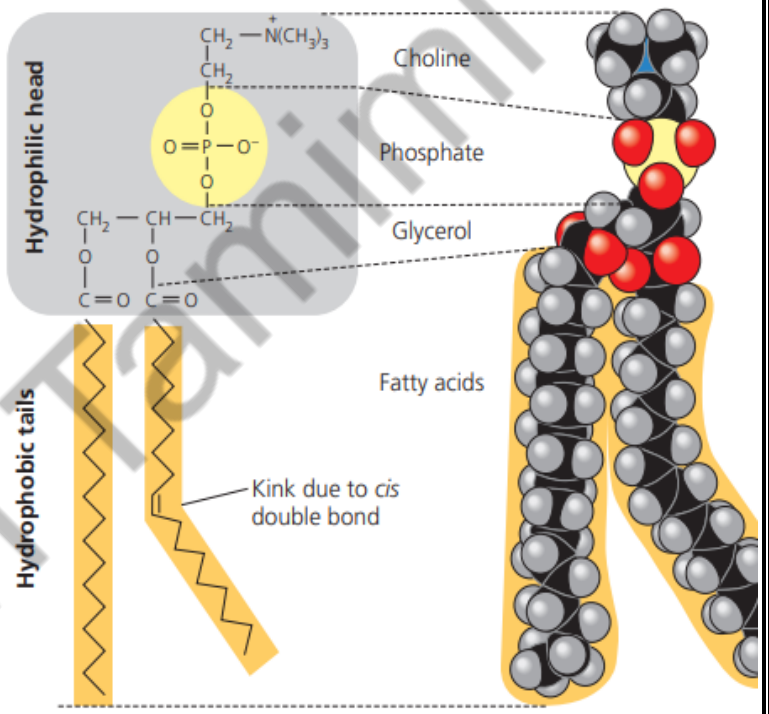


(c) Phospholipid symbol


(d) Phospholipid bilayer

When phospholipids are **added to water**, they **self-assemble** into **double-layered sheets** called **bilayers**. The phospholipid bilayer forms a **boundary** between the **cell** and its **external environment.**

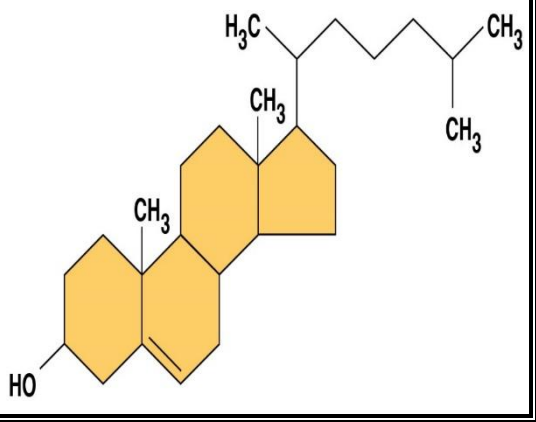
عندما يضاف **الفسفوليبد** الى **الماء** فإنه **بشكل تلقائي** يحول نفسه الى **طبقتين** فوق بعضهم البعض ويطلق عليه اسم **ثنائي الطبقات**. وتشكل **طبقات الفسفوليبد حاجز** بين **الخلية** وما يحدها **من الخارج** (**المؤثرات الخارجية**).



(a) Structural formula (b) Space-filling model

Steroids:
Steroids are **lipids** characterized by a carbon skeleton consisting of **four fused rings. Cholesterol**, a type of **steroid**, is a component in **animal cell membranes** and a precursor from which other steroids are synthesized. A **high level** of **cholesterol** in the **blood** may contribute to **cardiovascular disease.**
Steroids → Cholesterol → 4Rings → 3Hexose and 1Pentose
Function of steroids: (وظيفة الستيرويد)
1) Cell membrane (يدخل بتركيب الغشاء الخلوي)
2) Hormones → **Testosterone / progesterone** (مكون للهرمونات)

الستيرويد: يعد الستيرويد من **الليبدات** يتكون من **أربعة حلقات متصلة** بين بعضها البعض (**ثلاث** حلقات **سداسية** وحلقة **خماسية**).
الكوليستيرول هو **نوع من أنواع الستيرويد** وهو من **مكونات الغشاء الخلوي للحيوانات**. **وإرتفاع** نسبة الكوليستيرول داخل **الدم** في جسم الإنسان يؤدي إلى **حدوث أمراض** في **القلب** مثل **تصلب الشرايين**.



Moneen Tamimi

Concept 5.4: Proteins include a diversity of structures, resulting in a wide range of functions.

Proteins are **polymers chain** of **monomers** and the **monomers** are **amino acids**. Proteins are **vital** (**essential**) for life. Proteins account for **more than 50%** of the **dry mass** of most cells. Some proteins **speed up chemical reactions** other protein functions include **defense**, **storage**, **transport**, **cellular communication**, **movement**, and **structural support.**

البروتينات ووظائفها: البروتين مركب يتكون من **العديد من الوحدات البنائية (بوليمر)** إذ يمثل **الحمض الأميني الوحدة البنائية الواحدة (مونومر)**. البروتينات **مهمة** جدا للحياة فهي تمثل **أكثر من 50%** من **الكتلة الصافية للخلايا**. وللبروتينات **وظائف** متعددة فهي تعمل **كإنزيمات** تزيد من **سرعة التفاعل الكيميائي** ولها وظائف كثيرة منها **دفاعية وتخزينية** و**عمليات النقل** و**عملية التواصل بين الخلايا** و**الحركة** و**دعم الجسم** وغيرها من الوظائف.

Enzymatic proteins

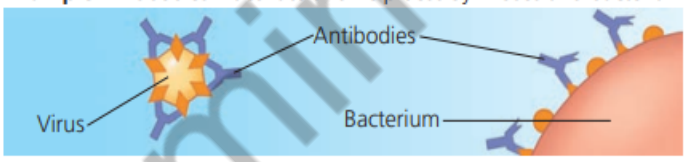
Function: Selective acceleration of chemical reactions

Example: Digestive enzymes catalyze the hydrolysis of bonds in food molecules.

Defensive proteins

Function: Protection against disease

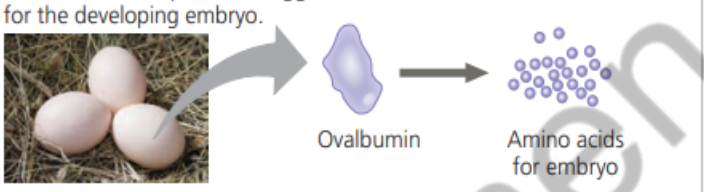
Example: Antibodies inactivate and help destroy viruses and bacteria.



Storage proteins

Function: Storage of amino acids

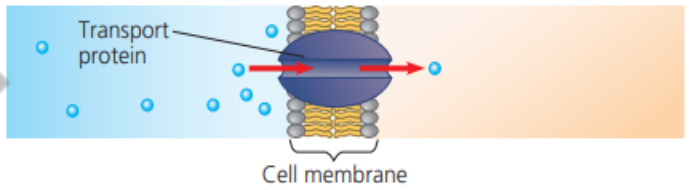
Examples: Casein, the protein of milk, is the major source of amino acids for baby mammals. Plants have storage proteins in their seeds. Ovalbumin is the protein of egg white, used as an amino acid source for the developing embryo.



Transport proteins

Function: Transport of substances

Examples: Hemoglobin, the iron-containing protein of vertebrate blood, transports oxygen from the lungs to other parts of the body. Other proteins transport molecules across membranes, as shown here.



Hormonal proteins

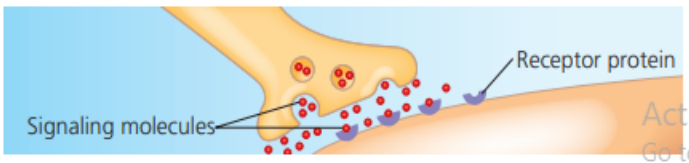
Function: Coordination of an organism's activities

Example: Insulin, a hormone secreted by the pancreas, causes other tissues to take up glucose, thus regulating blood sugar concentration.

Receptor proteins

Function: Response of cell to chemical stimuli

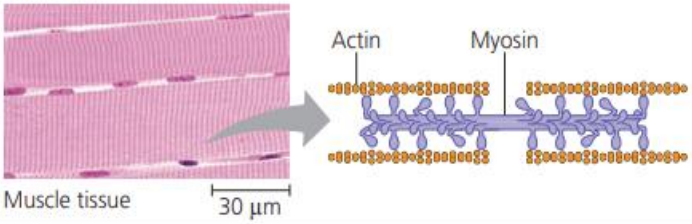
Example: Receptors built into the membrane of a nerve cell detect signaling molecules released by other nerve cells.



Contractile and motor proteins

Function: Movement

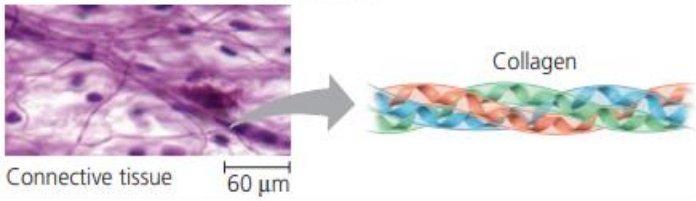
Examples: Motor proteins are responsible for the undulations of cilia and flagella. Actin and myosin proteins are responsible for the contraction of muscles.



Structural proteins

Function: Support

Examples: Keratin is the protein of hair, horns, feathers, and other skin appendages. Insects and spiders use silk fibers to make their cocoons and webs, respectively. Collagen and elastin proteins provide a fibrous framework in animal connective tissues.



Momen Tamimi

Enzymes are **proteins** that act as **catalysts** to **speed up** chemical reactions. Enzymes can perform their functions **repeatedly**.

الإنزيمات عبارة عن **بروتينات** تعمل **كمحفزات لتسريع** التفاعلات الكيميائية ويمكن للأنزيمات أداء وظائفها بشكل **متكرر.**

Proteins are all constructed from the same set of **20 amino acids. Polypeptides** are **unbranched polymers** built from these amino acids. A **protein** is a **biologically functional** molecule that consists of **one** or **more polypeptides.**

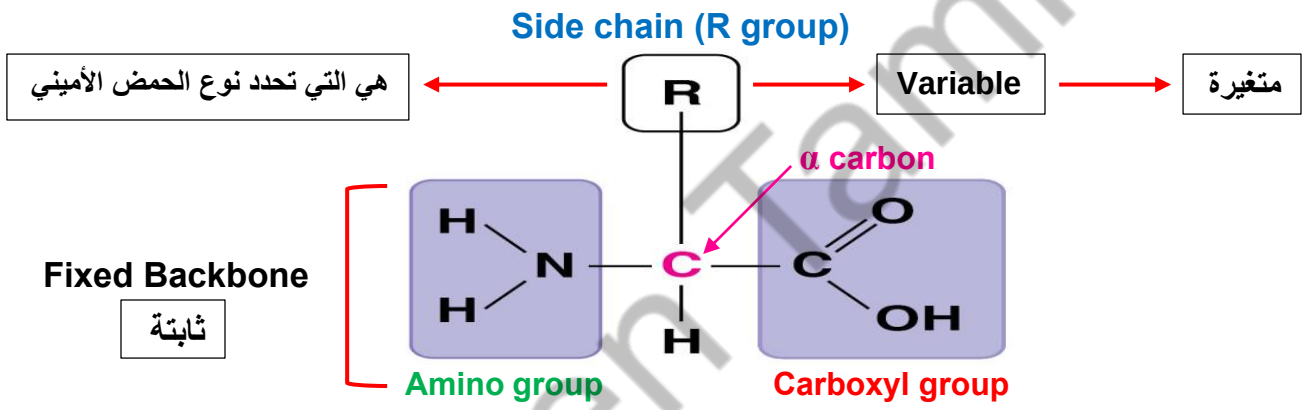
هنالك **20 نوع** من **الحموض الأمينية** وهم الذين **يشكلوا ويكونوا** البروتينات (**يبنوا** البروتينات). **عديد** الببتيد هو عبارة عن مركب **غير متفرع مبني** من **الحموض الأمينية** (**العديد** منها). يعد **البروتين** من أهم **الجزيئات الوظيفية الحيوية** فهو يتكون إما من **جزء واحد** من **عديد الببتيد** أو **أكثر** من جزء.

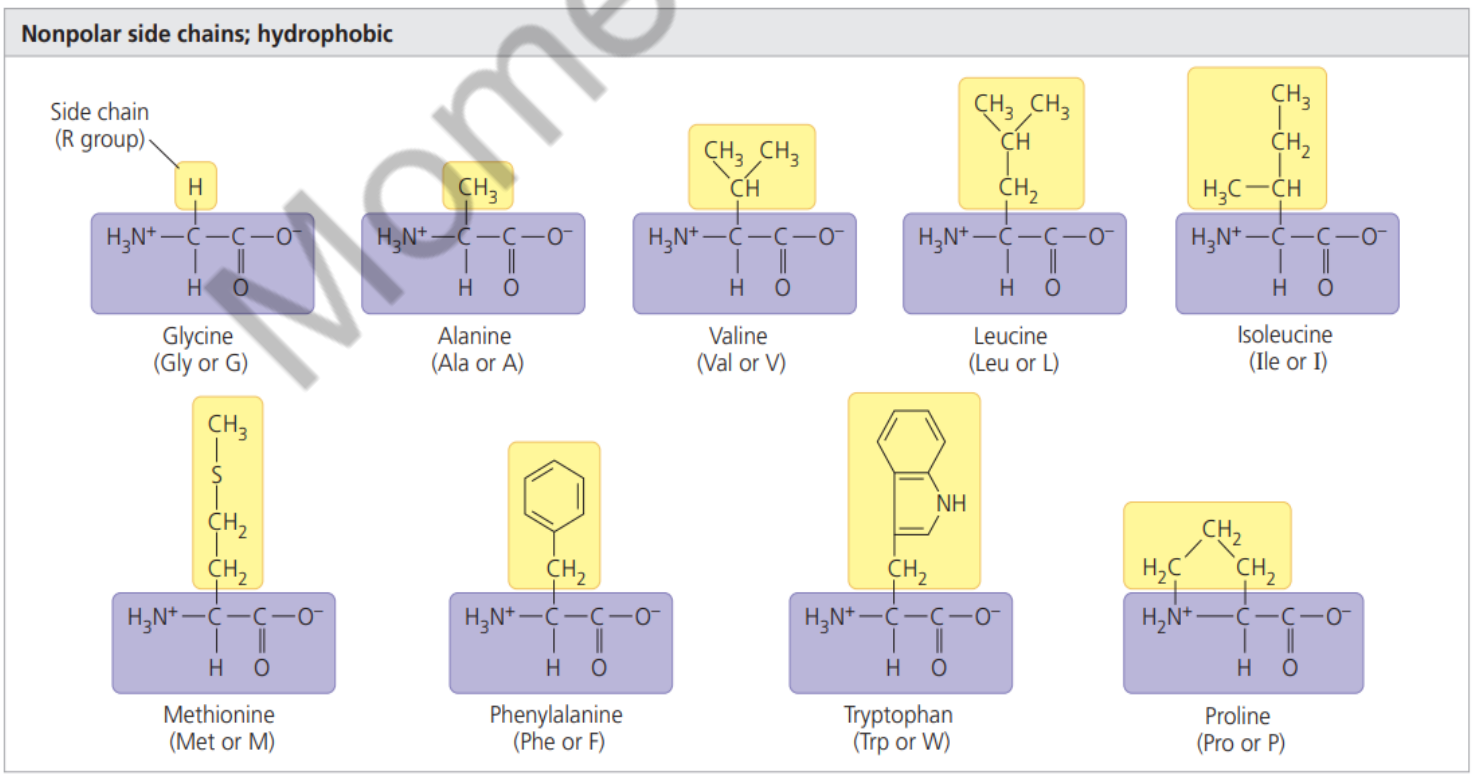
Amino Acid Monomers:

Amino acids are **organic** molecules with **amino** and **carboxyl groups.**

Amino acids **differ** in their **properties** due to **differing side chains**, called **(R) groups.**

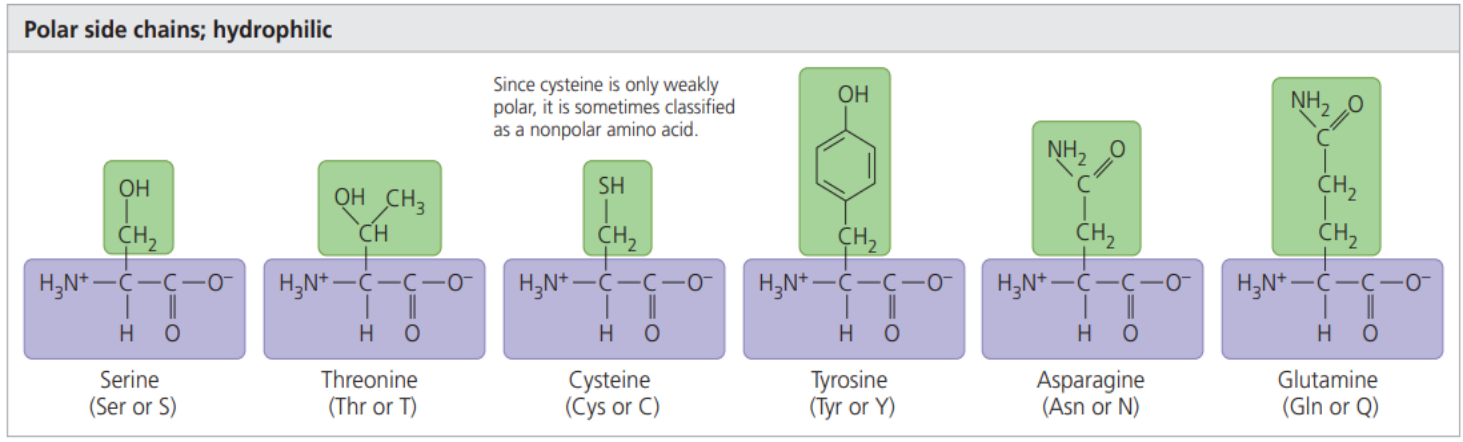
الحموض الأمينية مركبات **عضوية** تحتوي على مجموعة **الأمين** ومجموعة **الكاربوكسيل**. لها **هيكل ثابت** ولكن **تختلف** عن بعضها البعض **(لها خصائص مختلفة)** وذلك بسبب **وجود سلاسل هيدروكربونية جانبية مختلفة ترتبط بها** ويطلق عليهم اسم **مجموعة الألكيل**.

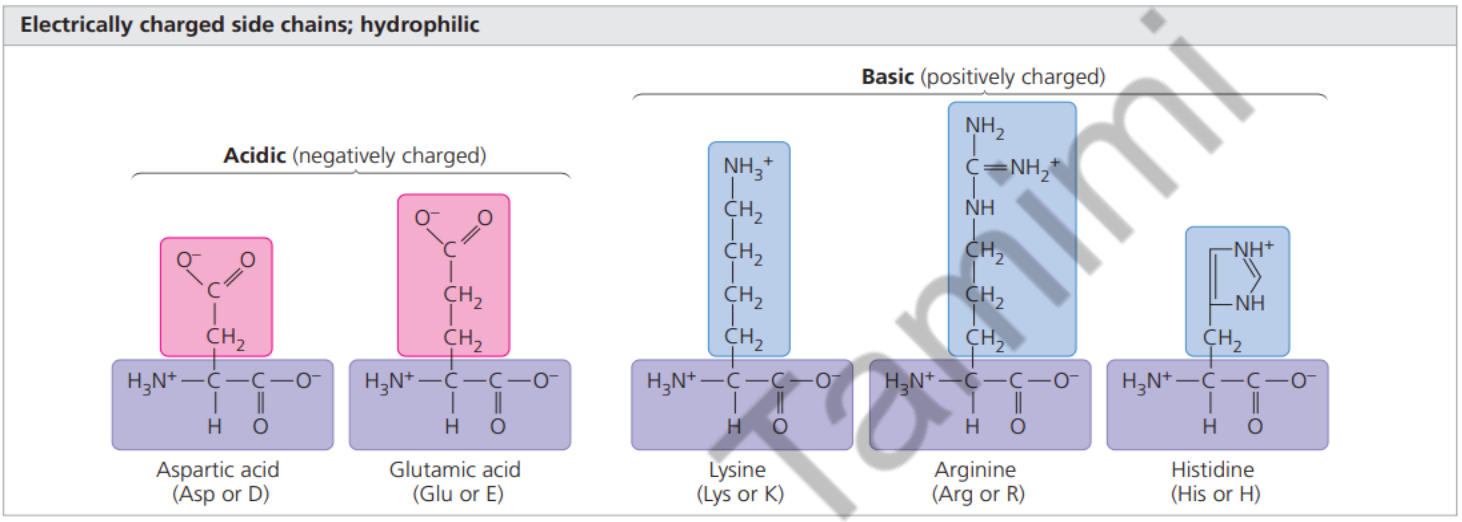




Amino acids are linked by **covalent bonds** called **peptide bonds**

Momen Tammi





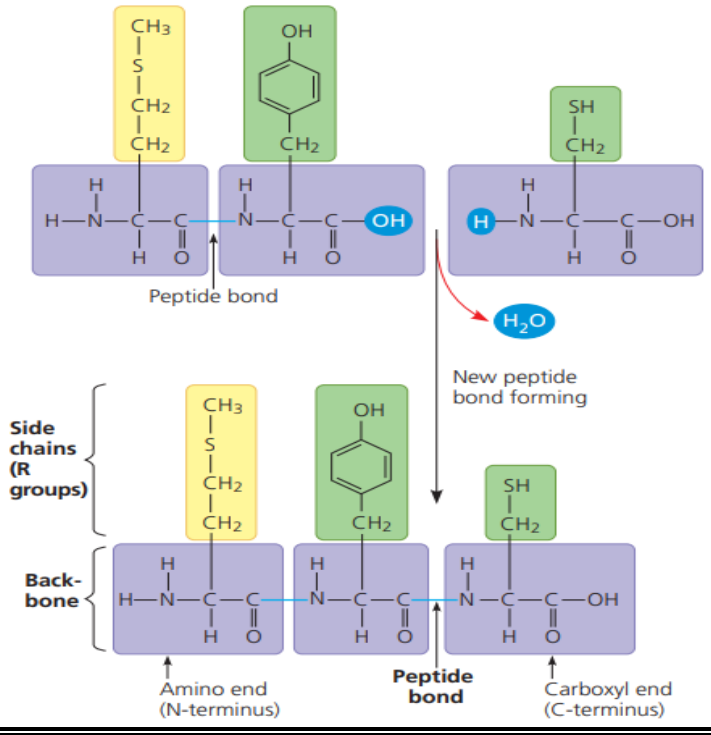
A polypeptide is a **polymer of amino acids**. Polypeptides range in length from a few to **more than 1,000 monomers**. Each polypeptide has a unique linear sequence of amino acids, with a **carboxyl end** (**C-terminus**) and an **amino end** (**N-terminus**).

ترتبط **الحموض الأمينية** مع بعضها البعض **بروابط تساهمية** ويطلق عليها إسم **الرابطة الببتيدية** (تكون بين **الكربون** و**النيتروجين**). يتكون **عديد الببتيد** من **الحموض الأمينية** (**الكثير** منها وقد يصل إلى **ألف** وحدة بنائية). يحتوي عديد الببتيد على **سلسلة خطية مميزة من الحموض الأمينية** (مميزة لأنها تحتوي على **مجموعة الكاربوكسيل** في أحد النهايات و**مجموعة الأمين** في النهاية الأخرى).

Protein Structure and Function:

The **specific** activities of proteins result from their **intricate three-dimensional** architecture. A **functional** protein consists of **one** or **more** polypeptides precisely **twisted**, **folded**, and **coiled** into a **unique shape.**

بنية (**هيكل**) **البروتين** و**وظيفته**: لائم بين التركيب والوظيفة؟؟
يقوم البروتين **بالعديد** من **الأنشطة** وذلك بسبب **شكله المعقد ثلاثي الأبعاد**. ولكي يكون البروتين **فعّال** و**يؤدي وظائفه** لابد من حدوث بعض **التغيرات** على **عديد الببتيد** المكون له مثل (**إلتواءات** أو **طيات** أو **إلتفافات** أو **غيرها**) لتعطيه **شكلا فريدا** من نوعه.



The **sequence** of **amino acids** determines a protein's **three-dimensional structure.** The **function** of a **protein** usually **depends on** its **ability** to **recognize** and **bind** to **some other molecule.**

Mohsen Tahmi

تسلسل الحموض الأمينية هو الذي يحدد **الشكل ثلاثي الأبعاد** للبروتين. **وظيفة** البروتين تعتمد على **قابلية (قدرة)** البروتين على **التذكر** و**الإرتباط بالجزيئات الأخرى.**

Four Levels of Protein Structure:

1- The **primary structure** of a protein is its **unique sequence** of **amino acids.**

2- Secondary structure, found in most **proteins**, consists of **coils** and **folds** in the polypeptide chain (Coils and Fold due to **hydrogen bonding** between amino acids).

3- Tertiary structure is determined by **interactions** among various **side chains** (**R groups**).

4- Quaternary structure results when a **protein consists** of **multiple polypeptide chains**.

هنالك **أربعة مراحل** لبناء بنية (**هيكل**) البروتين:

1- **المرحلة الاولى (البنية الأساسية)** في هذه المرحلة يحتوي البروتين على **سلسلة فريدة من الحموض الأمينية** (**لا** يوجد **أي نوع** من **أنواع الترابط** في هذه المرحلة).

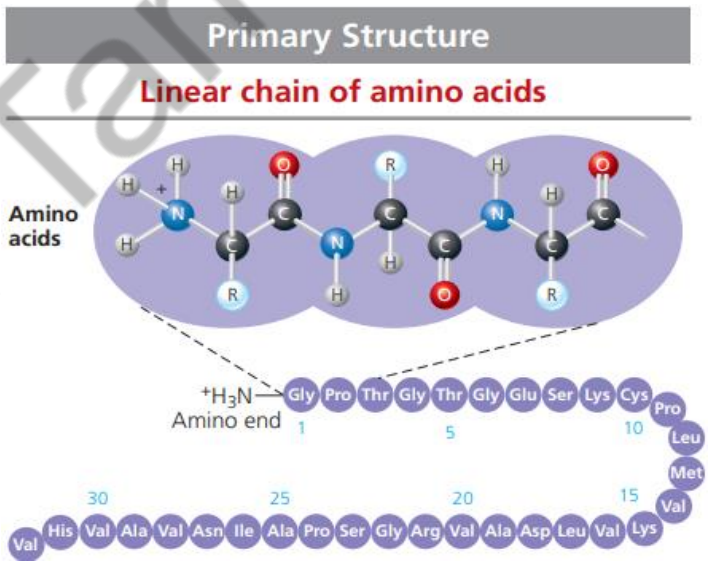
2- **المرحلة الثانية (البنية الثانوية)** وهذه المرحلة تمر بها **جميع** البروتينات حيث يحدث لها **إلتفافات وطيّات** في **سلسلة عديد الببتيد** (وسبب هذه الإلتفافات والطيّات **تشكل روابط هيدروجينية** بين **الحموض الأمينية**).

3- **المرحلة الثالثة (البنية الثالثة)** يحدث **المزيد** من **الإلتفافات** و**الطيات** بسبب حدوث **تداخل بين السلاسل الجانبية** (مجموعة الألكيل) كما تحدثنا سابقا في أن لها **أنواع مختلفة** فمنها **قطبية** ومنها **غير قطبية** ومنها **موجبة** أو **سالبة الشحنة**.

4- **المرحلة الرابعة (البنية النهائية والأخيرة)** تحدث (تنتج) هذه المرحلة عندما يحتوي البروتين على **الكثير من سلاسل عديد الببتيد مرتبطة** بين بعضها البعض (وتعد هذه المرحلة **الأكثر تعقيدا** حيث يكون **شكل البروتين الناتج معقد**).

As we see in this first figure the **primary structure** of a protein **contains sequence** of **amino acids**. (We have **two ends amino** end and **carboxyl** end).

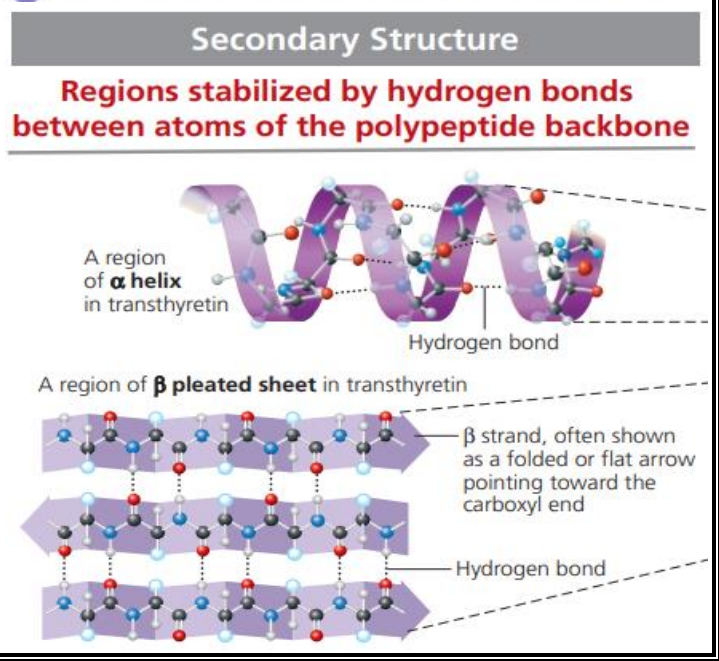
هذا الشكل يبين لنا **المرحلة الاولى** (البنية **الأساسية**) **للبروتين** حيث أنه يتكون من **مجموعة من الحموض الأمينية على شكل سلسلة** حيث أن لها **نهايتان** (نهاية الاولى مجموعة **الأمين** والثانية مجموعة **الكاربوكسيل**)



In the second figure we have the **secondary structure** of a protein. The **coils** and **folds** of **secondary structure** result from **hydrogen bonds** between **repeating** constituents of the **polypeptide backbone.** Typical secondary structures are a **coil** called an **α helix** and a **folded** structure called a **β pleated sheet.**

Coiled ⟶ **α helix**

Folded ⟶ **β pleated sheet**



الشكل الثاني يبين **المرحلة الثانوية** للبروتين حيث يتم تكون **روابط هيدروجينية** بين **الحموض الأمينية** المكونة **لعديد الببتيد** فيحدث له بعض **الطيّات** وبعض **الإلتفافات**. ويكون له **شكلان**:

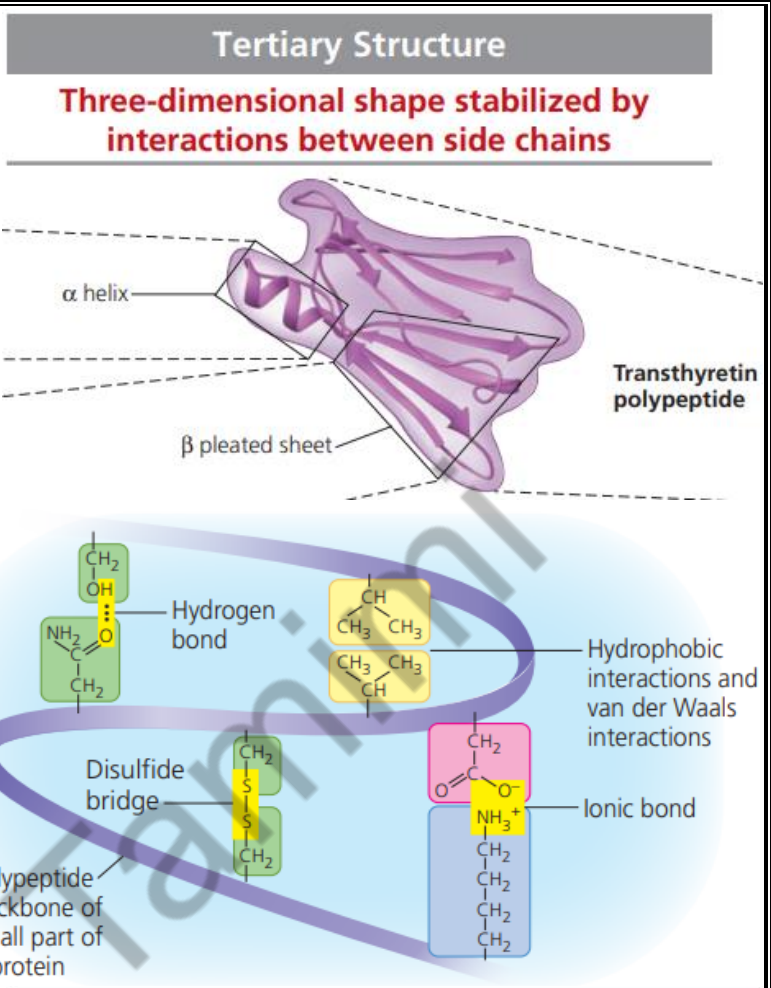
1- الأول مثل **شكل الحلزون**

2- الثاني مثل **شكل الورقة** أو **الصفحة**.

Moneer Tamimi

Tertiary structure, the overall shape of a polypeptide, results from **interactions** between **R groups.** These interactions include **hydrogen bonds**, **ionic bonds**, **hydrophobic interactions**, and **van der Waals interactions. Strong** covalent bonds called **disulfide bridges** may **reinforce** the protein's structure.

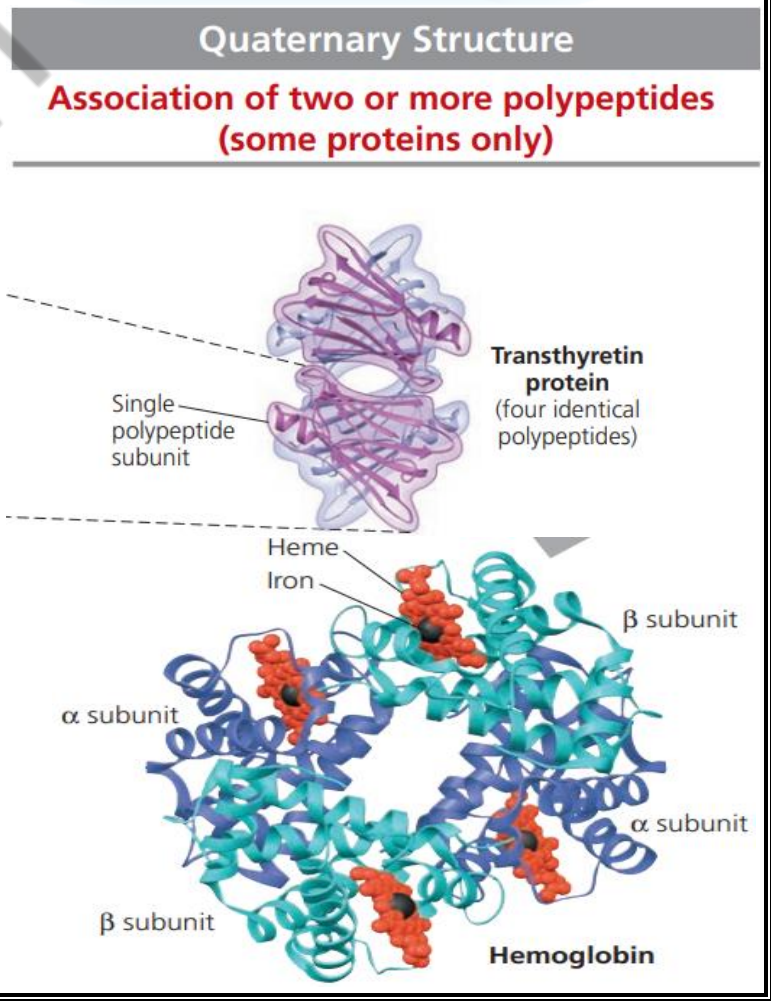
الشكل الثالث يبين المرحلة **الثالثة للبروتين** حيث يكون شكل **عديد الببتيد معقدا أكثر** من المرحلة **الثانوية** وذلك بسبب التداخلات (**الروابط**) التي تحدث في **السلاسل الجانبية** للحمض الأميني (مجموعة الألكيل) وتنقسم هذه الروابط الى **خمسة** أقسام وهي: **روابط هيدروجينية / روابط أيونية /** روابط **للجزيئات الغير محبة للماء / فان دير والز /** روابط بين **ذرات الكبريت** وتعد **أقوى** الروابط.



R-interactions include:
1) Hydrogen bonds.
2) Ionic bonds.
3) Hydrophobic interactions.
4) Van der Waals interactions.
5) Disulfide bond (Strongest bond).

Quaternary structure **results** when **two** or **more polypeptide chains form** one macromolecule. **Quaternary structure is the final stage in protein structure.**

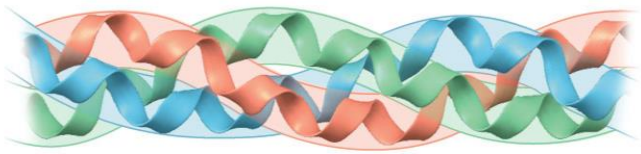
المرحلة **الرابعة** للبروتين وهي المرحلة **النهائية تنتج** عندما تتشكل **سلسلتين** أو **أكثر** من **عديد الببتيد** لتكون **جزيء واحد ضخم** من **البروتين**.



Collagen is a **fibrous protein** consisting of **three polypeptides coiled** like a **rope. Hemoglobin** is a **globular protein** consisting of **four** polypeptides: **two α** and **two β subunits**.

الكولاجين هو **بروتين ليفي** (يتكون من **ألياف**) يحتوي على **ثلاثة سلاسل من عديد الببتيد ملتفة** حول بعضها البعض **مثل الحبل**.
الهيموغلوبين هو **بروتين كروي الشكل** يحتوي على **أربعة سلاسل من عديد الببتيد: إثنتان** من نوع **ألفا وإثنتان** من نوع **بيتا**.

Collagen

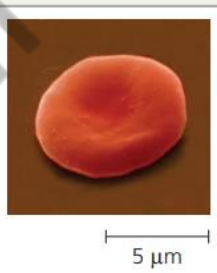


Women Tamimi

Sickle-Cell Disease: A Change in Primary Structure

A **slight change** in **primary** structure can affect a **protein's structure** and **ability** to function. **Sickle-cell disease**, an inherited blood disorder, results from a **single amino acid substitution** in the protein **hemoglobin.** The abnormal hemoglobin molecules cause the red blood cells to **aggregate** into chains and to **deform** into a **sickle shape. Glutamine** replaced by **Valine** at number **6** in **amino acid chain.**

مرض **فقر الدم المنجلي**: سبب هذا المرض هو عندما يحدث **تغيّر بسيط** في **البنية الأساسية لبروتين الهيماغلوبين** مما يؤثر على **شكل** البروتين الناتج و**وظيفته**. ومرض فقر الدم المنجلي هو **مرض وراثي** متعلق **بالدم** (يحدث تغير في شكل **كريات الدم الحمراء** فيصبح شكلها **كالهلال** كما نرى في الشكل). حيث تحدث عملية **إحلال** حمض أميني **مكان** حمض أميني **آخر** (**فالين** يحل محل **الغلوتامين**) انظر الى الحمض الأميني **السادس** في سلسلة الحمض الأميني.

	Primary Structure	Secondary and Tertiary Structures	Quaternary Structure	Function	Red Blood Cell Shape
Normal hemoglobin	1 Val 2 His 3 Leu 4 Thr 5 Pro 6 Glu 7 Glu	Normal β subunit	Normal hemoglobin (β, α, β, α)	Normal hemoglobin proteins do not associate with one another; each carries oxygen.	Normal red blood cells are full of individual hemoglobin proteins.  5 µm
Sickle-cell hemoglobin	1 Val 2 His 3 Leu 4 Thr 5 Pro 6 Val 7 Glu	Sickle-cell β subunit	Sickle-cell hemoglobin (β, α, β, α)	Hydrophobic interactions between sickle-cell hemoglobin proteins lead to their aggregation into a fiber; capacity to carry oxygen is greatly reduced.	Fibers of abnormal hemoglobin deform red blood cell into sickle shape. 5 µm

Activate Windo

What Determines Protein Structure?

In **addition** to **primary structure**, **physical** and **chemical** conditions can affect structure**. Alterations in pH**, **salt concentration**, **temperature**, or other **environmental factors** can cause a protein to **unravel.** This **loss** of a protein's **native** structure is called **denaturation.** A **denatured** protein is **biologically inactive.**

ما **العوامل** التي تحدد **بنية** البروتين و**شكله**؟؟ هنالك **العديد** من العوامل بالإضافة إلى **البنية الأساسية** للبروتين وهي **الظروف الفيزيائية** و**الكيميائية** التي تؤثر على **بنيته**. ومن تلك العوامل أيضا **نوع الوسط الذي يعيش فيه** هل هو **حامضي** أم **قاعدي** / **تركيز الأملاح** / **درجة الحرارة** / **العوامل المحيطة به من البيئة** وغيرها من العوامل التي تتحكم في بنية البروتين وشكله الناتج. ويسمى **فقدان** البروتين **بنيته الأصلية** **تمسخ البروتين** (أي **يصبح غير طبيعي**) وعندما يفقد البروتين بنيته الأصلية ويتغير **يصبح غير فعّال** (لا **يستفاد** منه).

Protein Folding in the Cell:

It is **hard** to predict a protein's structure from its **primary structure**. Most proteins probably go through **several stages** on their way to a **stable** structure. Diseases such as **Alzheimer's**, **Parkinson's**, and **mad cow disease** are associated with **misfolded proteins.**

Two methods that scientists used to **determine** a **protein structure**:

1) X-ray crystallography

2) Nuclear magnetic resonance (**NMR**) spectroscopy.

Women Tamimi

من الصعب أن **نتوقع** بنية و**شكل** البروتين **النهائي (الناتج)** من **المرحلة الأساسية لتكوينه**. لذلك تمر البروتينات عبر **العديد** من **المراحل** لكي تصبح **جزيئات ذات بنية مستقرة وثابتة**. الكثير من **الأمراض** مثل **مرض الزهايمر (النسيان)** / و**الباركنسون** / و**مرض جنون البقر** جميعها **مرتبطة بسبب واحد** وهو **حدوث أخطاء عند بناء البروتينات** فتنتج بروتينات **غير طبيعية** تسبب هذه الأمراض. هنالك **طريقتان** استخدمهما العلماء لتحديد **بنية البروتين**: 1- إستخدام **الأشعة السينية** / 2- **أجهزة الرنين المغناطيسي**.

Concept 5.5: Nucleic acids store, transmit, and help express hereditary

The amino acid sequence of a polypeptide is programmed by a unit of **inheritance** called a **gene. Genes** consist of **DNA**, a **nucleic acid** made of **monomers** called **nucleotides.**

سوف نتكلم عن مفهوم **الحموض النووية**: الحموض النووية تعد من المركبات **الضخمة** و**الكبيرة** وتعد من **البوليمرات (بوليمرز)**. تتم عملية **برمجة** لسلسلة **الحمض الأميني** المكون **لعديد الببتيد** وتتم عملية البرمجة عن طريق **وحدة وراثية** تسمى **الجين** (أي أن الجين هو الذي **ينظّم** ويرتب الحموض الأمينية). تتكون **الجينات** من **الحموض النووية** و الحمض نووي مصنوع من **مونومرات** تسمى **نيوكليوتيدات**.

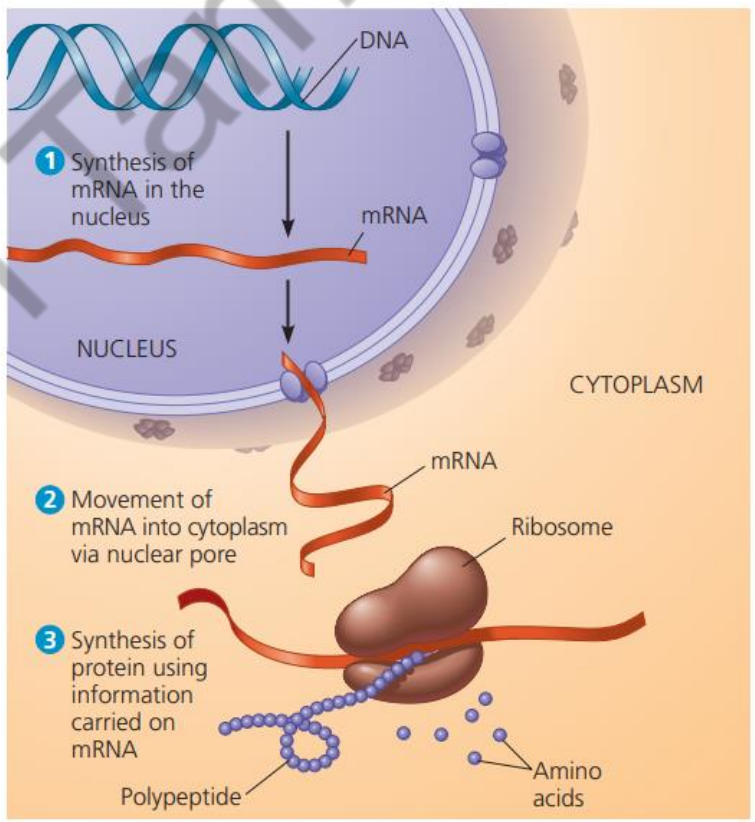
There are **two types** of nucleic acids:

1) Deoxyribonucleic acid (DNA) ⟵ (الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين)

2) Ribonucleic acid (RNA) ⟵ (الحمض النووي الرايبوزي)

DNA provides directions for its own replication**.** DNA **directs synthesis** of messenger RNA (**mRNA**) and, through **mRNA**, controls **protein** synthesis**.** This process is called **gene expression.** (We will take about it later in **chapter 17**)

Each gene along a DNA molecule directs **synthesis** of a **messenger RNA** (mRNA). The **mRNA** molecule interacts with the **cell's protein**-synthesizing machinery to direct production of a **polypeptide.** The **flow** of **genetic** information can be **summarized** as **DNA→ RNA → Protein**



يوجد ال DNA في النواة وهو الذي يصنع جزيء ال mRNA بشكل مباشر. يتفاعل جزيء mRNA مع الرايبوسومات خارج النواة لتتم عملية صنع البروتينات وبالتالي ينتج جزيء عديد الببتيد.

The Components of Nucleic Acids:

Nucleic acids are **polymers** called **polynucleotides.** Each polynucleotide is made of **monomers** called **nucleotides.** Each **nucleotide** consists of a **nitrogenous base**, a **pentose sugar**, and **one or more phosphate groups.** The portion of a **nucleotide without** the **phosphate group** is called a **nucleoside.**

Nucleotides (building units) ⟵ **pentose** + **nitrogen base** + **phosphate** group

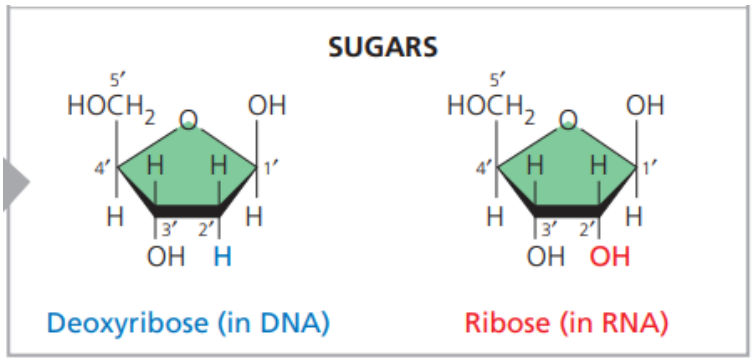
Nucleoside ⟵ **Nucleotide** – **phosphate group**

ما هي **مكونات** الحمض النووي؟؟ تعد الحموض النووية **بوليمرز** وتسمى **عديد النيوكليوتيد**. يتكون عديد النيوكليوتيد من **وحدة** بسيطة **(مونومر)** تسمى **النيوكليوتيد** ولكن عندما **تتجمع النيوكليوتيدات** مع بعضها البعض تكون **عديد النيوكليوتيد**. **النيوكليوتايد** هي **الوحدة البنائية** للحمض النووي وتتكون من **سكر خماسي + قاعدة نيتروجينية + مجموعة الفوسفات**. أما اذا **لم تتواجد مجموعة الفوسفات** أي لم **تكن** من **أحد المكونات** فنسمي المركب **نيوكليوسايد بدلا** من **النيوكليوتايد**.

Momen Tamimi

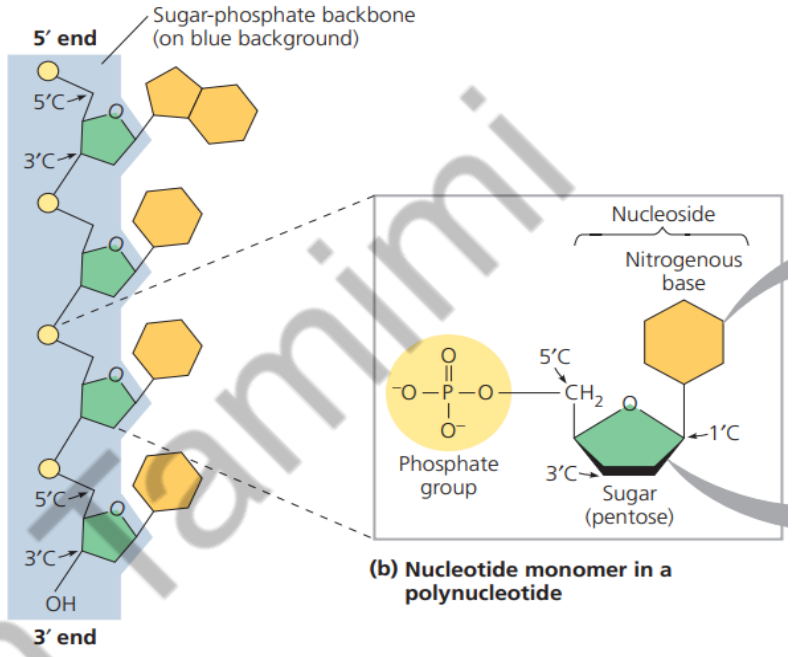
Look at this figure we have a **pentose** sugar (**5 carbon** sugar). The difference between **DNA** and **RNA** is that **DNA doesn't** have **oxygen** atom at carbon **number 2** (deoxygenated).

كما نشاهد في الشكل المجاور سكر **خماسي** (خمس ذرات كربون) الفرق بين ال DNA وال RNA أن ال DNA عند الكربون رقم **2** **لايحتوي** على ذرة **أكسجين** مرتبطة مع الهيدروجين (**منقوص الأكسجين**).



Nucleotide Polymers:
Nucleotides are **linked** together by a **phosphodiester** linkage to build a **polynucleotide.** A phosphodiester linkage consists of a **phosphate group** that links the **sugars** of **two nucleotides.** These links create a **backbone** of **sugar-phosphate** units with **nitrogenous bases** as appendages.

ترتبط **النيوكليوتيدات** مع بعضها البعض عن طريق **رابطة** تسمى **فوسفوداي إستر بوند**. هذه الرابطة تربط **مجموعة الفوسفات بالسكر الخماسي** وبالتالي تربط النيوكليوتيدات مع بعضها البعض. هذه الروابط تشكل **هيكل لعديد النيوكليوتيد** يسمى هيكل **الفوسفات – السكر** بحيث أن **القواعد النيتروجينية** تكون **حرة مرتبطة** من **الجهة الأخرى**.

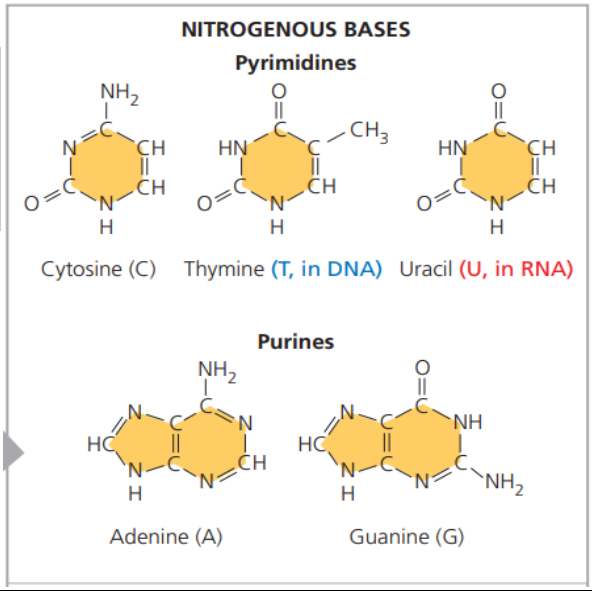


Only **certain** bases in DNA **pair up** and form **hydrogen bonds**: **adenine** (**A**) always with **thymine** (**T**), and **guanine** (**G**) always with **cytosine** (**C**). This is called **complementary base pairing**. This feature of DNA structure makes it possible to **generate two identical copies** of each DNA molecule in a cell **preparing to divide.**

T = A ⟶ Two hydrogen bonds (2)
G ≡ C ⟶ Three hydrogen bonds (3)

There are **two types** of bases in **DNA:**
Pyrimidines ⟶ Cytosine (C) **/ Thymine** (T) (in DNA) **/ Uracil** (U) (in RNA)
Purines ⟶ Adenine(A)**/ Guanine**(G)

هنالك **قواعد نيتروجينية محددة** ترتبط مع بعضها البعض **برابطة هيدروجينية** في جزيء الحمض النووي: يرتبط **الأدنين** مع **الثايمين** / يرتبط **الجوانين** مع **السايتوسين** (هذه القواعد **تكمّل** بعضها البعض). وهذه **الخاصية الموجودة** في **الحمض النووي** تمكنه من **إعطاء نسختين متطابقتين** منه عندما **تنقسم الخلية**.



To make it simple when you memorize it the **long word** has **one ring** but the **short word** has **two rings.**

Pyrimidines **(long) ⟶ one ring**
Purines **(short) ⟶ two rings**

Moemen Tamimi

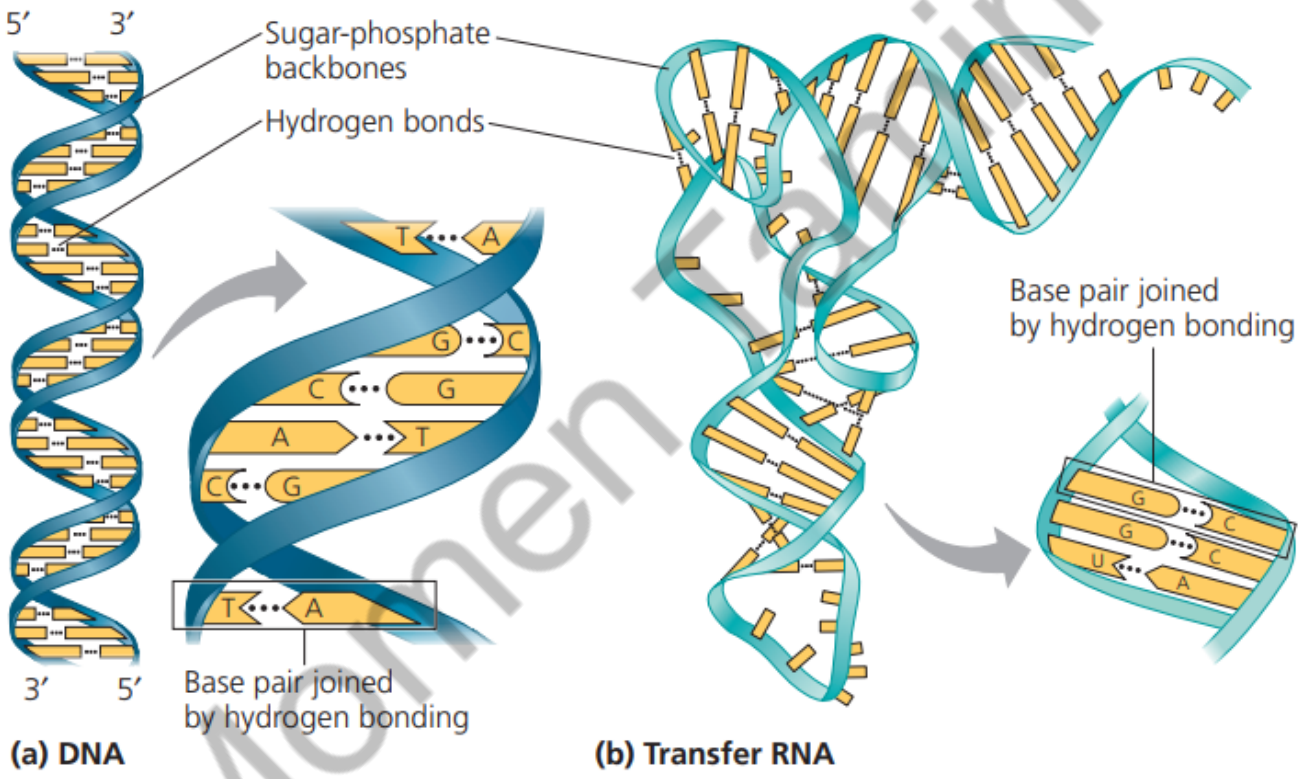
The Structures of DNA and RNA Molecules:

DNA molecules have **two polynucleotides** spiraling around an imaginary axis, forming a **double helix**. The **backbones** run in **opposite 5′ → 3′ directions** from each other, an arrangement referred to as **antiparallel** .One DNA molecule includes many genes.

يتكون جزيء ال **DNA** من **جزيئين** من **عديد الببتيد يلتف** كل منهما على **الآخر** فيكونوا شكل يشبه شكل **الحلزون** (زي **الزمبرك**). يكون هيكل الحمض النووي في **إتجاهات متقابلة 5'** الى **3'** بحيث يكون بشكل **غير متوازي** (**ملتف** على بعضه البعض). **جزيء واحد** من ال **DNA** يحتوي على **الكثير من الجينات**.

RNA, in contrast to DNA, is **single-stranded**. **Complementary pairing** can also **occur** between **two RNA molecules** or between **parts** of the **same molecule. In RNA**, **thymine** (T) is replaced by **uracil** (U), so **A** and **U pair.**

جزيء ال **DNA** يتكون من **سلسلتين تلتف** كل منها على الأخرى أما ال **RNA** فيتكون من **سلسلة واحدة**. ومن الممكن أن يحدث **إرتباط للقواعد النيتروجينية** في جزيء ال **RNA** مع أنه يتكون من **سلسلة واحدة**. في جزيء ال **DNA** يرتبط **الثايمين بالأدنين** أما في جزيء ال **RNA** **الثايمين** يبدل بقاعدة نيتروجينية أخرى تسمى **اليوراسيل** وبالتالي يرتبط **اليوراسيل بالأدنين**.



Momen Tabini

Test Questions (Practice exam)

Test Yourself

Q1) Which of the following would most likely qualify as a macromolecule?

A) Protein.
B) DNA.
C) RNA.
D) Cellulose.
E) All of the above.

Q2) Which of the following is NOT a carbohydrate?

A) Glucose.
B) Sucrose.
C) Glycine.
D) Glycogen.
E) Cellulose.

Q3) The primary structure of a protein involves:
A) Disulfide linkages.
B) Van der walls interactions.
C) Hydrogen bonds.
D) Hydrophobic forces.
E) None of the above.

Q4) The chemical union of the basic units of carbohydrates, lipids, or proteins always produces the biproduct:
A) Energy.
B) Carbon.
C) Water.
D) Acid.
E) None of the above.

Q5) When disaccharides are changed to monosaccharides, the common chemical process involved is:
A) Hydration.
B) Hydrolysis.
C) Digestion.
D) Dehydration.
E) Activation.

Q6) Polymers of polysaccharides, fats, and proteins are all synthesized from monomers by:
A) Connecting monosaccharides together.
B) The addition of water to each monomer.
C) The removal of water (dehydration synthesis).
D) Ionic bonding of the monomers.
E) The formation of disulfide bridges between monomers.

Q7) The organic compounds that have many structural purposes and are used in many processes within the cell are called??
A) Carbohydrates.
B) Lipids.
C) Proteins.
D) Nucleic Acids.

Q8) Hydrolysis could be correctly described as the?
A) Heating of a compound to drive off its excess water and concentrate its volume.
B) Breaking of a long-chain compound into its subunits by adding water molecules to its structure between the subunits.
C) Linking of two or more molecules by the removal of one or more water molecule.
D) Constant removal of hydrogen atoms from the surface of a carbohydrate
E) None of the above.

Q9) A CARBOHYDRATE (polysaccharide) that makes PLANT CELLS and tissues STRUCTURALLY RIGID is:
A) Sucrose.
B) Glycogen.
C) Starch.
D) Cellulose.
E) Amylopectin.

Momen Tamimi

Q10) Lipids:
A) Serve as food reserves in many organisms.
B) Include cartilage and chitin.
C) Include fats that are broken down into one fatty acid molecule and three glycerol molecules.
D) Are composed of monosaccharides.
E) None of the above.

Q11) Which of the following is an extensively branched storage polysaccharide found in the liver and muscles of animals?
A) Glycogen
B) Starch
C) Amylopectin
D) Cellulose
E) Amylose.

Q12) Humans can digest starch but not cellulose because??
A) The monomer of starch is glucose, while the monomer of cellulose is galactose.
B) Humans have enzymes that can hydrolyze the β glycosidic linkages of starch but not the α glycosidic linkages of cellulose.
C) Humans have enzymes that can hydrolyze the α glycosidic linkages of starch but not the β glycosidic linkages of cellulose.
D) Humans harbor starch-digesting bacteria in the digestive tract.
E) The monomer of starch is glucose, while the monomer of cellulose is glucose with a nitrogen-containing group.

Q13) The molecular formula for glucose is $C_6H_{12}O_6$. What would be the molecular formula for a molecule made by linking three glucose molecules together by dehydration reactions?
A) $C_{18}H_{36}O_{18}$
B) $C_{18}H_{32}O_{16}$
C) $C_6H_{10}O_5$
D) $C_{18}H_{10}O_{15}$
E) $C_3H_6O_3$

Q14) A molecule with the formula $C_{30}H_{50}O_{26}$ is probably a??
A) Carbohydrate.
B) Palmitic acid.
C) Protein.
D) Nucleic acid.
E) None of the above.

Q15) The R group or side chain of the amino acid serine is –CH2–OH. The R group or side chain of the amino acid leucine is –CH2–CH–(CH3)2. Where would you expect to find these amino acids in a globular protein in aqueous solution?
A) Serine would be in the interior, and leucine would be on the exterior of the globular protein.
B) Leucine would be in the interior, and serine would be on the exterior of the globular protein.
C) Both serine and leucine would be in the interior of the globular protein.
D) Both serine and leucine would be on the exterior of the globular protein.
E) Both serine and leucine would be in the interior and on the exterior of the globular protein.

1- E	2- C	3- E	4- C	5- B	6- C	7- C	8- B	9- D	10- A
11- A	12- C	13- B	14- E	15- B					

Momen Tamimi

5 Chapter Review

Go to **MasteringBiology**™ for Videos, Animations, Vocab Self-Quiz, Practice Tests, and more in the Study Area.

SUMMARY OF KEY CONCEPTS

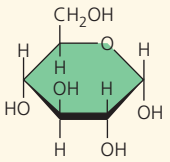
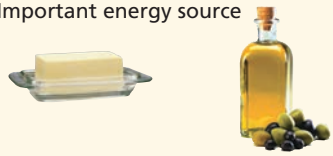
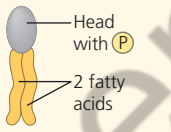
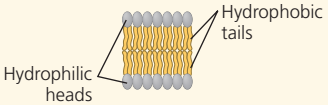
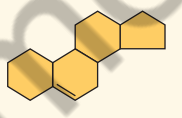
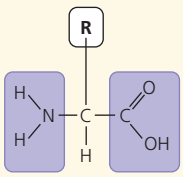
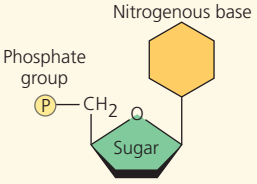
CONCEPT 5.1

Macromolecules are polymers, built from monomers *(pp. 115–116)*

VOCAB SELF-QUIZ goo.gl/Rn5Uax

- Large carbohydrates (polysaccharides), proteins, and nucleic acids are **polymers**, which are chains of **monomers**. The components of lipids vary. Monomers form larger molecules by **dehydration reactions**, in which water molecules are released. Polymers can disassemble by the reverse process, **hydrolysis**. An immense variety of polymers can be built from a small set of monomers.

? *What is the fundamental basis for the differences between large carbohydrates, proteins, and nucleic acids?*

Large Biological Molecules	Components	Examples	Functions
CONCEPT 5.2 **Carbohydrates serve as fuel and building material** *(pp. 116–120)* ? *Compare the composition, structure, and function of starch and cellulose. What role do starch and cellulose play in the human body?*	 Monosaccharide monomer	**Monosaccharides:** glucose, fructose	Fuel; carbon sources that can be converted to other molecules or combined into polymers
		Disaccharides: lactose, sucrose	
		Polysaccharides: ▪ Cellulose (plants) ▪ Starch (plants) ▪ Glycogen (animals) ▪ Chitin (animals and fungi)	▪ Strengthens plant cell walls ▪ Stores glucose for energy ▪ Stores glucose for energy ▪ Strengthens exoskeletons and fungal cell walls
CONCEPT 5.3 **Lipids are a diverse group of hydrophobic molecules** *(pp. 120–123)* ? *Why are lipids not considered to be polymers or macromolecules?*	 Glycerol, 3 fatty acids	**Triacylglycerols** (fats or oils): glycerol + three fatty acids	Important energy source 
	 Head with P, 2 fatty acids	**Phospholipids:** glycerol + phosphate group + two fatty acids	Lipid bilayers of membranes  Hydrophobic tails, Hydrophilic heads
	 Steroid backbone	**Steroids:** four fused rings with attached chemical groups	▪ Component of cell membranes (cholesterol) ▪ Signaling molecules that travel through the body (hormones)
CONCEPT 5.4 **Proteins include a diversity of structures, resulting in a wide range of functions** *(pp. 123–131)* ? *Explain the basis for the great diversity of proteins.*	 Amino acid monomer (20 types)	▪ Enzymes ▪ Defensive proteins ▪ Storage proteins ▪ Transport proteins ▪ Hormones ▪ Receptor proteins ▪ Motor proteins ▪ Structural proteins	▪ Catalyze chemical reactions ▪ Protect against disease ▪ Store amino acids ▪ Transport substances ▪ Coordinate organismal responses ▪ Receive signals from outside cell ▪ Function in cell movement ▪ Provide structural support
CONCEPT 5.5 **Nucleic acids store, transmit, and help express hereditary information** *(pp. 132–134)* ? *What role does complementary base pairing play in the functions of nucleic acids?*	 Nitrogenous base, Phosphate group, Sugar Nucleotide (monomer of a polynucleotide)	**DNA:** ▪ Sugar = deoxyribose ▪ Nitrogenous bases = C, G, A, T ▪ Usually double-stranded	Stores hereditary information
		RNA: ▪ Sugar = ribose ▪ Nitrogenous bases = C, G, A, U ▪ Usually single-stranded	Various functions in gene expression, including carrying instructions from DNA to ribosomes

Women Tamini

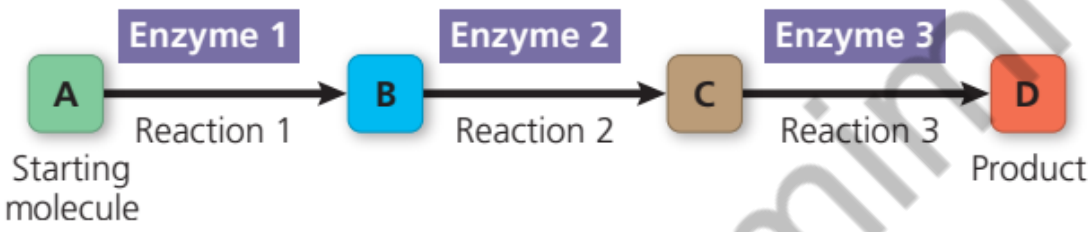
CHAPTER 6

Energy and life

Reactants	متفاعلات	**Activation**	تنشيط	**Equilibrium**	حالة الإتزان
Products	نواتج	**Inhibition**	تثبيط	**Organic**	عضوي
Spontaneous	تلقائي	**Metabolism**	عمليات الأيض	**Regeneration**	إعادة صنع
Exergonic	طارد للطاقة	**Catabolism**	عمليات الهدم	**Active site**	المنطقة النشطة
Endergonic	ماص للطاقة	**Anabolism**	عمليات البناء	**Concentration**	التركيز

Concept 6.1: An organism's metabolism:

Metabolism: all **chemical** and **energy transformation** in the cell. Metabolism is an **emergent property** of life that arises from orderly **interactions** between molecules. A **metabolic pathway** begins with a specific molecule and ends with a product. Each step is catalyzed by a specific enzyme.



في هذا الشابتر سوف نتكلم عن **الطاقة والحياة**. عندما نتكلم عن الطاقة فإننا نتكلم عن **عمليات الأيض** لدى الكائنات الحية وعمليات الأيض: هي مجموع **التغيرات الكيميائية** والتغيرات في **الطاقة** داخل الخلية. وتعد من **الخصائص المهمة** للحياة وتنشأ عن طريق **حدوث تفاعلات بين الجزيئات المختلفة**. يبدأ مسار عمليات الأيض **بجزيء محدد** (**متفاعلات**) وينتهي **بناتج** ويحدث ذلك عن **طريق خطوات** (كما نرى في الشكل هنالك **ثلاثة خطوات**) بحيث يتم **تسريع كل خطوة** عن طريق **إنزيمات مختلفة** (تعمل الإنزيمات **كعوامل مساعدة**).

The metabolic pathway is divided into two pathways:

1) Catabolic pathways. (عمليات الهدم) Complex → Simple

2) Anabolic pathways. (عمليات البناء) Simple → Complex

1) Catabolic pathways: release energy by **breaking** down **complex** molecules into **simpler compounds**. Example: **cellular respiration**, the breakdown of **glucose** in the presence of **oxygen**. We will talk about it in details in (chapter 10)

2) Anabolic pathways: consume energy to **build complex** molecules from **simpler** ones. For example, the **synthesis of protein** from **amino acids** is an **anabolic pathway** or **Photosynthesis.**

1) عمليات الهدم: تنطلق الطاقة عن طريق **تكسير الجزيئات المعقدة** إلى **مركبات أبسط**. مثال على ذلك: **عملية التنفس الخلوي** وهي عملية **تحطيم الغلوكوز** (جزيء **معقد**) إلى **جزيئات أبسط** بوجود **الأكسجين**.

2) عمليات البناء: تحتاج عمليات البناء إلى **طاقة** فهي تبدأ **بجزيئات بسيطة وتنتهي بمركبات معقدة**. مثال على ذلك: عملية **صنع البروتين** من **الحموض الأمينية** (تحدثنا عنها سابقا) أو **عملية البناء الضوئي**. (**الهدم** يخرج (**يعطي**) **طاقة** أما **البناء يحتاج طاقة**).

Energy = **Ability to do work** (**cannot** be **created** or **destroyed** but it can be **converted** from **one form** to **another**).

Example: Kinetic energy / Thermal energy / Potential energy / Chemical energy

الطاقة: هي **القدرة** على **بذل الشغل** (القيام **بالعمل**) والطاقة **لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من شكل إلى آخر**.

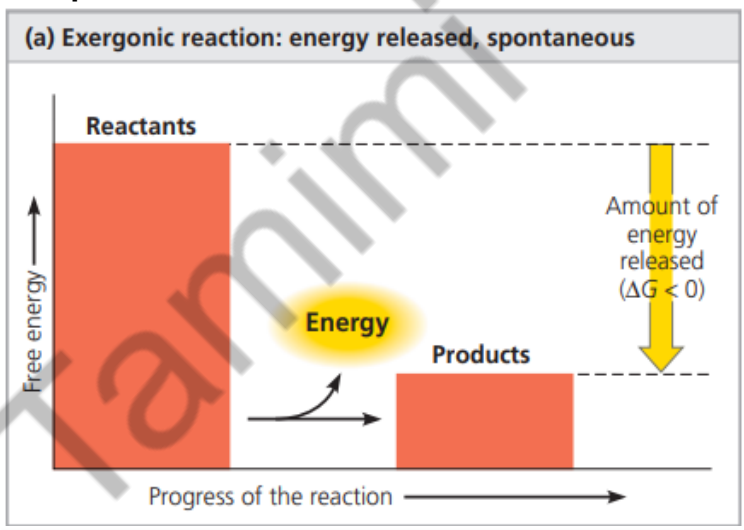
أمثلة على **أنواع الطاقة**: الطاقة **الحركية** / الطاقة **الحرارية** / الطاقة **الكامنة** / الطاقة **الكيميائية**.

Concept 6.2: The free-energy change of a reaction tells us whether or not the reaction occurs spontaneously

Moneem Tamimi

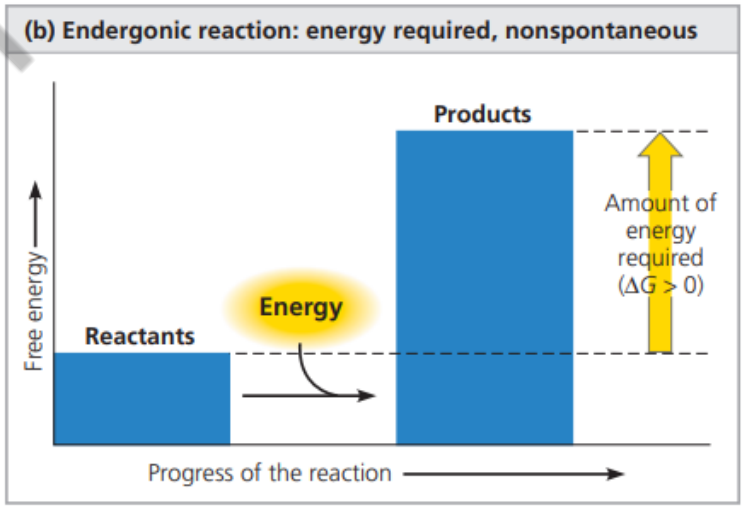
Free-Energy Change, ΔG:
If we have this reaction **A+B** $\xrightarrow{E}$ **C+D**
(A+B **reactants**).
(C+D **products**).
ΔG = Energy of products – Energy of reactants
If E (**reactant**) = **60** K.Cal / E (**product**) = **40** K.Cal Then **ΔG = 40 – 60 = -20** K.Cal
So we have a **negative sign** for **ΔG.**
If **ΔG is negative** the reaction is consider as **exergonic** reaction. (**Release** energy)
If **ΔG is positive** the reaction is consider as **endergonic** reaction. (**Absorb** energy)
ΔG = negative → **exergonic reaction** → **spontaneous reaction**
ΔG = positive → **endergonic reaction** → **non-spontaneous reaction**

هنالك **نوعين** من **أنواع التفاعلات**: 1- **تفاعل طارد للطاقة** / 2- **تفاعل ماص للطاقة**. في التفاعلات **الطاردة للطاقة** تكون الطاقة في **المتفاعلات أكبر** من الطاقة في **النواتج** واذا حسبنا الفرق في الطاقة بين كل منهما (**الفرق = النواتج – المتفاعلات**) سنجد أن **الإشارة الناتجة** سوف تكون **سالبة** والأشارة **السالبة** تعني أن **التفاعل طارد للطاقة** (**منتج** للطاقة) وأن التفاعل يحدث **بشكل تلقائي**. أما التفاعل **الماص للطاقة** فتكون **طاقة النواتج أكبر** من **طاقة المتفاعلات** فعندما نحسب الفرق في الطاقة بين كل منهما سنجد أن **الإشارة** الناتجة ستكون **موجبة والإشارة الموجبة** تعني أن التفاعل **ماص للطاقة** (**يحتاج** طاقة) وأنه **لا يحدث بشكل تلقائي**.



Equilibrium: in equilibrium **energy** for reactants = **energy** for products **(ΔG = 0).**
It consider as a **dead system** or **closed system**. **Cells** are **not** in **equilibrium**; they are **open systems** experiencing a constant flow of materials. A defining feature of life is that **metabolism is never at equilibrium.**

مرحلة التوازن: يصل التفاعل إلى هذه المرحلة عندما تمتلك **المتفاعلات** و **النواتج نفس الطاقة** الخلايا ليست في **حالة توازن** أي أن الخلايا في **نظام مفتوح وليس** في **نظام مغلق** (يوجد هنالك **فروقات** في **الطاقة** بين **المتفاعلات** وبين **النواتج** وليست **متساوية في الطاقة**). لا يمكن أن تكون **عمليات الأيض في حالة إتزان** بل يجب أن يكون هنالك **فروقات** في **الطاقة** بين كل من **المتفاعلات والنواتج**.



Concept 6.3: ATP powers cellular work by coupling exergonic reactions to endergonic reactions

A cell does **three main kinds** of work:
1) Chemical work: pushing **endergonic** reactions.
2) Transport work: pumping substances **against** the direction of **spontaneous** movement.
3) Mechanical work: such as **contraction** of muscle cells.

للخلية **ثلاثة أنواع** من **الأعمال** الرئيسية:
1) عمل **كيميائي**: دفع التفاعلات **الماصة للطاقة**.
2) عمل متعلق **بالنقل**: نقل المواد **بعكس إتجاه الحركة التلقائي** (يحتاج **طاقة**).
3) عمل **ميكانيكي**: **انقباض العضلات**

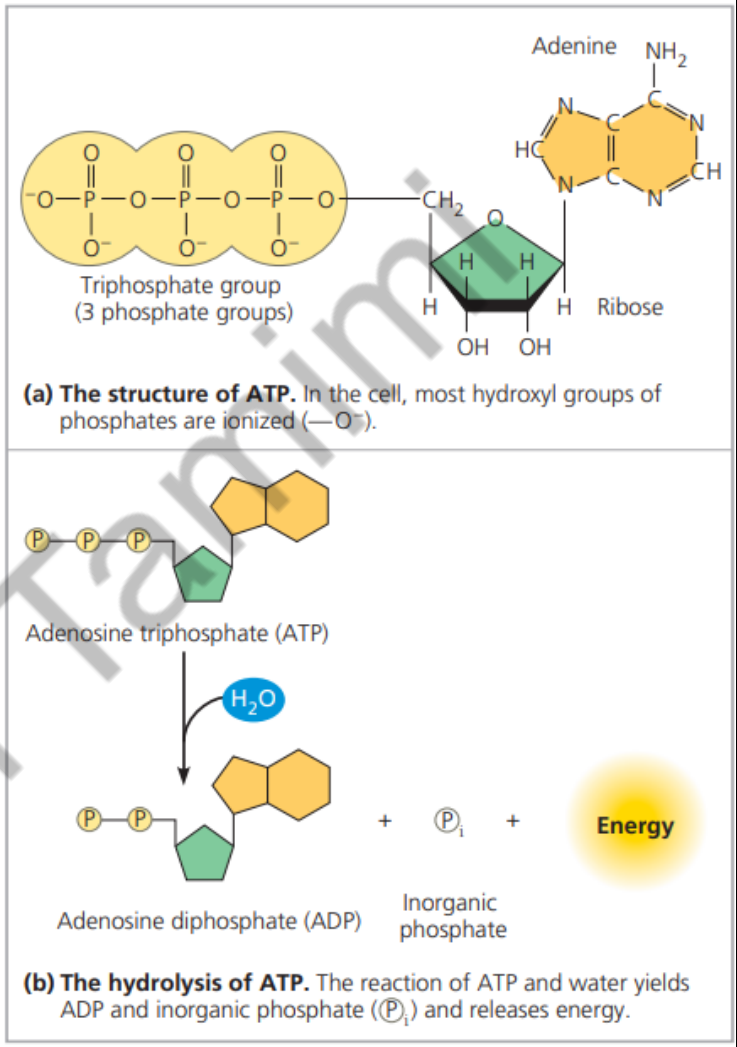
Wemen Tamimi

To do **work**, cells manage **energy** resources by **energy coupling**, the use of an **exergonic** process to drive an **endergonic** one. Most energy **coupling** in cells is **mediated** by **ATP.**

لكي **تقوم الخلية** بالعمل المطلوب منها فلا بد للخلية أن **تكتسب طاقة** لكي تقوم بالعمل المطلوب. **تكتسب** الخلية الطاقة عن طريق عملية تدعى (**الطاقة المرتبطة**) كما تحدثنا سابقا أن التفاعلات **الطاردة للطاقة تعطي** طاقة (**تنتج** طاقة) وأن التفاعلات **الماصة للطاقة تأخذ** طاقة (**تستهلك** طاقة) وبالتالي عملية **إرتباط الطاقة** أو **الطاقة المرتبطة** تستخدم الطاقة **الناتجة** من التفاعلات **الطاردة للطاقة إعطائها** للتفاعلات **الماصة للطاقة**. هذه العملية تتم **بواسطة مركب** ال **ATP**.

The Structure and Hydrolysis of ATP:
ATP (adenosine triphosphate) is the cell's **energy** shuttle. **ATP** is **composed** of **ribose** (a **sugar**), **adenine** (a **nitrogenous base**), and **three phosphate groups.** The **bonds** between the **phosphate** groups of **ATP's** tail can be **broken** by **hydrolysis**. Energy is **released** from ATP when the **terminal phosphate** bond is **broken.**

سندرس تركيب ال **ATP**: يتكون هذا المركب من من **سكر الرايبوز** (سكر **خماسي غير منقوص الأكسجين**) + **قاعدة نيتروجينية** (**الأدنين**) + **ثلاثة مجموعات من الفوسفات** (كما نشاهد في الشكل المجاور). وكما نعلم فإن هذا المركب يعطي **الطاقة للخلية** لكن كيف يعطي الطاقة؟؟ ترتبط مجموعات الفوسفات الثلاثة **بروابط بين بعضها البعض** تتحطم رابطة عن طريق **إضافة جزيء الماء** (عملية **التحلل المائي**) وكما نرى في الشكل المجاور عندما **تتحطم الرابطة تعطي طاقة** و**مجموعة فوسفات** (**غير عضوية**) فيصبح المركب **ثنائي الفوسفات** (يحتوي على **مجموعتين** من **الفوسفات**).



