C.N.I.I.P.D.T.I.C.E

التحول الطاقوي و المردود الطاقوي

الوضعية

يقول تيميريازيف(Timiriazeff -1877-) في كتابه « الشمس و الحياة و اليخضور » إن « الحيوانات تعتمد على النباتات في غذائها، و النباتات تعتمد على الشمس، و عموما فإن النباتات تصل كل العالم العضوي بمركز الطاقة الرئيسي في النظام الكوكبي و هذا هو دور النباتات في الكون » .

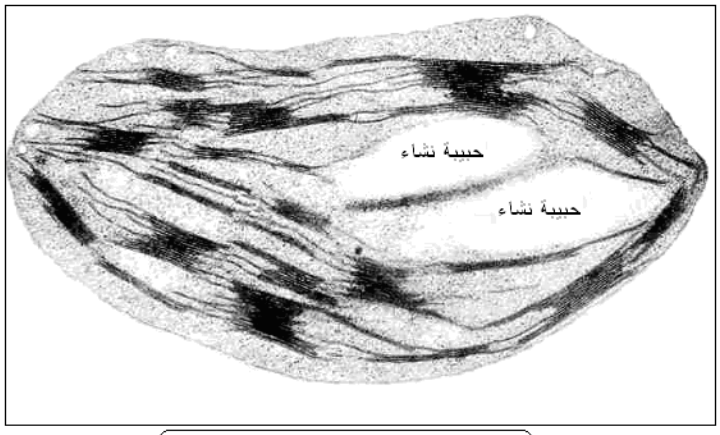
كما يقول« الوقود الممثل بالحطب و الفحم و البترول بالإضافة إلى الغذاء العضوي تعتبر وقودا شمسيا »

1. بعد تحليلك للنص الذي كتبه تيميريازيف، هل ترى أنه تمكن من إظهار التدفق الطاقة في النظام البيئي ؟ وضح ذلك.
2. على ضوء نتائج الأبحاث الحديثة في علم الخلية والمتعلقة بتحويل الطاقة،

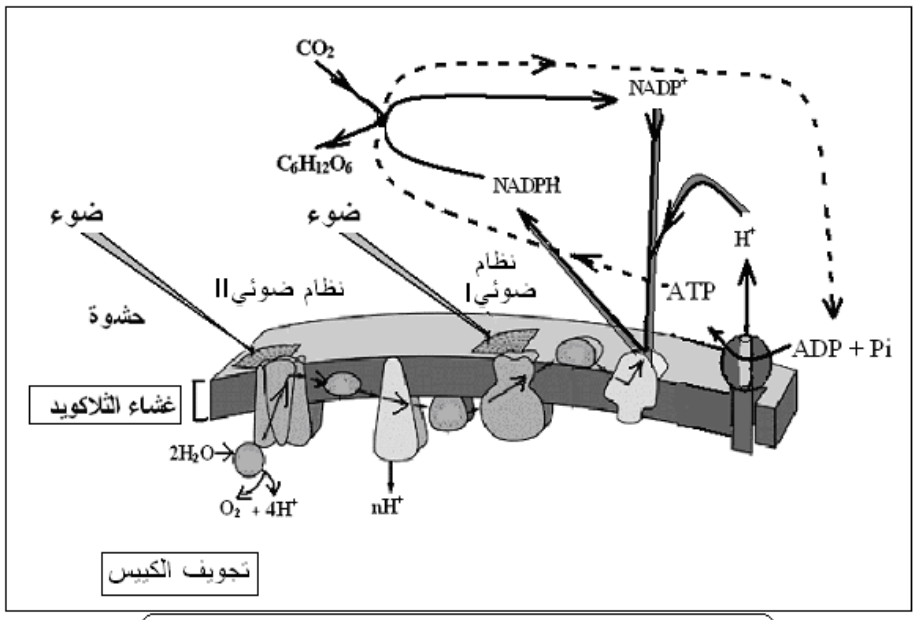
-أدرس تحويل الطاقة في خلية يخضورية مع إبراز العلاقة الموجودة بين العضيات المسؤولة.

