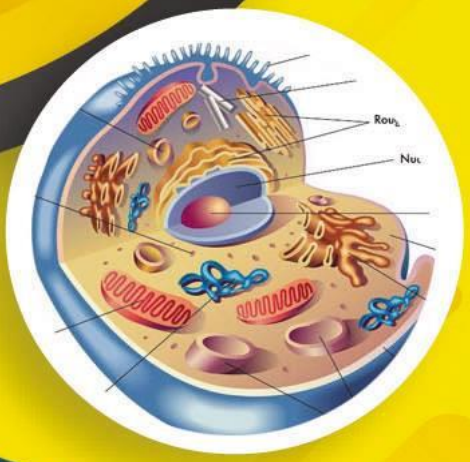
٢٠١٩

# المعاون في الأحياء

الثاني عشر (علمي)



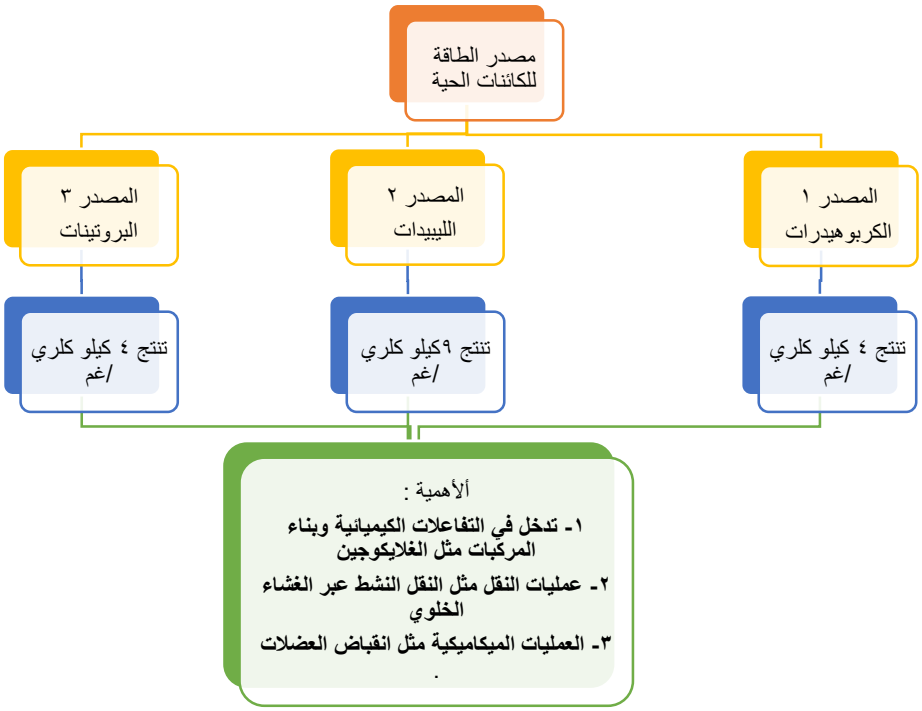
إعداد المشرف
أ. خالد أبو رجيلة

مكتبة ومطبعة سما المدينة
2062534

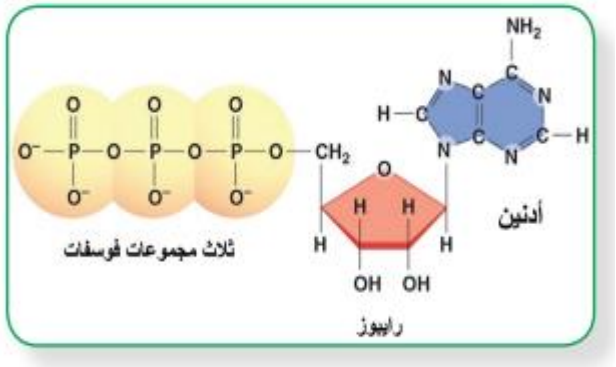
تطلب من مكتبة ومطبعة سما المدينة

## أهمية الطاقة للكائنات الحية :

- ✓ تحتاج الكائنات الحية للطاقة من أجل القيام بأنشطتها الحيوية المختلفة ، وتعد عملية البناء الضوئي التي تقوم بها النباتات الخضراء والطحالب وبعض أنواع البكتيريا نقطة الانطلاق في تحولات الطاقة للكائنات الحية المختلفة ، وتتحرر الطاقة المخزنة في جزئيات حاملات الطاقة مثل ATP للقيام بالأنشطة المختلفة .
- ✓ ينتج من غرام واحد من الكربوهيدرات 4 كيلو كلري أو كيلو سعر
- ✓ ينتج من غرام واحد من البروتينات 4 كيلو كلري
- ✓ ينتج من غرام واحد من الليبيدات ( الدهون ) 9 كيلو كلري




## تركيب حاملات الطاقة في الخلية :




الشكل (1): تركيب النيوكليوتيد في حاملات الطاقة (ATP)

- ✓ الشكل المقابل يمثل تركيب النيوكليوتيدة في ATP
- ✓ ونلاحظ أن عدد مجموعات الفوسفات في هذه النيوكليوتيدة 3 :
- ✓ عند انحلال الرابطة بين مجموعة الفوسفات 3 والثانية من جزيء ATP يتكون ADP وينتج طاقة تقدر ب 7,3 كيلوكلري لكل مول وعند انحلال الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والأولى تنتج طاقة أيضا تساوي 7,3 كيلو كلري لكل مول ، ويكون حصيلة الطاقة النهائية لتحلل جزيء ATP ( 14,6 كيلو كلري لكل مول ) .
- ✓ انظر المعادلات التالية .

$$ATP \longrightarrow ADP + p_i + 7.3 \text{ kcal/mol}$$

$$ADP \longrightarrow AMP + p_i + 7.3 \text{ kcal/mol}$$

# البناء الضوئي : Photosynthesis

**المسافة التي تقطعها أشعة الشمس على الأرض تقدر ب150 مليون كيلومتر ، وتستخدمها النباتات في البناء الضوئي .**

**سؤال : ما المقصود بالبناء الضوئي ؟**

**هو العملية التي يتم فيها تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كيميائية مخزنة في المركبات العضوية على شكل روابط كيميائية .**

**سؤال : أي أجزاء النبات تحدث فيها التفاعلات الضوئية ؟**

**البلاستيدة الخضراء .**

**نشاط 1 تمهيدي : تركيب البلاستيدة الخضراء .**

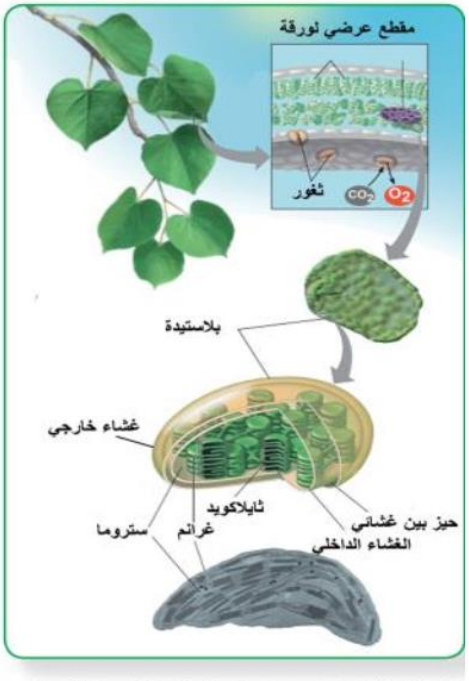
تتبع الشكل ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :

1- عدد الأجزاء التي تتكون منها البلاستيدات .

- ✓ غشاءين خارجي وداخلي ينحصر بينهما الحيز بين غشائي .
- ✓ الحشوة ( الستروما ) وهي تحتوي على انزيمات وبروتينات وحبيبات نشاء .
- ✓ أقراص الثايلاكويد ( أكياس مسطحة ) تترتب فوق بعضها البعض مكونة الغرانم .

2- أي أجزاء البلاستيدة تتم فيها عملية البناء الضوئي ؟

أغشية الثايلاكويد ، الستروما .




الشكل (2): مقطع عرضي في الورقة وتركيب البلاستيدة

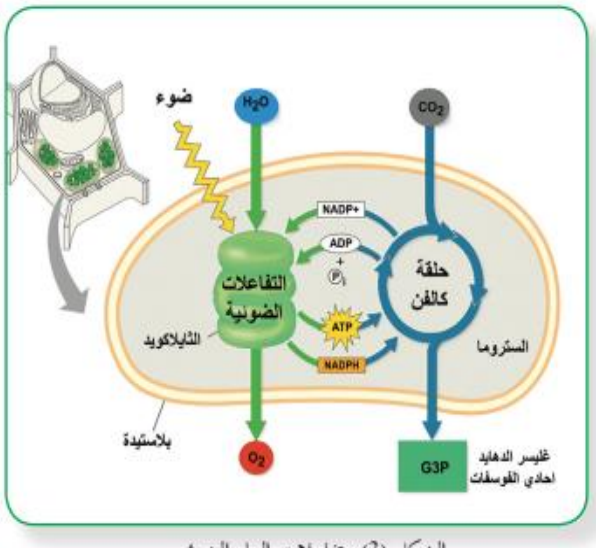
**الملخص :**

- ✓ **الزيادة في كتلة النبات** مصدرها **غاز ثاني أكسيد الكربون $CO_2$**
- ✓ **يتم تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون $CO_2$** في **حلقة كالفن** فيما بعد لتكوين **سكر الغلوكوز**
- ✓ **الأكسجين** المتصاعد من البلاستيدات الخضراء في عملية البناء الضوئي **مصدره الماء**
- ✓ **مصدر الطاقة** اللازمة لتحلل الماء **هو ضوء الشمس .**
- ✓ **تمتص** الجزيئات **الصبغية ( الكلوروفيل )** الخضراء **الطاقة الضوئية** و**تحولها** الى **طاقة كيميائية**
- ✓ معادلة البناء الضوئي ( معادلة ماير ) :

$$6\,CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

# تفاعلات عملية البناء الضوئي

**عزيزي الطالب ، لاحظ الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة الآتية :**




الشكل (3): تفاعلات البناء الضوئي

1. **يشير الشكل الى حدوث نوعين من تفاعلات البناء الضوئي ، أذكرهما .**
   - ✓ **تفاعلات ضوئية**
   - ✓ **تفاعلات لاضوئية أو تسمى ( حلقة كالفن ) أو تفاعلات تثبيت الكربون .**
2. **عدد المواد اللازمة لحدوث البناء الضوئي .**
   - ✓ $CO_2$
   - ✓ **ماء**
   - ✓ **طاقة ضوئية**
   - ✓ **صبغة الكلوروفيل الخضراء .**
3. **حدد المواد الناتجة من التفاعل .**
4. **أين تحدث هذه التفاعلات ؟**

**للإجابة عن السؤالين 3 ، 4 أنظر تتبع الجدول التالي :**

**وقد يطرح سؤال على هذا النمط .**

**سؤال : قارن بين التفاعلات الضوئية وتفاعلات حلقة كالفن من حيث :**

**1.الحاجة للضوء 2. مكان الحدوث 3. المتطلبات 4. التفاعلات الحاصلة 5. النواتج**

| وجه المقارنة | التفاعلات الضوئية | تفاعلات حلقة كالفن |
|---|---|---|
| الحاجة الى الضوء | يشترط لحدوثها الضوء | تحدث سواء بوجود الضوء أو عدمه ( لا يشترط لحدوثها الضوء ) |
| مكان حدوثها | أغشية الثايلاكويد | الستروما |
| المتطلبات | ضوء ، $H_2O$ | $CO_2$ ، NADPH ، ATP |
| التفاعلات الحاصلة | انشطار الماء باستخدام الطاقة الضوئية الى : هيدروجين يستخدم في اختزال نواقل الالكترونات . أكسجين يتصاعد الى الهواء الجوي . تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية . | تثبيت $CO_2$ باستخدام نواتج التفاعلات الضوئية ( ATP , NADPH ) لإنتاج الكربوهيدرات . |
| النواتج | $O_2$ ، ( ATP , NADPH ) | كربوهيدرات ( $G_3P$ ) |

**ملاحظة هامة جدا :**

**يمثل $G_3P$ ( سكر غليسر ألدهايد ) سكر ثلاثي ذرات الكربون ويعتبر الهيكل الكربوني للمركبات العضوية ، وهو أول مركب كربوهيدراتي ثابت ينتجه النبات .**

**سؤال : ما دور أيونات الهيدروجين ( البروتونات ) الناتجة من تحلل الماء في عملية البناء الضوئي ؟**

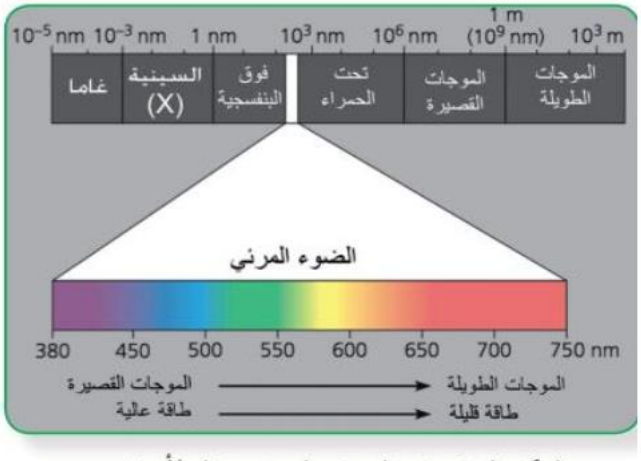
**تستخدم في اختزال نواقل الالكترونات ، ويتم بواسطتها تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية تخزّن في الـ ATP ، NADPH .**

## امتصاص الطاقة الضوئية :

- ✓ **يتواجد الكلوروفيل في أغشية الثايلاكويد داخل البلاستيدات الخضراء ، والذي يكسب النبات اللون الأخضر .**
- ✓ **يوجد عدة أنواع من الكلوروفيل ( a , b ) وهي تشترك في التركيب الأساسي والاختلاف بينها بسيط .**
- ✓ **امتصاص الطاقة الضوئية ضروري لحدوث عملية البناء الضوئي.**
- ✓ **طول موجات الضوء المرئي تمتد بين ( 380 – 750 ) نانومتر .**
- ✓ **تعمل أصباغ كلوروفيل a,b والكاروتين على امتصاص موجات الضوء الحمراء والزرقاء بكميات كبيرة .**
- ✓ **تمتص الأصباغ الأخرى الموجات الضوئية الأخرى بكميات قليلة .**

**سؤال : ما تفسيرك لظهور اللون الأخضر في النبات ؟**

**تمتص البلاستيدات الخضراء جميع الموجات الضوئية ماعدا اللون الأخضر فينعكس لذلك نرى النبات بلون أخضر .**




الشكل (4):امتصاص الموجات الضوئية بوساطة الأصباغ

من الشكل 4 نلاحظ :

1. موجات الضوء المرئي تقع بين الاشعة تحت الحمراء والأشعة البنفسجية .
2. طول موجات الضوء المرئي بين 350 – 750 نانومتر .
3. الموجات القصيرة ذات طاقة عالية بينما الموجات الطويلة ذات طاقة قليلة .