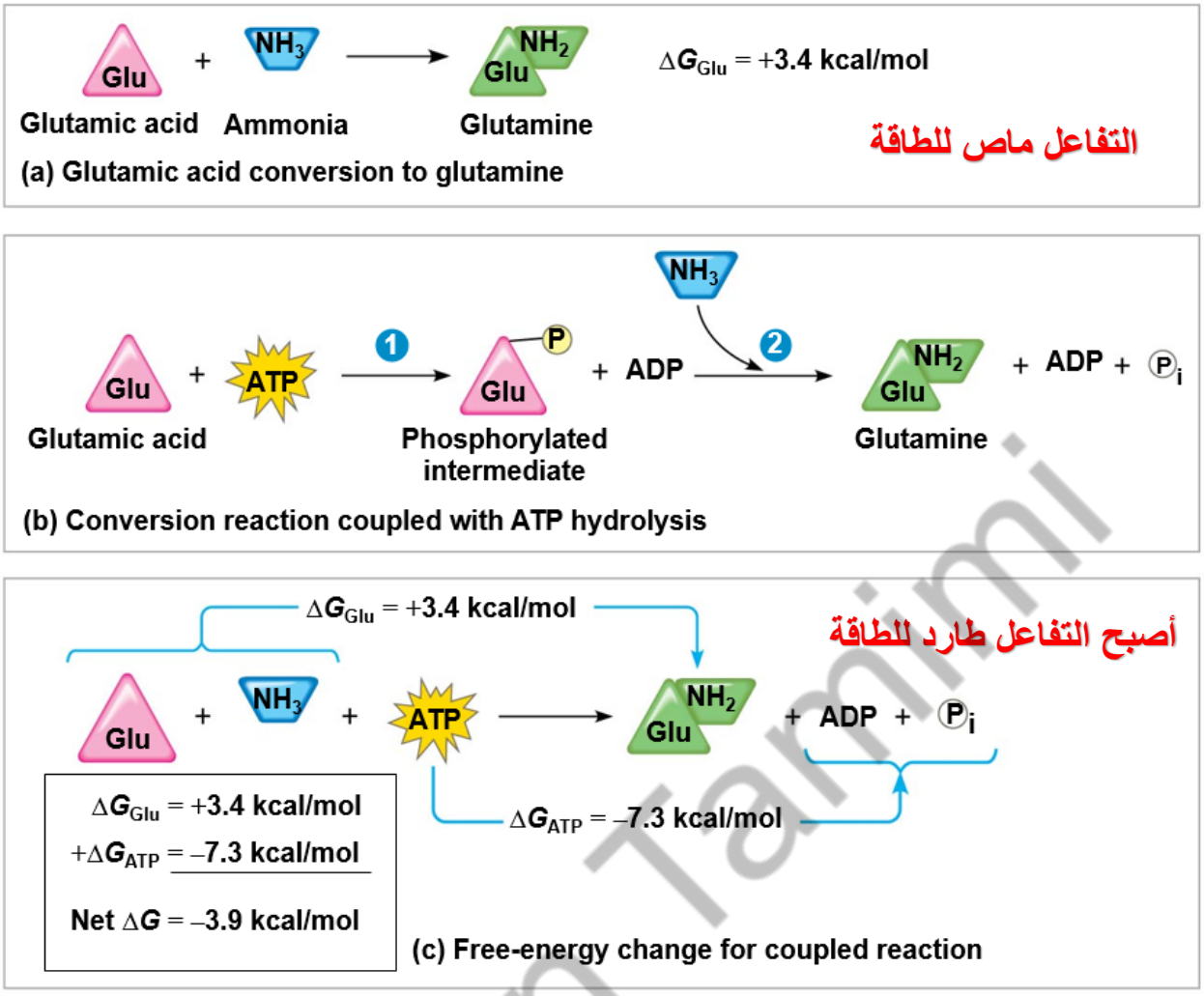
Adenosine = **قاعدة الأدنين**
Tri = **ثلاثي**
Di = **ثنائي**
Inorganic phosphate = **فوسفات غير عضوي**
ΔG_{ATP} = **-7.3 K.Cal/mol**

In the cell, the **energy** from the **exergonic reaction** of **ATP hydrolysis** can be used to drive an **endergonic reaction.** Overall, the **coupled reactions** are **exergonic.** ATP drives **endergonic** reactions by **phosphorylation**, transferring a phosphate group to some other molecule, such as a reactant**.** The recipient molecule is now called a **phosphorylated intermediate.**

تعد عملية التحلل لمركب ال **ATP** من التفاعلات **الطاردة للطاقة** (**المنتجة** للطاقة) بحيث تستخدم هذه الطاقة في **التفاعلات الماصة للطاقة** (عمليات **البناء**). لكن كيف تأخذ هذه المركبات الطاقة؟؟ تأخذ المركبات هذه **الطاقة** عن طريق عملية تسمى **الفسوفوريلاشن** (عملية **الفسفرة**) حيث أنه يتم إعطاء المركب **مجموعة فوسفات** فيحمل المركب مجموعة الفوسفات عليه (كما نرى في الشكل أعلاه) وبالتالي فإن **الطاقة الآزمة لحدوث التفاعل تقل**.

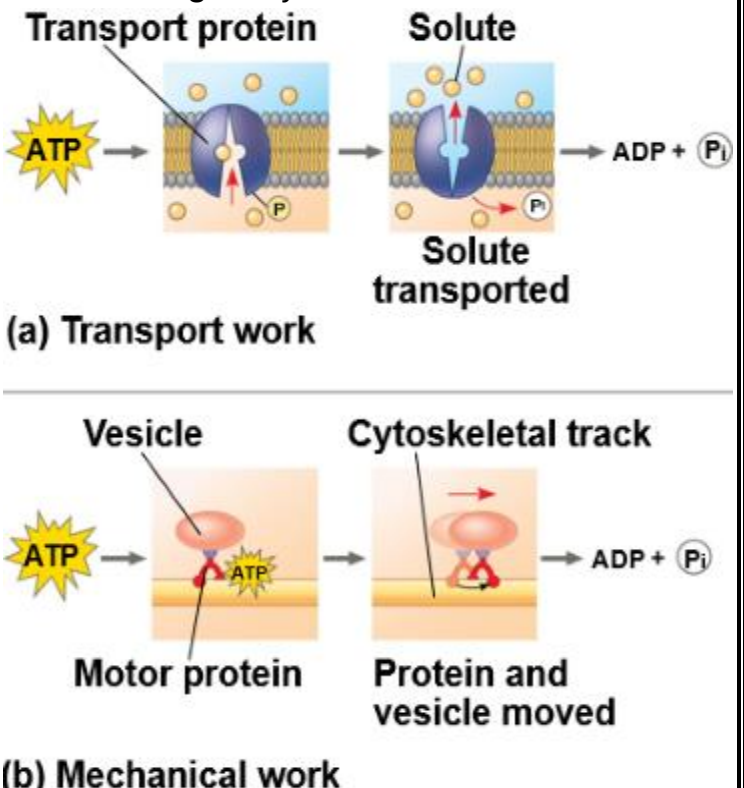
لتوضيح الشكل بصورة أفضل: عندما يرتبط **الحمض الأميني Glu** مع **الأمونيا NH_3** فإنه يحتاج الى أن **يكتسب طاقة** مقدارها **(+3.4)** كيلوجول/مول لكن عندما ترتبط مجموعة **الفوسفات** (التي تم **نزعها** من مركب ال **ATP**) بالحمض الأميني **Glu** سوف تعطيه **طاقة مقدارها (-7.3)** كيلوجول/مول وبالتالي ناتج الطاقة **الكلي سيكون (-7.3 + 3.4 = -3.9)** كيلوجول/ مول بذلك **تستفيد** الخلية من وجود مركب ال **ATP** وذلك ليصبح التفاعل **طارد للطاقة** بدلا من أن يكون **ماص للطاقة**.

Moment Tamimi



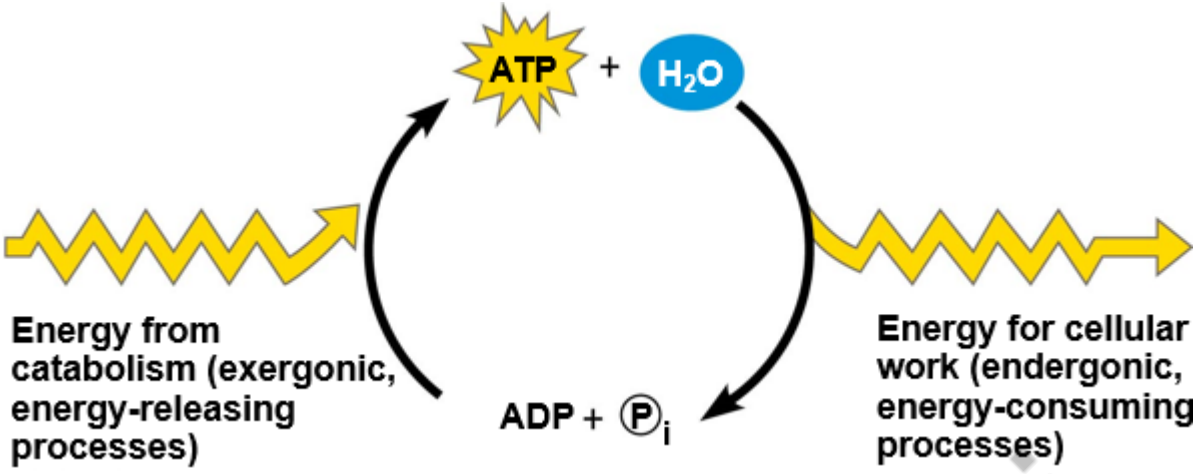
Transport and **mechanical** work in the cell are also **powered by ATP hydrolysis**.
ATP hydrolysis leads to a change in **protein shape** and **binding** ability.

تحتاج العمليات **الميكانيكية** وعمليات **النقل** في الخلية إلى **طاقة** وتأخذ هذه **الطاقة** من مركب ال **ATP**. عملية **تحلل** ال **ATP** تؤدي إلى حدوث **تغير في شكل البروتين** (كما في الشكل المجاور) عندما **ترتبط** مجموعة **الفوسفات** في **البروتين** يتغير شكله (**للأسفل** أو **للأعلى**) وذلك لكي **يتناسب** مع **شكل الجزيء الذي ينقله**.



The Regeneration of ATP: (تجديد الطاقة)
ATP is a **renewable** resource that is **regenerated** by addition of a **phosphate** group to adenosine diphosphate (**ADP**). The energy to phosphorylate ADP comes from **catabolic reactions** in the cell. The ATP cycle is a revolving door through which energy passes during its **transfer** from **catabolic** to **anabolic** pathways.

Monsen Tamimi

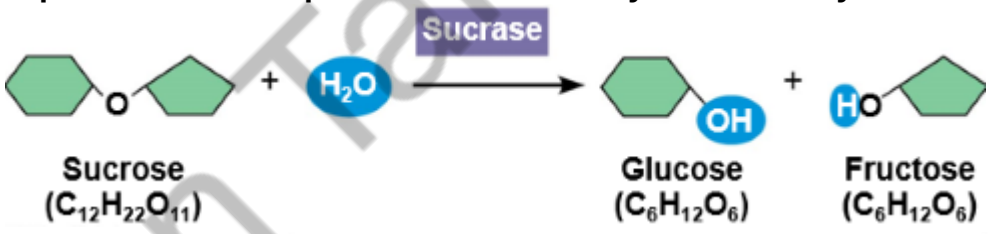


عملية **تجديد الطاقة:** تعد الطاقة في الخلية **متجددة** أي أنه مثلما **نستهلك طاقة** فإننا **نصنع طاقة** بدل منها ويتم ذلك عن طريق إعطاء مجموعة **فوسفات** إلى **مركب** ADP فيصبح بدلا من **ثنائي** الفوسفات إلى **ثلاثي** الفوسفات ATP. التفاعلات **الماصة** للطاقة **تستهلك مركب** ال ATP و تحوله إلى ADP لكن التفاعلات **الطاردة للطاقة تعطي طاقة** إلى مركب ال ADP فيصبح ATP. المختصر المفيد أنه هنالك **دورة تمر فيها الطاقة** بحيث أنها تأخذ **الطاقة** من **التفاعلات الطاردة وتستخدمها** في **التفاعلات الماصة**.

Concept 6.4: Enzymes speed up metabolic reactions by lowering energy barriers

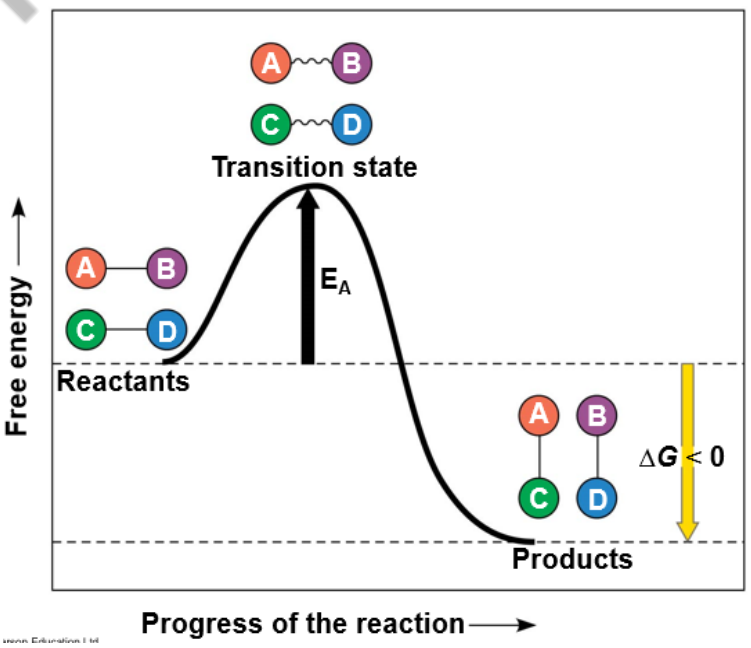
A **catalyst** is a **chemical agent** that **speeds** up a **reaction without** being **consumed** by the **reaction.** An **enzyme** is a **catalytic protein.** For **example**, **sucrase** is an **enzyme** that **catalyzes** the **hydrolysis** of **sucrose.**

يعد **الإنزيم عامل مساعد** يزيد من **سرعة التفاعل** من غير أن **يستهلك** في التفاعل. **مثال** على ذلك: **إنزيم السوكريز** الذي يعمل على زيادة سرعة **تحطيم سكر السكروز**.



The Activation Energy Barrier:
Every **chemical reaction** between molecules involves **bond breaking** and **bond forming**. The **initial energy needed** to **start** a **chemical reaction** is called the free **energy of activation**, or **activation energy** (E_A). **Reactants** must get **very close** to each other in the **correct orientation.**

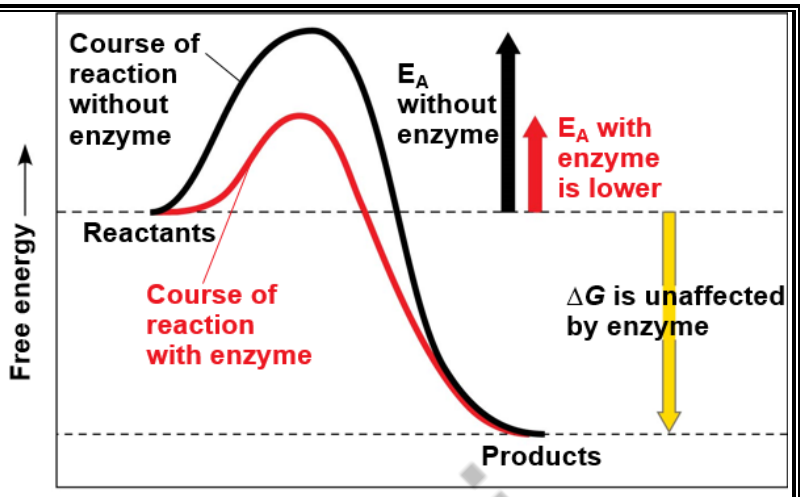
طاقة التنشيط: في كل **تفاعل كيميائي** لابد من أن يحدث **تحطّم للروابط** بين **جزيئات المواد المتفاعلة** لكي **تتشكل روابط جديدة** في المواد الناتجة. وتعرّف **طاقة التنشيط**: بأنها هي **أقل طاقة لازمة لبدء التفاعل (تحطيم روابط المتفاعلات)**. ولكي يتم التفاعل **بشكل صحيح** فلا بد من أن **تقترب المتفاعلات** من **بعضها البعض** وأن يكون التفاعل في **الإتجاه الصحيح** (المناسب).



How Enzymes Speed Up Reactions:
In catalysis, **enzymes** or other **catalysts speed up** specific reactions by **lowering the E_A barrier**. Enzymes **do not affect** the **change** in **free energy** (**ΔG**); instead they make another **road** for the **reaction**.

Moren Tamimi

كيف **تعمل الإنزيمات** على **تسريع التفاعلات**؟؟ يعد الإنزيم **عامل مساعد يزيد** من **سرعة التفاعل** عن طريق **تقليل طاقة التنشيط** الازمة **لبدء التفاعل** من غير أن يؤثر على **طاقة المواد المتفاعلة** أو **الناتجة** (أي انه يقلل **طاقة التنشيط فقط** ولا يهتم بشيء غيرها) وبالتالي فإنه **يصنع طريق بديل للتفاعل** (كما نرى في الشكل).

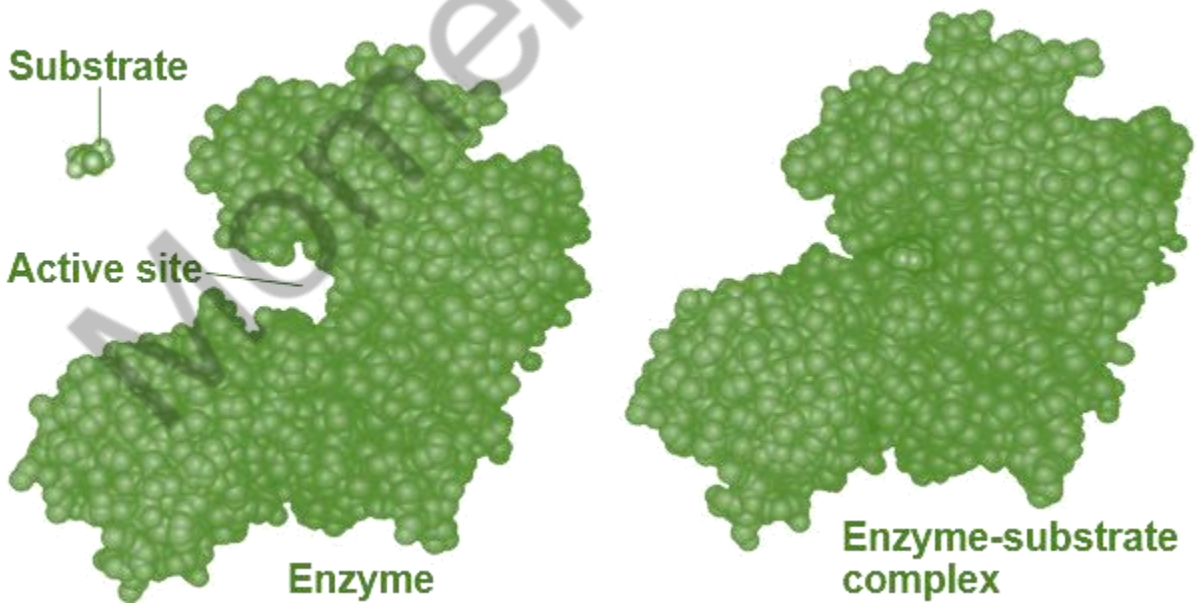


Substrate Specificity of Enzymes:
Enzymes mostly consist of **proteins.** Some of them are **RNA** we call them **Ribozymes.**

The **reactant** that an **enzyme acts on** is called the enzyme's **substrate.** The enzyme **binds** to its **substrate**, forming an **enzyme-substrate complex**. While bound, the **activity** of the **enzyme converts substrate** to **product.**

هنالك **نوعين من الإنزيمات**: **إنزيمات** تتكون من **بروتينات** (لها **النسبة الأكبر**) **وإنزيمات** تتكون من **الحمض النووي** (بنسبة **قليلة**). هنالك **جزيئات خاصة** ترتبط **بالإنزيم** تسمى **بالمواد المتفاعلة**. عندما **ترتبط** هذه **الجزيئات** تشكل **مركب يسمى (معقد أنزيم – مادة متفاعلة)**. **بعدما يتم إرتباط** المادة المتفاعلة بالإنزيم يحول الإنزيم هذه **المادة المتفاعلة** إلى **مادة ناتجة** (من **متفاعلات** إلى **نواتج**).

The reaction catalyzed by each enzyme is very **specific**. The **active site** is the region on the **enzyme** where the **substrate binds.**
There are two models for **Enzyme – Substrate complex** (**ES complex**):
1) The **lock-and-key** theory states that the **active site** of the **enzyme** is a **perfect fit** for the substrate.
2) The **induced fit model**, which is the **more accepted model**, describes that a **substrate brings chemical groups** of the **active site** into **positions** that **enhance** their **ability** to **catalyze the reaction.**

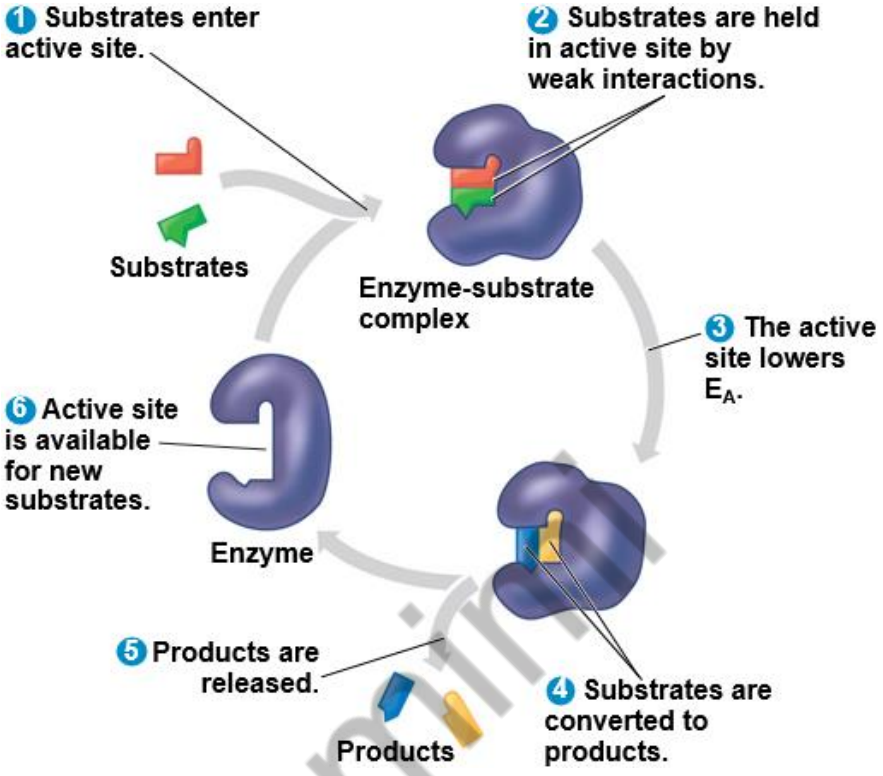


يعد **التفاعل** الذي **يجريه الإنزيم** تفاعل ذو **دقة عالية**. اذ يحتوي **الإنزيم** على **منطقة نشطة (فعّالة)** ترتبط بها **المواد المتفاعلة**. هنالك **نظريتين** أو **نموذجين** من نماذج **الإرتباط** بين **المادة المتفاعلة والمنطقة النشطة** الموجودة في الإنزيم:
1- **نظرية القفل والمفتاح**: تنص هذه النظرية على أن **المنطقة النشطة للإنزيم تتناسب دائما مع شكل المادة المتفاعلة** (وهي **ليست مقبولة**).
2- أما **النظرية الثانية** فهي نظرية **النموذج المناسب**: تنص هذه النطرية على أن عندما ترتبط **المادة المتفاعلة بالمنطقة النشطة** فإنها تأتي **ببعض المجموعات الكيميائية معها** وذلك **لتحسّن وتساعد المواد المتفاعلة على عملية الإرتباط** (هذه النظرية هي **الأصح والأدق**)

Mohammed Tamimi

هذا الشكل يلخص عملية التفاعل التي تحدث في الأنزيم:

1) ترتبط المواد المتفاعلة بالمواد النشطة.
2) ترتبط عن طريق روابط ضعيفة.
3) تقل طاقة التنشيط لبدء التفاعل.
4) تتحول المتفاعلات إلى نواتج.
5) تخرج النواتج.
6) تعود المنطقة النشطة متاحة.



Weak interactions are divided into **two** types: **hydrogen bonds** or **Ionic bonds**.

تنقسم الروابط **الضعيفة** إلى نوعين: **روابط هيدروجينية / روابط أيونية**.

The active site can lower an E_A barrier by:

1) Orienting substrates correctly.
2) Straining substrate bonds.
3) Providing a favorable microenvironment.
4) Covalently bonding to the substrate.

تستطيع **المنطقة النشطة التقليل** من **طاقة التنشيط** عن طريق:

1- تربط المتفاعلات بالإتجاه الصحيح
2- الضغط على الروابط بين المتفاعلات
3- توفر بيئة مناسبة للتفاعل
4- ترتبط بروابط تساهمية مع المتفاعلات.

The **rate** of an **enzyme-catalyzed** reaction can be sped up by **increasing substrate concentration**. When all enzyme molecules have their **active sites engaged**, the enzyme is **saturated**. If the enzyme is **saturated**, the **reaction rate** can only be **sped** up by **adding** more **enzyme**.

يتم **زيادة سرعة التفاعل** عن طريق **زيادة تركيز المواد المتفاعلة**. وعندما تكون جميع **جزيئات الإنزيمات مرتبطة** بالمواد المتفاعلة (أي عندما تكون **المناطق النشطة** لجميع **الإنزيمات مرتبطة**) فإن الإنزيمات **تكون مشبعة** (في **حالة إشباع**). والطريقة الوحيدة التي نستطيع **زيادة سرعة التفاعل** عندما تكون **الإنزيمات مشبعة** هي زيادة **عدد جزيئات الإنزيمات**. المختصر أنه هنالك **طريقتان لزيادة سرعة التفاعل**: 1- **زيادة تركيز المواد المتفاعلة** / 2- **مضاعفة عدد جزيئات الإنزيمات اذا كانت في حالة الإشباع.**

We use the **prefix** (**ase**) at the **end** of the word to **indicate** that it is an **enzyme**. Example:
Sucrase / Amylase / Urease.

Effects of Local Conditions on Enzyme Activity:

An enzyme's activity can be affected by:

1) General environmental factors, such as **temperature** and **pH.**
2) Chemicals that specifically **influence** the **enzyme.**

هنالك **عدة عوامل** تؤثر على **نشاط الإنزيمات**:

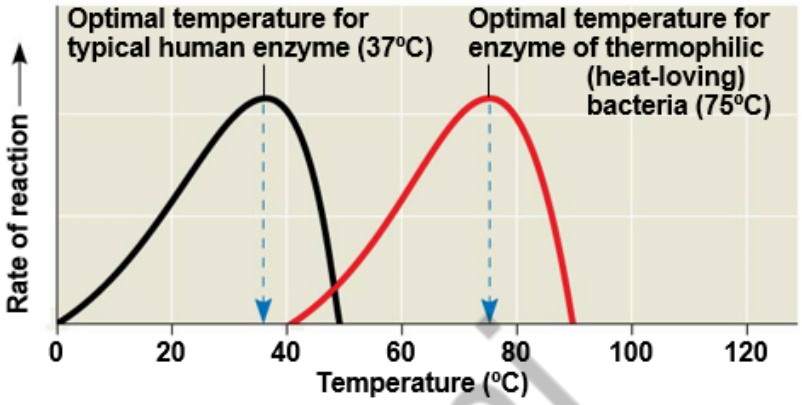
1- **عوامل بيئية** مثل: **الحرارة / درجة الحموضة.**
2- بعض المواد **الكيميائية** التي تؤثر **بشكل خاص** على عمل **الإنزيمات**.

Meran Tamimi

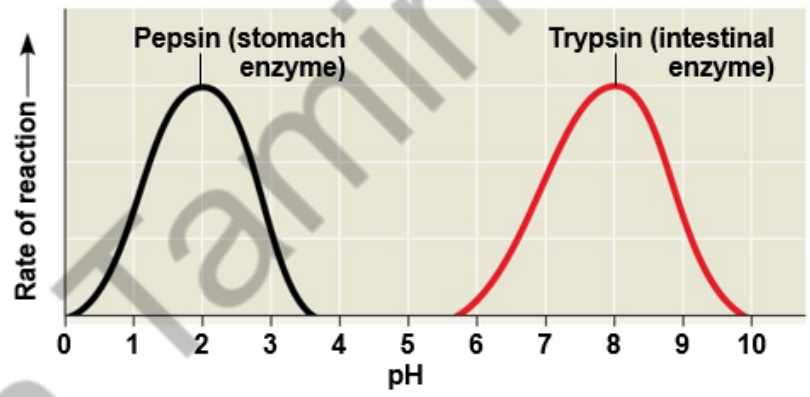
Effects of Temperature and pH:

Each enzyme has an **optimal temperature** in which it can **function.** Each enzyme has an **optimal pH** in which it can **function. Optimal** conditions **favor** the **most active shape** for the **enzyme molecule.**

تأثير **درجة الحرارة ودرجة الحموضة** على **نشاط الإنزيم**: يوجد لكل **إنزيم درجة حرارة مثالية** بحيث **يؤدي وظائفه بالشكل الصحيح**. كذلك يوجد **للإنزيم درجة حموضة مثالية بحيث يؤدي وظائفه بالشكل الصحيح**. وعندما تتوفر **الظروف المثالية** للإنزيم يصبح في **أفضل حالاته** (أكثر **نشاطا**).



(a) Optimal temperature for two enzymes



(b) Optimal pH for two enzymes

Look at this figure that shows us the **Effect** of **Temp** and **pH** on the enzymatic activity. The optimal Temp for **human** enzyme is (**37ºC**) on the other hand the optimal Temp for the **thermophilic** (loves heat) **bacteria** is (**75ºC**). **Pepsin** enzyme which is located in the **stomach** has an optimal activity at **pH=2** (acidic) But **trypsin** enzyme which is located in the **intestine** has an optimal activity at **pH=8** (basic).

Enzyme helpers:

1) Cofactors are **nonprotein** enzyme helpers**. Cofactors** may be **inorganic** (such as a **metal** in **ionic** form) or

2) Organic an **organic cofactor** is called a **coenzyme.**

مساعدات الإنزيمات: هنالك **نوعين** من مساعدات الإنزيمات: 1- **مساعدات غير بروتينية (كوفاكتورز)** / 2- **مساعدات بروتينية (كوإنزيمز)**.
المساعدات **الغير بروتينية**: من الممكن أن تكون مواد **غير عضوية** مثل: (**المعادن**). أما **المساعدات البروتينية**: هي مساعدات **عضوية** تتضمن **الفيتامينات وغيرها** من **المساعدات**.

Enzyme Inhibitors: (مثبطات الإنزيمات)

There are **two types** of **inhibitors**: **Reversible** or **Irreversible**.

1) Competitive inhibitors bind to the **active site** of an enzyme, **competing** with the **substrate**.

2) Noncompetitive inhibitors bind to **another part** of an **enzyme**, causing the enzyme to **change shape** and making the **active site less effective**. Some examples of inhibitors are **toxins**, **poisons**, **pesticides**, and **antibiotics.**

Note (1): Competitive and **non-competitive inhibitors** are considered as **reversible inhibitors.**

Note (2): Sometimes the **inhibitor attaches** to the **enzyme** by **covalent bonds**, in which case the **inhibition** is usually **irreversible**.

هنالك **نوعان من المثبطات**: مثبطات **قابلة للإزالة** (غير دائمة) **ومثبطات غير قابلة للإزالة** (دائمة).
وتقسم **المثبطات القابلة للإزالة** إلى **نوعين**:
1- **مثبطات تنافسية:** أي أن الجزيئات **المثبطة تتنافس** مع الجزيئات **المتفاعلة** على **الإرتباط بالمنطقة النشطة للإنزيم** وبالتالي إذا **ارتبط المثبط** بالمنطقة النشطة فإنه يمنع من **إرتباط المادة المتفاعلة** (كما نرى في الشكل (**B**)).
2- **مثبطات غير تنافسية:** هنالك جزيئات **مثبطة لا تتنافس** مع الجزيئات **المتفاعلة** أي أنها **لا ترتبط** بالمنطقة **النشطة** بل ترتبط في **منطقة أخرى** على الإنزيم بحيث تجعل **شكل** المنطقة النشطة **مختلفا** (**تقلل من نشاطها**) وبالتالي **لا تستطيع** الجزيئات **المتفاعلة** أن **ترتبط** بالمنطقة النشطة (كما نرى في الشكل (**C**)). ومن **الأمثلة** على المثبطات: **السموم / الأجسام المضادة**.

Momen Tamimi

We can **fix** the **effect** of the **competitive inhibitors** on the **enzyme** by **increasing** the **concentration** of the **substrate**.

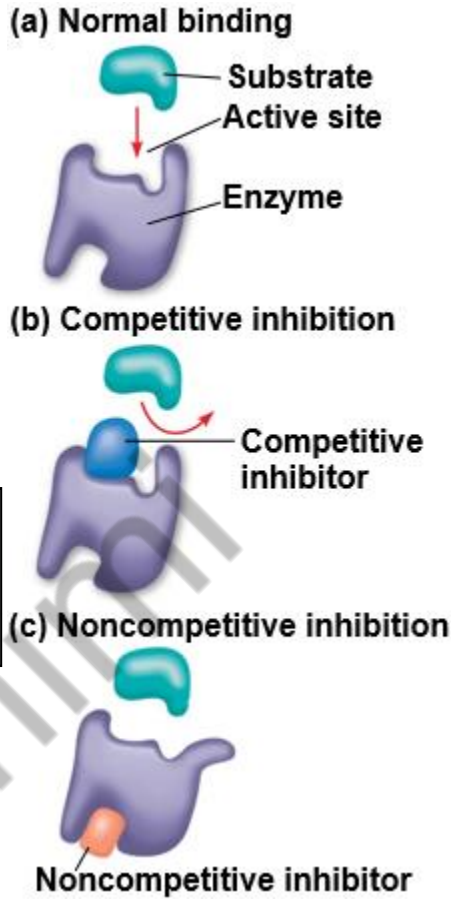
نستطيع حل مشكلة المثبطات التنافسية عن طريق زيادة تركيز المواد المتفاعلة

Concept 6.5: Regulation of enzyme activity helps control metabolism

Allosteric Regulation of Enzymes:

Allosteric regulation may either inhibit or stimulate an enzyme's activity**.** Allosteric regulation occurs when a regulatory molecule binds to a protein at one site and affects the protein's function at another site.

تنظيم نشاط الإنزيمات يساعد على التحكم في عمليات الأيض.عملية **تنظيم النشاط الإنزيمي**: عملية تنظيم نشاط الإنزيم تكون **بطريقتين** إما **بتثبيط الإنزيم** أو **بتحفيزه**. وتتم هذه العملية عن طريق **إرتباط جزيء منظّم بالبروتين** من **جهة واحدة** وبالتالي اذا ارتبط هذا الجزيء المنظم من **جهة واحدة** فسوف يؤثر على **وظيفة البروتين من جميع الجهات**.



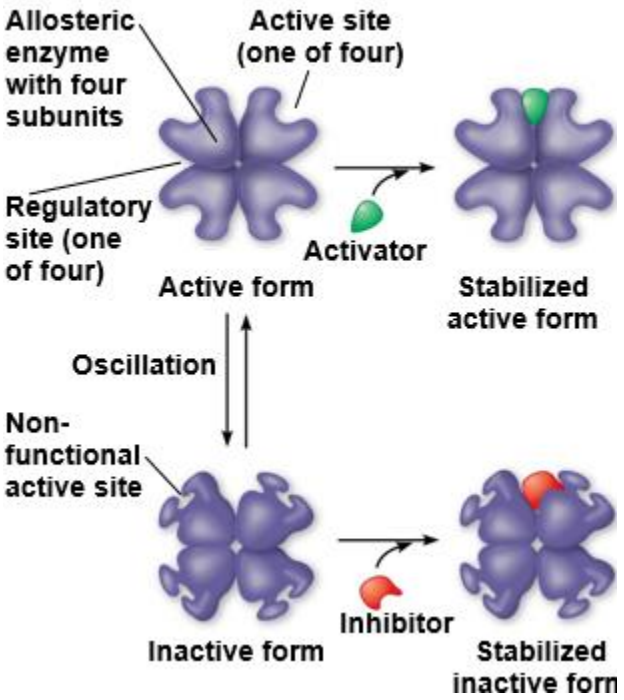
Allosteric Activation and Inhibition:

Most **allosterically** regulated enzymes are made from **polypeptide subunits**, each with its own **active site.** The **enzyme complex** has **active** and **inactive** forms**.** The binding of an **activator stabilizes** the **active form** of the enzyme**.** The binding of an **inhibitor stabilizes** the **inactive form** of the **enzyme.**

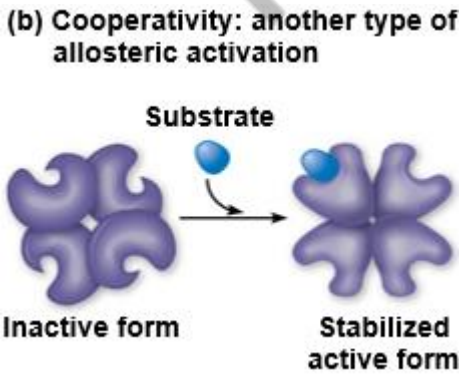
يتكون **الإنزيم المنظم** من **وحدات** من **عديد الببتيد** (عددهم 4 كما في الشكل) تحتوي كل واحدة على **منطقة ارتباط خاصة بها**. هنالك حالتان ممكن ان يتواجد بها الإنزيم:

1) إما ان يكون الإنزيم في حالة نشطة و يرتبط به جزيء يدعى (بالمنشط) ليدعمه و يزيد من نشاطه.

2) أما ان يكون الإنزيم في حالة غير نشطة و يرتبط به جزيء يدعى (بالمثبط) وبالتالي يزيد من تثبيطه.



Cooperativity is a form of **allosteric regulation** that can amplify **enzyme activity. Cooperativity** is **allosteric** because **binding** by a **substrate** to one **active site affects** catalysis in a **different active site**.

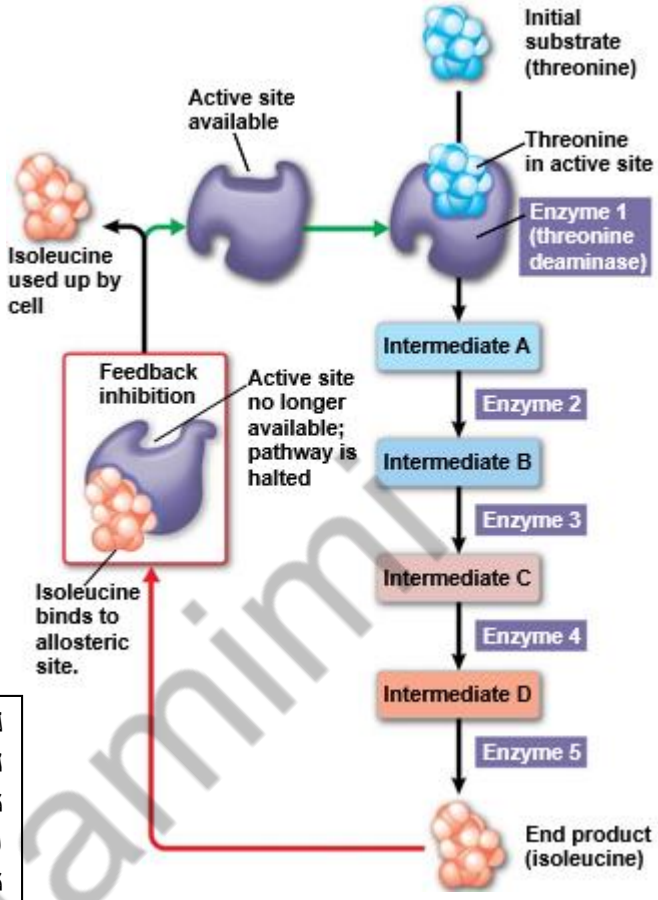


مرحلة التعاون: هي أحد مراحل **تنظيم نشاط الإنزيمات** حيث أنه عندما **ترتبط مادة متفاعلة** بأحد **المناطق النشطة** لعديد الببتيد (الذي يتكون من **4 وحدات** كما في الشكل) فإنه يتم تحول الإنزيم من **الحالة الغير نشطة** إلى **الحالة النشطة** و**لجميع الوحدات الأربعة**.

Momen Tamimi

Feedback Inhibition: Control of metabolism.
In **feedback inhibition**, the **end product** of a **metabolic** pathway **shuts down** the **pathway**. Feedback inhibition **prevents** a cell from **wasting chemical resources** by synthesizing **more product** than is **needed**.

عملية التثبيط للإنزيم هي وسيلة للتحكم في عمليات الأيض. تتم عملية التثبيط عن طريق **الناتج النهائي لعمليات الأيض** حيث أنه يعمل **كمثبط غير تنافسي** للإنزيم فيرتبط بمكان على الإنزيم **(مكان غير المنطقة النشطة)** ويحدث **تغيير** في **شكل المنطقة النشطة** ويقلل من **نشاطها** كما تحدثنا سابقا. وتعد هذه العملية (عملية التثبيط والتحكم بعمليات الأيض) من **أهم العمليات** التي تحدث داخل **جسم الكائن الحي** إذ **تمنع الخلية** من **إهدار** (**إسراف**) **المصادر الكيميائية المهمة** وتمنعها من **تصنيع نواتج زائدة** عن **حاجة الجسم**.



The final product works as inhibitor to inhibit the enzyme.

للتوضيح **بشكل أفضل**: **المركب النهائي الناتج** من هذا التفاعل يعمل **كمثبط للتفاعل عندما يزداد تركيزه بشكل كبير** وذلك **لعدم إنتاج عدد زائد (فائض) لا تستفيد منه الخلية**. واذا **احتاجت** الخلية لهذا المركب النهائي فإنه **يخرج من المنطقة المتواجد فيها على الإنزيم فيرجع الإنزيم إلى الحالة النشطة** ويتم **تصنيعه من جديد**.

Test Questions (Practice exam)
Test Yourself

Q1) If an enzyme in solution is saturated with substrate the most effective way to obtain a faster yield of product is to:
A) Add more of the enzyme.
B) Rise the temperature to $50C^0$.
C) Add a competitive inhibitor
D) Add more of the substrate.
E) None of the above.

Q2) Allosteric inhibitors act as:
A) Coenzyme.
B) Cofactors.
C) Competitive inhibitors.
D) Non-competitive inhibitors.
E) Either competitive or non-competitive inhibitors.

Q3) Some bacteria are metabolically active in hot springs because:
A) They are able to maintain a lower internal temperature.
B) High temperature make catalysis unnecessary.
C) Their enzymes have high optimal temperatures.
D) Their enzymes are completely insensitive to temperature.
E) None of the above.

Momen Hamimi

Q4) Induced fit results from binding of ……. To an enzyme:
A) Specific substrate.
B) Vitamins.
C) Competitive inhibitor.
D) A + B.
E) A + C.
Q5) Allosteric enzymes:
A) Enzymes that are easily denaturated**.**
B) Enzymes that are unable to be denaturated**.**
C) Enzymes that can be only activated**.**
D) Enzymes that can change its shape between active and inactive form**.**
E) None of the above**.**
Q6) The enzyme can speed chemical reaction by:
A) Speeding the movement of molecules.
B) Lowering the activation energy.
C) Increasing the number of substrate molecules.
D) All of the above.
Q7) In spontaneous change:
A) The free energy of system decreases.
B) The system becomes more stable.
C) The released free energy can be harnessed to do work.
D) Always move from equilibrium.
E) All of the above are correct except D.
Q8) The minimum amount of energy needed for a reaction to occur in known as:
A) Entropy.
B) Endothermic energy.
C) Free energy.
D) Exothermic energy.
E) Activation energy.
Q9) A negative ΔG for a chemical process indicates:
A) The reaction is exergonic.
B) The product of the chemical process store less energy than reactant.
C) The reaction can happen spontaneously.
D) The reaction can proceed without an input of energy.
E) All of the above is correct.
Q10) The active site of an enzyme is the region that:
A) Binds to non-competitive inhibitor.
B) Binds to allosteric inhibitor.
C) Binds to allosteric activator.
D) Binds to heme group.
E) Binds to substrate.
Q11) Coenzymes are usually:
A) Inorganic cofactors.
B) Organic factors.
C) Vitamins.
D) Allosteric regulation.
E) B + C.

Momen Tamimi

Q12) During a laboratory experiment you discover that an enzyme-catalyzed reaction has a ΔG of – 40 Kcal/mol. If you double the amount of enzyme in the reaction, What will be the ΔG for the new reaction?

A) -40 Kcal/mol.
B) -20 Kcal/mol.
C) -80 Kcal/mol.
D) +40 Kcal/mol.
E) +20 Kcal/mol.

Q13) Enzyme activity could be affected by:

A) A non-competitive inhibitor.
B) A competitive inhibitor.
C) Allosteric activation.
D) Certain chemicals.
E) All of the above.

Q14) A chemical reaction that has a positive ΔG is correctly described as:

A) Endergonic reaction.
B) Exergonic reaction.
C) Spontaneous reaction**.**
D) Endothermic reaction.
E) A + D.

1- A	2- D	3- C	4- A	5- D	6- B	7- E	8- E	9- E	10- E
11- E	12- A	13- E	14- A						

Momen Tamimi

6 Chapter Review

Go to **MasteringBiology**™ for Videos, Animations, Vocab Self-Quiz, Practice Tests, and more in the Study Area.

SUMMARY OF KEY CONCEPTS

CONCEPT 6.1

VOCAB SELF-QUIZ goo.gl/Rn5Uax

An organism's metabolism transforms matter and energy, subject to the laws of thermodynamics *(pp. 142–145)*

- **Metabolism** is the collection of chemical reactions that occur in an organism. Enzymes catalyze reactions in intersecting **metabolic pathways**, which may be **catabolic** (breaking down molecules, releasing energy) or **anabolic** (building molecules, consuming energy). **Bioenergetics** is the study of the flow of energy through living organisms.
- **Energy** is the capacity to cause change; some forms of energy do work by moving matter. **Kinetic energy** is associated with motion and includes **thermal energy** associated with random motion of atoms or molecules. **Heat** is thermal energy in transfer from one object to another. **Potential energy** is related to the location or structure of matter and includes **chemical energy** possessed by a molecule due to its structure.
- **The first law of thermodynamics**, conservation of energy, states that energy cannot be created or destroyed, only transferred or transformed. The **second law of thermodynamics** states that **spontaneous processes**, those requiring no outside input of energy, increase the **entropy** (molecular disorder) of the universe.

? *Explain how the highly ordered structure of a cell does not conflict with the second law of thermodynamics.*

CONCEPT 6.2

The free-energy change of a reaction tells us whether or not the reaction occurs spontaneously *(pp. 145–148)*

- A living system's **free energy** is energy that can do work under cellular conditions. The change in free energy (ΔG) during a biological process is related directly to enthalpy change (ΔH) and to the change in entropy (ΔS): $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Organisms live at the expense of free energy. A spontaneous process occurs with no energy input; during such a process, free energy decreases and the stability of a system increases. At maximum stability, the system is at equilibrium and can do no work.
- In an **exergonic** (spontaneous) chemical reaction, the products have less free energy than the reactants ($-\Delta G$). **Endergonic** (nonspontaneous) reactions require an input of energy ($+\Delta G$). The addition of starting materials and the removal of end products prevent metabolism from reaching equilibrium.

? *Explain the meaning of each component in the equation for the change in free energy of a spontaneous chemical reaction. Why are spontaneous reactions important in the metabolism of a cell?*

CONCEPT 6.3

ATP powers cellular work by coupling exergonic reactions to endergonic reactions *(pp. 148–151)*

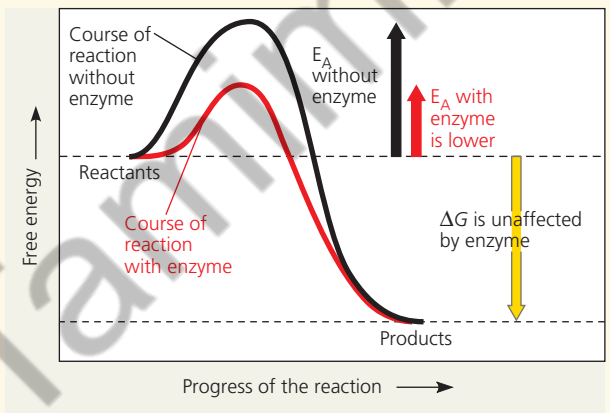
- **ATP** is the cell's energy shuttle. Hydrolysis of its terminal phosphate yields ADP and $\textcircled{P}_i$ and releases free energy.
- Through **energy coupling**, the exergonic process of ATP hydrolysis drives endergonic reactions by transfer of a phosphate group to specific reactants, forming a **phosphorylated intermediate** that is more reactive. ATP hydrolysis (sometimes with protein phosphorylation) also causes changes in the shape and binding affinities of transport and motor proteins.
- Catabolic pathways drive regeneration of ATP from ADP + $\textcircled{P}_i$.

? *Describe the ATP cycle: How is ATP used and regenerated in a cell?*

CONCEPT 6.4

Enzymes speed up metabolic reactions by lowering energy barriers *(pp. 151–157)*

- In a chemical reaction, the energy necessary to break the bonds of the reactants is the **activation energy**, E_A.
- **Enzymes** lower the E_A barrier:



- Each enzyme has a unique **active site** that binds one or more **substrate(s)**, the reactants on which it acts. It then changes shape, binding the substrate(s) more tightly (**induced fit**).
- The active site can lower an E_A barrier by orienting substrates correctly, straining their bonds, providing a favorable microenvironment, or even covalently bonding with the substrate.
- Each enzyme has an optimal temperature and pH. Inhibitors reduce enzyme function. A **competitive inhibitor** binds to the active site, whereas a **noncompetitive inhibitor** binds to a different site on the enzyme.
- Natural selection, acting on organisms with variant enzymes, is responsible for the diversity of enzymes found in organisms.

? *How do both activation energy barriers and enzymes help maintain the structural and metabolic order of life?*

CONCEPT 6.5

Regulation of enzyme activity helps control metabolism *(pp. 157–159)*

- Many enzymes are subject to **allosteric regulation**: Regulatory molecules, either activators or inhibitors, bind to specific regulatory sites, affecting the shape and function of the enzyme. In **cooperativity**, binding of one substrate molecule can stimulate binding or activity at other active sites. In **feedback inhibition**, the end product of a metabolic pathway allosterically inhibits the enzyme for a previous step in the pathway.
- Some enzymes are grouped into complexes, some are incorporated into membranes, and some are contained inside organelles, increasing the efficiency of metabolic processes.

? *What roles do allosteric regulation and feedback inhibition play in the metabolism of a cell?*

Nguyen Tanmi

CHAPTER 7

Cell structure and function

Prokaryotes	بدائية النواة	**Fungi**	الاعفان	**Envelope**	غلاف
Eukaryotes	حقيقة النواة	**Nucleus**	نواة	**Rough**	خشن
LM	مجهر ضوئي	**Nucleolus**	نوية	**Smooth**	ناعم
SM	مجهر إلكتروني	**Nuclear pore**	ثقب نووي	**Cisternae**	إنتفاخ
Protist	وحيدة الخلية	**Nuclear lamina**	الصفيحة النووية	**Lysosomes**	الأجسام المحللة

Cell: the unit of **structure** and **function** in living organism. All **organisms** are made of **cells**. The cell is the **simplest** collection of matter that can be alive. Cells can **differ** substantially **from one another** but share **common** features.

Unicellular ⟶ **ameba**

Multicellular ⟶ **human**

تعد **الخلية الوحدة البنائية والوظيفية** للكائنات الحية وذلك لأن جميع الكائنات الحية تتكون في الأصل من **خلايا**. وتعد الخلية **أبسط مكوّن** في جسم الكائن الحي. **تختلف** الخلايا بين بعضها البعض ولكن **تشترك** فيما بينها **بخصائص متشابهة**.

Concept 7.1: Biologists use microscopes and the tools of biochemistry to study cells.

Cells are usually **too small** to be seen by the naked eye. **Microscopes** are used to **visualize cells**. In a **light microscope** (LM), **visible light** is passed through a **specimen** and then through **glass lenses**. Lenses **refract** (bend) the **light** so that the **image is magnified.**

الخلية **صغيرة جدا** ولا ترى بالعين المجردة ولذلك استخدم العلماء **المايكروسكوب** (**المجهر**) لدراسة الخلية. هنالك العديد من أنواع **المايكروسكوبات** المستخدمة لدراسة الخلية ومنها **المجهر الضوئي**. طريقة العمل: نحتاج **مصدر للضوء** لكي يمر عبر **العينة المأخوذة** ثم يمر الضوء عبر **عدسة المجهر** ويعدها **تعكس العدسة الضوء** المار الى **العدسة العلوية** التي نرى بها **وتكبرها** فنراها بوضوح.

Three important parameters of microscopy:

Magnification: the **ratio** of an object's **image size** to its **real size**.

Resolution: the measure of the **clarity** of the image, or the **minimum distance** of two **distinguishable** points.

Contrast: visible differences in **brightness** between parts of the sample.

هنالك ثلاثة عوامل مهمة تتحكم للمجهر:

1- **التكبير**: نسبة حجم الصورة للعينة إلى الحجم الحقيقي.

2- **الدقة** أو **الوضوح**: مقياس وضوح الصورة بحيث يكون الحد الأدنى للمسافة بين نقطتين يمكن تمييزهما.

3- **وجود الألوان والإضاءة**: الإضاءة الجيدة بحيث يمكن تمييز الأجزاء داخل العينة.

Light microscopes can **magnify** effectively to about **1,000 times** the size of the actual specimen. The **resolution** of **standard** light microscopy is **too low** to study **organelles.**

يستطيع المجهر الضوئي تكبير حجم العينة 1000 مرة عن حجمها الأصلي ولكن دقة ووضوح الصورة في المجهر الإلكتروني ليست جيدة لذلك لا نستطيع دراسة التراكيب الدقيقة داخل الخلية (العضيات الخلوية).

Types of light microscope:

1) Brightfield (**unstained** specimen): Light passes directly through the specimen. Unless the cell is **naturally pigmented** or artificially stained, the image **has little contrast.**

1- مجهر الحقل المضيء: أحد أنواع المجاهر الضوئية يستخدم لرؤية ما داخل العينة (بشرط أن العينة تكون **غير مصبوغة**) ولا يوجد ألوان.

2) Brightfield (stained specimen**)**: **Staining** with various dyes **enhances contrast**

2- مجهر الحقل المضيء: نفس رقم 1 لكن نصبغ العينة بصبغات مختلفة فنراها ملونة

Momen Tamimi

3) Phase-contrast: Variations in density within the specimen are **amplified** to **enhance contrast** in **unstained cells** useful for examining living, **unpigmented** cells.

3- يستخدم هذا المجهر للعينات **الغير مصبوغة** (غير ملونة) ويعمل على **تحسين إضاءة العينية ووضوحها**.

4) Fluorescence: The locations of specific molecules in the cell can be revealed by **labeling** the molecules with **fluorescent dyes** or **antibodies** Fluorescent substances absorb **ultraviolet radiation** and **emit visible light**.

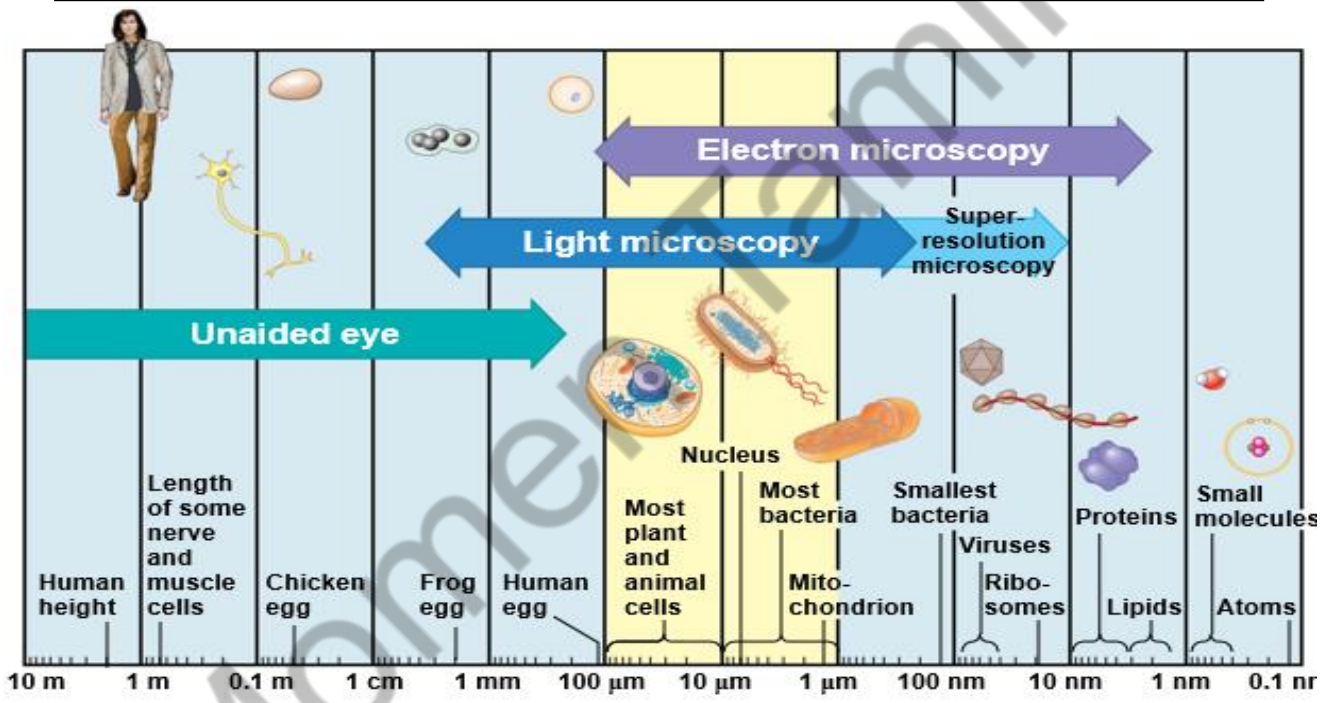
4- المجهر المشع: في هذا المجهر يتم وضع **علامات معينة** (تحتوي على **صبغات مشعّة**) على **العينات** أو يمكن استخدام أحد أنواع **المضادات الحيوية المشعّة** وبالتالي يمكن **تتبعها** عندما **تتمتص** هذه العينات **أشعة فوق البنفسجية وتعكسها** فنرى **العينة**.

5) Confocal: Capturing **sharp images** at many different planes.

5- **مجهر الكونفوكال**: هذا المجهر يعطي **صورة واضحة** للعينة

6) Super-resolution: the **best** light microscope.

6- **مجهر فائق الدقة**: هذا المجهر يعطي **صورة واضحة ودقيقة** للعينة ويعد أفضل نوع من أنواع المجاهر الضوئية.



Labeling individual cells with fluorescent markers improve the **level of detail** that can be seen. **Confocal** microscopy and **deconvolution** microscopy provide **sharper images** of **three-dimensional tissues** and **cells. Super-resolution** microscopy allows one to **distinguish structures** as small as **10–20 nm** across.

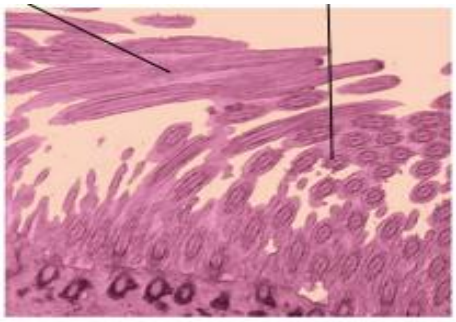
وضع **العلامات المشعة** على العينات واستخدامها في **المجاهر** يعطي **نتائج أفضل** (نرى تفاصيل العينة بوضوح أكثر). مجهر **الكونفوكال** بجميع أنواعه يعمل على **تحسين دقة الصورة وتوضيحها** للعينات ثلاثية الأبعاد. يمكن **للمجهر فائق الدقة** أن يميز بين التراكيب داخل العينة **بمقدار 10-20 نانوميتر** (يرى **التراكيب الصغيرة** جدا في العينة).

Two basic types of **electron microscopes (EMs)** are used to study subcellular structures:
1- Scanning electron microscopes (SEMs) focus a **beam of electrons** onto the **surface** of a specimen, **providing** images that look **3-D**.
2-Transmission electron microscopes (TEMs) focus a **beam of electrons** through a specimen. TEMs are used **mainly** to study the **internal structure** of cells.

Momen Tamimi

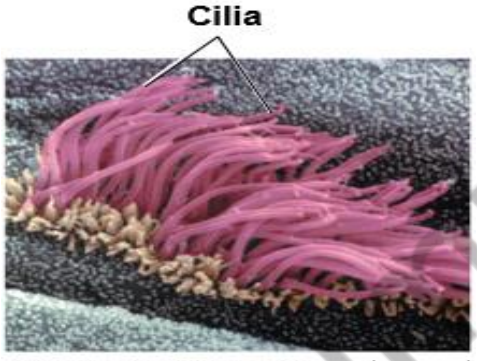
هنالك **نوعان** من **المجهرالإلكتروني**: آلية العمل (**نسلّط موجة من الإلكترونات على العينة**)
1- **المجهر الإلكتروني المسحي** (**الماسح**): تكون الموجة المسلّطة من الإلكترونات على **سطح العينة** وبالتالي تظهر الصورة **ثلاثية الأبعاد**. (**نرى السطح** ولا **نرى التراكيب الداخلية**). 2- **المجهر الإلكتروني المخترق**: **تخترق** موجة الأكترونات العينة و**تمر بداخلها** وبالتالي نرى **التراكيب الداخلية** للعينة (**ولا نرى السطح**).

Light microscope ⟶ 1000**X** (التكبير **1000** مرة)
Electron microscope ⟶ 1000000**X** (التكبير **1000000** مرة)



Transmission electron microscopy (TEM)

2 µm

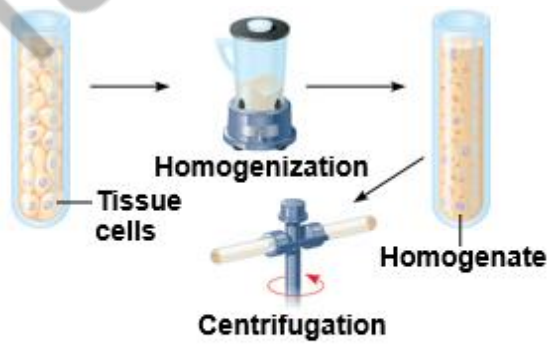


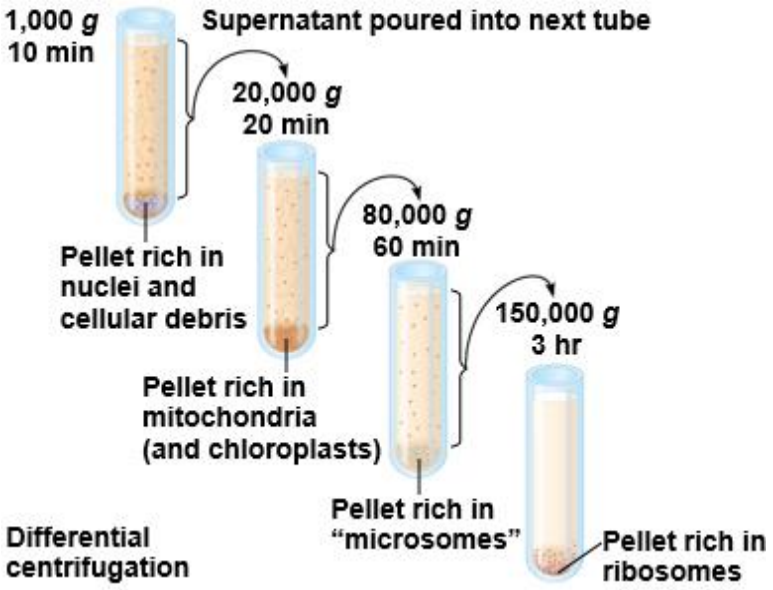
Scanning electron microscopy (SEM)

2 µm

Cell fractionation:
Cell fractionation takes **cells** apart and **separates** the **major organelles** from one another**.** **Centrifuges fractionate** cells into their **component** parts**.** Cell fractionation **enables** scientists to **determine** the **functions of organelles.**

Mechanism of action: We put a group of cells in a tube then we put the tube in a device looks like a blender. The blender makes homogenous mixture of the sample in the tube. We put the homogenous mixture in centrifugation system then it starts to rotate for a period of time, (Large structures will precipitate first). After 10 min nuclei and cellular debris precipitate then after 20 min mitochondria and chloroplast then after 60 min (1hour) microsomes and finally after 3 hours ribosomes will precipitate (smallest one)





عملية **التجزئة للخلية** (**فصل** مكونات الخلية): نضع **مجموعة** من **الخلايا** المراد فصل مكوناتها **داخل أنبوب زجاجي اسطواني** الشكل ثم **نضعها داخل جهاز** (يشبه **الخلاط**) يجعل العينة **خليط متجانس** من **التراكيب** ثم نصع هذا الخليط داخل **جهاز الطرد المركزي** لكي **يفصل** التراكيب عن بعضها البعض. **آلية عمل** جهاز الطرد المركزي: (توضع العينة داخل الجهاز ويبدأ الجهاز **بالدوران** عدد من **الدورات محددة** بوقت **معين** وبالتالي **تترسب التراكيب الكبيرة أولا ثم الأصغر** وهكذا). كما نرى في الشكل عندما يبدأ جهاز الطرد المركزي بالدوران لمدة **10 دقائق تترسب الأنوية** لأنها **كبيرة الحجم** ثم عندما يكمل الجهاز الدوران لمدة **20 دقيقة** تترسب **الميتوكندريا** و**الكلوروبلاست** وعندما يكمل الدوران الى أن يصل **60 دقيقة** (ساعة واحدة) تترسب **المايكروسومات** ثم بعد **3 ساعات** تترسب **الرايبوسومات** وتعد **أصغر التراكيب المتواجدة في الخلية** وبالتالي نبدأ من **الأكبر** و الى **الأصغر** ننتهي.

Women Tamim

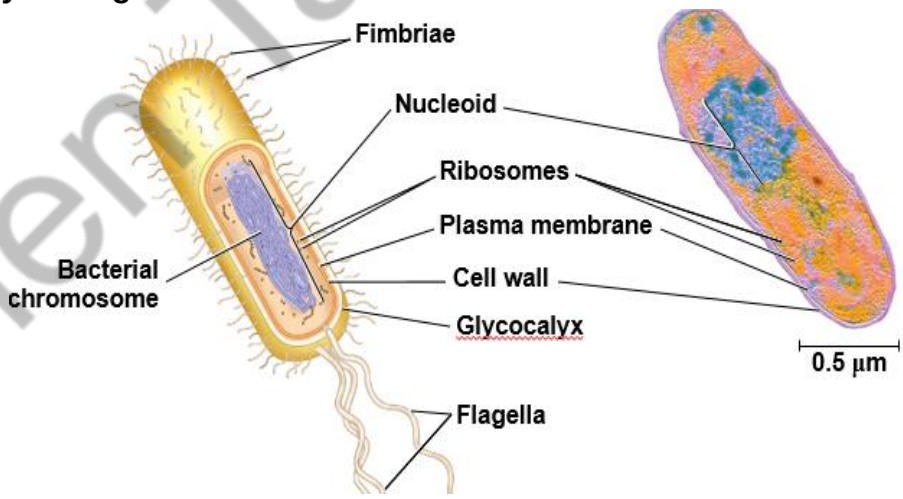
Concept 7.2: Eukaryotic cells have internal membranes that compartmentalize their functions

As we said before cells are the unit of structure and function in living organism.
We have two types of cells:
1) Prokaryotic (**بدائية** النواة)
2) Eukaryotic (Eu = real) (**حقيقية** النواة)
Ex of **prokaryotes**: **Bacteria** and **Archaea.** (أمثلة على كائنات بدائية النواة: **البكتيريا** و**العتيقة**)
Eukaryotes: Protists, fungi, animals, and Plants (**وحيدة الخلية/الأعفان/الحيوانات/النباتات**)

Comparing Prokaryotic and Eukaryotic Cells:
Basic features of all cells:
1) Plasma membrane.
2) Semifluid substance called cytosol.
3) Chromosomes (carry genes).
4) Ribosomes (make proteins).

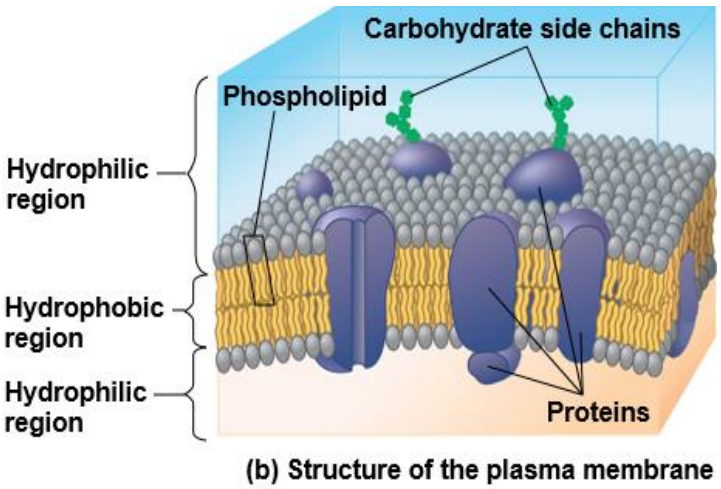
بعض **الخصائص الأساسية المشتركة** بين الخلايا سواء حقيقية النواة أو بدائية النواة:
1) **الغشاء البلازمي**
2) السايتوسول: السائل البلازمي
3) **الكروموسومات** تحمل الجينات
4) **الرايبوسومات** مصنع البروتينات

Prokaryotic cells are characterized by having:
1) No nucleus
2) DNA in an **unbound region** called the **nucleoid**
3) No **membrane-bound organelles**
4) Cytoplasm bound by the **plasma membrane.**



تتميز الخلايا **بدائية النواة**:
عدم إحتوائها على **نواة / الحمض النووي** لها يوجد في **منطقة غير محاطة بأي غلاف نووي** (**لا يوجد** غلاف نووي يحيط بالحمض النووي) / **لا يوجد بها عضيات محاطة بأغلفة خلوية / السايتوبلازم مرتبط بالغشاء البلازمي**.

Eukaryotic cells are characterized by having:
1) DNA in a **nucleus** that is **bounded** by a **double membrane**
2) Membrane-bound organelles
3) Cytoplasm in the region **between** the **plasma membrane** and **nucleus**.
Eukaryotic cells are generally **much larger** than **prokaryotic** cells. The **plasma membrane** is a **selective barrier** that allows **sufficient passage** of **oxygen**, **nutrients**, and **waste** to service the **volume of every cell.**



(b) Structure of the plasma membrane

MbenTamimi

تتميز الخلايا حقيقية النواة: **الحمض النووي** الموجود داخل النواة محاط **بغشائين** (غلاف نووي)/**العضيات محاطة بأغشية**/يوجد السايتوبلازم في منطقة بين **العشاء البلازمي** و**النواة**. **الخلايا حقيقية النواة أكبر من بدائية النواة**. يعد الغشاء البلازمي **حاجز إنتقائي ينظّم عملية تبادل المواد** بين الخلايا مثل **الأكسجين** و**الأغذية** ويتخلّص من **الفضلات** و**الأوساخ** فيحافظ على **حجم** كل خلية.

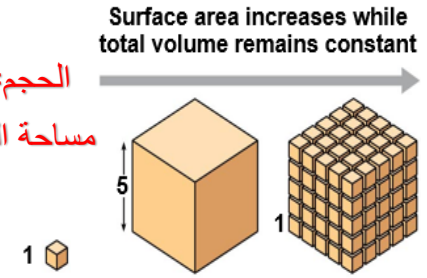
We want to talk about another feature of cells: Surface area:

In this figure we have a cube with **height = 5** then the volume of the cube will be 5x5x5=**125.** The surface area = 6x5x5=**150**

Now if we want to calculate the ratio between surface area to volume (S/V) = 150/125=**1.2** So this is the ration for the large cube with 5 height. Now let's make the same calculation for the little cube with **height = 1**. The **volume** will be=1x1x1=**1,** and the **surface area** will be =1x1x6=**6**. Then the ratio (S/V) **=**6/1**=6**. The conclusion is that when we have small amount of volume we will have high amount of ratio between S and V. Thus **cells** are **small insize** they have high surface area to **increase** the **efficient** of **exchanging materials** between them.

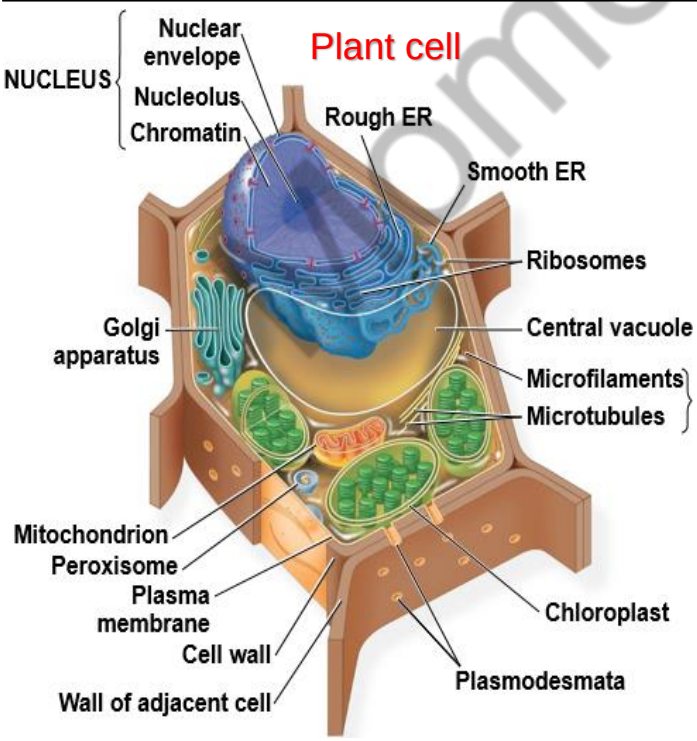
الحجم=الطول*العرض*الإرتفاع

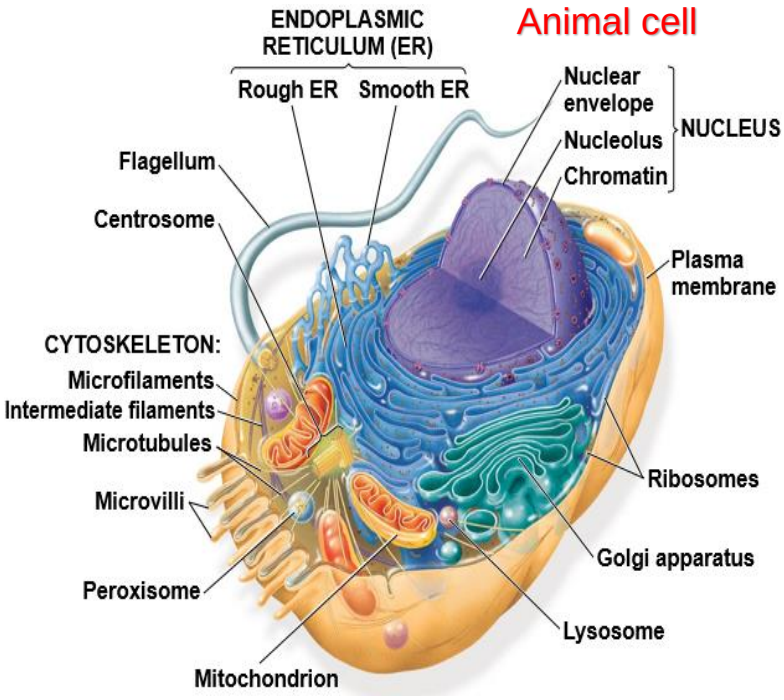
مساحة السطح=المساحة*عدد الأوجه



Total surface area [sum of the surface areas (height × width) of all box sides × number of boxes]	6	150	750
Total volume [height × width × length × number of boxes]	1	125	125
Surface-to-volume (S-to-V) ratio [surface area ÷ volume]	6	1.2	6

هنالك خاصية مهمة جدا للخلية وهي **مساحة السطح** (كلما زادت مساحة السطح للخلية زادت **كفاءة تبادل المواد** بينها): هذا الشكل يبين علاقة **الحجم بمساحة السطح للخلية** فاذا افترضنا أن الخلية **مكعب** وإرتفاع المكعب **= 5** اذا حجم المكعب = **5*5*5 = 125** ومساحة السطح = **6*5*5 = 150** (القوانين موجودة على شكل) واذا حسبنا نسبة مساحة السطح إلى حجم الخلية **(مساحة السطح/حجم الخلية = 1.2)** لكن لنفترض أن حجم المكعب **= 1** اذا مساحة السطح = **6*1*1 = 6** وبالتالي نسبة مساحة السطح إلى حجم الخلية **= 1/6 = 6** اذا قارنا بين المكعب الأول والمكعب الثاني فإننا نرى أن نسبة مساحة السطح إلى حجم المكعب **أكبر في المكعب الثاني** وبالتالي كلما **قلّ حجم الخلية زادت مساحة السطح فتزداد كفاءة تبادل** المواد لذلك الخلية **صغيرة الحجم**.





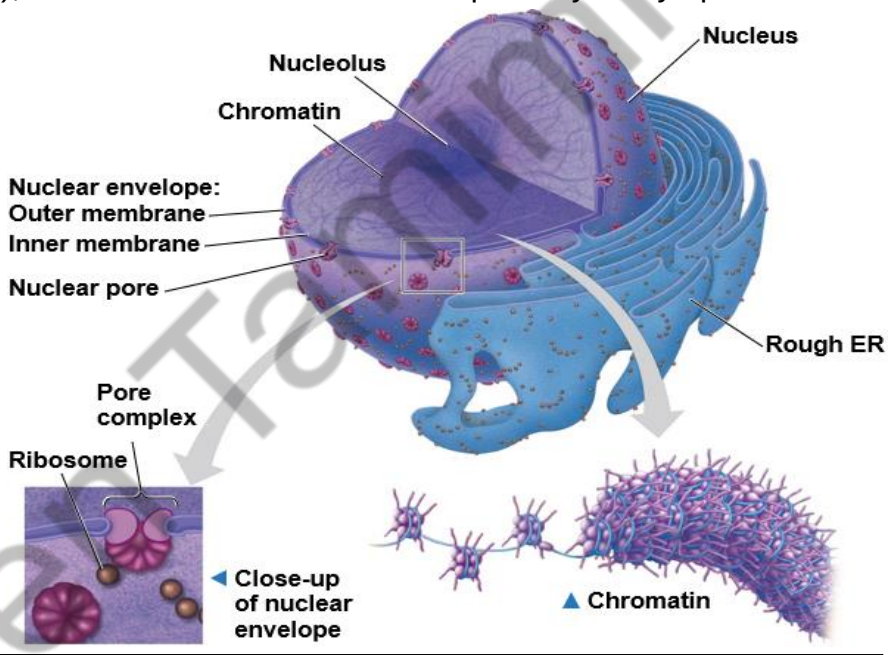
Momen Tamimi

A Panoramic View of the Eukaryotic Cell:
A **eukaryotic** cell has **internal membranes** that divide the **cell** into **compartments** the organelles**.** The basic fabric of biological membranes is a **double layer** of **phospholipids** and other **lipids. Plant** and **animal** cells have most of the **same organelles.**
EX: Chloroplasts are found only in **plant cells.**

تحتوي الخلايا **حقيقية النواة** على **أغشية داخلية** تفصل الخلية إلى أجزاء (**عضيات**) بداخلها. يعد **الغشاء البلازمي** العشاء **الأساسي** للخلية ويتكون من **طبقتين** من **الفسفوليبيد** وغيرها من **الدهون**. تحتوي الخلايا **الحيوانية والنباتية** على نفس **العضيات** تقريبا وتختلف في وجود بعض العضيات مثل **الكلوروبلاست** يوجد في **الخلايا النباتية** فقط.

Concept 7.3: The Nucleus Information Central:
The **nucleus** contains most of the **cell's genes** and is usually the most conspicuous organelle**.** The **nuclear envelope** encloses the **nucleus**, **separating** it from the **cytoplasm.** The **nuclear envelope** is a **double** membrane (**outer** and **inner**); each membrane consists of a lipid bilayer**.** Cytoplasm = **Cytosol** (dense-fluid) + **organelles**

تحتوي النواة على **الجينات** وهي التي تتحكم بالخلية وتعمل على **تنظيم عملياتها**. يحيط بالنواة **غلاف نووي** يفصلها عن السايتوبلازم (السائل البلازمي). الغلاف النووي يتكون من **غلافين** (غلاف **داخلي** وغلاف **خارجي**) ويتكون كل غلاف من طبقة من **الدهون** (مثل أغلب الأغلفة في الخلية).



Pores, lined with a structure called a **pore complex**, **regulate** the **entry** and **exit** of **molecules** from the **nucleus.** The nuclear size of the envelope is lined by the **nuclear lamina**, which is composed of **proteins** and **maintains** the **shape** of the **nucleus.**

يوجد على **الغلاف النووي** العديد من **الثقوب** تعمل على **تنظيم دخول** و**خروج الجزيئات** من النواة. يحاط الغلاف النووي **بالصفيحة النووية** وهي تتكون من **بروتينات** تعمل على **دعم النواة** و**المحافظة على شكلها**.

In the **nucleus**, **DNA** is organized into **discrete** units called **chromosomes** (**مهم جدا**)
Each **chromosome** contains **one DNA molecule** associated with **proteins**, called **chromatin.** **Chromatin** condenses to form discrete **chromosomes** as a cell prepares to divide. The **nucleolus** is located **within the nucleus** and is the site of ribosomal RNA (**rRNA**) synthesis.
Protein + **DNA** = **Chromatin** (الكروماتين عبارة عن كروموسوم لكن في طور إنقسام الخلية)

الحمض النووي داخل النواة يكون منظم على شكل **وحدات منفصلة** تسمى **الكروموسومات** (مهم كان أحد الأسئلة في الإمتحان). يحتوي كل **كروموسوم** على **جزيء حمض نووي واحد مرتبط بالبروتين** يدعى **كروماتين**. يتجمع **الكروماتين** مع بعضه البعض فيكون **الكروموسومات** عندما تجهز الخلية نفسها **للإنقسام**. تحتوي **النواة** على **النويّة** بداخلها والنويّة هي التي **تصنّع** ال **rRNA**.

Ribosomes: Protein Factories:
Ribosomes are complexes made of **ribosomal RNA** and **protein.** Ribosomes carry out **protein synthesis** in two locations: (**rRNA** + **Protein** = **Ribosomes**)
In the **cytosol** (**free ribosomes**) ⟶ local use (تستخدم داخل السايتوسول)
On the **outside** of the **endoplasmic reticulum** or the **nuclear envelope** (**bound ribosomes**).
Ribosomes consist of **two subunits**: **Large** and **small** subunits.
Bound ribosomes ⟶ **Export** ⟶ **Secretion** (تستخدم لعمليات الإفراز)

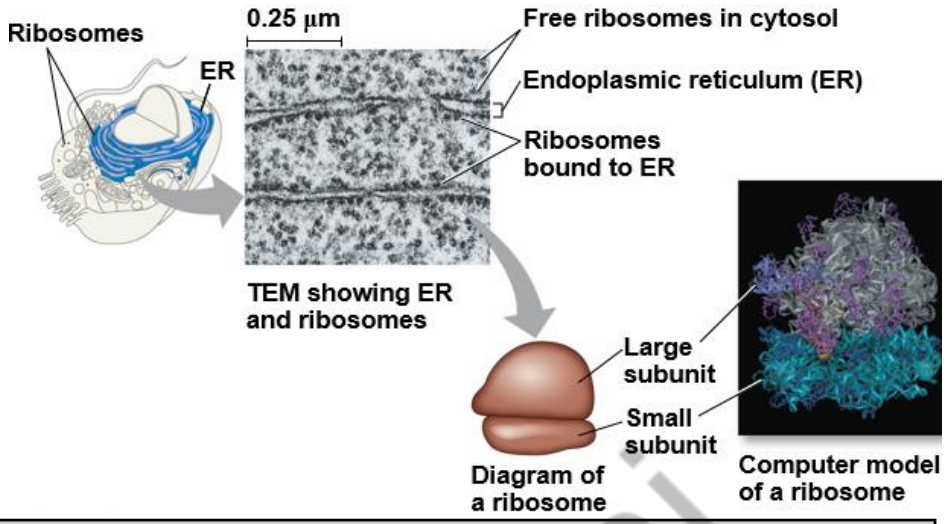
Mohamed Tamimi

الرايبوسومات **مصنع** البروتينات: تتكون الرايبوسومات من **بروتينات + rRNA** **والرايبوسومات** تصنع **البروتينات** في **منطقتين مختلفتين**:

1- **السايتوسول:**
(تكون الرايبوسومات **حرة الحركة** غير مرتبطة)

2- **خارج الشبكة الإندوبلازمية** أو **خلف الغلاف النووي:** (في هذه الحالة **تكون مرتبطة بهم** ولا تكون حرة الحركة).