(استعن بالوثائق المقدمة و وثائق تقدمها في العرض)

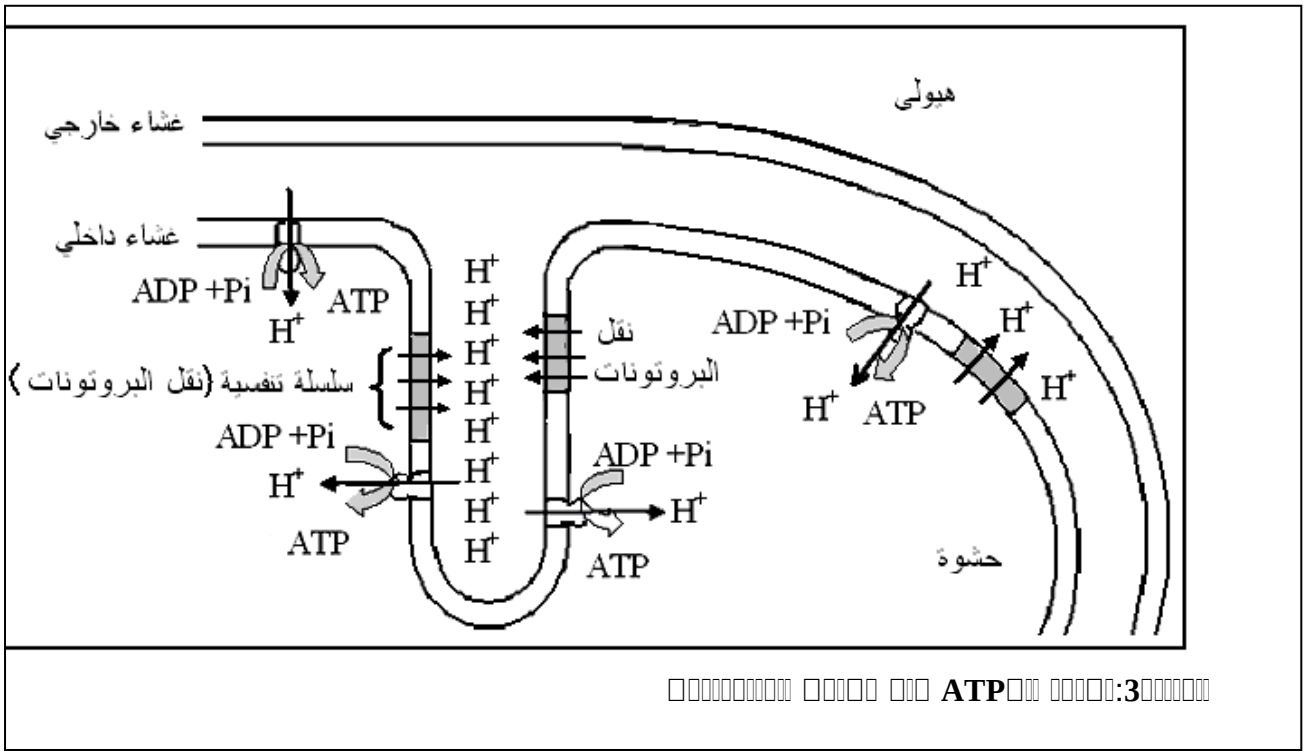
الوثائق



الوثيقة 1 صورة لما فوق صانعة خضراء



الوثيقة 2 تمثل تفاعلات مرحلتي التركيب الضوئي


هيولى
عشاء خارجي
عشاء داخلي
ADP +Pi
ATP
H+
سلسلة تنفسية (نقل البروتونات)
نقل
البروتونات
ADP +Pi
ATP
حشوة

□□□□□□□□□□□ □□□□□ □□□ **ATP**□□ □□□□□:3□□□□□□

C.N.I.I.P.D.T.I.C.E

التحول الطاقوي و المردود الطاقوي

تصحيح الوضعية

المقدمة:

1. تحليل عبارة تيميريازيف :

تمد الأرض كل صور الحياة بمختلف العناصر التي تحتاجها، ويتدخل الماءَ من أجل إتمام كل العمليات الحيوية ، أما الشمس فتزود كل هذه الصور الحياتية -من نباتية وحيوانية والإنسان- بالطاقة التي تحتاجها.

- ☜ النبات الأخضر يخزن الطاقة الشمسية في أنسجته، والحيوان يعتمد، بصفة مباشرة أو غير مباشرة، على النباتات في غذائه، فيستهلك الطاقة المأخوذة من النبات الأخضر أو حيوان أو منهما معا.
- عند جفاف الشجر الأخضر وغيره من النباتات الخضراء فإنها تتحول بقاياها إلى الحطب أو القش، أو الخشب، أو الفحم، تتحرر منها الطاقة عند الاحتراق.
- إذا دفنت البقايا النباتية في البحيرات الداخلية أو في دلتات الأنهار أو في الشواطئ الضحلة للبحار دفنا طبيعيا فإنها تتفحم بمعزل عن الهواء، متحولة تحت تأثير الضغط و الحرارة إلى الفحم الصخري،أما إذا كانت البقايا من الكائنات الدقيقة البحرية(طحالب و بكتيريا) فإن طاقة الشمس المختزنة في تلك الكائنات تتحول بمعزل عن الهواء إلى النفط والغاز الطبيعي المصاحب له.