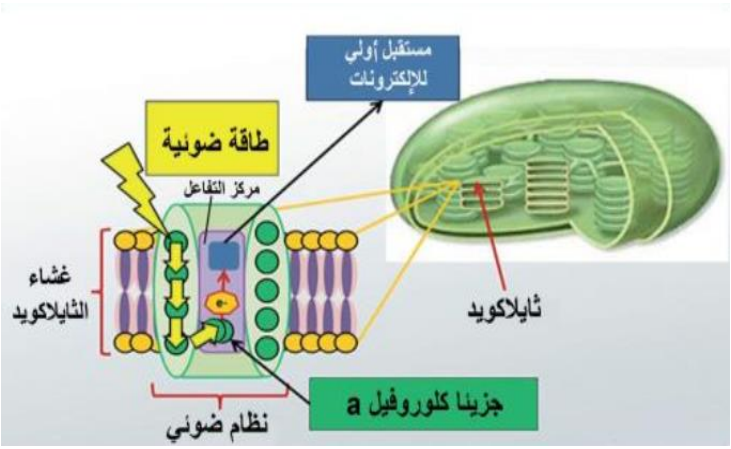
## التفاعلات الضوئية :

**تعمل صبغات الكلوروفيل والصبغات الأخرى على امتصاص الضوء في البلاستيدات الخضراء .**

**تترتب الصبغات في نظامين وظيفيين في غشاء الثايلاكويد Thylakoid Membrane هما :**

**نظام ضوئي أول Photosystem I**

**نظام ضوئي ثان Photosystem II**




**سؤال : مم يتركب كل نظام ضوئي ؟**

1. مركز تفاعل Reaction Center وهو نظام بروتيني يحتوي على جزيئين من كلوروفيل a قادرين على اطلاق الكترونات منشطة نحو مركز تفاعل النظام الضوئي .
2. **مستقبل الكترونات أولي Primary Electron Acceptor والذي له جاذبية قوية نحو الالكترونات ..**
3. **أنواع مختلفة من الجزيئات الصبغية : ( كلوروفيل a ، كلوروفيل b ، الكاروتين .)**

**وترتبط هذه الصبغات ببروتينات ، حيث تعمل هذه الأصباغ على امتصاص الطاقة الضوئية ، ومن ثم تمررها لمركز التفاعل .**

**سؤال : بم تفسّر التباين في امتصاص الموجات الضوئية في كل من النظامين الضوئيين الأول والثاني ؟**

بسبب اختلاف نوع البرويتن المكوّن لهما .

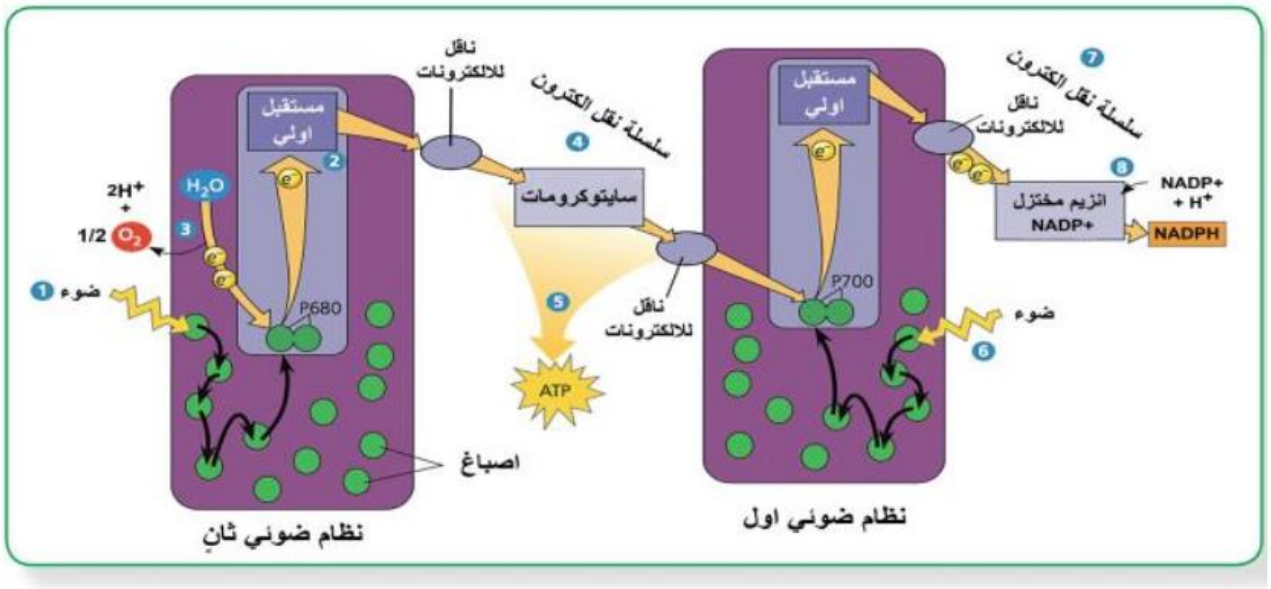
**سؤال :** ما وظيفة مركز التفاعل في النظام الضوئي ؟

1. اطلاق الكترونات منشطة .
2. يتم تحويل الطاقة الضوئية الممتصة الى طاقة كيميائية مخزنة في روابط كيميائية في مسارين للالكترونات هما :

أ. مسار الالكترونات اللاحلقي .

ب. مسار الالكترونات الحلقي .

أولا : مسار الالكترونات اللاحلقي : Noncyclic Electron Flow .




الشكل (6) تفاعلات المسار الإلكتروني اللاحلقي

عزيزي الطالب ، انظر الى الشكل (6) ثم أجب عن الأسئلة الآتية .

1- ما أهمية امتصاص الضوء في بداية هذا المسار ؟

تمتص الجزيئات الصبغية الضوء مما يسبب انتقال الالكترونات الى مستوى طاقة أعلى في جزيء الصبغة الى أن يصل الى مركز التفاعل ، كما أن امتصاص الضوء يساهم في فصل جزيئات الماء بواسطة انزيمات خاصة في النظام الضوئي الثاني ، لتعويض الالكترونات التي يفقدها النظام الضوئي الثاني .

2- ما الذي يسهم في وصول الالكترون الى المستقبل الأولي ؟
جزيئا كلوروفيل a في مركز التفاعل .
3- ما دور جزيئات كلوروفيل a في مركز التفاعل لكل نظام ضوئي ؟
يعتبر الماء مانحا قويا للالكترونات بعد امتصاص الطاقة الضوئية بواسطة الأصباغ ، وبالتالي اطلاق الالكترونات نحو المستقبل الأولي .
4- ما أهمية تحلل الماء ؟
يتم تعويض الالكترونات التي يفقدها النظام الضوئي الثاني .
5- وضّح وظيفة بناء أنزيم بناء الـ ATP ( ATP Synthase) الموجود في غشاء الثايلاكويد .
يتم ضخ أيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) الناتجة من تحلل الماء الى تجويف الثايلاكويد عبر غشاء الثايلاكويد ليصبح تجويف الثايلاكويد موجبا مقارنة بتركيز أيونات الهيدروجين في الستروما ، ونتيجة لفرق التركيز تندفع أيونات ( $H^+$ ) عبر انزيم بناء ATP ( ATP Synthase) الموجود في غشاء الثايلاكويد مستخدما طاقة الالكترونات التي تنتقل من ناقل الى آخر في سلسلة نقل الالكترون التي تربط بين النظامين الضوئيين فيتم استخدام هذه الطاقة في ربط $ADP^+$ مع مجموعة فوسفات لتكوين ATP كما في المعادلة الآتية :

$$ADP + Pi + \text{طاقة} \xrightarrow{\text{أنزيم بناء ATP}} ATP$$

6- عدد نواتج هذا المسار .
النواتج $O_2$ ، NADPH ، ATP .
7- ما الطرق التي يتم فيها تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية في هذا المسار ؟
يتم ذلك بطريقتين :
انتاج ATP كما في المعادلة .

$$ADP + Pi + \text{طاقة} \xrightarrow{\text{أنزيم بناء ATP}} ATP$$

انتاج جزيئات NADPH : حيث يختزل $NADP^+$ الى NADPH كما في المعادلة الآتية :

$$NADP^+ + 2H^+ + 2e^- \xrightarrow[NADP^+]{\text{أنزيم مختزل}} NADPH + H^+$$

8- يحتوي المسار الالكتروني اللاحلقي على نظام ضوئي أول ونظام ضوئي ثان ، الا أن بداية المسار تكون عند النظام الضوئي الثاني ، فما تفسير ذلك ؟
تم اكتشاف النظام الضوئي الأول قبل الثاني لذلك اعتبر هو الأول .
النظام الضوئي الأول ينقل الالكترونات نحو $NADP^+$ منتجا NADPH ويتم تعويض عن الالكترون الذي فقده النظام الضوئي الأول من الالكترونات القادمة من النظام الضوئي الثاني الذي له قدرة عالية على أكسدة الماء للتعويض عن الالكترون الذي فقد من النظام الضوئي الثاني ، لذا فان عملية انتقال اجمالية تحدث للإلكترونات من الماء الى NADPH .
مراحل المسار الالكتروني اللاحلقي :

- ✓ امتصاص الضوء
- ✓ انتاج الأكسجين
- ✓ تكوين ATP
- ✓ تكوين NADPH

امتصاص الضوء :

1. تمتص الجزيئات الصبغية في النظام الضوئي الثاني الموجات الضوئية مما يسبب انتقال الالكترونات الى مستوى طاقة أعلى في جزيء الصبغة الواحدة .
2. تنتقل الالكترونات من جزيء كلوروفيل الى آخر حتى تصل مركز التفاعل .
3. ينشط مركز التفاعل فيصبح مانحا قويا للالكترونات .
4. تمر الالكترونات المحملة بالطاقة الى مستقبل الالكترونات الأولي ، الذي له جاذبية قوية نحو الالكترونات .

انتاج الاكسجين :

5. نتيجة لاستمرار امتصاص الضوء يعمل انزيم خاص في النظام الضوئي الثاني على فصل جزيئات الماء حسب المعادلة الآتية :

$$H_2O \xrightarrow{\text{أنزيم}} 2H^+ + \frac{1}{2} O_2 + 2e^-$$

6. يتم تزويد مركز تفاعل النظام الضوئي الثاني بالالكترونات واحدا تلو الآخر .
7. ترتبط ذرات الأكسجين معا مكونة جزيئات أكسجين تنطلق الى الهواء كناتج نهائي عن البناء الضوئي .

تكوين ( ATP ) " الطريقة الأولى تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية " .

أ. تنتقل الالكترونات المنشطة من المستقبل الأولي عبر سلسلة من النواقل البروتينية ، حتى تصل الى السايتوكروم ، الذي يتم من خلاله بناء جزيئات ATP. ويتم ذلك وفق الخطوات التالية .

ب. يتم ضخ أيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) الناتجة من تحلل الماء الى تجويف الثايلاكويد عبر غشاء الثايلاكويد ليصبح تجويف الثايلاكويد موجبا مقارنة بتركيز أيونات الهيدروجين في الستروما .

ج. نتيجة لفرق التركيز تندفع أيونات ( $H^+$ ) عبر انزيم بناء ATP ( ATP Synthase) الموجود في غشاء الثايلاكويد مستخدما طاقة الالكترونات التي تنتقل من ناقل الى آخر في سلسلة نقل الالكترون التي تربط بين النظامين الضوئيين .

د. استخدام هذه الطاقة في ربط $ADP^+$ مع مجموعة فوسفات لتكوين ATP كما في المعادلة الآتية :

$$ADP + Pi + \text{طاقة} \xrightarrow{\text{أنزيم بناء ATP}} ATP$$

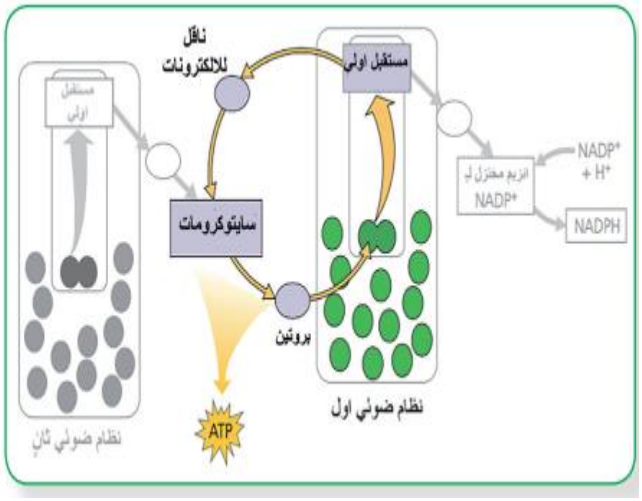
.a

تكوين NADPH " الطريقة الثانية تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية "

- ✓ تصل الالكترونات الى مركز التفاعل في النظام الضوئي وتكون قد استنفذت طاقتها .
- ✓ يتم إعادة تنشيطها من جديد من خلال الجزيئات الصبغية في النظام الضوئي الأول فتمتص الموجات الضوئية .
- ✓ انتقال الالكترونات الى المستقبل الأولي .
- ✓ تستمر الالككترونات في انتقالها من ناقل لآخر في سلسلة نقل الالكترون .
- ✓ تمر في عمليات أكسدة واختزال .
- ✓ تصل الى انزيم مختزل $NADP^+$ في النظام الضوئي الأول .
- ✓ يختزل $NADP^+$ الى NADPH كما في المعادلة الآتية :

$$NADP^+ + 2H^+ + 2e^- \xrightarrow[NADP^+]{\text{أنزيم مختزل}} NADPH + H^+$$

## ثانيا : مسار الالكترونات الحلقي : Cyclic Electron Flow .




- ✓ تصل الالكترونات الى مركز التفاعل في النظام الضوئي الأول ويتكون قد استنفذت طاقتها .
- ✓ يتم إعادة تنشيطها مرة أخرى من خلال الأصباغ التي تمتص الطاقة الضوئية .
- ✓ تنتقل الى المستقبل الالكتروني الأولي في النظام الضوئي الأول.
- ✓ ثم الى سلسلة نقل الالكترون التي تربط بين النظامين الضوئيين.
- ✓ يتم انتاج جزيئات حاملات الطاقة ATP فقط .

لاحظ عزيزي الطالب أن نواتج مسار الالكترونات الحلقي هو ATP فقط ، لأنه يستخدم في حلقة كالفن ATP أكثر من NADPH.