تتكون الرايبوسومات من **جزيئين (وحدتين)**: **وحدة كبيرة و وحدة صغيرة**.



Concept 7.4: The endomembrane system regulates protein traffic and performs metabolic functions

The **endomembrane system** consists of :(يتكون **الجهاز الغشائي الداخلي** من)

1) **Nuclear envelope (الغلاف النووي)**
2) **Endoplasmic reticulum (الشبكة الإندوبلازمية)**
3) **Golgi apparatus (أجسام غولجي)**
4) **Lysosomes (الأجسام المحللة)**
5) **Vacuoles (الفجوات)**
6) **Plasma membrane (الغشاء البلازمي)**

The Endoplasmic Reticulum: Network of **interconnected membranes** (cisternae)**.** The endoplasmic reticulum **(ER)** accounts for **more than half** of the **total membrane** in many eukaryotic cells**.** The **ER** membrane is continuous with the **nuclear envelope**

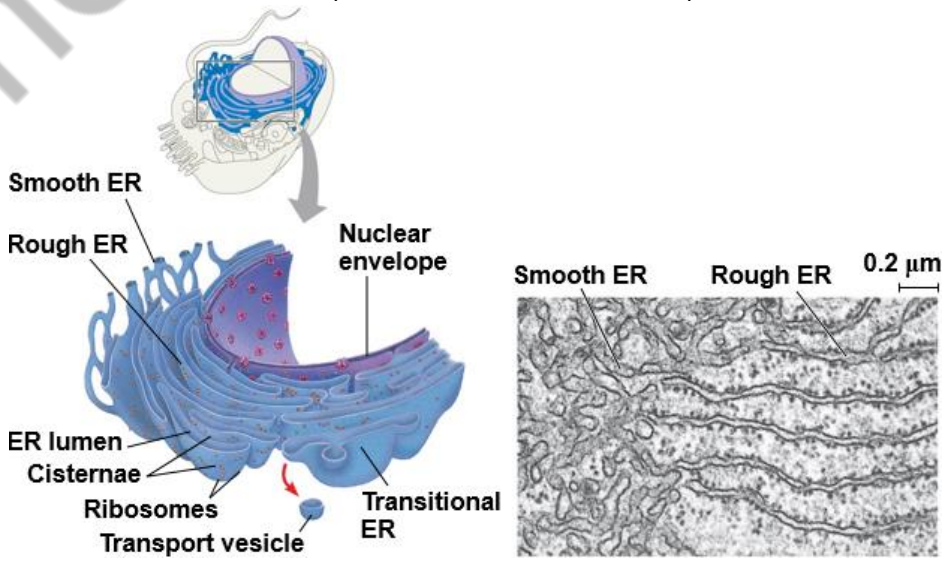
There are two distinct regions of ER:

1) **Smooth ER**, which **lacks ribosome** (الشبكة **الملساء لا تحتوي** على **رايبوسومات**)
2) **Rough ER**, whose **surface** is **studded** with **ribosomes.** (**خشنة لإحتوائها** على **رايبوسومات**)

الشبكة الإندوبلازمية: هي عبارة عن شبكة من **الأغشية المتصلة** مع بعضها البعض والشبكة الإندوبلازمية تحتوي على **أكثر من نصف مجموع** الأغشية الكلية في الخلية **حقيقية النواة**. عشاء الشبكة الإندوبلازمية **متصل** مع **الغلاف النووي**. هنالك **نوعان** (منطقتان) من الشبكة الإندوبلازمية:

1- **الشبكة الإندوبلازمية الملساء** (تكون على شكل **أنابيب**)

2- **الشبكة الإندوبلازمية الخشنة** (هي التي تكون **متصلة** مع **الغلاف النووي** ويكون شكلها مثل **الأكياس الملتفة**.



All endoplasmic reticulum surfaces are studded with ribosomes?

A) True

B) False

Momen Tamimi

Now let's talk about the functions of each ER:

A) Functions of Smooth ER:

1) Synthesizes **lipids**. (**تصنيع الليبيدات**)

2) Metabolizes **carbohydrates**. (**تحطيم الكاربوهيدرات** الى **سكريات**)

3) Detoxifies drugs and **poisons**. (**إزالة السموم** الناجمة عن **الأدوية** وغيرها من السموم داخل الجسم)

4) Stores calcium ions in muscles. (**يخزن أيونات الكالسيوم** في العضلات)

B) Functions of Rough ER:

1) Protein modification (add carbohydrate (sugar) to protein covalently bonded). Glycoprotein = Protein + Sugar (عملية **تعديل البروتينات** بإضافة **سكر** لها)

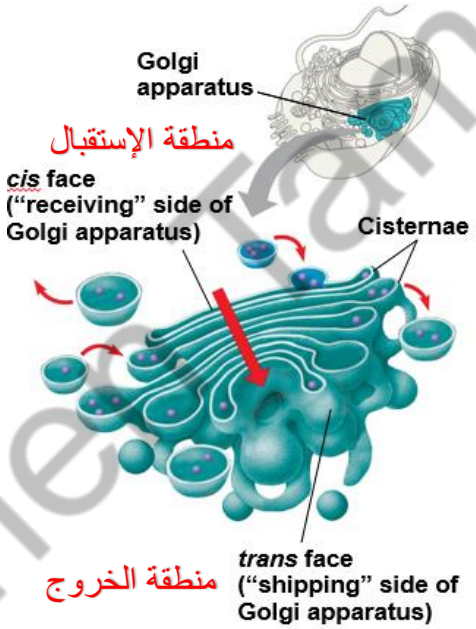
2) Protein secretion (transport throw vesicles). (عملية **نقل البروتينات** بإستخدام **الحويصلات**)

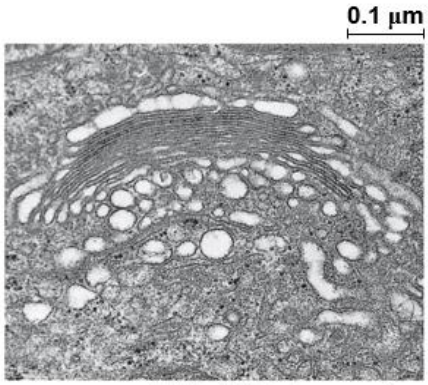
3) Membrane factory for the cell. (**مصنع الأغشية** داخل الخلية)

3- The Golgi apparatus: Shipping and Receiving Center:

The **Golgi apparatus** consists of **flattened membranous sacs** called **cisternae** After the proteins are **modified** in the **ER vesicles** will **transport** these proteins to the **Golgi apparatus** (**cis face** or the **receiving** side) for **further modification**. Then it will **pass** throw the **trans face** or **shipping side** to their locations in cell.

تعد **أجسام غولجي** المحطة **ما بعد الشبكة الإندوبلازمية** التي تنتقل إليها **البروتينات المعدلة** (المضاف إليها **سكر**) وذلك لكي يتم التعديل عليها **بشكل أكبر**. تتكون أجسام غولجي من **أكياس غشائية منتفخة** وما يميز أجسام غولجي أن لها **وجهان** أو **منطقتان** منطقة **لإستقبال المواد القادمة** إليها من **الشبكة الإندوبلازمية** عن طريق **الحويصلات** ومنطقة **تمر من خلالها المواد** أو **البروتينات** ألى **مواقعها المحددة داخل الخلية** عندما تنتهي من تعديلها (أي أن لديها **منطقة دخول** و **منطقة خروج**).





TEM of Golgi apparatus

Functions of Golgi apparatus:

1) Modifies products of the **ER.**

2) Manufactures certain **macromolecules** like **polysaccharides.** (**Pectin** in plants).

3) Sorts and **packages** materials into **transport vesicles.**

وظائف أجسام غولجي:

1) تعديل المواد الناتجة من الشبكة الإندوبلازمية.

2) تصنيع بعد المركبات الضخمة كبعض السكريات مثل سكر (البيكتن).

3) نقل المواد الى الحويصلات الناقلة.

4- Lysosomes: Digestive Compartments: (الأجسام المحللة) lyso = محلل / some = جسم

A **lysosome** is a membranous sac of **hydrolytic enzymes** that can **digest macromolecules.**

Lysosomal enzymes work best in the **acidic** environment (**PH=5**) inside the lysosome**.**

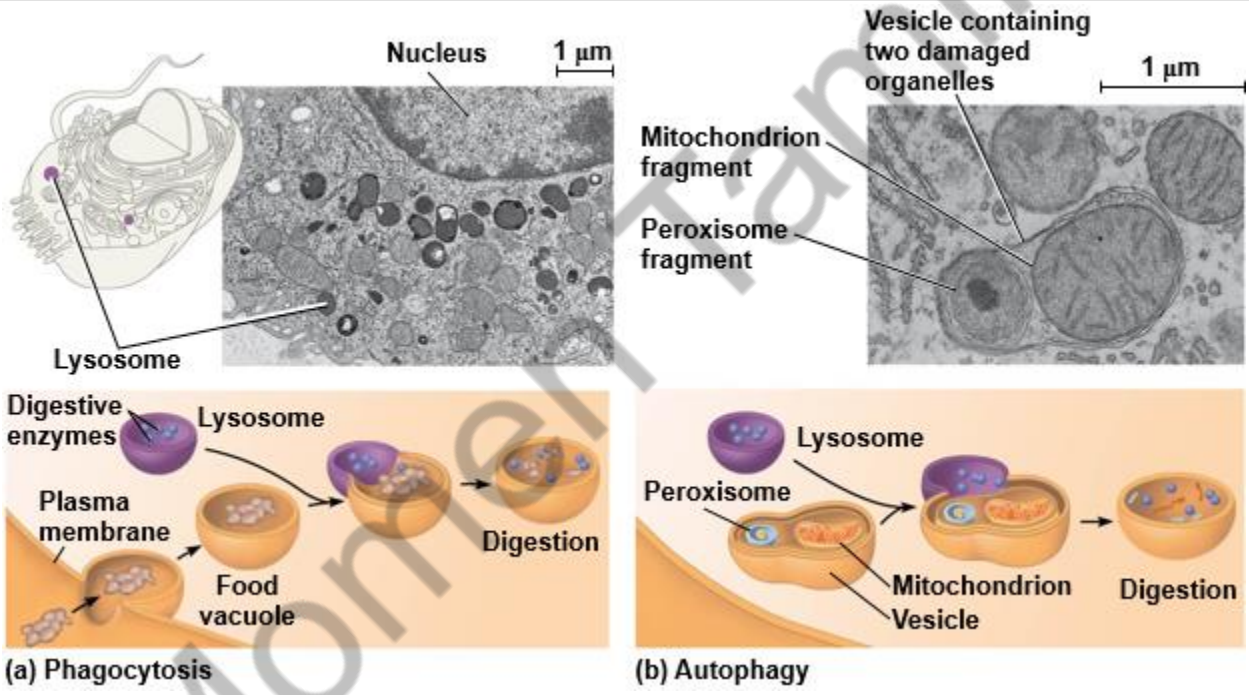
Hydrolytic enzymes and lysosomal membranes are made by **rough ER** and then **transferred** to the **Golgi apparatus** for further **processing**.

Nemer Tahini

الأجسام المحللة عبارة عن **أكياس غشائية** يوجد بداخلها **إنزيمات محللة** (تعمل على **تحطيم المركبات الضخمة** وتحليلها إلى جزيئات **أبسط**). تعمل الإنزيمات المحللة أفضل عمل لها عندما تكون في **وسط حمضي** داخل الأجسام المحللة (**5** حسب مقياس درجة الحموضة). يتم **تصنيع الإنزيمات المحللة** وأغشيتها داخل **الشبكة الإندوبلازمية الخشنة** ثم تنتقل عبر **الحويصلات الناقلة** إلى **أجسام غولجي** وذلك لكي يتم **التعديل عليها أكثر** (ومن الجدير بالذكر أن **الإنزيمات** عبارة عن **بروتينات** و تصنع في الشكبة الإندوبلازمية الخشنة وذلك لإحتوائها على **رايبوسومات**).

Some types of cell can **engulf** another cell by **phagocytosis**; this forms a **food vacuole.** A **lysosome fuses** with the **food vacuole** and **digests** the **molecules. Lysosomes** also use **enzymes** to **recycle** the cell's own **organelles** and **macromolecules**, a process called **autophagy.**
Phagocytosis = عملية البلعمة / Autophagy = عملية تجديد العضيات

بعض الخلايا تستطيع **الهجوم** على خلايا أخرى و**تبتلعها** (مثل كريات الدم البيضاء تبتلع البكتيريا وتحطمها) تسمى هذه العملية **عملية البلعمة** وعندما تبتلع خلية معينة خلية أخرى يؤدي ذلك إلى **تشكّل فجوة غذائية** (مثل **شكل الصحن** إنظر إلى الشكل الموجود في الأسفل) تدخل **الأجسام المحللة** الى **الفجوة الغذائية** وتعمل على **هضم** ما بداخلها (**تحليلها**). هنالك عملية أخرى تسمى **عملية تجديد** العضيات (لنتحدث عنها بشكل مفصل) بعض العضيات مثل **المايتوكندريا** عندما يتم **إستخدامها** لوقت من الزمن تصبح **فعاليتها أقل** من السابق أي أنها لا **تؤدي وظيفتها بشكل سريع ومتكامل** وبالتالي يأتي دور **الأجسام المحللة** هنا **فتحطم** هذه **العضيات** وذلك لكي يتم **إعادة تكوين لها** (عملية **تجديد**) فتصبح **وكأنها جديدة**.



5- Vacuoles: Diverse Maintenance Compartments
Vacuoles are large vesicles **derived** from the **ER** and **Golgi apparatus**.
There are many types of vacuoles:
1) Food vacuoles are formed by **phagocytosis,** found in both **animal** and **plant** cells
2) Contractile vacuoles, found in **animal** and **plant** cells, Function: **pump** excess water **out of cells** (**Osmoregulation**).
3) Central vacuoles, found in **plant cells** (only).

الفجوات عبارة عن حويصلات كبيرة الحجم يتم تصنيعها من الشبكة الإندوبلازمية و أجسام غولجي.
هنالك انواع مختلفة من الفجوات مثل:
1) الفجوة الغذائية: وهي فجوة ناتجة عن عمليات البلعمة التي تحصل داخل الخلايا النباتية و الحيوانية.
2) الفجوة المنقبضة: تخرج الماء الزائد من الخلايا سواء نباتية أو حيوانية
3) الفجوة المركزية: توجد فقط في الخلايا النباتية

Monier Tamimi

Central vacuole functions:

1) Storage: Minerals + H2O**,** Organic molecules**,** Pigments. (**التخزين:** المعادن/الماء/الصبغات)

2) Disposable site of wasting material. (التخلص من الفضلات)

3) Control plant cells growth. (يتحكم بنمو الخلايا النباتية)

Concept 7.5: Mitochondria and chloroplasts change energy from one form to another

6) Mitochondria: Chemical Energy Conversion:

Mitochondria are found in nearly all **eukaryotic** cells. They have a **smooth outer** membrane and an **inner** membrane **folded** into cristae.

The **inner membrane** creates **two** compartments:

1) Intermembrane space

2) Mitochondrial matrix.

Cristae present a large surface area for **enzymes** that **synthesize ATP.**

توجد **الميتوكندريا** في أغلب الخلايا **حقيقة النواة** وتتكون من **غشائين**: عشاء **خارجي** أملس / وغشاء **داخلي** يحدث بعض **الطيّات والإلتفافات**.
يقسم الغشاء **الداخلي** الميتوكندريا إلى **حجرتين (منطقتين)**: حجرة **ما بين** العشاء **الداخلي** والغشاء **الخارجي** وتسمى **الفراغ ما بين الغشائين** / أما **الثاني** فهو **السائل** الذي يكون **داخل المايتوكندريا (الماتركس)** يحتوي عل **قطع** من **الحمض النووي** ويحتوي على **رايبوسومات حرة** أيضا.
وظيفة المايتوكندريا هي **التنفس الخلوي (المصدرللطاقة)**.

Mitochondria contains:

1) DNA fragments.

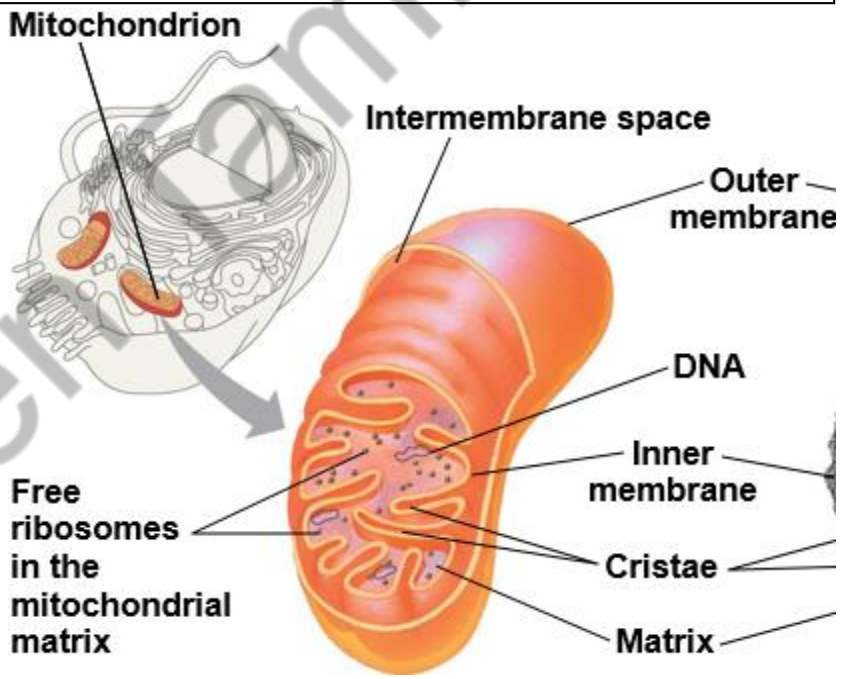
2) RNA.

3) Free Ribosomes.

4) Enzymes (**Krebs** cycle).

Function: Cellular respiration

تحتوي المايتوكندريا بداخلها على:
1) قطع من الحمض النووي (DNA) الخاص بها
2) RNA
3) رايبوسومات حرة (قادرة على صنع البروتينات)
4) إنزيمات تستخدم في حلقة كريبس لإنتاج الطاقة
وظيفة المايتوكندريا: التنفس الخلوي



7- Chloroplasts: Capture of Light Energy:

Only in **plant** cells (Function: **Photosynthesis**)

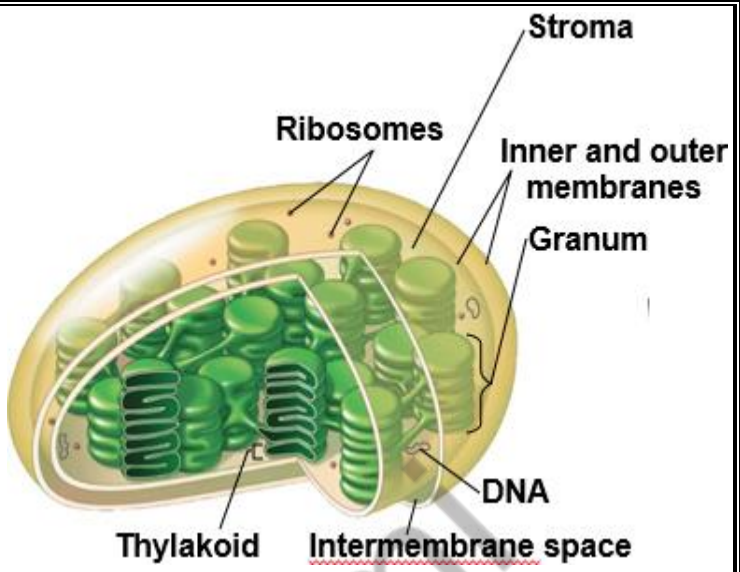
Chloroplasts contain the **green pigment** chlorophyll, as well as **enzymes** and other molecules that function in **photosynthesis**. **Chloroplasts** are found in **leaves** and other **green organs** of **plants** and in **algae.** (Pigment = صبغة / algae = طحالب)

We have **two** membranes: **inner** & **outer**

Intermembrane space between the two membranes. **Stroma** in the **chloroplast** is the same as **Matrix** in the **mitochondria**.

Moner Jamani

تحتوي **الكلوروبلاست** على **صبغة خضراء اللون بداخلها** وتحتوي على **إنزيمات** مهمة لعملية **البناء الضوئي**. توجد الكلوروبلاست في أوراق **النباتات** و**الطحالب**. وتشترك **الكلوروبلاست** و**الميتوكندريا بنفس الأشياء** تقريبا: لهم **غشائين (داخلي وخارجي)** ولهم **فراغ ما بين الغشائين** ويحتوي كل منهم على **قطع من الحمض النووي** و**رايبوسومات حرة** وعلى **سائل داخلي** لكن يختلف في **التسمية** يسمى في الكلوروبلاست **(ستروما)** أما في الميتوكندريا يسمى **(ماتركس)**.



Stroma = السائل الموجود داخل الكلوروبلاست
Thylakoid = إسم البلاستيد الخضراء الواحدة
Granum = مجموعة من البلاستيدات الخضراء

8- Peroxisomes: Oxidation (الأجسام المؤكسدة)

Peroxisomes are **specialized metabolic compartments** bounded by a single membrane**.** Peroxisomes in the **liver detoxify alcohol** and other **harmful** compounds producing **hydrogen peroxide** (H_2O_2) and convert it to **water.** Some peroxisomes use **oxygen** to break **fatty acids** down into **smaller** molecules. Specialized peroxisomes called **glyoxysomes** are found in the **fat-storing tissues of plant seeds**. These organelles contain **enzymes** that **initiate** the conversion of **fatty acids** to **sugar**, which the **emerging seedling** uses as a **source of energy**.

تعد **الأجسام المؤكسدة** أجسام **مميزة** و**متخصصة** في **عمليات الأيض** وتحاط **بغلاف عشائي واحد**. **الأجسام المؤكسدة** الموجودة في **الكبد** تعمل على **إزالة السموم الناتجة من الكحول** و**المركبات الضارة** الأخرى فهي تنتج المادة السامة **بيروكسيد الهيدروجين** وتحولها إلى **الماء** بإستخدام بعض **الإنزيمات**. تستخدم بعض الأجسام المؤكسدة **الأكسجين** وذلك لكي **تحطم الحموض الدهنية** إلى **مركبات صغيرة**. هنالك نوع **مميز** من **الأجسام المؤكسدة** تسمى **الغلايوكسيسوم** وهي متواجدة في **النسيج المخزن للدهون** في **بذور النباتات** وتحتوي على **إنزيمات** تحول **الحمض الدهني** إلى **سكر** وذلك لكي تستخدم **كمصدر للطاقة** داخل البذور.

Concept 7.6: The cytoskeleton is a network of fibers that organizes structures and activities in the cell

The **cytoskeleton** is a network of fibers extending throughout the cytoplasm.

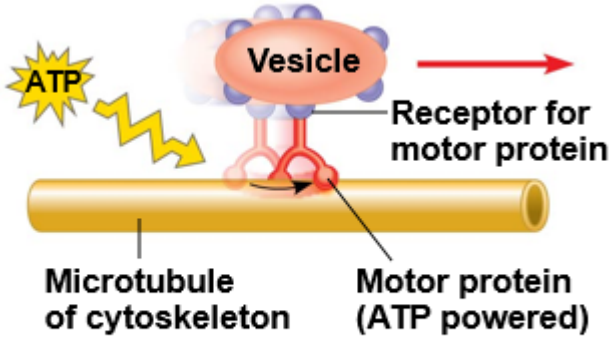
Function:

1) Support the **cell** and **maintain** its **shape**.

2) It **organizes** the cell's **structures** and **activities**, **anchoring** many **organelles.**

3) It interacts with **motor proteins** to produce cell **motility** (movement). Inside the cell, **vesicles** can travel **along tracks** provided by the **cytoskeleton.**

الهيكل الخلوي: شبكة من **الألياف** تمتد في جميع أنحاء **السايتوبلازم**.
وظيفته:
1- **دعم الخلية والمحافظة على شكلها** / 2- **ينظّم شكل الخلية وأنشطتها** ويربط العديد من **العضيات** مع بعضها البعض / 3- تتفاعل مع **البروتينات الحركية** داخل **الخلية**. يتم نقل **الحويصلات الناقلة** داخل الخلية عن طريق **الهيكل الخلوي** للخلية حيث يوفر لها ممر **(طريق)** للحركة والتنقل (أنظر إلى الشكل المجاور).



(a) Motor proteins "walk" vesicles along cytoskeletal fibers.

Cytoskeleton composed of **three types**:

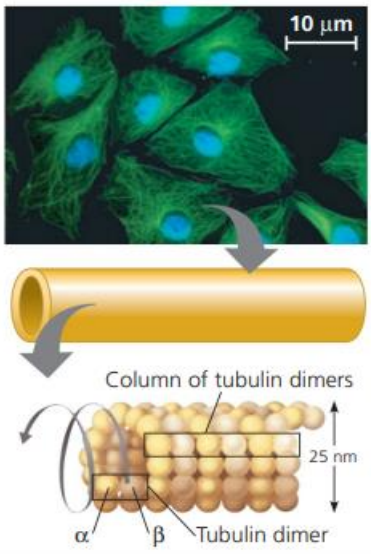
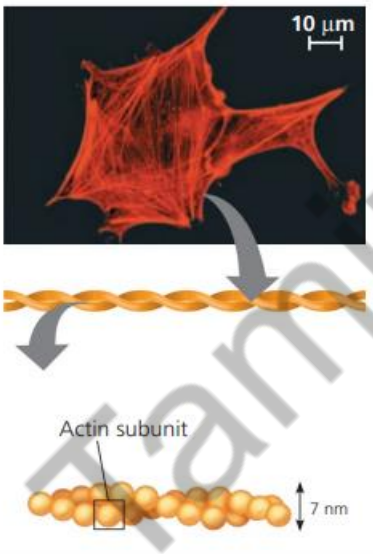
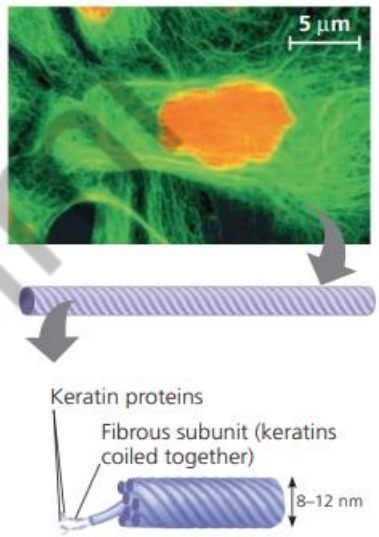
1) Microtubules the **thickest** of the three components of the cytoskeleton. (أكثر سماكة)

2) Microfilaments or (**Actin** filaments) **thinnest** components. (أقل سماكة)

3) Intermediate filaments are **fibers** with **diameters** in a **middle range.** (سمكها متوسط)

Women Garden

Table 7.1 The Structure and Function of the Cytoskeleton

Property	Microtubules (Tubulin Polymers)	Microfilaments (Actin Filaments)	Intermediate Filaments
Structure	Hollow tubes	Two intertwined strands of actin	Fibrous proteins coiled into cables
Diameter	25 nm with 15-nm lumen	7 nm	8–12 nm
Protein subunits	Tubulin, a dimer consisting of α-tubulin and β-tubulin	Actin	One of several different proteins (such as keratins)
Main functions	Maintenance of cell shape (compression-resisting "girders"); cell motility (as in cilia or flagella); chromosome movements in cell division; organelle movements	Maintenance of cell shape (tension-bearing elements); changes in cell shape; muscle contraction; cytoplasmic streaming in plant cells; cell motility (as in amoeboid movement); division of animal cells	Maintenance of cell shape (tension-bearing elements); anchorage of nucleus and certain other organelles; formation of nuclear lamina
Fluorescence micrographs of fibroblasts. Fibroblasts are a favorite cell type for cell biology studies because they spread out flat and their internal structures are easy to see. In each, the structure of interest has been tagged with fluorescent molecules. The DNA in the nucleus has also been tagged in the first micrograph (blue) and third micrograph (orange).			

Microtubules:

Microtubules are **hollow rods** about **25 nm** in **diameter** and about **200 nm** to **25 microns long.**

Microtubules are constructed of **dimers** of **tubulin.**

Functions of **microtubules**:

1) Maintenance of cell **shape**.

2) Cell motility (as in **cilia** or **flagella**).

3) Separating **chromosomes** during **cell division**.

الأنابيب الدقيقة: شكلها مثل الأنبوب طول قطرها = 25 نانومتر وتمتد إلى بعد 200 نانومتر.

تتكون من زوجين من البروتينات (ألفا Tubulin) + (بيتا Tubulin).

وظيفة الأنابيب الدقيقية:

1) المحافظة على شكل الخلية.

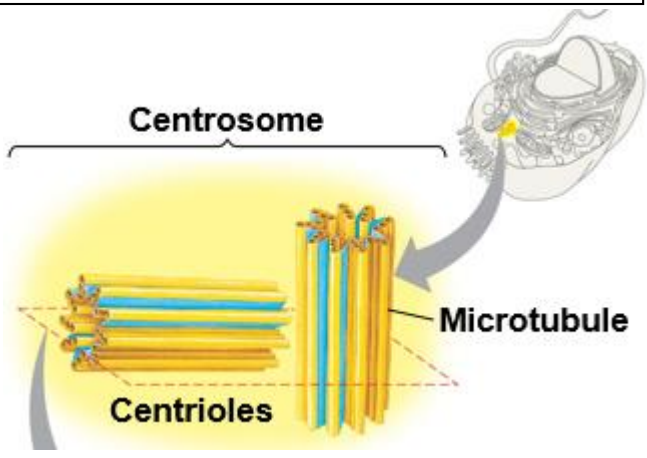
2) تتحكم في حركة الخلية عبر الأهداب والأسواط.

3) فصل الكروموسومات في مرحلة الإنقسام

Centrosomes and Centrioles:

In **animal** cells, **microtubules** grow out from a **centrosome** near the nucleus**.** In animal cells, the **centrosome** has a **pair** of **centrioles**, each with **nine triplets** of **microtubules** arranged in a **ring. Function**: **movement** of **chromosomes** in cell **division.**

Centrosome = **2**Centrioles (**9** rows **3** columns)



Momen Tamimi

السنتروسومز و**السنترويولز** (يدعى **الجسيم المركزي**): في **الخلايا الحيوانية** تتكون (**تنمو**) **المايكروتيوبيولز** من **السنتروسومز** ويكون موقعها **بجانب النواة** تتكون **السنتروسومز** من **جزيئين** من **السنترويولز** وكل جزيء يتكون من **تسعة صفوف** بجانب بعضها البعض وكل صف يتكون من **ثلاثة أعمدة** من **المايكروتيوبيولز** (كما نرى الشكل يشبه **الحلقة**).

Cilia and Flagella: (الأهداب والأسواط)

Cilia and **Flagella** are composed of **microtubules**. (تتكون الأهداب والأسواط من الأنابيب الدقيقة)

Cilia and flagella share a common structure:

1) A group of **microtubules** sheathed by an extension of the plasma membrane
2) A **basal body** that **anchors** the **cilium** or **flagellum**
3) A **motor protein** called **dynein**, which drives the **bending movements** of a cilium or flagellum.

Function: **Movement**

تشترك **الأهداب** و**الأسواط** بتركيب **متشابه**:

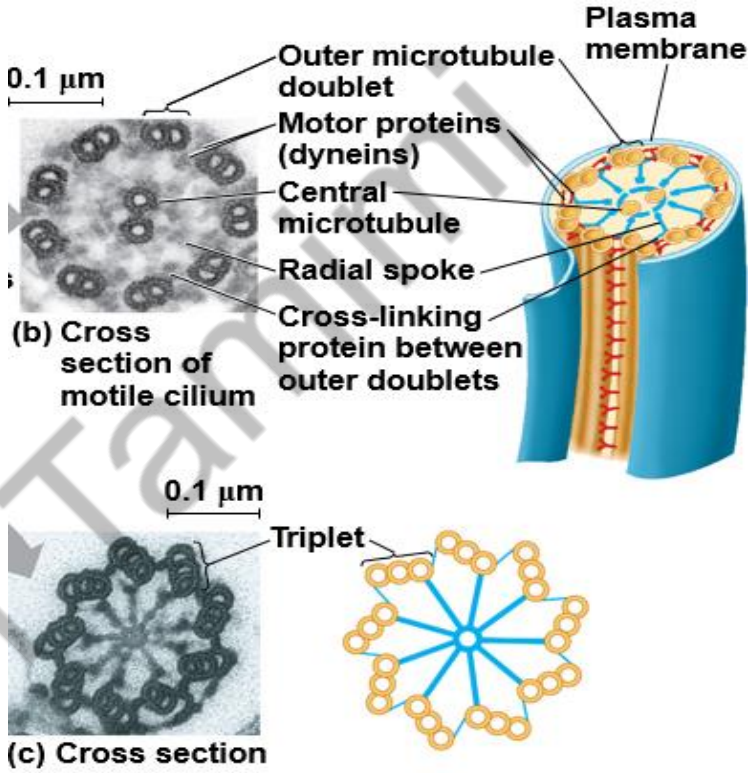
1- تتكون من مجموعة من **الأنابيب الدقيقة** على شكل **حلقة** (**9 صفوف** من **الخارج** + **صفين** من **الداخل** وكل صف يحتوي على **عاموديين**).

2- يربط **الجسيم الأساسي** كل من **الأهداب** و**الأسواط** (أي يعتبر **كقاعدة** لهم)

3- تحتوي على **بروتين حركي** يسمى **الداينين** وهو الذي يساعد **الأهداب** و**الأسواط** على الحركة. **الوظيفة الأساسية** للأهداب والأسواط هي **الحركة**.

Cilia
Flagella

9+2 arrangement (doublets)
9 rows 2 columns

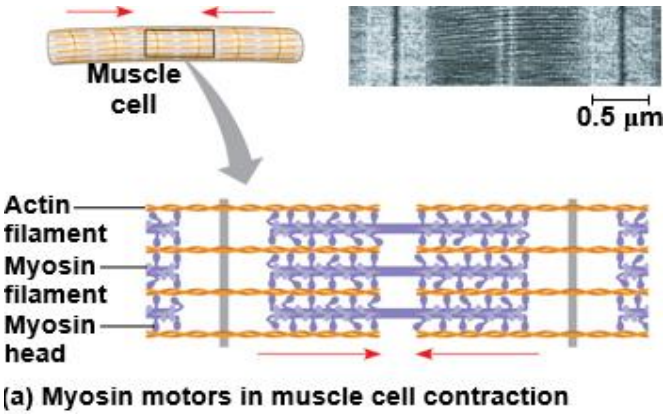


Microfilaments (Actin Filaments):

Microfilaments are **solid** rods about **7 nm** in **diameter**, built as a **twisted double chain** of **actin subunits**. A network of microfilaments helps **support** the **cell's shape.** They form a **cortex** just inside the **plasma membrane** to help **support** the **cell's shape.** Bundles of microfilaments make up the core of **microvilli** of **intestinal cells.**

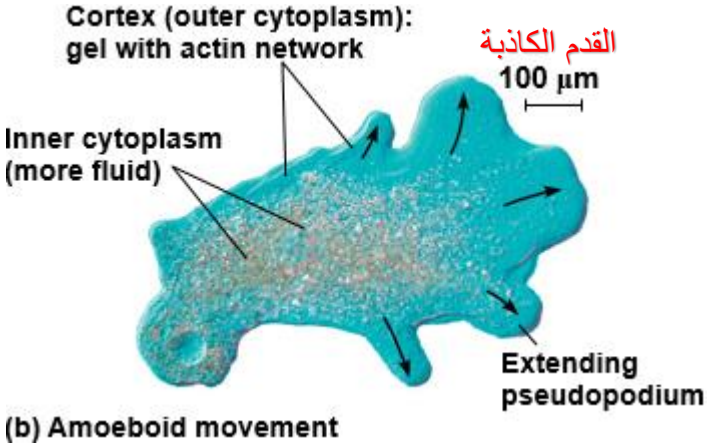
المايكروفيلامنتس (**الخيوط الدقيقة**): تتكون من **بروتين الأكتين** وهي **صلبة** طول **قطرها** يساوي **7 نانومتر** تتكون من **سلسلتين** من **بروتين الأكتين** تلتف حول **بعضها البعض** تعمل على **دعم الخلية** و**الحفاظ على شكلها**. تشكل **قشرة** أو **غلاف** داخل **العشاء البلازمي** وذلك لكي **تساعد** في الحفاظ على **شكل الخلية**. تدخل **الخيوط الدقيقة** في تكوين **المايكروفيلاي** الموجودة في **خلايا الأمعاء** لها أهمية في عملية **الإمتصاص** التي تحدث **داخل الأمعاء**.

Microfilaments that function in **cellular motility** contain the protein **myosin** in addition to **actin.** Cells crawl along a surface by extending **pseudopodia** (cellular extensions) and **moving toward** them**.** **Cytoplasmic streaming** (in plant cells only) is a **circular flow** of cytoplasm within **cells**, driven by **actin-myosin interactions.**



Women Tamimi

يوجد **للخيوط الدقيقة** وظائف متعددة منها **الحركة** في الخلية ولكن عندما نتكلم عن الحركة في الخلية مثل **حركة العضلات** فإنه يدخل بروتين **الميوسين** إلى جانب بروتين **الأكتين** (إنقباض وإنبساط العضلة) نفس مادة التوجيهي. تختلف عملية الحركة في **الأميبا** عن الخلايا **الحيوانية** فهي تتحرك عن طريق **قدم كاذبة** ومحاطة **بغلاف لزج** من الخارج. عملية **التدفق السايتوبلازمي**: هو تدفق **السايتوبلازم** على شكل **دورات مستمرة داخل الخلايا** (حركة السائل البلازمي) **مدعوم** بتفاعلات خيوط **الأكتين** مع **الميوسين**.



(b) Amoeboid movement

Intermediate Filaments:

Intermediate filaments range in **diameter** from **8 to 12** nanometers, **larger** than **microfilaments** but **smaller** than **microtubules** (inbetween). Intermediate filaments are more **permanent cytoskeleton** fixtures than the other two classes**.** They support **cell shape** and **fix organelles** in **place.**

الخيوط المتوسطة: يمتد **قطرها** من **8 إلى 12** نانومتر **أكبر** من **الخيوط الدقيقة** و**أصغر** من **الأنابيب الدقيقة** (متوسطة). تدخل الخيوط المتوسطة في تركيب **الهيكل الداخلي** أكثر من النوعين الآخرين. تعمل على **دعم شكل الخلية** و**تثبيت عضياتها**.

Concept 7.7: Extracellular components and connections between cells help coordinate cellular activities

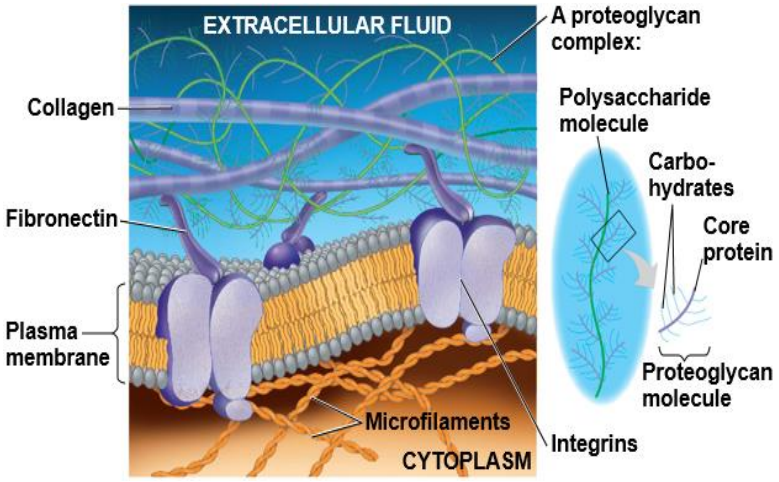
1) Extracellular matrix in Animal cells (ECM).
2) Cell wall in Plant cells.

تعمل المكونات الخارج خلوية على تنظيم الأنشطة الخلوية وذلك عن طريق:
1) السائل خارج الخلوي في الحيوانات.
2) جدار الخلية في الخلايا النباتية.

1) The Extracellular Matrix (ECM) of Animal Cells:

Animal cells lack **cell walls** but are covered by an elaborate **extracellular matrix** (**ECM**). The ECM is made up of **glycoproteins** such as **collagen**, **proteoglycans**, And **fibronectin**. ECM proteins bind to **receptor proteins** in **plasma membrane** Called **integrins**.

السائل الخارج خلوي لدى الخلايا الحيوانية: **لا تحتوي** الخلايا الحيوانية على **جدار الخلية** ولكنها **تحاط** (**تغلف**) بالسائل الخارج خلوي. يتكون هذا السائل من **البروتينات السكرية** (**بروتينات معدلة** الشكل تحدثنا عنها سابقا) وتقسم إلى **ثلاثة أقسام**: **كولاجين / بروتيوغلايكنز / فايبرونيكتن** (تختلف نسبة **البروتين** إلى **السكر** في كل من هذه الأقسام). ترتبط **البروتينات** الموجودة في السائل الخارج خلوي **بمستقبلات بروتينية** موجودة على **الغشاء البلازمي** تسمى **إنتيغرن**.



There are some **functions** for the Extracellular matrix (**ECM**) that you sould know:

1) ECM can regulate a cell's behavior by communicating with a cell through integrins.
2) The ECM around a cell can **influence** the **activity of gene** in the **nucleus**.
3) Mechanical signaling may occur through **cytoskeletal changes** that trigger **chemical signals** in the cell.

Nourhen Tamimi

هنالك بعض **الوظائف للسائل الخارج خلوي** للخلايا الحيوانية التي يجب عليك معرفتها:
1- **ينّظم** السائل الخارج خلوي **سلوك الخلايا** عن طريق **التواصل** فيما بينها عبر **بروتينات** الموجودة على **العشاء البلازمي** مثل **الإنتيغرن.**
2- **يؤثّر** السائل الخارج خلوي على **نشاط الجين الموجود في النواة**.
3- **تحدث** عملية **تواصل ميكانيكية** أو **حركية** (عبر **الإشارات**) داخل **الهيكل الخلوي للخلية** عن طريق **الإشارات الكيميائية**.

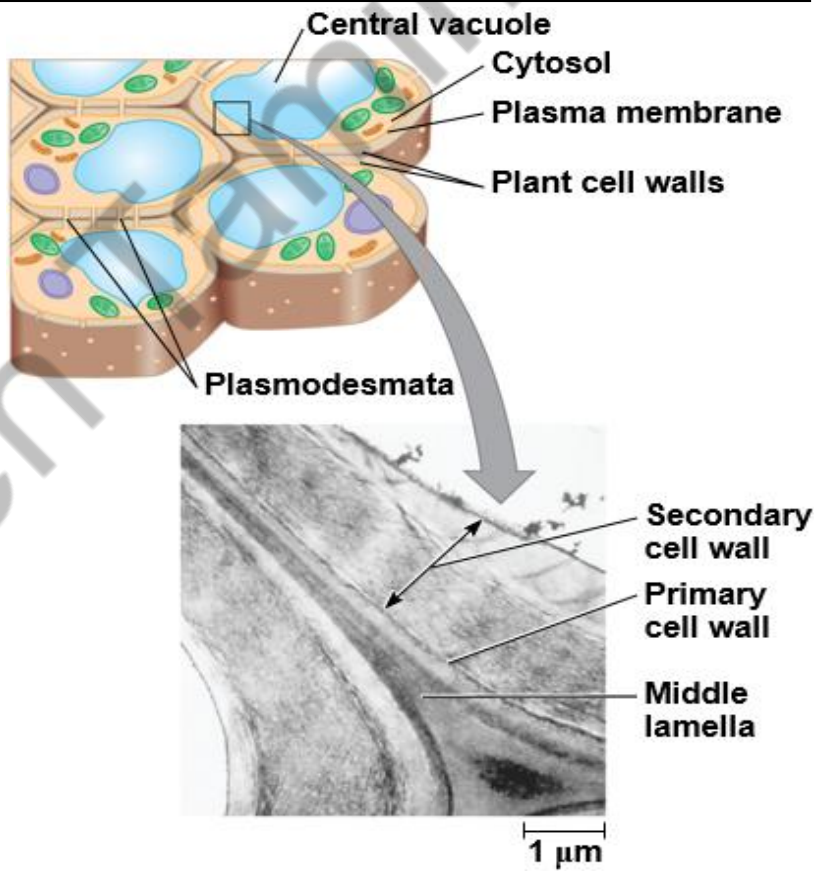
2) Cell Walls of Plants:

The **cell wall** is an **extracellular structure** that distinguishes **plant** cells from **animal** cells. **Prokaryotes**, **fungi**, and some **unicellular eukaryotes** also have **cell walls**. The cell wall **protects** the plant cell, **maintains** its **shape**, and **prevents excessive uptake of water**. Plant cell walls are made of **cellulose fibers** embedded in other **polysaccharides** and **protein**.

جدار الخلية في الخلايا النباتية: يعد جدار الخلية أحد المركبات **الخارج خلوية** التي تستطيع **تمييز** الخلايا **النباتية** عن الخلايا **الحيوانية** إذ أن الخلايا الحيوانية **لا تحتوي على جدار الخلية**. هنالك كائنات حية **أخرى** تحتوي على جدار الخلية وهي: **الكائنات الحية بدائية النواة** (مثل **البكتيريا**) و**الأعفان** وبعض **وحيدات الخلايا حقيقة النواة**. يعمل جدار الخلية على **حماية** الخلية النباتية و**المحافظة** على **شكلها** ويمنع **الإفراط** (**الزيادة**) في **إمتصاص الماء**. يتكون جدار الخلية من **سكر السيليلوز** بشكل **أساسي** بالإضافة إلى بعض **السكريات الأخرى** **وبعض البروتينات** التى تدخل فى تركيبه.

Plant cell walls may have multiple layers:
1) Primary cell wall: Relatively **thin** and **flexible**.
2) Middle lamella: **Thin** layer between **primary walls** of **adjacent** cells.
3) Secondary cell wall (in some cells): Added **between** the **plasma membrane** and the **primary cell wall**.

Layer = **طبقة**
Lamella = **صفيحة**
Plasmodesomata = **(نوع** من **أنواع الروابط** بين **الخلايا)**



يحتوي **جدار الخلية** في **النباتات** على **طبقات عدّة**:
1- **جدار الخلية الأولي** أو **الأساسي** (الطبقة **الأولى**): تكون **رفيعة** و**مرنة**.
2- **الصفيحة المتوسطة**: هي **طبقة رفيعة** توجد بين **جدار الخلية الأولي للخلايا المتجاورة** .
3- **جدار الخلية الثانوي** (الطبقة **الثانية**): توجد في **بعض الخلايا** وليس جميعها وتتواجد بين **الغشاء البلازمي** و**جدار الخلية الأولي** .

Cell Junctions:

Plasmodesmata in Plant Cells: Plasmodesmata are **channels** that **perforate** plant cell walls. **Through** plasmodesmata, **water** and **small solutes** (and sometimes **proteins** and **RNA**) can **pass** from **cell to cell.**

الروابط الخلوية:
هنالك العديد من الروابط الخلوية المختلفة و تختلف هذه الروابط من خلية إلى أخرى فالخلايا النباتية لها نوع من الروابط يختلف تماما عن الخلايا الحيوانية.
تحتوي الخلايا النباتية فقط على نوع من الروابط الخلوية يدعى (Plasmodesmata) فهي عبارة عن قنوات تتخلل جدار الخلية و تسمح بمرور الماء والمواد الذائبة والبروتينات من خلية لأخرى عبر هذه القنوات.

Memen Amin

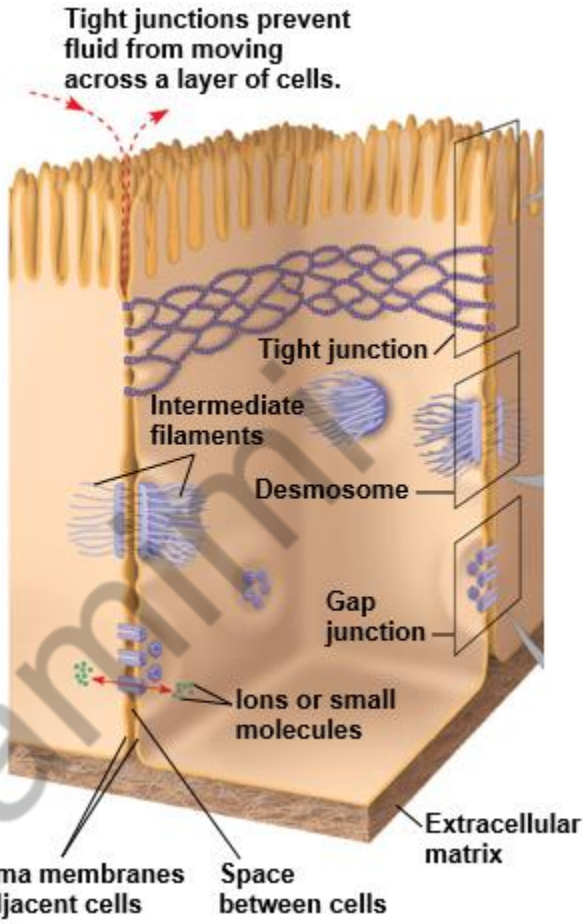
Tight Junctions, Desmosomes, and Gap Junctions in Animal Cells:

Three types of **cell junctions** are **common** in **epithelial tissues:**

1) At **tight junctions**, **membranes** of **neighboring cells** are **pressed together**, **preventing leakage** of **extracellular fluid.**

2) Desmosomes (**anchoring** junctions) **fasten** cells together into **strong sheets.**

3) Gap junctions (**communicating** junctions) provide **cytoplasmic channels** between **adjacent cells.**



هنالك **ثلاثة أنواع** من **الروابط** الموجودة في الخلايا **الحيوانية فقط** (تحديدا في **النسيج الطلائي**):

1- **الروابط المحكمة** (**الضيقة**): تكون هذه الروابط **متراصة** مع بعضها البعض بين **الخلايا المتجاورة** وذلك لكي **تمنع تسرب السوائل خارج الخلية**.

2- **الأجسام الرابطة**: تعمل هذه الروابط على **ربط الخلايا** مع بعضها البعض (بشكل **متراص**) بحيث تشكل **صفحات قوية جدا**.

3- **الروابط ذات الفراغ**: تعد هذه الروابط من **الروابط التواصلية** إذ تعمل على **توفير قنوات لمرور السيتوبلازم** بين **الخلايا المجاورة**.

Tight junctions, Desmosomes and Plasmodesmata are found in animal cells only?

A) True

B) False

Momen Tamimi

Test Questions (Practice exam)

Test Yourself

Q1) This cell organelle does not contain DNA:

A) Nucleus.
B) Mitochondria.
C) Lysosomes.
D) Chloroplast.

Q2) Animal cells are interconnected by

A) Plasma membrane.
B) Cell wall.
C) Desmosomes.
D) Plasmodesmata.

Q3) Plasma membrane is made of:

A) Proteins and lipids.
B) Proteins and carbohydrates.
C) Proteins, Nucleic acids and lipids.
D) Proteins, Carbohydrates and lipids.

Q4) Lysosomes are rich in:

A) Nucleic acid.
B) Hormones.
C) Carbohydrates.
D) Hydrolytic enzymes.

Q5) Choose the correct statement:
A) Genes are located in the chromosomes.
B) Cell is located in the nucleus.
C) Chromosomes are located in the nucleolus.
D) Cell membrane surrounds the nucleus.

Q6) The most important function of cell membrane is that it:
A) Controls the entry and exit of materials from cells.
B) Controls only the entry of materials into cells.
C) Controls only the exit of materials from cells.
D) Allows entry and exit of materials without any control.

Q7) Which of the following feature will help you in distinguishing a plant cell from an animal cell?
A) Cell wall
B) Mitochondria
C) Cell membrane
D) Nucleus.
E) None of the above

Q8) Which tool is most likely used to produce a clear image of very tiny structures inside a cell?
A) Light microscope.
B) Magnetic resonance imaging.
C) Electron microscope.
D) Computer model.

Q9) What is the main function of the Golgi Apparatus?
A) Communicate with other cells.
B) Convert solar energy to chemical energy.
C) Process and deliver proteins.
D) Copy genetic information.

Q10) Which of the following can be found in the cytoplasm and on the surface of the endoplasmic reticulum?
A) Mitochondria.
B) Centrosomes.
C) Ribosomes.
D) Centrioles.

Q11) Which of the following is NOT a function of the cytoskeleton?
A) Transporting molecules into the cell.
B) Transporting of molecules within a cell.
C) Cell movement.
D) Cell anchoring.
E) Providing cell structure and shape.

Q12) Which cellular filament is found in the flagella of eukaryotic cells?
A) Intermediate filaments.
B) Microfilaments.
C) Collagen.
D) Microtubules.

Momen Tamimi

Q13) Which of the following is true regarding microfilaments?
A) They are the smallest of the cytoskeletal elements.
B) They always have a 9+2 arrangement.
C) They are made up of myosin and actin.
D) A+C.
Q14) Which cell organelle can be described as a big tail projecting from the cell like a motor?
A) Flagellum.
B) Centriole.
C) Mitochondrion.
D) Pilus.
E) Cytoskeleton.
Q15) Plasmodesmata in plant cells are analogous to what structure in animal cells?
A) Tight junctions.
B) Gap junctions.
C) Adhesion junctions/Desmosomes.
D) Vacuoles
Q16) Urine is confined to the human bladder in part due to the structure of junctions that connect the cells lining the bladder. These junctions form a barrier that prevents the exchange of ions and solutes between the blood and urine. What is the likely identity of these junctions?
A) Gap junctions.
B) Tight junctions.
C) Desmosomes.
D) Plasmodesmata.
Q17) Which of these correctly matches the cellular junction with its function?
A) Gap junctions prevent the flow of ions and water from one part of the body to another.
B) Adhering junctions (AKA desmosomes) are branched network of proteins that are impermeable to fluids.
C) Gap junctions are connections that directly connect the cytoplasm of two cells.
D) Tight junctions are random, spot attachments between cells that prevent tearing of tissue.
Q18) Bind cells together, prevent molecules from passing in between the cells, and also help to maintain the polarity of cells.
A) Desomosomes.
B) Gap junctions.
C) Tight Junctions.
D) Connexons.
Q19) Which of the following organelle is involved in Carbohydrates metabolism?
A) RER.
B) SER.
C) Peroxisomes.
D) Golgi apparatus.
Q20) Inside the cell, H_2O_2 clearance is brought about by_____.
A) Peroxisome with enzyme amino oxidase.
B) Glyoxysome with the enzyme catalase.
C) Peroxisome with the enzyme catalase.
D) Glyoxysome with enzyme isocitrate lyase.

1- C	2- C	3- D	4- D	5- A	6- A	7- A	8- C	9- C	10- C
11- A	12- D	13- A	14- A	15- B	16- B	17- C	18- C	19- B	20- C

Momen Tamimi

7 Chapter Review

Go to **MasteringBiology**™ for Videos, Animations, Vocab Self-Quiz, Practice Tests, and more in the Study Area.

SUMMARY OF KEY CONCEPTS

CONCEPT 7.1

Biologists use microscopes and biochemistry to study cells *(pp. 164–167)*

VOCAB SELF-QUIZ goo.gl/Rn5Uax

- Improvements in microscopy that affect the parameters of magnification, resolution, and contrast have catalyzed progress in the study of cell structure. **Light microscopy** (LM) and **electron microscopy** (EM), as well as other types, remain important tools.
- Cell biologists can obtain pellets enriched in particular cellular components by centrifuging disrupted cells at sequential speeds, a process known as **cell fractionation**.

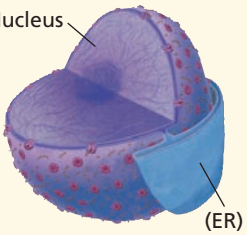
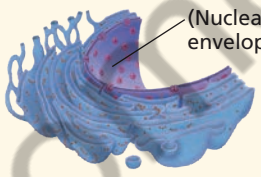
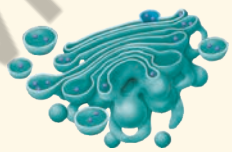
? *How do microscopy and biochemistry complement each other to reveal cell structure and function?*

CONCEPT 7.2

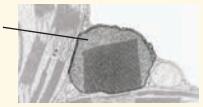
Eukaryotic cells have internal membranes that compartmentalize their functions *(pp. 167–172)*

- All cells are bounded by a **plasma membrane**.
- **Prokaryotic cells** lack nuclei and other membrane-enclosed **organelles**, while **eukaryotic cells** have internal membranes that compartmentalize cellular functions.
- The surface-to-volume ratio is an important parameter affecting cell size and shape.
- Plant and animal cells have most of the same organelles: a nucleus, endoplasmic reticulum, Golgi apparatus, and mitochondria. Chloroplasts are present only in cells of photosynthetic eukaryotes.

? *Explain how the compartmental organization of a eukaryotic cell contributes to its biochemical functioning.*

	Cell Component	Structure	Function
CONCEPT 7.3 **The eukaryotic cell's genetic instructions are housed in the nucleus and carried out by the ribosomes** *(pp. 172–174)* ? *Describe the relationship between the nucleus and ribosomes.*	Nucleus 	Surrounded by nuclear envelope (double membrane) perforated by nuclear pores; nuclear envelope continuous with endoplasmic reticulum (ER)	Houses chromosomes, which are made of chromatin (DNA and proteins); contains nucleoli, where ribosomal subunits are made; pores regulate entry and exit of materials
	Ribosome	Two subunits made of ribosomal RNAs and proteins; can be free in cytosol or bound to ER	Protein synthesis
CONCEPT 7.4 **The endomembrane system regulates protein traffic and performs metabolic functions** *(pp. 174–178)* ? *Describe the key role played by transport vesicles in the endomembrane system.*	Endoplasmic reticulum (ER) 	Extensive network of membrane-bounded tubules and sacs; membrane separates lumen from cytosol; continuous with nuclear envelope	Smooth ER: synthesis of lipids, metabolism of carbohydrates, Ca^{2+} storage, detoxification of drugs and poisons Rough ER: aids in synthesis of secretory and other proteins on bound ribosomes; adds carbohydrates to proteins to make glycoproteins; produces new membrane
	Golgi apparatus 	Stacks of flattened membranous sacs; has polarity (*cis* and *trans* faces)	Modification of proteins, carbohydrates on proteins, and phospholipids; synthesis of many polysaccharides; sorting of Golgi products, which are then released in vesicles
	Lysosome	Membranous sac of hydrolytic enzymes (in animal cells)	Breakdown of ingested substances, cell macromolecules, and damaged organelles for recycling
	Vacuole	Large membrane-bounded vesicle	Digestion, storage, waste disposal, water balance, cell growth, and protection

Maureen Tamimi

	Cell Component	Structure	Function
CONCEPT 7.5 **Mitochondria and chloroplasts change energy from one form to another** *(pp. 179–182)* ? *What does the endosymbiont theory propose as the origin for mitochondria and chloroplasts? Explain.*	Mitochondrion	Bounded by double membrane; inner membrane has infoldings	Cellular respiration
	Chloroplast	Typically two membranes around fluid stroma, which contains thylakoids stacked into grana	Photosynthesis (chloroplasts are in cells of photosynthetic eukaryotes, including plants)
	Peroxisome 	Specialized metabolic compartment bounded by a single membrane	Contains enzymes that transfer H atoms from substrates to oxygen, producing H_2O_2 (hydrogen peroxide), which is converted to H_2O.

CONCEPT 7.6

The cytoskeleton is a network of fibers that organizes structures and activities in the cell *(pp. 182–188)*

- The **cytoskeleton** functions in structural support for the cell and in motility and signal transmission.
- **Microtubules** shape the cell, guide organelle movement, and separate chromosomes in dividing cells. **Cilia** and **flagella** are motile appendages containing microtubules. Primary cilia also play sensory and signaling roles. **Microfilaments** are thin rods that function in muscle contraction, amoeboid movement, **cytoplasmic streaming**, and support of microvilli. **Intermediate filaments** support cell shape and fix organelles in place.

? *Describe the role of motor proteins inside the eukaryotic cell and in whole-cell movement.*

CONCEPT 7.7

Extracellular components and connections between cells help coordinate cellular activities *(pp. 188–191)*

- Plant **cell walls** are made of cellulose fibers embedded in other polysaccharides and proteins.
- Animal cells secrete glycoproteins and proteoglycans that form the **extracellular matrix (ECM)**, which functions in support, adhesion, movement, and regulation.
- Cell junctions connect neighboring cells. Plants have **plasmodesmata** that pass through adjoining cell walls. Animal cells have **tight junctions, desmosomes**, and **gap junctions**.

? *Compare the structure and functions of a plant cell wall and the extracellular matrix of an animal cell.*

CONCEPT 7.8

A cell is greater than the sum of its parts *(pp. 191–193)*

- Many components work together in a functioning cell.

? *When a cell ingests a bacterium, what role does the nucleus play?*

TEST YOUR UNDERSTANDING

Multiple-choice Self-Quiz questions 1–5 can be found in the Study Area in MasteringBiology.

6. **DRAW IT** From memory, draw two eukaryotic cells. Label the structures listed here and show any physical connections between the internal structures of each cell: nucleus, rough ER, smooth ER, mitochondrion, centrosome, chloroplast, vacuole, lysosome, microtubule, cell wall, ECM, microfilament, Golgi apparatus, intermediate filament, plasma membrane, peroxisome, ribosome, nucleolus, nuclear pore, vesicle, flagellum, microvilli, plasmodesma.

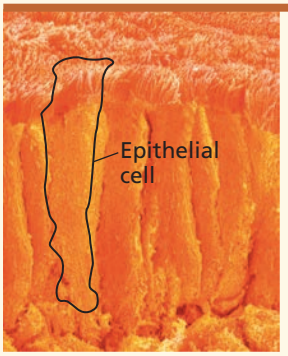
PRACTICE TEST
goo.gl/iAsVgL

7. **EVOLUTION CONNECTION** (a) What cell structures best reveal evolutionary unity? (b) Provide an example of diversity related to specialized cellular modifications.

8. **SCIENTIFIC INQUIRY** Suppose you wish to separate two cellular proteins, A and B. Protein A binds with DNA and is found in the chromatin complex. Protein B binds with RNA and is found in nucleoli. How would you separate cell fractions containing protein A and protein B? Explain the rationale behind your method.

9. **WRITE ABOUT A THEME: ORGANIZATION** Considering some of the characteristics that define life and drawing on your knowledge of cellular structures and functions, write a short essay (100–150 words) that discusses this statement: Life is an emergent property that appears at the level of the cell. (See Concept 1.1.)

10. **SYNTHESIZE YOUR KNOWLEDGE**



The cells in this SEM are epithelial cells from the small intestine. Discuss how aspects of their structure contribute to their specialized functions of nutrient absorption and as a barrier between the intestinal contents and the blood supply on the other side of the sheet of epithelial cells.

For selected answers, see Appendix A.

For additional practice questions, check out the **Dynamic Study Modules** in MasteringBiology. You can use them to study on your smartphone, tablet, or computer anytime, anywhere!

Women Tech Intl

CHAPTER 8

Cell membranes

Permeable	يسمح بمرور المواد	**Lysed**	متحطم (منفجر)	**Starch**	النشويات
Amphipathic	يحب ولا يحب الماء	**Turgid**	منتفخ	**Branch**	تفرع
Shriveled	منكمش	**Endocytosis**	نقل داخلي	**Kink**	إنحناء
Plasmolyzed	منكمش	**Exocytosis**	نقل خارجي	**Contractile**	إنقباض
Flaccid	متراخي (مترهل)	**Bulk**	ضخم جدا	**Backbone**	الهيكل

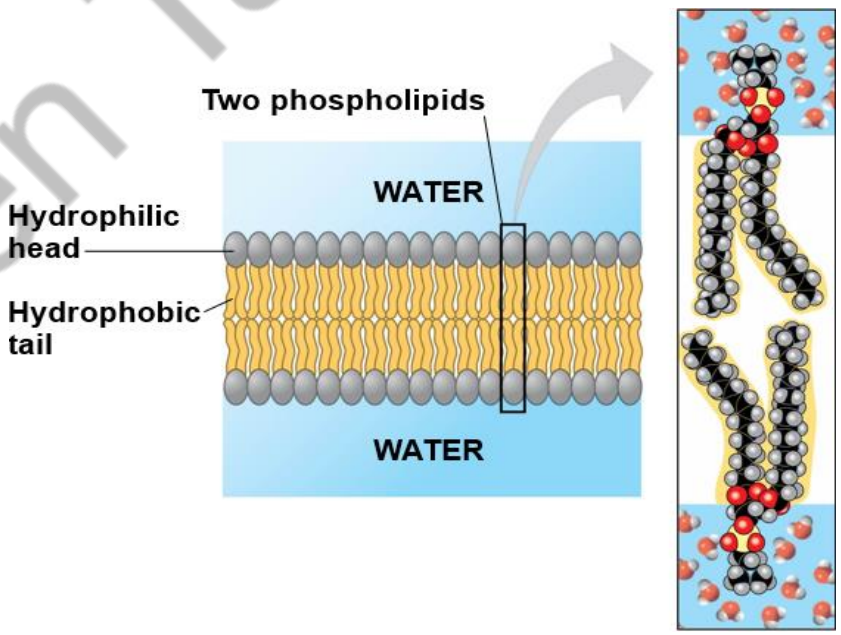
The **plasma membrane** is the **boundary** that **separates** the **living cell** from its **Surroundings**. The plasma membrane exhibits **selective permeability**, allowing some **substances** to cross it more **easily than others**. **Transport proteins** are often responsible for **controlling passage** across **cellular membranes**. Cell membranes are found **in all cells** and it is **ultra-thin** structure with **5-10nm** in **diameter.**

يعد **الغشاء البلازمي** طبقة تفصل **حدود الخلية الحية** عن ما **يحيط فيها**. ويعد الغشاء البلازمي **حاجز إنتقائي** بحيث يسمح **للمواد بالمرور** من **خلاله بسهولة**. يوجد على **الغشاء البلازمي** بعض **البروتينات** تعمل على **تنظيم عملية دخول** و**خروج المواد**. يوجد الغشاء البلازمي في جميع الخلايا ويعد **تركيب صغير الحجم يتراوح قطره ما بين 5-10** نانومتر

Concept 8.1: Cellular membranes are fluid mosaics of lipids and proteins

Phospholipids are the **most abundant** lipid in the **plasma membrane.** Phospholipids are **amphipathic** molecules, containing **hydrophobic** (water-**fearing**) and **hydrophilic** (water-**loving**) regions. The **hydrophobic tails** of the phospholipids are sheltered **inside** the membrane, while the **hydrophilic heads** are exposed to **water** on either side.

سوف نتحدث عن **النموذج الفسيفيسائي** للغشاء الخلية (**الغشاء الخلوي** هو نفس **الغشاء البلازمي**) والذي يتكون من **بروتينات** و**لليبيدات** (الدهون). يعد جزيء **الفسفوليبد** أكثر **الجزيئات الدهنية المكونة للغشاء البلازمي** (متواجد بشكل كبير) حيث أنه يعد من الجزيئات **المحبة للماء** و**الكارهة للماء** في **نفس الوقت** فهو يتكون من **جزئيتين** (**منطقتين**): منطقة **محبة للماء** وهي **منطقة الرأس** (كما نرى في الشكل المجاور) ومنطقة **غير محبة للماء** وهي المنطقة المتواجدة في **الداخل** (منطقة **الذيل**).



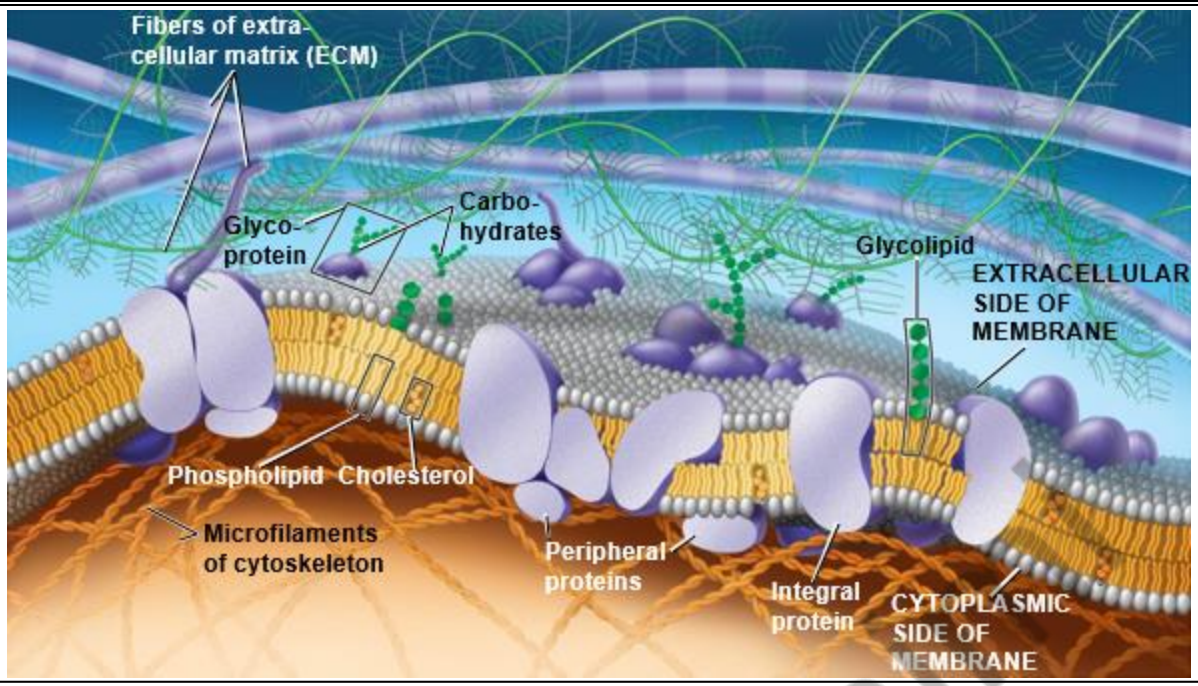
Fluid mosaic model = النموذج الفسيفسائي

Cell membrane composed of **Lipids** + **Proteins**.
Proteins such as: **Globular proteins** + **Glycoproteins.**
Lipids such as: **Phospholipids** (in **large** amounts) + **Glycolipids** +**Cholesterol**.

يتكون عشاء الخلية من **بروتينات** + **لليبيدات.**
البروتينات مثل: بروتينات كروية + **بروتينات سكرية.**
الليبيدات مثل: **الفسفوليبد** (بكميات **كبيرة**) + **الدهون السكرية** + **الكوليستيرول**.

In the **fluid mosaic model**, the membrane is a **mosaic of protein** molecules bobbing (embedded) in a **fluid bilayer** of **phospholipids**. **Proteins** are not randomly distributed in the membrane.

Mohsen Tamimi



ينص **النموذج الفسيفسائي للغشاء الخلوي** على أن الغشاء الخلوي يتكون من **جزيئات من الليبيدات** (بالأخص **الفسفوليبد**) بحيث **ترتبط البروتينات بداخلها** (أي أن **البروتينات** تخترق (تمر) عبر الدهون). وتتوزع **البروتينات** بشكل **منظم** وليس **بشكل عشوائي** في **الغشاء الخلوي**.

The Fluidity of Membranes: (هنالك **خاصية مميزة** للأغشية وهي أنها **لزجة**)

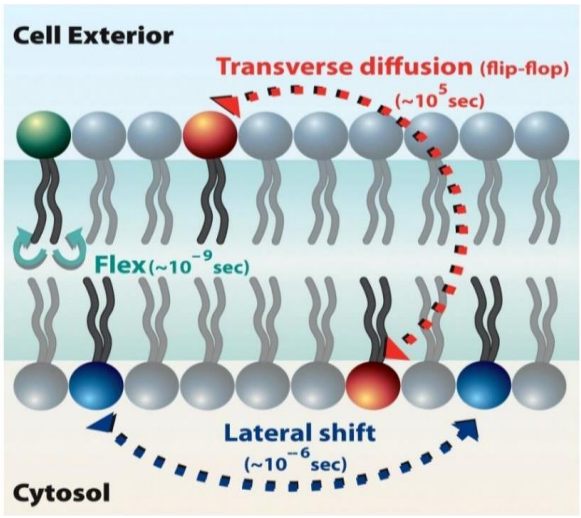
Membranes are **held together** mainly by **weak hydrophobic interactions**.

There are **two movements** that **occur** in the **cell membrane**:

1) **Sideway**: Most of the **lipids** and some **proteins** can move **sideways** within the membrane.

2) **Flip-flop**: **Rarely**, a **lipid** may **flip-flop** across the membrane, from **one phospholipid layer** to the **other.**

This figure is not included in the book but I put it to understand the Flip-flop movement of the cell membrane.

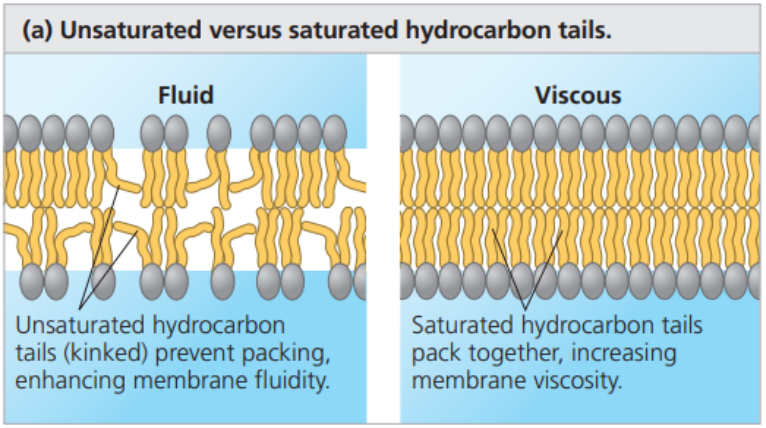


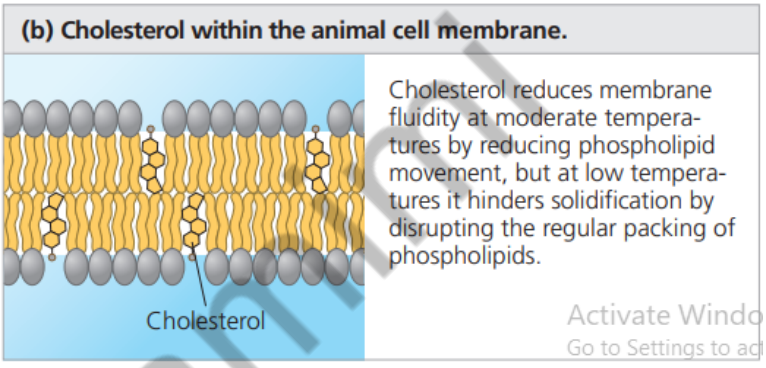
ترتبط الأغشية مع بعضها البعض عن طريق روابط ضعيفة تدعى بالروابط الكارهة للماء (مثل الزيت عندما نضع قطرات من الزيت داخل الماء تبدأ هذه القطرات بالتجمع مع بعضها البعض لتشكل طبقة علوية على سطح الماء).
هنالك حركتان تحدث داخل الغشاء الخلوي: 1- الحركة الجانبية: تستطيع بعض الليبيدات وبعض البروتينات أن تتحرك على جانب الغشاء الخلوي. 2- الحركة العكسية (القفز): تعد هذه الحركة نادرة حيث أنه الليبيدات فقط هي من تستطيع أن تتحرك (تقفز) من طبقة إلى طبقة أخرى. (الشكل غير مطلوب فقط للفهم)

As **temperatures cool**, membranes switch from a **fluid state** to a **solid state**. The temperature at which a membrane solidifies depends on the **types of lipids. Membranes** rich in **unsaturated fatty acids** are more **fluid** than those **rich in saturated fatty acids**. Membranes must be **fluid to work properly**; membranes are usually about as fluid as **salad oil.** The steroid **cholesterol** has different **effects** on the **membrane fluidity** of **animal cells** at different temperatures. 1- At **warm temperatures** (such as **37ºC**), cholesterol **restrains movement of phospholipids**. At **cool temperatures**, it **maintains fluidity** by **preventing tight packing**.

Women Farm

عندما **تنخفض درجة الحرارة** يتحول الغشاء من الحالة **اللزجة** إلى الحالة **الصلبة** ويتحكم في هذا الشيء **نوع الليبيدات المستخدمة** في تكوين الغشاء (أي أن هنالك **إختلاف** في **المواد** و**التراكيب** المكونة للأغشية وبالتالي لكل غشاء درجة حرارة **معينة** تحوله من **لزج إلى صلب**). الأغشية التي تحتوي على **حموض دهنية غير مشبعة** (الروابط **الثنائية**) تكون **لزجة أكثر** من الأغشية التي تحتوي على **حموض دهنية مشبعة** (روابط أحادية). ولكي يؤدي الغشاء وظائفه بشكل صحيح لابد من أن يكون في **الحالة اللزجة** (يجب أن يكون مثل لزوجة **الزيت**). يوجد لجزيء **الكوليستيرول تأثير كبير** على **لزوجة الغشاء الخلوي** الذي يتواجد فيه (وهو يتواجد فقط في **الخلايا الحيوانية**). وظيفة **الكوليستيرول**: 1- على درجات الحرارة **الدافئة** (مثل:37 سيليسيوس) **يمنع** (يقاوم) الكوليستيرول حركة **جزيئات الفوسفوليبد** (كما تحدثنا سابقا الحركة الجانبية والعكسية) / 2- على درجات الحرارة **المنخفضة** يحافظ الكوليستيرول على **لزوجة الغشاء** عن طريق **منع مكونات الغشاء من التراص (التماسك) مع بعضها البعض**.





Membrane Proteins and Their Functions:

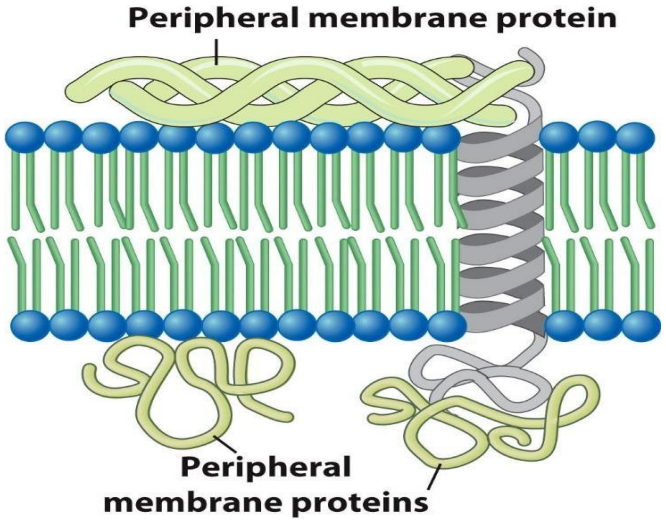
According to the fluid mosaic model **proteins** are **embedded** in phospholipid bilayer.

We have **two types** of **proteins** that function in cell membranes:

1) **Peripheral proteins:** are **bound** to the **surface** of the **membrane**.

2) **Integral proteins: penetrate** the **hydrophobic** core. Integral proteins that **span** the membrane are called **transmembrane proteins**. The **hydrophobic regions** of an **integral protein** consist of **one** or **more** stretches of **nonpolar amino acids**, often **coiled** into **α helices**.

البروتينات الغشائية ووظائفها: كما تحدثنا سابقا عن **النموذج الفسيفسائي** الذي يبين أن هنالك **بروتينات تخترق الأغشية** وبالتالي هنالك **نوعان من البروتينات الغشائية**: 1- **بروتينات سطحية**: تتواجد هذه البروتينات على **سطح الغشاء الخلوي وتكون مرتبطة به (لا تخترق الغشاء الخلوي)**. 2- **البروتينات الداخلية (المتكاملة)**: **تخترق** هذه البروتينات **الغشاء الخلوي** و**تمر عبره** حيث أنها تتكون من **جزئين** جزء **محب للماء وجزء غير محب للماء** (كما نرى في الشكل). اذا نظرنا الى الجزء **الغير محب للماء** فإننا نرى **العديد من الإلتفافات** في الداخل تسمى هذه الإلتفافات (**ألفا هيلكس**) كما تحدثنا سابقا عنها في شابتر 5 عن تركيب البروتينات.

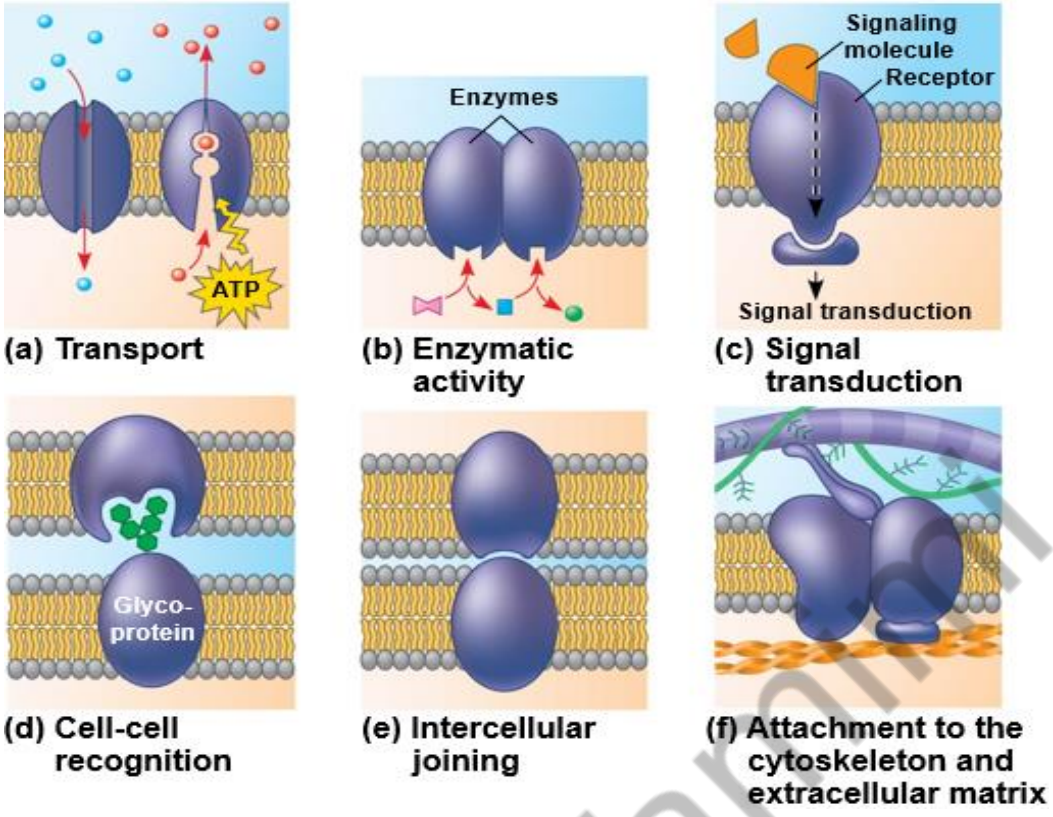


Functions of membrane proteins:

1) Transport**.**
2) Enzymatic activity.
3) Signal transduction**.**
4) Cell-cell recognition (by Glycoproteins).
5) Intercellular joining.
6) Attachment to the cytoskeleton and extracellular matrix (ECM).