وفي كل هذه المواد من مصادر الوقود الذي تحرق طلبا للطاقة الحرارية الكامنة فيه، يتحد أوكسجين الجو مع الكربون المتجمع في تلك المصادر محولا إياه إلى غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينطلق عائدا مرة أخرى إلى الغلاف الغازي للأرض.

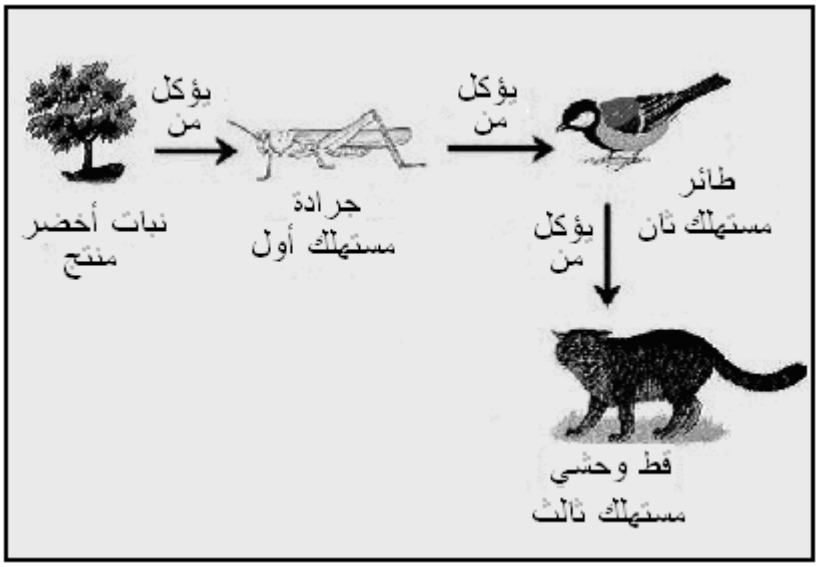
وبذلك فإن الطاقة التي استمدها النبات الأخضر من أشعة الشمس الواصلة إلى كوكب الأرض، هي نفس الطاقة التي تنطلق على هيئة اللهب الحار الناتج عن احتراق أي من مصادر الطاقة (من الخشب، أو الحطب، أو القش أو التبن أو الفحم أو الغاز أو النفط

2. و لو أن تيميريازيف لم يذكر بصورة مباشرة تدفق الطاقة عبر السلاسل الغذائية و منه النظام البيئي إلا أن قوله « الحيوانات تعتمد على النباتات في غذائها، و النباتات تعتمد على الشمس" يمكن اعتباره قد تمكن من إدراك تحويل الطاقة من المنتج الأول وهو النبات الأخضر إلى الحيوان المستهلك الأخير.

تعتمد معظم الكائنات الحية على النباتات في الحصول على الطاقة، حيث أن النباتات هي وحدها التي تستطيع أن تصنع الغذاء من المواد غير العضوية، ولذلك فإن كل الحيوانات في طور من أطوار حياتها تعتمد على النبات.وبما أن النباتات منتجة للغذاء فإنها تكون الحلقة الأولى في السلسلة الغذائية والأساس في الهرم الغذائي، و تمثل السلسلة الغذائيةتحويل المواد الضرورية لبناء الأجسام وإمدادها بالطاقة حين يتغذى كائن على كائن آخر.

نضرب على سبيل المثال، في سلسلة غذائية يأكل الأرنب فيها الأعشاب وتأكل البومة الأرنب، فإن كلاً من الأرانب والبومة مستهلكين.

بعض السلاسل الغذائية تحوي مستهلكين يأكلون فقط أجسام الكائنات الميتة، وتدعى هذه الكائنات الحية الكاسحة (الماسحة)، وبعد أن تأكل الكائنات الحية الماسحة أجسام الكائنات الميتة يأتي دور المحللات وهي كائنات حية صغيرة، منها البكتيريا والعفن التي تفكك أنسجة أجسام الكائنات الميتة.



3. تحويل الطاقة في الخلية اليخضورية.