**سؤال: قارن بين المسار الإلكتروني اللاحلقي والمسار الإلكتروني الحلقي من حيث:**

**أ - التعريف ب- النظام الضوئي المشارك ج. النواتج د - تعويض الالكترونات ه - مستقبل الإلكترون الأخير**

| وجه المقارنة | المسار اللاحلقي | المسار الحلقي |
|---|---|---|
| التعريف | - يتم فيه إطلاق الكترونات منشطة من مركز التفاعل في النظام الضوئي الثاني<br>- تصل إلى مركز تفاعل النظام الضوئي الأول<br>- ترتبط في النهاية بنواقل للإلكترونات . | - تعود فيه الإلكترونات المنشطة مرة أخرى إلى مركز التفاعل الذي انطلقت منهفي النظام الضوئي الأول مروراً بسلسلة نقل الإلكترون . |
| النظام الضوئي المشارك | الأول والثاني | النظام الضوئي الأول |
| النواتج | + NADPH + ATP<br>" $O_2$ يتصاعد للهواء الجوي " | ينتج ATP فقط |
| تعويض الالكترونات | تحلل الماء | النظام الضوئي الثاني |
| مستقبل الإلكترون الأخير | $NADP^+$ | لا يوجد |

## ثالثا : التفاعلات اللاضوئية : حلقة كالفن Calvin Cycl .

**سؤال :** ما سبب تسمية حلقة كالفن بهذا الاسم ؟

سميت نسبة لمكتشفها كالفن .

**سؤال :** علل / تحدث حلقة كالفن في ستروما البلاستيدة .

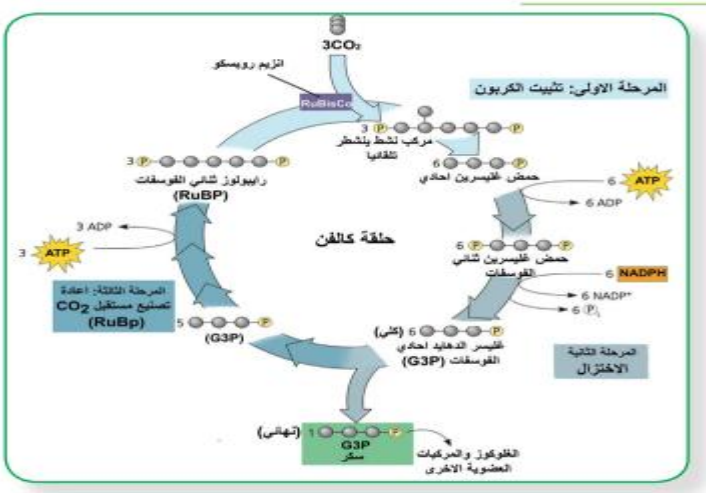
لوجود الانزيمات الضرورية لذلك واستخدام الطاقة المختزنة في نواتج التفاعلات الضوئية ATP , NADPH .

**سؤال : ما مصير الكربون الذي يدخل حلقة كالفن ؟**

**يدخل الكربون الى حلقة كالفن كمركب غير عضوي على شكل $CO_2$** ويغادرها على شكل سكر .

**سؤال :** ما دور كل من ATP، NADPH .

يستخدم ATP كمصدر للطاقة ، أما NADPH كعامل اختزال قوي يضيف الكترونات ذات طاقة عالية وايونات هيدروجين لصنع جزيئات السكر . انظر الشكل ( 8) .



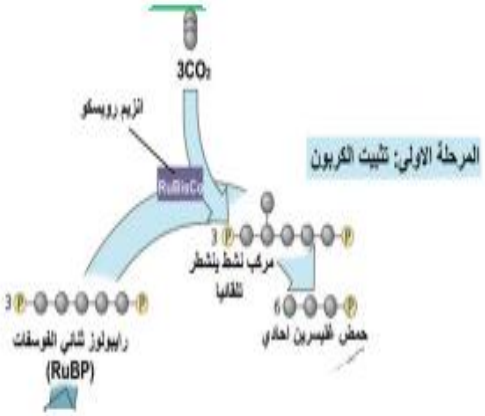

الشكل (8): تفاعلات حلقة كالفن

**سؤال :** عدد مراحل حلقة كالفن .

ثلاث مراحل :

- ✓ المرحلة الأولى : تثبيت الكربون Carbon Fixation .
- ✓ المرحلة الثانية : الاختزال : Reduction .
- ✓ المرحلة الثالثة : إعادة تصنيع رايبولوز ثنائي الفوسفات ( مستقبل $CO_2$ ) RuBP .

**سؤال :** صف مرحلة تثبيت الكربون .( المرحلة الأولى)



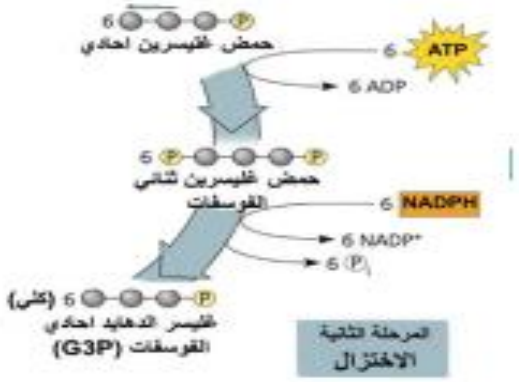

عزيزي الطالب لاحظ الرسم التالي :

- ✓ يتم تثبيت ثلاث جزيئات $CO_2$ واحدا تلو الآخر ، وذلك من خلال ربط كل جزيء بمركب خماسي ذرات الكربون ريبولوز ثنائي الفوسفات بواسطة انزيم روبيسكو .
- ✓ ينتج ثلاث جزيئات من مركب نشط ( سداسي الكربون ) غير ثابت سرعان ما ينشطر تلقائيا الى جزيئين من حمض غليسرين أحادي الفوسفات ، فيتكون ما مجموعه ستة جزيئات منه .

☜**سؤال :** صف المرحلة الثانية من تفاعلات حلقة كالفن ( الاختزال ).

للإجابة عن هذا السؤال أجب عما يأتي .

عزيزي الطالب لاحظ الرسم التالي :



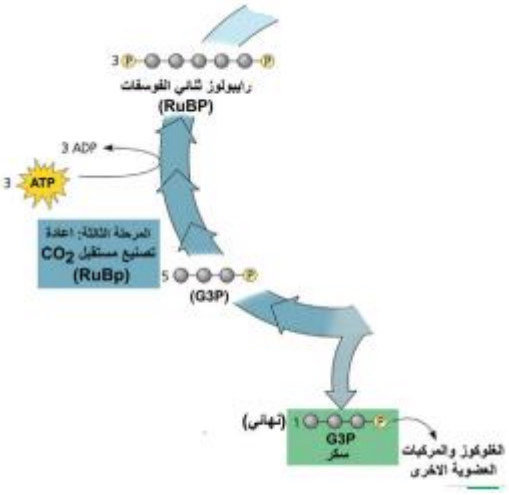

- ✓ يحصل كل جزيء من حمض غليسرين أحادي الفوسفات من الجزيئات الستة التي تكونت على مجموعة فوسفات من جزيء ATP فيتكون حمض غليسرين ثنائي الفوسفات .
- ✓ يعمل مركب NADPH على اختزال حمض الغليسرين ثنائي الفوسفات الى غليسر ألدهايد أحادي الفوسفات ( $G_3P$ ) حيث يتكون ستة جزيئات منه .

✋ ملاحظة مهمة :

- ✓ من تحول حمض غليسرين أحادي الفوسفات الى حمض غليسرين ثنائي الفوسفات . ( يستهلك 6 ATP ).
- ✓ من تحول حمض غليسرين ثنائي الفوسفات الى غليسر الدهايد أحادي الفوسفات . ( يستهلك في هذه المرحلة 6 NADPH)
- ✓ يكون الناتج النهائي في مرحلة الاختزال ( 6 جزيئات من $G_3P$ )

☜**سؤال :** صف المرحلة الثالثة من تفاعلات حلقة كالفن ( إعادة تصنيع مستقبل $CO_2$ ).

عزيزي الطالب لاحظ الرسم التالي :




- ✓ يستخدم جزيء واحد فقط من $G_3P$ كناتج نهائي لحلقة كالفن كنقطة بداية لمسارات عمليات الأيض لانتاج مركبات عضوية تشمل الغلوكوز ومركبات عضوية أخرى .
- ✓ جزيئات $G_3P$ الخمسة الأخرتستخدم في إعادة بناء مركب رايبولز ثنائي الفوسفات في سلسلة معقدة من التفاعلات يستهلك خلالها ( 3 ATP ) .

✋ ملاحظة :

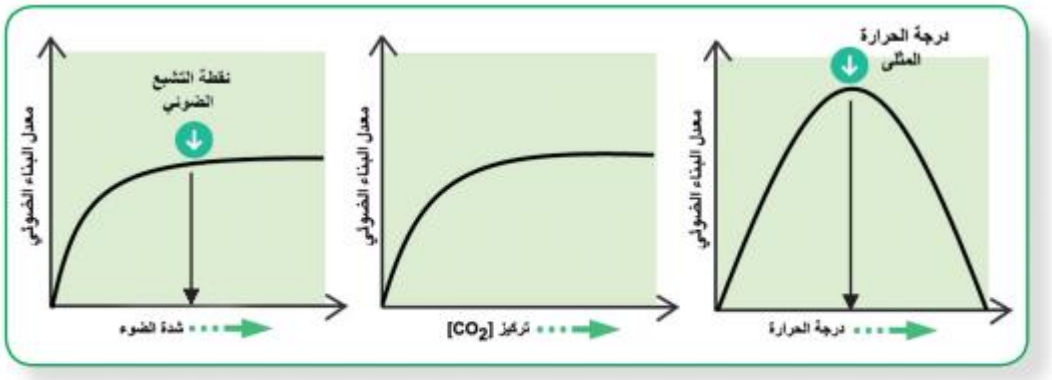
لحل جميع مسائل حلقة كالفن :

3 دورات معناه تثبيت $3CO_2$ ويستهلك 9ATP ، 6NADPH = ينتج G3P واحد كناتج نهائي من حلقة كالفن و 6G3P كناتج كلي في مرحلة الاختزال .

2G3P كناتج نهائي من حلقة كالفن = 1 غلوكوز .

## العوامل الخارجية المؤثرة في معدل عملية البناء الضوئي :

- ✓ الضوء وأطوال الموجات الضوئية .
- ✓ تركيز $CO_2$ .
- ✓ درجة الحرارة .




الشكل (9): بعض العوامل المؤثرة في معدل البناء الضوئي

يتأثر البناء الضوئي بالعديد من العوامل الخارجية مثل : الضوء ، درجة الحرارة ، تركيز $CO_2$ ، ولابد من توافر تلك العوامل معا في حدودها المثلى كي يحدث البناء الضوئي .

☜سؤال : ما المقصود بالعامل المحدد ؟

هو العامل الذي يؤدي عدم توافره الى وقف عملية البناء الضوئي مثل : الضوء ، درجة الحرارة ، تركيز $CO_2$ .

☜سؤال : وضح بالرسم العلاقة بين شدة الضوء ومعدل عملية البناء الضوئي .

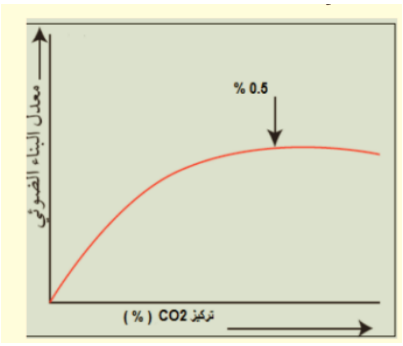
- ✓ يزداد معدل البناء الضوئي بازدياد شدة الضوء حتى يثبت هذا المعدل عند نقطة التشبع .
- ✓ نقطة التشبع الضوئي : وهي النقطة التي يثبت عندها معدل البناء الضوئي حيث تصل التفاعلات الضوئية الى اقصى حد في امتصاصها للطاقة الضوئية وبالتالي أي زيادة في شدة الضوء لن يزيد معدل البناء الضوئي .

☜سؤال : علل / أي زيادة في شدة الضوء لن تزيد معدل البناء الضوئي .

بسبب وصول التفاعلات الى حد التشبع في امتصاصها للطاقة الضوئية .

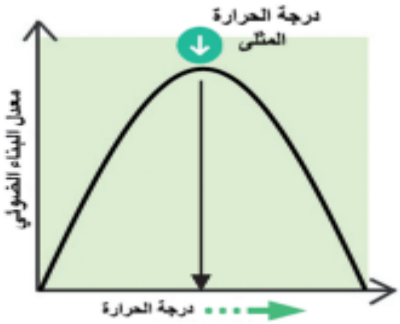
☜سؤال : بم تفسر يتم تعريض النباتات الى موجات الضوء الحمراء والزرقاء .

لزيادة كفاءة البلاستيدات الخضراء في امتصاص الضوء حيث تصل هذه الكفاءة الى أقصاها عند تعريضها لهذه الاطوال الموجية .




☜سؤال : وضح بالرسم العلاقة بين تركيز $CO_2$ ومعدل عملية البناء الضوئي .

يزداد معدل معدل البناء الضوئي مع الزيادة في تركيز $CO_2$ وصولا الى حد معين 0.5 % يثبت عندها معدل البناء الضوئي .




☜سؤال : وضح بالرسم العلاقة بين درجة الحرارة ومعدل عملية البناء الضوئي .

- ✓ تختلف درجة المثلى لعملية البناء الضوئي باختلاف طبيعة النبات ،
- ✓ المدى الحراري الملائم لأغلب النباتات النامية في الأجواء المعتدلة يصل ما بين

( 10 – 35 ° م )

- ✓ يزداد معدل البناء الضوئي مع الزيادة في درجة الحرارة وصولا الى درجة الحرارة المثلى والتي تمثل أعلى درجة حرارة يكون عندها معدل البناء الضوئي أعلى ما يمكن ،
- ✓ مع الاستمرار في الزيادة في درجة الحرارة يكون التأثير سلبا على معدل البناء الضوئي حيث ينخفض بشكل ملحوظ بسبب تحلل المواقع النشطة في الانزيمات الخاصة بالبناء الضوئي ويتوقف بذلك البناء الضوئي .

☜سؤال : علل ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها يؤدي الى انخفاض سرعة عملية البناء الضوئي .

بسبب تأثير درجة الحرارة المرتفعة على الانزيمات المسؤولة عن تفاعلات البناء الضوئي .