وظيفة **البروتينات الغشائية**: 1- **النقل** / 2- **النشاط الإنزيمي** (التفاعلات) / 3- **عملية نقل الإشارات** / 4- **عملية التعرف خلية على خلية أخرى** (عن طريق **البروتينات السكرية**) / 5- عملية **التداخل بين الخلايا** / 6- **يرتبط** (يتمسك) **بالهيكل الخلوي والسائل الخلوي الداخلي**.

More in Tamil

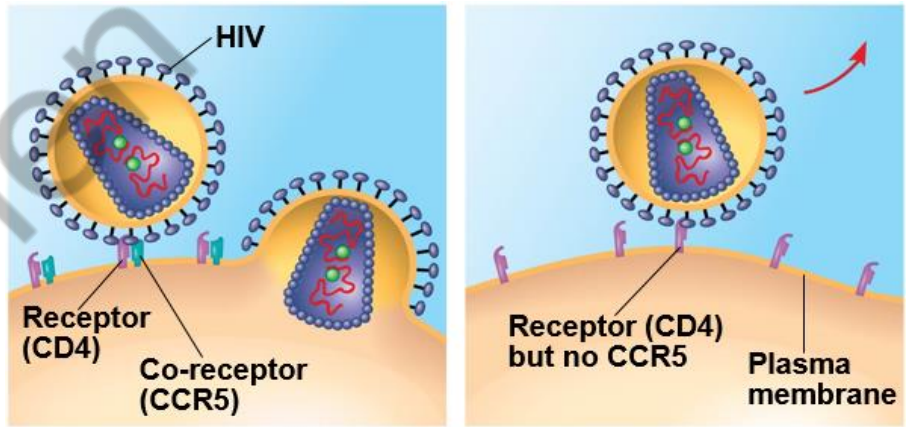


(a) Transport (b) Enzymatic activity (c) Signal transduction

(d) Cell-cell recognition (e) Intercellular joining (f) Attachment to the cytoskeleton and extracellular matrix

Cell-surface proteins are important in the medical field:
For **example HIV** must **bind** to the **immune cell-surface** protein **CD4** and a **co-receptor CCR5** in order to **infect** a cell. **HIV cannot enter** the cells of **resistant** individuals who **lack CCR5**. Drugs are now being **developed** to **mask** the **CCR5 protein**.

البروتينات المتواجدة على أسطح الأغشية تلعب دورا مهما في المجال الطبي: مثال على ذلك **مرض الإيدز (نقص المناعة المكتسبة)** يجب أن **يرتبط** مرض **الإيدز** على **سطح الخلايا المناعية** وذلك لكي **يدمرها ويقتلها** لكنه يرتبط عن طريق **نوعين** من المستقبلات **البروتينية** وهم **(CCR5 & CD4)** المتواجدة على **سطح** الخلايا المناعية التي **يهاجمها**. درسوا العلماء **تركيب** هذه البروتينات لكي يتمكنوا من **صنع أدوية** تعمل على **عدم إرتباط** فيروس الإيدز **بالمستقبل البروتيني (CCR5)**



(a) HIV can infect a cell with CCR5 on its surface, as in most people.

(b) HIV cannot infect a cell lacking CCR5 on its surface, as in resistant individuals.

The Role of Membrane Carbohydrates in Cell-Cell Recognition:
Cells **recognize** each **other** by **binding** to **molecules**, often **containing carbohydrates**, on the **extracellular surface** of the **plasma membrane**. Membrane carbohydrates may be **covalently bonded** to **lipids** (forming **glycolipids**) or, more commonly, to **proteins** (forming **glycoproteins**).

وظيفة **الكاربوهيدرات (السكريات)** الموجودة على **أسطح الخلايا** هي إمكانية **تعرف خلية على خلية أخرى مجاورة لها** (عملية **التواصل** بين الخلايا). تستطيع الخلايا أن **تميز بعضها البعض** عن طريق بعض **الجزيئات** التي **ترتبط** على **أسطحها الخارجية** (من جهة **السائل الخارج خلوي**) والتي تحتوي **بالغالب** على **جزيئات** من **الكاربوهيدرات** (السكريات). ترتبط الكاربوهيدرات **بالليبيدات (الدهون)** **بروابط تساهمية** لتكون مركبات تعرف **بالدهون السكرية** وترتبط **الكاربوهيدرات بالبروتينات** لتكون **البروتينات السكرية** (كما تحدثنا في السابق عنهم).

Mohsin Tamim

Concept 8.2: Membrane structure results in selective permeability

A cell must **exchange materials** with its **surroundings**, a process controlled by the **plasma membrane**. Plasma membranes are **selectively permeable**, **regulating** the cell's **molecular** traffic. **Hydrophobic** (**nonpolar**) molecules, such as hydrocarbons, can **dissolve** in the **lipid bilayer** and **pass** through the membrane rapidly. Hydrophilic molecules including **ions** and **polar** molecules **do not cross** the membrane easily. **Proteins** built into the membrane **play key roles** in **regulating transport**.

يجب على الخلية أن تتبادل المواد مع البيئة المحيطة بها وذلك تقوم بعملياتها الحيوية ويعمل الغشاء البلازمي على إدارة (تنظيم) هذه العملية. يعد الغشاء البلازمي حاجز إنتقائي ينظم عملية دخول وخروج المواد من الخلية. وهنالك نوعان من المواد (الجزيئات) التي تدخل إلى الخلية:

1- جزيئات غير محبة للماء (كارهة للماء) مثل: المركبات الهيدروكربونية حيث تستطيع هذه المواد أن تعبر الغشاء البلازمي بسهولة وذلك لأن الغشاء البلازمي في الأصل يتكون من منطقة غير محبة للماء بنسبة أكبر من المنطقة المحبة للماء (أي أنه يحتوي على جزيئات دهنية غير محبة للماء بكمية كبيرة) لذلك تخترق هذه المواد الغشاء البلازمي بسهولة.

2- الجزيئات المحبة للماء مثل الأيونات والمركبات القطبية: لا تخترق هذه الجزيئات الغشاء البلازمي بسهولة وذلك لأنها لا تستطيع أن تخترق المنطقة الغير محبة للماء (ستجد من يقاومها عن الدخول) وبالتالي صنعت البروتينات داخل الأغشية لتوفر ممرا تستطيع هذه الجزيئات العبور من خلاله إلى داخل الخلية.

Transport Proteins:

Transport proteins allow **passage** of **hydrophilic** substances across the membrane

Some transport **proteins**, called **channel** proteins, have a hydrophilic channel that certain **molecules** or **ions** can use as a tunnel. **Channel** proteins called **aquaporins** greatly **facilitate** the **passage** of water molecules. Other transport **proteins**, called **carrier** proteins, bind to **molecules** and **change** shape to **shuttle** them across the membrane. A **transport protein** is **specific** for the **substance** it moves.

Aquaporins = قناة خاصة لتنظيم مرور الماء عبر الغشاء

So the thing is that we have **two different types** of membrane **proteins**:

1) **Channel proteins** (Ex: water channel aquaporins)
2) **Carrier proteins**.

تعمل **البروتينات** على **نقل المواد المحبة للماء** (مواد **قطبية** و**أيونية**) عبر **الغشاء البلازمي** داخل الخلية وتعتبر هذه البروتينات **كقنوات** لمرور **الجزيئات** عبرها. هنالك **قناة خاصة داخل الغشاء تنظم مرور الماء** إلى **داخل الخلية**. وهنالك نوع **آخر** من **البروتينات** التي تعمل على نقل **الجزيئات** (نوع آخر غير القنوات) تسمى **البروتينات الناقلة**. للبروتينات الناقلة آلية عمل مختلفة عن القنوات فهي عندما **ترتبط بها الجزيئات يتغير شكلها لكي تنقل الجزيء من جهة إلى جهة أخرى** وتعد هذه البروتينات **دقيقة جدا** في عملها عندما تنقل الجزيئات.

There are **two types** of **transports**: (هنالك نوعان من النقل داخل الأغشية)

1) Passive transport (**without** ATP). (النقل التلقائي)
2) Active transport (**with** ATP). (النقل النشط)

Diffusion: is the tendency for molecules to spread out evenly into the available space

Substances diffuse down their **concentration gradient**, the region along which the density of a **chemical** substance **increases** or **decreases**. **No work must** be done to **move** substances down the **concentration gradient**. The diffusion of a substance across a biological membrane is **passive transport** because **no energy** is expended by the cell to make it happen.

يعد **الإنتقال التلقائي** كعملية **الإنتشار للجزيئات** على الغشاء من دون الحاجة إلى **إستخدام طاقة**. يعرف **الإنتشار**: بأنه هو **ميل الجزيئات إلى التحرك في المساحة المتاحة**. **تنتشر** الجزيئات بحسب **تراكيزها** حيث تذهب من **التراكيز المرتفعة** إلى **التراكيز المنخفضة**. عملية الإنتشار **لا تحتاج طاقة** لكي **تنقل الجزيئات** بل **تنتقل بشكل تلقائي** (تنتقل عن طريق **الطاقة الحركية** التي تمتلكها بسبب وجود **فرق في التراكيز**).

Concept 8.3: Passive transport is diffusion of a substance across a membrane with no energy investment

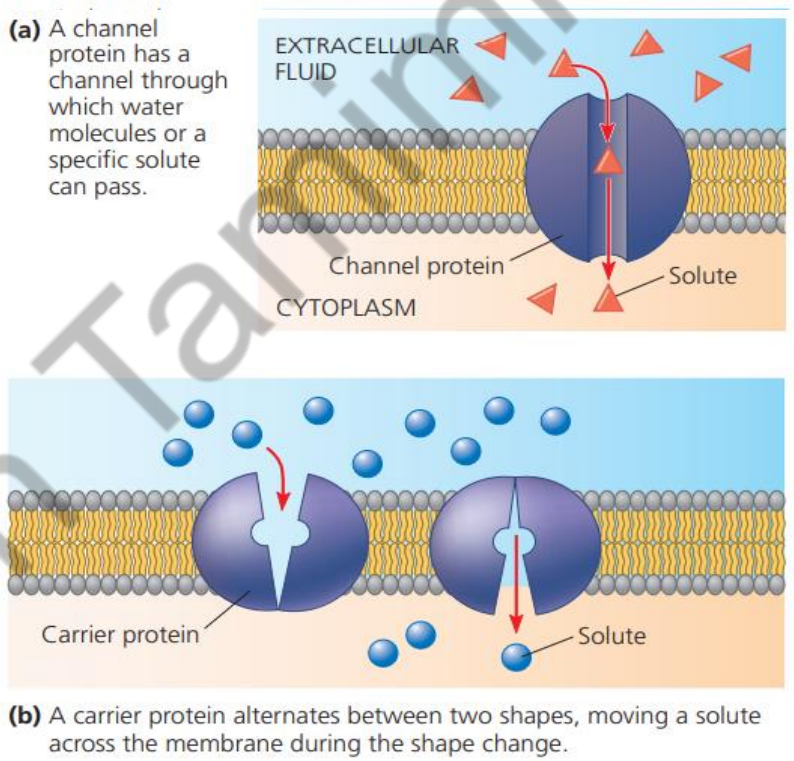
Women Famini

Passive transport is **composed** of **two types**:
1- Simple diffusion: The **movement** of the molecules across the membrane from **high** concentration to low concentration (We talked about it).
2- Facilitated diffusion: The **movement** of molecules across the membrane via **transporter proteins**. **Osmosis** is an example of a **passive diffusion** (Without using **ATP**.

هنالك **نوعان** من **النقل التلقائي**: 1- **الإنتشار البسيط:** وهو حركة الجزيئات عبر **الغشاء البلازمي** من المنطقة **الأكثر** كثافة إلى المنطقة **الأقل** كثافة. 2- **الإنتشار المحكم**: وهو حركة **الجزيئات** عبر **الغشاء البلازمي** عن طريق **القنوات البروتينية**.

In **facilitated diffusion**, **transport proteins speed** the **passive movement** of molecules **across** the plasma membrane. Transport proteins include **channel proteins** and **carrier proteins. Aquaporins** facilitate the **diffusion of water. Ion channels** facilitate the **transport** of **ions**. Some **ion channels**, called **gated channels**, **open** or **close** in **response** to a **stimulus.** For example, in **nerve cells**, ion channels **open** in response to **electrical stimulus.**

يعد **الإنتشار المحكم** للجزيئات أحد أنواع الإ**نتشار التلقائي** (**لا يحتاج إلى طاقة** لكي يعبر الغشاء البلازمي) وكما تحدثنا فإن **البروتينات المتواجدة** على الغشاء **تنقسم** إلى **قسمين**: **قنوات بروتينية** / **بروتينات ناقلة**. هنالك بعض القنوات البروتينية تسمى **بالقنوات الأيونية** التي تعمل على **نقل الأيونات** مثل **أيونات الصوديوم** أو **البوتاسيوم** (كما درسنا في التوجيهي). وهنالك بعض **القنوات** التي تحتوي على **بوابات تنظم** فترة **فتح القناة** و**إغلاقها** وذلك بحسب **تأثير المنبه** الذي **يصل** إلى هذه القناة. ومن **الأمثلة** على ذلك وأيضا كما درسنا هذا الموضوع في كتاب العلوم الحياتية التوجيهي (**الخلايا العصبية** تحتوي على **قنوات أيونية تفتح** عن طريق **وجود محفزات كهربائية** تغير فرق الجهد في الخلايا العصبية (**مستوى العتبة**).



(b) A carrier protein alternates between two shapes, moving a solute across the membrane during the shape change.

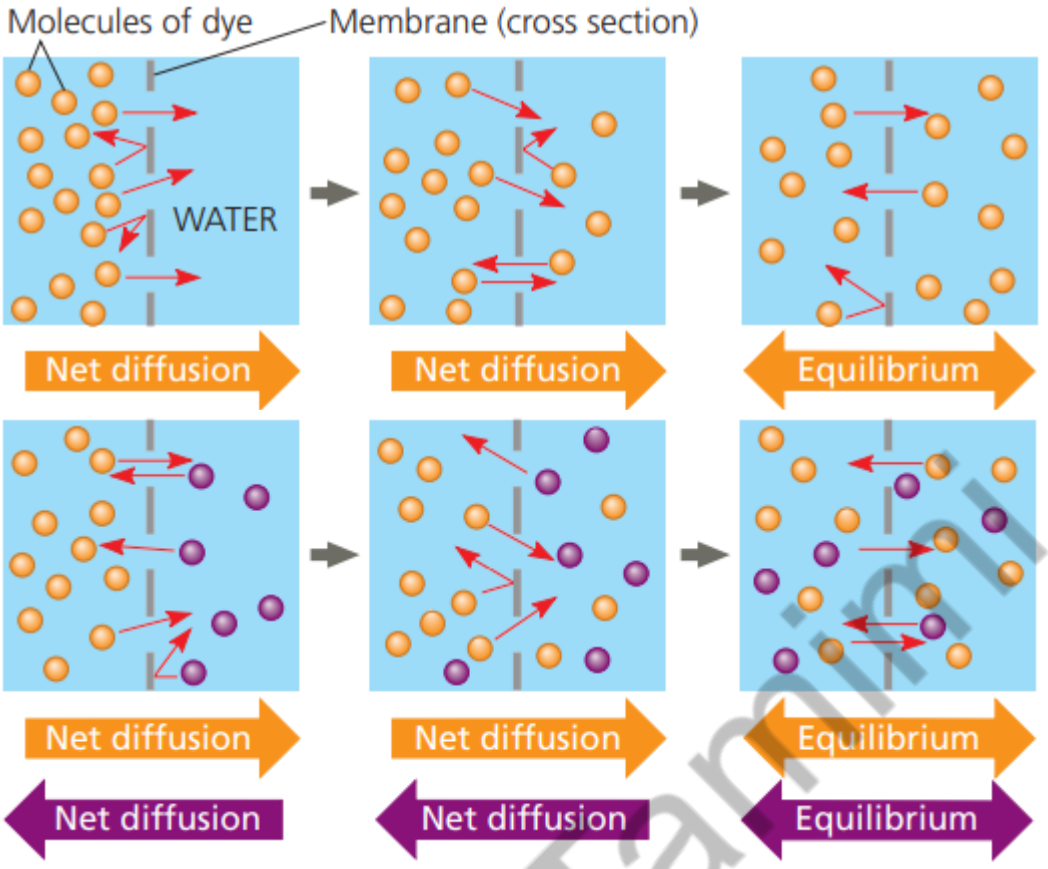
Carrier proteins undergo a **subtle change** in **shape** that **translocates** the **solute-binding** site across the **membrane.** This **change** in **shape** can be **triggered** by the **binding** and **release** of the **transported molecule.**

كما نرى في الشكل فإن **القنوات البروتينية** تنقل **الجزيئات** ولا يحدث **تغيّر** في **شكلها** أما **النواقل البروتينية** يحدث **تغيّر** في **شكلها** عندما **تنقل الجزيئات** من **خارج** الخلية إلى **داخل** الخلية. ترتبط الجزيئات **بالناقل البروتيني** ثم تخرج هذه **الجزيئات** من **الناقل** إلى **داخل** الخلية وعندما تخرج **يتغير شكل الناقل** لكي **لا تعود مرة أخرى وترتبط به**.

The substances are in a **permanent movements** within the cells. So they diffuses from one side (that have a **high** concentration) to the other (that have a **low** concentration) **without** using **energy** (ATP). **Osmosis** is the **diffusion** of **water** across a **selectively permeable** membrane. Water diffuses across a membrane from the region of **lower solute** concentration to the region of **higher solute** concentration until the solute concentration is **equal** on **both sides**.

الجزيئات في حالة **حركة دائمة** داخل الخلايا وهي **تنتشر** (تتحرك) من المنطقة **الأكثر تركيزا** إلى المنطقة **الأقل تركيزا** وذلك لكي تصل في **النهاية إلى حالة إتزان** من دون استخدام أي **مصدر للطاقة**. مثال على ذلك **الخاصيّة الإسموزية للماء** حيث يتحرك **الماء** من **المنطقة** التي تحتوي على **تركيز من المواد ذائبة أقل** إلى المنطقة التي تحتوي على **تركيز من المواد ذائبة أكثر** بحيث تصل في النهاية إلى **حالة إتزان** في **تركيز المواد الذائبة** بين الطرفين.

Moneen Tamimi



Water Balance of Cells without Cell Walls:

Tonicity: is the **ability** of a **surrounding solution** to **cause** a cell to **gain** or **lose** water**.** The tonicity of a solution **depends** on its **concentration** of **solutes** that cannot cross the membrane **relative** to that **inside** the cell.

يعمل الماء على **تنظيم البيئة المحيطة للخلايا**. مصطلح **التوترية**: قدرة المحلول المحيط بالخلية على **إعطاء الخلية الماء** أو **أخذ الماء منها**. أي أنه تعتمد الخلايا على **نسبة تراكيز المواد الذائبة** من **حولها** بحيث **تتحرك** جزيئات الماء إلى **داخلها** أو **تتحرك** جزيئات الماء **من داخل الخلية** إلى **الخارج**.

We have **three types** of solutions:

1) Isotonic solution: **Solute concentration** is the **same** as that **inside** the **cell no net** water **movement** across the plasma membrane.

2) Hypertonic solution: Solute concentration is **greater** than that **inside the cell** cell **loses water**.

3) Hypotonic solution: Solute **concentration** is **less than** that **inside the cell** cell **gains water**.

هنالك **ثلاثة أنواع من المحاليل**: 1- **المحلول المتعادل**: تركيز المواد الذائبة **متساوي داخل الخلية** و**خارجها** وبالتالي لا توجد **حركة نهائية للماء** (أي يتحرك **بالإتجاهين**) تبقى الخلية في **الحالة الطبيعية**. 2- **المحلول ذو التركيز العالي في الخارج**: يكون تركيز **المواد الذائبة** في **خارج الخلية أكثر** منها **داخل الخلية** لذلك **تفقد الخلية الماء** (**تنكمش**). 3- **المحلول ذو التركيز المنخفض في الخارج**: يكون تركيز **المواد الذائبة خارج الخلية أقل** منها **داخل الخلية** وبالتالي **يدخل الماء** إلى **داخل الخلية** (أي **تكتسب** الخلية الماء).

We want to compare between animal cells and plant cells in different solutions:

The difference between **animal** cells and **plant** cells is that the **normal** solution in animal cells is **Isotonic** (**no net** movement of water) but in **plant** cells the normal solution is **Hypotonic** (Turgid) plant cells **receive water**. The reason that plant cells **prefer** the hypotonic solution (to receive water inside it) is that it has a **central vacuole** that **needs** more **water** to be in normal situation.

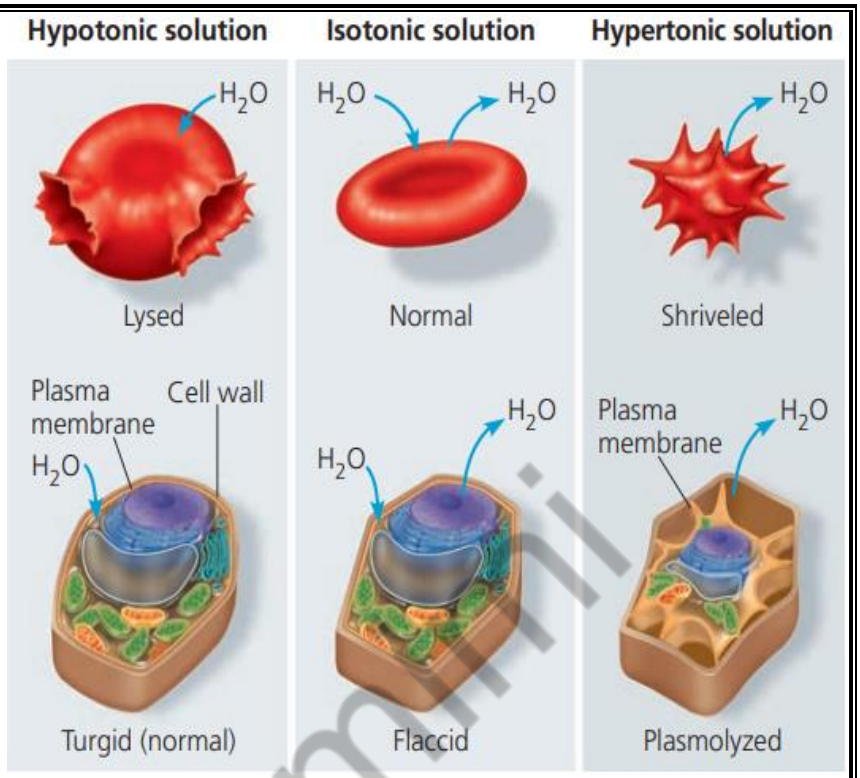
Shriveled = Plasmolyzed = (تنكمش الخلية) / **Normal** = (طبيعي) / **Flaccid** = (متراخي / مترهل)

Lysed = (منفجر)

Turgid = (منتفخ وطبيعي في حالة الخلايا النباتية)

Women Tamimi

تكون الخلايا **الحيوانية** في **الحالة الطبيعة** عندما تكون داخل **محلول متعادل** (أي **لا توجد** حركة **نهائية** للماء) أما في هذه الحالة **لا تكون** الخلايا **النباتية بالوضع الطبيعي** بل لكي تكون الخلايا **النباتية** بالوضع **الطبيعي** يجب أن تكون **حركة الماء النهائية** إلى داخل **الخلية** (أي أن الخلايا النباتية تكون **طبيعية** عندما **تستقبل الماء بداخلها** وذلك **لإحتوائها** على **فجوة مركزية**).



Water Balance of Cells with Cell Walls: Cell walls help **maintain water balance.** A plant cell in a **hypotonic solution** swells until the wall **opposes uptake** the cell is now **turgid** (firm)**.** If a plant cell and its surroundings are **isotonic**, there is **no net movement** of water into the cell; the cell becomes **flaccid** (limp). In a **hypertonic environment**, plant cells **lose water**. The membrane **pulls** away from the **cell wall**, causing the **plant** to **wilt**, a potentially lethal effect called **plasmolysis**.

يعمل **جدار الخلية** على **دعم وتنظيم الماء داخل الخلايا النباتية**. تحتاج الخلايا **النباتية** إلى **الماء بشكل كبير** لذلك تفضل أن **تكتسب الماء** من المنطقة المحيطة بها لكي تصبح **منتفخة الشكل**. تكون الخلايا النباتية **متراخية الشكل** إذا بقيت على حالها أي لم **تكتسب** ماء ولم **تفقد** ماء. أما اذا **فقدت** الخلايا النباتية الماء من داخلها فإنها **تنكمش**.

Concept 8.4: Active transport uses energy to move solutes against their gradients

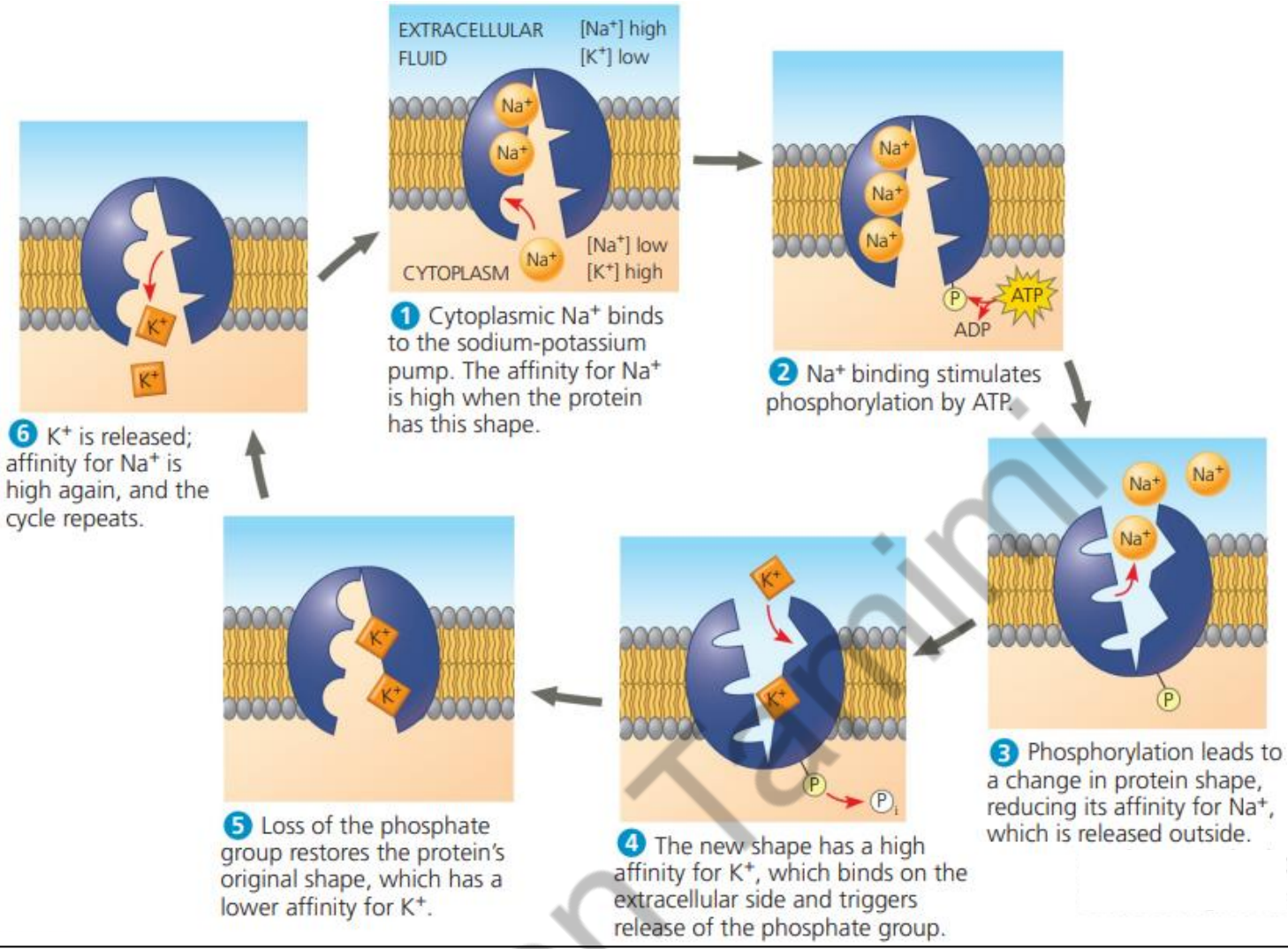
Facilitated diffusion is still **passive** because the solute moves **down** its **concentration gradient**, and the transport requires **no energy.** Some transport **proteins**, however, can move **solutes against** their **concentration gradients** and we call this **Active transport.**

يعد **الإنتشار المحكم** أحد أنواع **الإنتشار التلقائي للجزيئات** وذلك لأنه **لا يحتاج إلى طاقة** لنقل **الجزيئات** بل **تنتقل** عن طريق **الفرق** بين **التراكيز** من **منطقة لمنطقة** أخرى. أما **النقل النشط** يحتاج إلى **طاقة** لأنه ينقل الجزيئات **بعكس إتجاه تركيزها** أي من **المنطقة الأقل تركيز** إلى **المنطقة الأعلى تركيز**.

Active transport requires **energy**, usually in the form of **ATP hydrolysis**, to move substances **against** their **concentration** gradients. All **proteins** involved in **active transport** are **carrier** proteins. Active transport allows cells to **maintain** concentration gradients that differ from their **surroundings**. For example, an **animal cell** has a much **higher potassium** (K^+) and a much **lower sodium** (Na^+) concentration compared to its surroundings. This is controlled by the **sodium-potassium pump**, a transport **protein** that is **energized** by transfer of a **phosphate group** from the **hydrolysis of ATP.**

النقل النشط يحتاج إلى **طاقة** ويستمد هذه الطاقة من **تحلل مركب** ال **ATP** وذلك لكي **ينقل الجزيئات بعكس إتجاه تركيزها**. وجميع **البروتينات** التي تدخل في **عملية النقل النشط** هي **بروتينات ناقلة** فقط (ولا يوجد أي نوع من القنوات البروتينية). **مثال** على **النقل النشط** في الخلايا الحيوانية هي **مضخة أيونات صوديوم – بوتاسيوم**: يكون نسبة **تركيز أيونات الصوديوم** في السائل **الخارج** خلوي **أكثر** من نسبة **تركيز أيونات البوتاسيوم** لكن يكون **تركيز أيونات البوتاسيوم** في **السايتوسول** (السائل **الداخل** خلوي) أكثر من **تركيز أيونات الصوديوم** لذلك تعمل **مضخة أيونات صوديوم – بوتاسيوم** على **الحفاظ** على تركيز كل من **أيونات الصوديوم** و**البوتاسيوم** داخل **الخلية** و**خارجها** فتنقل **3 جزيئات من أيونات الصوديوم بعكس إتجاه تركيزها** (أي من **داخل** الخلية إلى **خارجها**) و**تنقل جزيئين** من **أيونات البوتاسيوم** من **خارج** الخلية إلى **داخلها** وأيضا **بعكس إتجاه تركيزها**. لذلك تحتاج عملية النقل هذه إلى **طاقة** لأنها تنقل الجزيئات **بعكس** إتجاه **تراكيزها**.

Women Tamimi



1- ترتبط 3 جزيئات من أيونات الصوديوم في الناقل البروتيني حيث أنه يتلاءم شكلها مع منطقة الإرتباط.
2- تحدث عملية الفسفرة (اضافة مجموع الفوسفات للناقل البروتيني وذلك لكي تزوده بالطاقة لنقل أيونات الصوديوم).
3- تؤدي عملية الفسفرة إلى حدوث تغير في شكل البروتين.
4- يتغير شكل البروتين ليرتبط به جزيئين من أيونات البوتاسيوم.
5- ثم يخسر البروتين مجموعة الفوسفات ليعود لشكله الأصلي.
6- تنتقل أيونات البوتاسيوم إلى داخل الخلية. وتتكرر العملية أكثر من مرة وتصبح أيونات الصوديوم تتلاءم مع شكل منطقة الإرتباط.

How Ion Pumps Maintain membrane Potential:
Membrane potential is the **voltage across a membrane.** Voltage is created by **differences** in the distribution of **positive** and **negative ions** across a membrane**.** The **cytoplasmic side** of the membrane is **negative** in **charge relative** to the **extracellular side.** We have **positive charge** on the **extracellular side** of the membrane becouse of **Na^+- K^+ Pump**. The **pump** transport **3 ions of sodium outside the membrane** and **2 ions of potasium inside it**. Then if we **calculate** the **net charge** of the **membrane** ($3Na^+$-$2K^+$=$1Na^+$) we will have **more positive charges** in the **Extracellular side**.

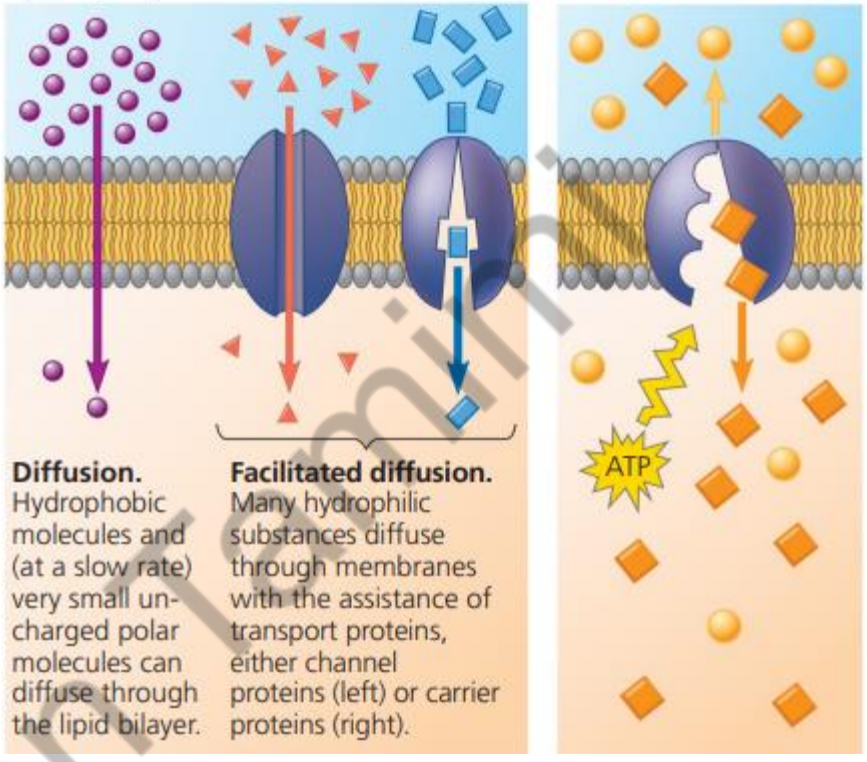
Momen Tamimi

تحدثنا سابقا عن **مضخة أيونات الصوديوم – بوتاسيوم** ولكن كيف تعمل **المضخات الأيونية** على **الحفاظ** على فرق الجهد في الغشاء: يتكون **الجهد داخل الغشاء من الشحنات المتواجدة** عليه إذ أن فرق الجهد بين الأغشية يتكون **بسبب إختلاف الشحنات** المتواجدة على الغشاء (شحنات **موجبة** و**سالبة**). تكون شحنة **السايتوبلازم** أو ما يعرف **بالسائل البلازمي** أو **(السائل داخل الخلوي) سالبة (-)** أما من **جهة السائل الخارج خلوي** فتكون الشحنة **موجبة (+)**. **والسبب** أنه عندما تعمل **مضخة أيونات صوديوم – بوتاسيوم** فإنها تنقل **ثلاثة جزيئات** من **أيونات الصوديوم** إلى **الخارج وجزيئين** من **أيونات البوتاسيوم** إلى **الداخل** وبالتالي عندما نحسب **فرق الشحنة** نرى أنه توجد **شحنة موجبة زائدة** في **الخارج** عن الداخل بسبب نقل **ثلاثة أيونات من الصوديوم وأيونين من البوتاسيوم** (3 – 2 = 1) وبالتالي الغشاء الخارجي **ذو شحنة موجبة**.

Figure 8.16 Review: passive and active transport.

Passive transport. Substances diffuse spontaneously down their concentration gradients, crossing a membrane with no expenditure of energy by the cell. The rate of diffusion can be greatly increased by transport proteins in the membrane.

Active transport. Some transport proteins act as pumps, moving substances across a membrane against their concentration (or electrochemical) gradients. Energy is usually supplied by ATP hydrolysis.



Diffusion. Hydrophobic molecules and (at a slow rate) very small uncharged polar molecules can diffuse through the lipid bilayer.

Facilitated diffusion. Many hydrophilic substances diffuse through membranes with the assistance of transport proteins, either channel proteins (left) or carrier proteins (right).

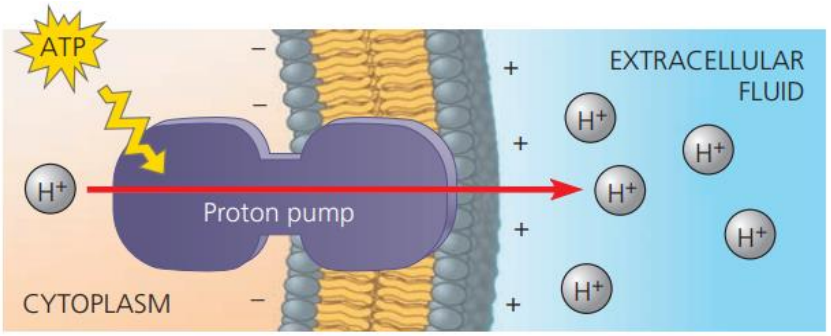
We have **two forces** that drive the **diffusion** of molecules **across a membrane**:
A) Concentration gradient: Only a chemical force (the **ion's concentration gradient**
B) Electrochemical gradient:
Two combined forces
1) **A chemical force** (the **ion's concentration gradient**).
2) An **electrical force** (the **effect** of the **membrane potential** on the **ion's movement**).

يوجد لدينا **نوعان من القوى** التي **تحرك الجزيئات** غبر **الغشاء البلازمي**:
1- **تركيز الجزيئات**: وهي **قوة كيميائية فقط** (أي أنه من يتحكم في هذه القوة **تركيز الأيونات** في **المنطقة المتواجدة فيها**).
2- **تركيز الجزيئات وشحنتها**: وتعد هذه القوة **مركبة** إذ أنها **تدمج** ما بين **القوة الكيميائية** (**تركيز الأيونات**) و**القوة الكهربائية** (تأثير **فرق الجهد** على **حركة الأيونات** عبر **الغشاء البلازمي**).

An **electrogenic pump** is a **transport protein** that generates **voltage** across a **membrane**. The **sodium-potassium pump** is the **major electrogenic pump of animal** cells. The main **electrogenic pump of plants**, **fungi**, and **bacteria** is a **proton pump (H^+ Pump)**. Which actively **transports** hydrogen ions **(H^+)** out of the cell. **Electrogenic pumps** help **store energy** that can be **used** for **cellular work**.
Electrogenic pump = (مضخة تنتج فرق جهد عبر الغشاء البلازمي مثل مضخة أيونات صوديوم – بوتاسيوم)

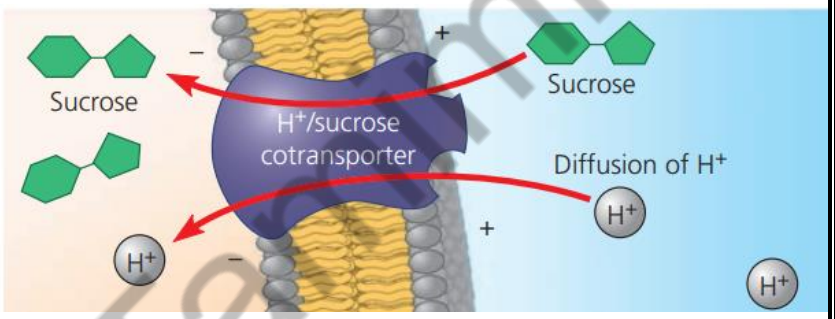
Moemen Tamimi

تعد **مضخة أيونات صوديوم – بوتاسيوم** هي **المضخة الرئيسية** التي تنتج **فرق جهد عبر الغشاء البلازمي للخلايا الحيوانية**. أما المضخة الرئيسية للخلايا **النباتية** و**الأعفان** و**البكتيريا** فهي مضخة **أيونات الهيدروجين** والتي تنقل **أيونات الهيدروجين** من **داخل** الخلية إلى **خارجها** بإستخدام **الطاقة** لأنها **تنقله بعكس إتجاه تركيزه**. وتعد هذه المضخات مضخات **كهروحيوية** وذلك لأنها **تنقل أيونات** و**تغير فرق الجهد الغشائي** في نفس الوقت.



Cotransport: Coupled Transport by a Membrane Protein. (النقل المزدوج)
Cotransport occurs when **active transport** of a **solute** indirectly drives **transport** of other **substances**. The diffusion of an **actively transported solute down** its **concentration gradient** is coupled with the transport of a **second substance against** its own **concentration gradient**.

هنالك بعض النواقل البروتينية **تنقل نوعين من الجزيئات بنفس الوقت (نقل مزدوج)** حيث يتم نقل **جزيء بإتجاه تركيزه والآخر بعكس إتجاه تركيزه**. كما نرى في الشكل يوجد لدينا **ناقل بروتيني مزدوج** حيث ينقل **أيونات الهيدروجين** بإتجاه **تركيزها الكهروكيميائي** من **الخارج** إلى **الداخل** وينقل سكر **السكروز بعكس إتجاه تركيزه**. ويستمد **الناقل** المزدوج **طاقته** من **عمليات النقل الأخرى**.



H+ down its **electrochemical** gradient / **Sucrose against** its **concentration** gradient

Concept 8.5: Bulk transport across the plasma membrane occurs by exocytosis and endocytosis

Small molecules and **water enter** or **leave** the **cell through the lipid bilayer** or via **transport** proteins. **Large** molecules, such as **polysaccharides** and **proteins**, cross the membrane in **bulk via**

تستطيع **الجزيئات الصغيرة** المرور عبر **الغشاء البلازمي بسهولة** وتوجد بعض **البروتينات** التي **تساعدها على العبور**. لكن **الجزيئات الكبيرة** مثل **السكريات المتعددة** و**البروتينات لا تستطيع** أن تمر عبر الغشاء البلازمي لذلك **تنتقل** هذه **الجزيئات عبر حويصلات خاصة** وتحتاج إلى **طاقة** لكي **يتم نقلها**.

vesicles. **Bulk transport requires energy.**
Lets talk about Exocytosis: (سوف نتحدث عن الإخراج الخلوي)
In **exocytosis**, transport vesicles **migrate** to the **membrane**, **fuse with it**, and **release** their **contents outside the cell.** Many **secretory** cells use **exocytosis** to **export their products**.

في **عملية الإخراج الخلوي** توجد **حويصلات ناقلة** تنقل **المركبات** أو **الجزيئات كبيرة الحجم** من **داخل** الخلية إلى **خارجها**. **لكن كيف تتم هذه العملية؟؟** ترتبط **الحويصلة الناقلة** بالغشاء **البلازمي** ثم بعد ذلك **تندمج معه** وبعدها **تطلق الجزيئات الكبيرة** التي **تحملها** إلى **خارج الخلية**.
والهدف من هذه العملية هي **نقل المركبات كبيرة الحجم إلى خارج الخلية**.

Endocytosis: (الإدخال الخلوي)
In **endocytosis**, the cell **takes** in **macromolecules** by **forming vesicles** from the plasma membrane. **Endocytosis** is a **reversal** of **exocytosis**, involving different **proteins**.
There are **three types** of **endocytosis**:
1) **Phagocytosis** ("cellular **eating**").
2) Pinocytosis ("cellular **drinking**").
3) Receptor-mediated endocytosis.

Women Tasmi

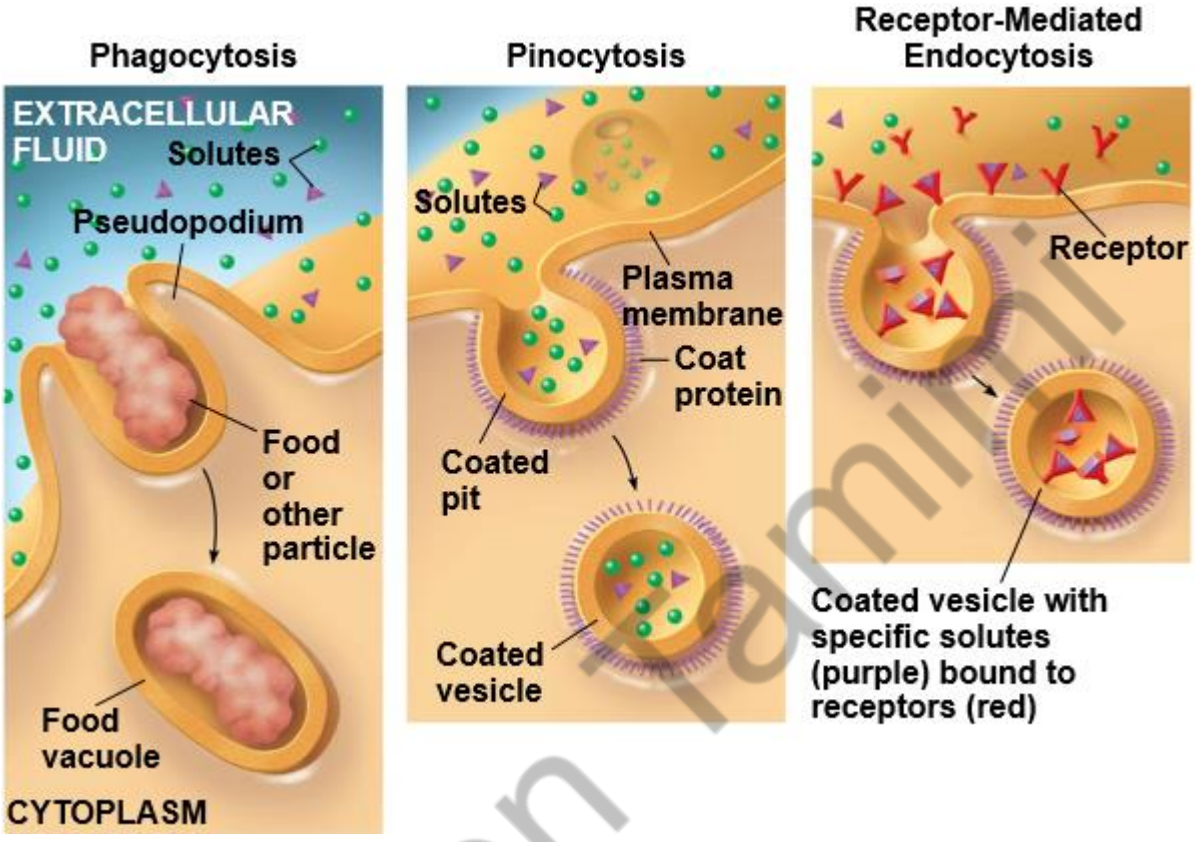
عملية **الإدخال الخلوي:** هي عملية نقل **الجزيئات الكبيرة** إلى **داخل الخلية** عبر **الحويصلات الناقلة**

هنالك ثلاثة أنواع لعملية الإدخال الخلوي:

1) عملية البلعمة وتكون **للطعام.**

2) عملية البلعمة **للسوائل الخلوية.**

3) عملية **الإدخال الخلوي** عن طريق **إرتباط الجزيئات بالمستقبلات.**



1) In **phagocytosis**, a cell **engulfs** a particle in a **vacuole**. The vacuole **fuses** with a **lysosome** to **digest** the **particle**.

2) In **pinocytosis**, molecules dissolved in **droplets** are taken up when **extracellular** fluid is "**gulped**" into tiny **vesicles**.

3) In **receptor-mediated endocytosis**, binding of **specific solutes** to **receptors** triggers **vesicle** formation. **Receptor proteins**, **receptors**, and other **molecules** from the **extracellular fluid** are **transported** in the vesicles. Emptied **receptors** are **recycled** to the **plasma membrane**.

1- **تبتلع** الخلية **جزيئات الطعام** أو **غيرها** من **الجزيئات** وتضعها **داخل فجوة كبيرة** ثم عندما تدخل هذه الفجوة إلى **داخل الخلية تندمج** مع **الأجسام المحللة** لكي **تحطم** هذه الجزيئات **الكبيرة** إلى جزيئات **أصغر**.

2- يتم **إبتلاع جزيئات صغيرة (سوائل خلوية)** وتضعها **داخل حويصلة** لكي **يأخذها** السائل **الخارج خلوي** معه إلى **داخل الخلية**.

3- **عملية إرتباط الجزيئات بالمستقبلات البروتينية على الخلية**: يتم في هذه العملية **إرتباط** بعض **الجزيئات المحددة بالمستقبلات البروتينية** على **الخلية مشكلة حويصلة** (كما في **الشكل أعلاه**). يتم نقل **جميع ما تحتويه الحويصلة** من **مستقبلات بروتينية وجزيئات** وغيرها إلى **السائل الخارج خلوي** ثم إلى **داخل الخلية**. تعود **المستقبلات البروتينية فارغة** من **جديد** لكي **تستقبل الجزيئات** ويتكرر حدوث هذه **الدورة بإستمرار**.

Human cells use **receptor-mediated endocytosis** to take in **cholesterol**, which is **carried** in particles called **low-density lipoproteins** (LDLs). Individuals with the **disease** familial **hypercholesterolemia** have **missing** or **defective LDL receptor proteins. Hypercholesterolemia**, also called **high cholesterol**, is the **presence** of **high levels** of **cholesterol** in the **blood. LDL** is a **harmfull molecule** and we need to **get rid of it**. **To get rid of it** cells **transport** these **molecules** to the **liver** and **liver** will **convert** these **LDL molecules** to **HDL** (High – density lipoproteins) **molecules**. HDL **molecules** are **useful** for the **human** body.

Momen Tamimi

بروتينات دهنية عالية الكثافة وهي **مفيدة** = **HDL** / بروتينات دهنية منخفضة الكثافة وهي **ضارة** للإنسان = **LDL**

تستخدم **الخلايا الإنسانية** عملية **الإدخال الخلوي** عن طريق **المستقبلات البروتينية** وذلك **لأخذ الكوليستيرول وتجميعه** في **مركبات** أو **جزيئات** تعرف **البروتينات الدهنية منخفضة الكثافة**. **جميع** الخلايا الإنسانية **تحتوي على هذه الجزيئات** وهي جزيئات **ضارة للأنسان** وتكون السبب في **حدوث تجلطات قلبية** لكن يتم **التخلص منها عن طريق نقلها** إلى **الكبد** لكي يتم **إمتصاصها وتحويلها** إلى **جزيئات مفيدة للجسم** (**بروتينات دهنية مرتفعة الكثافة**) ويتم نقلها عن طريق **الحويصلات المتشكلة** من عملية **الإدخال الخلوي** عن طريق **المستقبلات**. في بعض الأحيان يحدث **خلل وراثي** لدى **الإنسان** حيث أن **تفقد خلاياه المستقبلات التي يرتبط بها الكوليستيرول** (**لا يوجد** مستقبلات **للكوليستيرول** على الخلية) وبالتالي **ترتفع نسبة تركيز الكوليستيرول** في **الدم** مما يؤدي إلى حدوث **أمراض القلب**.

Test Questions (Practice exam)
Test Yourself

Q1) According to the fluid mosaic model of membrane structure, proteins of the membrane are mostly:
A) Confined to the hydrophobic core of the membrane.
B) Embedded in the lipid bilayer.
C) Randomly oriented in the membrane.
D) None of the above.

Q2) Active transport involves:
A) Movement with a concentration gradient.
B) Chemical energy.
C) Simple diffusion.
D) The movement of water.
E) Movement against concentration gradient.

Q3) A sodium potassium pump is a type of...
A) Passive transport.
B) Cotransport.
C) Active transport.
D) Symport.
E) None of the above.

Q4) Which of the following is a major components of cell membrane?
A) Cholesterol.
B) Steroid.
C) Trans-fat.
D) None of the above.

Q5) What is the major function of cholesterol in cell membrane?
A) Maintain fluidity.
B) Strengthens bilayer.
C) Transport molecules.
D) None of the above.

Q6) Which of the following can pass through phospholipid bilayer without assistance?
A) Fat-soluble molecules.
B) Ions.
C) Water.
D) None of the above.

Q7) How is large molecules enter the phospholipid bilayer?
A) Exocytosis.
B) Endocytosis.
C) Cotransport.
D) All of the above.

Women Tamimi

Q8) What method does channel protein adopt to transport ions?
A) Facilitated diffusion.
B) Active transport.
C) Both A and B.
D) None of the above.
Q9) What is NOT TRUE about the cell membrane?
A) It controls what enters and leaves the cell.
B) Semipermeable.
C) Phospholipid bilayer.
D) Contains digestive enzymes.
Q10) What forms the channels and pumps in the phospholipid bilayer?
A) Carbohydrates.
B) Proteins.
C) Hydrophilic heads.
D) Lipids.
Q11) What is the role of transport proteins?
A) Make amino acids.
B) Move proteins sideways within plasma membrane.
C) Give cells their shape.
D) Move needed substances or waste materials through plasma membrane.
Q12) Which of the following molecules would NOT be found in animal plasma membranes?
A) Proteins.
B) Phospholipids.
C) Glycolipids.
D) Cholesterols.
E) Nucleic acids.
Q13) Which type of protein in the plasma membrane has carbohydrate attached to it so that cells can be distinguished from each other?
A) Carrier protein.
B) Channel protein.
C) Cell-recognition protein.
D) Receptor protein.
E) Enzymatic protein.
Q14) A _____ protein has a specific shape such that only a particular molecule can bind to it?
A) Enzymatic.
B) Receptor.
C) Cell-recognition.
D) Carrier.
E) Channel.
Q15) A hormone such as insulin acts by attaching to _____ proteins in the plasma membrane and increasing the glucose carriers present?
A) Receptor.
B) Enzymatic.
C) Carrier.
D) Channel.
E) Cell – recognition.

1- B	2- E	3- C	4- D	5- A	6- A	7- B	8- B	9- D	10- B
11- D	12- E	13- C	14- D	15- A					

Momen Tamimi

Endocytosis and exocytosis also provide mechanisms for rejuvenating or remodeling the plasma membrane. These processes occur continually in most eukaryotic cells, yet the amount of plasma membrane in a nongrowing cell remains fairly constant. The addition of membrane by one process appears to offset the loss of membrane by the other.

Energy and cellular work have figured prominently in our study of membranes. In chapters 10 and 11, you will learn more about how cells acquire chemical energy to do the work of life.

BioFlix® Animation: Membrane Transport

CONCEPT CHECK 8.5

1. As a cell grows, its plasma membrane expands. Does this involve endocytosis or exocytosis? Explain.
2. **DRAW IT** ➤ Return to Figure 8.9, and circle a patch of plasma membrane that is coming from a vesicle involved in exocytosis.
3. **MAKE CONNECTIONS** ➤ In Concept 7.7, you learned that animal cells make an extracellular matrix (ECM). Describe the cellular pathway of synthesis and deposition of an ECM glycoprotein.

For suggested answers, see Appendix A.

8 Chapter Review

Go to **MasteringBiology**™ for Videos, Animations, Vocab Self-Quiz, Practice Tests, and more in the Study Area.

SUMMARY OF KEY CONCEPTS

CONCEPT 8.1

Cellular membranes are fluid mosaics of lipids and proteins *(pp. 197–201)*

VOCAB SELF-QUIZ goo.gl/Rn5Uax

- In the **fluid mosaic model, amphipathic** proteins are embedded in the phospholipid bilayer.
- Phospholipids and some proteins move sideways within the membrane. The unsaturated hydrocarbon tails of some phospholipids keep membranes fluid at lower temperatures, while cholesterol helps membranes resist changes in fluidity caused by temperature changes.
- Membrane proteins function in transport, enzymatic activity, signal transduction, cell-cell recognition, intercellular joining, and attachment to the cytoskeleton and extracellular matrix. Short chains of sugars linked to proteins (in **glycoproteins**) and lipids (in **glycolipids**) on the exterior side of the plasma membrane interact with surface molecules of other cells.
- Membrane proteins and lipids are synthesized in the ER and modified in the ER and Golgi apparatus. The inside and outside faces of membranes differ in molecular composition.

? *In what ways are membranes crucial to life?*

CONCEPT 8.2

Membrane structure results in selective permeability *(pp. 201–202)*

- A cell must exchange molecules and ions with its surroundings, a process controlled by the **selective permeability** of the plasma membrane. Hydrophobic substances are soluble in lipids and pass through membranes rapidly, whereas polar molecules and ions generally require specific **transport proteins**.

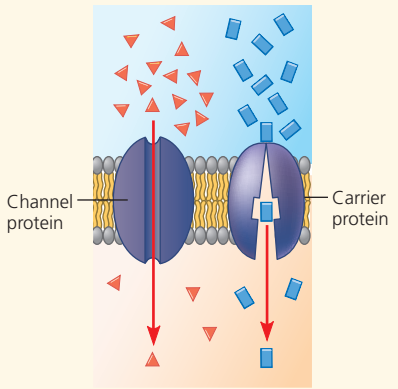
? *How do aquaporins affect the permeability of a membrane?*

CONCEPT 8.3

Passive transport is diffusion of a substance across a membrane with no energy investment *(pp. 202–206)*

- **Diffusion** is the spontaneous movement of a substance down its **concentration gradient**. Water diffuses out through the permeable membrane of a cell (**osmosis**) if the solution outside has a higher solute concentration (**hypertonic**) than the cytosol; water enters the cell if the solution has a lower solute concentration (**hypotonic**). If the concentrations are equal (**isotonic**), no net osmosis occurs. Cell survival depends on balancing water uptake and loss.
- In **facilitated diffusion**, a transport protein speeds the movement of water or a solute across a membrane down its concentration gradient. **Ion channels** facilitate the diffusion of ions across a membrane. Carrier proteins can undergo changes in shape that translocate bound solutes across the membrane.

Passive transport: Facilitated diffusion

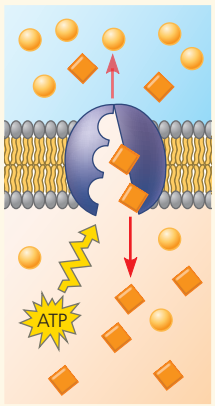


? *What happens to a cell placed in a hypertonic solution? Describe the free water concentration inside and out.*

CONCEPT 8.4

Active transport uses energy to move solutes against their gradients *(pp. 206–209)*

Active transport



- Specific membrane proteins use energy, usually in the form of ATP, to do the work of **active transport**.
- Ions can have both a concentration (chemical) gradient and an electrical gradient (voltage). These gradients combine in the **electrochemical gradient**, which determines the net direction of ionic diffusion.
- **Cotransport** of two solutes occurs when a membrane protein enables the "downhill" diffusion of one solute to drive the "uphill" transport of the other.

? *ATP is not directly involved in the functioning of a cotransporter. Why, then, is cotransport considered active transport?*

Monen Thini

CONCEPT 8.5

Bulk transport across the plasma membrane occurs by exocytosis and endocytosis *(pp. 209–211)*

- In **exocytosis**, transport vesicles migrate to the plasma membrane, fuse with it, and release their contents. In **endocytosis**, molecules enter cells within vesicles that pinch inward from the plasma membrane. The three types of endocytosis are **phagocytosis, pinocytosis**, and **receptor-mediated endocytosis**.

? *Which type of endocytosis involves the binding of specific substances in the extracellular fluid to membrane proteins? What does this type of transport enable a cell to do?*

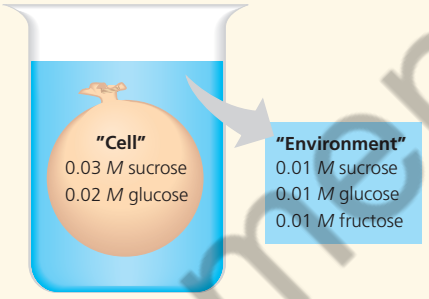
TEST YOUR UNDERSTANDING

Multiple-choice Self-Quiz questions 1–5 can be found in the Study Area in MasteringBiology.

6. DRAW IT An artificial "cell" consisting of an aqueous solution enclosed in a selectively permeable membrane is immersed in a beaker containing a different solution, the "environment," as shown in the accompanying diagram. The membrane is permeable to water and to the simple sugars glucose and fructose but impermeable to the disaccharide sucrose.

PRACTICE TEST
goo.gl/iAsVgL

(a) Draw solid arrows to indicate the net movement of solutes into and/or out of the cell.
(b) Is the solution outside the cell isotonic, hypotonic, or hypertonic?
(c) Draw a dashed arrow to show the net osmosis, if any.
(d) Will the artificial cell become more flaccid, more turgid, or stay the same?
(e) Eventually, will the two solutions have the same or different solute concentrations?



7. EVOLUTI.ON CONNECTION *Paramecium* and other unicellular eukaryotes that live in hypotonic environments have cell membranes that limit water uptake, while those living in isotonic environments have membranes that are more permeable to water. Describe what water regulation adaptations might have evolved in unicellular eukaryotes in hypertonic habitats such as the Great Salt Lake and in habitats with changing salt concentration.

8. SCIENTIFIC INQUIRY An experiment is designed to study the mechanism of sucrose uptake by plant cells. Cells are immersed in a sucrose solution, and the pH of the solution is monitored. Samples of the cells are taken at intervals, and their sucrose concentration is measured. The pH is observed to decrease until it reaches a steady, slightly acidic level, and then sucrose uptake begins. (a) Evaluate these results and propose a hypothesis to explain them. (b) Predict what would happen if an inhibitor of ATP regeneration by the cell were added to the beaker once the pH was at a steady level. Explain.

9. SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY Extensive irrigation in arid regions causes salts to accumulate in the soil. (When water evaporates, salts that were dissolved in the water are left behind in the soil.) Based on what you learned about water balance in plant cells, explain why increased soil salinity (saltiness) might be harmful to crops.

10. WRITE ABOUT A THEME: INTERACTIONS A human pancreatic cell obtains O_2—and necessary molecules such as glucose, amino acids, and cholesterol—from its environment, and it releases CO_2 as a waste product. In response to hormonal signals, the cell secretes digestive enzymes. It also regulates its ion concentrations by exchange with its environment. Based on what you have just learned about the structure and function of cellular membranes, write a short essay (100–150 words) to describe how such a cell accomplishes these interactions with its environment.

11. SYNTHESIZE YOUR KNOWLEDGE

In the supermarket, lettuce and other produce are often sprayed with water. Explain why this makes vegetables crisp.

For selected answers, see Appendix A.

For additional practice questions, check out the **Dynamic Study Modules** in MasteringBiology. You can use them to study on your smartphone, tablet, or computer anytime, anywhere!

Women Talent

CHAPTER 10

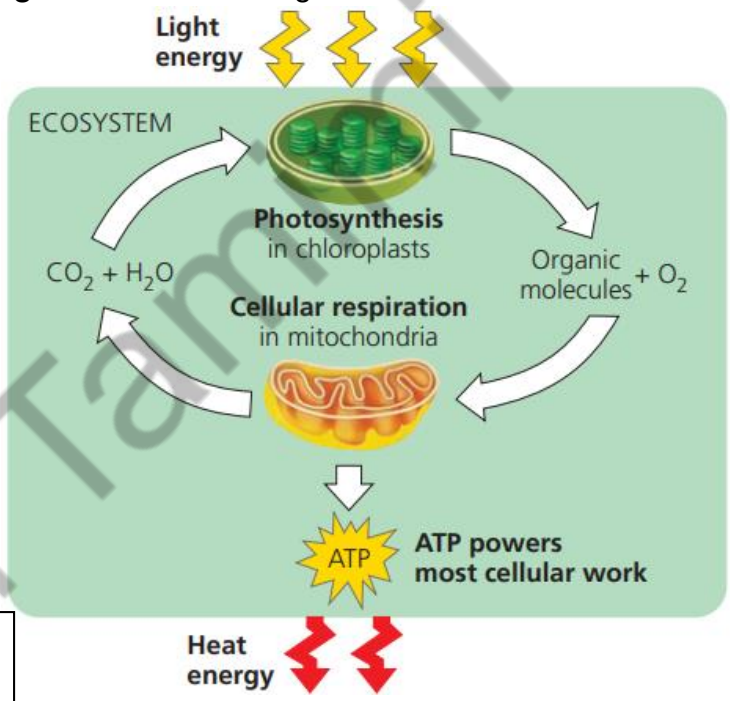
Cell respiration

Aerobic	بوجود الأكسجين	**Catalyzed**	يتم عن طريق	**ATP synthase**	مصنع للطاقة
Anaerobic	بغياب الأكسجين	**Oxidation**	تأكسد	**Electronegativity**	كهروسلبية
Redox	تأكسد - اختزال	**Reduction**	إختزال	**Fermentation**	تخمر
Agent	عامل	**Breakdown**	يحطم	**Regulation**	تنظيم
Harvest	يحصد	**Motive force**	قوة دافعة	**Photosynthesis**	البناء الضوئي

Respiration: extraction of **energy** from nutrients.

Energy flows into an **ecosystem** as sunlight and **leaves** as **heat**. The chemical elements essential to life are **recycled**. **Photosynthesis** generates O_2 and **organic molecules**, which are used in **cellular respiration**. Cells use **chemical energy** stored in **organic** molecules to generate **ATP**, which **powers work.**

التنفس الخلوي: هي عملية أخذ **الطاقة** من **الأغذية** (المواد الغذائية) في **جسم الإنسان**. هنالك **نظام** (دورة) **متجددة للطاقة تمر عبرها** تبدأ من **عملية البناء الضوئي** للنباتات عندما **تمتص الضوء** (الطاقة) **من أشعة الشمس** وتنتج **غاز الأكسجين ومركبات عضوية** مثل (**سكر الغلوكوز**) وبعدها يتم إستخدام هذه **النواتج** (**الأكسجين + سكر الغلولكوز**) في عملية **التنفس** الخلوي فتحطم **سكر الغلوكوز** إلى **مركبات صغيرة** لكي تكتسب منه **الطاقة** لازمة للقيام **بالعمليات الحيوية** فتنتج مركب يسمى **ATP** وهو الذي يحتوي على الطاقة وتستمر حدوث هذه الدورة مرارا وتكرارا.



There are **three types** of **Respiration**:

1) **Aerobic** respiration (Cellular respiration).
2) **Anaerobic** respiration (Fermentation)
3) **Facultative** anaerobic respiration.

هنالك ثلاثة أنواع لعمليات التنفس:

1) التنفس الخلوي بوجود الأكسجين (لا يحدث بغياب الأكسجين)
2) تنفس خلوي من غير وجود الأكسجين (يحدث بعدم وجود الأكسجين)
3) تنفس خلوي يحدث بوجود أو بغياب الأكسجين

Aerobic respiration consumes organic molecules and O_2 and **yields ATP. Anaerobic respiration** is **similar** to **aerobic respiration** but **consumes** compounds other **than** O_2. **Fermentation** (Type of **anaerobic** respiration) is a **partial degradation** of **sugars** that occurs **without** O_2.

تنقسم **عمليات التنفس** التي تحدث في أجسام الكائنات الحية إلى ثلاثة أقسام:

1- **التنفس الخلوي** (بوجود **الأكسجين**): في التنفس الخلوي يتم **تحطيم المركبات العضوية** مثل (**سكر الغلوكوز**) مع **الأكسجين** وذلك لإعطاء مركب .

2- **التنفس الخلوي** (يشترط **غياب الأكسجين**): عملية التنفس الغير خلوي **تشبه** عملية التنفس الخلوي لكنها تحطم **مركبات أخرى غير الأكسجين**. يعد **التخمر** مثال على **عملية التنفس الخلوية** (من **غير وجود الأكسجين**) إذ أنه يتم فيها **تحطيم سكر الغلوكوز بشكل جزئي**.

3- هنالك نوع من أنواع عمليات **التنفس** يكون **محب وغير محب للأكسجين** في **نفس الوقت**.

Concept 10.1: Catabolic pathways yield energy by oxidizing organic fuels

Catabolic pathways **release stored energy** by **breaking down complex** molecules. **Electron transfer** plays a **major role** in these pathways. These processes are central to **cellular respiration**. The **breakdown** of organic **molecules** is **exergonic.**

Cellular respiration → **catabolic pathway** → **exergonic reaction**

Momen Tamimi

تعد **عملية التنفس الخلوي** من عمليات **الهدم** فهي **تحطم** المركبات العضوية **الكبيرة (المعقدة)** إلى مركبات **صغيرة** بوجود **الأكسجين**. تلعب **النواقل الإلكترونية** دورا مهما في هذه العملية. وتعد عملية **التنفس الخلوي** عملية **طاردة للطاقة** لأنها **تهدم** المركبات **المعقدة** وبالتالي **تنتج طاقة** أما عملية **البناء الضوئي** فهي **ماصة** للطاقة لأنها عملية **بناء للمركبات** وليست **هدم**.

Cellular respiration includes both **aerobic** and **anaerobic** respiration but is often used to **refer** to **aerobic respiration**. Although **carbohydrates**, **fats**, and **proteins** are all **consumed** as **fuel**, it is **helpful** to trace **cellular respiration** with the **sugar glucose.**

ينقسم **التنفس الخلوي** إلى **قسمين** إما **تنفس خلوي بوجود الأكسجين** أو **تنفس خلوي بغياب الأكسجين** لكن تفضل هذه العمليات **وجود الأكسجين**. يتم تحطيم **الكاربوهيدرات** (السكريات) و**الدهون** و**البروتينات** في عملية **التنفس الخلوي** وإستخدامها **كوقود لسير العملية**. يتم **تحطيم سكر الغلوكوز كمركب أولي في عملية التنفس الخلوي**.

General equation: $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ + Energy **(ATP + heat) / Heat = 686** K.Cal/mol
Redox Reactions: Oxidation and Reduction. (تفاعلات التأكسد والإختزال)
The **transfer** of **electrons** during **chemical reactions** releases **energy stored** in **organic** molecules. This **released energy** is ultimately **used** to synthesize **ATP.**

Redox = an abbreviation of Oxidation – Reduction reaction.

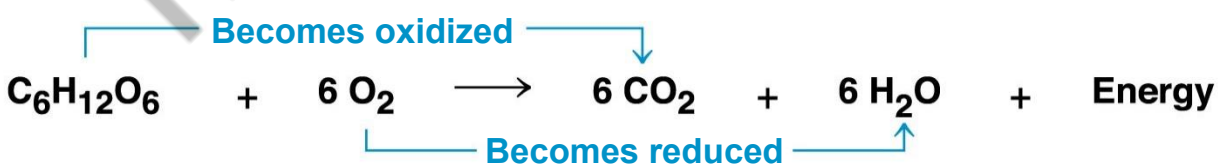
تفاعلات **التأكسد والإختزال** التي تحدث في عملية التنفس هي **المسؤولة** عن تصنيع **مركب الطاقة ATP** . عمليات **نقل الإلكترونات** خلال التفاعل الكيميائي **تحرر الطاقة المخزنة** في **المركبات العضوية**. ويتم إستخدام هذه الطاقة **لصنع مركب** ال **ATP**.

Chemical reactions that **transfer electrons** between **reactants** are **called oxidation-reduction reactions**, or **redox reactions**. In **oxidation**, a substance **loses electrons**, or is **oxidized**. In **reduction**, a substance **gains electrons**, or is **reduced** (the amount of **positive charge** is **reduced**). The **electron donor** is called the **reducing agent**. The **electron receptor** is called the **oxidizing agent.**

Loss electrons → oxidation reaction → reducing agent
Gain electrons → reduction reaction → oxidizing agent

تسمى **التفاعلات الكيميائية** التي يتم فيها **إنتقال للإلكترونات** بين المواد المتفاعلة تفاعلات **التأكسد والإختزال**. في عملية **التأكسد** يخسر **(يفقد)** المركب **الإلكترونات** و**يتأكسد** (تزداد **الإشارة الموجبة** لديه) أما في عملية **الإختزال يكتسب** المركب الإلكترونات **فيختزل** (يقل مقدار **الشحنة الموجبة** لأنه **اكتسب** شحنة سالبة من الإلكترونات). المركب الذي يحدث له عملية **تأكسد** يكون **عامل مختزل** أما المركب الذي كسب **(إستقبل) الإلكترونات** يكون **عامل مؤكسد**. لتسهيل الحفظ: (مركب **فقد إلكترونات – عملية تأكسد – عامل مختزل** / مركب استقبل **(كسب) إلكترونات – عملية إختزال – عامل مؤكسد)**.

During **cellular respiration**, the **fuel** (such as **glucose**) is **oxidized**, and **O_2** is **reduced**. **Organic** molecules with an abundance of **hydrogen** are **excellent** sources of **high-energy electrons**. **Energy** is **released** as the **electrons associated** with **hydrogen ions** are **transferred** to **oxygen**, a **lower energy state**.



داخل عملية **التنفس الخلوي يتأكسد سكر الغلوكوز** ويحدث **للأكسجين إختزال** (أي أنه **يفقد سكر الغلوكوز الإلكترونات** ويعطيهم إلى **الأكسجين**). وتعد المركبات التي تحتوي على **عدد كبير من ذرات الهيدروجين** مصدرا **عالي** للطاقة بسبب إحتوائها على **عدد كبير من الإلكترونات** وبالتالي يعد سكر الغلوكوز **ذو طاقة عالية** لأنه **يحتوي** على **12 ذرة هيدروجين**. يتم **خروج** الطاقة عن طريق خروج **الإلكترونات المرتبطة** في **الهيدروجين** داخل **سكر الغلوكوز** وإنتقالها إلى **الأكسجين** (أي عملية **تأكسد وإختزال**).

Mohsen Tahmi

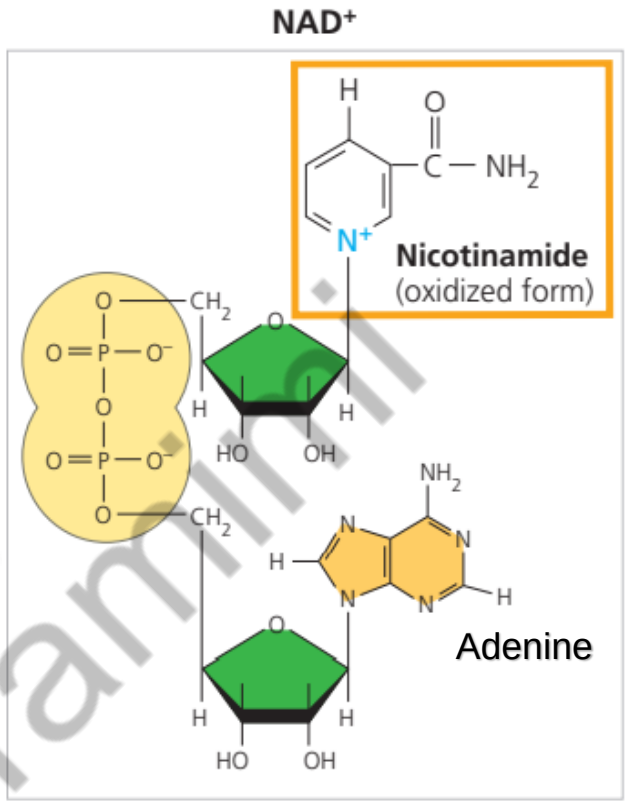
In cellular respiration, **glucose** and other **organic** molecules are **broken down** in a **series of steps**. Electrons from **organic** compounds are usually **first transferred** to **NAD^+**, a **coenzyme**. As an **electron acceptor**, **NAD^+ functions** as an **oxidizing agent** during cellular respiration. Each **NADH** (the **reduced** form of NAD^+) represents **stored energy** that is **tapped** to **synthesize ATP**.

NAD^+ = Nicotinamide adenin dinucleotide.

FAD = Flavin adenin dinucleotide.

Dinucleotide = (يحتوي على جزيئين منه) **ثنائي النيوكليوتيد**

في **عملية التنفس الخلوي** يتم تحطيم **سكر الغلوكوز** وغيره من المركبات **العضوية** على **عدة مراحل**. **الإلكترونات** التي يتم **أخذها** من **المركبات العضوية** **تنتقل** إلى مركب ال **NAD^+**. وهو يعد **مستقبل للإلكترونات** **(يتم إختزاله)** وتكون وظيفته **كعامل مؤكسد** في عملية التنفس الخلوي (أي أنه يحدث له **إختزال** **ويؤكسد** غيره). عندما يتم **إختزال** ال **NAD^+ يتحول** إلى **NADH**. يحتوي هذا المركب على **طاقة مخزنة بداخلة** تستخدم **لصنع** مركب ال **ATP**. يتكون مركب ال **NAD^+** من **جزيئين** من **النيوكليوتايد** (ثنائي النيكليوتيد) **الجزيء العلوي** يحمل القاعدة النيتروجينية **Nicotinamide** أما **الجزيء السفلي** يحمل القاعدة النيتروجينية **الأدنين**.



$$H-\underset{|}{C}-OH + NAD^+ \xrightarrow{\text{Dehydrogenase}} \underset{|}{C}=O + NADH + H^+$$

Dehydrogenase: is an enzyme that **catalyzes** oxidation – reduction reaction (**redox reaction**) in **cellular respiration**. **Dehydrogenase oxidize** the **organic compound** and take **two H atoms** from **it** then **one** of these **H atoms** is **transported** to **NAD^+** to form **NADH.**

إنزيم **الديهايدروجينيز**: هو إنزيم **يحفز تفاعلات التأكسد والإختزال** في عملية **التنفس الخلوي**. **يؤكسد** هذا الإنزيم **المركب العضوي** وينتزع منه **ذرتين من الهيدروجين** ثم **يختزل** مركب ال **NAD^+** ويعطيه **ذرة هيدروجين** ليصبح **NADH**.

Three Stages of Cellular Respiration:

1) Glycolysis (**breaks** down **glucose** into **two molecules** of **pyruvate**).

2) The **citric acid cycle** or **Krebs cycle** (**completes** the **breakdown** of **glucose**).

3) Oxidative phosphorylation (accounts for **most** of the **ATP synthesis**).

تقسم عملية **التنفس الخلوي** إلى **ثلاثة مراحل**:

1- **مرحلة تحطيم سكر الغلوكوز** (يتم **تحطيم سكر الغلوكوز** إلى **مركبين صغيرين** وهم **البايروفيت**).

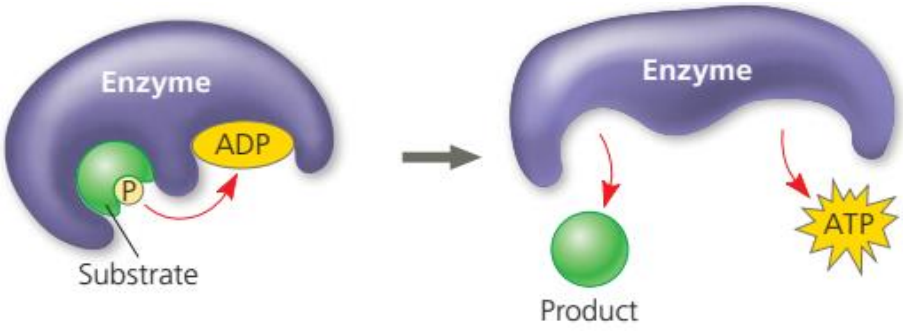
2- **حلقة كريبس** أو **حلقة الحمض السيتريكي** (يتم في هذه المرحلة تحطيم **سكر الغلوكوز** بشكل **كامل**).

3- **مرحلة الفسفرة المتأكسدة** **(يتم في** هذه المرحلة **تكوين معظم** مركب ال **ATP** في عملية التنفس الخلوي كله).

The **process** that **generates** almost **90%** of the **ATP** is called **oxidative phosphorylation** because it is **powered** by **redox reactions**. A **smaller amount** of **ATP** is formed in **glycolysis** and the **citric acid cycle** by **substrate-level phosphorylation.** For each **molecule** of **glucose degraded** to **CO_2** and **water** by **respiration**, the cell makes (**30 – 32**) **molecules** of **ATP**.

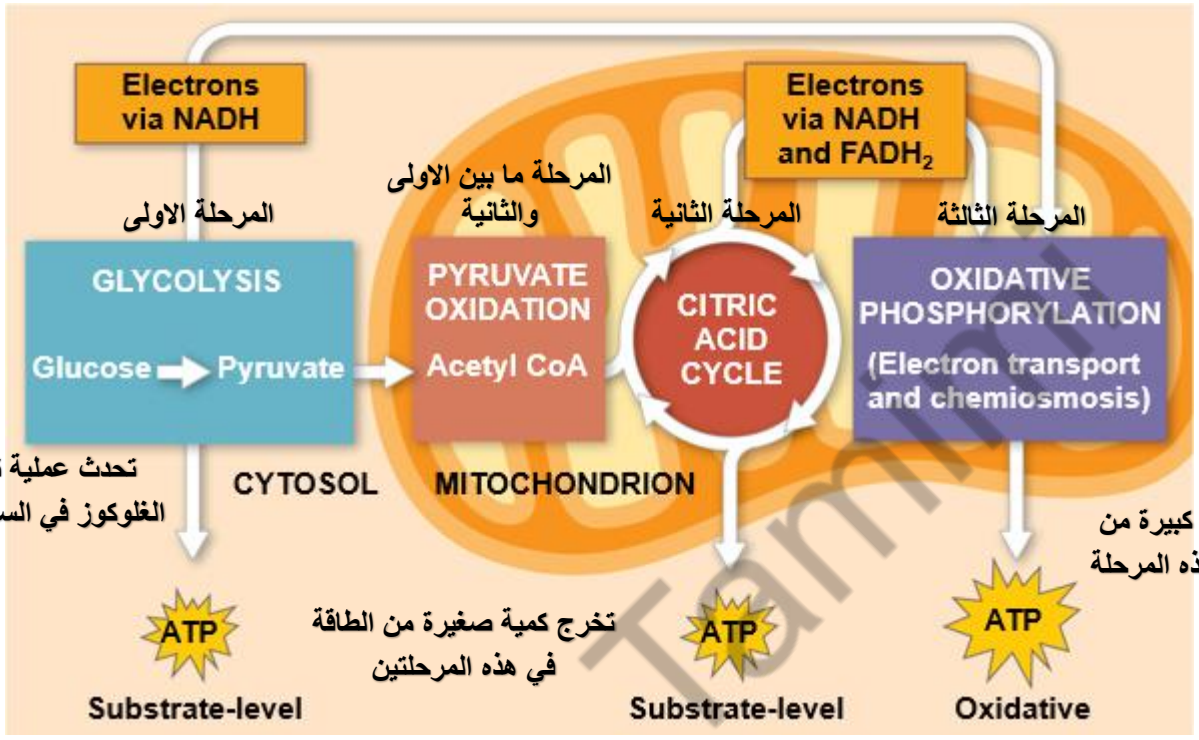
Oxidative phosphorylation =
(الفسفرة المتأكسدة)

Substrate-level phosphorylation =
(الفسفرة للمواد المتفاعلة)
(أنظر إلى الشكل لليمين)



Momen Tamimi

تعد مرحلة **الفسفرة المتأكسدة أكثر** مرحلة من مراحل التنفس الخلوي **تصنيعا لمركب** ال **ATP** اذ أنها تصنع ما **يقارب 90%** من **إجمالي** هذا المركب في عملية التنفس الخلوي وذلك **لأن** في هذه العملية تحدث **تفاعلات التأكسد والإختزال** حيث يتم **إنتقال الإلكترونات** وبالتالي تكون **الطاقة الناتجة منها عالية**. وهنالك كمية **صغيرة** من **مركب** ال **ATP** تنتج من مرحلة **تحطيم الغلوكوز ومن حلقة كريبس** لكن طريقة صنع ال **ATP** في هذه **المرحلتين تختلف** عن مرحلة **الفسفرة المتأكسدة** إذ أن **العملية** التي يتم **تصنيع** ال **ATP** منها تسمى عملية **الفسفرة للمواد المتفاعلة** (يتم في هذه العملية **إنتزاع مجموعة الفوسفات** من **المادة المتفاعلة** داخل **الإنزيم** وإعطائها **لمركب** ال **ADP فيتحول** إلى **مركب** ال **ATP**.