تعتبر دورات البناء الضوئي من أهم الدورات التي تتم على سطح الأرض, ففيها يتم تحويل الطاقة الضوئية الشمسية الهائلة من طاقة كهرومغناطيسية (Electromognatic Energy) يصعب على الكائنات الحية الأخرى الاستفادة منها إلى طاقة كيميائية (Chemoenergy) مخزنة في روابط الجلوكوز داخل الخلايا اليخضورية وفق المعادلة التالية:

$$6CO_2 + 12H_2O + \text{ضوء} + \text{يخضور} = C_6H_{12}O_6 + 6H_2O$$

ورغم بساطة هذه المعادلة فإنها تتم في خطوات معقدة.

ـ تتم هذه المعادلة وفق مرحلتين.

ـ **الأولى** تسمى التفاعلات الضوئية أو التفاعلات المعتمدة على الضوء .

ـ **الثانية** تسمى التفاعلات اللاضوئية أو تفاعلات دورة كالفن وهي تفاعلات لا تحتاج إلى الضوء بصورة مباشرة بل تحتاج إلى مواد تنتج عند توفر الضوء وقد سميت باسم مكتشفها كالفن, حيث يتم فيها إنتاج مركبات ثلاثية الكربون ولذلك تسمى دورة الكربون الثلاثي.

تبدأ عملية البناء الضوئي بسقوط الضوء على على الأنظمة الضوئية الموجودة في أغشية الكييسات الموجودة في الصانعة الخضراء ،فعندما يسقط الضوء تحدث إثارة الأنظمة الضوئية التي تنتقل من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة مرتفع مما يسبب إثارة جزيئات الماء الموجودة في تجويف الكييس حسب المعادلة التالية:

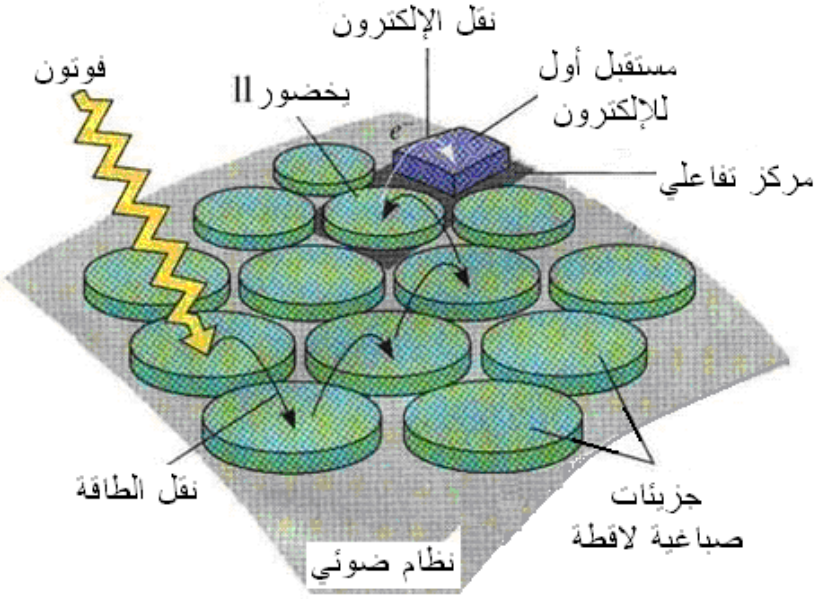
$$H_2O \xrightarrow{\text{تحلل ضوئي}} {}^{2}H^{+} + {}^{2}e^{-} + {}^{1/2}O_2 \uparrow$$

ترتفع درجة حموضة التجويف نظرا لنفاذية الهيدروجين من الحشوة إلى تجويف الكييس بالإضافة إلى البروتونات الناتجة من تحلل الماء مما يولد تدرجا في تركيز البروتونات

و هذا الفارق يحدث منحدراً أيونياً كهربائياً بين فارق التركيز داخل الثلاكويدات وخارجها.

ـ يتم نفاذ طاقة أيون الهيدروجين في هذا المنحدر الأيوني عبر جزيئات (ADP) **و التي** ترتفع طاقتها لتتحول إلى (ATP) عند إنتقالها عبر الكرية المذنبة التي تتحول إلى أنزيم مركب للـATP .

ـ تنتقل بعض هذه الطاقة الالكترونية عبر جزيئات (+NADP) منخفض الطاقة ليعطي+NADPHH مرتفع الطاقة وبذلك يتكون مركبين مرتفعين القيمة الطاقوية هما (ATP) و +NADPHH.



الشكل التالي يبين عملية التركيب الضوئي المعقدة التي تتم في أوراق النبات الحي على مستوى الصانعة الخضراء.

إن مصدر الأكسجين الناتج في عملية البناء الضوئي ناتج من الماء المتحلل ضوئيا.

