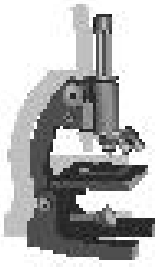
الأستاذ : فـــراح عيسى

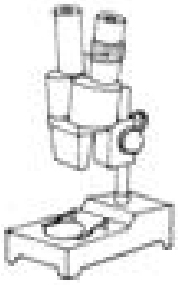
ثانوية هواري بومدين

تنـــــــــــــــس

ولايـــــــــة الشلـــــف

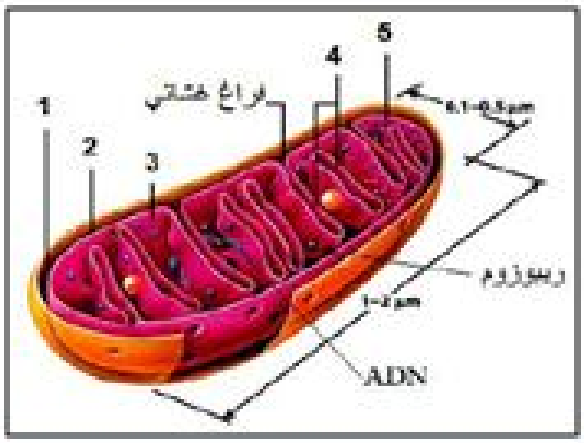
https://www.facebook.com/Ferah-Aissa-255117511485916/