Concept 10.2: Glycolysis harvests chemical energy by oxidizing glucose to pyruvate

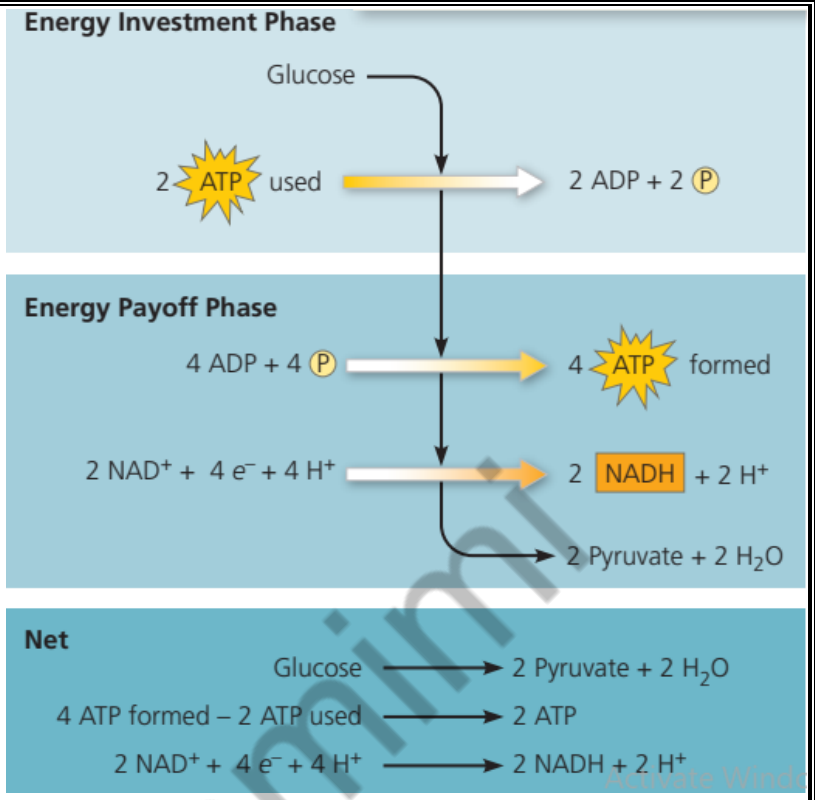
Glycolysis ("sugar splitting") breaks down **glucose** into **two molecules** of **pyruvate**
Glycolysis occurs in the **cytoplasm** and **has two major phases**:
1) Energy investment phase.
2) Energy payoff phase.
Glycolysis occurs **whether** or **not** O_2 is **present**.

مرحلة **تحطيم الغلوكوز**: يتم أخذ **الطاقة الكيميائية** عن طريق **أكسدة الغلوكوز** إلى **البيروفيت.**
يتم **تحطيم** سكر الغلوكوز في **السايتوبلازم** (السائل البلازمي) حيث يتحطم الغلوكوز إلى **جزيئين صغيرين** (**البيروفيت**).
تنقسم **الطاقة** عند تحطيم الغلوكوز إلى **قسمين**:
1- **الطاقة المستخدمة** في هذه العملية
2- **الطاقة الناتجة** من هذه العملية.

Which of the following is true?
A) The first phase in cellular respiration is Pyruvate oxidation.
B) The second phase in cellular respiration is oxidative phosphorylation.
C) The first phase in cellular respiration is Glycolysis.
D) The second phase in cellular respiration is Krebs cycle.
E) C+D.
Answer: (E)

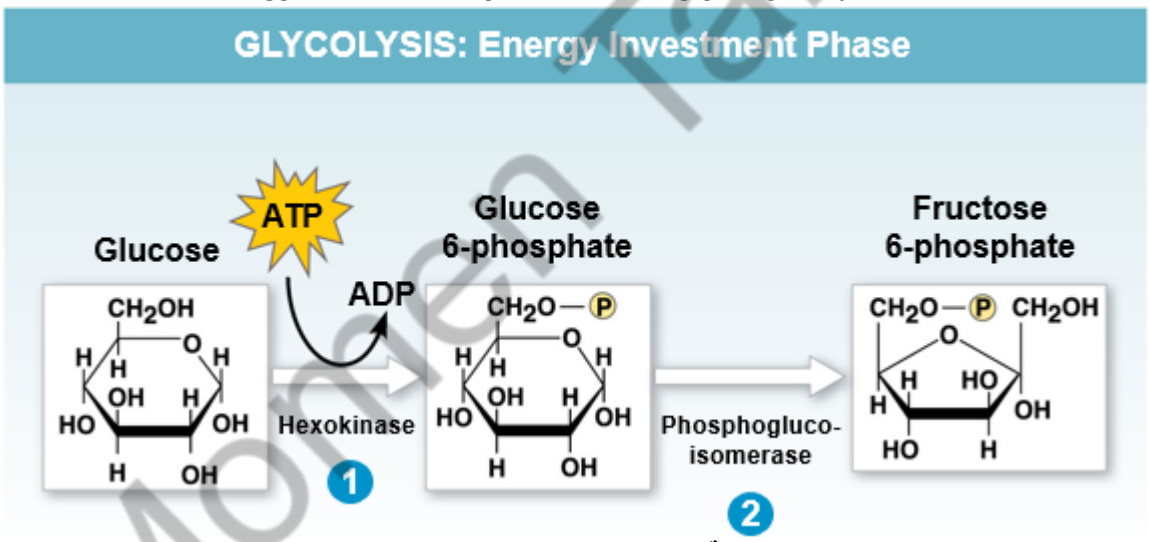
Moner Tamimi

1- **الطاقة المستخدمة في التفاعل**: يستهلك سكر الغلوكوز **جزيئين** من ال **ATP** لكي **يبدأ** في **عملية التحطيم**.
2- **الطاقة الناتجة من التفاعل**: ينتج من **تحطيم** سكر الغلوكوز **جزيئين** من مركب **البيروفيت + جزيئين** من **الماء + جزيئين** من مركب **NADH + 4** جزيئات من ال **ATP**. وإذا حسبنا الناتج **النهائي** من هذه العملية فيصبح **لدينا** (**جزيئين** من ال **NADH + جزيئين** من **الماء + جزيئين** من مركب **البيروفيت** + (**4 – 2 = 2**) **جزيئين** من ال **ATP** .



We used **2 ATP** molecules for the **glycolysis** to **occur**. At the **end** of the **glycolysis** process **we got** (**4ATP** + **2H2O** + **2Pyruvate** + **2NADH**). The **net ATP** for this process is (**4 – 2 = 2 ATP**)

Now let's talk about the **energy investment phase** of the **glycolysis** process:



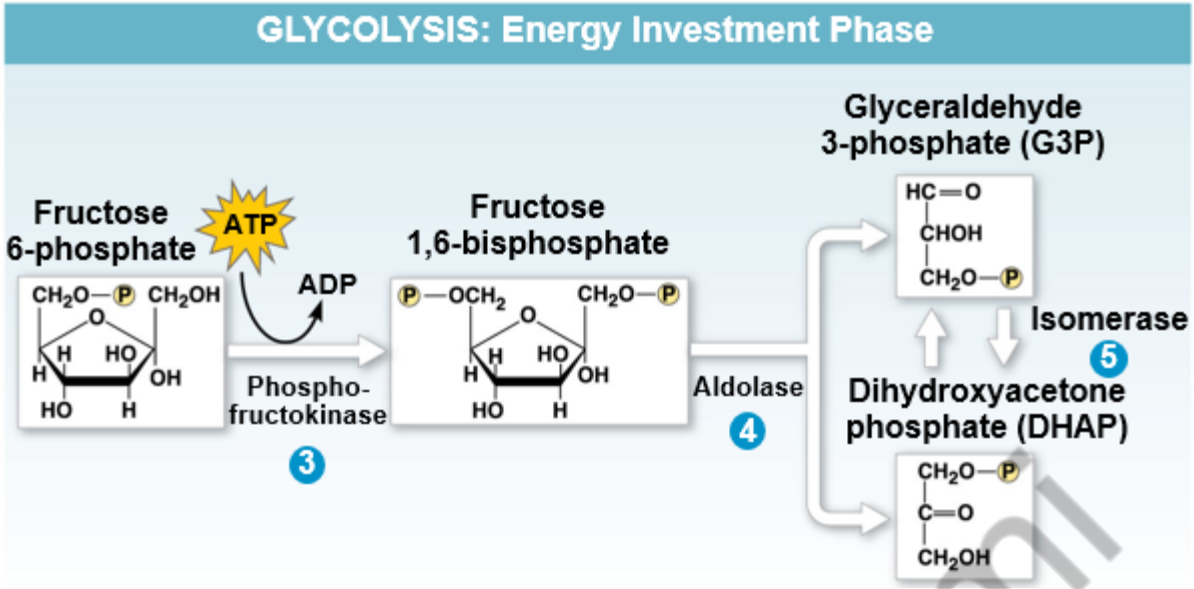
The **energy investment phase** occurs in **five steps**: (تمر هذه المرحلة **بخمسة خطوات**)
1) Addition of a **phosphate group** to **glucose** molecule at **carbon** number **6** (**C6**) **catalyzed** be **hexokinase enzyme** (the **phosphate group** is **taken** from **ATP**).

1- يتم أخذ **مجموعة فوسفات** من **مركب** ال ATP وإعطائها **لجزيء الغلوكوز** على **الكربون رقم** (**6**) وذلك عن **طريق إنزيم Hexokinase** فيتحول إلى (**غلوكوز 6- فوسفات**).

2) Then the **Glucose 6-phosphate** is **converted** to **Fructose 6-phosphate** by **Phosphogluco-isomerase** enzyme. **Isomer** = (نظير)

2- يتحول جزيء **الغلوكوز 6-فوسفات** إلى **الفركتوز 6-فوسفات** (من **غلوكوز** إلى **فركتوز**) عن طريق **إنزيم Phosphogluco-isomerase**. (يعد **الفركتوز نظير للغلوكوز**).

Monier Ramimi



3) Addition of **another phosphate** group to **Fructose 6-phosphate** at **carbon number 1** (C1) catalyzed by **Phospho-fructokinase enzyme** (NOT Hexokinase) so now we have **Fructose 1,6-bisphosphate** as a result. **Bisphosphate** = مجموعتين فوسفات

3- **إضافة** مجموعة **فوسفات مرة أخرى** إلى جزيء **الفركتوز 6-فوسفات** عن طريق **إنزيم Phospho-fructokinase** لينتج جزيء **الفركتوز 1,6-ثنائي الفوسفات**.

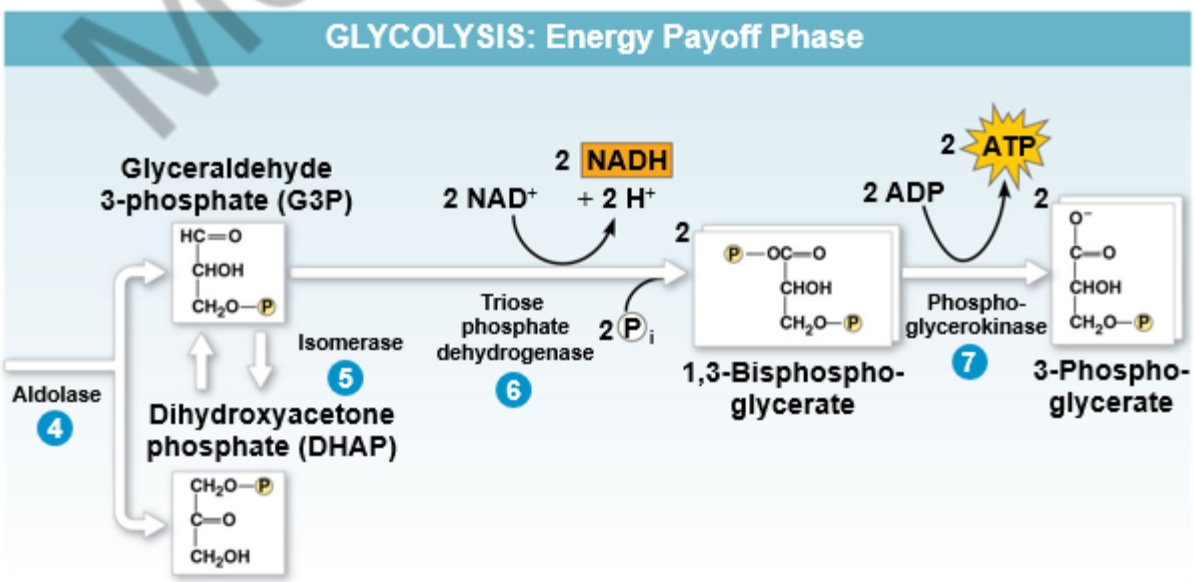
4) Fructose 1,6-bisphosphate is a **highly unstable** molecule thus **Aldolase** enzyme **break down** this molecule into **two** molecules (Glyceraldehyde 3-phosphate (**G3P**) + Dihydroxyaceton-phosphate (**DHAP**)) each one of them has **3Carbon atoms**.

4- يعد جزيء **الفركتوز 1,6-فوسفات** جزيء **غير مستقر** (ذو طاقة عالية) وبالتالي يعمل إنزيم **Aldolase** على **تحطيم** هذا **الجزيء** (**سداسي** الكربون) إلى **جزيئين** يحتوي كل جزيء منهم على **3 ذرات من الكربون**. الجزيئين هم **G3P** & **DHAP**.

5) G3P is an **aldose** molecule (look at the **carbonyl group**) but **DHAP** is a **ketose** molecule. **G3P** and **DHAP** are **isomers**, **Isomerase enzyme** catalyze the **conversion** between these two **molecules**. Conversion between **DHAP** and **G3P** this reaction **never reaches equilibrium.**

5- يعد **جزيء** ال **G3P** من **الإلديهايدات** (أنظر إلى مكان **مجموعة الكاربونيل**) ويعد **جزيء DHAP** من **الكيتونات**. يعمل إنزيم ال **Isomerase** على **تحويل** هذه **الجزيئات** بين **بعضها البعض** (يعد ال **G3P نظير** ال **DHAP**). ولا تصل هذه المرحلة إلى حالة الإتزان.

Now let's talk about the **Energy payoff phase** of the **glycolysis** process:



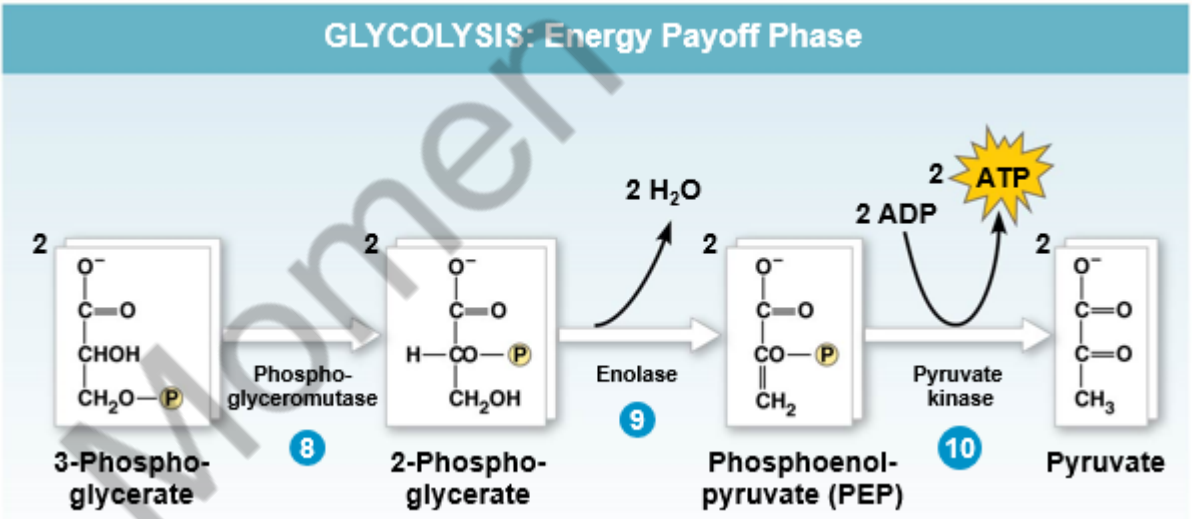
Monem Tamimi

6) Two molecules of G3P enter the **energy payoff phase** to **continue** the process. **P_i** is an **inorganic phosphate** that doesn't **have energy inside it**, **two molecules** of **G3P** are **oxidized** in which an **aldehyde** is converted into a **carboxylic acid** and **two molecules of NAD^+** is **reduced** to **NADH** catalyzed by **Triose phosphate dehydrogenase** enzyme. The energy **released** by this highly **exergonic oxidation** reaction is **transferred** to the **inorganic phosphate group**. So now the **phosphate group** has a **high amount of energy**. **G3P** is **converted** to **1,3-Bisphosphoglycerate**. Note: we have **two molecules** for each **compound**. **(لدينا جزيئين من كل مركب)**

يدخل **جزيئين** من ال **G3P** إلى **المرحلة الثانية لإستكمال** عملية **تحطيم الغلوكوز**. في بداية هذا التفاعل تكون **مجموعة الفوسفات غير نشطة** (**لا تحتوي** على **طاقة** بداخلها). يحدث **تفاعل تأكسد – إختزال** عن طريق **الإنزيم Triose phosphate dehydrogenase** يتم فيه **أكسدة جزيئين** من مركب ال **G3P** فيتحول **المركب** من **ألديهايد** إلى **حمض كربوكسيلي** ويتم إختزال **جزيئين** من ال NAD^+ إلى **NADH**. تذهب **الطاقة المتحررة** (**الناتجة**) من هذا التفاعل (تفاعل **طارد للطاقة**) إلى **مجموعتي الفوسفات** وبالتالي أصبحت مجموعتي الفوسفات **ذات طاقة عالية** فترتبط بمركب **G3P ويتحول** إلى **1,3-Bisphosphoglycerate** (**معلومة هامة**: لدينا **جزيئين** من كل **مركب** وليس **جزيء واحد**).

7) Each **1,3-Bisphosphoglycerate** molecule has **two phosphate groups** attached to it. **1,3-Bisphosphoglycerate** is **converted** to **3-phosphoglycerate** catalyzed by **Phospho-glycerokinase** enzyme that cleave **two phosphate groups** from **1,3-Bisphosphate** molecule and **transfer** them to **ADP**, **ADP + P = ATP**.
Don't forget that we have **two molecules** for each **compound**. We have got **2ATP** molecules.

7- كل **جزيء** من 1,3-Bisphosphoglycerate يحتوي على **مجموعتين من الفوسفات**. يتم **إنتزاع مجموعتي** فوسفات من مركب **1,3- Bisphosphoglycerate** عن **طريق** إنزيم **Phosphoglycro-kinase** ويتحول إلى 3-Phosphoglycerate. **تنتقل مجموعتي** الفوسفات إلى مركب ADP **فينتج** مركب ال ATP . (معلومة هامة: لدينا **جزيئين** من كل مركب لا تنسى هذه المعلومة أي أنه اذا تكلمنا عن جزيء واحد لكل مركب **نضرب النواتج النهائية ب 2**).



8) Slight change occurs to **3-phosphoglycerate** molecule catalyzed by **Phospho-glyceromutase** enzyme that change the **position** of the **phosphate group** from the **third carbon** atom to the **second carbon** atom. 3-Phosphoglycerate ⟶ 2-phosphoglycerate.

8- يحدث هنالك **تغير بسيط** على مركب **3-phosphoglycerate** عن طريق **إنزيم Phospho-glyceromutase** الذي يعمل على **تغيير موقع مجموعة الفوسفات** من الكربون **رقم 3** إلى الكربون **رقم 2 فيتحول المركب** إلى **2-phosphoglycerate** .
(لا ننسى أنه لدينا جزيئين من كل مركب)

9) Enolase enzyme takes **two molecules** of water from **2-phosphoglycerate** producing **Phosphoenol-pyruvate (PEP).**

9- **ينتزع إنزيم Enolase جزيئين من الماء** من **مركب 2-phosphoglycerate فينتج** مركب **Phosphoenol-pyruvate (PEP)** (لا تنسى أنه لدينا جزيئين من كل مركب).

Momen Tamimi

10) Pyruvate kinase enzyme **removes** the **phosphate group** from **Phosphoenol-pyruvate** (**PEP**) and **transfer** it to **ADP** producing **ATP + Pyruvate**.
Kinase: the **enzyme** that is **responsible** for **substrate-level phosphorylation** in the **cellular respiration**. (هذا الإنزيم مسؤول عن عملية الفسفرة للمواد المتفاعلة في التنفس الخلوي)

10- **ينتزع** إنزيم **Pyruvate kinase** **مجموعة الفوسفات** من **مركب Phosphoenol-pyruvate** **وينقل** مجموعة **الفوسفات** منه إلى مركب **ADP** **فينتج** مركب ال **ATP + Pyruvate** .

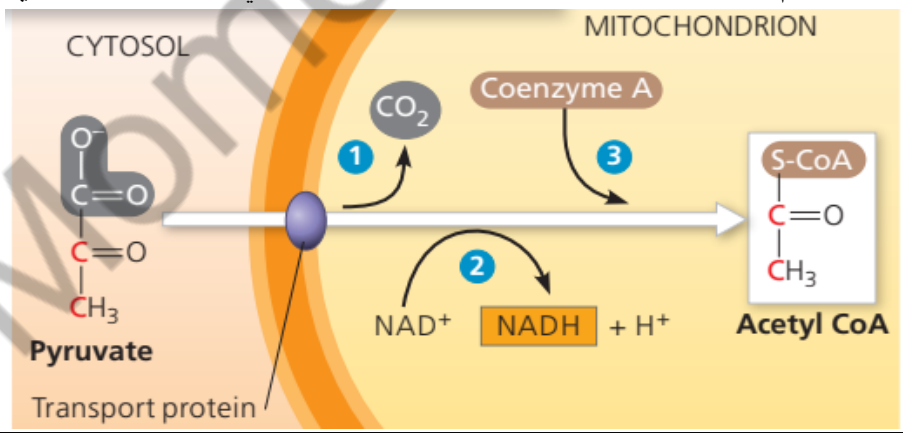
At the end of the **glycolysis** glucose molecule **is broken down** into **two molecule** of **pyruvate**. And also we have **2NADH + 2H_2O + 2ATP (Net)** as a **products**.

Concept 10.3: After pyruvate is oxidized, the citric acid cycle completes the energy-yielding oxidation of organic molecules

In the **presence of O_2**, **pyruvate enters** a **mitochondrion** (in **eukaryotic** cells), where the **oxidation** of **glucose** is **completed. Pyruvate** enters the **mitochondria** via **active transport.**

بعد ما **إنتهينا** من عملية **تحطيم الغلوكوز** إلى **جزيئين** من **مركب البيروفيت** ندخل **العملية الثانية لإستكمال أكسدة** هذا **الجزيء** و**أخذ الطاقة المتبقية منه**. إذا **توفر وجود الأكسجين** فإن مركب **البيروفيت** يدخل إلى **الميتوكندريا** (في الخلايا حقيقية النواة) عن طريق **النقل النشط** **ليستكمل عملية الأكسدة** لينتقل بعدها إلى **العملية الثانية** من **تحطيم الغلوكوز** وهي (**حلقة كريبس**). مهم جدا: تحدث عملية **أكسدة البيروفيت** داخل **الميتوكندريا** وتحديدا في **السائل داخل الخلوي للميتوكندريا**.

Oxidation of Pyruvate to Acetyl CoA: (أكسدة **البيروفيت** إلى مركب **الأسيتيل كوإنزيم**)
Before the **citric acid cycle** can **begin, pyruvate** must be **converted** to **acetyl coenzyme A** (**acetyl CoA**), which links **glycolysis** to the **citric acid cycle**. This step is **carried out** by a **multienzyme** complex that **catalyzes three reactions:**
1) Oxidation of pyruvate and release of CO_2. (Carboxylation: Carboxylase enzyme)
2) Reduction of NAD^+ to NADH. (Catalyzed by dehydrogenase enzyme).
3) Combination of the remaining **two-carbon fragment** and **coenzyme A** to **form acetyl CoA**.
CoA = Coenzyme A (a **derivative** of **vitamin B**).
Decarboxylase = هو **الإنزيم** الذي يعمل على **نزع ثاني أكسيد الكربون** من المركب
Dehydrogenase = **الإنزيم** المسؤول عن حدوث **تفاعلات التأكسد – الإختزال** في عملية **التنفس الخلوي**



بعد عملية **تحطيم الغلوكوز** إلى **جزيئين** من **مركب البيروفيت** لا يدخل مركب **البيروفيت** إلى **حلقة كريبس** أو **حلقة الحمض السيتريكي** (نفس الحلقة) بل يحدث له بعض **التعديلات** (أي أنه هنالك **مرحلة ما بين** تحطيم الغلوكوز ودخول حلقة كريبس) وتسمى هذه المرحلة (**عملية الأكسدة لمركب البيروفيت**). يجب على مركب **البيروفيت** أن يتحول إلى مركب **الأسيتل كوإنزيم** قبل **دخوله** إلى **حلقة كريبس**. وهذه المرحلة تتم عن طريق **ثلاثة خطوات** بمساعدة **العديد من الإنزيمات**:
1- يحدث **تفاعل تأكسد وإختزال** حيث يتم **أكسدة** مركب **البيروفيت** عن طريق إنزيم **Dehydrogenase** ويتم **نزع ثاني أكسيد الكربون منه** عن طريق **إنزيم Decarboxylase** وبما أن مركب **البيروفيت** يحتوي على **ثلاثة ذرات** من **الكربون** عندما يتم **نزع ثاني أكسيد الكربون** منه فإن عدد ذرات الكربون **تقل** وتصبح **ذرتين** وبالتالي ينتج **مركب الأسيتل** حيث يحتوي على **ذرتين من الكربون**.
2- لكل **عملية تأكسد** هنالك **عملية إختزال** وبالتالي يتم **إختزال** مركب ال **NAD^+** إلى مركب ال **NADH**.
3- يرتبط مركب **الأسيتل بالكوإنزيم** ويشكل مركب **أسيتل كوإنزيم**.

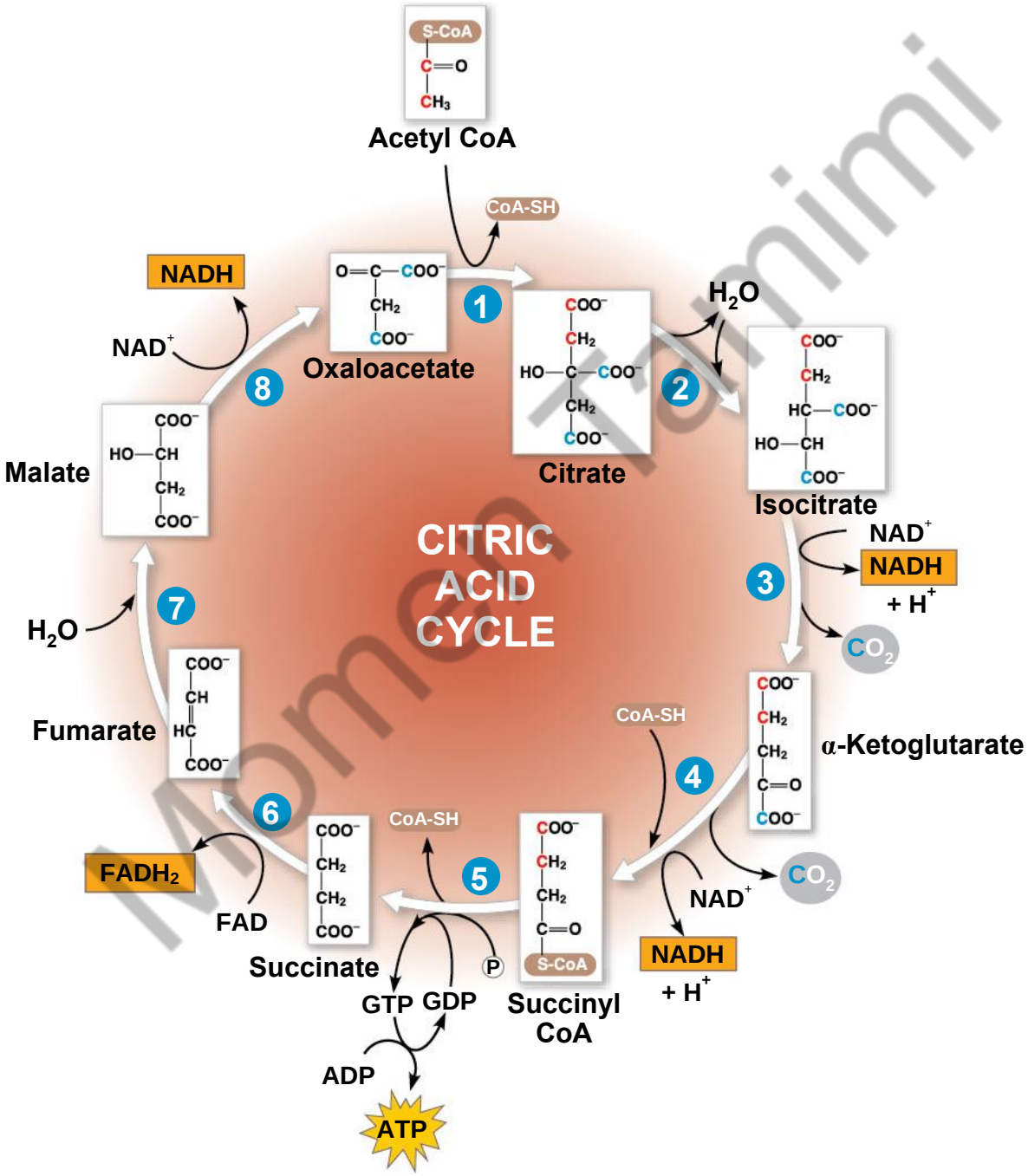
Mohamed Tamimi

The Citric Acid Cycle:

The **citric acid cycle**, also called the **Krebs cycle**, **completes** the **breakdown** of **pyruvate** to **CO_2**. The cycle **oxidizes** organic fuel **derived** from **pyruvate** (Acetyl CoA), **generating 1 ATP + 3 NADH + 1 $FADH_2$ + 2 CO_2 per turn**.

حلقة **الحمض السيتركي** أو ما تعرف **بحلقة كريبس**. يتم في هذه المرحلة إستكمال تحطيم مركب **البيروفيت** إلى **ثاني أكسيد الكربون** (أحد **نواتج** عملية التنفس الخلوي). يتم **أكسدة الأسيتل كوإنزيم** في هذه **الحلقة**. وتكون **نواتج هذه الحلقة** **1 ATP + 3 NADH + 1 $FADH_2$ + 2 CO_2 لكل دورة**. وبما أنه لدينا **جزيئين** من مركب **البيروفيت** فإن هذه الدورة **تحدث مرتين** وتعطي **ضعف النواتج**.

The citric acid cycle has eight steps, each catalyzed by a specific enzyme:



1) The **acetyl** group of **acetyl CoA joins** the cycle by **combining** with **oxaloacetate**, **forming citrate**. Acetyl CoA (**2C**) + Oxaloacetate (**4C**) = Citrate (**6C**)

1- يرتبط مركب acetyl CoA ثنائي الكربون مع مركب oxaloacetate رباعي الكربون ليكون مركب citrate سداسي الكربون.

Momen Tamimi

2) Rearrangement of **atoms** in **Citrate** molecule by **removing H_2O** molecule from **citrate** and **bring it back** in a **different arrangement** of **atoms** producing **Isocitrate**.

2- إعادة **ترتيب للذرات** داخل **مركب** ال **Citrate** عن طريق **نزع جزيء** من **الماء وإعادته بترتيب مختلف** عن السابق **فينتج** جزيء **Isocitrate**

3) Isocitrate is **oxidized** to **α-Ketoglutarate** and **NAD^+** is **reduced** to **NADH**. One **CO_2** molecule is **removed** from **Isocitrate**. **α-Ketoglutarate** has **5 carbon** atoms.

3- يتم أكسدة جزيء **Isocitrate** ونزع جزيء ثاني أكسيد الكربون منه فيتحول إلى مركب **α-Ketoglutarate**. يتم **إختزال مركب** ال **NAD^+** إلى **NADH**. يحتوي مركب **α-Ketoglutarate** على خمس ذرات من الكربون.

4) α-Ketoglutarate is **oxidized** and **combined** with **CoA-SH** forming **Succinyl CoA**. **NAD^+** is **reduced** to **NADH** (for the **second time**). Another **CO_2** molecule is **removed** so **Succinyl CoA** has **4 carbon atoms**.

4- يتأكسد مركب **α-Ketoglutarate ويرتبط** مع **CoA-SH مكونا** مركب **Succinyl CoA**. يتم **إختزال** مركب **NAD^+** إلى **NADH** (للمرة **الثانية**). يتم **نزع** جزيء **ثاني أكسيد الكربون** مرة **أخرى** وبالتالي **يمتلك** مركب **Succinyl CoA 4 ذرات** من **الكربون**.

5) CoA-SH is **removed** from **Succinyl CoA** producing **Succinate** molecule (with **same carbon atoms**). **GDP is** attached to a **phosphate group** forming **GTP** molecule. The **phosphate group** is **transferred** from **GTP** to **ADP**. **ADP** is **converted ATP**.

5- يتم **نزع CoA-SH** من **مركب Succinyl CoA فينتج** جزيء **Succinate** (يحتوي على نفس عدد ذرات الكربون). **يرتبط** جزيء **GDP** بمجموعة **الفوسفات** مكونا **GTP**. ثم بعد ذلك **تنتقل** مجموعة الفوسفات من ال **GTP** إلى جزيء **ADP فينتج** جزيء **ATP**.

6) Succinate is **oxidized** to **Fumarate** and **FAD** is **reduced** to **$FADH_2$.**

6- يتم **أكسدة** جزيء ال **Succinate ويتحول** إلى جزيء **Fumarate** ويتم **إختزال** جزيء ال **FAD** ويتحول إلى **$FADH_2$.**

7) Addition of **water** molecule to **Fumarate** producing **Malate molecule**.

7- إضافة جزيء ماء إلى **Fumarate فينتج** جزيء **Malate**.

8) Malate is **oxidized** to **Oxaloacetate** and **NAD^+** is **reduced** to **NADH** (for the **third time**).

8- يحدث تفاعل تأكسد – إختزال حيث يتأكسد جزيء **Malate** الى جزيء **Oxaloacetate** ويتم إختزال جزيء **NAD^+** إلى **NADH.**

The **Citric acid cycle** occurs **twice** per **glucose** molecule. (**1ATP + 3NADH + 1$FADH_2$ + 2CO_2) *2**

تحدث حلقة كربيس مرتين (دورتين) لكل جزيء غلوكوز (السبب: أنه عندما يتحطم الغلوكوز يتحول إلى جزيئين من البيروفيت وكل جزيء بيروفيت يحتاج إلى دورة في حلقة كربيس وبالتالي تحدث دورتين داخل هذه الحلقة.

Concept 10.4: During oxidative phosphorylation, chemiosmosis couples electron transport to ATP synthesis

Following **glycolysis** and the **citric acid cycle**, **NADH** and **$FADH_2$** account for **most** of the **energy extracted** from **food.** These **two electron carriers** donate **electrons** to the **electron transport chain**, which powers **ATP synthesis** via **oxidative phosphorylation.**

بعد **الإنتهاء** من عملية **تحطيم الغلوكوز وحلقة كربيس** ينتج **العديد** من **جزيئات NADH و جزيئين** من **$FADH_2$ وتحتوي** هذه الجزيئات على **الطاقة** التي **أخذت** من **سكر الغلوكوز**. تعمل هذه الجزيئات **كنواقل للإلكترونات** فهي **تنقل الإلكترونات** منها إلى **سلسلة النقل الإلكتروني** والتي تعمل على **تصنيع مركب** ال **ATP** عن طريق عملية **الفسفرة المتأكسدة** (والتي تعد **المرحلة الأخيرة** في **عملية التنفس الخلوي** بوجود **الأكسجين**).

Momen Tamimi

The Pathway of Electron Transport: (مرحلة النقل الإلكتروني)

The **electron transport chain** occurs in the **inner membrane** (**cristae**) of the mitochondrion. Most of the chain's **components** are **proteins**, which exist in **multiprotein complexes**. Electrons drop in **free energy** as they go **down** the **chain** and are finally **passed** to O_2, forming H_2O. **Electron carriers** alternate between **reduced** and **oxidized** states as they **accept** and **donate electrons.**

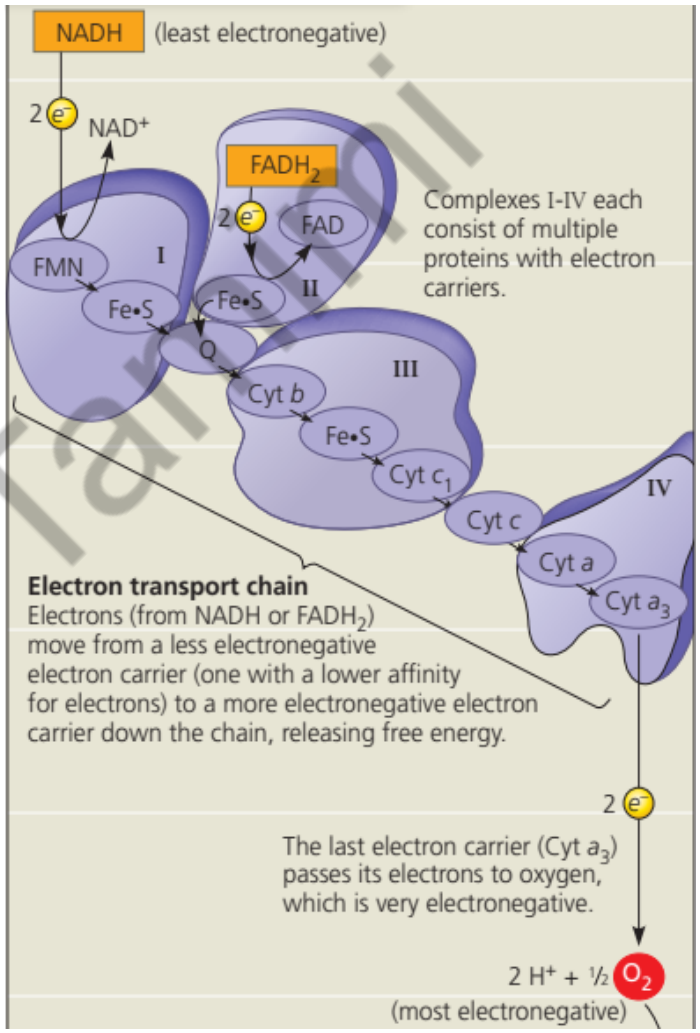
تحدث **سلسلة نقل الإلكترونات** في **الغشاء الداخلي للميتوكندريا**. وتعد جميع مكونات **السلسلة** من **البروتينات (بروتينات معقدة)**. تنتقل الإلكترونات في السلسلة من **المعقد البروتيني** إلى **آخر** فتفقد **جزءا من طاقتها** وفي **النهاية يتم نقلها** إلى جزيء **الأكسجين O_2**. بعدما **تنتقل** هذه **الإلكترونات** إلى **الأكسجين** يرتبط **الأكسجين بذرتين** من **أيون الهيدروجين H^+** مكونا **جزيء الماء**. يتم نقل **الإلكترونات** داخل **السلسلة** عن طريق **تفاعلات التأكسد – إختزال** من معقد **البروتين** إلى **آخر**.

We have **4 multiprotein complexes**:
Complex (1), Complex (2), Complex (3), Complex (4)

1) In Complex (**1**) **electrons** are **transferred** from **NADH** to **FMN** Then to **Fe.s** and **NADH** is **oxidized** to **NAD^+.**

2) In Complex (**2**) electrons are **transferred** from **$FADH_2$** to **Fe.s** and **$FADH_2$** is oxidized to **FAD**.

2 electrons are **transferred** from **NADH** or **2 electrons** are **transferred** from **$FADH_2$ per turn.**



يوجد لدينا **4 أنواع** من **المعقد البروتيني**: المعقد البروتيني (**1**) / المعقد البروتيني (**2**) / المعقد البروتيني (**3**) / المعقد البروتيني (**4**). **خطوات سلسلة النقل الإلكتروني**:

1- في المعقد البروتيني (1) تنتقل الإلكترونات من **NADH** (الناتج من عملية **تحطيم الغلوكوز + حلقة كريبس**) إلى **FMN** ثم إلى **Fe.s** . حيث **يتأكسد** ال **NADH ويصبح NAD^+**.

2- في المعقد البروتيني (**2**) **تنتقل الإلكترونات** من **$FADH_2$** إلى **Fe.s** حيث يتأكسد **$FADH_2$** ويصبح **FAD**.ينتقل **إلكترونين فقط** إما من **NADH** أو **$FADH_2$** في كل دورة (في كل سلسلة).

للتوضيح أكثر: يتم **أخذ إلكترونين** إما من **NADH** أو من **$FADH_2$**. أذا **أخذت الإلكترونات** من **NADH** فإن **المعقد البروتيني (1)** هو الذي **ينقل الإلكترونات ويتوقف** المعقد البروتيني **(2)** أما اذا **أخذت** من **$FADH_2$** فإن **المعقد البروتيني (2)** هو الذي **ينقل الإلكترونات ويتوقف** المعقد **البروتيني (1)**.

2) Whatever those electrons **have been taken** from **NADH** or **$FADH_2$** it **will be transferred** to **ubiquinone** molecule. **Ubiquinone**: **abbreviated** as **Q**, is an **organic molecule** (not a **protein**) dissolved in the **hydrophobic region** of the **inner membrane** of the **mitochondrion**. It can **move freely** within the **hydrophobic** region of the **membrane**.

2- مهما كان مصدر **الإلكترونات** التي تم **أخذها** سواء من **NADH** أم من **$FADH_2$ ستنتقل** هذه **الألكترونات** إلى **جزيء ubiquinone** يعد هذا الجزيء **جزيء عضوي** (وليس من البروتينات) يتم **إختصاره** بحرف **(Q)** يستطيع أن **يخترق** المنطقة **الغير محبة للماء** في الغشاء **الداخلي** للميتوكندريا وبالتالي فإنه يستطيع **الحركة بسهولة** داخل **الغشاء** لنقل **الإلكترونات**.

3) Electrons will be **transferred** from **ubiquinone** to **Cytochrome b** (Cyt b) then to **Fe.s** then to **Cytochrome C_1** (Cyt c_1) in **Complex 3**.

Ubiquinone ⟶ Cyt b ⟶ Fe.s ⟶ Cyt c_1 (in complex 3)

Mohamed Tarabi

3- **ينقل جزيء ubiquinone الإلكترونات** منه إلى **Cyt b** ثم **تنتقل الإلكترونات** إلى **Fe.s** ثم تنتقل **الإلكترونات** إلى **Cyt c_1 (داخل المعقد البروتيني 3)**.

4) Cyt c_1 will **transfer** these **electrons** to **Cyt c** then **from Cyt c** to **Cyt a** then to **Cyt a_3.**
(Only **Cyt a** and **Cyt a_3** are **located** in **Complex 4**).

4- **سينقل جزيء Cyt c_1 الإلكترونات** منه إلى **جزيء Cyt c** والذي **يشكل حلقة وصل** ما بين **المعقد البروتيني الثالث والرابع**. ستنتقل **الإلكترونات** بعدها من **Cyt c** إلى **جزيء Cyt a** ثم **ستنتقل** بعدها إلى **جزيء Cyt a_3**.

5) Finally electrons are **transferred** from **Cyt a_3** to **Oxygen** molecule (**high electronegativity**) after that Oxygen molecule **combine** with **$2H^+$ forming water** molecule (**H_2O**).
$2H^+ + ½O_2 \longrightarrow H_20$

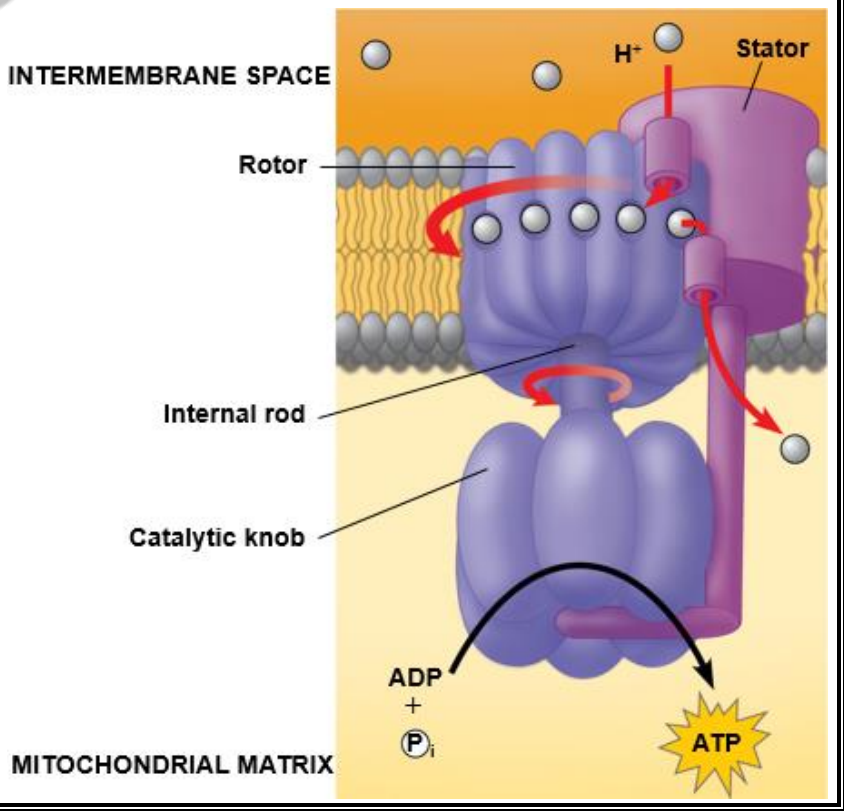
5- **آخر خطوة: ستنتقل الإلكترونات** من **جزيء Cyt a_3** إلى **جزيء الأكسجين** (له **كهروسلبية عالية** أي أنه **محب للإلكترونات**) وبعدها **يرتبط** جزيء الأكسجين **(O) بذرتين** من **البروتون ($2H^+$)** مكونا **جزيء الماء** (أنظر للمعادلة في الأعلى). **معلومة هامة:** لا **تنسى** أن **الألكترونات تفقد طاقة** عندما **تنتقل** من **معقد بروتيني** إلى **آخر** في **سلسلة النقل الإلكتروني** ويتم إستخدام هذه **الطاقة** في **عملية صنع مركب** ال **ATP**.

Chemiosmosis: The Energy-Coupling Mechanism. (الأسموزية الكيميائية)
The **energy released** as **electrons** are **passed** down the **electron transport chain** is **used** to **pump H^+** from the **mitochondrial matrix** to the **intermembrane space**. **H^+** then **moves** down its **electrochemical gradient** back across the **membrane**, passing through the **protein** complex **ATP synthase.**

كما تحدثنا سابقا أن **الإلكترونات تفقد طاقة** (تحررها) عندما **تنتقل** من **معقد بروتيني** إلى **آخر** في **سلسلة النقل الإلكتروني**. **تستخدم** هذه الطاقة في **ضخ أيونات الهيدروجين** (**البروتونات**) من **السائل الداخل الخلوي للمايتوكندريا** إلى **الفراغ ما بين الغشائين** للميتوكندريا. يصبح تركيز **البروتونات** في **الفراغ ما بين الغشائين عالي جدا** وبالتالي **تتحرك** هذه **البروتونات** وتعود مرة **أخرى** إلى **السائل الداخل خلوي** (لأن تركيز البروتون **منخفض** لديها) عن طريق **بروتين غشائي** يسمى **البروتين المصنع للطاقة (ATP synthase)** فيتم **صنع كمية كبيرة** من **مركب** ال **ATP** . (الشكل **للأسفل** هو البروتين المصنع للطاقة)

H^+ moves into **binding sites** on the **rotor of ATP synthase**, **causing** it to **spin** in a way that **catalyzes phosphorylation** of **ADP** to **ATP**. This is an **example** of **chemiosmosis**, the **use of energy** in a **H^+ gradient** to **drive cellular work.**

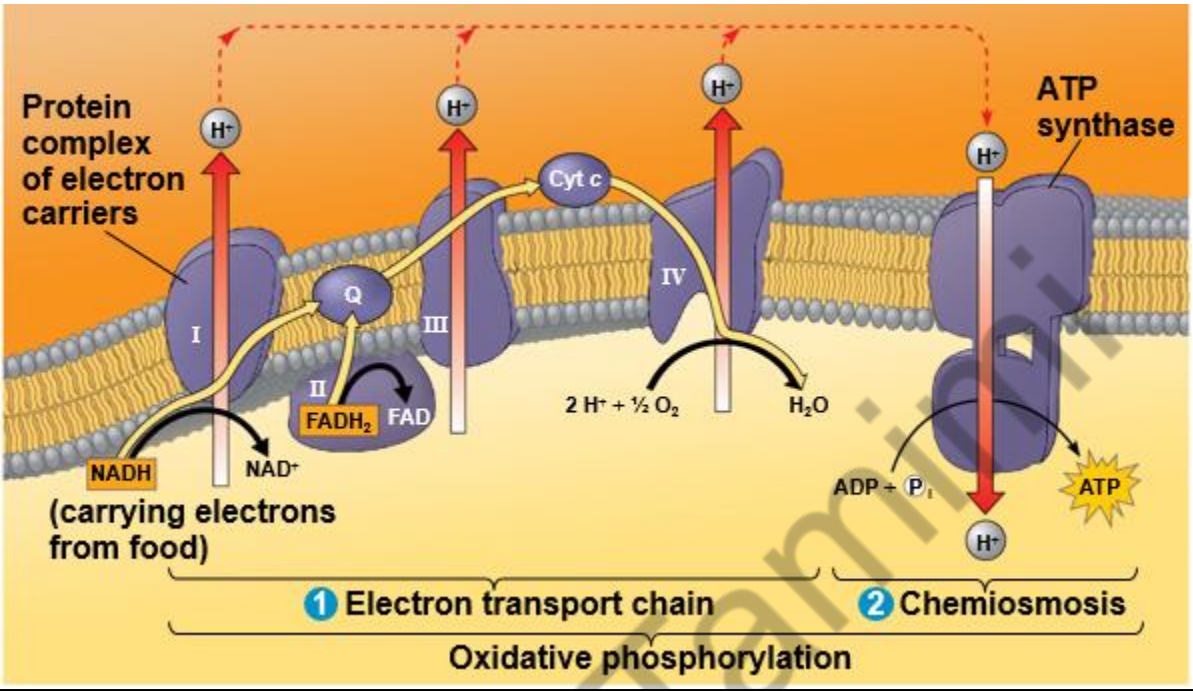
Stator = (المثبت)
Rotor = (**الدوار** أو **الملتف**)
Internal rod = (**تساعد** على **الدوران**)
Catalytic knob = (المنطقة التي يحدث فيها **تكوين** ATP)



تتحرك **البروتونات** من **الفراغ ما بين الغشائين** (منطقة **التركيز العالي**) وترتبط **بالدوار** الموجود داخل **البروتين المصنع للطاقة**. تبدأ **البروتونات بالإلتفاف والدوران** فينتج من عملية الدوران **فسفرة** مركب **ADP** (أي **اضافة** مجموعة **فوفسفات**) **ويتحول** إلى **ATP**. وهذا يعد مثال على عملية **الأسموزية الكيميائية** حيث يتم إستخدام **الطاقة الناتجة** من حركة **البروتونات** من منطقة **التركيز العالي** (**الفراغ ما بين الغشائين**) إلى **منطقة** التركيز **المنخفض** (**السائل الداخل الخلوي**) داخل **الميتوكندريا** لتكون **مركب** ال **ATP**

Momen Hamini

Certain **electron carriers** (Complex **1** + Complex **3** + Complex **4**) in the **electron transport chain accept** and **release H⁺** along with the **electrons**. In this way, the **energy stored** in a **H⁺ gradient** across a membrane couples the **redox reactions** of the **electron transport chain** to **ATP synthesis**. The **H⁺ gradien**t is referred to as a **proton-motive force**, emphasizing its **capacity** to do work.



كما تحدثنا سابقا في أن **تركيز** البروتونات يكون **عالي** في **السائل الداخل خلوي للميتوكندريا** ولكن بسبب أن **الإلكترونات تفقد الطاقة** في **سلسلة النقل الإلكتروني** وأن هذه الطاقة **تستخدم لضخ** أو **لنقل** البروتونات من **السائل الداخل خلوي** إلى **الفراغ ما بين الغشائين** للميتوكندريا فيصبح **تركيز** البروتونات **عالي** في **الفراغ ما بين الغشائين** ويقل **تركيز** البروتونات في **السائل الداخلي** للميتوكندريا. وعرفنا أن التركيز العالي للبروتونات في **الفراغ ما بين الغشائين** يولد **طاقة عالية** عندما **يعود** مرة أخرى إلى **السائل الداخلي** للميتوكندريا عن طريق **البروتين المصنع للطاقة**. لكن لزيادة كمية **الجزيئات** الناتجة من **مركب** ال **ATP**. يجب زيادة **تركيز البروتونات** بشكل **كبير جدا** في **الفراغ ما بين الغشائين** وبالتالي فإن بعد **المعقدات البروتينية** (المعقد البروتيني (**1**) + المعقد البروتيني (**3**) + المعقد البروتيني (**4**)) تعمل على **ضخ** أو **نقل البروتونات** من **السائل الداخلي للميتوكندريا** إلى **الفراغ ما بين الغشائين** وفي نفس الوقت تنقل **الإلكترونات** بين **بعضها البعض** عن طريق تفاعلات **التأكسد – الإختزال** في **سلسلة النقل الإلكتروني**. في النهاية يصبح **تركيز البروتونات عالي جدا جدا** في **الفراغ ما بين الغشائين** وبالتالي تتكون **قوة دافعة عالية للبروتونات** وتعود إلى **منطقة التركيز المنخفض** (السائل الداخلي) عن طريق **البروتين الغشائي** المصنع للطاقة بعملية **الإسموزية الكيميائية** مكونة العديد من **الجزيئات** من مركب ال **ATP**. وتندرج مرحلة **سلسلة النقل الإلكتروني + مرحلة الإسموزية الكيميائية** تحت عملية **الفسفرة المتأكسدة** والتي تعد **آخر عملية** في **التنفس الخلوي بوجود الأكسجين**.

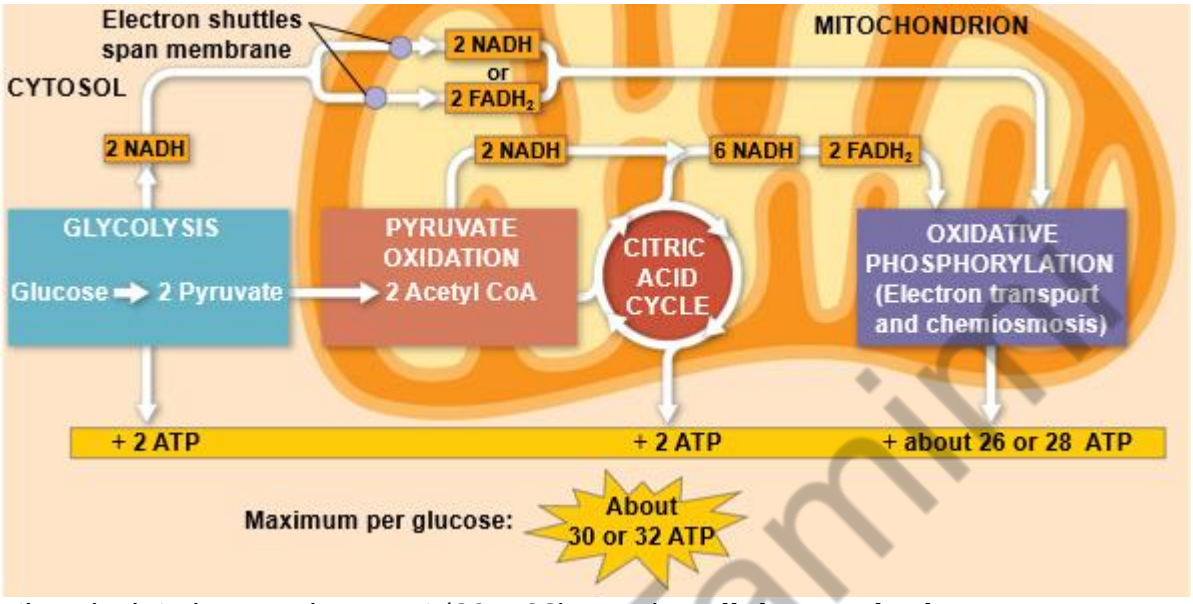
An Accounting of ATP Production by Cellular Respiration: (حساب كمية الطاقة الناتجة)
During **cellular respiration**, most energy **flows** in **this sequence**:
Glucose → NADH → electron transport chain → proton-motive force → ATP
About 34% of the **energy** in a **glucose** molecule is **transferred to ATP** during **cellular respiration**, making (**30 – 32**) **ATP.** The **rest** of the **energy** is **lost as heat.**

خلال عملية **التنفس الخلوي** تنتقل **الطاقة عبرالتسلسل الآتي: سكر الغلوكوز** ثم إلى **NADH** ثم إلى **سلسلة النقل الإلكتروني** ثم إلى **القوة الدافعة للبروتونات** ثم على شكل **ATP**. **34%** من **طاقة جزيء الغلوكوز تتحول** إلى **ATP** في **عملية التنفس الخلوي** حيث يتم **صنع (30 – 32) جزيء** من ال **ATP** . تخرج **الطاقة المتبقة** على **شكل حرارة**.

Every **NADH** molecule gives **2.5 ATP** / Every **$FADH_2$** molecule gives **1.5 ATP**.
Important note: The **free energy** from the **electron transfer** causes **4 protons to move into** the **intermembrane space** contributing to the **proton gradient**. For every **4 H+ ions, 1 ATP is produced**.

Mohie Tamimi

كل جزيء من مركب NADH يعطي 2.5 من مركب ال ATP / و كل جزيء من FADH2 يعطي 1.5 من مركب ال ATP
معلومة هامة جدا: تحدثنا سابقا أنه في سلسلة النقل الإلكتروني عندما تنتقل الإلكترونات من مستوى لآخر (أي من معقد بروتيني إلى المعقد الذي يليه) فإنها تفقد القليل من طاقتها حيث تستخدم هذه الطاقة في نقل 4 ذرات من البروتونات للفراغ ما بين الغشائين بحيث يزداد تركيز البروتونات فيها و يشكل قوة دافعة عالية تدفع هذه البروتونات لكي تعود إلى السائل الداخلي للميتوكندريا (منطقة التركيز القليل) و تصنع بذلك ال ATP. ومن المهم أن نعلم أن كل 4 ذرات من البروتون يساهم في صنع جزيء واحد من ال ATP.



So now let's calculate how we have got (**30 – 32**) **ATP** in **cellular respiration:**

1) From **glycolysis**: we have got **2ATP + 2NADH** (in some cases **NADH** is **converted** to **$FADH_2$**).

1- من عملية **تحطيم الغلوكوز**: **نتج جزيئين** من مركب **ATP + جزيئين** من **NADH**. (في **بعض الحالات يتحول NADH** إلى **$FADH_2$**)

2) From **Pyruvate oxidation**: we have got **2NADH.**

3) From **Citric acid cycle** or **Krebs cycle**: we have got **3NADH + 1$FADH_2$ + 1ATP per turn**, but **two turns** occur in Krebs cycle so we have **6NADH + 2$FADH_2$ + 2ATP**.

2- أكسدة البيروفيت: تنتج **جزيئين** من **NADH**

3- من **حلقة كريبس**: **ينتج 3 جزيئات** من **NADH + جزيء واحد** من **$FADH_2$ + جزيء واحد** من **ATP** لكل **دورة**. لكن في حلقة كريبس **تحدث دورتين** لكل **جزيء من سكر الغلوكوز** وبالتالي **يتضاعف عدد النواتج مرتين وتصبح 6NADH + 2$FADH_2$ + 2ATP.**

4) All **NADH** and **$FADH_2$ molecules** are **used** in **Oxidative phosphorylation** process (**Electron transport chain** + **Chemiosmosis**). And **that's why** the **oxidative phosphorylation** has the **highest amount** of **ATP production**. (**26 – 28**) ATP.

4- **تستخدم جميع جزيئات NADH + $FADH_2$** في عملية **الفسفرة المتأكسدة** التي **تضم (سلسلة النقل الإلكتروني + الإسموزية الكيميائية)**. وهذا السبب في أن عملية **الفسفرة المتأكسدة** تعد **أكثر عملية** من **عمليات التنفس الخلوي إنتاجا لجزيئات** ال **ATP**. لكن لماذا تنتج من **(26 – 28)** جزيء وليس رقم محدد من الجزيئات؟؟ السبب هو أنه في **أول مرحلة (مرحلة تحطيم الغلوكوز)** من الممكن أن يتحول **جزيئي** ال **NADH الناتجين من هذه المرحلة** إلى **$FADH_2$** كما هو **مبين في الشكل أعلاه** وبالتالي فإن عدد **جزيئات ال ATP ليس ثابتا** فمركب ال **NADH** يعطي **2.5 ATP** و مركب ال **$FADH_2$** يعطي **1.5 ATP**

Oxidative phosphorylation → 2NADH or 2$FADH_2$ + 2NADH + 6NADH + 2$FADH_2$.

(26 – 28) ATP → **(3 – 5 ATP)** + **(5 ATP)** + **(15 + 3 = 18 ATP)**

So that's why we have (**30 – 32**) **ATP** molecules.

Momen Tamimi

Summary for aerobic respiration: (ملخص قصير للتنفس الخلوي بوجود الأكسجين)
We have **three** processes:
1A) Glycolysis occurs in **cytosol.**
1B) Pyruvate oxidation occurs in mitochondrial **matrix**.
2) CAC or **Krebs** cycle occurs in mitochondrial **matrix.**
3) Oxidative phosphorylation (**Electron transport chain** + **Chemiosmosis**) occurs in the **inner membrane** (cristae).

ملخص قصير للتنفس الخلوي بوجود الأكسجين:
لدينا ثلاثة مراحل:
1- تحطيم **الغلوكوز**: في **السايتوسول / و بعدها أكسدة البيروفيت**: في **السائل الداخلي**
2- حلقة كريبس: تحدث في **السائل الداخلي.**
3- الفسفرة المتأكسدة التي تضم (**سلسلة النقل الإلكتروني + الإسموزية الكيميائية**) تحدث في **الغشاء الداخلي** للميتوكندريا

Products: (نواتج كل عملية)
1A) Glycolysis: 2 ATP (Net) + 2 NADH + 2 H_2O + 2 Pyruvate.
1B) Pyruvate oxidation: 2NADH + 2CO_2
2) Krebs cycle: 6NADH + 2ATP + 2$FADH_2$ + 4CO_2
Glycolysis generates **2ATP**
Krebs cycle generates **2ATP**
Oxidative phosphorylation generates (**26 – 28**) **ATP**.
Total = (**30 – 32**) **ATP**.

Concept 10.5: Fermentation and anaerobic respiration enable cells to produce ATP without the use of oxygen

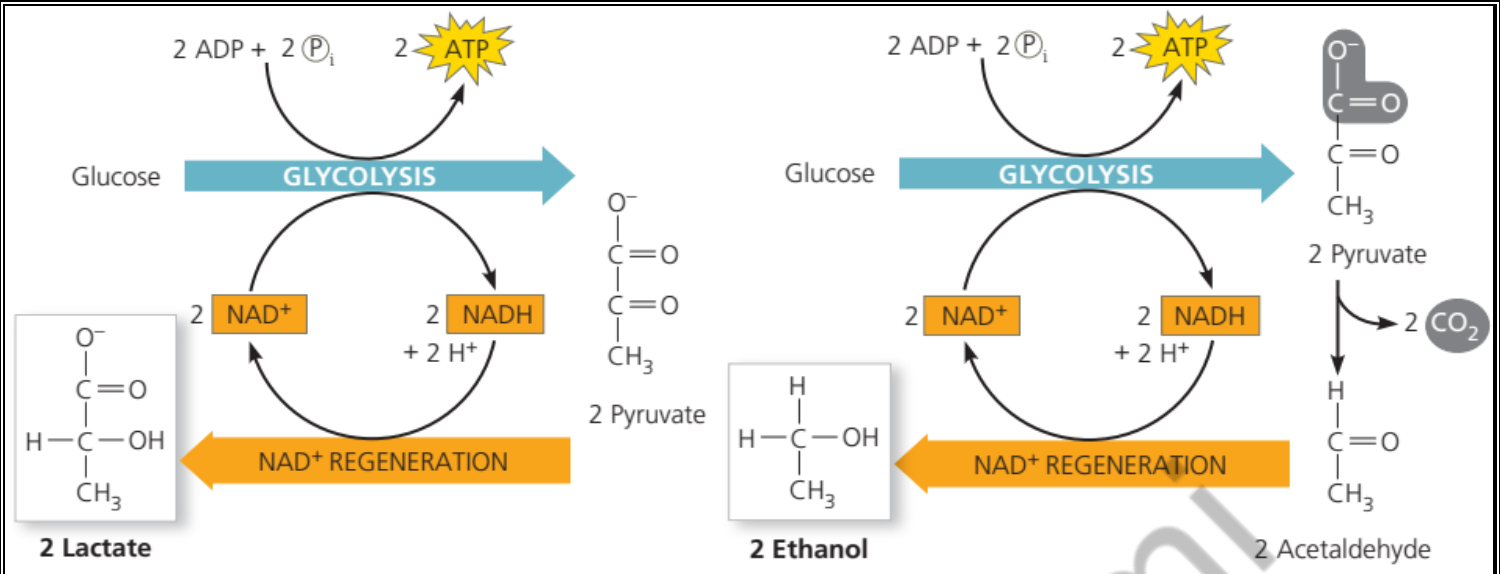
Most **cellular respiration** depends on **electronegative oxygen** to **pull electrons down** the **transport chain**. Without **oxygen**, the electron transport chain will **cease** to **operate**. In that case, **glycolysis couples** with **anaerobic respiration** or **fermentation** to **produce ATP. Anaerobic respiration** uses an **electron transport chain** with a **final electron acceptor** other than **oxygen**, for example, **sulfate**. **Fermentation** uses **substrate-level phosphorylation** instead of an **electron transport chain** (Oxidative phosphorylation) to **generate ATP.**

عملية **التنفس الخلوي** من **غير وجود الأكسجين** او ما تسمى **بالتخمر**: معظم عمليات التنفس الخلوي **تعتمد** على **وجود الأكسجين** وذلك لأن **الكهروسلبية له عالية** فهو **المستقبل النهائي للإلكترونات** في **سلسلة النقل الإلكتروني**. من غير وجود **الأكسجين** لا فائدة من وجود **سلسلة نقل إلكتروني** وبالتالي في عملية التخمر **لا يوجد سلسلة نقل إلكتروني** كما في التنفس الخلوي **بوجود الأكسجين**. يتم في عملية **التخمر** تحطم **لجزيء الغلوكوز** كما في التنفس الخلوي **بوجود الأكسجين** ولكن الفرق أن **التخمر** ينتج **الطاقة** (ATP) من عملية **الفسفرة للمواد المتفاعلة فقط** (وتكون **بكمية بسيطة جدا**) أما **التنفس الخلوي** بوجود **الأكسجين** ينتجها عن طريق **الفسفرة المتأكسدة** (**بكميات عالية جدا لوجود سلسلة نقل إلكتروني**). في عملية **التخمر** يكون **المستقبل النهائي للإلكترونات** جزيء **غير الأكسجين** (مثل: **السلفر**).

Two types of fermentation: alcohol fermentation and lactic acid fermentation. Fermentation consists of **glycolysis plus reactions** that **regenerate NAD$^+$**, which can be **reused** by **glycolysis**.
In **alcohol fermentation**, **pyruvate** is **converted** to **ethanol** in **two steps**:
1) The **first step releases CO_2** from **pyruvate. Pyruvate** ⟶ **Acetaldehyde**.
2) The **second step** produces **NAD$^+$** and **ethanol.**

لدينا **نوعان من عملية التخمر**: 1- **التخمر الكحولي** / 2- **تخمر حمض الآكتيك**.
تتكون عملية التخمر من **عمليتين**: 1- **تحطيم الغلوكوز** 2- **تفاعلات التي تجدد NAD$^+$**. في **التخمر الكحولي** يتحول **البيروفيت** إلى **الإيثانول** **بخطوتين**: 1- **يتم نزع** (**سحب**) جزيء **ثاني أكسيد الكربون** من **البيروفيت فيتحول** المركب إلى **أسيتالديهايد**. 2- تحدث **عملية إختزال** لمركب **الأسيتالديهايد** حيث يتحول إلى **إيثانول** وتحدث عملية **تأكسد** لجزيء **NADH** فيعود إلى **NAD$^+$** (معلومة هامة: لدينا جزيئين من كل مركب).
تستخدم عملية التخمر الكحولي في **صناعة الخبز وغيرها من المواد**.

Momen Tamimi

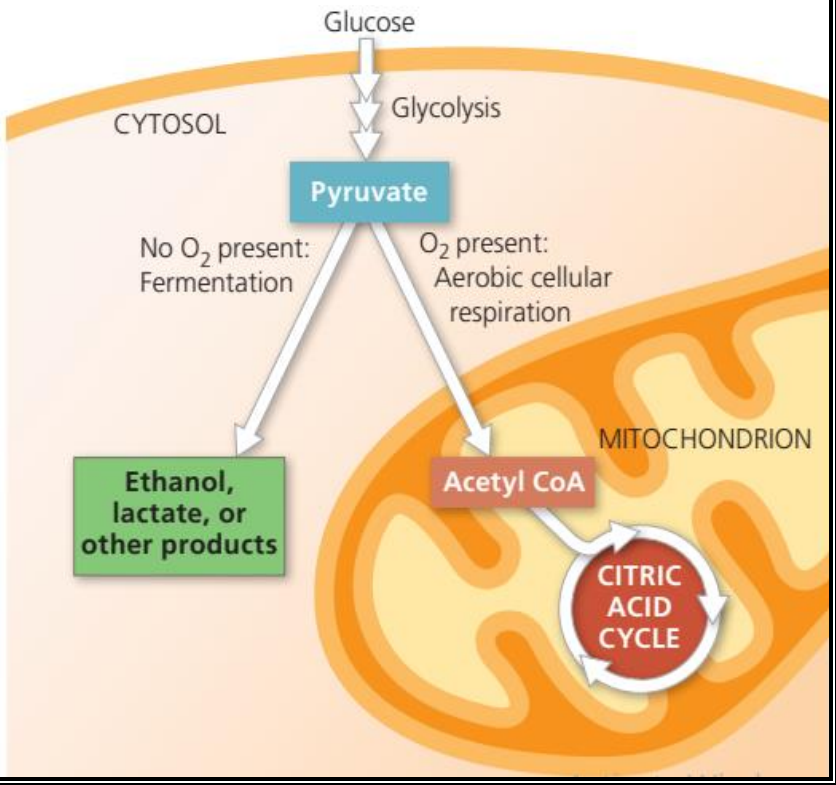


In **lactic acid fermentation**, pyruvate is **reduced** by **NADH**, forming **NAD**$^+$ and **lactate** as **end products**, with **no release of CO_2**. **Lactic acid fermentation** by some **fungi** and **bacteria** is used to make **cheese** and **yogurt**. Human **muscle** cells use **lactic acid fermentation** to generate **ATP** during **strenuous exercise** when **O_2** is **scarce**.

في عملية **التخمر لحمض الآكتيك** يتم **إختزال البيروفيت** إلى **حمض الآكتيك** من دون **نزع (سحب) جزيء ثاني أكسيد الكربون**. **ويتأكسد** جزيء **NADH** إلى **NAD**$^+$. تستخدم بعض **الأعفان والبكتيريا** عملية **التخمر لحمض الآكتيك** لصنع بعض **الأجبان والألبان**. وتستخدم **الخلايا العضلية** لدى الإنسان عملية **تخمر حمض الآكتيك** وذلك لكي **تنتج طاقة أثناء التمارين الشاقة** عندما **تقل نسبة الأكسجين في الدم**.
تذكر أن: الذي يحدث له عملية تأكسد يكون عامل مختزل وأن الذي يحدث له عملية إختزال يكون عامل مؤكسد.

Comparing Fermentation with Anaerobic and Aerobic Respiration:
The **processes** have **different mechanisms** for **oxidizing NADH** to **NAD**$^+$: In **fermentation**, an **organic molecule** (such as **pyruvate** or **acetaldehyde**) acts as a **final electron acceptor**. In cellular respiration, **electrons** are **transferred** to the **electron transport chain. Cellular respiration** produces (**30 – 32**) **ATP** per **glucose** molecule; **fermentation** produces **2 ATP per glucose** molecule.

لنتحدث عن **الفروقات** بين **التنفس الخلوي بوجود الأكسجين والتنفس الخلوي** من **غير وجود الأكسجين**. تختلف كل من **العمليتين** في طريقة **تفاعلات التأكسد – الإختزال**: أولا في **عملية التخمر** (من **دون أكسجين**) لا توجد **سلسلة نقل إلكتروني** فيه ويكون **مركب البيروفيت** أو **الأسيتالديهايد** هما **المستقبل النهائي** أما **الأكسجين** يكون **المستقبل النهائي** في **التنفس الخلوي** بوجود **الأكسجين**. في عملية **التخمر** تنتج **طاقة قليلة جزيئين** من **ATP** أما في **التنفس الخلوي بوجود الأكسجين** فإنه **ينتج (30 – 32)** جزيء من **ATP**.



Women Tamimi

Concept 10.6: Glycolysis and the citric acid cycle connect to many other metabolic pathways

Glycolysis and the **citric acid cycle** are major intersections to various **catabolic** and **anabolic** pathways. **Glycolysis** accepts a **wide range** of **carbohydrates** including **starch**, **glycogen**, and several **disaccharides**. **Proteins** that are **used for fuel** must be **digested** to **amino acids** and their **amino groups** must be **removed**. **Fats** are **digested** to **glycerol** (used to **produce** compounds **needed** for **glycolysis**) and **fatty acids**. **Fatty acids** are **broken down** by **beta oxidation** and **yield acetyl CoA**, **NADH**, and **$FADH_2$**. An **oxidized gram** of **fat** produces **more than twice** as much **ATP** as an **oxidized gram of carbohydrate.**

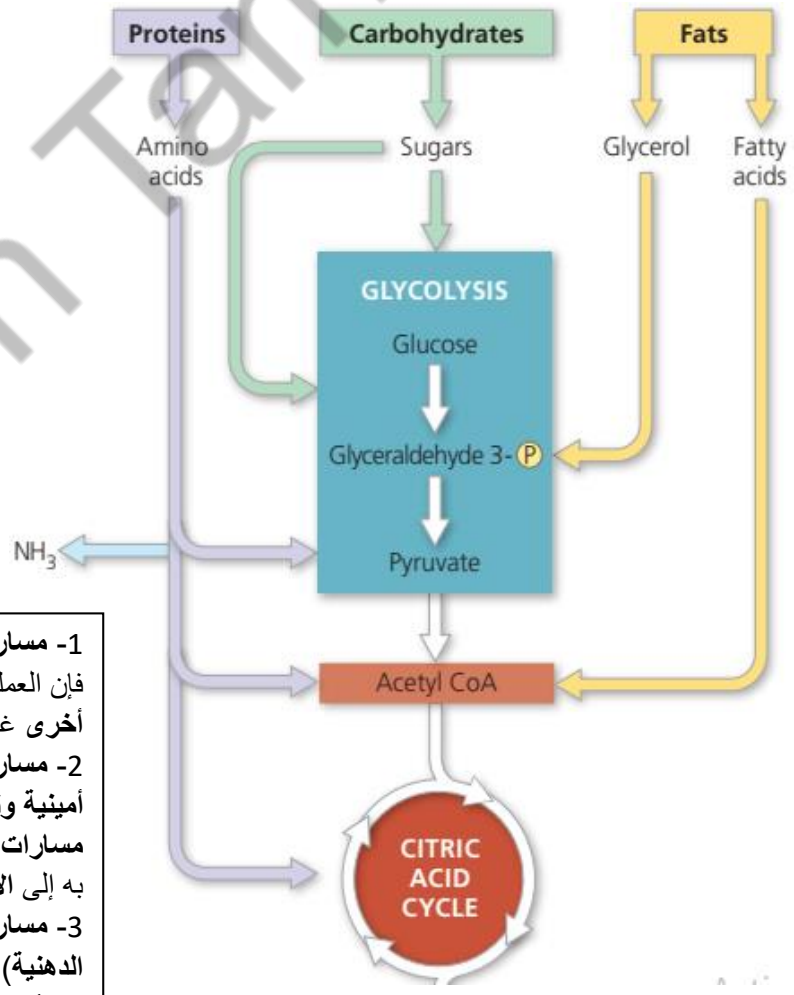
هنالك **مسارات مختلفة** لعمليات **الأيض** في عملية التنفس الخلوي **الهوائي** من **مركبات عضوية أخرى**
تعد عملية **تحطيم الغلوكوز** و**حلقة كريبس** أهم **المسارات** لعمليات **الهدم والبناء.**
لا **تقتصر عملية** تحطيم **الغلوكوز** على سكر **الغلوكوز فقط** بل إنها **تستطيع** أن **تبدأ العملية وتكملها بأنواع** من **الكاربوهيدرات** (**السكريات**) **غير الغلوكوز** مثل: **الستارش** (السكر في النباتات) + **الغلايكوجين** (السكر في الحيوانات) أو غيرها من السكريات. **البروتينات** التي تستخدم **كوقود لعملية التنفس الخلوي** (التي يتم إستهلاكها) يجب أن **تتحطم** إلى **حموض أمينية أولا** ثم ثانيا يجب أن **يتم نزع مجموعة الأمين منها**. إذا استخدمت **الدهون كوقود** يجب أن تتحطم إلى **مكوناتها الأصلية** (**الغليسيرول + الحموض الدهنية**) ثم بعد ذلك **تتحطم سلاسل الحموض الدهنية** عن طريق عملية (**الأكسدة**) حيث ينتج منها **أسيتل كوإنزيم + NADH + $FADH_2$**. وإذا تم **أكسدة غرام واحد** من **الدهون** فإنها **تعطي** كميات من **الطاقة** أكثر من **ضعفي كمية الطاقة** إذا تم **أكسدة غرام واحد** من **الكاربوهيدرات**. (أي أن **الدهون تحتوي** على **طاقة عالية جدا وأكثر** من **الكاربوهيدرات**).

Other metabolic pathways:

1) Carbohydrates (sugar) pathway:
If we have **glucose** sugar then the **glycolysis** will begin **normally**, but if we have **another sugar** it will **behave** another **pathway.**

2) Proteins pathway:
After the **break down** of proteins into **amino acids** and the **removal** of **amine** group (**NH_3**) these amino acids **join** the cellular respiration in **three pathways** (join **Pyruvate** or join **Acetyl CoA** or join **CAC**.

3) Fats pathway: after the **break down** of fats into (**glycerol** + **Fatty** acids), **glycerol** joins **G3P** molecule and **fatty acids** are **converted** to **Acetyl CoA.**



1- **مسار الكاربوهيدرات** (السكريات): إذا كان السكر هو **سكر الغلوكوز** فإن العملية تكون **طبيعة** كما تم **شرحها سابقا** لكن إذا كان هنالك **أنواع أخرى** غير الغلوكوز فإنها **تسلك المسار** آخر كما في الشكل.
2- **مسار البروتينات**: بعدما تحدث عملية **تحطيم البروتينات** إلى **حموض أمينية ونزع مجموعة الأمين منها** تدخل هذه الحموض الأمينية **ثلاثة مسارات**: مسار حيث تتحول به إلى **مركب البيروفيت** / مسار حيث تتحول به إلى **الأسيتل كوإنزيم** المسار حيث يدخل في **حلقة كريبس**.
3- **مسار الدهون**: بعد عملية **تحطيم الدهون** إلى (**الغليسيرول + الحموض الدهنية**) فإن **الغليسيرول** يتحول إلى **مركب** G3P وتتحول الحموض الدهنية إلى **أسيتل كوإنزيم**.

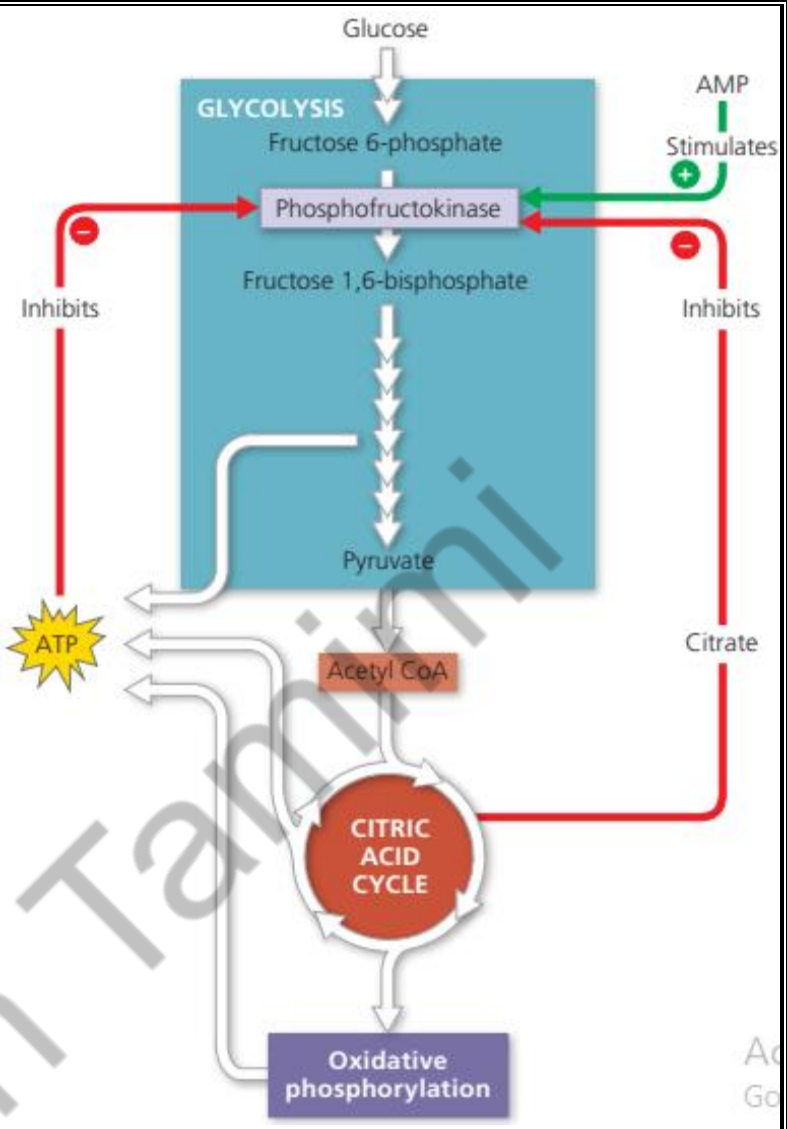
Women Tamrin

Regulation of Cellular Respiration via Feedback Mechanisms:

Feedback inhibition is the **most common** mechanism for **metabolic** control. If **ATP concentration begins** to **drop**, respiration **speeds up**; when there is **plenty** of **ATP**, respiration **slows down.**

تنظيم **عملية التنفس الخلوي**: يتم **تنظيم عملية التنفس الخلوي** عن طريق **مرحلتين:**

1- **مرحلة التثبيط**: إذا كان **تركيز** مركب **ATP عالي** يعمل **مركب Citrate + ATP** على تثبيط إنزيم **Phosphofructokinase** أما إذا كان **تركيز مركب** ال **ATP قليل** فإنه يتم **تنشيط** عملية **التنفس الخلوي ليتم إنتاجه** عن طريق مركب **AMP فيحفز إنزيم** Phosphofructokinas أي أنه يعد هذا **الإنزيم المفتاح لتحفيز وتثبيط** عملية **التنفس الخلوي** بالنظر إلى **تركيز** مركب **ATP**.