ـ عمليات دورة كالفن Calven cycle:

يتم فيها تثبيت الكربون الموجود في ثاني أكسيد الكربون لتكوين أول مركب كربوهيدراتي ثابت أمكن فصله يسمى جلسرالدهيد ثلاثي الفوسفات وهي تتم في حشوة (Stroma) البلاستيده الخضراء خارج التلاكويدات.

إذ يتم فيها استغلال الطاقة التي سبق تخزينها في التفاعلات الضوئية ضمن جزيئات (ATP) و +NADPHH.

ـ يبدأ ذلك باتحاد ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والماء مع (RUBP) لتشكيل مركب سداسي الكربون الذي سرعان ما يتفكك إلى (A PG) 2.

يتم بعد ذلك تحويل (A PG)إلى(PGAL) باستخدام طاقة (ATP)أو +NADPHH.

ـ يمكن استخدام (PGAL) لتخليق الجزيئات العضوية مثل الجلوكوز (Glucose) ويتحول +NADPHH إلى (+NADP).

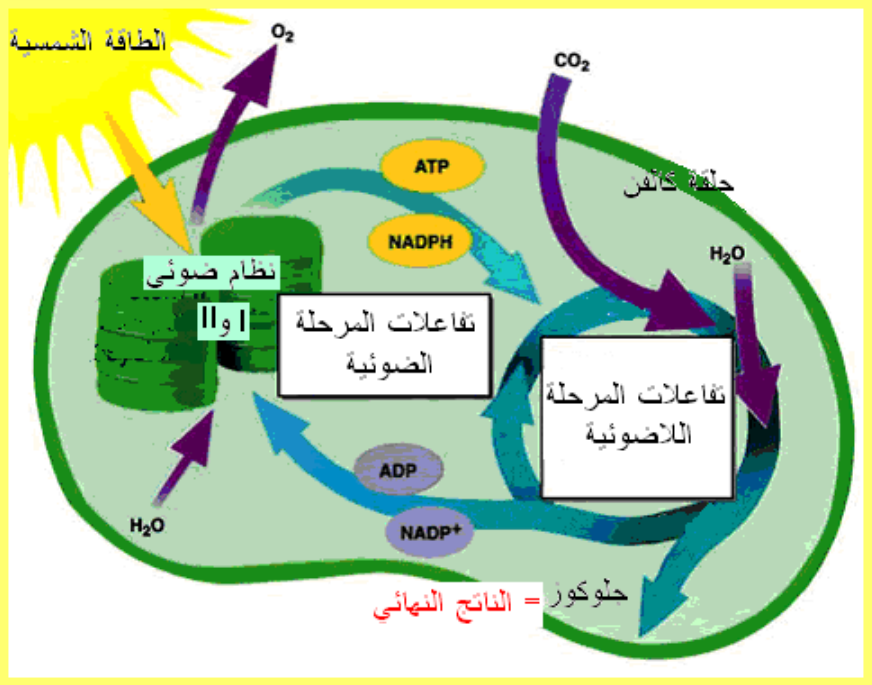
ـ كما يتحول (ATP) إلى (ADP) و Pi.

ـ وبذلك تخزن الطاقة الضوئية في الروابط الكيميائية بين ذرات المركبات *السكرية* الناتجة، ويثبت الكربون الموجود في ثاني أكسيد الكربون الجوي، كما يثبت الهيدروجين الموجود في الماء, وفي النهاية يتكون الجلوكوز (Glucose) الذي ينتقل إلى دورات تحرير الطاقة لتعاد دورة العناصر والمركبات والطاقة من جديد.

ـ أهم شيء في هذه الدورات هو تثبيت ثاني أكسيد الكربون لتكوين الجلوكوز، وهذه العملية تتم في عمليات معقدة بمكن تيسيرها فيما يلي.

ـ تتفاعل كل 6جزيئات من (RUBP)مع 6جزيئات من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) و6 جزيئات من الماء (H_2O) لتكوين 12 جزيء(A PG) وبذلك يثبت الكربون.

ـ تستغل طاقة جزيء (ATP) والكترونات وهيدروجينات (12) جزيء $NADPH_2$لتحويل (12) جزيء من A PG) إلى (12) جزيء (PGALs).
ـ تستغل طاقة (6) جزيئات (ATP) لإعادة ترتيب (10) جزيئات (PGALs) لتجديد (6) جزيئات (RUBPs)، وبذلك تتم دورة واحدة من دورات **كالفن** (أي دورة تثبيت الكربون الثلاثي).