# التنفس الخلوي Cellular Respiration

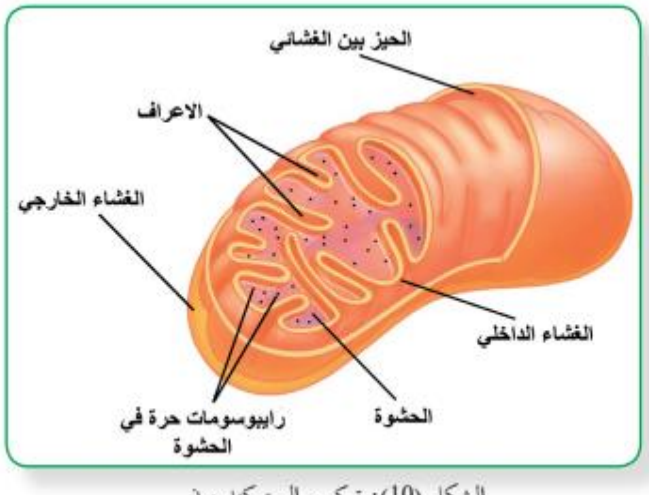
تحتاج الكائنات الحية الى الطاقة للقيام بالأنشطة الحيوية مثل:

الانقسام الخلوي ، وتكوين النشاء ، وتحويل الغلوكوز الى غلايكوجين ، وتكوين البروتينات من الحموض الأمينية بالإضافة الى انقباض العضلات في الحيوانات .

تقوم الكائنات الحية بإنتاج الطاقة خلال عملية التنفس الخلوي وذلك بتحليل المواد الغذائية المتوافرة كسكر الغلوكوز ( الكربوهيدرات ) ، وتحرير الطاقة المخزونة في الروابط الكيميائية الموجودة بين جزيئات هذه المواد الغذائية الناتجة من عملية البناء الضوئي .
هناك ثلاث أنواع من الكائنات تختلف في حصولها على الطاقة .

النوع الأول : معظم الكائنات الحية تحتاج لوجود الأكسجين للقيام بعملية التنفس الهوائي Aerobic Respiration .
النوع الثاني :هناك كائنات حية تقوم بهذه العملية دون استخدام الأكسجين ، وتسمى هذه العملية بالتنفس اللاهوائي Anaerobic Respiration .
النوع الثالث : يقوم بالتنفس بغياب الأكسجين بما يسمى بالتخمر Fermentation .

عزيزي الطالب : استعين بالشكل ( 10 ) الذي يوضح تركيب الميتوكندريون ثم أجب عن الأسئلة الآتية :



الشكل (10): تركيب الميتوكندريون

1- ما الأجزاء التي يتكون منها الميتوكندريون ؟

غشاء خارجي ، غشاء داخلي ، حيز بين الغشائي ، الأعراف ، رايبوسومات حرة ، الحشوة .

2- يمتاز الميتوكندريون بقدرته على التضاعف ، ما أهمية ذلك؟

يساعد في انتاج أعداد مناسبة من الميتوكندريون حسب نشاط الخلية ويتم ذلك بشكل سريع دون الرجوع للنواة .

3- ما الوظيفة الأساسية التي تقوم بها الميتوكندريون ؟

انتاج الطاقة من خلال تحليل المركبات العضوية عن طريق عمليات التنفس الخلوي .

☜ سؤال : قارن بين الميتوكندريون والبلاستيدة من حيث التركيب والوظيفة .

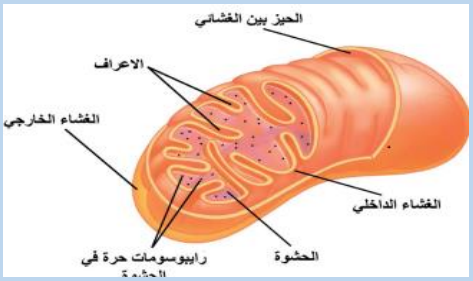
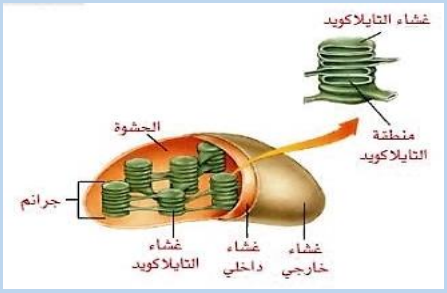
## أولا التنفس الهوائي Aerobic Respiration

- ✓ يحدث في معظم الكائنات الحية .
- ✓ تعتمد على وجود الأكسجين وتطلق غاز ثاني أكسيد الكربون .
- ✓ تستخدم الأكسجين في أكسدة المواد الغذائية مثل الغلوكوز لانتاج الطاقة اللازمة لتأدية العمليات الحيوية المختلفة التي تقوم بها الخلية .
- ✓ معادلة التنفس الهوائي :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow{\text{أنزيمات}} 6CO_2 + 6H_2O + 38\ ATP$$

☜سؤال : عدد مراحل التنفس الهوائي :

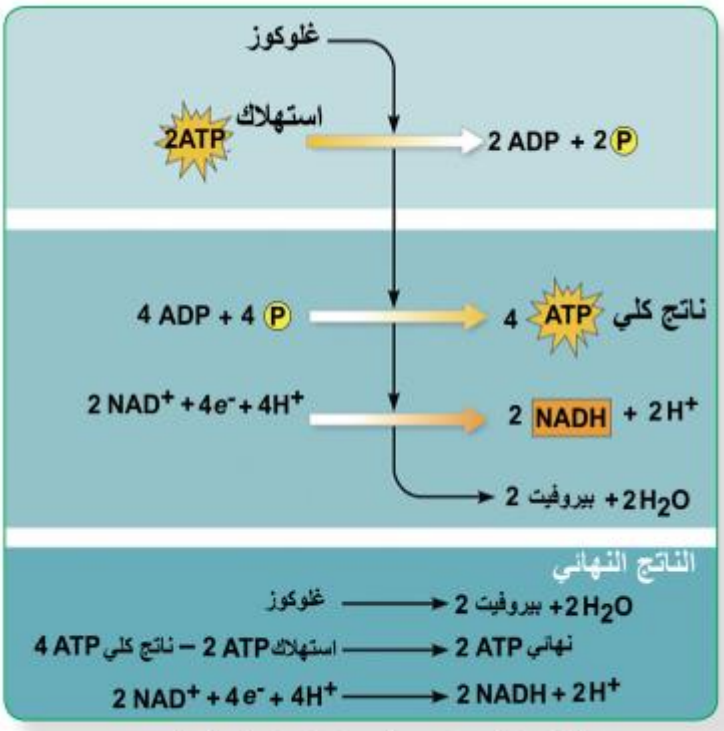
- ✓ مرحلة التحلل الغلايكولي .
- ✓ تحويل البيروفيت الى استيل مرافق الانزيم –أ .
- ✓ حلقة كريبس .
- ✓ سلسلة نقل الالكترون .

| وجه المقارنة | الميتوكندريون | البلاستيدة |
|---|---|---|
| التركيب |  <br>✓ غشاءان خارجي وداخلي متعرج على شكل انثناءات اصبعية تسمى الأعراف .<br>✓ يحيط الغشاء الداخلي بمنطقة داخلية تسمى الحشوة .<br>✓ تحتوي الحشوة على كميات كبيرة من الانزيمات والبروتينات والرايبوسومات وDNA, RNA |  <br>✓ غشاء خارجي وغشاء داخلي بينهما حيز يعملان على تبادل المواد داخل البلاستيدة وخارجها .<br>✓ تحتوي على صفائح غشائية تسمى الثايلاكويدات تحتوي على صبغة الكلوروفيل وصبغات أخرى مثل الصبغة الصفراء والبرتقالية<br>✓ تترتب الأقراص فوق بعضها لتعطي ما يسمى بالغرانم .<br>✓ السترومـا ( اللحمة ) وهو السائل الذي يملأ الحيز الداخلي للبلاستيدة ، ويحتوي على حبيبات النشاء ورايبوسومات وبروتينات وانزيمات بالإضافة الى DNA ,RNA . |
| الوظيفة | ✓ تحرير الطاقة من المركبات العضوية خلال عملية التنفس الخلوي الهوائي . | ✓ القيام بتثبيت الطاقة الضوئية واستخدامها في انتاج المركبات العضوية بعملية البناء الضوئي .<br>✓ تخزين المواد الغذائية الناتجة من عملية البناء الضوئي كالنشاء والبروتين . |

## المرحلة الأولى : مرحلة التحلل الغلايكولي Glucolysis .

عزيزي الطالب لاحظ الشكل ( 11 ) ثم أجب عن الأسئلة التالية :

1- أين تحدث هذه المرحلة ؟
تحدث في سيتوسول جميع الخلايا .
2- ما شروط حدوثها ؟
تحدث سواء بوجود الأكسجين أو عدمه فهي لا تتطلب وجود الأكسجين لإنتاج الطاقة .
3- ماذا يحدث للغلوكوز ؟
ينشطر الغلوكوز الى جزيئين من حمض البيروفيت .
4- كم عدد جزيئات ATP التي نتجت بشكل كلي ، كم يتبقى بشكل نهائي .
نتج 4 جزيئات ATP بشكل كلي واستهلك جزيئين وبقي جزيئين كناتج نهائي .
5- كم عدد جزيئات NADH الناتجة ؟
جزيئين .
6- ما الناتج النهائي لهذه المرحلة ؟
2 بيروفيت و جزيئين ماء .



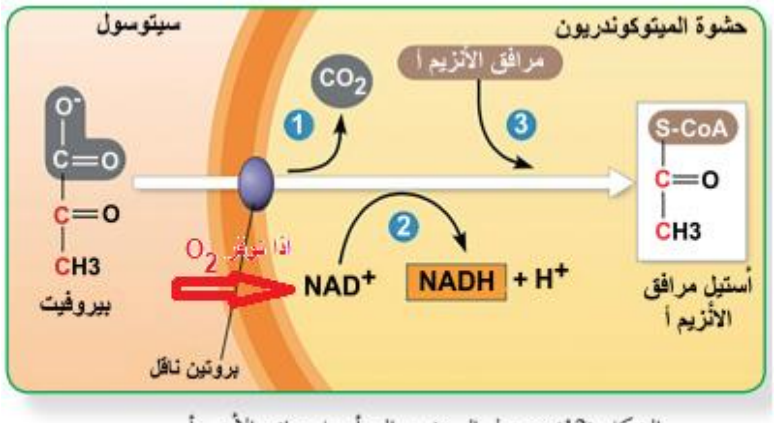
الشكل (11): ملخص لمرحلة التحلل الغلايكولي

**ملاحظة :** الطاقة الناتجة من التحلل الغلايكولي غير كافية لأداء الوظائف الحيوية في معظ الكائنات الحية لذلك يدخل البيروفيت من السيتوسول الى حشوة الميتوكندريا واحدا تلو الآخر في حالة وجود الأكسجين لانتاج كمية أكبر من الطاقة ثم يتحول الى مركب أستيل مرافق الأنزيم – أ .

تمثل جزيئات $NAD^+$ ، NADH اختصارا لنيكوتين أميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد ، ويعد أهم ناقل للإلكترونات أثناء التنفس الخلوي ، يستقبل $NAD^+$ زوجا من الالكترونات وبروتونا واحدا حيث يختزل الى NADH .

## المرحلة الثانية : تحول البيروفيت الى أستيل مرافق الأنزيم – أ Acety Co- A.

عزيزي الطالب لاحظ الشكل ( 12 ) ثم أجب عن الأسئلة التي تليه .




الشكل (12): تحول البيروفيت إلى أسيتل مرافق الأنزيم-أ

1- ما الشرط الأساسي لحدوث هذا التفاعل .
توفر الأكسجين .
2- تتبع مكان وجود البيروفيت قبل التفاعل ؟
في السيتوسول .
3- ما الذي حدث للبيروفيت ؟
دخل حشوة الميتوكندريا عبر بروتين ناقل .
4- ما المواد الداخلة في التفاعل ؟
بيروفيت ، $NAD^+$ ، مرافق الأنزيم – أ .
5- ما نواتج هذه المرحلة ؟
أستيل مرافق الأنزيم –أ ، $CO_2$ ، NADH .
6- كم عدد ذرات الكربون في حمض البيروفيت ؟
3 ذرات .

ركز على هذه الأسئلة للإجابة أيضا على الأسئلة

7- كم عدد ذرات الكربون في المركب استيل مرافق الأنزيم –أ .
ذرتان .

تنبيه : ينتج من انشطار الغلوكوز في مرحلة التحلل الغلايكولي جزيئين من البيروفيت ، لذلك يدخل جزيئي البيروفيت الى حشوة الميتوكندريا واحدا تلو الآخر .

الحسابات السابقة لجزيء بيروفيت واحد فقط .

فاذا طلب السؤال / أحسب المواد الداخلة والناتجة من هذه المرحلة لجزيء غلوكوز واحد ، فيكون الجواب كما يلي :

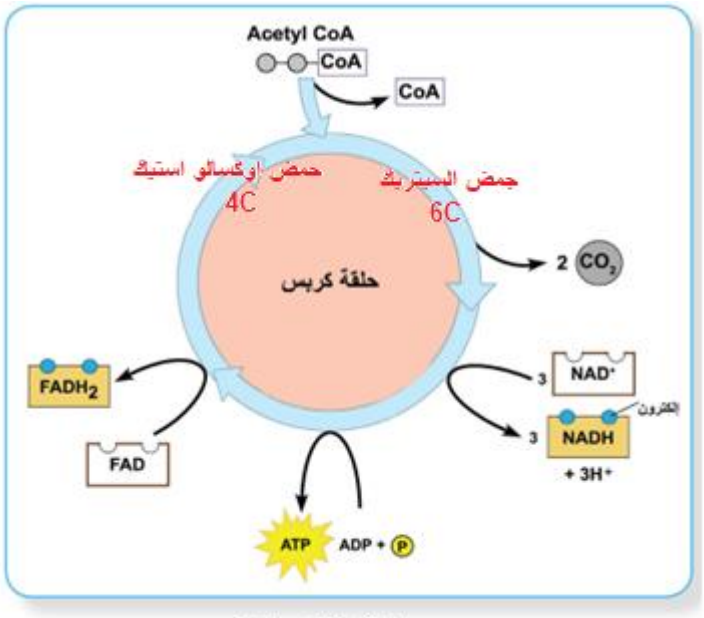
المواد الداخلة : 2 بيروفيت ، $2NAD^+$ ، 2 مرافق الأنزيم – أ

المواد الناتجة : 2 أستيل مرافق الانزيم – أ ، 2NADH ، $2CO_2$ .

## المرحلة الثالثة : حلقة كربس Krebs Cycle.

تحدث الحلقة في حشوة الميتوكندريا .

عزيزي الطالب أنظر الى الشكل (13) ثم أجب عن الأسئلة التالية .




الشكل (13): حلقة كربس

1- ما اسم المركب الذي تبدأ به حلقة كربس ؟ كم عدد ذرات الكربون فيه ؟

أستيل مرافق الأنزيم –أ ، 2

2- ما اسم المركب الذي يرتبط به الأستيل مرافق الانزيم –أ ؟

حمض اوكسالواستيت .