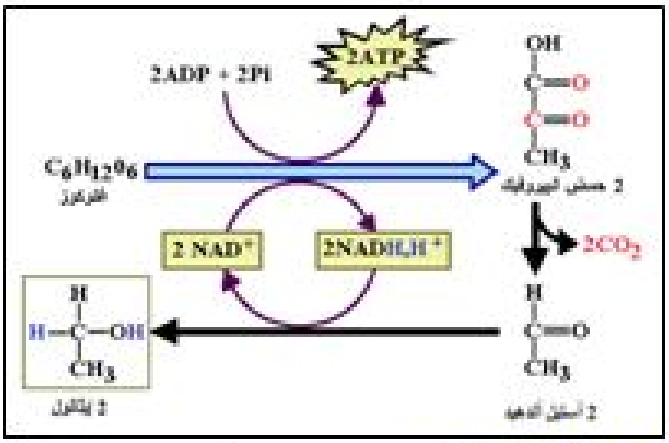


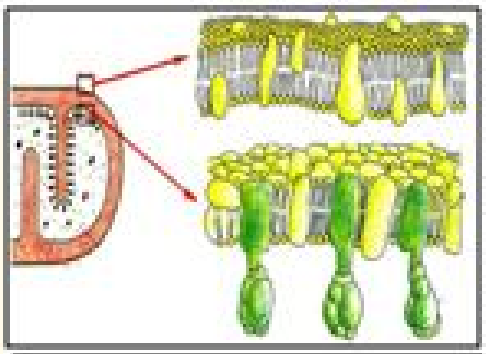


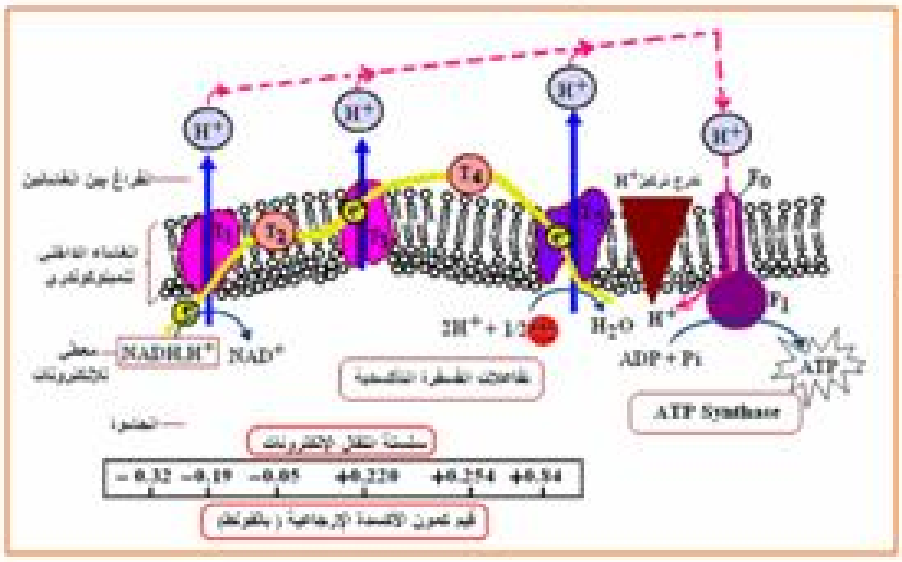
المجال المعرفي II

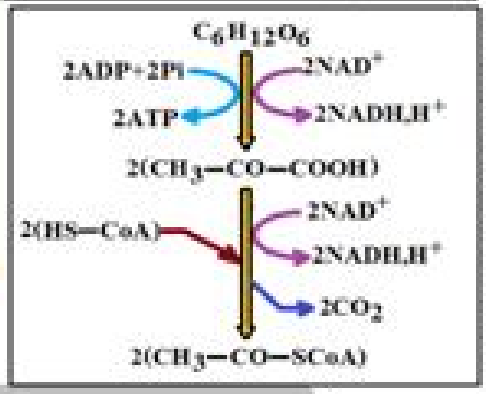
التحولات الطاقوية











$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O + \text{طاقة}$$

الوحدة التعلمية 2

1- آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP

من إعداد الأستاذ : فراح عيسى

https://www.facebook.com/Ferah-Aissa-255117511485916/

Sciences

fb:Ferah Aissa

أخي الكريم ، أختي الكريمة

لا تنسونا من صالح دعائكم

المجال المعرفي II

التحولات الطاقوية

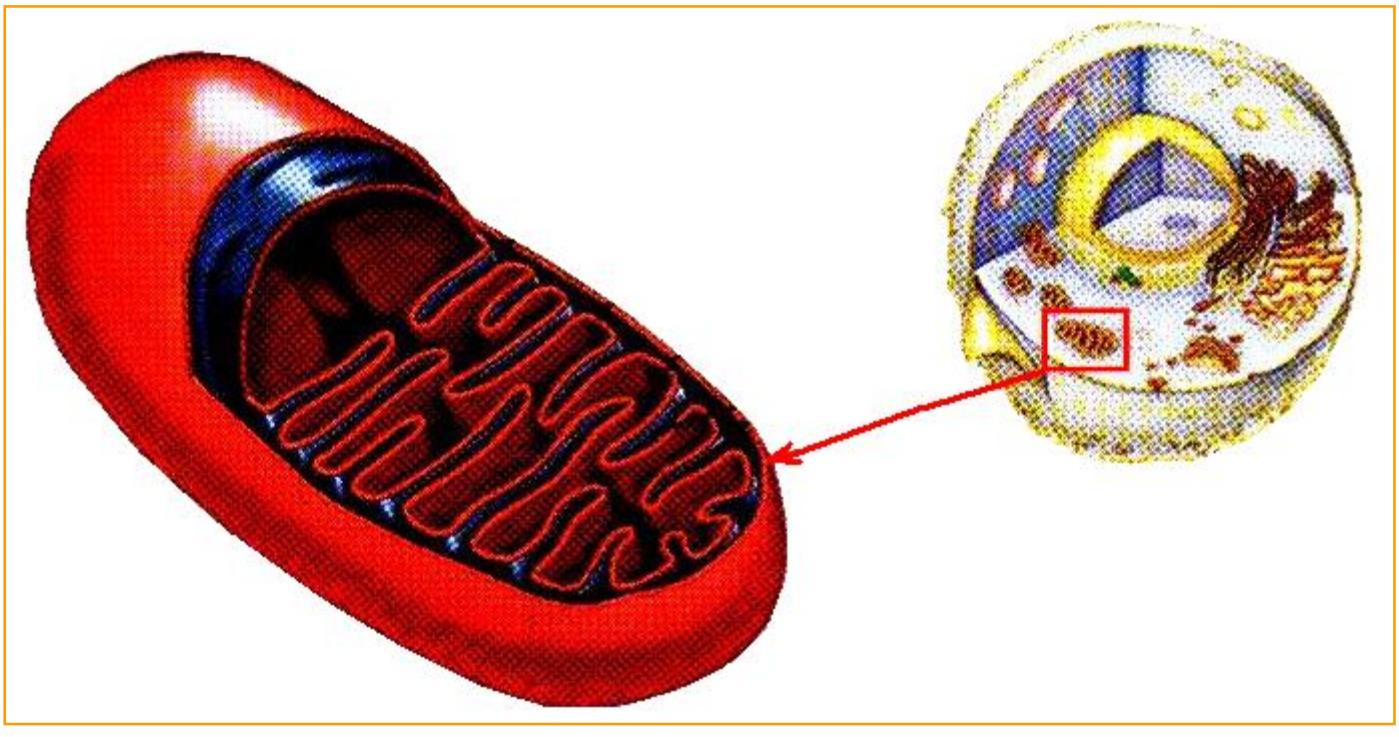
الوحدة الثانية:آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلىATP.
الحصة التعلمية 0: مدخل إلى الوحدة .

أ – وضعية الانطلاق :

تصرف الخلية الحية سواء كانت كائنات منفردة أو مرتبطة على مستوى عضوية ، طاقة للقيام بمختلف النشاطات الضرورية للحفاظ على الحياة . في حالة الخلايا ذاتية التغذية ، ينتج عن عملية التركيب الضوئي مواد عضوية تحتوي على طاقة كيميائية كامنة ، أما الخلايا غير ذاتية التغذية فإنها تستمد مئونتها من العناصر المغذية العضوية أو المواد الأيضية . تشكل هذه المواد مخزونا طاقويا حيث يؤدي هدمها الكلي أو الجزئي إلى تحرير الطاقة الضرورية لتركيب الـ ATP .