الشكل التالي يبين مرحلتي عملية التركيب الضوئي

ـ وبذلك تتم أهم عملية على سطح الكرة الأرضية وهي عملية تكوين المواد العضوية من ثاني أكسيد الكربون والماء وتخزن الطاقة الشمسية في الروابط الكيميائية في تلك المواد السكرية وينطلق الأكسجين إلى الجو بعملية البناء الضوئي.
ـ بعد ذلك يحول النبات المواد السكرية إلى مواد دهنية, ومواد بروتينية , والمركبات النباتية الأخرى.
ـ يتغذى الحيوان والكائنات الحية الدقيقة الفطرية والبكتيريا على المنتجات النباتية.
ـ ويتغذى الإنسان, و الحيوانية, والكائنات الحية الدقيقة على المنتجات النباتية.
فكل سكريات و دهون و بروتينات و فحم و بترول و أكسجين الكون تكون تكونت بهذه العملية الضخمة
ـ خلصت الإنسان من النسب الزائدة والمحررة من ثاني أكسيد الكربون.

التنفس :
إن المركبات الناتجة في عملية التركيب الضوئي تختزن الطاقة في خلايا الشجر الأخضر، ويقابلها في الخلايا الحيوانية جسيمات الميتوكوندري التي تستهلك الطاقة المأخوذة من مصدر عضوي.
يحدث في كل خلية حية مهما كان لونها و نوعها عملية أخرى تضمن تموينها بالطاقة اللازمة للقيام بمختلف الوظائف الحيوية التي تستوجب وجود الطاقة كالنمو و الحركة ...إلخ
تعرف هذه العملية بالتنفس أو التخمر.
يحدث التنفس في مراحل هي:

C.N.I.I.P.D.T.I.C.E

– التحلل السكري:

تحدث سلسلة من تفاعلات متتابعة للغلوكوز لنزع الهيدروجين و إنتاج حمض البيروفيك و إرجاع 2(+NAD) إلى2 (+NADHH) محررا الطاقة اللازمة لفسفرة 2ADP إلى 2 ATP.

– الفسفرة التأكسدية:

داخل الميتوكندري في مستوى الحشوة يتفكك حمض البيروفيك تدريجيا فاقدا البروتونات و ثاني أوكسيد الكربون بواسطة نازعات الكربون و نازعات الهيروجين .

تلعب النواقل +NAD دور مستقبل للإلكترونات و البروتونات المحررة من أكسدة المادة العضوية و الطاقة المتحررة من هذه الأكسدة تسمح بتثبيت جذر الأستيل المتبقي من حمض البيروفيك بمرافق إنزيم A فيتشكل أستيل مرافق إنزيمA مما ثم يدخل هذا المركب في حلقة من التفاعلات تسمى بحلقة كربس و بهذا تكون مادة الأيض قد تفككت كليا

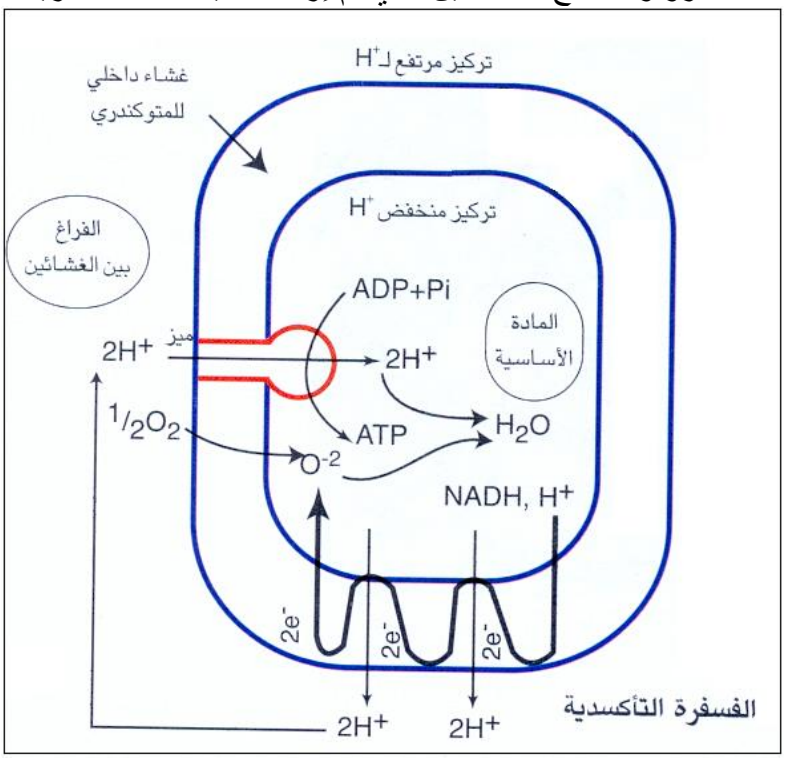
تترتب الجزيئات المستقبلة للإلكترونات في السلسلة التنفسية ترتيبا متزايدا من كمون أكسدة و إرجاع منخفض إلى كمون أكسدة و إرجاع مرتفع على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري،