3- كم عدد ذرات الكربون فيه ؟

4C

4- ما اسم المركب الناتج ، وكم عدد ذرات الكربون فيه ؟

حمض السيتريت ، 6C

5- كم عدد جزيئات $CO_2$ الناتجة من حلقة كربس الواحدة ؟

$2CO_2$

6- كم عدد جزيئات NADH الناتجة من حلقة كربس الواحدة ؟

3 جزيئات من NADH

7- كم عدد جزيئات ATP الناتجة ؟

جزيء واحد من ATP

8- كم عدد جزيئات $FADH_2$ الناتجة ؟

جزيء واحد من $FADH_2$

لاحظ عزيزي الطالب ما يلي :

تفاعلات حلقة كربس الواحدة نتج عنها $2\ CO_2$ ، 3NADH ، 1ATP هذا لتحول بيروفيت واحد أي نصف غلوكوز .

1- اما اذا طلب في السؤال لجزيء غلوكوز في حلقة كربس ، فتكون النواتج : $4CO_2$ ، 6NADH ، 2ATP .

**مثال**: يمر حمض السيتريت بعدة مراحل لإعادة بناء الأكسالواستيت من جديد ، ما أهمية ذلك ؟

ليكرر عمله في دورة أخرى ، وإنتاج جزيئان من $CO_2$ وجزيء ATP و 3NADH و جزيء من $FADH_2$ وذلك في كل دورة .

سؤال : تتكرر الدورة مرتين ، مرة لكل جزيء من مجموعة الأستيل مرافق الانزيم –أ ، لماذا ؟

لان تحلل جزيء الغلوكوز ينتج عنه ( 2 ) بيروفيت والتي تتحول الى ( 2 ) أستيل مرافق الانزيم –أ وعند دخولها الى حلقة كربس تحتاج لدورتين كي تتحلل .

سؤال ما ناتج تحلل ثلاثة جزيئات غلوكوز في حلقة كربس ؟

$12\ CO_2$ ، 18NADH ، $6FADH_2$ ، 6ATP .

## المرحلة الرابعة : سلسلة نقل الالكترون Electron Tranport Chain.

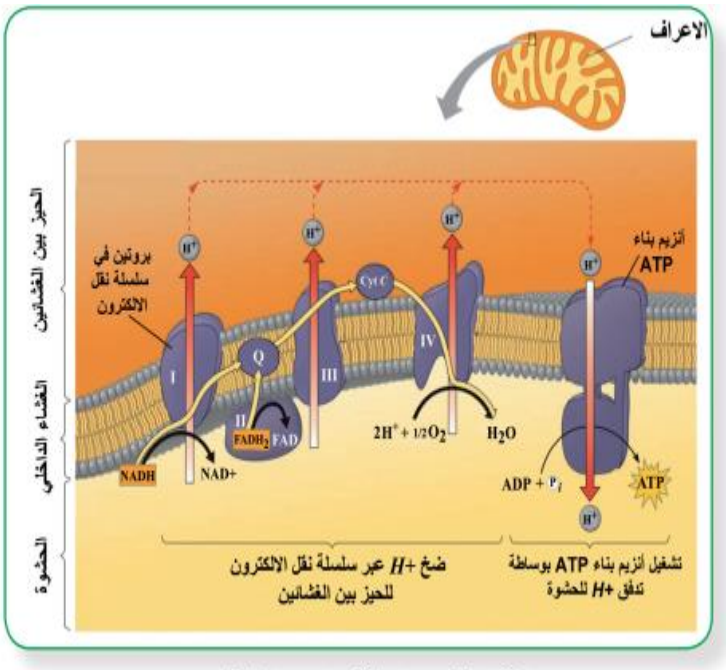
من المراحل الثلاثة السابقة ناتج الطاقة يساوي 4 ATP لكل جزيء غلوكوز

( 2 ATP في المرحلة الأولى وهي التحلل الغلايكولي و 2 ATP في المرحلة الثالثة حلقة كربس ) .

هذه الطاقة قليلة بسبب أن النسبة الأكبر من الطاقة يتم تخزينها في جزيئات حاملات الطاقة NADH ، $FADH_2$ .

لذلك كان لابد من استخلاص الطاقة من هذه الجزيئات على شكل ATP من خلال سلسلة نقل الالكترون .

عزيزي الطالب أنظر الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة التي تليه .




الشكل (14): مسار الإلكترونات وبناء ATP

**1- ما الذي يتواجد على الغشاء الداخلي للميتاكوندريا ؟**

بروتينات وانزيمات وسيتوكرومات

**2- ما وظيفة البروتين الأول ؟**

تقوم NADH بتفريغ حمولتها من الطاقة في هذا الموقع ، فتمر أيونات الهيدروجين $H^+$ الى الحيز بين الغشائين.

**3- ما وظيفة البروتين الثاني ؟**

يقوم $FADH_2$ بتفريغ حمولته من الطاقة في هذا الموقع ، فتمر أيونات الهيدروجين $H^+$ الى الحيز بين الغشائين.

**4- ماذا نسمي هذا الترتيب من البروتينات على الغشاء الداخلي للميتاكوندريا ؟**

سلسلة نقل الالكترون .

**5- ما وظيفة الأنزيم ؟**

يعمل هذا الانزيم على بناء ATP .

**6- هل مستويات الطاقة التي امامك في الشكل متماثلة أم مختلفة . وما دورها ؟**

مستويات الطاقة مختلفة ، تنتقل خلالها الالكترونات الى السيتوكروم ، ثم الى مستقبل الالكترونات النهائي في نهاية السلسلة وهو الاكسجين الذي يرتبط مع البروتونات والالكترونات مكونا الماء ( كما سيتم توضيحه لاحقا ) .

**7- على ماذا تحتوي السيتوكرومات ؟**

يحتوي على ذرة حديد .

**8- ما الذي ينشط انزيم بناء ATP ؟**

وجود فرق في التركيز بين ايونات الهيدروجين في الحيز بين الغشائي والحشوة حيث يكون التركيز في الحيز اعلى من التركيز في الحيز لأيونات الهيدروجين الموجبة ( البروتونات ) ، وهذا يؤدي الى اندفاع الأيونات عبر انزيم بناء ATP مما يعمل على احدث عملية تسمى فسفرة تأكسدية فيرتبط $ADP^+$ مع Pi فيتكون ATP باستخدام طاقة الالكترونات .

9- كيف تكوّن الماء ؟

لتكون الماء لابد وأن تعود المعادلة عكس تحلل الماء أي بمعنى أن مستقبل الالكترونات في نهاية سلسلة نقل الالكترون هو الاكسجين فيرتبط مع البروتونات والالكترونات فيتكون الماء .

ملاحظة مهمة : قد يطرح البعض سؤال : كيف حصلت الزيادة في تركيز أيونات الهيدروجين في الحيز بين الغشائي؟

الإجابة بسيطة : لعلك لاحظت من الأسئلة السابقة أن كل من NADH، $FADH_2$ تقوم بتفريغ حمولتها من الطاقة في موقعين مختلفين ، فتمر أيونات الهيدروجين الى الحيز ، الآن اتضحت الإجابة .

والآن عزيزي الطالب بإمكانك الإجابة على الأسئلة التالية :

سؤال : من خلال دراستك لعملية التنفس الخلوي صف عملية تكوين ATP .

للإجابة على هذا السؤال عليك بترتيب اجابتك على شكل خطوات مع الحرص على كتابة المعادلات للتأكيد على فهمك الجيد للسؤال وبالتالي لتحصل على العلامة الكاملة .

✓ تعمل البروتينات في سلسلة نقل الالكترون كمضخات للبروتونات $H^+$ ، حيث تقوم بضخ $H^+$ من داخل الحشوة الى الحيز بين الغشائين باستخدام طاقة الالكترون عبر سلسلة نقل الالكترون كما توضح المعادلة الآتية .

$$NADH + H^+ \longrightarrow NAD^+ + 2e^- + 2H^+$$

✓ استمرار ضخ البروتونات الى الحيز بين الغشائي يؤدي الى زيادة تركيز أيونات الهيدروجين $H^+$ هناك ، ويؤدي ذلك الى انتقال هذه الأيونات بفعل فرق التركيز الى داخل الحشوة عبر انزيم بناء ATP .

✓ هذا الانتقال يؤدي الى تنشيط انزيم بناء ATP ، وبالتالي بناء ATP من جزيئات ADP ومجموعة الفوسفات كما في المعادلة الآتية .

$$ADP + Pi + \text{طاقة} \xrightarrow[\text{بناء ATP}]{\text{أنزيم}} ATP$$

لاحظ الإجابة بسيطة وفق خطوات مرتبة .

ملاحظة : ينتج عن كل جزيء من NADH ثلاثة جزيئات من ATP وجزيئين منه من $FADH_2$ .لماذا؟

تنشط الالكترونات التي تساهم بها جزيئات NADH المضخات البروتينية الثلاثة كلها فينتج 3ATP ، في حين تنشط الالكترونات التي تساهم بها $FADH_2$ مضختين بروتينيتين فقط فينتج 2ATP ، مما يؤدي الى نشوء تدرج بروتوني في الفراغ بين الغشائين والحشوة .

سؤال :ما مصير جزيئات ATP التي تكونت داخل الحشوة ؟

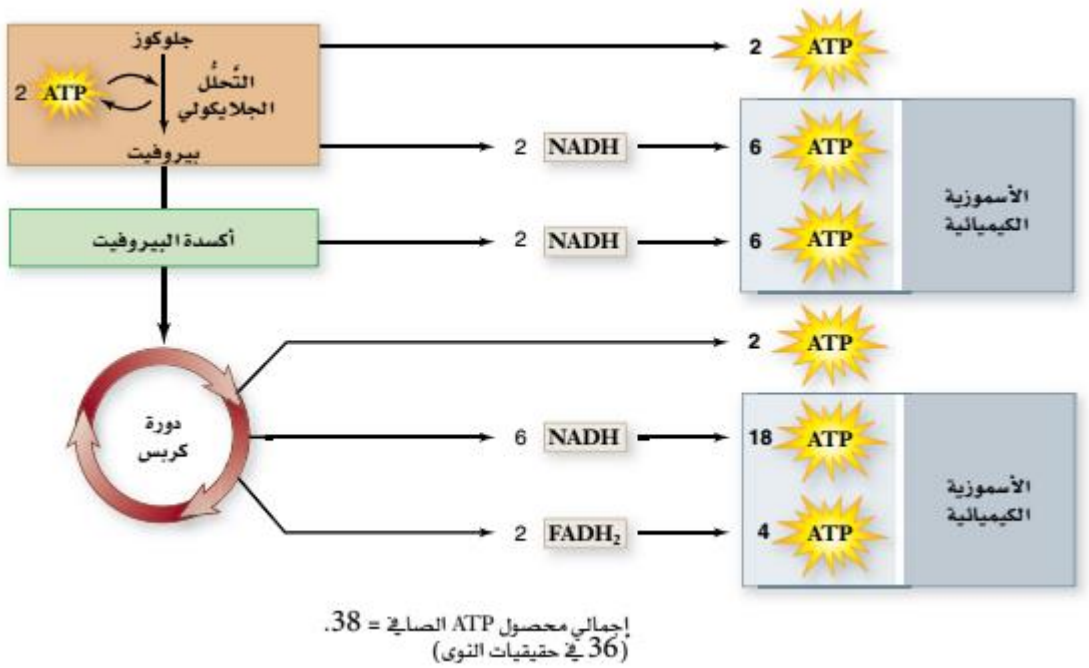
بعد تصنيع جزيئات ATP داخل الحشوة يتم تصديرها بواسطة بروتين خاص الى السيتوبلازم لتستخدمه الخلية .

سؤال : ما مستقبل الالكترونات النهائي في سلسلة نقل الالكترون في عملية التنفس الخلوي ؟

في نهاية سلسلة نقل الالكترون يكون الاكسجين هو المستقبل النهائي للالكترونات ، يحث يتم ربط الهيدروجين والأكسجين لتكوين $H_2O$ كما توضح المعادلة الآتية .

$$2H^+ + 2e^- + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\text{أنزيم}} H_2O$$

عزيزي الطالب : لديك المخطط الآتي استعن به للإجابة عن الأسئلة الآتية :




☜سؤال : أحسب عدد جزيئات ATP الناتجة من عملية التنفس الخلوي لتحلل جزيء غلوكوز واحد .

| ناتج تحلل جزيء غلوكوز واحد هوائيا | | | | |
|---|---|---|---|---|
| المرحلة | عدد جزيئات NADH الناتجة | عدد جزيئات $FADH_2$ الناتجة | عدد جزيئات ATP الناتجة بشكل مباشر | عدد جزيئات ATP الناتجة في سلسلة نقل الالكترون ( غير مباشر) |
| التحلل الغلايكولي | 2 | 0 | 2 | 6 |
| تحول البيروفيت الى أستيل مرافق الانزيم أ | 2 | 0 | 0 | 6 |
| حلقة كربس | 6 | 2 | 2 | 22 |
| المجموع الكلي لجزيئات ATP | 30=(3×10 ) | 4 =(2×2) | 4 | 38 |

لعلك عزيزي الطالب تتساءل عن الاختلاف في المجموع الرأسي بينما المجموع الأفقي صحيح .

الإجابة بسيطة : كم عدد الجزيئات المجموعة عموديا في العمود الأخير أكيد اجابتك صحيحة 34 ولكن الحسابات تختلف لان كل جزيء NADH يعطي 3ATP وكل جزيء $FADH_2$ يعطي جزيئان من ATP . والحسابات السابقة في العمود الأخير خاصة بالطاقة الغير مباشرة ويساوي ( 34 ATP ) أضف اليها ( 4 ATP ) مباشرة فيكون المجموع 38 جزيء .

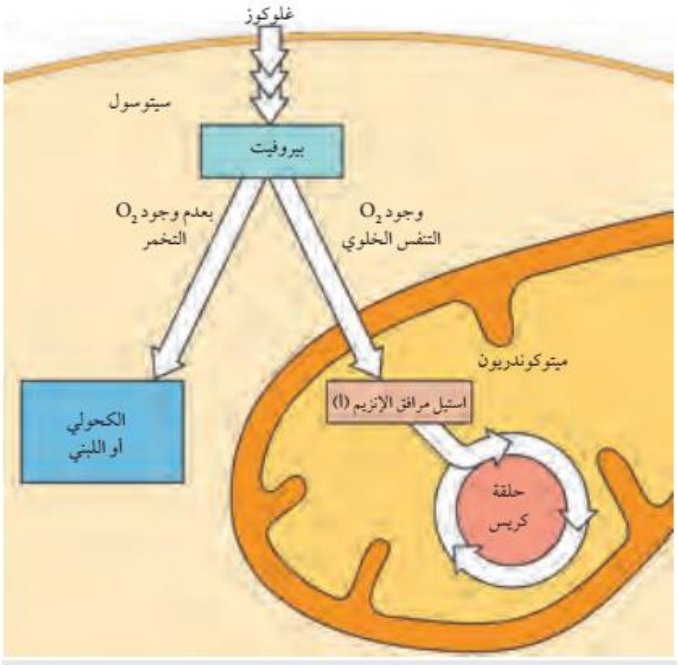
## ثانيا : التنفس اللاهوائي Anaerobic Respiration

تحدث عند بعض الكائنات الحية حيث يتم تحليل الغلوكوز لاهوائيا بمعزل عن الأكسجين .