Momen Tamimi

Test Questions (Practice exam)
Test Yourself

Q1) The end product of glycolysis is:

A) NADH.
B) Acetyl-CoA.
C) Lactate.
D) Pyruvate.

Q2) The final output of the Krebs cycle includes all of the following except:

A) NADP.
B) $FADH_2$.
C) ATP.
D) CO2.

Q3) Which of the following is not a product of fermentation?

A) CO_2.
B) O_2.
C) Ethanol.
D) Lactate.
E) All of the above are products of fermentation.

Q4) What substance is produced by the oxidation of pyruvate and feeds into the citric acid cycle?

A) Pyruvate.
B) Acetyl – CoA.
C) CO_2.
D) Citrate.
E) None of the above.

Q5) In aerobic cellular respiration, which generates more ATP, substrate-level phosphorylation or chemiosmosis?

A) Substrate – level phosphorylation.
B) Chemiosmosis.
C) Both generate the same amount of ATP.
D) Neither generates any ATP.

Q6) What role does O_2 play in aerobic respiration?

A) It plays no role.
B) It combines with acetyl-CoA at the start of the Krebs cycle.
C) It is given off as a by-product during the oxidation of pyruvate.
D) It combines with H_2O to help drive the formation of ATP.
E) It is the final electron acceptor at the end of the electron transport chain.

Q7) Organisms that do not have the ability to produce or synthesize their own food are called:

A) Anaerobic.
B) Autotrophs.
C) Exergonic.
D) Catabolic.
E) Heterotrophs.

Q8) What substance is regenerated by fermentation?

A) O_2.
B) NAD^+.
C) Acetyl – CoA.
D) ATP.
E) Glucose.

Q9) Oxidizing which of the following substances yields the most energy?

A) Proteins.
B) Glucose.
C) Fatty acids.
D) Alcohols.
E) Water.

Q10) The oxidation of glucose to two molecules each of pyruvate, ATP, and NADH is called _____ and occurs in the _____.

A) Glycolysis / Cytoplasm.
B) Fermentation / Cytoplasm.
C) The Krebs cycle / mitochondrial matrix.
D) Anaerobic respiration / cytoplasm.
E) The respiratory electron transport chain; cristae of the mitochondrion.

Momen Tamimi

Q11) The final electron acceptor in lactic acid fermentation is:
A) NAD^+.
B) Pyruvate.
C) O_2.
D) Ethanol.
E) ATP.
Q12) ATP formation by glycolysis:
A) Occurs through aerobic respiration.
B) Is an extremely efficient method of acquiring energy by the cell.
C) Requires oxygen.
D) Involves substrate-level phosphorylation.
E) A+C.
Q13) The net result of the breakdown of glucose in glycolysis and fermentation is the production of:
A) 38 ATP.
B) 36 ATP.
C) 2 ATP.
D) 4 ATP.
Q14) In glycolysis, the activation of glucose is accomplished by:
A) NADH.
B) Coenzyme A.
C) ATP.
D) CO_2.
E) None of the above.
Q15) If 10 molecules of acetyl CoA enters the Citric acid cycle, How many molecules of ATP will be made by Substrate – level phosphorylation.
A) 18.
B) 10.
C) 20.
D) 4.
E) 32.
Q16) In glycolysis glucose undergoes:
A) Polymerization.
B) Oxidation.
C) Reduction.
D) Catabolism.
E) B+D.
Q17) The net products of breaking down of one Acetyl CoA in Citric acid cycle are:
A) 2 CO_2, 6 NADH, 2 $FADH_2$ and 1 ATP.
B) 2 CO_2, 3 NADH, 1 $FADH_2$ and 1 ATP.
C) 3 CO_2, 3 NADH, 1 $FADH_2$ and 2 ATP.
D) 4 CO_2, 6 NADH, 2 $FADH_2$ and 2 ATP.
Q18) The carriers for the electron transport system are located _____.
A) Within the cytoplasm of a cell.
B) On the cristae of mitochondria.
C) Within the matrix of mitochondria.
D) Within the Golgi apparatus.

Momen Tamimi

Q19) How many times does the Krebs cycle turn per glucose molecule?

A) Once.
B) Twice.
C) Three times.
D) Four times.
E) Six times.

1- D	2- A	3- B	4- B	5- B	6- E	7- E	8- B	9- C	10- A
11- B	12- D	13- C	14- C	15- C	16- E	17- B	18- B	19- B	

Momen Tamimi

Phosphofructokinase is an allosteric enzyme with receptor sites for specific inhibitors and activators. It is inhibited by ATP and stimulated by AMP (adenosine monophosphate), which the cell derives from ADP. As ATP accumulates, inhibition of the enzyme slows down glycolysis. The enzyme becomes active again as cellular work converts ATP to ADP (and AMP) faster than ATP is being regenerated. Phosphofructokinase is also sensitive to citrate, the first product of the citric acid cycle. If citrate accumulates in mitochondria, some of it passes into the cytosol and inhibits phosphofructokinase. This mechanism helps synchronize the rates of glycolysis and the citric acid cycle. As citrate accumulates, glycolysis slows down, and the supply of pyruvate and thus acetyl groups to the citric acid cycle decreases. If citrate consumption increases, either because of a demand for more ATP or because anabolic pathways are draining off intermediates of the citric acid cycle, glycolysis accelerates and meets the demand. Metabolic balance is augmented by the control of enzymes that catalyze other key steps of glycolysis and the citric acid cycle. Cells are thrifty, expedient, and responsive in their metabolism.

Cellular respiration and metabolic pathways play a role of central importance in organisms. Examine Figure 10.2 again to put cellular respiration into the broader context of energy flow and chemical cycling in ecosystems. The energy that keeps us alive is *released*, not *produced*, by cellular respiration. We are tapping energy that was stored in food by photosynthesis. In Chapter 11, you will learn how photosynthesis captures light and converts it to chemical energy.

CONCEPT CHECK 10.6

1. **MAKE CONNECTIONS ➤** Compare the structure of a fat (see Figure 5.9) with that of a carbohydrate (see Figure 5.3). What features of their structures make fat a much better fuel?
2. Under what circumstances might your body synthesize fat molecules?
3. **VISUAL SKILLS ➤** What will happen in a muscle cell that has used up its supply of oxygen and ATP? (Review Figures 10.18 and 10.20.)
4. **VISUAL SKILLS ➤** During intense exercise, can a muscle cell use fat as a concentrated source of chemical energy? Explain. (Review Figures 10.18 and 10.19.)

For suggested answers, see Appendix A.

Women Tanimi

10 Chapter Review

Go to **MasteringBiology**™ for Videos, Animations, Vocab Self-Quiz, Practice Tests, and more in the Study Area.

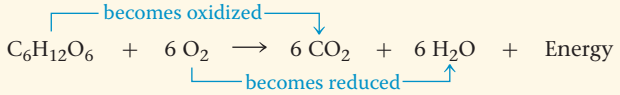
SUMMARY OF KEY CONCEPTS

CONCEPT 10.1

Catabolic pathways yield energy by oxidizing organic fuels *(pp. 237–241)*

VOCAB SELF-QUIZ goo.gl/Rn5Uax

- Cells break down glucose and other organic fuels to yield chemical energy in the form of ATP. **Fermentation** is a process that results in the partial degradation of glucose without the use of oxygen. The process of **cellular respiration** is a more complete breakdown of glucose. In **aerobic respiration**, oxygen is used as a reactant; in *anaerobic respiration*, other substances are used as reactants in a similar process that harvests chemical energy without oxygen.
- The cell taps the energy stored in food molecules through **redox reactions**, in which one substance partially or totally shifts electrons to another. **Oxidation** is the total or partial loss of electrons, while **reduction** is the total or partial addition of electrons. During aerobic respiration, glucose ($C_6H_{12}O_6$) is oxidized to CO_2, and O_2 is reduced to H_2O:



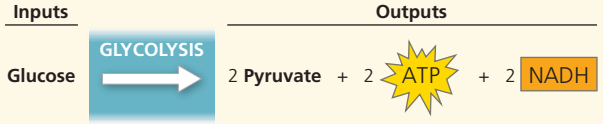
- Electrons lose potential energy during their transfer from glucose or other organic compounds to oxygen. Electrons are usually passed first to **NAD^+**, reducing it to NADH, and are then passed from NADH to an **electron transport chain**, which conducts the electrons to O_2 in energy-releasing steps. The energy that is released is used to make ATP.
- Aerobic respiration occurs in three stages: (1) **glycolysis**, (2) pyruvate oxidation and the **citric acid cycle**, and (3) **oxidative phosphorylation** (electron transport and chemiosmosis).

? *Describe the difference between the two processes in cellular respiration that produce ATP: oxidative phosphorylation and substrate-level phosphorylation.*

CONCEPT 10.2

Glycolysis harvests chemical energy by oxidizing glucose to pyruvate *(pp. 242–243)*

- Glycolysis ("splitting of sugar") is a series of reactions that breaks down glucose into two pyruvate molecules, which may go on to enter the citric acid cycle, and nets 2 ATP and 2 NADH per glucose molecule.

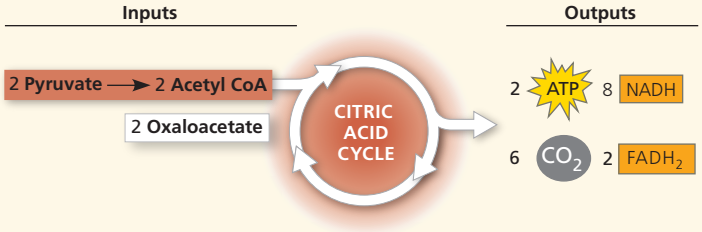


? *Which reactions in glycolysis are the source of energy for the formation of ATP and NADH?*

CONCEPT 10.3

After pyruvate is oxidized, the citric acid cycle completes the energy-yielding oxidation of organic molecules *(pp. 243–246)*

- In eukaryotic cells, pyruvate enters the mitochondrion and is oxidized to **acetyl CoA**, which is further oxidized in the citric acid cycle.

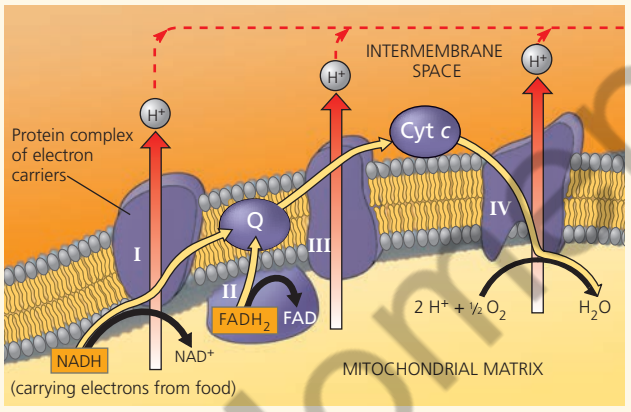


? *What molecular products indicate the complete oxidation of glucose during cellular respiration?*

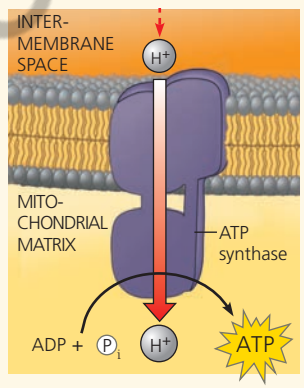
CONCEPT 10.4

During oxidative phosphorylation, chemiosmosis couples electron transport to ATP synthesis *(pp. 246–250)*

- NADH and $FADH_2$ transfer electrons to the electron transport chain. Electrons move down the chain, losing energy in several energy-releasing steps. Finally, electrons are passed to O_2, reducing it to H_2O.



- Along the electron transport chain, electron transfer causes protein complexes to move H^+ from the mitochondrial matrix (in eukaryotes) to the intermembrane space, storing energy as a **proton-motive force** (H^+ gradient). As H^+ diffuses back into the matrix through **ATP synthase**, its passage drives the phosphorylation of ADP to form ATP, called **chemiosmosis**.
- About 34% of the energy stored in a glucose molecule is transferred to ATP during cellular respiration, producing a maximum of about 32 ATP.



? *Briefly explain the mechanism by which ATP synthase produces ATP. List three locations in which ATP synthases are found.*

CONCEPT 10.5

Fermentation and anaerobic respiration enable cells to produce ATP without the use of oxygen *(pp. 251–254)*

- Glycolysis nets 2 ATP by substrate-level phosphorylation, whether oxygen is present or not. Under anaerobic conditions, anaerobic respiration or fermentation can take place. In anaerobic respiration, an electron transport chain is present with a final electron acceptor other than oxygen. In fermentation, the electrons from NADH are passed to pyruvate or a derivative of pyruvate, regenerating the NAD^+ required to oxidize more glucose. Two common types of fermentation are **alcohol fermentation** and **lactic acid fermentation**.
- Fermentation and anaerobic or aerobic respiration all use glycolysis to oxidize glucose, but they differ in their final electron acceptor and whether an electron transport chain is used (respiration) or not (fermentation). Respiration yields more ATP; aerobic respiration, with O_2 as the final electron acceptor, yields about 16 times as much ATP as does fermentation.
- Glycolysis occurs in nearly all organisms and is thought to have evolved in ancient prokaryotes before there was O_2 in the atmosphere.

? *Which process yields more ATP, fermentation or anaerobic respiration? Explain.*

CONCEPT 10.6

Glycolysis and the citric acid cycle connect to many other metabolic pathways *(pp. 254–256)*

- Catabolic pathways funnel electrons from many kinds of organic molecules into cellular respiration. Many carbohydrates can enter glycolysis, most often after conversion to glucose. Amino acids of proteins must be deaminated before being oxidized. The fatty acids of fats undergo **beta oxidation** to two-carbon fragments and then enter the citric acid cycle as acetyl CoA. Anabolic pathways can use small molecules from food directly or build other substances using intermediates of glycolysis or the citric acid cycle.
- Cellular respiration is controlled by allosteric enzymes at key points in glycolysis and the citric acid cycle.

? *Describe how the catabolic pathways of glycolysis and the citric acid cycle intersect with anabolic pathways in the metabolism of a cell.*

TEST YOUR UNDERSTANDING

Multiple-choice Self-Quiz questions 1–7 can be found in the Study Area in MasteringBiology.

8. **MAKE CONNECTIONS** Step 3 in Figure 10.9 is a major point of regulation of glycolysis. The enzyme phosphofructokinase is allosterically regulated by ATP and related molecules (see Concept 6.5). Considering the overall result of glycolysis, would you expect ATP to inhibit or stimulate activity of this enzyme? Explain. (Hint: Make sure you consider the role of ATP as an allosteric regulator, not as a substrate of the enzyme.)

PRACTICE TEST goo.gl/iAsVgL

9. **MAKE CONNECTIONS** The proton pump shown in Figures 8.17 and 8.18 is a type of ATP synthase (see Figure 10.14). Compare the processes shown in the two figures, and say whether they are involved in active or passive transport (see Concepts 8.3 and 8.4).

Noman Tamim

CHAPTER 11

Photosynthesis

Autotrophic	ذاتي التغذية	**By-product**	منتج ثانوي	**Pigment**	صبغة
Heterotrophic	غير ذاتي التغذية	**Nucleic acids**	حموض نووية	**Excitation**	إثارة (تهيج)
Photosynthesis	البناء الضوئي	**Reverse**	عكس	**Linear**	خطي
stomata	ثقوب او ثغور	**Calvin cycle**	حلقة كالفن	**Cyclic**	دائري
Mesophyll	الخلايا الورقية	**Wavelength**	الطول الموجي	**Fixation**	تثبيت

The Process That Feeds the Biosphere. (العملية المغذية **للغلاف الحيوي** هي عملية **البناء الضوئي**)
Plants and other **photosynthetic** organisms contain **organelles** called **chloroplasts**.
Photosynthesis is the process that **converts solar energy** into **chemical energy** within **chloroplasts**.

تحتوي **النباتات** وغيرها من **الكائنات التمثيل الضوئي** على **عضية الكلوروبلاست**. تحدث **عملية البناء الضوئي** في **الكلوروبلاست** وتعرف بأنها عملية **تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية**.

Autotrophic = ذاتي التغذية مثل النباتات / **Heterotrophic** = غير ذاتي التغذية مثل الحيوانات
Autotrophs (self-feeders) are the **producers** of the **biosphere**, producing **organic molecules** from CO_2 and other **inorganic molecules. Heterotrophs** are the **consumers** of the **biosphere.**

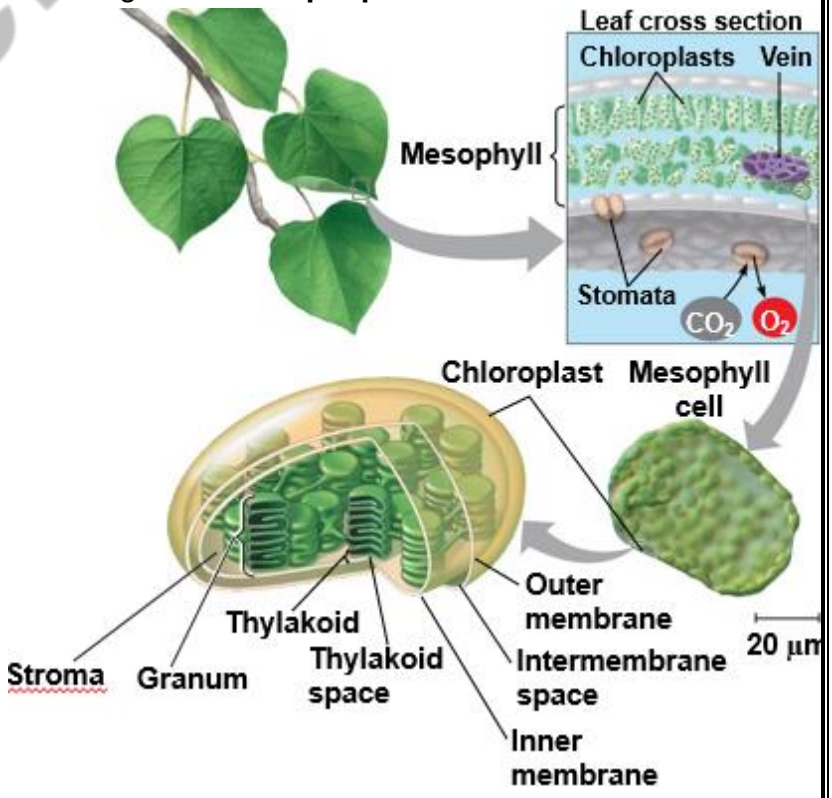
تعد الكائنات **ذاتية التغذية** الكائنات **المنتجة داخل الغلاف الحيوي** فهي تنتج **المركبات العضوية** (مثل: سكر **الغلوكوز**) من جزيء **ثاني أكسيد الكربون** وغيره من **الجزيئات**. تعد الكائنات **غير ذاتية التغذية** الكائنات **المستهلكة للغلاف الحيوي** فهي لا **تصنع غذائها بنفسها**.

Photosynthesis occurs in **plants**, **algae**, certain other **unicellular eukaryotes**, and some **prokaryotes.** (تحدث عملية **البناء الضوئي** في **النباتات** + **الطحالب** + **وحيدات الخلايا** وغيرها)

Concept 11.1: Photosynthesis converts light energy to the chemical energy of food

Leaves are the **major locations** of **photosynthesis** in **plants**. **Chloroplasts** are found **mainly** in **cells** of the **mesophyll**, the **interior tissue** of the **leaf**. Each **mesophyll** cell contains (**30–40**) **chloroplasts**. **CO_2 enters** and **O_2 exits** the **leaf** through **microscopic pores** called **stomata.**

تعد **الأوراق الموقع الرئيسي** التي **تحدث** به عملية **البناء الضوئي** في **النباتات**. توجد **الكلوروبلاست** (**البلاستيدات الخضراء**) داخل **الخلايا الورقية** التي تدعى **mesophyll** (توجد في **الغشاء الداخلي** للورقة). **تحتوي** كل **خلية ورقية** على (**30 – 40**) **جزيء** من **الكلوروبلاست**. تدخل جزيئات **ثاني أكسيد الكربون** إلى الورقة **وتخرج جزيئات الأكسجين** من **الورقة** عن طريق **ثقوب** أو **ثغور** في **الورقة** نفسها.



Mesophyll = خلايا الورقة المحتوية على الكلوروبلاست
Stomata = ثقوب أو ثغور
Chloroplast = (البلاستيدات الخضراء)
Stroma (internal fluid) = السائل الداخل خلوي
Thylakoids = أكياس غشائية داخل البلاستيدات الخضراء
Granum (Stacked thylakoids) = مجموعة من الأكياس الغشائية المتراصة
Thylakoid space = الفراغ داخل الكيس الغشائي
Outer membrane = الغشاء الخارجي
Inner membrane = الغشاء الداخلي
Intermembrane space = الفراغ ما بين الغشائين

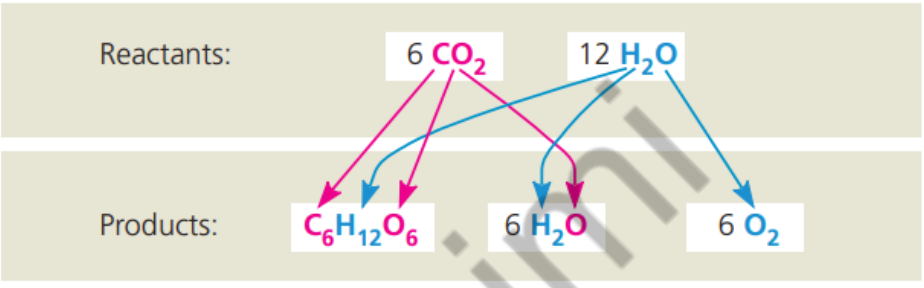
Women Tarmini

Photosynthesis is a **complex series** of **reactions** that can be **summarized** as the **following equation**: $6\ CO_2 + 12\ H_2O + \text{Light energy} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$.
The **overall chemical change** during **photosynthesis** is the **reverse** of the one that **occurs during cellular respiration**.

تتكون **عملية البناء الضوئي** من **سلسلة معقدة من التفاعلات** وفق **المعادلة** في **التالية**. وتعد **عملية البناء الضوئي العملية العكسية للتنفس الخلوي** . **المعادلة**: $6\ CO_2 + 12\ H_2O + \text{Light energy} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$

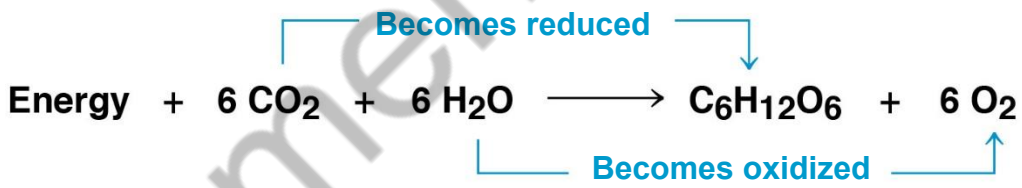
Chloroplasts split **H_2O** into **hydrogen** and **oxygen**, incorporating the **electrons** of **hydrogen** into **sugar** molecules and **releasing oxygen** as a **by-product**. In this figure we see how the reactants are distributed to form products.

تقسم **الكلوروبلاست جزيء الماء** إلى **الهيدروجين + الأكسجين** وتسحب **الإلكترونات** من **الهيدروجين وتدمجها** مع **جزيئات السكر وتطلق الأكسجين كمنتج ثانوي**. نرى في هذه الصورة كيف **تتوزع** ذرات المواد **المتفاعلة** في المواد **الناتجة**.



Photosynthesis as a Redox Process: Photosynthesis **reverses** the **direction** of **electron flow compared** to **respiration. Photosynthesis** is a **redox process** in which **H_2O** is **oxidized** and **CO_2** is **reduced.** Photosynthesis is an **endergonic process**; the **energy boost** is **provided** by **light.** Photosynthesis is an **anabolic process**.

تعد عملية **البناء الضوئي** من العمليات التي **يحدث** بها **تفاعلات التأكسد – الإختزال بشكل كبير**. حيث أنه في عملية البناء الضوئي **ينعكس إتجاه إنتقال الإلكترونات** مقارنة بعملية **التنفس الخلوي**. في عملية البناء الضوئي **يتأكسد جزيء الماء (يفقد إلكترونات)** ويحدث **إختزال لجزيء ثاني أكسيد الكربون (يكسب إلكترونات)** وبالتالي يعد جزيء الماء **عامل مختزل** ويعد جزيء ثاني أكسيد الكربون **عامل مؤكسد**. تعد عملية البناء الضوئي من **عمليات البناء في النباتات** (إذ أنها **تصنع** مركب **معقد** من مركب **بسيط**) وبالتالي فهي من **العمليات الماصة للطاقة (تحتاج طاقة لكي تحدث)** ويتم أخذ هذه الطاقة **الآزمة** عن **طريق الضوء**.



There are Two Stages of Photosynthesis:
1) Light reactions (the **photo** part).
2) Calvin cycle (the **synthesis** part).
The **light reactions** occur in the **thylakoids.** (تحدث **التفاعلات الضوئية** في **الأكياس الغشائية**)
Steps:
1) **Split H_2O**
2) **Release O_2**
3) **Reduce** the **electron acceptor $NADP^+$** to **NADPH**
4) **Generate ATP** from **ADP** by **photophosphorylation.**
The **Calvin cycle** occurs in the **stroma** forms **sugar** from **CO_2**, using **ATP** and **NADPH.**
Calvin cycle has **three phases** we will take about them later.
(**ATP + NADPH**) are the **light reaction products**.

Momen Tarmini

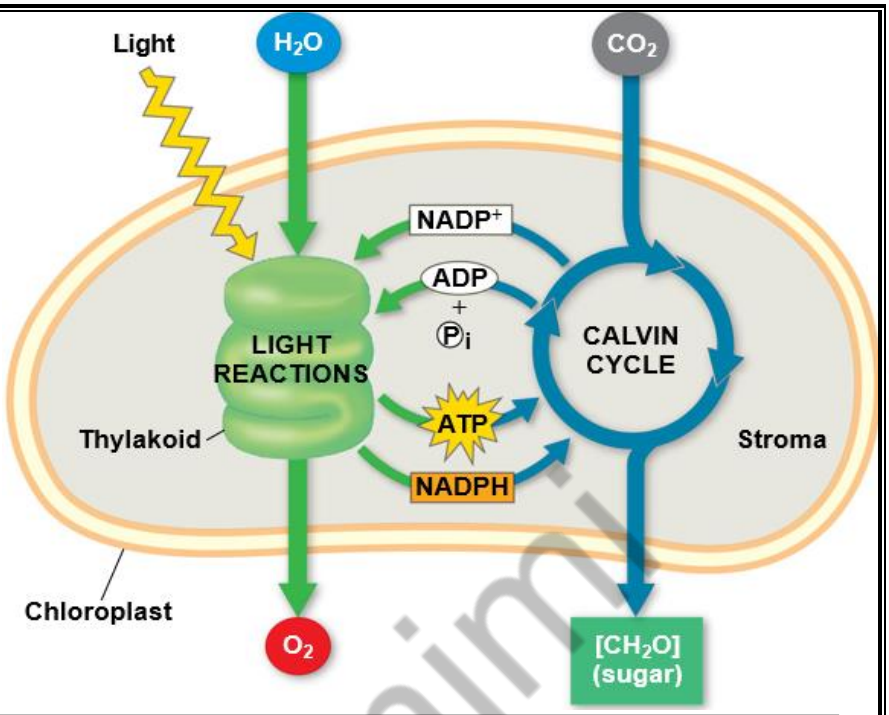
خطوات التفاعلات الضوئية:

1- **ينقسم جزي الماء** (إلى **أكسجين + هيدروجين**)

2- **خروج الأكسجين** (**يتحرر الأكسجين**)

3- يتم نقل **الإلكترونات** من **جزيء الماء** إلى **$NADP^+$** فيحدث له **إختزال** ويتحول إلى **NADPH**.

4- يتم **تصنيع مركب** ال **ATP** من عملية **الفسفرة** (**إضافة فوسفات**) لمركب **ADP**. وبالتالي فإن **ATP + NADPH** تعد من **الجزيئات الناتجة** من **مرحلة التفاعلات الضوئية**. تحدث **حلقة كالفن** في **السائل الداخلي للكلوروبلاست** حيث يتكون في هذه المرحلة **سكر الغلوكوز** من **جزيء ثاني أكسيد الكربون** بمساعدة **الجزيئات الناتجة** من مرحلة **التفاعلات الضوئية** أي بمساعدة **ATP + NADPH**



Concept 11.2: The light reactions convert solar energy to the chemical energy of ATP And NADPH

Chloroplasts are **solar-powered chemical factories.** Their **thylakoids transform light energy** into the **chemical energy** of **ATP** and **NADPH**.

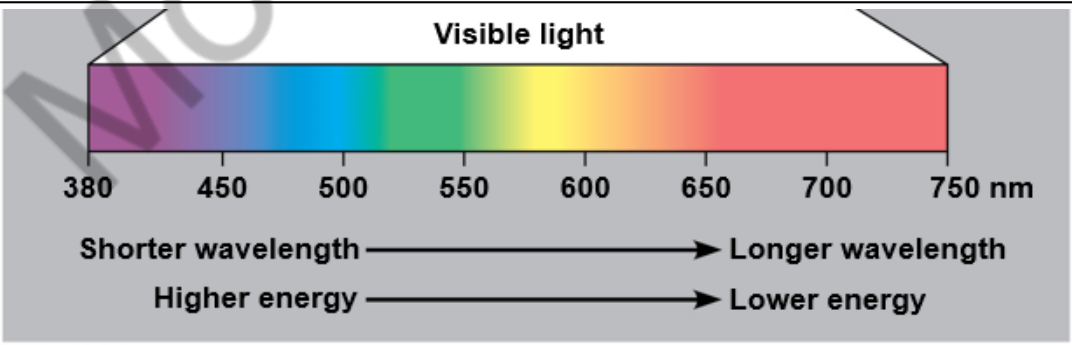
تعمل **التفاعلات الضوئية** على تحويل الطاقة **الضوئية** إلى طاقة **كيميائية**. تعد **الكلوروبلاست** (**البلاستيدات الخضراء**) **مصنع لتحويل** الطاقة **الشمسية** (الضوئية) إلى الطاقة **الكيميائية**. حيث **تعمل الأكياس الغشائية** داخلها على **تحويل الطاقة الضوئية** إلى **طاقة كيميائية** وتكون على شكل **ATP + NADPH**

The Nature of Sunlight:

Light is **electromagnetic energy**, also called **electromagnetic radiation.**

Wavelength: is the **distance** between **crests** of **electromagnetic waves.**

عرفنا أن **الضوء مهم جدا** في عملية **البناء الضوئي** وأنه **تتحول الطاقة الضوئية** إلى **كيميائية** ولكن ما هي طبيعة الضوء؟؟ الضوء عبارة عن **طاقة كهرومغناطيسية** أو **إشعاع كهرومغناطيسي**. لكل **إشعاع طول موجي خاص به** ويعرف **الطول الموجي** على أنه: **المسافة بين قمم الموجات الكهرومغناطيسية**



The **electromagnetic spectrum** is the **entire range** of **electromagnetic energy**, or **radiation**. **Visible light** consists of **wavelengths** (**380** nm to **750 nm**) that **produce colors** we can **see**. **Visible light** also includes the **wavelengths** that **drive** photosynthesis. **Light** also **behaves** as though it consists of **discrete particles**, called **photons. Two lights** are **important** in **photosynthesis** process:

1) **Blue light** (**400 – 500**) nm wavelength / 2) **Red light** (**640 – 700**) nm wavelength

Momen Tamimi

يعد **الطيف الكهرومغناطيسي النطاق الكامل للطاقة أو للإشعاع الكهرومغناطيسية**. يتكون **الضوء المرئي** من **أطوال موجية** مختلفة **(380 – 750) نانومتر** والتي ينتج عنها **الألوان المختلفة التي نستطيع رؤيتها** (لكل **ضوء** طول موجي **خاص به**). **والضوء** عبارة عن **جسيمات منفصلة تدعى بالفوتونات** (كل **فوتون** له **طول موجي** معين **وطاقة معينة** (**فوتون** = وحدة منفصلة من الضوء)). ما هي **الأشعة** (الأضواء) **المهمة** في عملية **البناء الضوئي**؟؟

1- **الشعاع ما بين البنفسجي والأزرق** الطول الموجي له **(400 – 450)** نانومتر ذو **طاقته عالية**

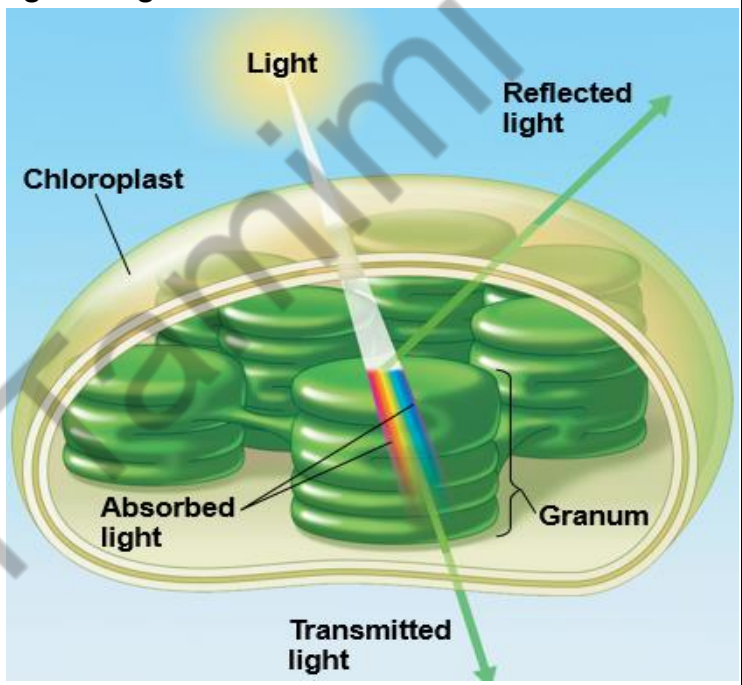
2- **الشعاع الأحمر** الطول الموجي له **(640 – 700)** نانومتر.

معلومة هامة: كلما **قل الطول الموجي للشعاع** (الضوء) **زادت طاقته والعكس صحيح**.

Photosynthetic Pigments: The Light Receptors.

Pigments are **substances** that **absorb visible light**. **Different pigments absorb different wavelengths**. **Wavelengths** that are **not absorbed** are **reflected** or **transmitted**. **Leaves** appear **green** because **chlorophyll reflects** and **transmits green light**.

الصبغات هي **مواد تمتص الضوء المرئي** (تعد **المستقبلات للضوء**). يوجد العديد من **الصبغات المختلفة** والتي **تمتص العديد من الأضواء بأطوال موجية مختلفة** أيضا. الأطوال الموجية التي **لم يتم إمتصاصها** من قبل **الصبغة** تكون قد **إنعكست** أو **مرت من خلال** الصبغة ولذلك تبدو **الأوراق ذو لون أخضر** لأن **صبغة الكلوروفيل تعكس الضوء الأخضر** ولا **تمتصه**. معلومة هامة: العين **ترى الضوء المنعكس** من **الأسطح** التي تسقط عليها لذلك من **الخطأ القول** أن **صبغة الكلوروفيل تمتص الضوء الأخضر** فتبدو **الأوراق باللون الأخضر والصحيح هو أن صبغة الكلوروفيل تعكس الضوء الأخضر ولا تمتصه فنرى بالعين الضوء الأخضر المنعكس فتبدو الأوراق لنا ذو لون أخضر**.



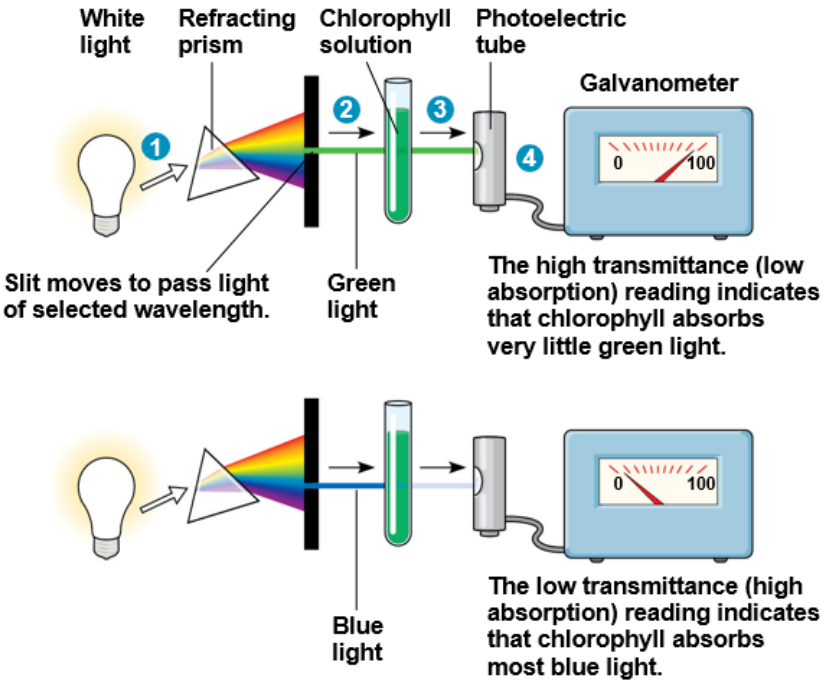
A **spectrophotometer measures** a **pigment's ability** to **absorb various wavelengths**. This machine **sends light** through **pigments** and **measures** the **fraction** of **light transmitted** at **each wavelength.**

Spectrophotometer = (مقياس الطيف الضوئي)

مقياس الطيف الضوئي: هي أداة (**آلة**) لقياس **قدرة الصبغة على إمتصاص أطوال موجية مختلفة**. ترسل هذه الآلة **الضوء** عبر **الأصباغ** وتقيس **الجزء الضوئي** الذي مرّ من خلال **الصبغة من دون أن يمتص لكل طول موجي**.

جهاز قياس الإمتصاص للطيف: جهاز **رسم بياني** يوضح العلاقة بين **إمتصاص الصبغة للضوء بالطول الموجي له**.

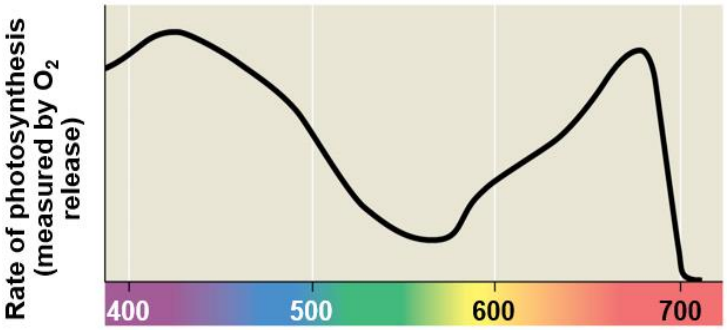
آلية العمل الجهاز: يتم **تسليط مصدر** من **الضوء** على **المنشور الزجاجي فيتحلل الضوء** وتظهر **الأشعة المرئية** التي **نراها** ثم بعد ذلك **نضع** حاجز **لتمرير الشعاع** الذي **نريده** وبعدها نجعل هذا **الشعاع يمر عبر محلول بداخله صبغة الكلوروفيل** وذلك لقياس مقدار **إمتصاص صبغة الكلوروفيل للشعاع** ثم بعد ذلك يظهر على **جهاز الغلفانوميتر القراءة**. كما نرى فإن القراءة الأولى **للجهاز عالية** (أي أن الضوء الذي مر من خلال صبغة **الكلوروفيل ولم يمتص** كانت **نسبته عالية جدا**) وبالتالي من هذا الجهاز عرفنا أن **صبغة الكلوروفيل لا تمتص الضوء الأخضر** بل **تعكسه وتجعله يمر من خلالها** وبالتالي فأن الورقة لها لون أخضر. في **القراءة الثانية** وضعنا شعاع **لونه أزرق** ليمر من خلال **صبغة الكلوروفيل** فكانت **قراءة الجهاز قليلة** (أي أن صبغة الكلوروفيل **تمتص الضوء الأزرق بشكل كبير**).



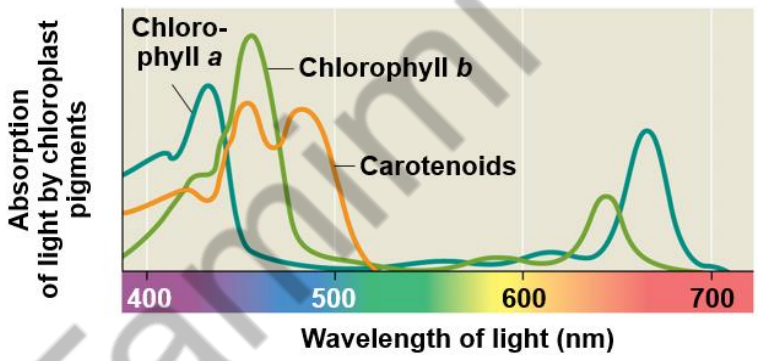
Noren Hamimi

There are **three types** of **pigments** in chloroplasts:
1) Chlorophyll *a*, the **key light-capturing pigment**.
2) Chlorophyll *b*, an **accessory pigment.**
3) Carotenoids, a **separate** group of **accessory pigments.**
The **absorption spectrum** of **chlorophyll a** suggests that **violet-blue** and **red light** work **best** for photosynthesis**.** An **action spectrum** profiles the relative **effectiveness** of **different wavelengths** of **radiation** in driving a **process.**

هنالك **ثلاثة أنواع من الصبغات** داخل **الكلوروبلاست** (البلاستيدات الخضراء):
1- **كلوروفيل (أ)**: تعد **الصبغة الرئيسية لإمتصاص الضوء** في **عملية البناء الضوئي**.
2- **كلوروفيل (ب)**: **صبغات ثانوية**.
3- **الكاروتينويدز**: **صبغات ثانوية** بمجموعة **منفصلة لوحدها** (أي أنها **ليست** من **ضمن الكلوروفيل (ب)**).



(b) Action spectrum



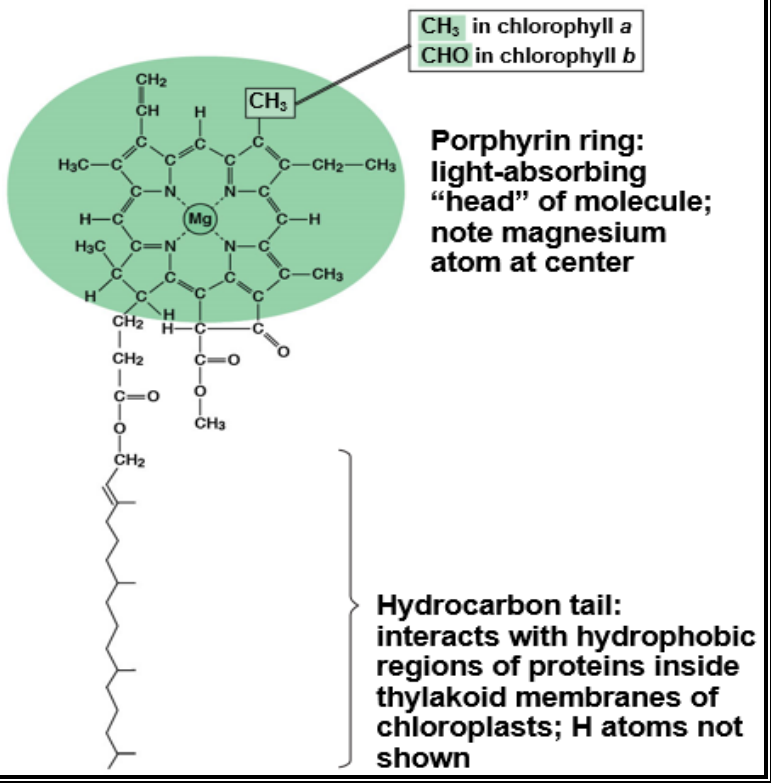
(a) Absorption spectra

يبين **الشكل أعلاه الرسم البياني لنوعين من الأجهزة** (جهاز **لقياس إمتصاص الصبغات** (جهة **اليمين**) **+ جهاز لقياس سرعة عملية البناء الضوئي** (جهة **اليسار**)). يبين **الرسم البياني للشكل الأيمن** أن **صبغة الكلوروفيل (أ)** (الصبغة **الرئيسية**) **تفضل إمتصاص** الضوء **ما بين البنفسجي والأزرق + الضوء الأحمر**. أما صبغة **الكاروتينويدز** (**الثانوية** المنفصلة) فإنها **تفضل إمتصاص** الضوء **الأزرق الداكن** وتعد صبغة **الكلوروفيل (أ) أهم صبغة من بينهم جميعا**. يبين الرسم البياني **للشكل الأيسر** أن **أعلى سرعة تصل** إليها عملية **البناء الضوئي** عندما يتم **إمتصاص الضوء ما بين البنفسجي والأزرق + الضوء الأحمر**. لكن كيف تم حساب ومعرفة أن أفضل سرعة تكون عند إمتصاص الضوء ما بين البنفسجي والأزرق + الضوء الأحمر؟؟ وذلك عن **طريق الأكسجين** فكلما **زادت كمية الأكسجين الناتجة من عملية البناء الضوئي تكون السرعة أعلى**.

The **difference** in the **absorption spectrum** between **chlorophyll a** and **b** is **due to** a **slight structural difference** between the **pigment** molecules. Some **carotenoids function** in **photoprotection**; they **absorb excessive light** that would **damage chlorophyll** or **react with oxygen**.

يعود **السبب** في أن هنالك **فرق بين الكلوروفيل (أ) والكلوروفيل (ب)** عند إستخدام **جهاز الإمتصاص للضوء** (إختلاف **ألوان الأشعة الممتصة**) هو أن هنالك **فرق بسيط** في **تركيب** كل من هذه **الصبغات**. بعض صبغات **الكاروتينويدز** تعمل على **حماية صبغة الكلوروفيل** من **إمتصاص كمية عالية** من **الضوء مسببة تلف وأضرار كبيرة لها**.

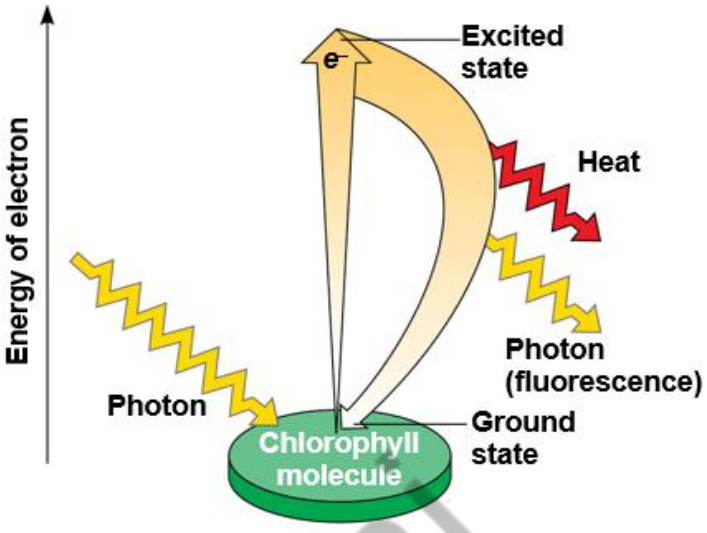
هنا يكمن **الفرق** بين صبغة **الكلوروفيل (أ)** حيث أنها **تحتوي** على CH_3. أما **صبغة الكلوروفيل (ب)** تحتوي على **CHO**



Momen Tamimi

Excitation of Chlorophyll by Light:
When a **pigment absorbs light**, it goes from a **ground state** to an **excited state**, which is **unstable.** When **excited electrons fall back** to the **ground state**, **excess energy** is **released as heat**. In **isolation**, some **pigments** also **emit light**, an afterglow called **fluorescence.**

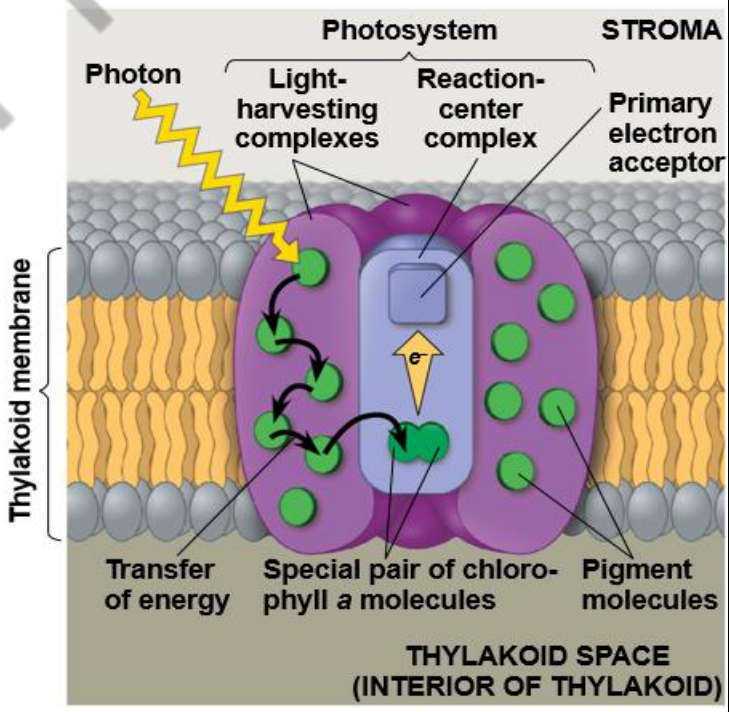
عملية **إثارة الكلوروفيل عن طريق إمتصاصها للضوء**: عندما **تمتص الصبغة الضوء تنتقل من الحالة المستقرة** إلى **الحالة النشطة** (**المثارة**) والتي تعد **حالة غير مستقرة** بالنسبة **للصبغة** وذلك لأن **الإلكترونات التي بداخل الصبغة** إكتسبت **طاقة** من **الضوء** فتنتقل من **المستوى الذي فيه إلى مستوى أعلى منه**. عندما **تعود الإلكترونات** إلى **المستوى** التي **كانت عليه فإنها تفقد الطاقة** التي **تمتلكها إما** على **شكل حرارة** أو **على شكل إشعاع (وميض)**.



(a) Excitation of isolated chlorophyll molecule

A Photosystem: A Reaction-Center Complex Associated with Light-Harvesting Complexes.
A **photosystem consists** of a **reaction-center complex** surrounded by **light-harvesting complexes**. The **reaction-center complex** is an association of **proteins** holding a **special pair** of **chlorophyll a** molecules and a **primary electron acceptor**. The **light-harvesting complex** consists of **pigment** molecules **bound** to **proteins**. Light-harvesting complexes **transfer the energy** of **photons** to the **chlorophyll a** molecules in the **reaction-center complex**. A **primary electron acceptor** in the reaction center **accepts excited electrons** and is **reduced as a result**.
Photosystem = (النظام الضوئي) **/ Reaction center complex** = (مركز التفاعل الضوئي)

يتكون **النظام الضوئي** من **منطقتين**: 1- **مركز التفاعل الضوئي** 2- منطقة الإستفادة (**الحصاد**) من **طاقة الفوتون** والتي تحيط **بمركز التفاعل**. يتكون مركز التفاعل من **مجموعة بروتينات** تحمل **بداخلها زوج مميز من صبغة الكلوروفيل (أ) ومستقبل أولي للإلكترونات**. وتتكون منطقة الحصاد من **جزئيات متعددة** من **الصبغات مرتبطة بالبروتينات** (أي أن البروتينات تشكل **التركيب الخارجي** لكل من **المنطقتين**). تنتقل الطاقة القادمة من **الفوتون** إلى **منطقة الحصاد** وبعدها **تنتقل** من **صبغة** إلى أخرى وصولا إلى منطقة **مركز التفاعل الضوئي** فيتم نقل الطاقة إلى **الزوج المميز من صبغة الكلوروفيل** (أ). ومصدر **الإلكترونات** في عملية **البناء الضوئي** يكون من **جزيء الماء** عندما **يتحطم**. تنتقل هذه **الإلكترونات** من جزيء الماء إلى **داخل النظام الضوئي** وتصل إلى **الزوج المميز** من **صبغة الكلوروفيل (أ)**. وبسبب إن**تقال الطاقة** إلى **الزوج المميز** من **صبغة كلوروفيل (أ)** تصبح هذه **الإلكترونات مثارة** وتنتقل بعدها إلى **المستقبل الأساسي للإلكترونات**.



(a) How a photosystem harvests light

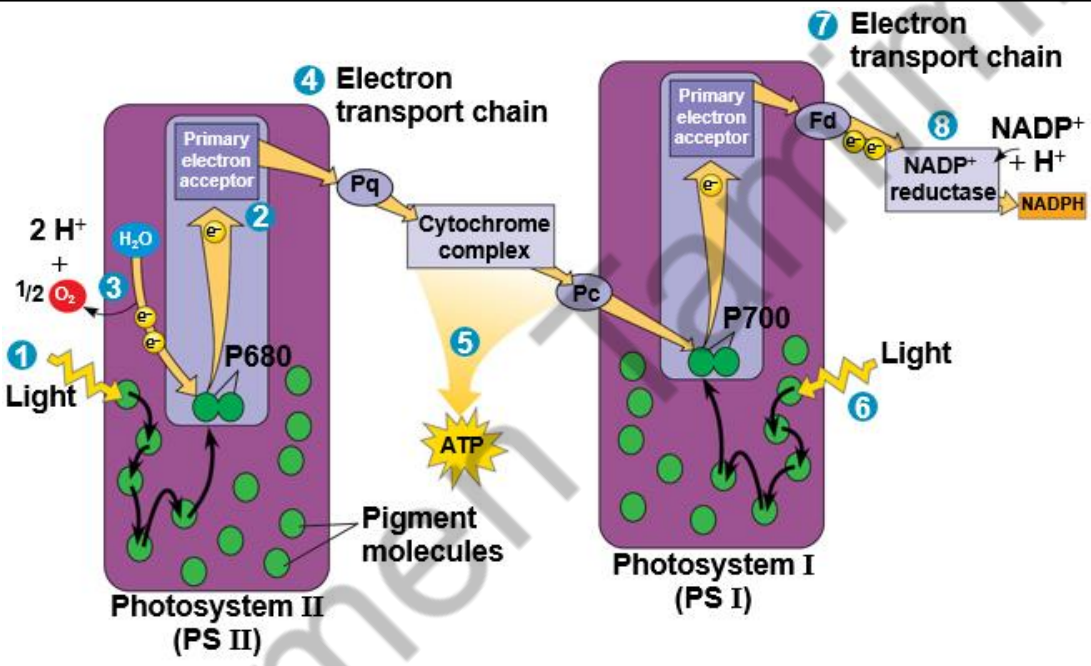
There are **two types** of **photosystems** in the **thylakoid membrane:**
1) Photosystem II (PS II) functions **first**. The **reaction-center chlorophyll a** of **PS II** is called **P680** because it is **best** at **absorbing** a **wavelength of 680 nm.**
2) Photosystem I (PS I) is **best** at **absorbing** a wavelength of **700 nm.** The **reaction-center chlorophyll a** of **PS I** is called **P700.**

Mohamed Tamim

هنالك **نوعان** من **الأنظمة الضوئية** المتواجدة في **أغشية الأكياس الغشائية في الكلوروبلاست**:
1- **النظام الضوئي (2)**: يقوم **النظام الضوئي الثاني** بوظيفته قبل **النظام الضوئي الأول**. إذ أن **مركز التفاعل** (الذي يوجد به **الزوج المميز من الكلوروفيل (أ)**) للنظام الضوئي **الثاني** يدعى بنظام **P680** ويعود **السبب** في أن **الزوج المميز** من **صبغة الكلوروفيل (أ)** يكون **أفضل إمتصاص لها لطاقة الفوتون عند الطول الموجي الذي يساوي 680 نانومتر**.
2- **النظام الضوئي (1)** يدعى بنظام **P700** ويعود **السبب** في أن **الزوج المميز** من **صبغة الكلوروفيل (أ)** يكون **أفضل إمتصاص لها لطاقة الفوتون عند الطول الموجي الذي يساوي 700 نانومتر**.

During the **light reactions**, there are **two possible routes** for **electron flow**: **cyclic** and **linear. Linear electron flow**, the **primary** pathway, involves **both** photosystems and **produces ATP** and **NADPH** using **light energy.**

خلال **عمليات التفاعل الضوئي** يكون هنالك **مسارين** (طريقين) لكي **تنتقل الإلكترونات عبرهم**: 1- **مسار دائري** / 2- **مسار خطي** وسنتحدث عن كلا المسارين. يعد **المسار الخطي المسار الأولي لإنتقال الإلكترونات** حيث **يتضمن وجود جميع الأنظمة الضوئية** (**النظام الضوئي (2)** + **النظام الضوئي (1)**). وينتج من **المسار الخطي جزيئات ATP + NADPH**



There are eight steps in linear electron flow:
1) A **photon** hits a **pigment** in a **light-harvesting complex** of **PS II**, and its **energy** is **passed** among **pigment molecules** until it **excites P680.**

1- يسقط **فوتون** على **الصبغة المتواجدة** في **منطقة الحصاد للطاقة** داخل **النظام الضوئي (2)** وبعدها **تنتقل الطاقة** من **صبغة** إلى **أخرى وصولا إلى الزوج المميز** من **صبغة الكلوروفيل (أ)** أو التي تدعى **P680** فيحدث **إثارة للإلكترونات بداخلها**. **معلومة هامة: مصدر الإلكترونات** في البداية يكون من تحطم **الروابط الثنائية** داخل حلقة **البورفيرين**.

2) An **excited electron** from **P680** is **transferred** to the **primary electron acceptor** (we now call it **$P680^+$**).

2- **تنتقل الإلكترونات المثارة** من **الزوج المميز لصبغة الكلوروفيل (P680)** إلى **مستقبل الإلكترونات الأولي**. وبالتالي تتحول **P680** إلى **$P680^+$** أي **تصبح موجبة الشحنة** لأنها **فقدت الإلكترونات**.

3) **H_2O** is **split** by **enzymes**, and the **electrons** are **transferred** from the **hydrogen atoms** to **$P680^+$,** thus **reducing** it to **P680. $P680^+$** is the **strongest** known biological **oxidizing agent**. The **H^+ are released** into the **thylakoid space**. **O_2** is **released** as a **by-product** of this **reaction.**

Women Tamimi

3- **يتفكك جزيء الماء** عن طريق **بعض الإنزيمات** و**تنتقل الإلكترونات** من **ذرات الهيدروجين** إلى **$P680^+$** مرة أخرى فيحدث لها **إختزال** و**تصبح P680** و**تعد $P680^+$ أقوى عامل مؤكسد حيوي** معروف لحد الآن. عندما **تنتقل الإلكترونات** من **ذرات الهيدروجين** (**ينتقل إلكترونين فقط من كل جزيء ماء**) تتحول **ذرات الهيدروجين** إلى **أيونات** (**بروتونات**) حيث **تنتقل** هذه **البروتونات** إلى **الفراغ داخل الكيس الغشائي**. **ويتحرر جزيء الأكسجين كمنتج ثانوي من هذا التفاعل**.

4) Each **electron** "**falls**" **down** an **electron transport chain** from the **primary electron acceptor** of **PS II** to **PS I**. Energy **released** by the **fall drives** the **creation** of a **proton gradient across** the **thylakoid membrane.**

4- **تنتقل الإلكترونات** من **مستقبل الإلكترونات الأولي** في **النظام الضوئي (2)** إلى **الزوج المميز** من **صبغة الكلوروفيل (أ)** أو ما **تدعى P700** الموجودة في **النظام الضوئي (1)** عن طريق **سلسلة النقل الإلكتروني**. كما تحدثنا سابقا في **عملية التنفس الخلوي** أن **الإلكترونات تفقد طاقة** عند **إنتقالها في سلسلة النقل الإلكتروني** وكذلك فإنها **تفقد طاقة** عند **إنتقالها عبر سلسلة النقل الإلكتروني** في عملية **البناء الضوئي**. حيث تعمل هذه **الطاقة** على نقل **البروتونات** من **السائل الداخلي للكلوروبلاست Stroma** إلى الفراغ **داخل الكيس الغشائي Thylakoid space**.

5) Potential energy stored in the **proton gradient** drives **production of ATP** by **chemiosmosis.**

5- **الطاقة المخزنة** في **القوة الدافعة للبروتونات** تعمل على **صنع مركب ATP** عن **طريق عملية الإسموزية الكيميائية**.

6) In **PS I** (like **PS II**), **transferred** light **energy** excites **P700**, which **loses** an **electron** to the **primary electron acceptor**. **$P700^+$** (**P700** that is **missing** an **electron**) **accepts** an **electron passed down** from **PS II** via the **electron transport chain.**

PS II (**PEA**) ⟶ **Pq** ⟶ **Cyt complex** ⟶ **Pc** ⟶ **P700 in PS I**

PS II = Photosystem 2 / PEA = Primary electron acceptor / Pq = Plastoquinone
PS I = Photosystem 1 / Pc = Plastocyanin / Cyt = Cytochrome.

6- يحدث في **النظام الضوئي الأول (1)** كما يحدث في **النظام الضوئي الثاني (2)** بعدما **تنتقل الإلكترونات عبر سلسلة النقل الإلكتروني** إلى **الزوج المميز من صبغة الكلوروفيل (أ)** (**P700**) تكون هذه **الإلكترونات غير نشطة** (ليست في **حالة إثارة**) فيسقط **فوتون على النظام الضوئي (1)** وينتقل عن **طريق الصبغات الموجودة** في **منطقة الحصاد** وصولا إلى **الزوج المميز من صبغة الكلوروفيل** وبالتالي **تصبح الإلكترونات مثارة وتنتقل** إلى **مستقبل الإلكترونات الأولي** الموجود في **النظام الضوئي (1)**. يخسر **الزوج المميز** من صبغة الكلوروفيل (أ) **الإلكترونات** (**يتأكسد**) فيتحول من **P700** إلى **$P700^+$** ويعود لكي **يستقبل الإلكترونات** من **النظام الضوئي(2)** عبر **سلسلة النقل الإلكتروني** وهكذا (**تكرر هذه الخطوة**).

7) Each **electron** "falls" down **an electron transport chain** from the **primary electron acceptor** of **PS I** to the **protein ferredoxin (Fd).**

7- **تنتقل الإلكترونات** من **مستقبل الإلكترونات الأولي** (الموجود في **النظام الضوئي (1)**) إلى **بروتين** يدعى **ferredoxin**

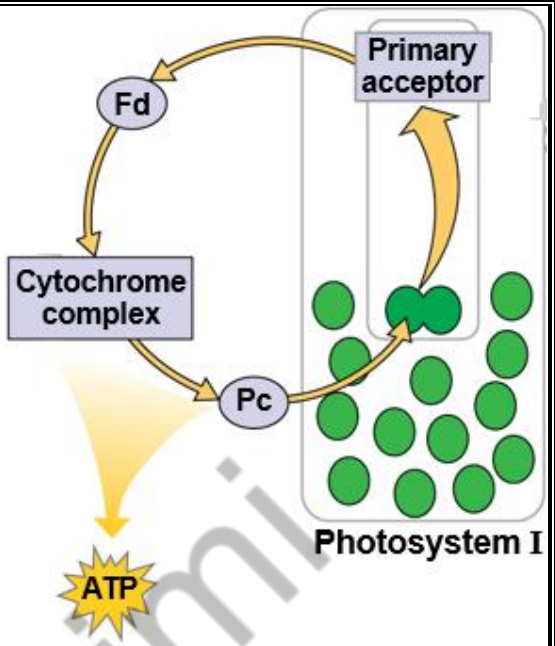
8) $NADP^+$ reductase catalyzes the **transfer of electrons** to **$NADP^+$**, **reducing** it to **NADPH**. The **electrons of NADPH** are **available** for the **reactions** of the **Calvin cycle**. This process also **removes** an **H^+ from** the **stroma**.

8- **يعمل إنزيم $NADP^+$ reductase** على **نقل الإلكترونات** من **بروتين ferredoxin** إلى **جزيء $NADP^+$ فيتم إختزاله** إلى **NADPH**. **تصبح الإلكترونات الموجودة في جزيء NADPH جاهزة** لكي **تدخل** إلى **المرحلة الثانية** وهي **حلقة كالفن**. ويتم في هذه العملية **نقل البروتونات** من **السائل الداخلي للكلوروبلاست stroma** إلى **الفراغ داخل الكيس الغشائي Thylakoid space** وذلك لكي **تنشأ قوة دافعة للبروتونات بشكل أكبر منتجة المزيد من مركب**

Cyclic Electron Flow: (المسار الدائري لإنتقال الإلكترونات)
In **cyclic electron flow**, electrons **cycle** back from **Fd** to the **PS I reaction center** via a **plastocyanin** molecule (**Pc**). **Cyclic electron flow uses only photosystem I** and produces **ATP**, but **not NADPH**. No **oxygen is released. Only ATP are produced in cyclic electron flow**
Photon ⟶ **Light harvesting complex** ⟶ **P700** ⟶ **PEA** ⟶ **Ferredoxin** ⟶ **Cyt complex** ⟶ **Pc** ⟶ **P700.**

Moner Tamimi

في **المسار الدائري للإلكترونات** يستخدم **النظام الضوئي الأول (1)** فقط حيث أن **النظام الضوئي الثاني غير موجود**. وبالتالي فإن الإلكترونات **تنتقل** بشكل **دائري (حلقة)**. **يسقط الفوتون على منطقة الحصاد** في **النظام الضوئي الأول (1)** وتحدث **إثارة للإلكترونات داخل الصبغة** فتنتقل من **صبغة** إلى **أخرى** وصولا إلى **الزوج المميز من صبغة الكلوروفيل (أ) (P700) فيحدث لها تأكسد (تفقد الإلكترونات) فتتحول** إلى **$P700^+$** تنتقل هذه **الإلكترونات** إلى **مستقبل الإلكترونات الأولي** (يحدث له **إختزال**) وبعدها **تنتقل الإلكترونات** إلى **بروتين Ferredoxin ثم إلى Cyt complex ثم إلى Pc** وبعدها **تعود الإلكترونات من Pc** إلى **الزوج المميز من صبغة الكلوروفيل (أ)** وهكذا **تتكرر العملية** أكثر من **مرة**. الهدف من **هذه العملية هو صنع جزيئات من مركب ATP** بإستخدام **نظام ضوئي واحد** وذلك لأن **بعض الكائنات الحية** لا **يتواجد بداخلها النظامين** فتصنع مركب **ATP** بإستخدام **النظام الضوئي الأول (1) فقط**.



ينتج من **المسار الدائري للإلكترونات** فقط مركب **ATP** **أما من المسار الخطي فينتج ATP + NADPH + O_2**

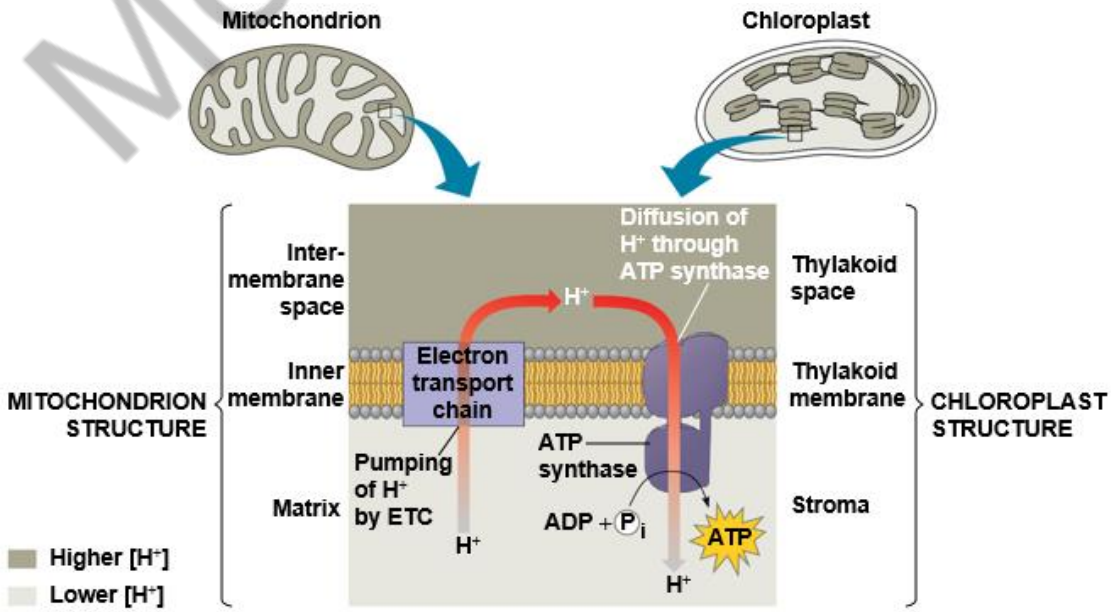
A Comparison of Chemiosmosis in Chloroplasts and Mitochondria:

1) Source of energy: Chloroplasts and **mitochondria generate ATP** by **chemiosmosis**, but use **different sources of energy.** Mitochondria **transfer chemical energy** from **food** to **ATP**; **chloroplasts** transform **light energy** into the **chemical energy of ATP.**

2) Chemiosmosis process: In **mitochondria**, **protons** are **pumped** to the **intermembrane space** and **drive ATP synthesis** as they **diffuse back** into the **mitochondrial matrix.** In **chloroplasts**, **protons** are **pumped** into the **thylakoid space** and **drive ATP synthesis** as they **diffuse back** into the **stroma.**

مقارنة ما بين **عملية التنفس الخلوي** و**عملية البناء الضوئي** في **عملية الإسموزية الكيميائية**: تحدث **عملية التنفس الخلوي** في **الميتوكندريا** وتحدث **عملية البناء الضوئي** في **الكلوروبلاست** (البلاستيدات الخضراء). 1- **مصدر الطاقة لكل من العمليتين**: تنتج كل من **الميتوكندريا والبلاستيدات الخضراء مركب** ال **ATP** عن طريق **عملية الإسموزية الكيميائية** لكن في **الميتوكندريا** يكون **مصدر الطاقة هو المركب العضوي** (مثل: **سكر الغلوكوز**) حيث **تتحول الطاقة الكيميائية المأخوذة من المركب العضوي** (الغذاء) إلى **ATP** أما في **الكلوروبلاست** فإن **الطاقة الضوئية تتحول إلى طاقة كيميائية** على شكل **ATP**.

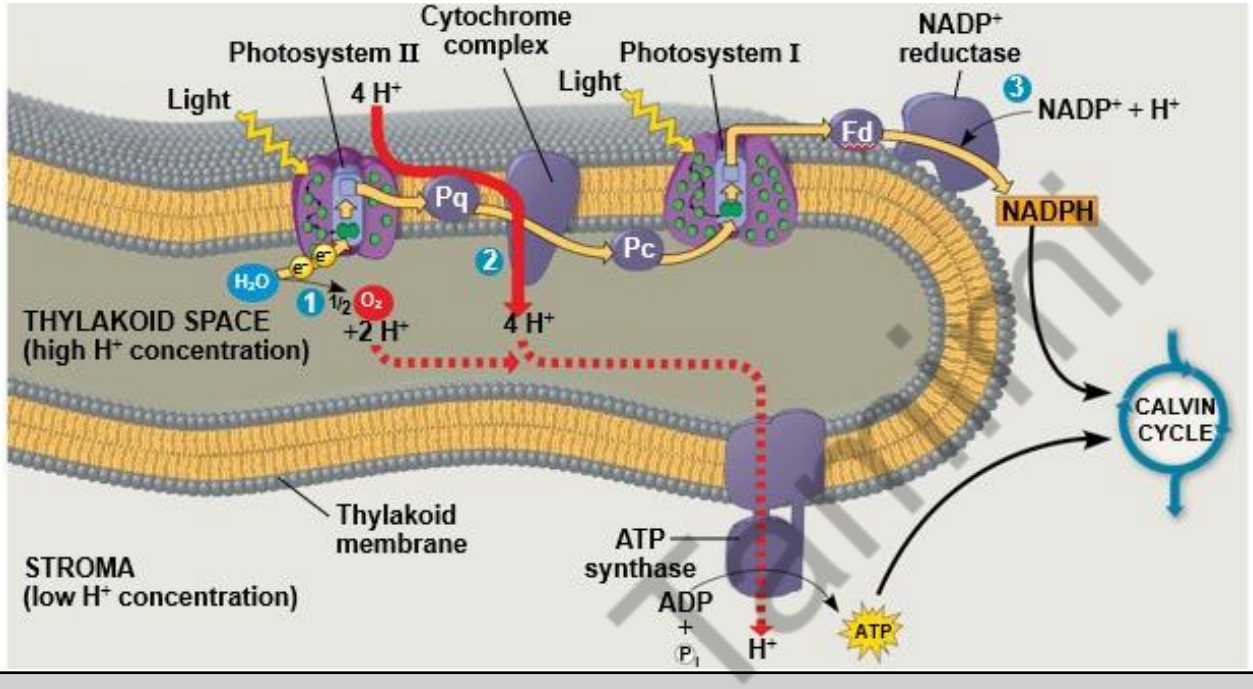
2- آلية عمل الإسموزية الكيميائية: في **الميتوكندريا** تنتقل **البروتونات** من **السائل الداخلي للميتوكندريا matrix** إلى **الفراغ ما بين الغشائين intermembrane space** ثم **تعود إلى السائل الداخلي مرة أخرى** لتكون **مركب ATP**. أما في **الكلوروبلاست** فإن **البروتونات** تنتقل من **السائل الداخلي للكلوروبلاست stroma** إلى **الفراغ داخل الأكياس الغشائية thylakoid space** ثم **تعود مرة أخرى إلى السائل الداخلي لتكون مركب ATP.**



Moneem Tamimi

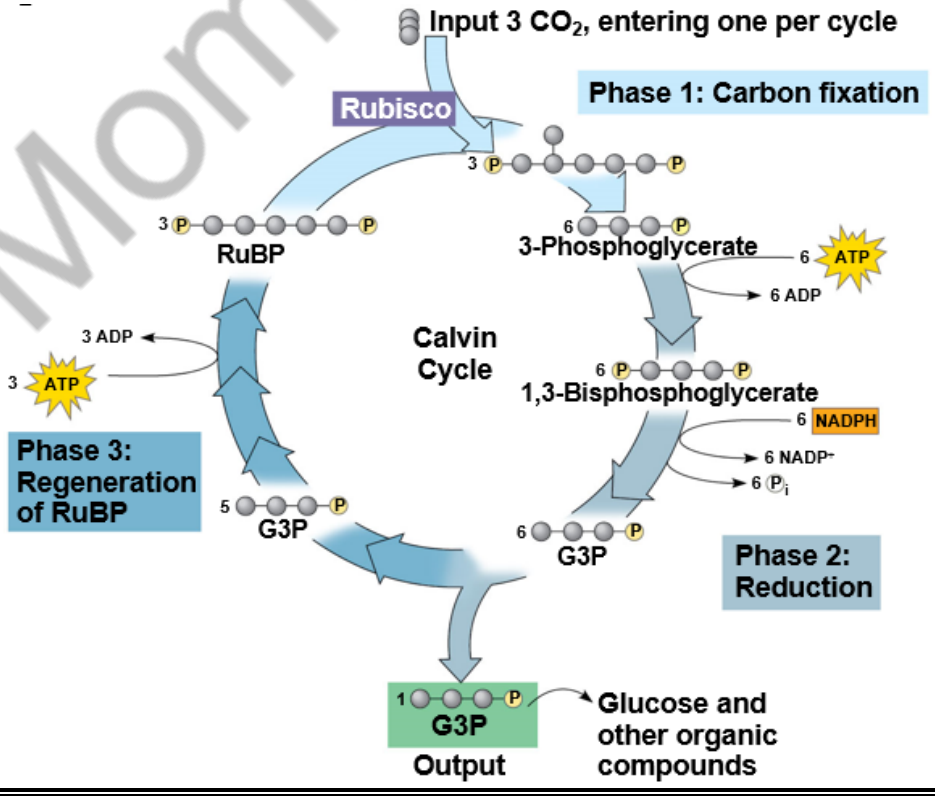
ATP and **NADPH** are **produced** on the **side facing** the **stroma**, where the **Calvin cycle takes place**. In **summary**, **light reactions generate ATP** and **increase** the **potential energy** of **electrons** by **moving them** from **H_2O to NADPH.**

تنتقل جزيئات ATP + NADPH بعد **الإنتهاء من تصنيعها إلى حلقة كالفن حيث تحدث في السائل الداخلي للكلوروبلاست stroma**
الملخص السريع أن **التفاعلات الضوئية** التي تحدث في **غشاء الأكياس الغشائية** تنتج **مركب ATP** وتعمل على **زيادة الطاقة الكامنة للإلكترونات** عند **نقلها** من **جزيء الماء** إلى **$NADP^+$ فيتشكل جزيء NADPH**



Concept 11.3: The Calvin cycle uses the chemical energy of ATP and NADPH to reduce CO_2 to sugar

The **Calvin cycle**, like the **citric acid cycle**, **regenerates** its **starting material** after **molecules enter** and **leave the cycle.** The **Calvin cycle** is **anabolic**; it **builds sugar from smaller molecules** by using **ATP** and the **reducing power** of **electrons** carried by **NADPH.**



Momen Tamimi

مبدأ عمل **حلقة كالفن** مشابه لمبدأ **عمل حلقة كريبس** إذ أنها **تجدد المادة التي بدأت بها الدورة بعدما تستخدم وتغادر الدورة (عملية متكررة)**.
وتعد حلقة **كالفن** من **تفاعلات البناء (تحتاج طاقة)** إذ أنها **تبني السكر** من **جزيئات صغيرة بإستخدام الطاقة (ATP) وطاقة الإلكترونات المختزلة بجزيء NADPH** الناتجة من **مرحلة التفاعلات الضوئية**.

The **Calvin cycle** has **three phases**:
1) **Carbon fixation** (catalyzed by **rubisco**).
2) Reduction.
3) Regeneration of the CO_2 acceptor (RuBP).

هنالك ثلاثة مراحل تحدث في حلقة كالفن:
1- مرحلة تثبيت الكربون عن طريق إنزيم الروبيسكو.
2- مرحلة الإختزال.
3- إعادة تجديد المركب المستقبل لل CO_2

Now let's **explain** the **Calvin cycle** in **details**:
1) **Three CO_2 molecules enter** the **cycle per turn combine** with **three molecules of RuBP**. **RuBP** molecule has **5 Carbon atoms**, after the **combination** of **RuBP** with **CO_2** we will have a **product** with **6 Carbon atoms**. (**3 RuBP (5C) + 3 CO_2 = 3 (6C)**). This **combination reaction** is catalyzed by **Rubisco enzyme.**
RuBP = Ribulose 1,5-Bisphosphate. (**لست مطالب بهذا الإسم** عليك حفظ **إختصار** هذا **الإسم** فقط)

1- تدخل **ثلاثة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون** في كل **دورة** تحدث في **حلقة كالفن وتندمج مع ثلاثة جزيئات** من **مركب** يدعى **بالمركب المستقبل** لل **CO_2 (RuBP)**. هذا **المركب يحتوي** على **خمس ذرات من الكربون** وعندما **يندمج** مع **CO_2** يتكون **مركب جديد سداسي الكربون**. **3 جزيئات** من **CO_2 + 3 جزيئات** من **RuBP = 3 جزيئات** مركب **سداسي الكربون.** وتتم **عملية الدمج عن طريق إنزيم الروبيسكو**.

2) **The 3 molecules** of the **6 Carbon compound formed during Carbon fixation phase** are **unstable** and **immediately cleaves** into **6 molecules** of **3 Carbon compound** known as **3-Phosphoglycerate.**

2- **الثلاث جزيئات** من **المركب سداسي الكربون الناتج تكون غير مستقرة (نشطة) فتتفكك هذا الثلاث جزيئات** من المركب **سداسي الكربون** إلى **ست جزيئات من المركب ثلاثي الكربون** (يعني **بدل 3 جزيئات** وكل **جزيء يحتوي على 6 ذرات كربون يتفكك إلى 6 جزيئات** وكل **جزيء يحتوي على 3 ذرات كربون**). **المركب ثلاثي الكربون** يدعى **3-Phosphoglycerate.**

3) **The 6 molecules** of **3-Phosphoglycerate** is **converted** into **6** molecules of **1,3-Bisphosphoglycerate** by **Phosphorylation** (the **Transfer** of a **phosphate** group from **ATP** to **3-phosphoglycerate**). Here we used **6 ATP** molecules.

3- **تتحول ست جزيئات** من **مركب 3-Phosphoglycerate** إلى **ست جزيئات من مركب 1,3-Bisphosphoglycerate** عن طريق **عملية الفسفرة** (نقل **مجموعة فوسفات** من **مركب ATP** **وإضافتها للمركب**).
هنا **نستخدم 6 جزيئات من مركب ATP.** وهنا **تنتهي مرحلة تثبيت الكربون** (أولى مراحل حلقة كالفن).

4) **6 molecules** of **NADPH** is **oxidized** into **$NADP^+$** and **6 molecules** of **1,3-Bisphosphoglycerate** is **reduced** into **G3P** (Glyceraldehyde 3-phosphate).

4- تتأكسد 6 جزيئات من **NADPH** (**تفقد** إلكترونات) **وتتحول** إلى **$NADP^+$** ويتم **إختزال 6 جزيئات من مركب 1,3-Bisphosphoglycerate** (**تكتسب** إلكترونات) **وتتحول** إلى **6 جزيئات من مركب G3P.**

5) **One** of the **6 molecules** of **G3P leaves** the **cycle**. The **remaining 5 molecules** of **G3P enters** the **regeneration of RuBP phase**.

5- **تغادر أحد جزيئات مركب G3P** حلقة **كالفن** و **تدخل الخمس جزيئات المتبقية** من **مركب G3P** مرحلة **تجديد مركب RuBP**.
(**المرحلة الثالثة** من **حلقة كالفن**).

Momen Tarmimi

6) Three phosphate groups are **transferred** from **3 ATP molecules** to **the remaining 5 G3P molecules** by **phosphorylation**. Then **these 5 molecules** of **G3P** is **converted** to **3 molecules of RuBP** (**the initial molecule of the cycle**).

6- **تنتقل 3 مجموعات من الفوسفات** إلى **الخمس جزيئات المتبقة** من **G3P** عن **طريق عملية الفسفرة** (يتم **أخذ 3 مجموعات الفوسفات من 3 جزيئات من مركب ATP**) وبعدها **تتحول هذه الخمس جزيئات** من **G3P** إلى **ثلاثة جزيئات** من **RuBP** (أي أنه **يعاد ترتيب الذرات داخل الجزيئات** بدل من **5 جزيئات** من **G3P** تصبح **3 جزيئات** من **RuBP** (الذي يعد **المركب البدائي** لحلقة كالفن.) وبالتالي **تنتهي مرحلة تجديد مركب RuBP** وتعود حلقة كالفن لتبدأ من جديد.