و هذا ما يسمح بانتقال مباشر للإلكترونات نحو الأوكسجين الممتص الذي يعتبر المستقبل النهائي للإلكترون و تتراكم في الحشوة نواقل في حالة إرجاع +TH.H كما ينتج 2 ATP.

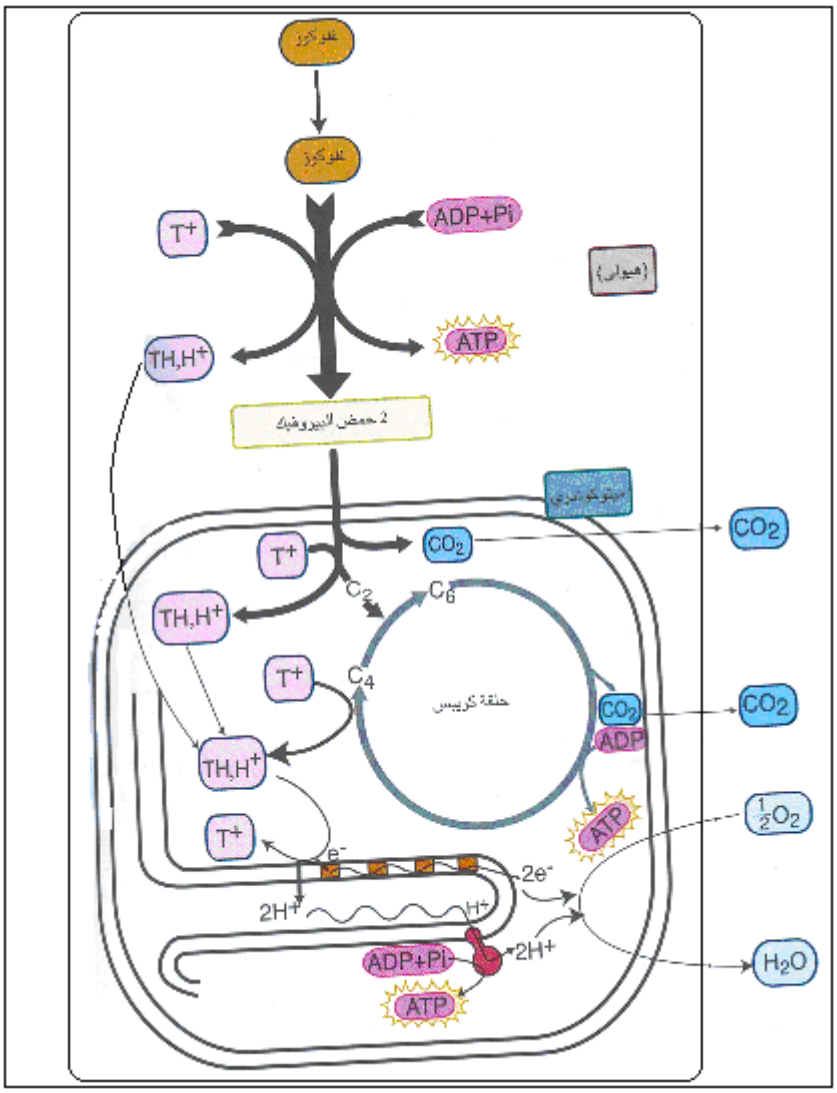
يحرر كل انتقال إلكتروني كمية من الطاقة تسمح بضخ البروتونات من الحشوة إلى الفراغ بين غشائين مما يؤدي إلى ظهور تدرج في البروتونات بين الفراغ الغشائي و الحشوة .

فتنتقل البروتونات عبر الكرية المذنبة مما يسبب تنشيطها و تحولها إلى إنزيم مركب للATP .