تشبه هذه العملية التنفس الهوائي بكافة مراحلها ، الا أن مستقبل الالكترونات النهائي لا يكون الأكسجين ، وانما مركبات أخرى أقل فاعلية من الأكسجين .

مستقبل الالكترونات النهائي في بكتيريا الكزاز هو ( $SO_4^{-2}$ ) .

## ثالثا : التخمر Fermentation




لشرح موضوع التخمر لاحظ عزيزي الطالب الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :

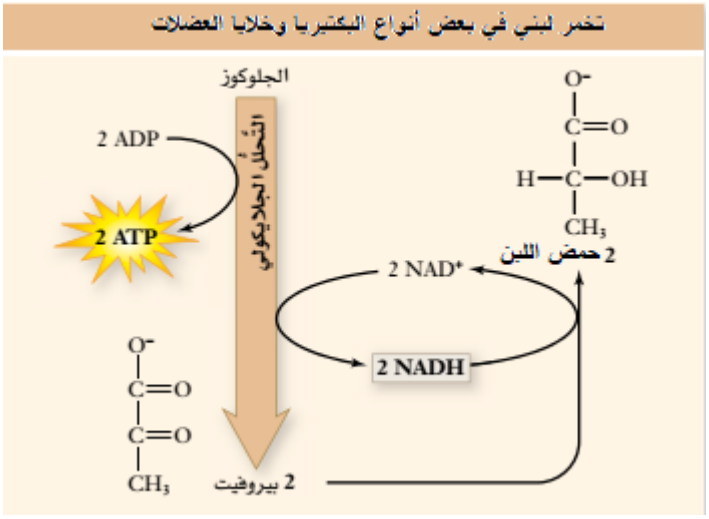
1. ماذا يمثل الشكل الذي أمامك ؟
   - ✓ حدوث تحلل غلايكولي .
   - ✓ مصير البيروفيت في حال توفر الأكسجين أو عدم توفره.
2. ماذا يحدث في حالة وجود الأكسجين ؟

   يحدث تنفس خلوي هوائي .
3. ماذا يحدث في حالة عدم توفر الأكسجين ؟

   حدوث نوعين من التخمر اما لبني أو كحولي .
4. أين يحدث كلا من التخمر الكحولي واللبني ؟

   في السيتوسول .

عزيزي الطالب تمعن الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة التالية .




1. ماذا يمثل الشكل ؟

   عملية التخمر اللبني .
2. أين يحدث هذا النوع من التخمر ؟

   في خلايا العضلات وبعض أنواع البكتيريا .
3. ماذا ينتج من تحلل جزيء غلوكوز واحد في المرحلة الأولى ؟

   2 حمض البيروفيت .
4. ماذا يحدث للبيروفيت في المرحلة الثانية ؟

   يتحول الى حمض اللبن .
5. كم عدد جزيئات ATP ، NADH التي نتجت في المرحلة الأولى ؟

   2ATP ، 2 NADH .
6. كم عدد جزيئات NADH التي استهلكت في تفاعل المرحلة الثانية ؟

   2 NADH .
7. ما ناتج المرحلة الثانية من تحلل جزيء غلوكوز ؟

   2 حمض اللبن ، $2NAD^+$ .
8. كم عدد جزيئات ATP الناتجة بشكل نهائي في هذه العملية؟

   2 ATP .
9. كم عدد ذرات الكربون في كل من مركب حمض اللبن والبيروفيت .

   حمض اللبن : 3C ، البيروفيت : 3C .

و الآن عزيزي الطالب من خلال الإجابة عن الأسئلة السابقة نستطيع تلخيص عملية التخمر اللبني .

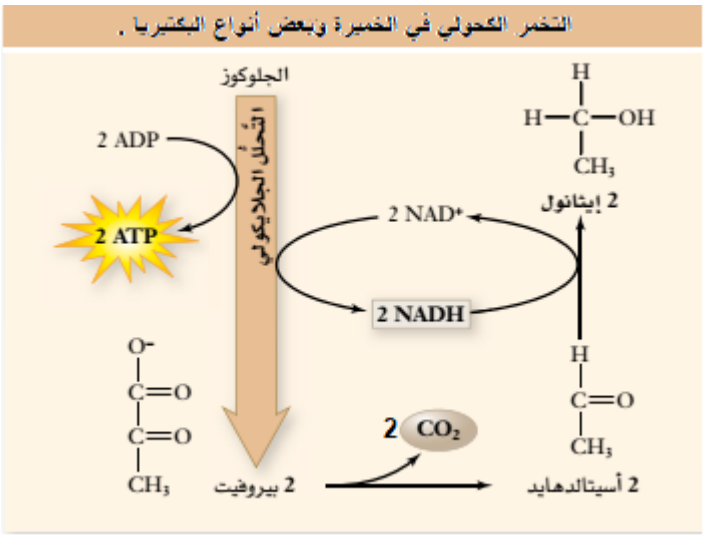
**التخمّر اللبني :**

- ✓ يحدث هذا النوع من التخمر في غياب الأكسجين .
- ✓ يمر جزيء الغلوكوز بمرحلة التحلل الغلايكولي .
- ✓ ينتج من العملية مركبين من البيروفيت ( 2 جزيء ) .
- ✓ تحدث عملية التخمر اللبني عند بعض أنواع البكتيريا وفي خلايا العضلات .
- ✓ يتحول البيروفيت الى حمض اللبن .
- ✓ يكون ناتج الطاقة النهائي 2 ATP .

ونضيف الآن الجديد :

- ✓ يستفيد الانسان من التخمر اللبني في صناعة المخللات ،
- ✓ وتضطر خلايا العضلات أحيانا للقيام بالتخمر اللبني لانتاج الطاقة عند القيام بمجهود عال وعدم مقدرة الدم على نقل كمية كافية من الأكسجين لها .
- ✓ يتراكم حمض اللبن في خلايا العضلات ، مما يسبب اعياء العضلة .

عزيزي الطالب تمعن الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة التالية .



التخمر الكحولي في الخميرة وبعض أنواع البكتيريا .

1. ماذا يمثل الشكل ؟

عملية التخمر الكحولي .

2. أين يحدث هذا النوع من التخمر ؟

في فطر الخميرة وبعض أنواع البكتيريا .

3. ماذا ينتج من تحلل جزيء غلوكوز واحد في المرحلة الأولى ؟

2 حمض البيروفيت .

4. ماذا يحدث للبيروفيت في المرحلة الثانية ؟

يتحول الى أستيل ألدهايد .

5. كم عدد جزيئات ATP ، NADH ، التي نتجت في المرحلة الأولى ؟

2ATP ، 2 NADH .

6. كم عدد جزيئات NADH التي استهلكت في تفاعل المرحلة الثالثة ؟

2 NADH .

7. ما ناتج المرحلة الثانية من تحلل جزيء غلوكوز ؟

2 أستيل ألدهايد ، $2CO_2$ .

8. ما ناتج المرحلة الثالثة من تحلل جزيء بيروفيت ؟

جزيء واحد ايثانول .

9. كم عدد جزيئات ATP الناتجة بشكل نهائي في هذه العملية؟

2 ATP .

10. كم عدد ذرات الكربون في البيروفيت والأستيل ألدهايد والايثانول .

البيروفيت : 3C ، الأستيل ألدهايد : 2C ، الايثانول : 2C

11. ما صيغة مركب الكحول من الشكل ؟

( $C_2H_5OH$ )

و الآن عزيزي الطالب من خلال الإجابة عن الأسئلة السابقة نستطيع تلخيص عملية التخمر الكحولي

**التخمّر الكحولي :**

- ✓ يحدث هذا النوع من التخمر في غياب الأكسجين .
- ✓ يمر جزيء الغلوكوز بمرحلة التحلل الغلايكولي .
- ✓ ينتج من العملية مركبين من البيروفيت ( 2 جزيء ) .
- ✓ تحدث عملية التخمر الكحولي عند بعض أنواع البكتيريا وفي فطر الخميرة .
- ✓ يتحول البيروفيت الى أستيل الدهايد ثم الى ايثانول وينتج من هذه العملية $CO_2$ .
- ✓ يكون ناتج الطاقة النهائي 2 ATP .

ونضيف الآن الجديد :

- ✓ يستفيد الانسان من التخمر الكحولي في صناعة الكحول والخبز والمخللات .

☜ ستحتاج لهذا التلخيص عند عمل مقارنة .

لعلك لاحظت عزيزي الطالب أن $NAD^+$ نتج عن عمليتي التخمر اللبني والتخمر الكحولي ، وحسب رأيك لو لم يتوفر $NAD^+$ هل يمكن حدوث التفاعل ، طبعا الإجابة لا لذلك كان لابد من إعادة استهلاك NADH ليتحول الى $NAD^+$ .

☜ الهدف من عملية التخمّر إعادة انتاج +NAD من NADH لضمان استمرارية حدوث التحلل الغلايكولي

**التكامل بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي :**

عزيزي الطالب : تأمل الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة التي تليه.

1. أكتب نواتج البناء الضوئي .
   سكر الغلوكوز ، وأكسجين .
2. عدد المواد الداخلة في تفاعلات التنفس الخلوي .
   سكر الغلوكوز ، وأكسجين .
3. ماذا تستنتج من مقارنة الاجابتين 1، 2 ؟
   ان المواد الناتجة من عملية البناء الضوئي هي مواد داخلة في عملية التنفس الخلوي ( كمتفاعلات ) والعكس صحيح بالنسبة للمواد الناتجة من التنفس الخلوي هي متفاعلات في عملية البناء الضوئي .
4. قارن بين +NADP في البناء الضوئي و+NAD في التنفس من حيث الوظيفة ؟
   نلاحظ أن كلا من +NADP ، +NAD لهما نفس التركيب لهما دور في اختزال الالكترونات .
5. ماذا تسمى البروتينات المتواجدة في أغشية البلاستيدات الخضراء والميتوكندريا ؟
   سلسلة نقل الالكترون .

الشكل (17): التكامل بين البناء الضوئي والتنفس الخلوي

يمكنك الآن عزيزي الطالب كتابة الملخص :

المواد الناتجة من عملية البناء الضوئي هي مواد داخلة في عملية التنفس الخلوي ( كمتفاعلات ) والعكس صحيح بالنسبة للمواد الناتجة من التنفس الخلوي هي متفاعلات في عملية البناء الضوئي .

كل من NADP+ و+NAD لهما نفس التركيب ولهما دور في اختزال الالكترونات في عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي الهوائي .

كلا العمليتين تحتويان على سلسلة الالكترون في أغشية البلاستيدات الخضراء والميتوكندريا .

## الفصل الثاني : من الجين الى البروتين From Gene to Protein .

- ✓ فرضية جين واحد – أنزيم واحد : هي الفرضية التي تفسّر العلاقة بين الجينات والبروتينات .
- ✓ دور العالمان بيدل وتاتوم : قاما باحداث طفرات على جينات معينة بهدف التعرف على تأثيرها في الكائن الحي .
- ✓ درسا تأثير الطفرات على فطر نيوروسبورا والذي يسبب عفن الخبز وحصلا على نتيجة وهي اتلاف موقع واحد أثر على انتاج انزيم واحد .
- ✓ تبيّن للعلماء بعد ذلك أن الجينات لا تؤثر في انتاج الأنزيمات فقط وانما تؤثر في بروتينات أخرى أيضا .
- ✓ تم تعديل الفرضية حيث تبين للعلماء أن جينا واحدا يكون مسؤولا عن انتاج سلسلة عديد ببتيد واحدة .
- ✓ حدوث طفرة وراثية في موقع أحد الجينات أثر على تركيب بروتين الهيموغلوبين ونتج عنها مرض اللأنيميا المنجلية.
- ✓ خلص القول فيما بعد أن جينا واحدا يتحكم في انتاج عدة بروتينات .
- ✓ عدد أنواع الاحماض الامينية 20 نوع .
- ✓ جورج قامو أثبت بشكل رياضي أن أقل عدد يلزم من النيوكليوتيدات لتشفير حمض أميني واحد هو ثلاثة نيوكليوتيدات .
- ✓ تسمى الوحدات الثلاثية على جزيء mRNA بالكودون .
- ✓ كل كودون يشفر حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد .
- ✓ العالم نيرنبيرغ ومساعدوه تمكن من معرفة جميع الكودونات اللازمة لتشفير الحموض الأمينية .

**عزيزي الطالب انظر الى جدول الشيفرة ثم أجب عن الأسئلة الآتية :**

الجدول (1): الشيفرة الوراثية في جزيء mRNA

| الحرف الأول | الحرف الثاني U | | الحرف الثاني C | | الحرف الثاني A | | الحرف الثاني G | | الحرف الثالث |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| U | UUU | فينيل الانين | UCU | سيرين | UAU | تيروسين | UGU | سيستين | U |
| | UUC | | UCC | | UAC | | UGC | | C |
| | UUA | ليوسين | UCA | | UAA | توقف | UGA | توقف | A |
| | UUG | | UCG | | UAG | | UGG | تربتوفان | G |
| C | CUU | ليوسين | CCU | برولين | CAU | هستدين | CGU | أرجينين | U |
| | CUC | | CCC | | CAC | | CGC | | C |
| | CUA | | CCA | | CAA | غلوتامين | CGA | | A |
| | CUG | | CCG | | CAG | | CGG | | G |
| A | AUU | ايزو ليوسين | ACU | ثريونين | AAU | أسبرجين | AGU | سيرين | U |
| | AUC | | ACC | | AAC | | AGC | | C |
| | AUA | | ACA | | AAA | لايسين | AGA | ارجينين | A |
| | ميثيونين أو بدء AUG | | ACG | | AAG | | AGG | | G |
| G | GUU | فالين | GCU | الانين | GAU | حمض أسبرتيك | GGU | غلايسين | U |
| | GUC | | GCC | | GAC | | GGC | | C |
| | GUA | | GCA | | GAA | حمض غلوتميك | GGA | | A |
| | GUG | | GCG | | GAG | | GGG | | G |

**1- كم عدد أنواع الكودونات التي يمكن أن تكون على سلسلة mRNA ؟**

1 - 64 كودون

**2- ما كودونات البدء والايقاف ؟**

كودون البدء AUG والذي يشفّر الميثيونين كودونات الإيقاف UAA , UAG , UGA . ( للحفظ ) ☞

3- **ما الكودون الذي يشفّر حمض أميني واحد عدا الميثيونين ؟**
التريبتوفان UGG .