9 ATP + 6 NADPH + 3 CO_2 are **used** to **drive one turn** of the **Calvin cycle** which **produces** one **molecule** of the **3 Carbon sugar** (**G3P**). Since **two molecules** of **G3P** are **needed** to **produce glucose** the **Calvin cycle** must **occur twice** and the reaction will use: **18 ATP + 12 NADPH + 6 CO_2**.

لكل **دورة تحدث في حلقة كالفن نستخدم** (**9 ATP + 6 NADPH + 3 CO_2**) **وينتج** من كل **دورة في حلقة كالفن السكر الثلاثي** (**G3P**). ولكي يتم **صنع السكر السداسي** (سكر **الغلوكوز**) فإننا نحتاج إلى **جزيئين من السكر الثلاثي** (**G3P**) وبالتالي تحدث **دورتين** في **حلقة كالفن لصنع سكر الغلوكوز ويتضاعف** عدد **الجزيئات المستخدمة** في **حلقة كالفن** وبالتالي فإننا **نحتاج** إلى **18 ATP + 12 NADPH + 6 CO_2** ليتم **صنع جزيء واحد من الغلوكوز**.

Test Questions (Practice exam)
Test Yourself

Q1) Which of the following are products of the light reactions of photosynthesis that are utilized in the Calvin cycle?
A) CO2 and glucose.
B) H2O and O2.
C) ADP, Pi, and $NADP^+$
D) Electrons and H^+.
E) ATP and NADPH.

Q2) Which of the following is incorrect for P680 and P700?
A) Are found in thylakoid membrane.
B) Are oxidized following excitation.
C) Participate in linear electron flow.
D) Are modified of chlorophyll a.
E) Directly involved in chemiosmosis.

Q3) Rubisco:
A) Catalyzes carbon fixation in chloroplast.
B) CO_2 and RuBP are its substrate.
C) Is found in the stroma of the chloroplast.
D) Is a Calvin cycle enzyme.
E) All of the above are correct.

Q4) Where does the Calvin cycle take place?
A) Stroma of the chloroplast.
B) Thylakoid membrane.
C) Cytoplasm surrounding the chloroplast.
D) Chlorophyll molecule.
E) Outer membrane of the chloroplast.

Momen Tamimi

Q5) When oxygen is released as a result of photosynthesis, it is a by-product of which of the following?

A) Reducing $NADP^+$.
B) Splitting the water molecules.
C) Chemiosmosis.
D) The electron transfer system of photosystem I.
E) The electron transfer system of photosystem II.

Q6) A plant has a unique photosynthetic pigment. The leaves of this plant appear to be reddish yellow. What wavelengths of visible light are being absorbed by this pigment?

A) Red and yellow.
B) Blue and violet.
C) Green and yellow.
D) Blue, green, and red.
E) Green, blue, and yellow.

Q7) The reaction-center chlorophyll of photosystem I is known as P700 because

A) There are 700 chlorophyll molecules in the center.
B) This pigment is best at absorbing light with a wavelength of 700 nm.
C) There are 700 photosystem I components to each chloroplast.
D) It absorbs 700 photons per microsecond.

Q8) Which is released as a byproduct of photosynthesis:

A) Oxygen**.**
B) Carbon dioxide**.**
C) NADPH.
D) H_2O.

Q9) In Calvin cycle, 1 molecule of glucose is formed from

A) $6CO_2$ + 30ATP + 12NADPH.
B) $6CO_2$ + 12ATP.
C) $6CO_2$ + 18ATP + 12NADPH.
D) $6CO_2$ + 18ATP + 30NADPH.

Q10) The final product of the Calvin cycle is:

A) RuBP.
B) 3-phosphoglycerate.
C) G3P.
D) 1,3 – Bisphosphoglycerate.

Q11) Colors of light most useful in photosynthesis are:

A) Green, yellow, and orange.
B) Red, violet, and blue.
C) Infrared, red, and yellow.
D) Red, white, and blue.

Q12) Both carotenoids and chlorophylls:

A) Are pigments.
B) Absorb photons of all energy.
C) Contain porphyrin rings.
D) All of the above.

Momen Tamimi

Q13) Water vapor exits and CO_2 enters a leaf through the:

A) Stomata.

B) Grana.

C) Porphyrin rings.

D) Stroma.

Q14) Which of the following occurs during the light-dependent reactions of plants?

A) Electron transport.

B) Chemiosmosis.

C) Splitting of water.

D) All of the above.

Q15) How many carbon atoms are in a molecule of RuBP?

A) Two.

B) Three.

C) Five.

D) Six.

1- E	2- E	3- E	4- A	5- B	6- B	7- B	8- A	9- C	10- C
11- B	12- A	13- A	14- D	15- C					

Momen Tamimi

11 Chapter Review

Go to **MasteringBiology**™ for Videos, Animations, Vocab Self-Quiz, Practice Tests, and more in the Study Area.

SUMMARY OF KEY CONCEPTS

CONCEPT 11.1

Photosynthesis converts light energy to the chemical energy of food *(pp. 261–264)*

VOCAB SELF-QUIZ goo.gl/Rn5Uax

- In eukaryotes that are **autotrophs**, photosynthesis occurs in **chloroplasts**, organelles containing **thylakoids**. Stacks of thylakoids form grana. **Photosynthesis** is summarized as

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O + \text{Light energy} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O.$$

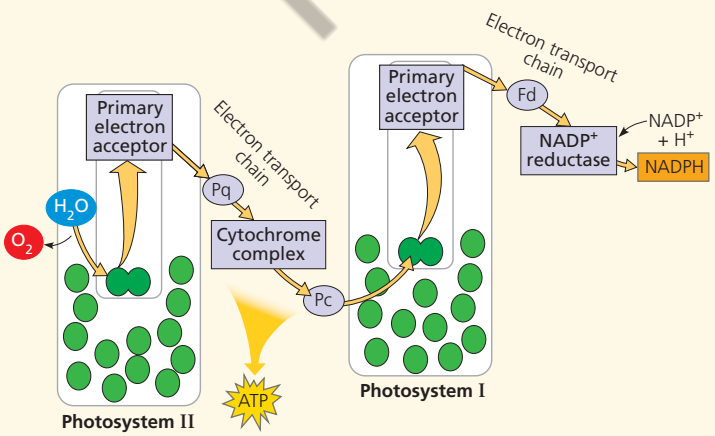
Chloroplasts split water into hydrogen and oxygen, incorporating the electrons of hydrogen into sugar molecules. Photosynthesis is a redox process: H_2O is oxidized, and CO_2 is reduced. The **light reactions** in the thylakoid membranes split water, releasing O_2, producing ATP, and forming **NADPH**. The **Calvin cycle** in the **stroma** forms sugar from CO_2, using ATP for energy and NADPH for reducing power.

? *Compare the roles of CO_2 and H_2O in cellular respiration and photosynthesis.*

CONCEPT 11.2

The light reactions convert solar energy to the chemical energy of ATP and NADPH *(pp. 264–273)*

- Light is a form of electromagnetic energy. The colors we see as **visible light** include those **wavelengths** that drive photosynthesis. A pigment absorbs light of specific wavelengths; **chlorophyll *a*** is the main photosynthetic pigment in plants. Other accessory pigments absorb different wavelengths of light and pass the energy on to chlorophyll *a*.
- A pigment goes from a ground state to an excited state when a **photon** of light boosts one of the pigment's electrons to a higher-energy orbital. This excited state is unstable. Electrons from isolated pigments tend to fall back to the ground state, giving off heat and/or light.
- A **photosystem** is composed of a **reaction-center complex** surrounded by **light-harvesting complexes** that funnel the energy of photons to the reaction-center complex. When a special pair of reaction-center chlorophyll *a* molecules absorbs energy, one of its electrons is boosted to a higher energy level and transferred to the **primary electron acceptor. Photosystem II** contains P680 chlorophyll *a* molecules in the reaction-center complex; **photosystem I** contains P700 molecules.
- **Linear electron flow** during the light reactions uses both photosystems and produces NADPH, ATP, and oxygen:



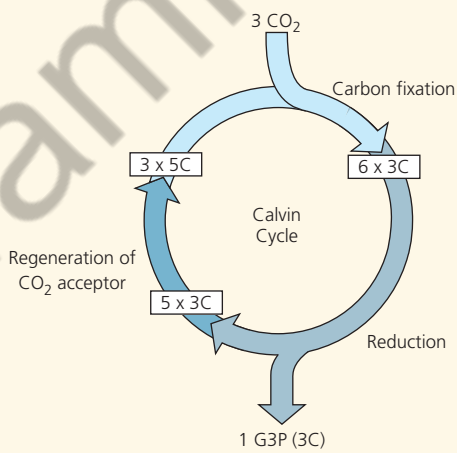
- **Cyclic electron flow** employs only one photosystem, producing ATP but no NADPH or O_2.
- During chemiosmosis in both mitochondria and chloroplasts, electron transport chains generate an H^+ gradient across a membrane. ATP synthase uses this proton-motive force to make ATP.

? *The absorption spectrum of chlorophyll a differs from the action spectrum of photosynthesis. Explain this observation.*

CONCEPT 11.3

The Calvin cycle uses the chemical energy of ATP and NADPH to reduce CO_2 to sugar *(pp. 273–274)*

- The Calvin cycle occurs in the stroma, using electrons from NADPH and energy from ATP. One molecule of **G3P** exits the cycle per three CO_2 molecules fixed and is converted to glucose and other organic molecules.



DRAW IT ➤ *On the diagram above, draw where ATP and NADPH are used and where rubisco functions. Describe these steps.*

CONCEPT 11.4

Alternative mechanisms of carbon fixation have evolved in hot, arid climates *(pp. 275–278)*

- On dry, hot days, **C_3 plants** close their stomata, conserving water but keeping CO_2 out and O_2 in. Under these conditions, **photorespiration** can occur: **Rubisco** binds O_2 instead of CO_2, consuming ATP and releasing CO_2 without producing ATP or carbohydrate. Photorespiration may be an evolutionary relic, and it may play a photoprotective role.
- **C_4 plants** minimize the cost of photorespiration by incorporating CO_2 into four-carbon compounds in mesophyll cells. These compounds are exported to **bundle-sheath cells**, where they release carbon dioxide for use in the Calvin cycle.
- **CAM plants** open their stomata at night, incorporating CO_2 into organic acids, which are stored in mesophyll cells. During the day, the stomata close, and the CO_2 is released from the organic acids for use in the Calvin cycle.
- Organic compounds produced by photosynthesis provide the energy and building material for Earth's ecosystems.

? *Why are C_4 and CAM photosynthesis more energetically expensive than C_3 photosynthesis? What climate conditions would favor C_4 and CAM plants?*

Noreen Tamimi

CHAPTER 16

Nucleic acids and inheritance

Helical	يشبه الحلزون	**Thickness**	السماكة	**Elongation**	إطالة
Bacteriophages	فيروس آكل بكتيريا	**Antiparallel**	غير متوازي	**Mono**	أحادي
Experiment	تجربة	**Replication**	تضاعف	**Tri**	ثلاثي
Injected	حقن	**Fork**	إتجاه	**Opposite**	معاكس
Diameter	القطر	**Stabilize**	تثبيت	**Fragments**	قطع

In **1953**, **James Watson** and **Francis Crick introduced** an **elegant double-helical model** for **the structure** of **deoxyribonucleic acid**, or **DNA.**

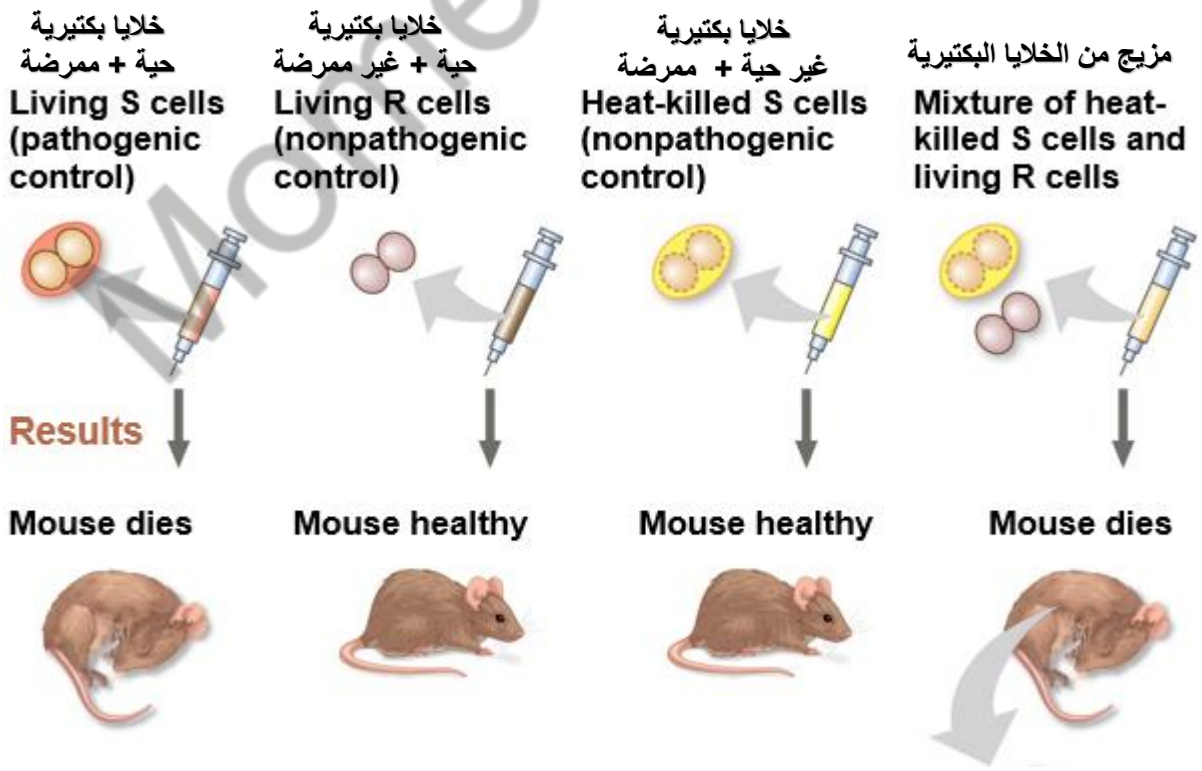
في عام **1953** **قدم العالمين (جيمز واتسون + فرانسيس غريك)** نموذجا **لتركيب (بنية) الحمض النووي DNA** حيث **وصف** في **نموذجه** أن **الحمض النووي (DNA) ذو شكل حلزوني (سلسلتين ملتفة** على بعضها البعض مثل **الحلزون)**.

Concept 16.1: DNA is the genetic material

Evidence That DNA Can Transform Bacteria:

The **discovery** of the **genetic role of DNA** began with **research** by **Frederick Griffith** in **1928. Griffith** worked with **two strains** of a **bacterium**, one **pathogenic** and one **harmless**. When he **mixed heat-killed remains** of the **pathogenic strain** with **living cells** of the **harmless strain**, some **living cells became pathogenic**. He called this **phenomenon transformation**, now **defined** as a **change in genotype** and **phenotype** due to **assimilation** of **foreign DNA.**

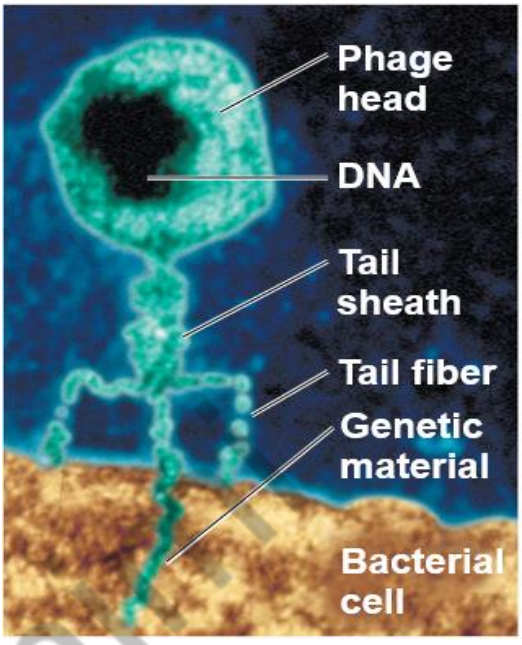
تم **إكتشاف** أن هنالك **دور للجينات داخل الحمض النووي بعد التجربة** الذي قام فيها **العالم فريديرك غريفث** في عام 1928. والتجربة هي أنه **وضع نوعين من البكتيريا** واحدة من هذه **البكتيريا تحمل مرض معين والأخرى سليمة** لا **تحمل أي من الأمراض**. أجرى هذه التجربة على فـأر **فعندما حقن الفأر بالبكتيريا الممرضة مات الفأر وعندما حقنه بالبكتيريا السليمة** لم **يحدث له شيء**. ذهب العالم **ووضع البكتيريا الممرضة داخل درجة حرارة عالية** لكي **يتم قتل الخلية البكتيرية التي بداخلها المرض**. وبعد ذلك **جاء بالفأر وحقنه بكلا النوعين من البكتيريا** (البكتيريا التي **تم قتلها بسبب الحرارة + البكتيريا السليمة الحية)** ولاحظ بعد ذلك أن **الفأر قد مات مع أن الخلية البكتيرية التي فيها المرض قد قتلت بالحرارة العالية** فتبين له أن هنالك مادة **تنتقل من البكتيريا السليمة إلى البكتيريا التي قتلت** وأصبحت **جميع الخلايا البكتيرية الحاملة للمرض حية** وبالتالي أكتشف أنه يحدث **تبادل للمادة الوراثية بين البكتيريا**.



Moeen Tarimi

Evidence That Viral DNA Can Program Cells:

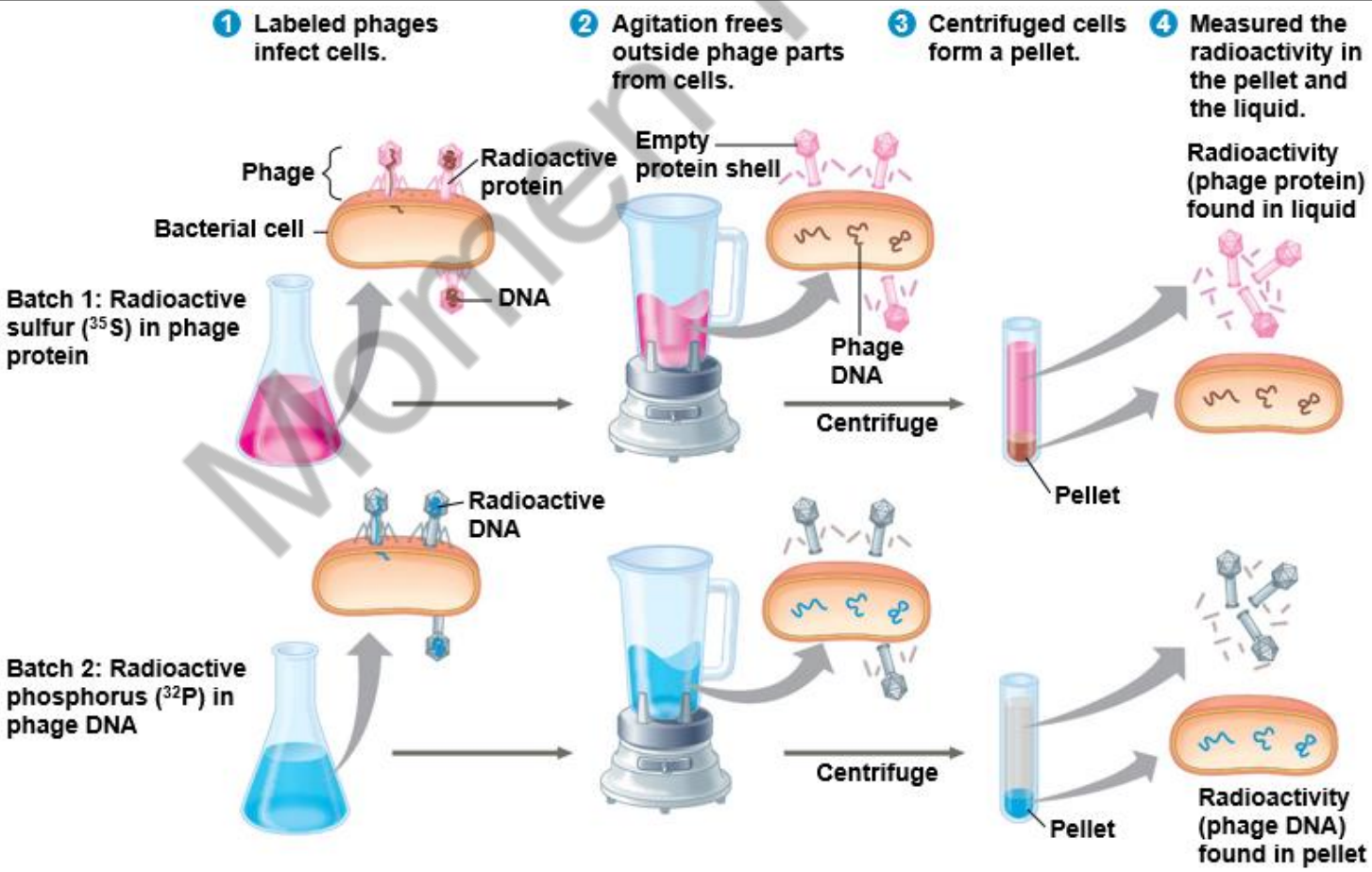
More **evidence** for **DNA** as the **genetic material** came from **studies** of **viruses** that **infect bacteria.** Such **viruses**, called **bacteriophages** (or **phages**), are widely used in **molecular genetics research.** A **virus** is **DNA** (sometimes **RNA**) **enclosed** by a **protective coat**, often **simply protein.**



أكبر دليل على **وجود الحمض النووي (DNA)** وأنه **المادة الوراثية** للكائنات الحية. جاءت من **دراسة الفيروسات التي تؤثر على البكتيريا**. هنالك بعض **أنواع الفيروسات** تدعى **الفيروسات الآكلة للبكتيريا** وتستخدم **كثيرا في عمليات البحث العلمي**. يوجد داخل هذه **الفيروسات حمض نووي (DNA) والبعض يحتوي** على **(RNA)** ويكون **الحمض النووي محاط بغلاف بروتيني لحمايته**.

In **1952**, **Alfred Hershey** and **Martha Chase** showed that **DNA** is the **genetic material** of a **phage** known as **T2**. They **designed** an **experiment showing** that only **one of the two components of T2** (**DNA** or **protein**) **enters** an **E. coli** cell during **infection**. They concluded that the **injected DNA** of the **phage provides** the **genetic information.**

في عام **1952** إكتشف **العالمين (ألفريد هيرشي + مارثا شايز)** على أن **الحمض النووي (DNA)** هو المادة الوراثية لفيروس آكل البكتيريا عرف بإسم **(T2)**. وقد أجروا **تجربتين** على **خلية بكتيرية**. وضعوا **المادة الوراثية للفيروس** + بعض **البروتينات** داخل **محلول مشع** (ليتم **تعقبهم**) ثم أدخلوها إلى **داخل الخلية البكتيرية** وتبين لهم أنه **لا يمكن** أن **يتواجد البروتين** و**المادة الوراثية للفيروس** معا **داخل البكتيريا** (فقط واحد منهم). وبالتالي **تبين لهم أن المادة الوراثية للفيروس تحمل المعلومات الجينية.**

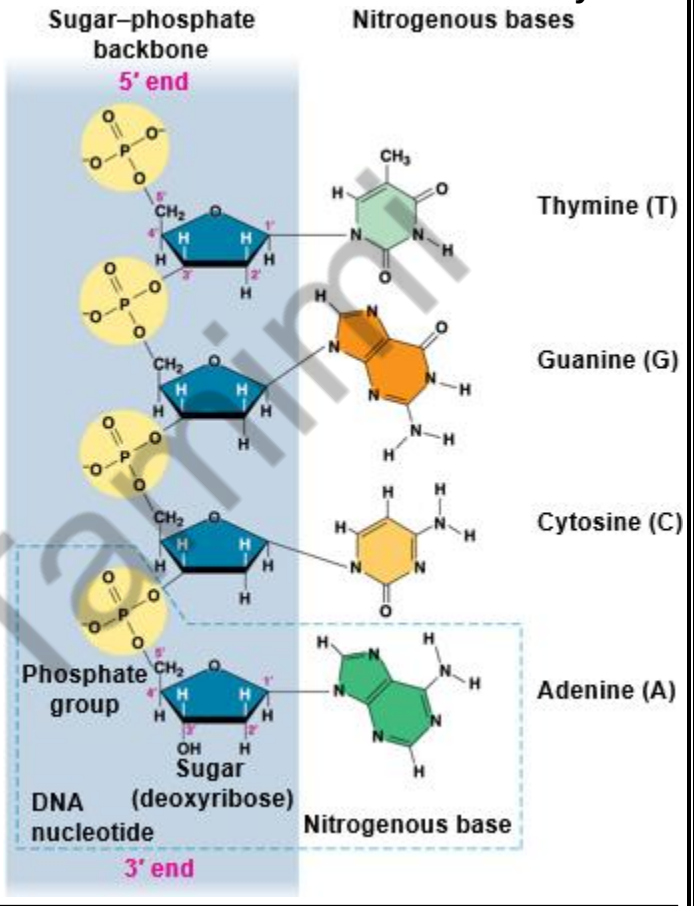


Momen Tamimi

Additional Evidence That DNA Is the Genetic Material:

DNA is a **polymer** of **nucleotides**, each **consisting** of a **nitrogenous base**, a **sugar**, and a **phosphate group.** The **nitrogenous bases** can be **adenine (A), thymine (T)**, **guanine (G)**, or **cytosine (C).** In **1950**, Erwin **Chargaff** reported that DNA **composition** varies from **one species** to the **next**. **Two findings became known as Chargaff's rules:** 1- The base **composition of DNA varies between species**. 2- In any **species** the number of **A and T bases is equal** and the number of **G and C bases is equal**. The **basis** for these **rules** was **not understood until the discovery of the double helix.**

دليل آخر على أن الحمض النووي (DNA) هو المادة الوراثية.
يعد ال **DNA** من **البوليمرز** إذ يتكون من **العديد من النيوكليوتيدات**. يتكون كل **نيوكليوتيد** من (**سكر خماسي + مجموعة فوسفات + قاعدة نيتروجينية**) كما **تحدثنا عنه سابقا**. وعرفنا أن **هنالك أربعة أنواع من القواعد النيتروجينية (الأدنين / الثايمين / الجوانين / السايتوسين)**. وفي عام **1950** قام العالم **إيرون شارغاف بذكر** أن ال **DNA يختلف من كائن حي لآخر**. وذكر العالم **نظريتين هما**:
1- يختلف التركيب **الأساسي للحمض النووي** باختلاف **نوع الكائن الحي**.
2- **عدد القواعد النيتروجينة للأدنين** مساوي **لعدد للقواعد النيتروجينية للثايمين وعدد** القواعد النيتروجينية **للجوانين مساوي لعدد** القواعد النيتروجينية **للسايتوسين**. ولم يتم الإستفادة من هذه القواعد (مع أنها صحيحة) الا عندما تم **إكتشاف أن جزيء** ال **DNA حلزوني الشكل**.



After **DNA** was **accepted** as the **genetic material**, the challenge was to **determine** how its **structure accounts** for its role in **heredity**. Maurice **Wilkins** and Rosalind **Franklin** were **using a technique called X-ray crystallography** to **study molecular structure**. Franklin pr**oduced a picture of the DNA** molecule **using** this **technique.**

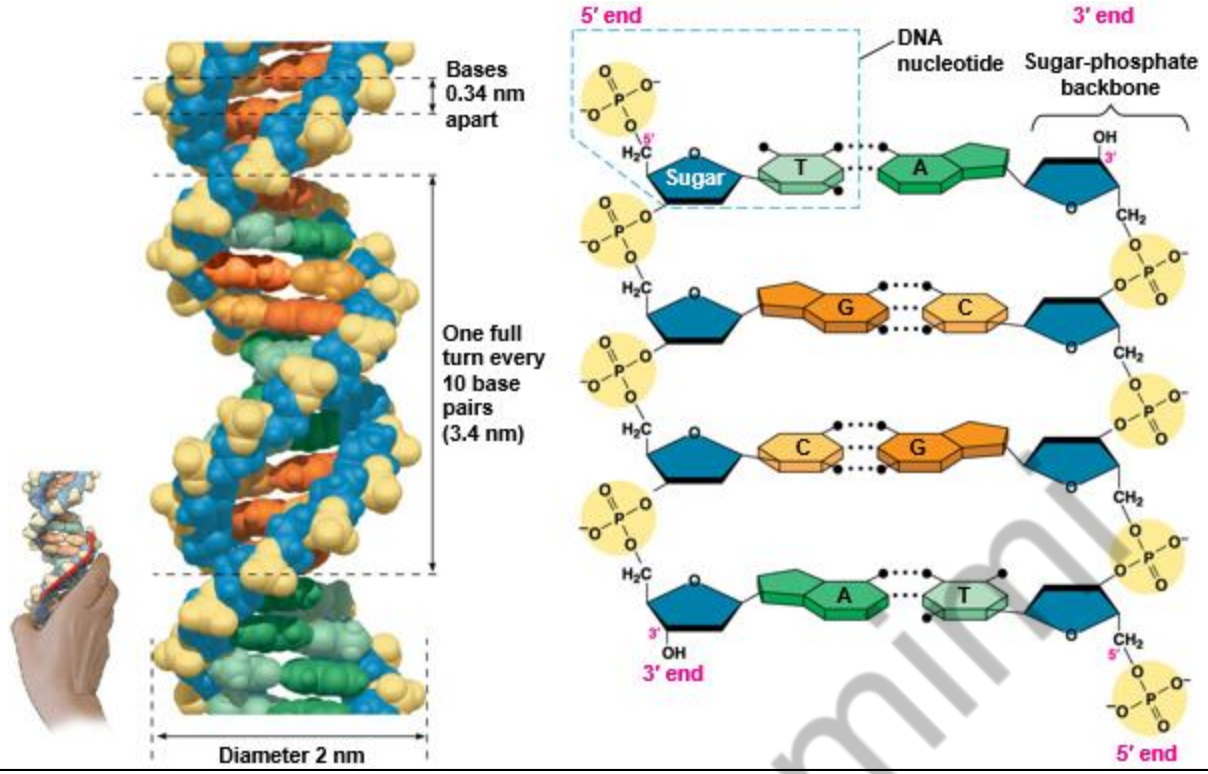
بعدما تم **قبول فكرة** أن ال **DNA** هو **المادة الوراثية للكائنات الحية** كان **التحدي** الذي **يواجه العلماء** هو **معرفة شكل وتركيب** ال **DNA** . ومن هنا **عملت العالمتين** (ماوريس **ويلكنز** + روسليند **فرانكلن**) على دراسة **شكل وتركيب** ال **DNA** عن **طريق إستخدام جهاز خاص يعمل بالأشعة السينية** لروئية **شكل DNA**.

Franklin's X-ray crystallographic **images** of **DNA** enabled **Watson** to **deduce** that **DNA was helical**. The **X-ray images** also enabled **Watson** to **deduce** the **width** of the **helix** and the **spacing of the nitrogenous bases**. The **pattern** in the **photo** suggested that the **DNA molecule** was made up of **two strands**, forming a **double helix.**

إستفاد كل من **العالمين** (**واتسون + غريك**) من **جهاز الأشعة السينية** التي **إستخدمته العالمتين** وبالتالي بين (واتسن + غريك) أن ال **DNA شكله حلزوني (لولبي)**. كما أن جهاز **الأشعة السينية** ساعد العالم **واتسون** في معرفة **أبعاد DNA والفراغ ما بين كل قاعدة نيتروجينية**. وقد وضح واتسون أن جزيء **DNA** يتكون من **سلسلتين ملتفة** على **بعضها البعض** مثل **الحلزون**. وكما نرى في **الشكل الأسفل** أن **الفراغ ما بين القاعدة النيتروجينية** والأخرى يساوي (**0.34 نانومتر**) حيث أن **الدورة الواحد للقواعد النيتروجينية** تحتوي على **10 منهم** وبالتالي **طول كل دورة يساوي** (**10 ضرب 0.34 = 3.4 نانومتر**). وكما **نشاهد** فإن **قطر جزيء DNA** يساوي (**2 نانومتر**).

Watson built a **model** in which the **backbones** were **antiparallel** (their **subunits run** in **opposite directions**). At **first**, **Watson** and **Crick** thought the **bases paired** like with **like** (**A** with **A**, and so on), but **such pairings** did not result in a **uniform width**. Instead, pairing a **purine** (**A** or **G**) with a **pyrimidine** (**C** or **T**) resulted in a **uniform width consistent with the X-ray data.**

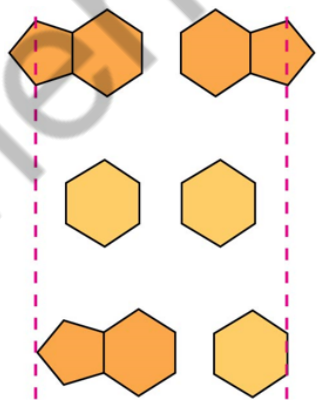
Women Tanimi



تخيل العالم **واتسون وبنى شكل جزيء DNA** على أن **السلسلتين المكونة له غير متوازيتين**. في **البداية إعتقد واتسون** أن **القواعد النيتروجينية المتشابهة** ترتبط مع **بعضها البعض (الأدنين** مع **الأدنين)** ولكن هذا **الترابط لم يعطي القطر المناسب لجزيء DNA الذي هو عليه**. لكنه لاحظ أنه عندما **إرتبط (الأدنين** مع **الثايمين)** فإنه **تناسب هذا الإرتباط مع قطر** جزيء **DNA** .

They **determined** that **adenine (A)** paired only with **thymine (T),** and **guanine (G) paired** only with **cytosine (C).** The **Watson-Crick model** explains **Chargaff's rules**:
in **any organism** the **amount** of **A = T**, and the amount of **G = C**

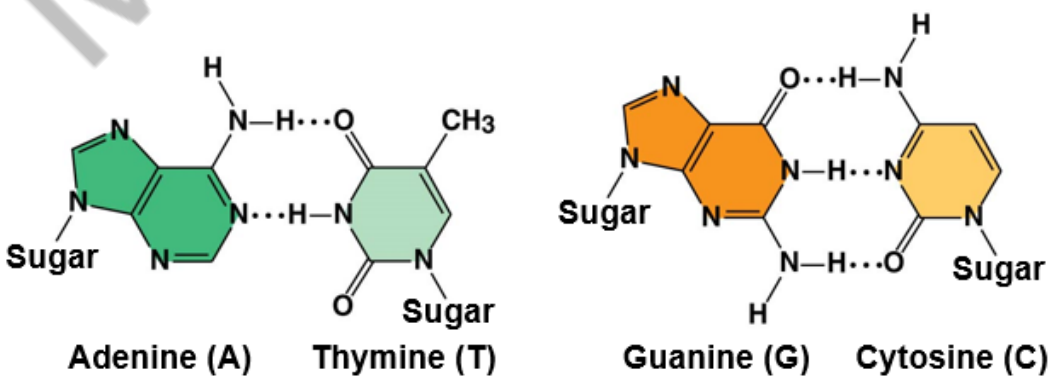
إذا **إرتبط البيورين** مع **البيورين** فإن **جزيء** ال **DNA يكون واسع جدا** (القطر **أكبر من 2 نانومتر)**. أما إذا **إرتبط البيراميدين مع البيراميدين** فإن **جزيء** ال **DNA** يكون **ضيق جدا (القطر** أقل من **2 نانومتر)**. أما اذا إرتبط **البيورين** مع **البيراميدين** يكون **الشكل مناسب** و**القطر يساوي 2 نانومتر**.



Purine + purine: too wide

Pyrimidine + pyrimidine: too narrow

Purine + pyrimidine: width consistent with X-ray data



أكد **العالمين واتسون + غريك نظرية العالم شارغاف** وهي أن **جميع الكائنات الحية تحتوي** على **عدد من الأدنين مساوي للثايمين** وعلى **عدد من السايتوسين مساوي للجوانين**. (أي عدد من **البيورين** مساوي **لنفس العدد** من **البيراميدين**).

Monem Tamimi

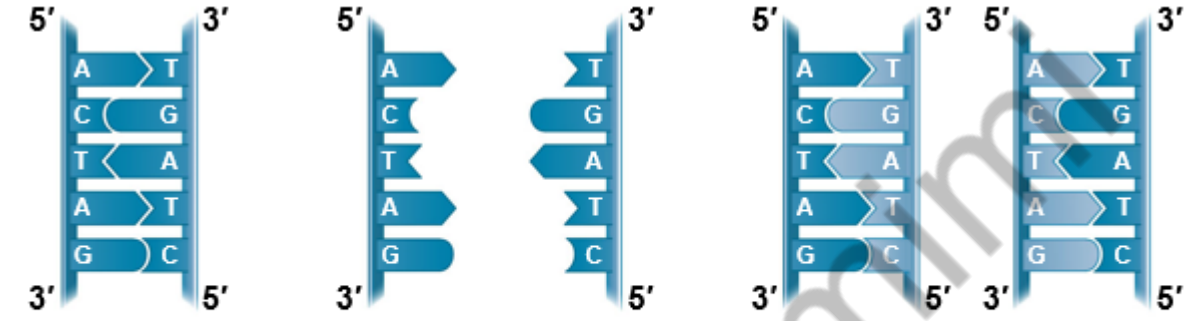
Concept 16.2: Many proteins work together in DNA replication and repair

The Basic Principle: Base Pairing to a Template Strand.

Since the **two strands** of **DNA** are **complementary**, each **strand acts** as a **template** for **building** a **new strand in replication.** In **DNA replication**, the **parent** molecule **unwinds**, and **two new daughter strands** are **built based** on **base-pairing rules.**

DNA replication = (**عملية تضاعف الحمض النووي**) / **Template** = (قالب)

عملية إرتباط **القواعد النيتروجينية** في كل **قالب** (**سلسلة**) من **جزيء DNA**. تعد كل **سلسة في جزيء DNA مكملة للسلسلة الأخرى**. وتشكل **كل سلسلة قالب لبناء سلسلة أخرى جديدة في عملية تضاعف جزيء DNA** (أي أنه **من سلسلة** جزيء **DNA** يتم **بناء سلسلة جديدة**). فيتم بناء **سلسلة نسخة طبق الأصل عن السلسلة الأصلية**.



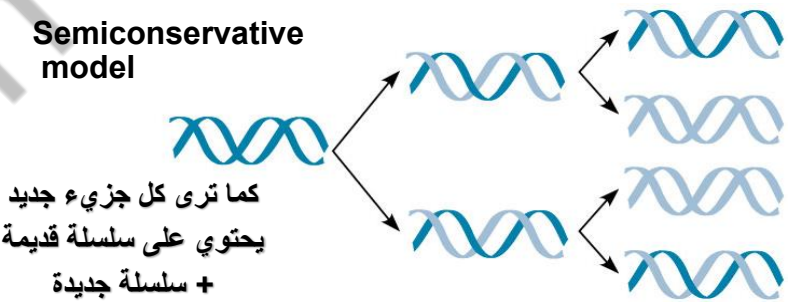
(a) Parental molecule

(b) Separation of parental strands into templates

(c) Formation of new strands complementary to template strands

Watson and Crick's **semiconservative model** of **replication predicts** that when a **double helix replicates**, each **daughter molecule** will **have one old strand** (**derived** or "**conserved**" from the **parent molecule**) and **one newly made strand.**

بيّن العالمين (**واتسون + غريك**) أن هنالك **نموذج شبه محافظ** لجزيء **DNA** عندما **تحدث له عملية التضاعف**. عندما **تحدث عملية تضاعف لجزيء الحمض النووي** سيكون لكل **جزيء جديد سلسلة قديمة** (من **جزيء الحمض النووي الأم**) و**سلسلة جديدة التكوين**.

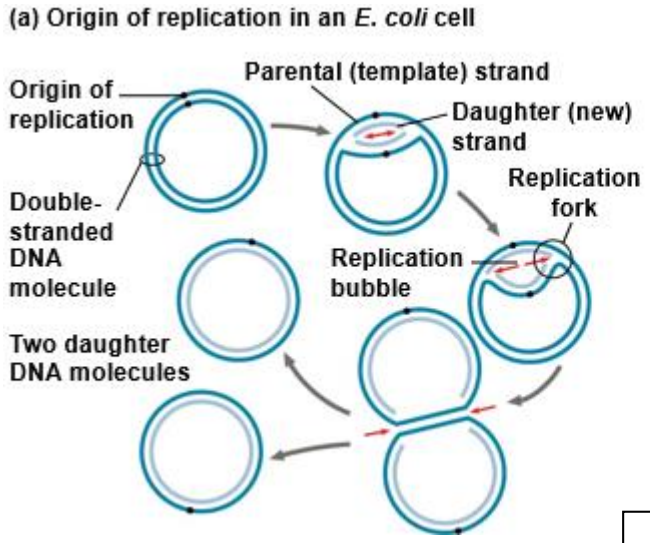


DNA replication: (مرحلة التضاعف)

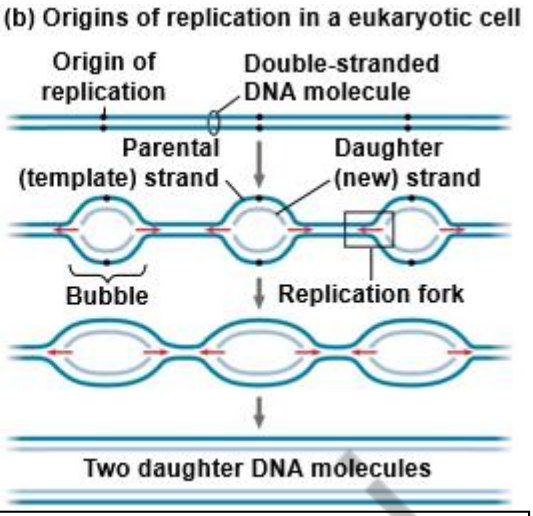
Replication begins at **particular sites** called **origins of replication**, where the **two DNA strands are separated**, **opening** up a **replication** "**bubble**". A **eukaryotic chromosome** may have **hundreds** or even **thousands** of **origins of replication**. **Replication proceeds** in **both directions** from each **origin**, until the **entire molecule is copied.**

تبدأ **عملية تضاعف** (**DNA**) في **مناطق محددة** تسمى (**منطقة الأصل** في **عملية التضاعف**) والتي **تبدأ سلسلتي** ال (**DNA**) **بالإنفصال عن بعضها البعض** من هذه **المنطقة**. عندما تبدأ عملية **فصل السلسلتين** يصبح **شكل منطقة الأصل في DNA** على **شكل فقاعة**. الكائنات **حقيقية النواة تحتوي على كروموسومات** وهي التي تحمل **المادة الوراثية** أما الكائنات **بدائية النواة لا تحتوي على كروموسومات تحمل المادة الوراثية** فتكون المادة الوراثية **متجمعة في منطقة معينة** أو على **شكل بلازميد** كما في **الخلية البكتيرية**. نظرا إلى أن **الكروموسوم** في **الخلايا حقيقية النواة** يحمل العديد من **المادة الوراثية** عليه فإنه **يكون له أكثر من منطقة أصل لتضاعف** جزيء **DNA**. و لأن **الكائنات بدائية النواة بسيطة التركيب** ولا **يوجد لها كروموسومات** تحمل **المادة الوراثية** لها فإنه يكون لها **منطقة أصل واحدة لتضاعف DNA**.

Momen Tamimi



كما تشاهد في هذا الشكل أن **الكائنات بدائية النواة** تحتوي على **منطقة أصل واحدة لعملية التضاعف**. تصبح على **شكل فقاعة**



كما تشاهد في هذا الشكل أن **الكائنات حقيقية النواة** تحتوي على **أكثر** من **منطقة أصل لعملية التضاعف**. تصبح على **شكل فقاعة**

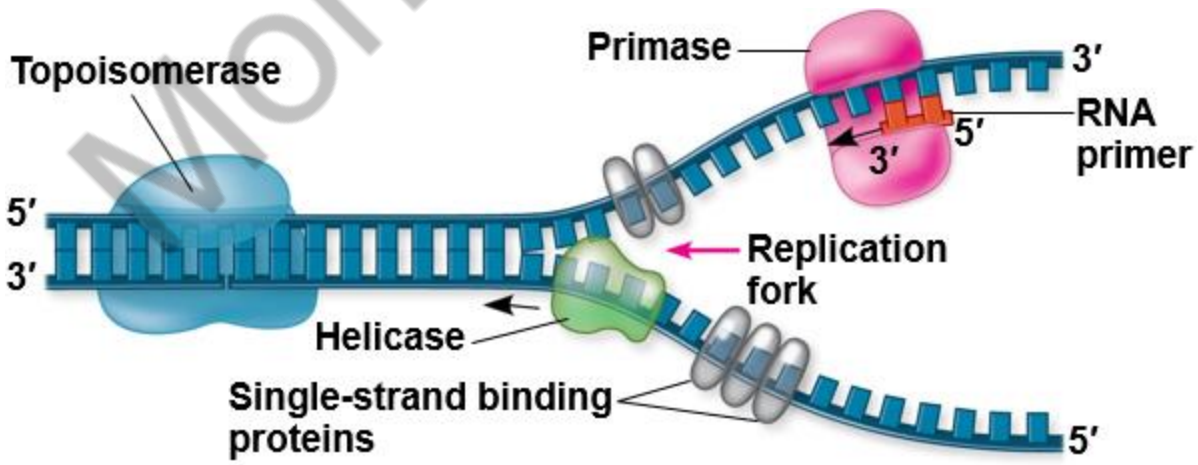
At the **end of each replication bubble** is a **replication fork**, a **Y-shaped** region where **new DNA strands** are **elongating. Helicases** are **enzymes** that **untwist** the **double helix** at the **replication forks. Single-strand binding proteins bind** to and **stabilize single-stranded DNA.** **Topoisomerase relieves** the **strain of twisting** of the **double helix** by **breaking**, **swiveling**, and **rejoining DNA strands.**

Replication fork = (إتجاه التضاعف) / **Helicase** = (**الإنزيم** الذي **يفصل سلسلتي الحمض النووي**)

Single-strand binding proteins = (**البروتينات المثبتة لسلسلة الحمض النووي**)

Topoisomerase = (**الإنزيم** الذي يعمل على **التخفيف من إلتواء سلسلتي الحمض النووي لتتم عملية الفصل**)

يوجد على **نهاية كل فقاعة** (**منطقة الأصل**) **إتجاه لعملية التضاعف** (**إتجاه لليمين وإتجاه لليسار**) حيث أنها **تشبه شكل** حرف (Y). هنالك مجموعة من **الإنزيمات والبروتينات** التي تعمل على **فصل سلسلتي الحمض النووي**: أولا: **يبدأ إنزيم Topoisomerase بتخفيف الإلتواء بين سلسلتي الحمض النووي وجعلها مستقيمة** ثم يأتي **بعدها إنزيم Helicase ويفصل سلسلتي الحمض النووي عن طريق تحطيم الروابط بين القواعد النيتروجينية** التي **تربط كل من السلسلتين**. وهنالك **بروتينات** تسمى **بالبروتينات المثبتة** تعمل على **منع سلسلتي الحمض النووي من الإرتباط مع بعضها البعض مرة أخرى** بعدما **يتم فصلها عن طريق إنزيم Helicase**.



Mohsen Tamimi

Synthesizing a New DNA Strand:
DNA polymerases require a **primer** to which **they can add nucleotides**. The **initial nucleotide strand** is a **short RNA primer**. This is **synthesized** by the **enzyme primase. Primase** can **start** an **RNA chain** from **scratch** and adds **RNA** nucleotides **one at a time using** the **parental DNA** as a **template**. The **primer is short** (**5–10 nucleotides long**), and the **3′ end serves** as the **starting point** for the **new DNA strand. DNA polymerase** = (**الإنزيم** الذي يبني **السلسلة الجديدة** للحمض **النووي**)
Primer = (**مجموعة من النيوكليوتيدات تبدأ من عندها عملية بناء السلسلة الجديدة**)
Primase = (**الإنزيم الذي يربط هذه النيوكليوتيدات بالسلسلة القديمة ليتم بناء السلسلة الجديدة**)

كيف **يتم بناء سلسلة جديدة؟؟** أولا يعد **إنزيم DNA polymerase الإنزيم** الذي **يبني سلسلة الحمض النووي الجديدة** عن **طريق** إضافة **النيوكليوتيدات لها**. لا يستطيع هذا **الإنزيم أن يضيف النيوكليوتيدات بكشل عشوائي** بل يجب أن **تكون هنالك منطقة يبدأ بإضافة النيوكليوتيدات منها**. تسمى هذه **المنطقة** التي يبدأ هذا **الإنزيم بإضافة النيوكليوتيدات عبرها Primer** وهي **منطقة تتكون** من (**5 – 10**) **نيوكلوتيدات** من **RNA** يرتبط بها **إنزيم DNA polymerase** ويبدأ **بإضافة النيوكليوتيدات الخاصة** لجزيء **DNA**.
إنزيم **Primase** هو **الإنزيم** الذي **يضيف Primer** على **السلسلة الجديدة**.

Enzymes called **DNA polymerases** catalyze the **synthesis** of **new DNA** at a **replication fork**. Most **DNA polymerases** require a **primer** and a **DNA template strand**. The **rate** of **elongation** is about **500 nucleotides per second** in **bacteria** and **50 per second** in **human cells**.

كما تحدثنا أن **الإنزيم المسؤول** عن بناء **السلسلة الجديدة** هو **إنزيم DNA polymerase** ويحتاج هذا **الإنزيم** إلى **مجموعة النيوكليوتيدات** (**RNA Primer**) لكي يبدأ **بعملية البناء. (معلومة هامة**: يتم **بناء السلسلة الجديدة** بحيث تكون **مكملة للسلسلة القديمة** أو ما يسمى **بالقالب أي أن التيوكليوتيدات** التي **تضاف** في **السلسلة الجديدة** تكون **مكملة للنيوكليوتيدات** في **السلسلة القديمة**). تكون **سرعة إضافة النيوكليوتيدات في الخلايا البكتيرية أسرع** من **خلايا الإنسان** (**500 نيوكليوتيد** لكل **ثانية** في **البكتيريا** / **50 نيوكليوتيد** لكل **ثانية** في **الإنسان**).

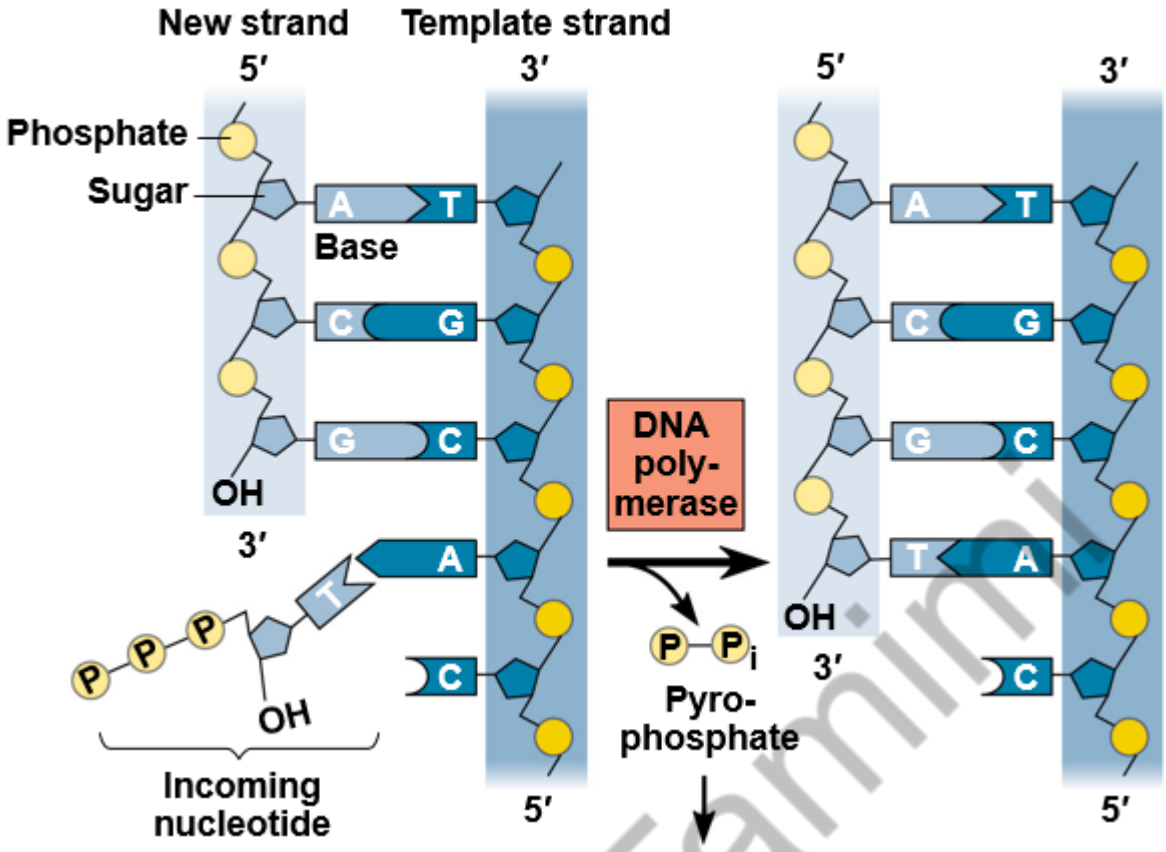
Each **nucleotide** that is **added** to a **growing DNA strand** is a **nucleoside triphosphate.**
Nucleoside = Ribose (sugar) + Nitrogen base / **Triphosphate** = three phosphate groups. We have **4 types** of **nucleoside triphosphate**:
1) dATP = Deoxy adenosine triphosphate. (**سكر خماسي منقوص الأكسجين** نوع القاعدة: **الأدنين**)
2) dTTP = Deoxy Thymidine triphosphate. (**سكر خماسي منقوص الأكسجين** نوع القاعدة: **الثايمين**)
3) dGTP = Deoxy guanosine triphosphate. (**سكر خماسي منقوص الأكسجين** نوع القاعدة: **الجوانين**)
4) dCTP = Deoxy cytidine triphosphate. (**سكر خماسي منقوص الأكسجين** نوع القاعدة: **السايتويسن**)
The **difference** is in their **sugars**: **dATP** has **deoxyribose** while **ATP** has **ribose**.

الفرق بين مركب dATP ومركب ATP هو في **نوع سكر الرايبوز**: **المركب الأول** يتكون من **سكر رايبوز منقوص الأكسجين** و**المركب يتكون من سكر رايبوز طبيعي** (**غير منقوص الأكسجين**). يتم إضافة **المركبات** أو **الجزيئات منقوصة الأكسجين للحمض النووي** لأنه في الأصل يتكون من **سكر رايبوز منقوص الأكسجين**.

As each **monomer joins** the **DNA strand**, via a **dehydration reaction**, it **loses two phosphate groups** as a **molecule** of **pyrophosphate.**
Important note: All nucleotides are synthesized as monophosphates then they are converted into triphosphate form because the triphosphate form makes the reaction favorable to synthesis DNA

لكي **يرتبط** كل **نيوكلوتيد بسلسلة الحمض النووي الجديدة** لا بد أن **يحتوي على مجموعة فوسفات واحدة وليس ثلاثة مجموعات** وبالتالي **يفقد** (**النيوكليوساید ثلاثي الفوسفات**) **مجموعتين** من **الفوسفات** ويتحول إلى **نيوكليوتيد**. يرتبط **النيوكلوتيد بسلسلة الحمض النووي الجديدة** عن طريق **dehydration reaction** (**التفاعل المزيل للماء**).
معلومة هامة: يستخدم إنزيم ال DNA polymerase الطاقة الناتجة من مجموعتي الفوسفات التي يتم نزعها لكي يرتبط النيوكليوتيد الجديد بالسلسلة التي يتم بنائها.

Momen Tamimi



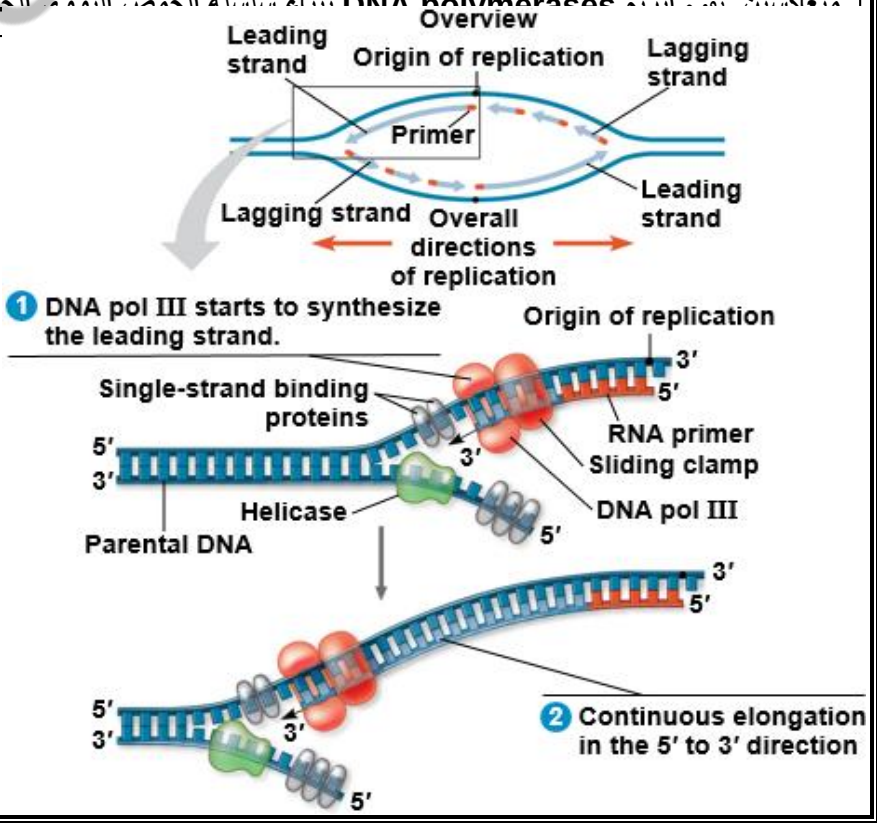
Antiparallel Elongation: (عملية **الإطالة للسلسلة** بشكل **غير متوازي**)
The **antiparallel** structure of the **double helix** affects **replication**. **DNA polymerases add nucleotides** only **to the free 3′ end** of a **growing strand**; therefore, a **new DNA strand** can **elongate** only in the **5′ to 3′ direction**. **Effect of Antiparallel structure on DNA replication**: is that it **results in DNA replication** in **two opposite directions** in **every replication fork**.

الشكل الحلزوني (الغير **متوازي**) **للحمض النووي** يؤثر على **عملية التضاعف**. ويكون الأثر أنه **يتم بناء سلسلتي الحمض النووي بإتجاهين متعاكسين** بقوم إنزيم **DNA polymerases** ببناء سلسلة الحمض النووي الجديدة **بإتجاه 5′ to 3′**.

We have **3 types of DNA polymerase**:
1) DNA polymerase (**I**).
2) DNA polymerase (**II**).
3) DNA polymerase (**III**).

هنالك **3 أنواع لإنزيم بلمرة الحمض النووي**:
DNA polymerase (**I**) -1
DNA polymerase (**II**) -2
DNA polymerase (**III**) -3

Along **one template strand** of **DNA**, the DNA polymerase (**3**) synthesizes a **leading strand continuously**, moving **toward the replication fork.** To **elongate** the other **new strand**, called the **lagging strand**, **DNA polymerase must work** in the direction **away** from the **replication fork.**



Momen Tamimi

Leading strand → **toward the replication fork** → **continuously**
Lagging strand → **away from replication** → **discontinuous**

لدينا **نوعين** من **سلاسل الحمض النووي الجديدة**: 1- **إما تكون سلسلة متقدمة** أي أنها **بنفس إتجاه التضاعف** و**تبنى بشكل مستمر** 2- أو **تكون سلسلة متأخرة بعكس إتجاه التضاعف** وتبنى **بشكل متقطع** (تبنى على **شكل قطع** ثم بعد ذلك **يتم جمعها**). كما تعرفنا أن هنالك **عدة أنواع لإنزيم DNA polymerase** إذ يعمل إنزيم **DNA polymerase III** على **بناء السلاسل الجديدة للحمض النووي** (هو الذي **يضيف النيوكلوتيدات المكملة إلى السلسلة الجديدة**).

1) Primase enzyme will synthesis several **primers** to which **DNA** polymerase (**III**) will start adding **new building units**.

1- **يقوم إنزيم** ال **Primase** **ببناء مجموعة** من ال **primers** (5-10 نيكليوتيدات ال **RNA** المتتممة لنفس العدد النيوكليوتيدات من **DNA**) **ويؤدي هذا** إلى **بدء عمل مجموعة من DNA polymerase (III)** بإستخدام هذه ال **primers** إلى مجموعة من القطع المنفصلة داخل سلسلة الحمض النووي الجديدة.

2) These small **Fragments** (parts) that are **synthesized** are known as **Okazaki fragments**.

2- تسمى هذه **القطع الناتجة بقطع أوكازاكي** نسبة **للعالم** الذي **إكتشفها**.

3) After the **synthesis** of **Okazaki fragments DNA polymerase** (**3**) is **released**.

3- بعد **الإنتهاء** من بناء **قطع أوكازاكي يتحرر إنزيم DNA polymerase (III)** و**ينفصل عن السلسلة** .

4) This process is **repeated** as shown in the figure. (**تتكرر** هذه العملية كما هو **موضح** بالشكل)

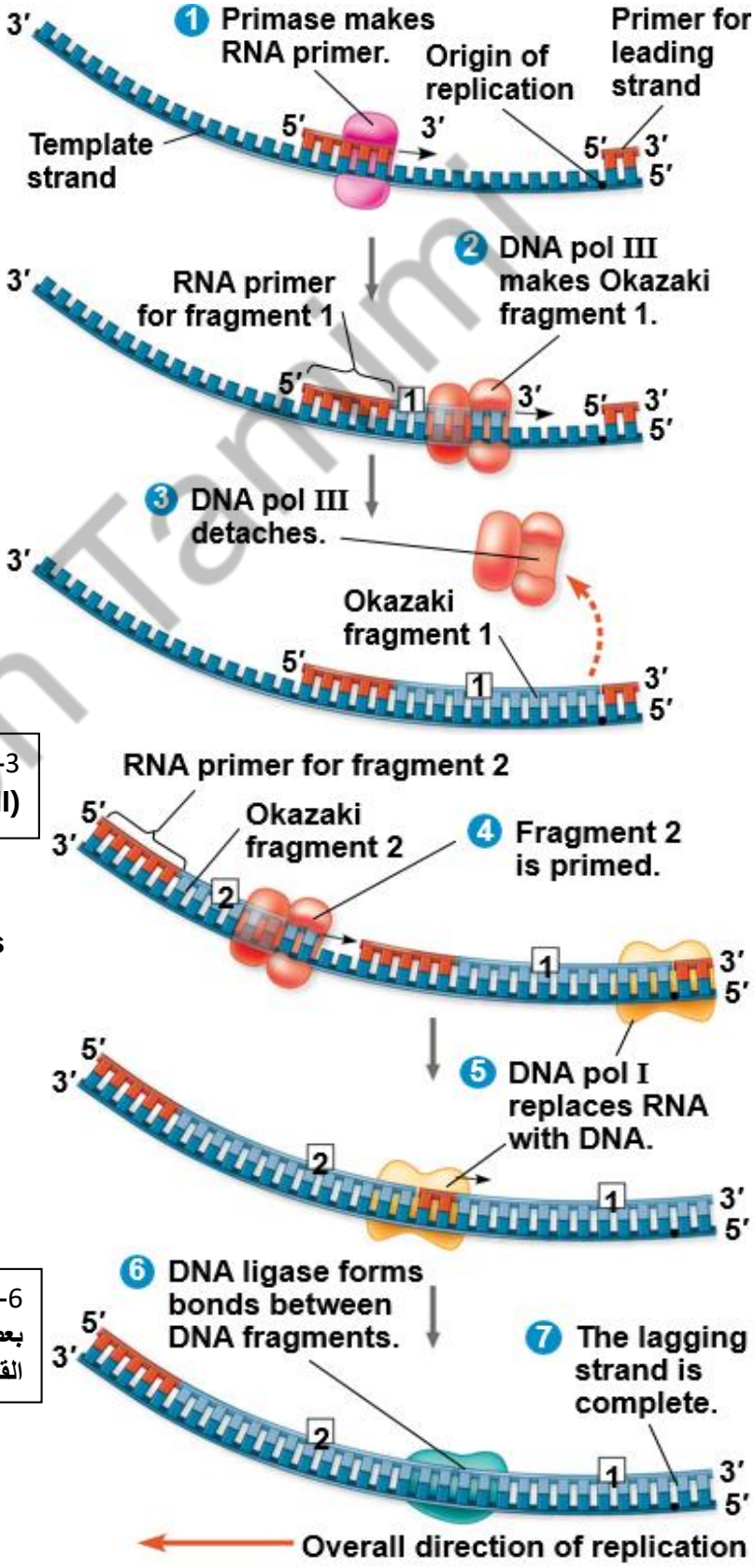
5) DNA polymerase (**I**) **replaces RNA primers** with **DNA**.

5- **يتم إزالة RNA primers** (نيكلوتيدات ال **RNA**) **وإستبدالها بالنيوكلوتيدات الخاصة** بال **DNA** عن طريق **إنزيم DNA polymerase I**

6) After **Okazaki fragments** are **synthesized** the **fragments** are **joined together** by an **enzyme** called **DNA ligase**.

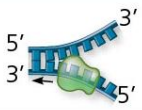
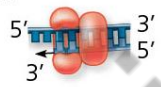
6- بعد ما **يتم بناء قطع أوكازاكي** هذه **القطع** تكون **منفصلة** عن **بعضها البعض** وبالتالي يعمل **إنزيم DNA ligase** ربط هذه **القطع مع بعضها البعض**.

7) Finally the **lagging strand** is **completed**. (وفي **النهاية** تتشكل **السلسلة المتأخرة**)



Momen Tanyimi

هذا الشكل يبين **وظيفة جميع الإنزيمات** التي **يتم إستخدامها** في عملية **تضاعف الحمض النووي (DNA)**.

Protein	Function
Helicase 	Unwinds parental double helix at replication forks
Single-strand binding protein	Binds to and stabilizes single-stranded DNA until it is used as a template
Topoisomerase	Relieves overwinding strain ahead of replication forks by breaking, swiveling, and rejoining DNA strands
Primase	Synthesizes an RNA primer at 5′ end of leading strand and at 5′ end of each Okazaki fragment of lagging strand
DNA pol III 	Using parental DNA as a template, synthesizes new DNA strand by adding nucleotides to an RNA primer or a pre-existing DNA strand
DNA pol I	Removes RNA nucleotides of primer from 5′ end and replaces them with DNA nucleotides added to 3′ end of adjacent fragment
DNA ligase	Joins Okazaki fragments of lagging strand; on leading strand, joins 3′ end of DNA that replaces primer to rest of leading strand DNA

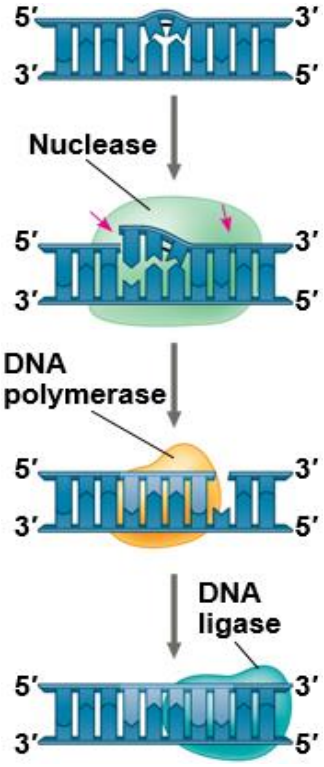
Base – pair mismatch:
Sometimes the **DNA polymerase (III) wrongly adds the nucleotide** with the **wrong base (not-complementary)** with the **template base** resulting in **base – pair mismatch.**
Example:
(**A**) **Must** bind **with** (**T**) but **sometimes** (**G**) **binds** with (**T**) resulting in
base –pair mismatch. (عدم **التوافق** في عملية **الربط**)

حدوث **خطأ في ربط القواعد النيتروجينية** لسلسلة (**DNA**): عند عملية **بناء سلسلة الحمض النووي** من الممكن أن **يخطئ** إنزيم **DNA polymerase (III)** في **عملية البناء يقوم بعض الأحيان بإضافة وحدة بنائية (نيوكلوتيد)** تحتوي القاعدة **النيتروجينية غير المتممة لما** هو **موجود على السلسلة الأصل** (الأم) فمثلا بدل من أن **يربط الوحدة البنائية المحتوية على (A) مقابل (T)** فإنه **يربط الوحدة البنائية المحتوية على (G) وبذلك يصبح مقابل القاعدة النيتروجينية (T) القاعدة النيتروجينية (G) وليست (A)** (أي أنه **بدل** من أن **يرتبط A with T** يحدث **خطأ ويرتبط G with T**) وتسمى **هذه العملية** (خطأ في **ربط القواعد النيتروجينية**).

Proofreading: DNA polymerase (I) proofread newly made **DNA**, **replacing** any **incorrect nucleotides.** In **mismatch repair** of DNA, **repair enzymes** correct **errors** in **base pairing** in a process known as proofreading.

عملية القراءة التأكيدية لسلسلة الحمض النووي المصنعة: يعمل إنزيم **DNA polymerase (I)** على إعادة **القراءة لسلسلة الحمض النووي الجديدة لكي يعمل على تصحيح الأخطاء إن وجدت**. إذا **أكتشف** أن **هنالك خطأ في ربط القواعد النيتروجينية** في **سلسلة الحمض النووي** الجديدة فإنه يتم **تصحيح هذا الخطأ بشكل سريع**.

Repairing DNA:
DNA can be **damaged** by **exposure** to **harmful chemical** or **physical agents** such as **cigarette smoke**, **X-rays and UV – light.** By the process known as **nucleotide excision repair,** three **enzymes carry out** this **repair process**:
1) A **nuclease cuts out** the **damaged** part.
2) A **DNA polymerase replaces damaged stretches** of DNA.
3) The **segment** is **joined by DNA ligase**.



من الممكن أن **يحصل خلل داخل الحمض النووي** عن **طريق التعرض لعوامل كيميائية** أو **فيزيائية** ضارة مثل **دخان السجائر** و**الأشعة السينية** و**الأشعة فوق البنفسجية**. ولتصليح هذا **الخلل** تحدث عملية **تسمى (الإصلاح بالإزالة)** وتتم هذه العملية عن طريق **ثلاثة إنزيمات**:
1- **يتم إزالة الجزء الذي حدث فيه خلل عن طريق إنزيم nuclease**
2- يعمل **إنزيم DNA polymerase** على إعادة **بناء الجزء الصحيح بدل من الجزء الذي تم إزالته**.
3- **يتم ربط الجزء الصحيح مع باقي السلسلة بواسطة إنزيم DNA ligase.**

One **example** of the **damage** caused by **UV – light** is the **formation** of **thymine dimers**.

مثال على **الخلل الذي قد ينتج من الأشعة الفوق البنفسجية** هو أن **ترتبط القاعدة النيتروجينية (الثايمين) بقاعدة نيتروجينية** من (**الثايمين**) التي بجانبها مكونة ما يعرف ب (**خلل ثنائي الثايمين**).

Women Tamim

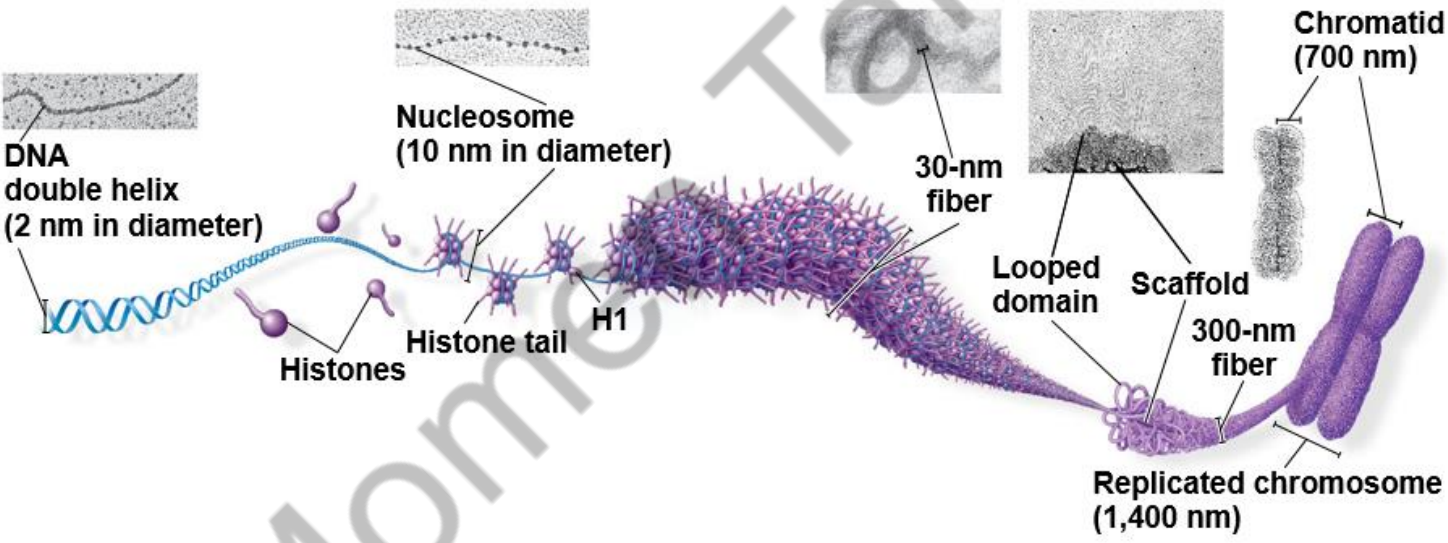
Concept 16.3: A chromosome consists of a DNA molecule packed together with proteins

The **bacterial chromosome is a double-stranded**, **circular DNA** molecule associated with a **small amount of protein**. **Eukaryotic** chromosomes have **linear DNA** molecules associated with a **large amount of protein**. In a **bacterium**, the **DNA** is "**supercoiled**" and **found** in a **region** of the cell called the **nucleoid.**

تتكون الكروموسومات الموجودة داخل البكتيريا من سلسلتين من الحمض النووي DNA (يكون على شكل دائري) و تكون هذه السلسلتين مرتبطة بكمية صغيرة من البروتينات. أما في الكائنات حقيقية النواة فالكروموسوم يتكون من الحمض النووي DNA (على شكل خطي وليس دائري) ومرتبط بكمة كبيرة جدا من البروتينات. في البكتيريا يكون الحمض النووي ملتف بشكل كبير وموجود في منطقة تدعى nucleoid لانها لا تحتوي على نواة.

In the **eukaryotic** cell, **DNA** is precisely **combined** with **proteins** in a complex called **chromatin**
Chromosomes fit into the **nucleus** through an **elaborate**, **multilevel system** of **packing**.
Proteins called **histones** are **responsible** for the **first level of packing in chromatin.**

في الخلايا حقيقية النواة الحمض النووي يرتبط مع البروتينات مشكلا ما يدعى Chromatin لكن لماذا يرتبط الحمض النووي مع البروتينات؟؟ السبب وراء ذلك في أنه الحمض النووي الموجود في الخلايا حقيقية النواة **طويل جدا** لكن لكي يستطيع أن **يتلائم داخل النواة** مع ان **النواة صغيرة** يجب عليه أن **يلتف حول البروتينات** و يرتبط معها **ليقل طوله** (نفس مبدأ الأمعاء في جسم الإنسان) فبالتالي فإنه يحدث عملية **التفاف** و **طي** على عدة مراحل **للحمض النووي ما يجعله يتلائم مع حجمه داخل النواة**. تسمى هذه **البروتينات المسؤولة** عن المرحلة الأولى في عملية **إلتفاف الحمض النووي** بال **Histones**



1) DNA, the double helix:
DNA the **double helix** alone is **2 nm** in diameter. Each **phosphate group** along the backbone contributes a **negative charge** along the **outside** of **each strand**.

1- الحمض النووي (DNA):
طول قطر الحمض النووي (DNA) لوحده يساوي 2 نانومتر وكل مجموعة فوسفات موجودة داخل الهيكل البنائي للحمض النووي تحتوي على إشارة سالبة في تركيبها وتظهر هذه الإشارة السالبة على الحمض النووي من الخارج.

2) Histones:
Proteins called **histones** are responsible for the **first level of DNA packing in chromatin**. More than a **fifth of a histone's amino acids** are **positively charged** (**lysine** or **arginine**) and therefore bind **tightly** to the **negatively charged DNA**. **Four** types of **histones** are **most common in chromatin. (H2A, H2B, H3 and H4)** another type of histone protein called **linker DNA (H1)**

Mome Tarim

2- بروتين ال Histone:
هذا البروتين هو البروتين المسؤول عن المرحلة الأولى من عملية تجميع الحمض النووي و إلتفافه حيث الأغلبية العظمى من الأحماض الأمينية المكونة لهذا البروتين مشحونة بشحنة موجبة مثل الحمض الأميني (lysine and arginine) وبالتالي فإنه يرتبط ارتباطا قويا بالحمض النووي (DNA) المشحون بالشحنة السالبة. هنالك أربعة أنواع من بروتين ال Histone الذي يلتف حولهم الحمض النووي وهم: H2A, H2B, H3, H4 وهنالك بروتين يدعى H1 يسمى بال Histone الرابط (لا يلتف حوله الحمض النووي بل يربط العقدة التي تتكون بالعقدة التي تليها).

3) Nucleosomes, or "beads on a string" (10-nm fiber):
Each "**bead**" is a **nucleosome**, the **basic unit of DNA packing**; the "**string**" between beads is called **linker DNA**. A nucleosome consists of **DNA wound twice** around a **protein core** of **eight histones**, **two** each of the **main histone types**.

3- النيوكليوسوم (يشبه بحبة الخرز التي تكون على خيط رفيع)
يتم تشبيه ال Nucleosome كحبة الخرز والتي تعد الوحدة الأساسية في عملية تجميع الحمض النووي (DNA) والذي يربط حبة الخرز بالتي تليها (الذي يربط ال Nucleosome بال Nucleosome الآخر هو الهستون (H1) الذي تحدثنا عنه) والنيوكليوسوم يتكون من ثمانية جزيئات من بروتين ال Histone يلتف حولهم الحمض النووي (DNA) مرتين وبالتالي فإن قطره يصبح 10 نانومتر بدلا من 2 نانومتر.

4) 30-nm fiber:
The next level of **packing** results from **interactions** between the **histone tails** of one **nucleosome** and the **linker DNA** and **nucleosomes** on **either side**. The **fifth type** of **histone** is **involved** at this **level**. These interactions cause the **extended 10-nm fiber** to **coil** or **fold**, forming a **chromatin** fiber roughly **30 nm in thickness**.

4- مرحلة 30 نانومتر:
في هذه المرحلة من تجميع وإلتفاف الحمض النووي DNA يصبح سمك (قطر) الحمض النووي DNA 30 نانومتر وتتم هذه المرحلة عن طريق حدوث تداخلات بين بروتين ال Histone الموجود داخل ال Nucleosome و النوع الآخر من بروتين ال Histone وهو (H1) الذي يسمى بالهستون الرابط للحمض النووي. وهذه التداخلات تجعل سلسلة الحمض النووي تلتف و تنطوي بشكل أكبر فيصبح سمكه 30 نانومتر بدلا من 10 نانومتر.

5) Looped domains (300-nm fiber):
The 30-nm fiber, in turn, **forms loops** called **looped domains** thus making up a **300-nm fiber.**

5- نطاق الحلقة:
في هذه المرحلة يصبح الحمض النووي على شكل حلقات متراصة مع بعضها البعض و يصبح سمكه 300 نانومتر بدلا من 30 نلنومتر

6) Metaphase chromosome:
In a **mitotic chromosome**, the **looped domains** themselves **coil** and **fold** in a manner not yet fully understood. The **width** of one **chromatid** is **700 nm**.

5- مرحلة الإنقسام للكروموسومات:
في هذه المرحلة يحدث طيات وإلتفاف للحلقات نفسها التي تشكلت في المرحلة السابقة ما يؤدي إلى زيادة سماكة الحمض النووي ليصل إلى 700 نانومتر لل Chromatid الواحد لكن الكروموسوم عبارة عن جزيئين من ال Chromatid فيصل سمك (قطر) الكرموسوم إلى 1400 نانومتر.

Momen Tamimi

Test Questions (Practice exam)
Test Yourself

Q1) The sugar that is in the backbone of DNA is called:
A) Fructose.
B) Deoxy ribulose.
C) Glucose.
D) Deoxy Ribose.

Q2) According to Watson Crick model, the two strands of the DNA double helix are:
A) Parallel.
B) Identical.
C) 3.4 nm apart.
D) Antiparallel.
E) Semiconservative.

Q3) Which of the following is synthesized 3' to 5':
A) The lagging strand.
B) Primers.
C) The leading strand.
D) Okazaki fragments.
E) None of the above.

Q4) Given the template DNA sequence (3') – TACATG – (5'). Which of the following is its complementary strand?
A) (5') – TACATG – (3').
B) (5') – AUGUAC – (3').
C) (3') – AGUAGG – (5').
D) (5') – ATGTAC – (3').

Q5) Okazaki fragments:
A) Are fragments produced by DNA polymerase (1).
B) Are fragments of the template DNA during replication.
C) Are fragments of the discontinuously synthesized DNA strand.
D) Demonstrate that DNA replication is dispersive.

Q6) What is the composition of nucleoside?
A) A sugar + a phosphate.
B) A base + a sugar.
C) A base + a phosphate.
D) A base + a sugar + a phosphate.

Q7) According to Chargaff's rule, in a DNA molecule _____?
A) The amount of adenine and thymine is equal to the amount of guanine and cytosine.
B) The amount of adenine and guanine is equal to the amount of thymine and cytosine.
C) The amount of adenine and uracil is equal to the amount of guanine and cytosine.
D) The amount of adenine and guanine is equal to the amount of uracil and cytosine.

Q8) What kind of chemical bonds is found between paired bases of the DNA double helix?
A) Hydrogen.
B) Ionic.
C) Covalent.
D) Phosphodiester.
E) None of the above.

Women Tamimi

Q9) What is the role of DNA ligase in the elongation of the lagging strand during DNA replication?
A) It synthesizes RNA nucleotides to make a primer.
B) It catalyzes the lengthening of telomeres.
C) It joins Okazaki fragments together.
D) It unwinds the paternal double helix.
Q10) Which of the following can be said to be semiconservative process?
A) Translation.
B) Transcription.
C) Replication.
D) Transduction
E) Transmition.
Q11) Which chemical group is at the 5' end of a single polynucleotide strand?
A) Hydroxyl group.
B) Phosphate group.
C) Nitrogen group.
D) Methyl group.
E) Nitrogen base.
Q12) Cytosine makes up 38% of the nucleotide bases in a sample of DNA, What is the percentage of the thymine in this sample will be?
A) 12.
B) 24.
C) 31.
D) 38.
E) It cannot be determined.
Q13) If adenine paired with guanine and cytosine paired with thymine the shape of DNA molecule would be:
A) Be longer.
B) Be shorter.
C) Be circular.
D) Have irregular widths.
E) Be unwinded.
Q14) DNA replication begins:
A) At the replication fork.
B) At the leading strand.
C) At the origin of replication.
D) At the cytoplasm.
E) At the start codon.
Q15) The enzyme used to separate the double helix into 2 single strands is:
A) Helicase
B) DNA polymerase III
C) Topoisomerase.
D) DNA ligase.
E) None of the above

1- D	2- D	3- B	4- D	5- C	6- A	7- A	8- A	9- C	10- C
11- B	12- A	13- D	14- C	15- A					

Women Tamimi

16 Chapter Review

Go to **MasteringBiology**™ for Videos, Animations, Vocab Self-Quiz, Practice Tests, and more in the Study Area.