تتحد البروتونات مع الأكسجين الذي تم إرجاعه فيتشكل 12 جزيئة ماء و 34 ATP



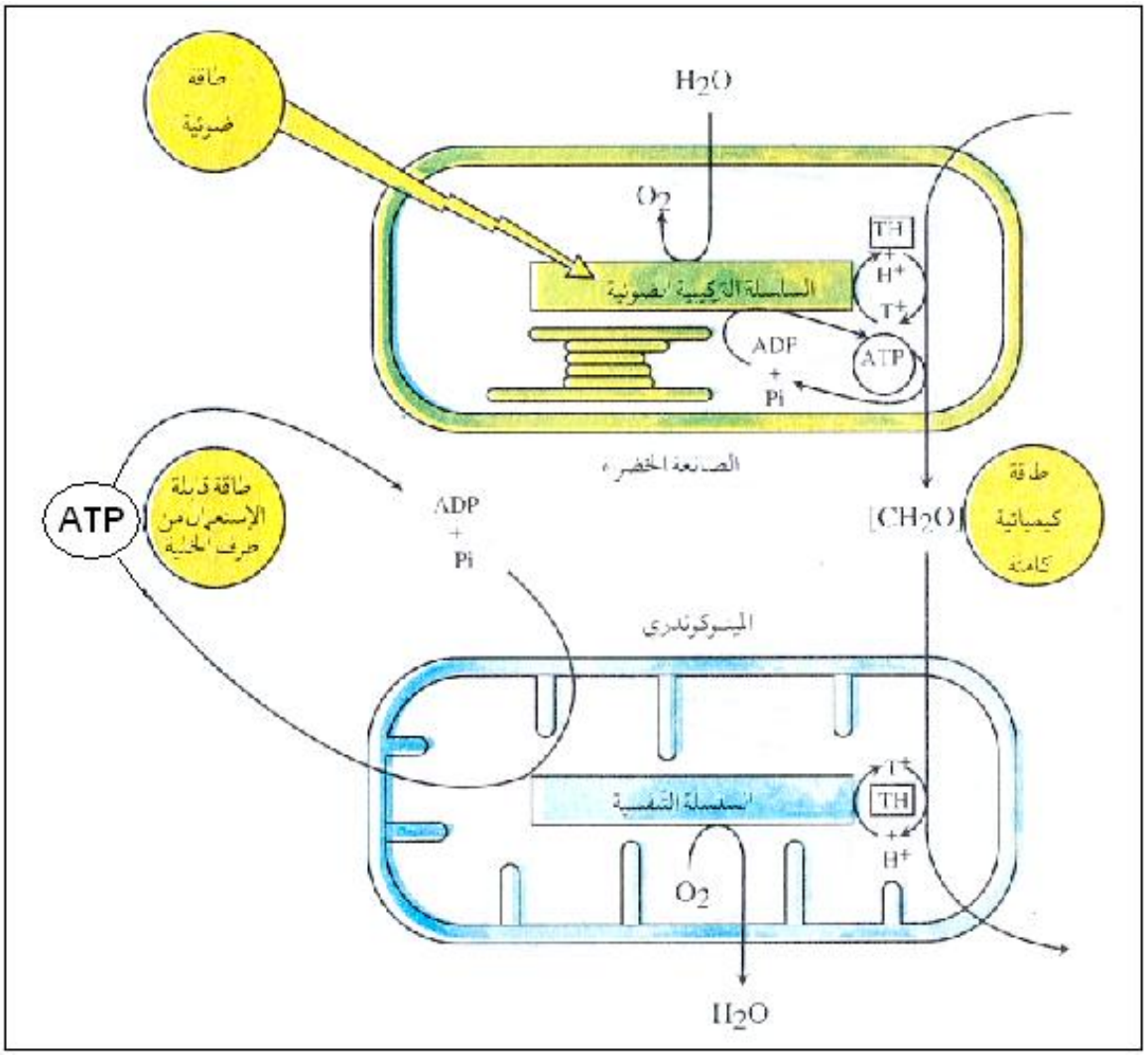
يمكن تلخيص الآليات السابقة بالمخطط التالي:



العلاقة بين الظاهيرتين في الخلية اليخضورية.

يمكن إظهار هذه العلاقة من خلال المخطط التالي:

كل ظاهرة تكمل الأخرى حيث أن عملية التنفس تعتمد على مادة الأيض التي توفرها عملية التركيب الضوئي التي تعتمد هي الأخرى على غاز ثاني أوكسيد الكربون المنطلق أثناء التنفس.



أهمية تحويل الطاقة في العالم الحي.

تعتبر المادة العضوية الناتجة عن التحول الطاقوي الذي يحدث خلال ظاهرة التركيب الضوئي مصدرا لمادة البناء و نمو الكائن الحي كما أن التحول الطاقوي الذي يحدث أثناء هدم المادة العضوية بفعل ظاهرة التنفس مهم للكائن الحي حيث يزوده بالطاقة الضرورية للقيام بمختلف الوظائف الحيوي.