4- **هل يمكن أن يشفّر الحمض الأميني بأكثر من كودون ، وضّح ذلك بالأمثلة .**
نعم مثلا البرولين يشفّر بأكثر من كودون CCA , CCC , CCU ولكن CCU لا يمكن أن يشفّر الا ليوسين فقط .

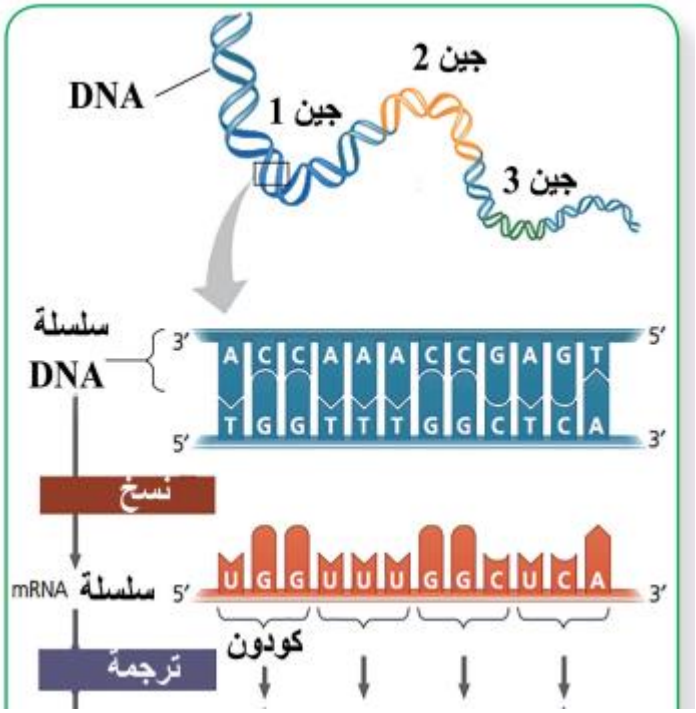
5- **بماذا تختلف الكودونات التي تشفر الحمض الأميني ؟**
تختلف باختلاف نوع النيوكليوتيدات وترتيبها .

## بناء البروتين .

عملية بناء البروتين هي العملية التي يتم فيها تحويل تسلسل معيّن من النيوكليوتيدات على جزيء DNA الى لغة مفهومة يتم ترجمتها بواسطة الرايبوسوم ، ليتم بناء سلسلة عديد الببتيد .
تمر عملية بناء البروتين بمرحلتين هما النسخ والترجمة .

### أولا : نسخ الشيفرة الوراثية Transcription .

**عزيزي الطالب تأمل الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة التي تليه .**




1- **مم يتركيب شريط DNA ؟**
يتركب من سلسلتين

2- **ما الذي يتواجد على السلاسل ؟**
يتواجد جينات

3- **ما تتابع السلسلة 5′ ⟵ 3′ على شريط DNA ؟**
ACCAAACCGAGT

4- **ما متممات القواعد النيتروجينية التالية؟**
T - A
A - T
G - C
C - G

5- **قارن بين التسلسل 3′ ⟵ 5′ في شريط DNA ، شريط mRNA .**
أن التسلسل 3′ ⟵ 5′ في شريط DNA هو نفسه التسلسل 3′ ⟵ 5′ في شريط mRNA ولكن بدل من القاعدة النيتروجينية T في السلسلة المتممة الثانية لDNA القاعدة النيتروجينية U على شريط mRNA .

6- **ما العملية التي نتجت عنها سلسلة mRNA ؟**
عملية النسخ .

7- **أي السلسلة في جزيء DNA الذي حدثت له عملية النسخ؟**
السلسلة 5′ ⟵ 3′ على شريط DNA .

8- **ما اسم الثلاثة نيوكليوتيدات على شريط mRNA ؟**
كودون

9- **أكتب سلسلة عديد الببتيد الناتجة عن عملية الترجمة بالاستعانة بجدول الشيفرة .**
سيرين – غلايسين – فينيل ألانين – تريبتوفان .

☜لعلك استنتجت من الأسئلة السابقة ما يلي :

- ✓ يتم نسخ mRNA من احدى سلسلتي DNA والتي عملت كقالب لعملية النسخ .
- ✓ mRNA سلسلة مفردة تحمل المعلومات الخاصة بصنع البروتين الذي تحتاجه الخلية .
- ✓ ينتقل mRNA الرسول من النواة الى السيتوسول ، حيث يشكل قالبا لصنع البروتين من قبل الرايبوسوم .
- ✓ تبدأ عملية النسخ لجزء محدد من سلسلة DNA القالب بواسطة انزيم بلمرة RNA .
- ✓ ينسخ mRNA من رموز الشيفرة في DNA القالب بشكل متمم .
- ✓ يحل محل U محل T على شريط mRNA الذي يتمم A .

**RNA الناقل tRNA**

شريط مفرد تم نسخه من DNA من جين خاص به بواسطة انزيم بلمرة RNA وهو عبارة عن سلسلة مفردة تلتف على نفسها مكونة أربع حلقات ، والحلقة الثانية تمثل كودونا مضادا يكون متمما للكودون على شريط mRNA .

**RNA الرايبوسومي rRNA**

يدخل في بناء الرايبوسوم .

يعمل على ربط الحموض الأمينية بروابط ببتيدية أثناء عملية الترجمة ، ويوجد منه عدة أنواع ويبنى على شكل كروي.

☜✋ يتم نسخ الأنواع الثلاثة من RNA من جينات خاصة لكل نوع موجودة ضمن تسلسل DNA وذلك بواسطة انزيمات بلمرة RNA .

**مراحل بناء سلسلة عديد الببتيد ( البروتين )**

**أولا : نسخ ( mRNA ) Transcription**

**لاحظ عزيزي الطالب الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة التي تليه للتمكن من كتابة الملخص.**

1- تعرّف على الشكل الأول من الأعلى ، ماذا تلاحظ ؟

أنزيم بلمرة ، نقطة بدء ، جين ،
المحفّز ، نقطة الانهاء ، منطقة الانهاء

2- من الذي يقوم بالدور في عملية النسخ والمتحرك في الأشكال الأربعة ؟

انزيم البلمرة .

3- عند أي نقطة يرتبط انزيم البلمرة .

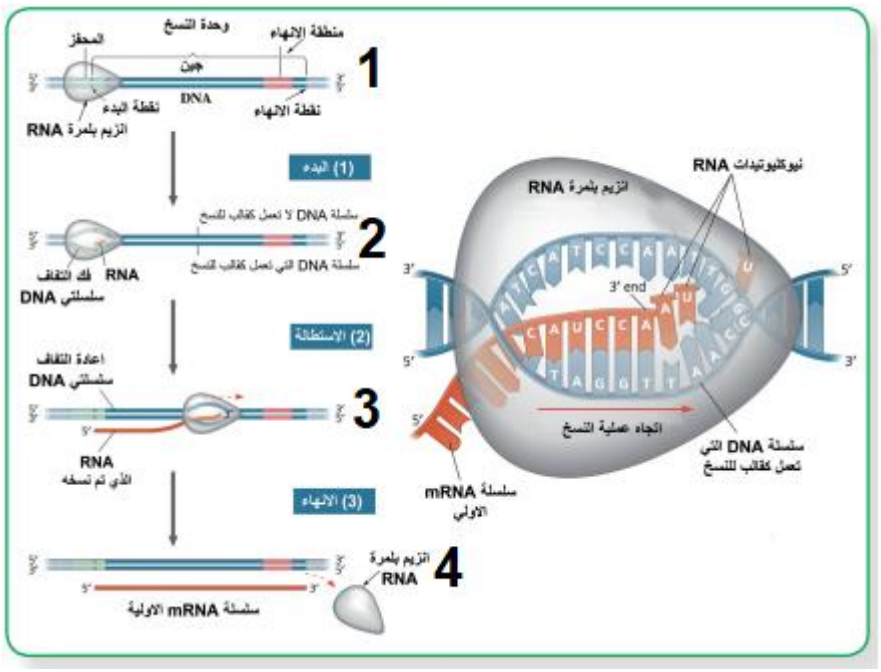
نقطة البدء .

4- ما دور المحفّز ؟

عبارة عن تتابع معيّن من
النيوكليوتيدات يعتبر كمحفز لارتباط
انزيم البلمرة عند نقطة البدء .

5- أذكر مرحل عملية النسخ .

مرحلة بدء
مرحلة استطالة
مرحلة انهاء




6- ماذا يحدث لسلسلتي DNA في الشكل الثاني بعد ارتباط انزيم البلمرة ، وفي أي مرحلة ؟

يتم فك الالتفاف لسلسلتي DNA عن بعضهما البعض .

7- ماذا حدث لسلسلتي DNA بعد مرور انزيم البلمرة عنها في الشكل 3 ؟
عادت السلسلتين للالتفاف مرة أخرى بعد مرور الانزيم .
8- ماذا حدث لانزيم البملرة في الشكل الأخير 4 ؟
فك ارتباطه بالـ DNA .
9- من عند أي نقطة يبدأ النسخ وعند أين نقطة ينتهي النسخ ؟
تبدأ عملية النسخ عند نقطة البدء وتنتهي عند نقطة الانهاء .
10- أذكر الأدوار التي قام بها انزيم البلمرة ؟
- ✓ التعرف على بداية الجين المراد نسخه
- ✓ الاتباط بالمحفز
- ✓ فك التفاف سلسلتي DNA
- ✓ إضافة نيوكليوتيدات للسلسلة النامية من mRNA التي تم نسخها وربطها مع بعضها البعض بشكل متمم لشريط DNA المنسوخ .

11- ما النتيجة النهائية لعملية النسخ ؟
تكوّن سلسلة mRNA الأولية .

**والآن عزيزي الطالب هيا بنا نجمع الأفكار من الإجابات السابقة ثم نلخص الموضوع .**

**مرحلة البدء :**
يرتبط أنزيم البلمرة على بداية الجين المراد نسخه من سلسلة DNA عند منطقة المحفز ( تتابع معيّن من النيوكليوتيدات ) ، فيتم فتح سلسلتي DNA الملتفتين في هذا الموقع ويبدأ أنزيم البلمرة بالنسخ .

**مرحلة الاستطالة :**
يعمل انزيم البلمرة على إضافة نيوكليوتيدات ، بحيث تكون متممة لتلك الموجودة على سلسلة DNA القالب ، تبدأ سلسلة mRNA في التكوّن ، وبمجرد مرور الانزيم تعود سلسلتا DNA الى الالتفاف مرة أخرى ويستمر إضافة نيوكليوتيدات فيستطيل جزيء mRNA .
سلسلة DNA ، فتنطلق سلسلة mRNA الجديدة التي تم نسخها والتي تسمى حينها mRNA الأولى حيث تمر بمرحلة المعالجة لتتحول الى mRNA الناضج الوظيفي .

☜ سؤال / وضّح مراحل معالجة mRNA الأولي .

1- إضافة قبعة Capping
يتم إضافة نيوكليوتيدة ( G ) الى النيوكليوتيد الأول في شريط mRNA في نهاية السلسلة '5 برابطة ثلاثية الفوسفات .
دور القبعة : لها دور مهم في ثبات وحماية mRNA من التحلل في السيتوبلازم ولها دور مهم في عملية الترجمة ، حيث تشكل إشارة لارتباط mRNA بالرايبوسوم .

2- إضافة ذيل أدنين Polyadenylation
يتم إضافة ذيل عديد الأدنين ( وحدات متكررة 50- 250 وحدة ) الى الجزء الأخير في شريط mRNA في نهاية السلسلة '3 والهدف من إضافة الذيل هو مساعدة mRNA في خروجه من الغلاف النووي الى السيتوسول والحفاظ على ثباته وعدم تحطمه في السيتوبلازم .

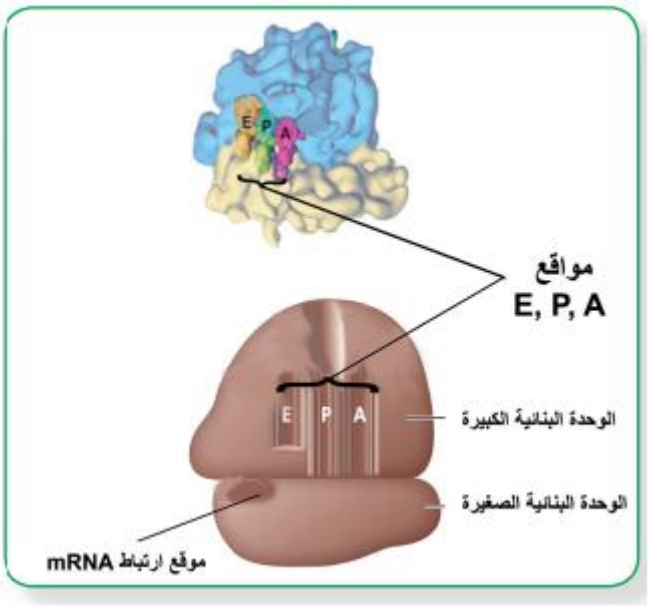
3- إزالة الانترونات Splicing
يحتوي شريط mRNA المنسوخ على الانترونات وهي الأجزاء غير الفاعلة والتي لاتترجم و أكسونات وهي الأجزاء الفاعلة والتي سيتم ترجمتها الى أحماض أمينية ، فيتم إزالة الأجزاء غير الفاعلة وربط الاكسونات معا وتكوين mRNA الناضج .

## ثانيا : الترجمة Translation

- ✓ وهي عملية يتم خلالها تحويل الشيفرة الوراثية الى لغة جزيئية مفهومة ، وذلك بتحويل تسلسل النيوكليوتيدات في mRNA الى تسلسل الحموض الأمينية ( بناء البروتين ) .
- ✓ تمر عملية الترجمة بثلاث مراحل وهي بدء ، استطالة ، انهاء .
- ✓ من شروط حدوث عملية الترجمة هي : توفر كل من mRNA الحامل للشيفرة ، جزيئات tRNA الحاملة للحموض الأمينية ، والرايبوسومات ( عضيات بناء البروتين ) .

قبل أن نبدأ بتلخيص عملية الترجمة ومراحلها لابد من أن تتعرف عزيزي الطالب على تركيب الرايبوسوم .

لاحظ عزيزي الطالب الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة الآتية :




1- مم يتكوّن الرايبوسوم ؟
يتكون الرايبوسوم من وحدتين بنائيتين ، وحدة بنائية كبيرة Large Subunit ووحدة بنائية صغيرة Small Subinit .

2- أين يقع موقع ارتباط mRNA ؟
على الوحدة البنائية الصغيرة .