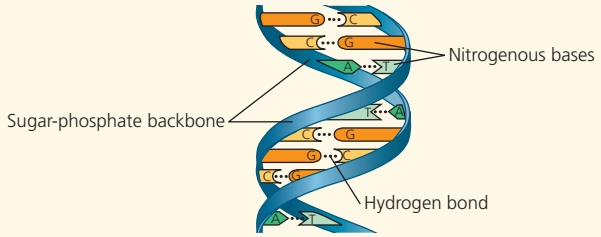
SUMMARY OF KEY CONCEPTS

CONCEPT 16.1

DNA is the genetic material *(pp. 365–370)*

VOCAB SELF-QUIZ goo.gl/Rn5Uax

- Experiments with bacteria and with **phages** provided the first strong evidence that the genetic material is DNA.
- Watson and Crick deduced that DNA is a **double helix** and built a structural model. Two **antiparallel** sugar-phosphate chains wind around the outside of the molecule; the nitrogenous bases project into the interior, where they hydrogen-bond in specific pairs, A with T, G with C.

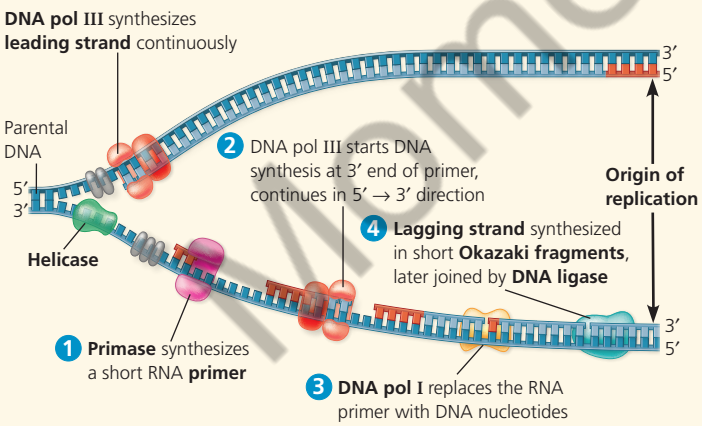


? *What does it mean when we say that the two DNA strands in the double helix are antiparallel? What would an end of the double helix look like if the strands were parallel?*

CONCEPT 16.2

Many proteins work together in DNA replication and repair *(pp. 370–379)*

- The Meselson-Stahl experiment showed that **DNA replication** is **semiconservative**: The parental molecule unwinds, and each strand then serves as a template for the synthesis of a new strand according to base-pairing rules.
- DNA replication at one **replication fork** is summarized here:



- **DNA polymerases** proofread new DNA, replacing incorrect nucleotides. In **mismatch repair**, enzymes correct errors that persist. **Nucleotide excision repair** is a process by which **nucleases** cut out and other enzymes replace damaged stretches of DNA.
- The ends of eukaryotic chromosomal DNA get shorter with each round of replication. The presence of **telomeres**, repetitive sequences at the ends of linear DNA molecules, postpones the erosion of genes. Telomerase catalyzes the lengthening of telomeres in germ cells.

? *Compare DNA replication on the leading and lagging strands, including both similarities and differences.*

CONCEPT 16.3

A chromosome consists of a DNA molecule packed together with proteins *(pp. 380–382)*

- The chromosome of most bacterial species is a circular DNA molecule with some associated proteins, making up the nucleoid. The **chromatin** making up a eukaryotic chromosome is composed of DNA, **histones**, and other proteins. The histones bind to each other and to the DNA to form **nucleosomes**, the most basic units of DNA packing. Histone tails extend outward from each bead-like nucleosome core. Additional coiling and folding lead ultimately to the highly condensed chromatin of the metaphase chromosome.
- Chromosomes occupy restricted areas in the interphase nucleus. In interphase cells, most chromatin is less compacted (**euchromatin**), but some remains highly condensed (**heterochromatin**). Euchromatin, but not heterochromatin, is generally accessible for transcription of genes.

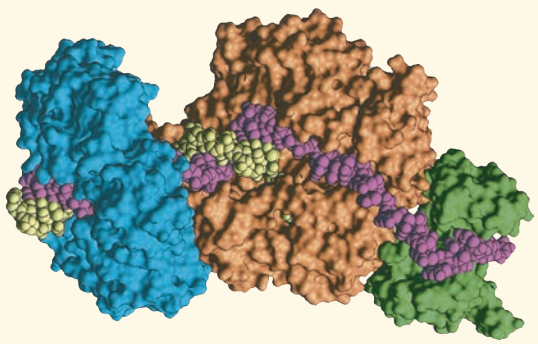
? *Describe the levels of chromatin packing you'd expect to see in an interphase nucleus.*

TEST YOUR UNDERSTANDING

Multiple-choice Self-Quiz questions 1–8 can be found in the Study Area in MasteringBiology.

PRACTICE TEST goo.gl/iAsVgL

9. **MAKE CONNECTIONS** Although the proteins that cause the *E. coli* chromosome to coil are not histones, what property would you expect them to share with histones, given their ability to bind to DNA (see Figure 5.14)?
10. **EVOLUTION CONNECTION** Some bacteria may be able to respond to environmental stress by increasing the rate at which mutations occur during cell division. How might this be accomplished? Might there be an evolutionary advantage to this ability? Explain.
11. **SCIENTIFIC INQUIRY**



DRAW IT Model building can be an important part of the scientific process. The illustration shown above is a computer-generated model of a DNA replication complex. The parental and newly synthesized DNA strands are color-coded differently, as are each of the following three proteins: DNA pol III, the sliding clamp, and single-strand binding protein.

(a) Using what you've learned in this chapter to clarify this model, label each DNA strand and each protein.
(b) Draw an arrow to indicate the overall direction of DNA replication.

Women Tamil

CHAPTER 17

Expression of genes

Expression	تعبير	**Complementary**	متمم	**Termination**	النهاية
Transcription	استنساخ	**Sequence**	تسلسل	**Modify**	تعديل
Translation	ترجمة	**Template**	قالب	**Splicing**	قطع أو فصل
Codons	الكودونات	**Initiation**	البداية	**Transfer**	ينقل
Triplet	ثلاثي	**Elongation**	إطالة	**Binding site**	موقع الإرتباط

Concept 17.1: Genes specify proteins via transcription and translation

Gene expression, the **process** by which **DNA** directs **protein synthesis**, includes **two stages**: **transcription** and **translation.**

عملية التعبير الجيني: هي العملية التي يتم بها تحديد **التركيب البروتيني المصنع في الخلية عن طريق مرحلتين:** 1- مرحلة الإستنساخ 2- مرحلة الترجمة.

Transcription = استنساخ جزيء **DNA لينتج جزيء m-RNA**

Translation = عملية ترجمة المعلومات الموجودة على m-RNA لبناء البروتينات.

Nutritional Mutants in Neurospora: Scientific Inquiry

George **Beadle** and Edward **Tatum** carried out **experiments** on **neurospora** and **showed** that **mutation** in **one gene** results in the **loss of the activity of one enzyme**, therefore they **concluded** the **existence** of the **relationship One gene – One enzyme**. This relation was later **expanded** and **change** to **One gene – One protein**. Recently this relation was **modified** into **One gene – One polypeptide** or **One gene – One RNA**.

أجرى كل من العالمي (جورجي **بيدل** + إدوارد **تاتم**) تجربة على **عفن الخبز وتبين لهم** أنه عندما **تحدث طفرة في جين واحد** يؤدي إلى **حدوث خسارة في نشاط إنزيم واحد** وبذلك **إتضح لهم أنه يوجد علاقة** هي: **(جين واحد – إنزيم واحد)**. تم **التوسع** في هذه العلاقة **مع مرور الوقت** وأصبحت **(جين واحد – بروتين واحد)** وذلك لأن **الإنزيمات تتكون** من **البروتينات**. وحديثا تم **تعديل هذه العلاقة لتصبح**: **(جين واحد – عديد ببتيد واحد)** وذلك لأن **البروتين** يتكون من **وحدات من عديد الببتيد**.

Basic Principles of Transcription and Translation:

RNA is the **bridge between genes** and the **proteins** for which **they code. Transcription** is the **synthesis of RNA** using **information** in **DNA.** Transcription produces **messenger RNA (mRNA).** **Translation** is the synthesis of a **polypeptide**, using **information** in the **mRNA. Ribosomes** are the **sites of translation.**

يعد **جزيء RNA الوسيط** (الجسر) ما بين **الجينات والبروتينات**. إذ أنه في عملية **الإستنساخ يتم صنع جزيء mRNA** من **المعلومات الموجودة في جزيء DNA**. في **عملية الترجمة** يتم **تصنيع عديد الببتيد** (الوحدة المكونة **للبروتين**) بإستخدام **المعلومات الموجودة في جزيء mRNA** وتعد **الرايبوسومات** الموقع الذي **يحصل فيه عملية الترجمة**.

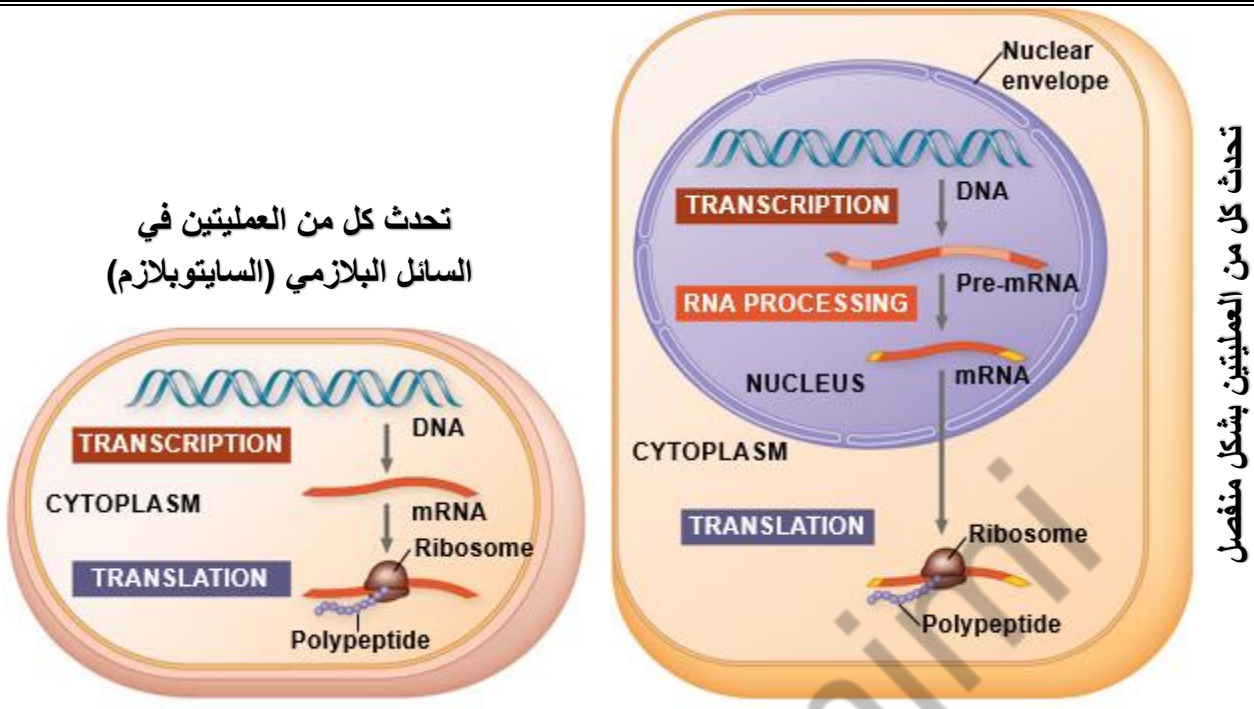
In **prokaryotes**, **translation** of **mRNA** can begin before **transcription** has **finished**

In a **eukaryotic cell**, the **nuclear envelope separates transcription** from **translation**. **Eukaryotic RNA transcripts** are **modified through RNA processing** to **yield** the **finished mRNA**.

في **الخلايا بدائية النواة** تحدث **(عملية الإستنساخ + عملية الترجمة)** في **السايتوبلازم** (السائل البلازمي) لذلك من الممكن أن **تبدأ عملية الترجمة** قبل **الإنتهاء من عملية الإستنساخ)** والسبب في أن **الخلايا بدائية النواة** لا **تحتوي** على **غلاف نووي يفصل** كل من **العمليتين**. أما في **الخلايا حقيقة النواة فإن الغلاف النووي يفصل** بين كل من **هذه العمليتين** (تحدث عملية **الإستنساخ داخل النواة** ثم بعد **الإنتهاء** من هذه **العملية كليا تبدأ عملية الترجمة** في **السايتوسول)**. في **الخلايا حقيقية النواة** يحدث **تعديل** على **جزيء mRNA** في **النواة** قبل **إنتقاله** إلى **السايتوبلازم** لبدء **عملية الترجمة**.

Momen Tamimi

تحدث كل من العمليتين في السائل البلازمي (السايتوبلازم)



(a) Bacterial cell (b) Eukaryotic cell

تحدث كل من العمليتين بشكل منفصل

The **central dogma** is the **concept** that **cells** are **governed** by a **cellular chain** of command: **DNA → RNA → protein. (Central dogma** = **Gene expression).**

التعبير الجيني أو ما يسمى **central dogma** هي **عمليات تبدأ بالجين** مرورا **بتكوين mRNA** وتنتهي **ببناء البروتين.**

The Genetic Code:

There are **20 amino acids** but **there are only four nucleotide bases** in **DNA.**

هنالك **20 نوع من الحمض الأميني** ولكن **يوجد أربع قواعد نيتروجينية** في جزيء **DNA**

Codons: Triplets of Nucleotides: (تعد **الكودونات ثلاثية القواعد النيتروجينية**)

The **flow** of **information** from **gene** to **protein** is **based on** a **triplet code**: a **series** of **non-overlapping**, **three-nucleotide words**. The **words** of a **gene** are **transcribed** into **complementary non-overlapping three-nucleotide** words of **mRNA**. These **words** are **then translated** into a **chain of amino acids**, forming a **polypeptide**.

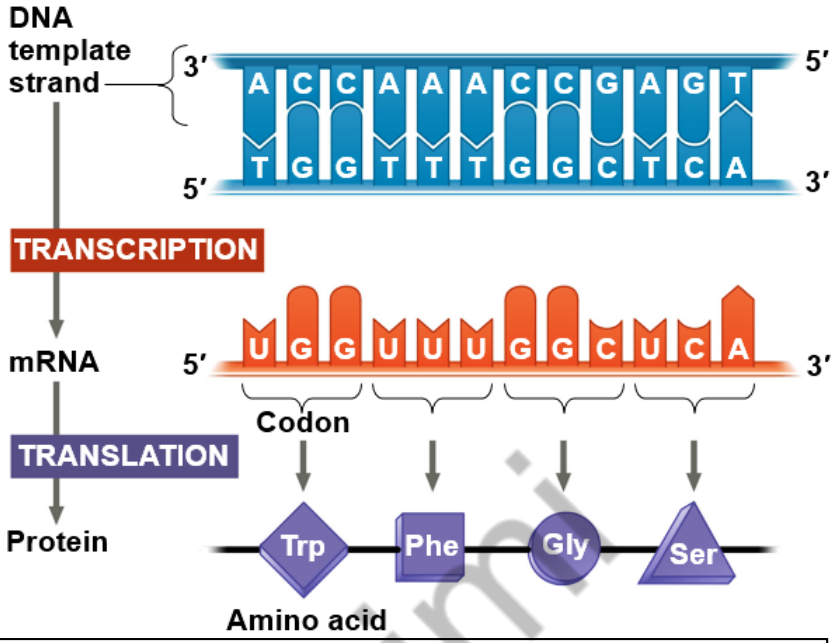
يتم **نقل المعلومات من الجين** إلى **mRNA بشكل كودونات**. حيث **يتكون كل كودون من ثلاثة قواعد نيتروجينية متسلسلة**. ويتم **ترجمة** هذه **كل واحد** من هذه **الكودونات إلى حمض أميني معين** خلال **عملية بناء سلسلة عديد الببتيد**.

One of the **two DNA strands**, the **template strand**, provides a **template** for ordering the **sequence** of **complementary nucleotides** in an **RNA transcript.** During **translation**, the **mRNA base triplets**, called **codons**, are read in the **5′ → 3′ direction.** The **nontemplate strand** is called the **coding strand** because the **nucleotides** of this **strand** are **identical to the codons**, except that **T** is **present** in the **DNA** in place of **U** in the **RNA** Each **codon specifies** the **amino acid** (**one** of **20**) to be **placed** at the **corresponding position** along a **polypeptide.**

تستخدم سلسلة واحدة من سلسلتي الحمض النووي كقالب ليتم **إستنساخ** سلسلة **mRNA** منها. تكون هذه **السلسلة مكملة لسلسلة الحمض النووي** التي **إستخدمت لعملية الإستنساخ**. والفرق بين **سلسلة الحمض النووي وسلسلة mRNA** أن في **سلسلة mRNA** تستبدل **القاعدة النيتروجينية (T)** بالقاعدة النيتروجينية **(U)**. في **عملية الترجمة لسلسلة mRNA** يتم قراءة الكودونات على السلسلة بإتجاه **3′ → 5′** بما أننا **إستخدمنا سلسلة واحدة** من **الحمض النووي لإستنساخ سلسلة من mRNA فإن السلسلة الغير مستخدمة تسمى** non-coding strand. يتم **ترجمة** المعلومات **(الكودونات)** التي **تحملها سلسلة mRNA** إلى **حموض أمينية** (كل **كودون يترجم** إلى **حمض أميني واحد ومجموعة الحموض الأمينة الناتجة ترتبط مع بعضها البعض مشكلة سلسلة عديد الببتيد**.

Momen Tamimi

We have 64 Codons:
61 code for **amino acids** and **3 triplets** are (**stop codons**) that **stop signals** to **end translation.** The **genetic code** is **redundant** (**more than one codon** may **specify** a **particular amino acid**) but **not ambiguous**; no **codon specifies** more than **one amino acid**. Codons **must** be **read** in the correct **reading frame** (correct groupings) in **order for the specified polypeptide** to be **produced.**
Stop codons: (**UAA** + **UAG** + **UGA**)



بشكل عام **يوجد لدينا 64 كودون**: **61** من هذه **الكودونات تترجم** إلى **حموض أمينية** في عملية **الترجمة** / لكن **هنالك ثلاثة من هذه الكودونات** تعد **كودونات وقف** (لا **تترجم إلى حموض أمينية**) اذا **ظهرت** في **سلسلة mRNA** فإنها **توقف عملية الترجمة**. **معلومة مهمة**: **من الممكن لأكثر من كودون أن يترجموا إلى حمض أميني واحد** لكن لا يمكن **للكودون الواحد أن يترجم** إلى **عدة أحماض أمينية**)

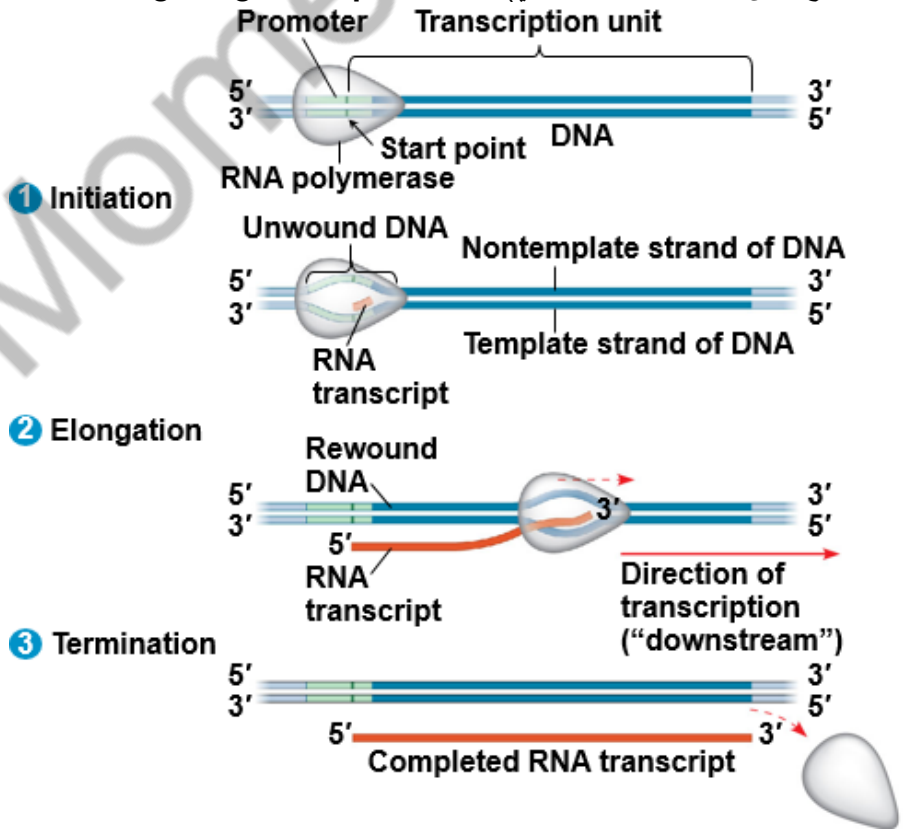
Example:
CUU / CUC/CUA / CUG } **Leu**

كما نشاهد في هذا **المثال** أن **يمكن لأكثر من كودون ترجمة حمض أميني واحد** لكن لا يمكن **للكودون الواحد أن يترجم لأكثر من حمض أميني** (كما نشاهد في **المثال** هنالك **4 كودونات تترجم نفس الحمض الأميني**)

The **genetic code** is **nearly universal**, shared by the **simplest bacteria** and the most **complex animals.** (تعد **الشيفرة الوراثية عالمية تقريبًا** ، تشترك فيها **أبسط البكتيريا** والحيوانات **المعقدة**)

Concept 17.2: Transcription is the DNA-directed synthesis of RNA

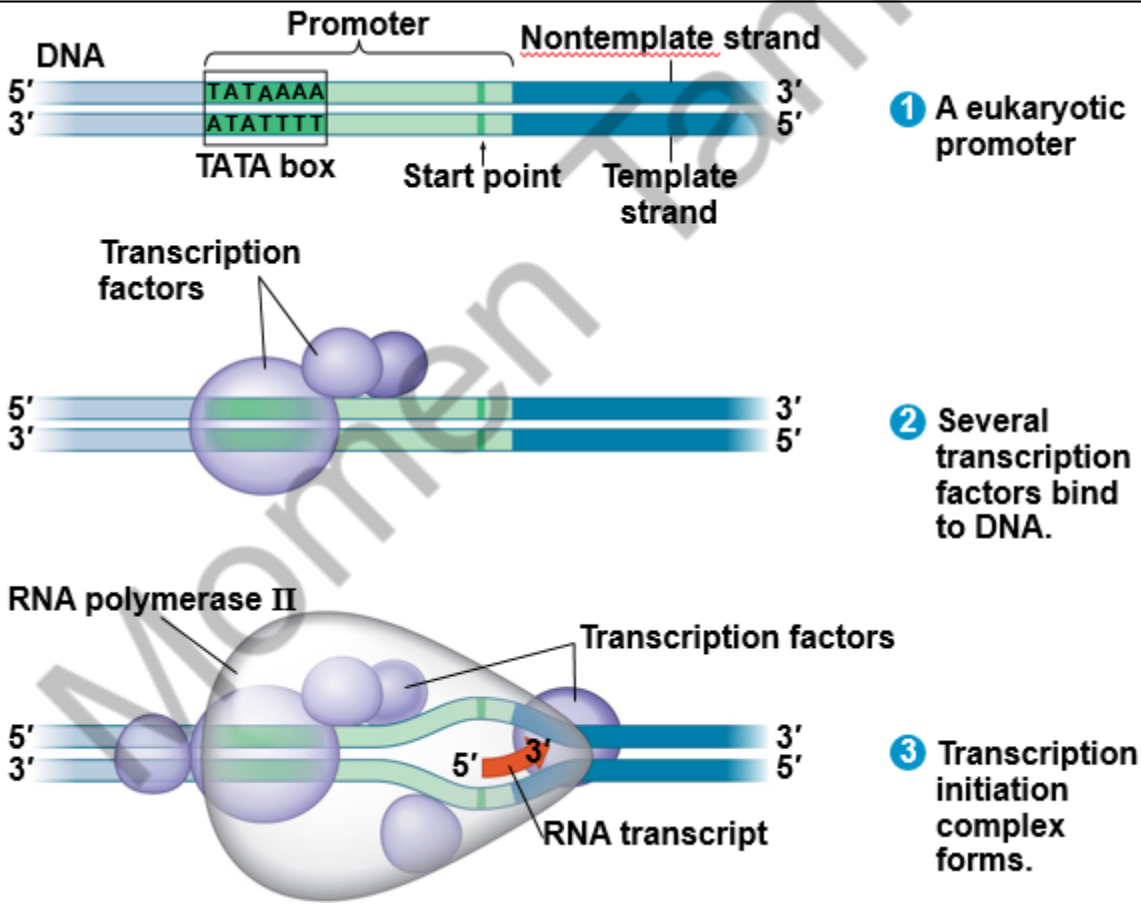
Transcription is the **first stage** of **gene expression**. (تعد عملية **الإستنساخ اولى عمليات التعبير الجيني**)



Momen Tamimi

There are **three stages** of **transcription**:
1) **Initiation /** 2) **Elongation /** 3) **Termination.**
1) RNA polymerase attaches a **DNA sequence** called **promoter**. **RNA synthesis** is catalyzed by **RNA polymerase**, which **pries** the **DNA strands apart** and **joins together** the **RNA nucleotides.** The **RNA** is **complementary** to the **DNA template strand.**
2) The **RNA strand** is **elongated** in **5′ → 3′ direction.**
3) After the **RNA strand** is **completed RNA polymerase leaves** the **DNA strand**.
Note: RNA polymerase does not need any primer.

هنالك **ثلاثة مراحل لعملية الإستنساخ**: 1- **مرحلة البداية** / 2- **مرحلة الإستطالة** / 3- **مرحلة النهاية**.
1- **يرتبط إنزيم RNA polymerase** على **سلسلة الحمض النووي** عن طريق **تسلسل معين من النيوكليوتيدات** يدعى **promoter** ويعمل **إنزيم RNA polymerase** على **بناء سلسلة RNA** فهو **يفصل سلسلتي الحمض النووي** عن **بعضها البعض** و**يبدأ في بناء (إستنساخ) سلسلة RNA مكملة لسلسلة الحمض النووي** التي **تم إستخدامها للإستنساخ**.
2- تحدث **إستطالة لسلسلة RNA بإتجاه 5′ → 3′**.
3- بعدما **تنتهي العملية وتكتمل سلسلة RNA يغادر إنزيم RNA polymerase** سلسلة **الحمض النووي المرتبط بها**. (هذا في حالة الخلايا **بدائية النواة**) وهنالك **إختلافات** في عملية **الإستنساخ** في **الخلايا حقيقية** النواة (تكون **معقدة أكثر**). ملاحظة: لا يحتاج إنزيم **RNA polymerase** أي **primer** (تذكر أنه **يستخدم** ال **primer** في عملية **تضاعف الحمض النووي** والذ **يحتاجه** إنزيم **DNA polymerase**.



Transcription in Eukaryotes is different from prokaryotes. **TATA box** is a **sequence** of **DNA found** in the **core promoter region,** and it is the **binding site** for the **transcription factors. Transcription factors mediate** the **binding** of **RNA polymerase** (**II**) and the **initiation** of **transcription.** The **completed assembly** of **transcription factors** and **RNA polymerase II** bound to a **promoter** is called a **transcription initiation complex.**
Transcription factors + **RNA polymerase** (**II**) + **Promoter** = **Transcription initiation complex**

Momen Tamimi

تختلف عملية الإستنساخ في الخلايا **حقيقية النواة** عن الخلايا **بدائية النواة** إذ أنها تحتوي على مكونات جديدة غير موجودة في الخلايا بدائية النواة. يوجد **تسلسل معين داخل promoter يسمى TATA box** ويعد هذا **التسلسل مهم جدا** لأنه **يشكل منطقة إرتباط لبعض العوامل المهمة للنسخ.** تساعد **عوامل النسخ إنزيم RNA polymerase II** على الإرتباط **بالتسلسل** حيث تبدأ **عملية فصل سلسلتي الحمض النووي**. وعندما **يجتمع كل من إنزيم (RNA polymerase II + عوامل النسخ) ويرتبطوا** بال **promoter** فإنه يتشكل **تركيب** يدعى **بمعقد النسخ البدائي.**

Elongation of the RNA Strand in eukaryotes:

As **RNA polymerase** moves **along** the **DNA**, it **untwists** the **double helix**, **10 to 20 bases** at a **time.** Transcription **progresses** at a rate of **40 nucleotides per second** in **eukaryotes. Nucleotides** are **added 5′ → 3′ direction of the growing RNA molecule.**

عملية **الإطالة** في الخلايا **حقيقية النواة**: يعمل **إنزيم RNA polymerase II** على **فصل سلسلتي الحمض النووي** (يفصل من **10 – 20 قاعدة** كل **مرة**). في الخلايا حقيقية النواة يتم **إستنساخ 40 نيوكليوتيد** في **الثانية** وتضاف هذه **النيوكليوتيدات** بإتجاه **3′ → 5′ لسلسلة** التي يتم **إستنساخها.**

Termination of Transcription:

The **mechanisms** of **termination** are **different** in **bacteria** and **eukaryotes**. In **bacteria**, the **polymerase** stops **transcription** at the end of the **terminator** and the **mRNA** can be **translated without further modification.** In **Eukaryotes** we have a **termination signal** called **Polyadenylation** signal (**AAUAAA**) that **ends** the **transcription process**. The **RNA polymerase (II)** is **released 10–35 nucleotides past** this **polyadenylation sequence.**

مرحلة **النهاية** في **الخلايا حقيقية النواة**: تختلف **المرحلة النهائية** لعملية **الإستنساخ** في كل من **الخلايا حقيقية النواة والخلايا بدائية النواة**. كما تحدثنا في **الخلايا بدائية النواة** (مثل: **البكتيريا**) فإن **إنزيم RNA polymerase يغادر سلسلة الحمض النووي** عندما ينتهي من **بناء سلسلة** وتتم **ترجمة السلسلة** من غير **إجراء أي تعديل عليها.** أما في **الخلايا حقيقة النواة لا يغادر إنزيم RNA polymerase II** سلسلة **الحمض النووي لوحده** بل **لكي يغادر** لابد من وجود **تسلسل معين يوقفه عند إكتمال عملية الإستنساخ**. ويدعى هذا **التسلسل** ب **polyadenylation** حيث **يتكون** من مجموعة من **القواعد النيتروجينية** يتوقف **عمل الإنزيم عندما تعطيه الإشارة والتسلسل** هو **AAUAAA** وبعدها **يتوقف الإنزيم ويغادر سلسلة الحمض النووي**. معلومة: يوجد في التسلسل القاعدة النيتروجينية (U) وليست (T) وذلك لأننا نتكلم عن **سلسلة mRNA وليست سلسلة حمض نووي DNA**.

Concept 17.3: Eukaryotic cells modify RNA after transcription

Enzymes in the **eukaryotic nucleus** modify **pre-mRNA** (**RNA processing**) before the **genetic messages** are dispatched to the **cytoplasm**. During **RNA processing**, both **ends** of the **primary transcript** are **altered**. Also, in most cases, **certain interior sections** of the molecule are **cut out** and the **remaining parts spliced together**.

في **الخلايا حقيقية النواة** تكون **سلسلة mRNA** الناتجة من **عملية الإستنساخ غير جاهزة للخروج** إلى **السايتوبلازم** ليتم ترجمتها. وبالتالي **تحدث عملية معالجة لسلسلة mRNA داخل النواة** وذلك **ليصبح جاهز لعملية الترجمة**. تتم في عملية **المعالجة** إجراء **بعض التعديلات على سلسلة mRNA** (عن طريق **قطع وقص بعض الأجزاء الغير مفيدة لعملية الترجمة**) وبعد ذلك يتم **جمع ما تبقى من الأجزاء المفيدة فتنتج سلسلة mRNA المعدلة.**

Alteration of mRNA Ends:

Each **end** of a **pre-mRNA** molecule is **modified** in a **particular way:**

1) The **5′ end receives** a **modified nucleotide 5′ cap**

2) The **3′ end gets** a **poly-A tail. (50 – 250) nucleotide of Adenine**

These **modifications** share several **functions:**

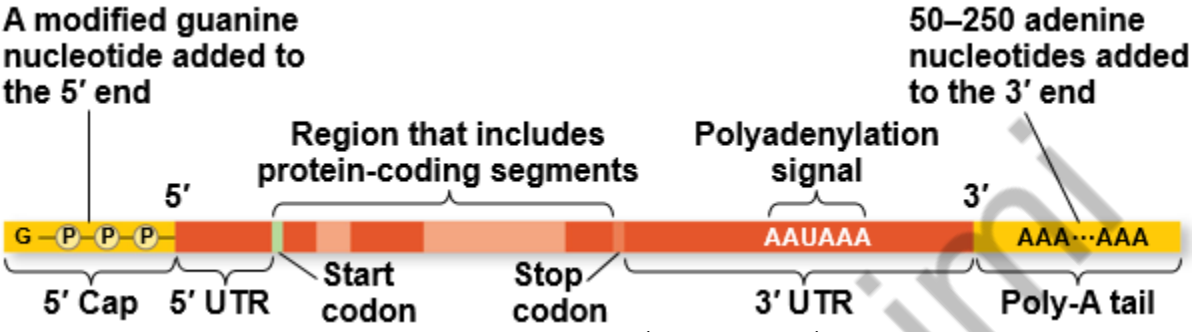
1) They **seem** to **facilitate** the **export** of **mRNA** to the **cytoplasm.**

2) They **protect mRNA** from **hydrolytic enzymes.**

3) They **help ribosomes** attach to the **5′ end.**

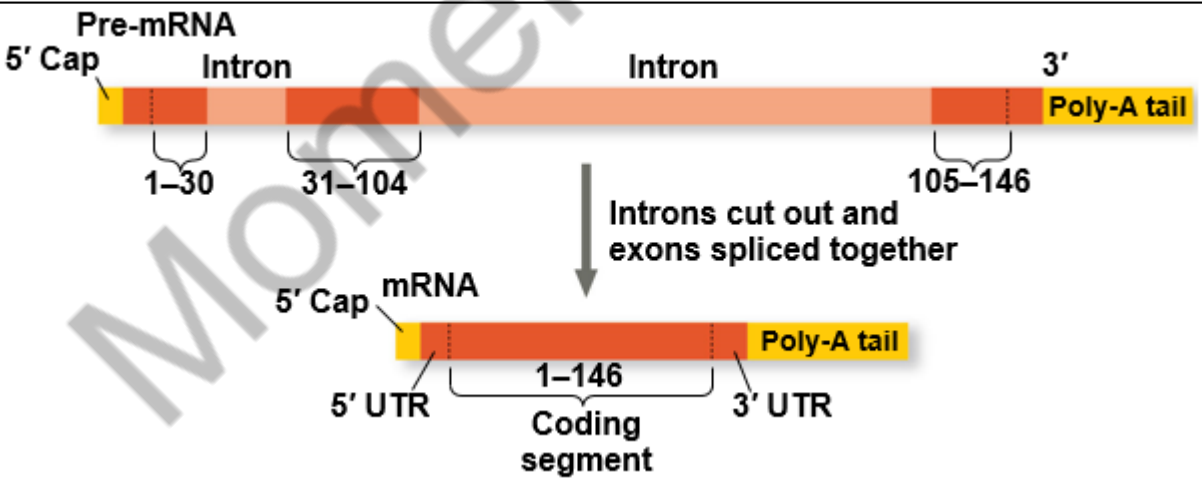
Momen Tarmimi

يحدث **تعديل** على كل **نهاية لسلسلة mRNA الأولية** على **النحو الآتي**:
1- يتم **إضافة نيوكليوتيد معدل** من **الجوانين** إلى **نهاية سلسلة mRNA** من **جهة (5′)**.
2- يتم **إضافة سلسلة طويلة** من **نيوكليوتيدات** من **نوع الأدنين (50 – 250 نيوكلوتيد)** إلى جهة **(5′)**.
هذه **الإضافات والتعديلات تشترك في وظائف مهمة وهي**:
1- **تسهل عملية نقل سلسلة mRNA** إلى **السايتوبلازم** (السائل البلازمي).
2- **تحمي سلسلة mRNA** من **الإنزيمات الهاضمة** التي من **الممكن أن تقضي عليها**.
3- **تساعد سلسلة mRNA** على **الإرتباط بالرايبوسومات** من **جهة (5′)** لبدء عملية **الترجمة**.



Split Genes and RNA Splicing: (عملية قطع أو إزالة بعض الأجزاء الغير مفيدة في السلسلة)
Most **eukaryotic genes** and their **RNA transcripts** have long **noncoding stretches** of **nucleotides** that lie between **coding regions**. These **noncoding regions** are **called introns**. The **other regions** are called **exons** because they are **eventually expressed**, usually **translated** into **amino acid sequences**. **RNA splicing removes introns** and **joins exons**, **creating** an **mRNA** molecule with a **continuous coding sequence.**

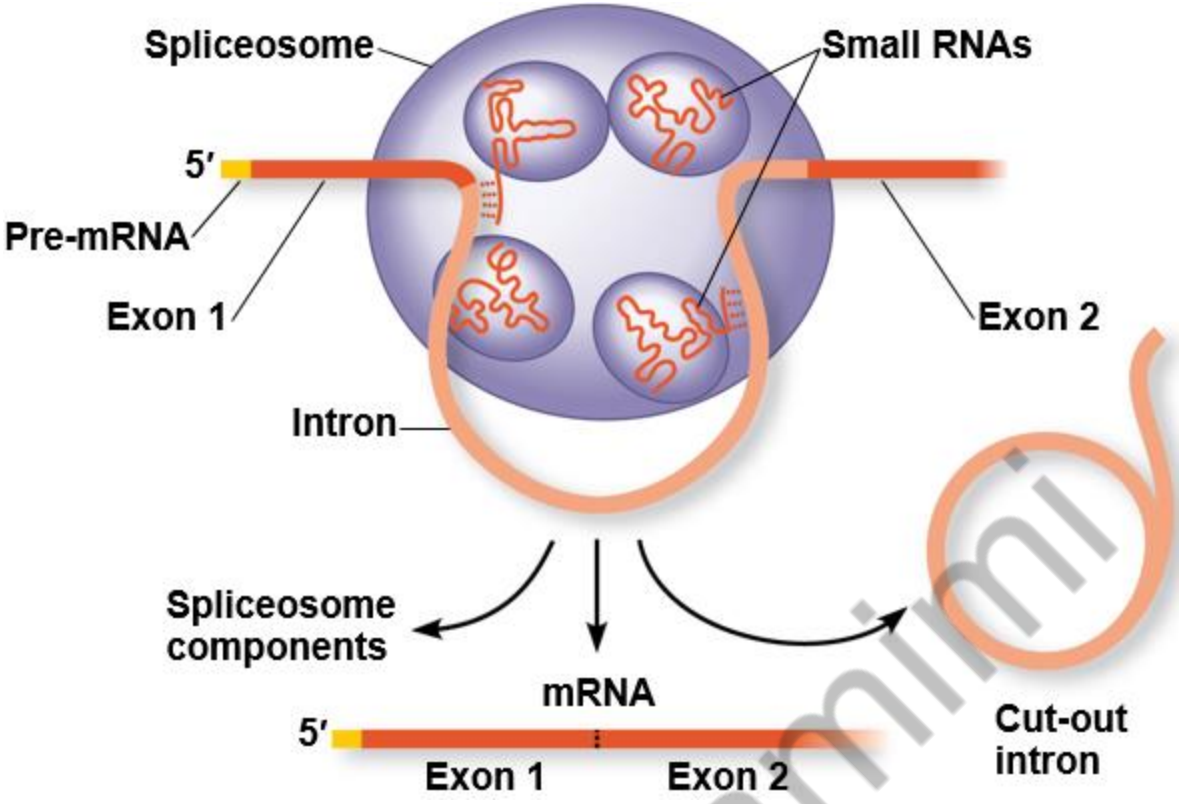
في **معظم** الخلايا **حقيقية النواة** تكون هنالك **مناطق في الجينات** ومناطق في **سلسلة mRNA** تسمى **بالمناطق الغير مترجمة** (في كل **سلسلة يوجد مناطق تترجم للحموض الأمينية** ومناطق **لا تترجم لحموض أمينية**) ولكي تصبح **سلسلة mRNA معدلة وجاهزة للترجمة** يجب أن يتم **قطع هذه الأجزاء** (المناطق التي **لا تترجم**) وجمع ما **تبقى من السلسلة** مع **بعضها البعض** فيتكون لدينا **سلسلة معدلة وجاهزة لعملية الترجمة**.
تسمى **المناطق التي لا تترجم** (**introns**) **و تسمى المناطق** التي **تترجم** (**exons**) فيتم **إزالة وقطع** (**introns**).



In **some cases**, **RNA splicing** is carried out by **spliceosomes. Spliceosomes** consist of a **variety of proteins** and several **small RNAs** that **recognize** the **splice sites.** The **RNAs** of the **spliceosome** also **catalyze** the **splicing reaction.**

في **بعض الحالات تتم عملية القطع** (**إزالة**) **للمناطق** التي **لا تترجم في سلسلة mRNA** عن **طريق معقد يحتوي بداخله** على **مجموعة** من **البروتينات** والعديد من **جزيئات** (**RNA**) **يدعى** (**spliceosome**). وتعمل **جزيئات RNA داخل المعقد على تحديد المواقع** التي يتم فيها **قطع** (**إزالة**) **المنطقة** التي لا **تترجم** فيأتي هذا **المعقد** إلى هذه **المناطق ويقطعها**.

Momen Tarimi



Ribozymes:

Ribozymes are **catalytic RNA** molecules that **function** as **enzymes** and **can splice RNA.**

الرايبوزايم: هو **إنزيم لكنه يتكون** من **RNA** وليس من **بروتين.** تعمل هذه **الإنزيمات (الرايبوزايم)** على **قطع المناطق** التي لا **تترجم في السلسلة**

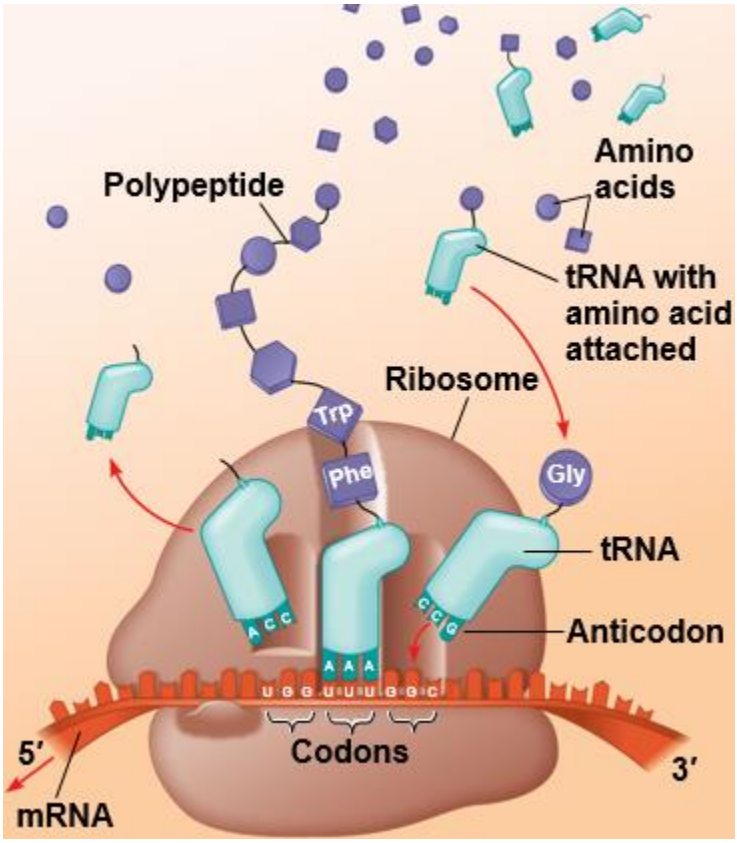
Concept 17.4: Translation is the RNA-directed synthesis of a polypeptide

Genetic information flows from **mRNA** to **protein** through **the process** of **translation**. A cell **translates** an **mRNA message** into **protein** with the **help** of **transfer RNA** (tRNA). **tRNAs** transfer **amino acids** to the **growing polypeptide** in a **ribosome**. **tRNA** = transfer RNA.

يتم **ترجمة المعلومات الجينية من سلسلة mRNA** إلى **حموض أمينية** (مكونة **البروتينات**). تقوم الخلية **بترجمة المعلومات (الكودونات)** المحمولة على **سلسلة mRNA بمساعدة جزيئات tRNA تنقل جزيئات tRNA الحموض الأمينة** إلى **الرايبوسومات** ليتم **بناء عديد الببتيد**.

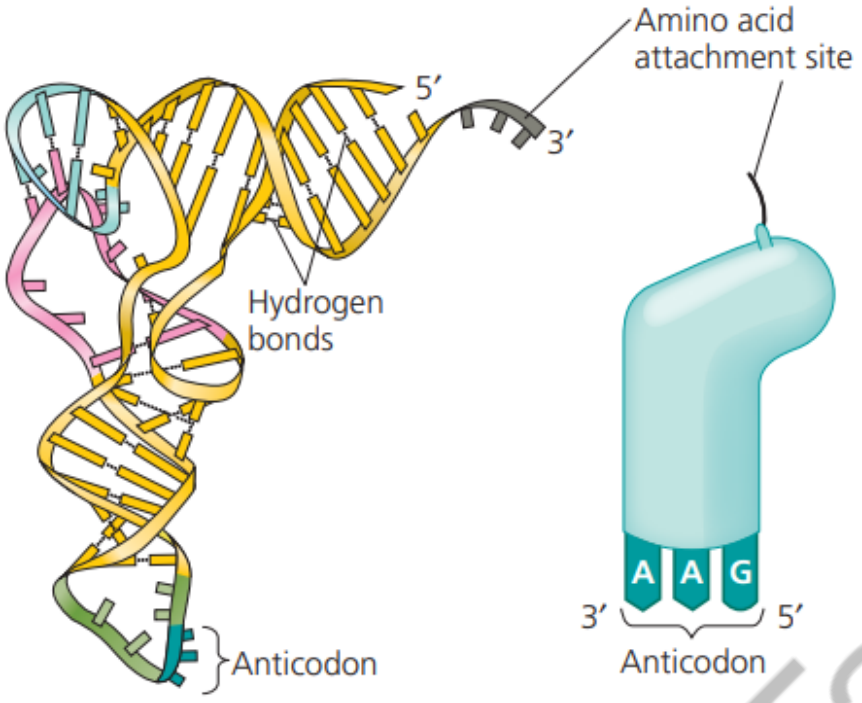
The Structure and Function of Transfer RNA:

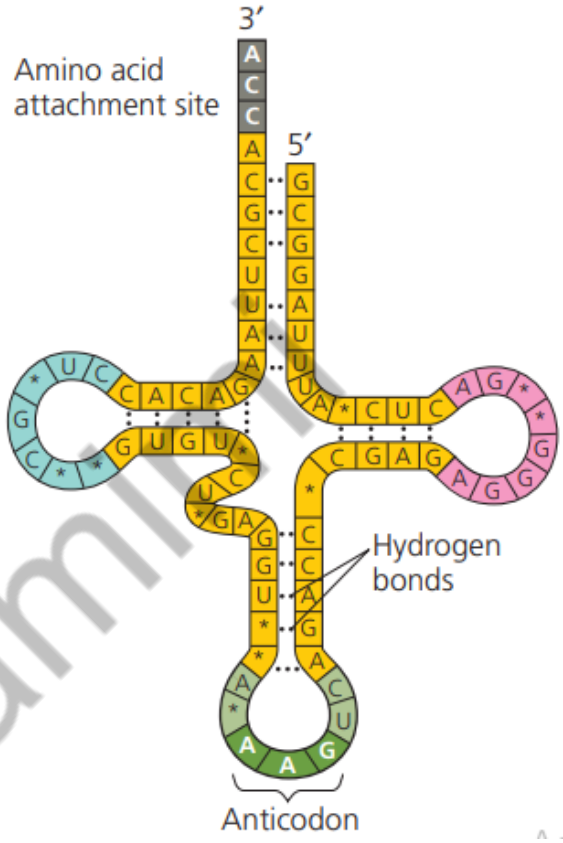
Each **tRNA** molecule enables translation of a **given mRNA codon** into certain **amino acid**. Each carries a **specific amino acid** on one end. Each has an **anticodon** on the other end. The **anticodon** base-pairs with a **complementary codon.**



Mohsen Tamimi

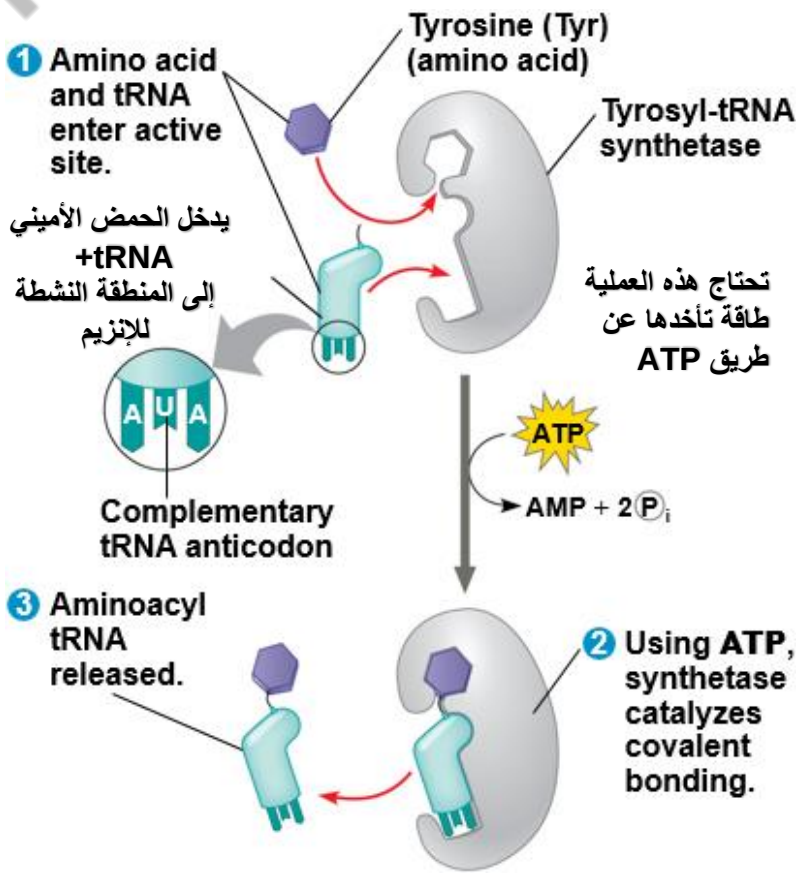
سنتحدث عن **شكل ووظيفة** جزيء **tRNA** يعمل **كل جزيء** من **tRNA** على **نقل حمض أميني واحد الناتج من عملية الترجمة للكودونات**.
يتكون **جزيء tRNA** من **سلسلة واحدة** يوجد لهذه السلسلة **نهايتين** (يحمل **الحمض الأميني** على **نهاية** و**النهاية الأخرى** تحتوي على **تسلسل من القواعد النيتروجينية** تسمى **(كودون الضد)**.





Accurate translation requires **two steps**:
First: a **correct match between** a **tRNA** and an **amino acid**, done by the **enzyme aminoacyl-tRNA synthetase**.
Second: a correct **match** between the **tRNA anticodon** and an **mRNA codon**. **Flexible pairing** at the **third base** of a **codon** is called **wobble** and allows some **tRNAs** to **bind to more than one codon.**

لكي تتم عملية الترجمة بشكل دقيق فإنها تحتاج إلى خطوتين هما:
1- أولا: **الإجتماع الصحيح بين الحمض الأميني المحمول على جزيء tRNA** والذي **يتم عن طريق إنزيم aminoacyl-tRNA synthetase**
2- ثانيا: **الإرتباط الصحيح** بين **الكودون المحمول** على **mRNA** وكودون **الضد المتمم له المتواجد** على **جزيء tRNA** ويمكن أن **يحصل إرتباط مرن** ما بين **الكودون** و**كودون الضد** من خلال **ظاهرة** تسمى **(wobble)** حيث يمكن أن **ترتبط عدد من كودونات الضد** (أكثر من **واحد**) مع **الكودون المتواجد** على **mRNA**.



Women Tamimi

The Structure and Function of Ribosomes:

Ribosomes facilitate **specific coupling** of **tRNA anticodons** with **mRNA codons** in **protein** synthesis**.** The **two ribosomal** subunits (**large** and **small**) are made of **proteins** and **ribosomal RNA (rRNA). Bacterial** and **eukaryotic ribosomes** are **somewhat** similar but have **significant differences.**

والآن سوف نتحدث عن تركيب ووظيفة الرايبوسومات:

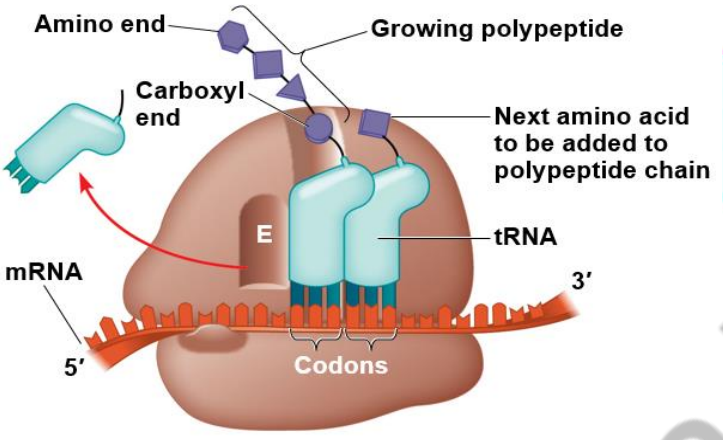
تسهل **الرايبوسومات** عملية إ**رتباط كودونات** الضد في **جزيء tRNA** مع **الكودونات الموجودة** على سلسلة **mRNA** في **عملية الترجمة لصنع البروتينات**. يتكون **الرايبوسوم** من **وحدتين (جزئين) وحدة كبيرة** مع **وحدة صغيرة** (تتكون هذه **الوحدات** من **بروتينات + rRNA**). تتشابه **الرايبوسومات** في **الخلايا حقيقة النواة** و**الخلايا بدائية** مع **وجود بعض الفروقات البسيطة**.

A **ribosome** has **three binding sites**:

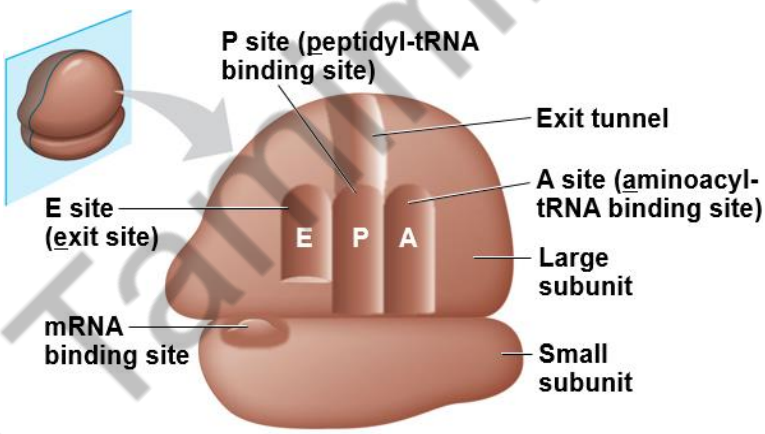
1) The **P site holds** the **tRNA** that **carries** the **growing polypeptide chain**.

2) The **A site** holds the **tRNA** that **carries** the **next amino acid** to be **added** to the chain.

3) The **E site** is the **exit site**, where discharged **tRNAs leave** the **ribosome.**



(c) Schematic model with mRNA and tRNA



(b) Schematic model showing binding sites

يحتوي **الرايبوسوم على ثلاثة مواقع للإرتباط**:

1- (**P site**): **يرتبط في هذا الموقع جزيء tRNA** الذي يحمل **سلسلة عديد الببتيد النامية**.

2- (**A site**): **يرتبط** في هذا **الموقع جزيء tRNA** الذي **يحمل الحمض الأميني القادم** لإضافته إلى **سلسلة عديد الببتيد الموجود** في **P site**.

3- (**E site**): **منطقة (موقع) خروج جزيء tRNA** الذي لا **يحمل حمض أميني عليه (يكون الفارغ)**.

Building a Polypeptide: (تكوين عديد الببتيد)

The **three stages** of **translation**:

1- Initiation / 2- Elongation / 3- Termination

All **three stages** require **protein** "**factors**" that **aid in the translation process Energy** is **required** for **some steps.**

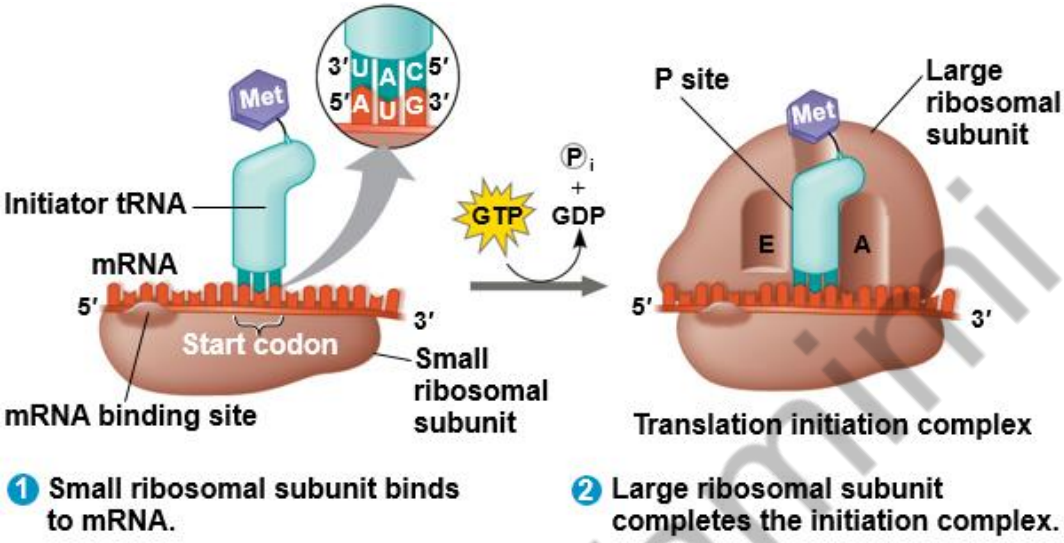
هنالك **ثلاثة مراحل لعملية الترجمة**: 1- **مرحلة البداية** / 2- **مرحلة الإستطالة** / 3- **مرحلة النهاية** (نفس **المراحل في عملية الإستنساخ**).

Ribosome Association and Initiation of Translation:

The **start codon** (**AUG**) **signals** the **start of translation.** First, a **small ribosomal subunit binds** with **mRNA** and a **special initiator tRNA.** Then the **small subunit moves** along the **mRNA** until it **reaches** the **start codon**. **Proteins** called **initiation factors bring** in the **large subunit** that **completes** the **translation initiation complex.**

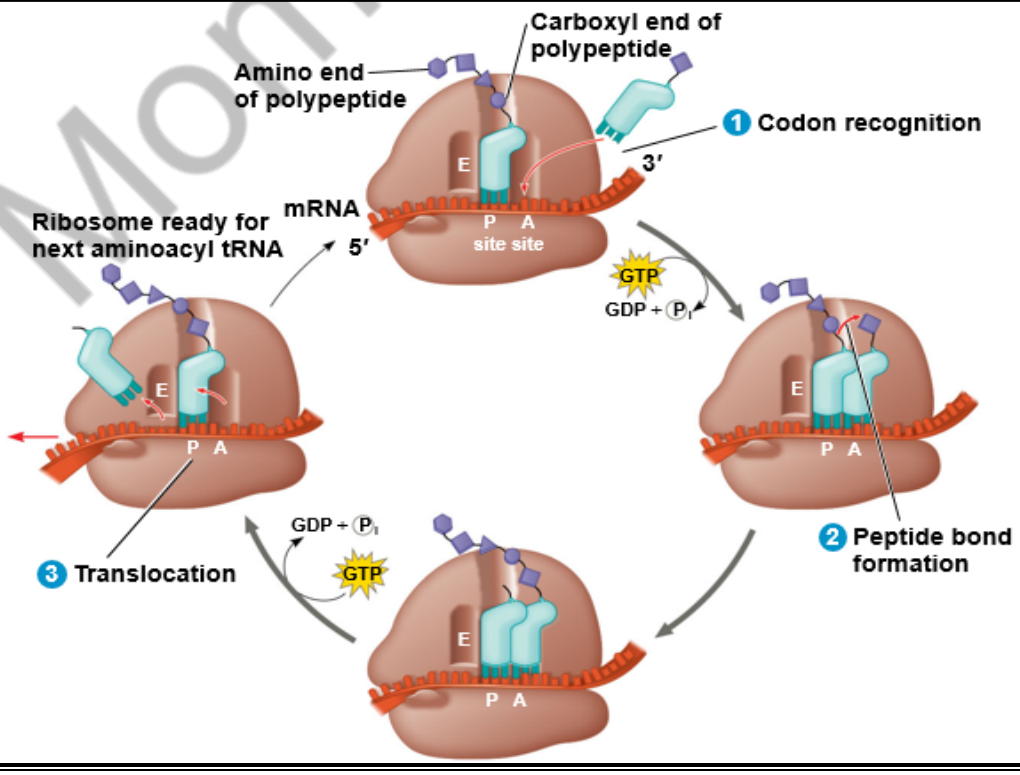
Women Tajmi

تتجمع جزيئات (مكونات) الرايبوسوم لبدء عملية الترجمة: تبدأ **عملية الترجمة** من خلال **كودون البدء (AUG)** الموجود على **سلسلة mRNA** لكي **تحدث** عملية **الترجمة** يجب أن **تتجمع مكونات الرايبوسوم** مع **بعضها البعض**. في **بداية هذه العملية** ترتبط **سلسلة mRNA** في **منطقة معينة** على **الوحدة الصغيرة للرايبوسوم** محفزة بذلك **جزيء tRNA** إلى **القدوم إليها**. يرتبط **كودون الضد الموجود** على **جزيء tRNA بكودون** البدء **(AUG)** الموجود على **سلسلة mRNA**. ولكي **يكتمل الرايبوسوم** تعمل **بعض البروتينات** التي تسمى **(عوامل البدء)** على إحضار **الوحدة الكبيرة من الرايبوسوم** وتربطها بالوحدة **الصغيرة** مشكلة بذلك **(معقد البدء للترجمة)**. يتم **إستخدام مركب GTP كمصدر للطاقة لهذه الخطوة**.



Elongation of the Polypeptide Chain: (مرحلة **الإطالة لسلسلة عديد الببتيد المتكونة**)
During **elongation**, **amino acids** are **added one by one** to the **C-terminus** of the **growing chain**. Each **addition** involves **proteins** called **elongation factors**.
Elongation occurs in **three steps**: 1) **Codon recognition** / 2) **Peptide bond formation** 3) **Translocation**. **Energy expenditure occurs** in the **first** and **third steps.**

خلال مرحلة **الإستطالة** يتم **إضافة الأحماض الأمينية الجديدة** واحدة تلو **الأخرى** إلى **النهاية الكربونية** لسلسلة **عديد الببتيد المتكونة**. وتحتاج هذه **المرحلة** إلى **مجموعة** من **البروتينات** التي **تسمى (عوامل الإستطالة)**. ونظرا **لتكرار** هذه **العملية** فإنها تسمى **بدورة الإستطالة**. تتم **دورة الإستطالة من خلال ثلاثة مراحل**: 1- **التعرف** على **الكودون المتواجد** في **(A site)** / 2- **تكوين الرابطة الببتيدية** / 3- **تبديل مواقع الكودونات**



Moment Tamimi

1) Codon recognition: This step **involves binding** of the **anticodon** of the **tRNA complementary** to the **codon** at the **A site**. This process requires **GTP**.

1- **مرحلة التعرف على الكودون**: في هذه **المرحلة يرتبط كودون الضد الموجود على tRNA** مع **الكودون المتمم** له **والمتواجد** في **A site** وتحتاج هذه **المرحلة** إلى **طاقة** التي **تستمد من مركب GTP.**

2) Peptide bond formation: A ribozyme in the large subunit joins the **amino acid carried** by the **tRNA** to the **C-end** of the **growing polypeptide** by **forming peptide bond**.

2- **تشكل الرابطة الببتيدية**: يقوم **الرايبوزايم المتواجد في الوحدة الكبيرة للريبوسومات** بربط **الحامض الأميني المحمول** على **tRNA** إلى **النهاية الكربونية لسلسلة عديد الببتيد النامية** من خلال **رابطة ببتيدية**.

3) Translocation: The **ribosome moves a distance of one codon** toward the **3' end** of the **mRNA**. As a **result** the **tRNA holding the growing polypeptide** will **move** from the **A site to the P site** and the vacant **tRNA** moves to the **E site leaving** the **A site** with a **new codon**. This **process requires GTP**.

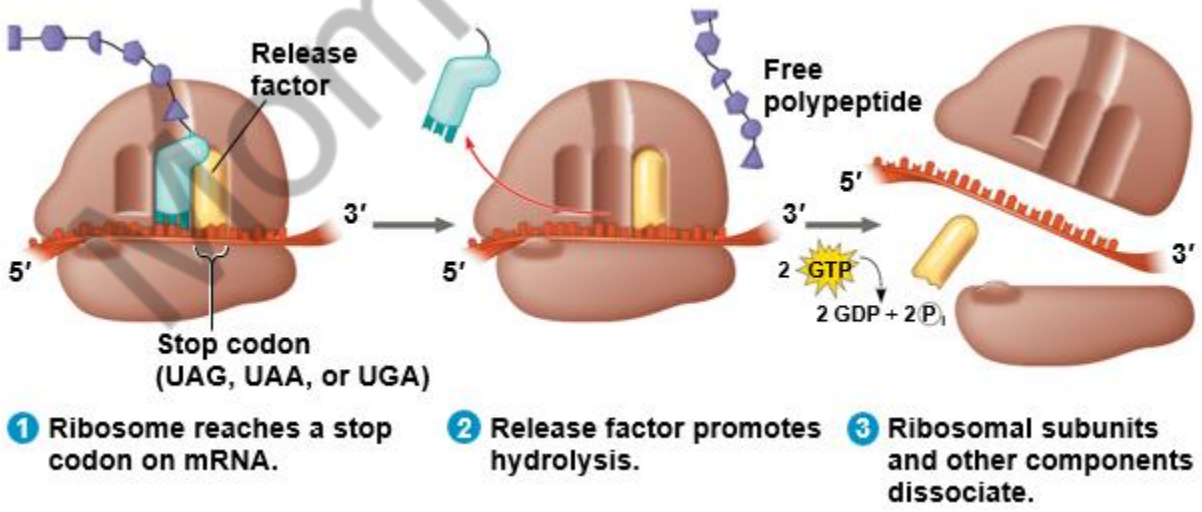
3- **مرحلة تبديل المواقع**: يتحرك **الرايبوسوم مسافة كودون** واحد **بإتجاه نهاية "3"** إلى ال **mRNA فينتقل** ال **tRNA** الحامل **لسلسلة عديد الببتيد النامية** من (**A site**) إلى (**P site**). **وينتقل** ال **tRNA الفارغ** إلى (**E site**). بينما **سيحتوي** (**A site**) على **كودون جديد**. وتحتاج هذه المرحلة إلى **طاقة تستمد** من (**GTP**).

The **tRNA** in the **E site leaves** the complex and the **cycle is repeated**. Each cycle will result in the **addition** of **one amino acid** to the **growing polypeptide**.

Termination of Translation: (مرحلة النهاية)

Elongation continues until a **stop codon (UAA , UGA , UAG)** in the **mRNA reaches** the **A site** of the **ribosome**. The **A site accepts** a protein **called a release factor**. The **release factor causes** the **addition of a water molecule** instead of an **amino acid**. This reaction **releases** the **polypeptide**, and the **translation assembly comes apart.**

تستمر **دورة الإستطالة حتى وصول كودون الوقف** إلى (**A site**) ونظرا **لعدم وجود tRNA يستطيع الإرتباط مع كودون الوقف** فإن الذي **يرتبط بدلا منه جزيء بروتيني** يسمى (**العامل المحرر**). يقوم هذا **العامل بفصل السلسلة البروتينية المتشكلة + وحدات الريبوسوم + mRNA** (تتفكك أجزاء المعقد). وتحتاج هذه **العملية** إلى **طاقة GTP**.

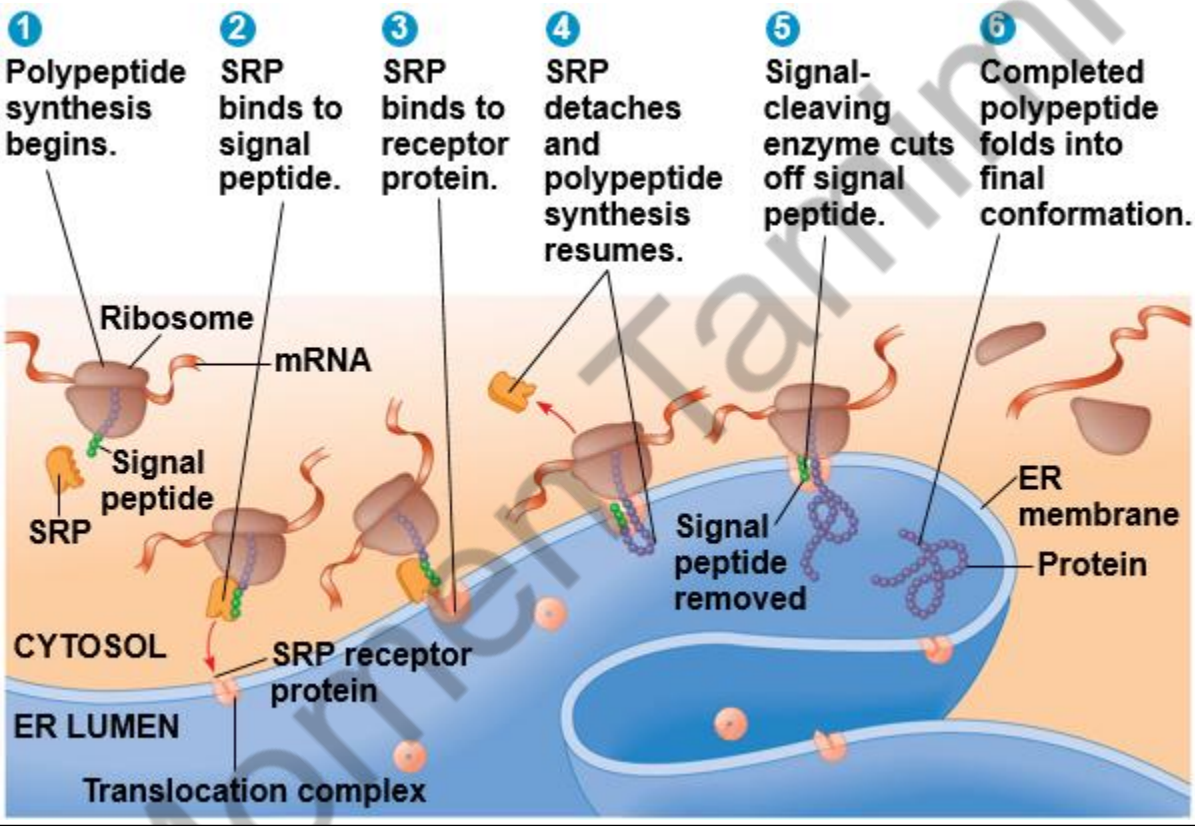


Women Tamimi

Targeting Polypeptides to Specific Locations: (Signal mechanisim)

Protein synthesis is normally targeted to a specific location (Cytosol or RER). The process of protein synthesis always begins in the cytosol and may continue in the cytosol or could be targeted to continue on the RER. This targeting occurs by a process known as signal mechanism. The signal mechanism suggest that in some polypeptides the first 20 amino acid of the polypeptide are called as signal peptide. If such signal peptide is synthesized at the beginning of the polypeptide chain then proteins synthesis will be targeted to continue on the RER. If no signal peptide is produced then proteins synthesis will be completed in the cytosol.

توجيه البناء البروتيني (آلية الإشارة الببتيدية): تتم بداية عمليات بناء البروتينات في السايتوسول وقد تنتهي في السايتوسول أو توجه إلى أن تكتمل على سطح الشبكة الإندوبلازمية. عند بناء بعض البروتينات يتم تصنيع ما يقارب 20 حمض أميني في بداية السلسلة تسمى (الإشارة الببتيدية) وفي هذه الحالة فإن عملية بناء البروتينات تنقل من السايتوسول إلى الشبكة الإندوبلازمية. وفي حال عدم تكوين الإشارة الببتيدية فإن بناء البروتين يستمر ويكتمل في السايتوسول.



1- يتم بناء الإشارة الببتيدية في بداية عديد الببتيد في السايتوسول.
2- ترتبط الإشارة الببتيدية بجزيء بروتيني يسمى (SRP).
3- يتواجد على سطح الشبكة الإندوبلازمية مستقبل لل (SRP) يرتبط فيه حاملا معه الرايبوسوم.
4- تستمر عملية بناء عديد الببتيد الذي يدخل من خلال قناة بروتينية متواجدة ضمن المستقبل.
5- يتم إزالة الإشارة الببتيدية التي تخرخ إلى السايتوسول وفي هذه الأثناء تستمر عمليات بناء البروتين حتى النهاية.
6- عند وصول عملية البناء إلى نهايتها تتفكك أجزاء الرايبوسوم وينفصل (mRNA) تاركا عديد الببتيد داخل تجويف الشبكة الإندوبلازمية والذي يتم تعديلة وتصديره إلى المكان المخصص له بالخلية.

Mohamed Tarifi

Test Questions (Practice exam)
Test Yourself

Q1) Which of the following is true regarding Transcription and Translation?
A) Both occurs in the cytoplasm in Prokaryotic cells.
B) Both occurs in the nucleus in Eukaryotic cells.
C) Transcription occurs in Nucleus and Translation occurs in Cytoplasm in Prokaryotic cells.
D) More than one is correct.
E) None of the above is correct.

Q2) transcription in eukaryotes require which of the following in addition to RNA polymerase?
A) The protein product of primer
B) start and stop codons
C) Ribosomes
D) transcription Factors
E) Aminoacyl synthetase

Q3) once transcribed, eukaryotic mRNA typically undergoes alterations that include:
A) Union the ribosomes
B) Fusion into circular forms known as plasmid
C) Linkage to histone molecules
D) Excision of introns
E) Fusion with ither newly transcribed mRNA

Q4) what kind of molecules can be transcription factors?
A) DNA and RNA
B) RNA and proteins
C) Proteins
D) Lipids
E) Lipids and carbohydrates

Q5) Which of the following components does not form part of the transcription initiation complex in eukaryotic promoter?
A) TATA box
B) Start point
C) Transfer RNA
D) Transcription factors

Q6) What is the coding segment of a stretch of eukaryotic DNA called?
A) Introns
B) Exons
C) Codons
D) Replicons
E) None of the above

Q7) Which is the energy rich molecule required for the initiation of translation?
A) ATP
B) GTP
C) CTP
D) AMP
E) Glucose

Momen Tamimi

Q8) In eukaryote translation occur in:
A) Centriole.
B) Centrosome.
C) Lysosome.
D) Cytoplasm.
E) Nucleus.
Q9) during normal translation, Where would you except to find tRNA attached to single amino acid?
A) E site
B) P site
C) A site
D) Both E and P
E) Both A and P
Q10) During elongation which site in the ribosome represent the location where a codon being read?
A) E site
B) A site
C) P site
D) The small ribosomal subunit
E) mRNA binding site
Q11) Which of the following doesn't take place in nucleus?
A) Transcription
B) Assembly of ribosome
C) Removing of introns
D) Replication
E) Translation
Q12) Which molecule can we find the promoter and terminator in?
A) DNA
B) mRNA
C) tRNA
D) polypeptide chain
Q13) Which sequence of DNA bases would pair with this partial strand 3'ATG TGA CAG'5?
A) 3'ATG TGA CAG'5.
B) 3' TAC ACT GTC'5.
C) 5'TAC ACT GTC'3.
D) 5'CAT TCA CTG'3.
Q14) According to the central dogma, which of the following represents the flow of genetic information in cells?
A) Protein to DNA to RNA
B) DNA to RNA to protein
C) RNA to DNA to protein
D) DNA to protein to RNA
Q15) Which of the following components is involved in the initiation of transcription?
A) Primer
B) Origin
C) Promoter
D) Start codon

Women Tamimi

Q16) Which of the following is not a function of the 5’ cap and 3’ poly-A tail of a mature eukaryotic mRNA molecule?

A) To facilitate splicing

B) To prevent mRNA degradation

C) To aid export of the mature transcript to the cytoplasm

D) To aid ribosome binding to the transcript

Q17) Mature mRNA from a eukaryote would contain each of these features except which of the following?

A) exon-encoded RNA

B) intron-encoded RNA

C) 5’ cap

D) 3’ poly-A tail

Q18) Which of the following is the name of the three-base sequence in the mRNA that binds to a tRNA molecule?

A) P site.

B) Codon.

C) Anticodon.

D) CCA binding site.

1- A	2- D	3- D	4- C	5- C	6- B	7- B	8- D	9- E	10- B
11- E	12- A	13- C	14- B	15- C	16- A	17- B	18- B		

Momen Tamimi

17 Chapter Review

Go to **MasteringBiology**™ for Videos, Animations, Vocab Self-Quiz, Practice Tests, and more in the Study Area.

SUMMARY OF KEY CONCEPTS

CONCEPT 17.1

VOCAB SELF-QUIZ goo.gl/Rn5Uax

Genes specify proteins via transcription and translation *(pp. 386–392)*

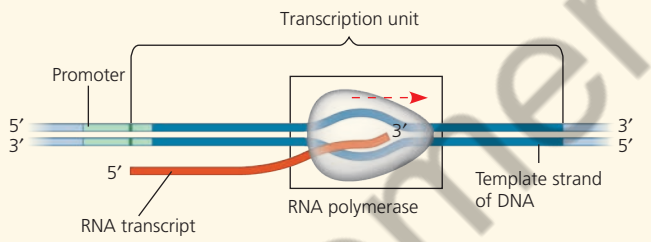
- Beadle and Tatum's studies of mutant strains of *Neurospora* led to the one gene–one polypeptide hypothesis. During **gene expression**, the information encoded in genes is used to make specific polypeptide chains (enzymes and other proteins) or RNA molecules.
- **Transcription** is the synthesis of RNA complementary to a **template strand** of DNA. **Translation** is the synthesis of a polypeptide whose amino acid sequence is specified by the nucleotide sequence in **messenger RNA (mRNA)**.
- Genetic information is encoded as a sequence of nonoverlapping nucleotide triplets, or **codons**. A codon in mRNA either is translated into an amino acid (61 of the 64 codons) or serves as a stop signal (3 codons). Codons must be read in the correct **reading frame**.

? *Describe the process of gene expression, by which a gene affects the phenotype of an organism.*

CONCEPT 17.2

Transcription is the DNA-directed synthesis of RNA: *a closer look* *(pp. 392–394)*

- RNA synthesis is catalyzed by **RNA polymerase**, which links together RNA nucleotides complementary to a DNA template strand. This process follows the same base-pairing rules as DNA replication, except that in RNA, uracil substitutes for thymine.



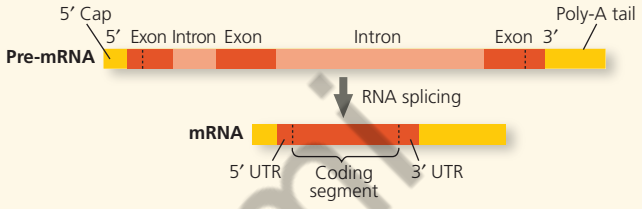
- The three stages of transcription are initiation, elongation, and termination. A **promoter**, often including a **TATA box** in eukaryotes, establishes where RNA synthesis is initiated. **Transcription factors** help eukaryotic RNA polymerase recognize promoter sequences, forming a **transcription initiation complex**. Termination differs in bacteria and eukaryotes.

? *What are the similarities and differences in the initiation of gene transcription in bacteria and eukaryotes?*

CONCEPT 17.3

Eukaryotic cells modify RNA after transcription *(pp. 395–397)*

- Eukaryotic mRNAs undergo **RNA processing**, which includes RNA splicing, the addition of a modified nucleotide **5′ cap** to the 5′ end, and the addition of a **poly-A tail** to the 3′ end. The processed mRNA includes an untranslated region (5′ UTR or 3′ UTR) at each end of the coding segment.
- Most eukaryotic genes are split into segments: They have **introns** interspersed among the **exons** (the regions included in the mRNA). In **RNA splicing**, introns are removed and exons joined. RNA splicing is typically carried out by **spliceosomes**, but in some cases, RNA alone catalyzes its own splicing. The catalytic ability of some RNA molecules, called **ribozymes**, derives from the inherent properties of RNA. The presence of introns allows for **alternative RNA splicing**.

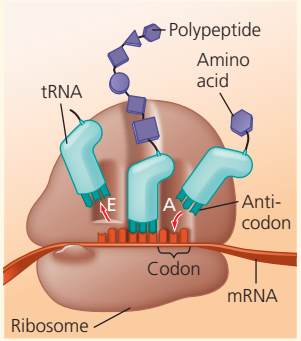


? *What function do the 5′ cap and the poly-A tail serve on a eukaryotic mRNA?*

CONCEPT 17.4

Translation is the RNA-directed synthesis of a polypeptide: *a closer look* *(pp. 397–406)*

- A cell translates an mRNA message into protein using **transfer RNAs (tRNAs)**. After being bound to a specific amino acid by an **aminoacyl-tRNA synthetase**, a tRNA lines up via its **anticodon** at the complementary codon on mRNA. A **ribosome**, made up of **ribosomal RNAs (rRNAs)** and proteins, facilitates this coupling with binding sites for mRNA and tRNA.
- Ribosomes coordinate the three stages of translation: initiation, elongation, and termination. The formation of peptide bonds between amino acids is catalyzed by rRNAs as tRNAs move through the **A** and **P sites** and exit through the **E site**.



- After translation, during protein processing, proteins may be modified by cleavage or by attachment of sugars, lipids, phosphates, or other chemical groups.
- Free ribosomes in the cytosol initiate synthesis of all proteins, but proteins with a **signal peptide** are synthesized on the ER.
- A gene can be transcribed by multiple RNA polymerases simultaneously. Also, a single mRNA molecule can be translated simultaneously by a number of ribosomes, forming a **polyribosome**. In bacteria, these processes are coupled, but in eukaryotes they are separated in space and time by the nuclear membrane.

? *Describe how tRNAs function in the context of the ribosome in building a polypeptide.*

Women Tonight