3- سمّ المواقع ، ومكان وجودها ؟
موقع A : موقع ارتباط tRNA الحامل للحمض الأميني الذي سيضاف للسلسلة النامية من عديد الببتيد .
موقع P : موقع ارتباط tRNA الحامل للسلسلة النامية من عديد الببتيد
موقع E : موقع مغادرة tRNA للرايبوسوم بعد تفريغ شحنته من الحامض الأميني .
هذه المواقع هي انغمادات على الوحدة البنائية الكبيرة .

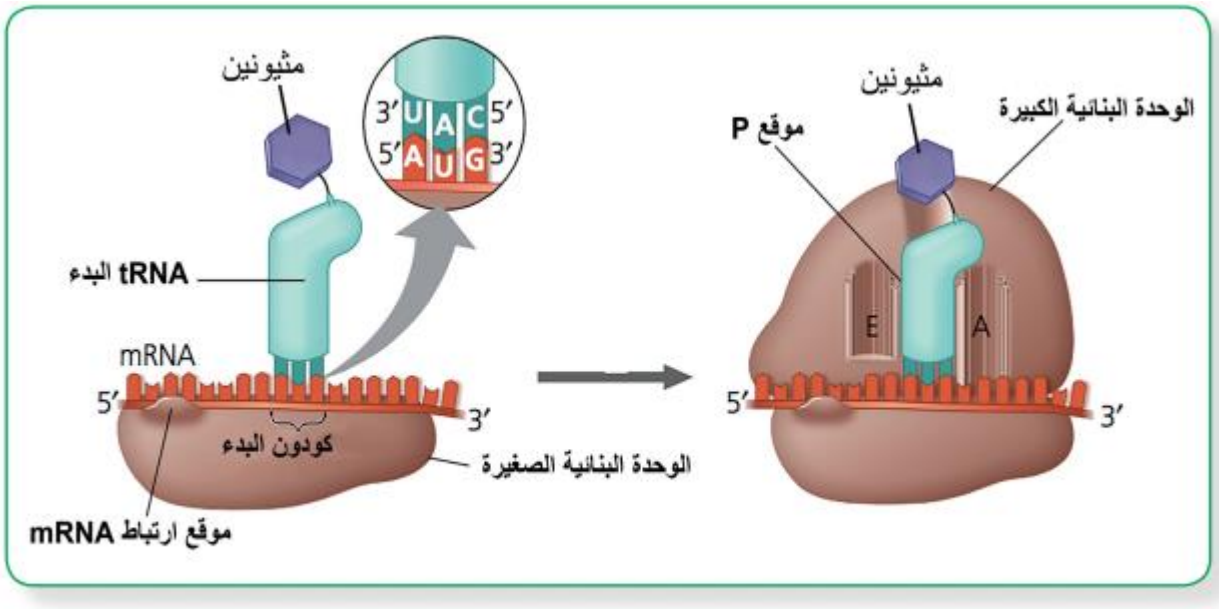
☜ يعدّ الرايبوسوم بمثابة المصنع الذي يتم من خلاله ربط الحموض الأمينية بعضها ببعض لبناء سلسلة عديد الببتيد .

☜ الوحدات البنائية للرايبوسوم تتكون من جزيئات rRNA ( وحدات وظيفية ) ، وبروتينات ( الأجزاء التركيبية للرايبوسوم )

## مراحل عملية الترجمة

❶ مرحلة البدء Initiation

عزيزي الطالب أنظر الشكل ( 6 ) ثم أجب عن الأسئلة الآتية :



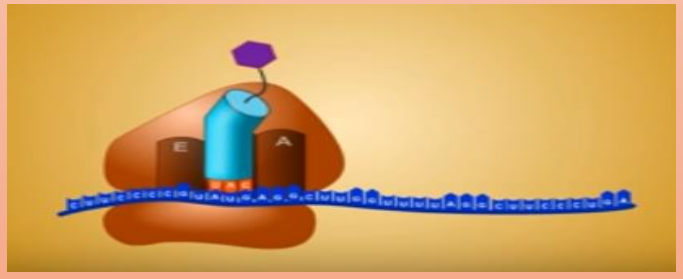

شكل (6): المرحلة الأولى للترجمة؛ البدء

1- ما الذي ارتبط مع الوحدة البنائية الصغيرة .
شريط mRNA ، tRNA .
2- ما كودون البدء ؟
AUG
3- ما الكودون المضاد على شريط tRNA ؟
UAC
4- ما الحمض الأميني الذي يحمله tRNA ؟
مثيونين
5- في أي موقع على الوحدة البنائية الكبيرة ارتبط tRNA ؟
في الموقع P .
6- متى ارتبطت الوحدة البنائية الكبيرة مع الوحدة البنائية الصغير؟
بعد ارتباط mRNA ، tRNA على الوحدة البنائية الصغيرة .
7- ترتبط الثلاثيات من القواعد النيتروجينية في الكودون و الكودون المضاد بروابط ، ما نوعها ؟
روابط هيدروجينية .

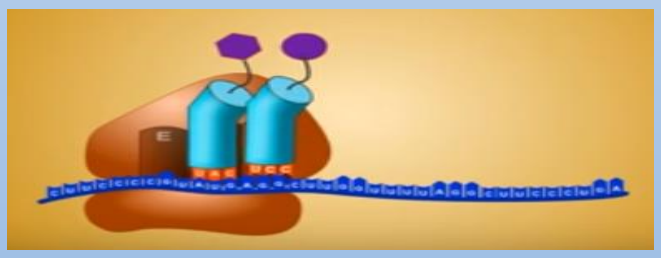
أ. يترتبط mRNA بالوحدة البنائية الصغيرة على الرايبوسوم ، ويكون كودون البدء ( AUG ) في الموقع P ، فيرتبط tRNA الحامل للمثيونين على كودون البدء .
ب. ترتبط الوحدة البنائية الكبيرة بالوحدة البنائية الصغيرة ، ومع نهاية العملية يكون tRNA الحامل للحمض الأميني مثيونين في الموقع P ، أما الموقع A فيكون فارغا ومستعدا لاستقبال tRNA التالي .

## ❷ مرحلة الاستطالة Elongation

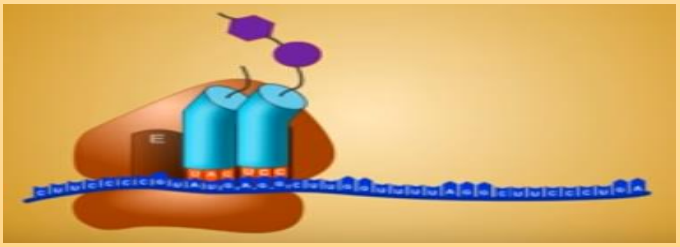
لشرح وتلخيص هذه المرحلة تتبع معي هذه الخطوات وقارن الشرح بالأشكال .



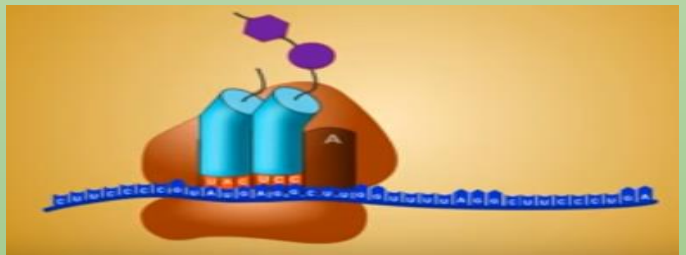

**لاحظ أن الموقع A فارغا بينما الموقع P مشغول بـ tRNA حامل للحمض الأميني مثيونين .**



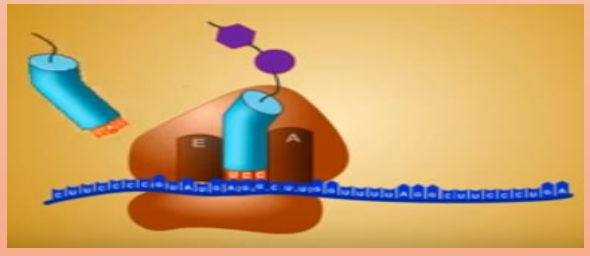

**في هذا الشكل اضيف حمض أميني جديد مع حامله tRNA فارتبط في الموقع A .**
**الآن الموقعين P , A مشغولان بينما الموقع E فارغا ، فيتحرك الرايبوسوم بمقدار كودون واحد باتجاه اليمين .**



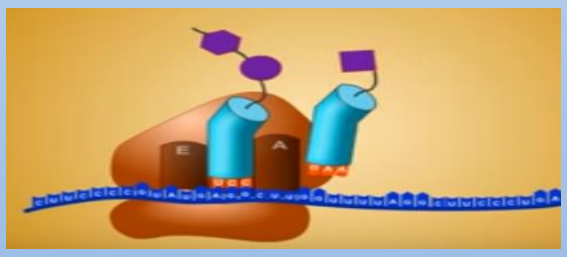

**لاحظ أن الحمض الأميني الأول الذي كان مرتبطا بـ tRNA انفصل عنه وتكونت رابطة بين الحمضين وهي رابطة ببتيدية.**
**باعتقادك من الذي عمل على تكوين الرابطة الببتيدية .**
**صحيح هو rRNA .**



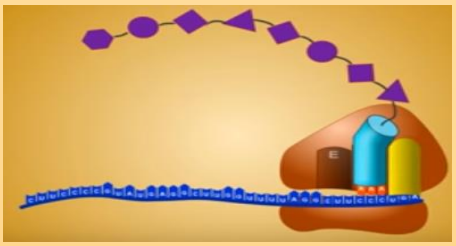

**في الشكل المقابل تحرك الرايبوسوم بمقدار كودون واحد فينكشف الموقع A أما الموقع E فيكون مشغولا بـ tRNA بدون حمض أميني .**

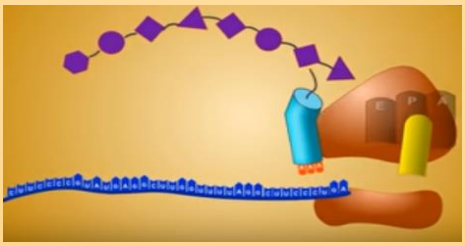


يغادر tRNA الفاقد للحمض الأميني الموقع E.



تتكرر المراحل السابقة وفي كل مرة يضاف حمض أميني جديد للسلسلة النامية من عديد الببتيد وبحركات متكررة أيضا للرايبوسوم بمقدار كودون واحد في كل مرة .





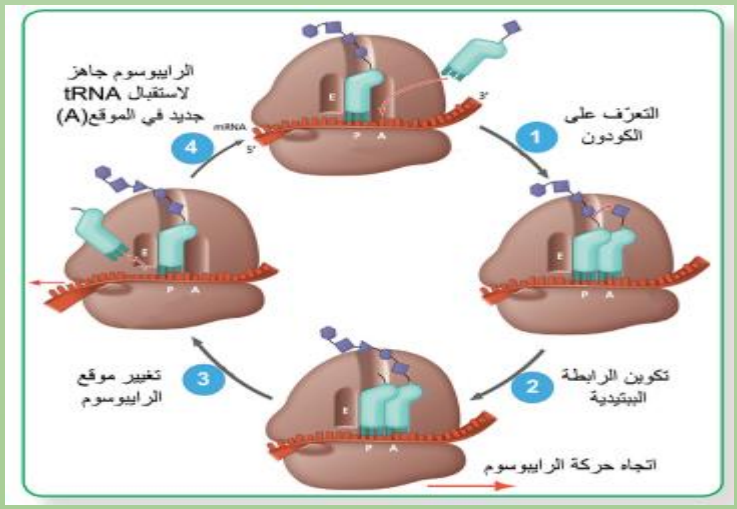
**متى تتوقف عملية الترجمة ، ولماذا ؟**

عندما يصل الرايبوسوم الى أحد كودونات الإيقاف ( UAA, UAG , UGA )

لأن هذه الكودونات لا تشفّر أية حمض أميني ، وبالتالي يأتي دور عامل الاطلاق ( عامل بروتيني خاص Relase Factor . فتتوقف عملية الترجمة وتنفصل سلسلة عديد الببتيد المتكونة ، وتنفصل الوحدتان البنائيتان للرايبوسوم .

الملخص :

أعتقد أنك فهمت الترتيب للمراحل من خلال الأشكال السابقة .




يتم إضافة الحموض الأمينية في هذه المرحلة واحدا تلو الآخر .

أ. يرتبط الكودون المضاد في tRNA الحامل للحمض الأميني بروابط هيدروجينية مع الكودون المتمم على mRNA في موقع ( A ).

ب. يعمل rRNA في الوحدة البنائية الكبيرة كإنزيم رايبوزيم على تكوين الرابطة الببتيدية بين الحمض الأميني في الموقع (P ) والحمض الأميني في الموقع ( A ) ، وعندها ينفصل tRNA عن الحمض الأميني الحامل له في الموقع (P) ، ويخرج من الموقع (E ) عند تحرك الرايبوسوم ) .

ج. يتحرك الرايبوسوم بمقدار كودون واحد ، فينتقل tRNA من موقع ( A) الى الموقع (P) ، نتيجة لذلك يتغير موقع tRNA الحامل لثنائي الببتيد من موقع (A) الى موقع (P) ، ويصبح الموقع (A) فارغا ومستعدا لاستقبال جزيء جديد من tRNA .

- تخضع سلسلة عديد الببتيد بعد عملية الترجمة لعمليات تعديل لتكوين بروتيني فعّال منها :

1- الالتفاف : تلتف السلسلة على نفسها مكونة بروتين وظيفي فعّال ذا شكل خاص ومهم في الخلية .

2- الإضافة : يتم تعديل البروتين بإضافة سكر أو دهون ، كما يحدث في البروتينات السكرية الداخلية في تركيب الغشاء الخلوي .

3- المعالجة : تتم بطريقتين :

أ- قد يتم إضافة أو إزالة حمض أميني أو أكثر من أحد طرفي السلسلة بواسطة الانزيمات ، فقد يتم تقسيم سلسلة عديد الببتيد الى قطعتين أو أكثر ، كما يحدث في تصنيع هرمون الأنسولين .

ب- قد يتم في حالات أخرى ربط سلسلتين منفصلتين أو أكثر من سلاسل عديد الببتيد بعد تصنيعهما بشكل مستقل لتكوين بروتين فعّال كما يحدث في تصنيع بروتين الهيموغلوبين .

☜سؤال : وضح المقصود بعديد الرايبوسوم ، مع ذكر أمثلة .

قد يرتبط بنفس شريط mRNA عدد كبير من الرايبوسومات للقيام بنفس عملية الترجمة ، فبعد أن يمر الرايبوسوم بكودون البدء يرتبط رايبوسوم ثان وثالث ، فيترجم mRNA بعدد من الرايبوسومات في نفس الوقت ويتكون عدة نسخ من البروتين نفسه في آن واحد كما يحدث في الخلايا الافرازية كالغدد .

**مع تحيات مشرف الأحياء انتظرونا في الجزء الثاني ( الوراثة ) ☜**