ب ـ الإشكاليات :

- كيف تؤمن هذه الخلايا تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة إلى طاقة قابلة للاستعمال على شكل ATP ؟
- و ما هي البنيات الخلوية المتدخل في ذلك ؟
- ما هي الآليات الكيموحيوية التي تؤمن تحرير الطاقة على شكل ATP ؟



العلاقة بين درجة تفكيك مادة الأيض و الطاقة الناتجة :

المرحلة الأولى :

درس العالم " باستور " سنة 1861 أيض فطر الخميرة الذي يستعمل الغلوكوز كمادة أيضية طاقوية و هو فطر مجهري و ذلك في مختلف شروط الحياة . دونت البعض من نتائج أعماله في الجدول التالي :

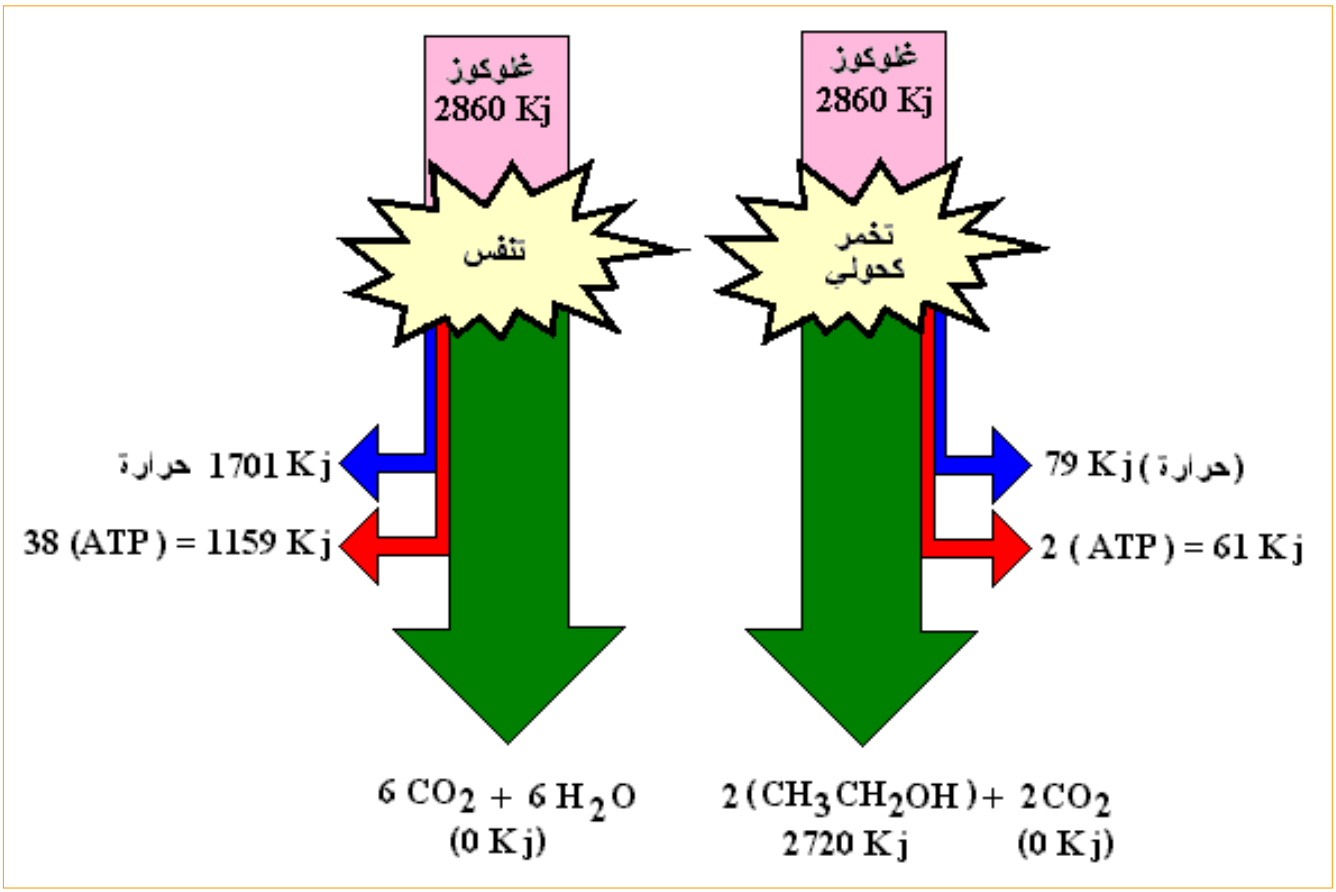
الشروط التجريبية	وسط هوائي	وسط لا هوائي
كتلة الغلوكوز المستهلكة (G)	0.098 غ	45 غ
كتلة الخميرة المتشكلة (L)	0.024 غ	0.255 غ
النسبة $\frac{G}{L}$	4	176

تفسير هذه النتائج :

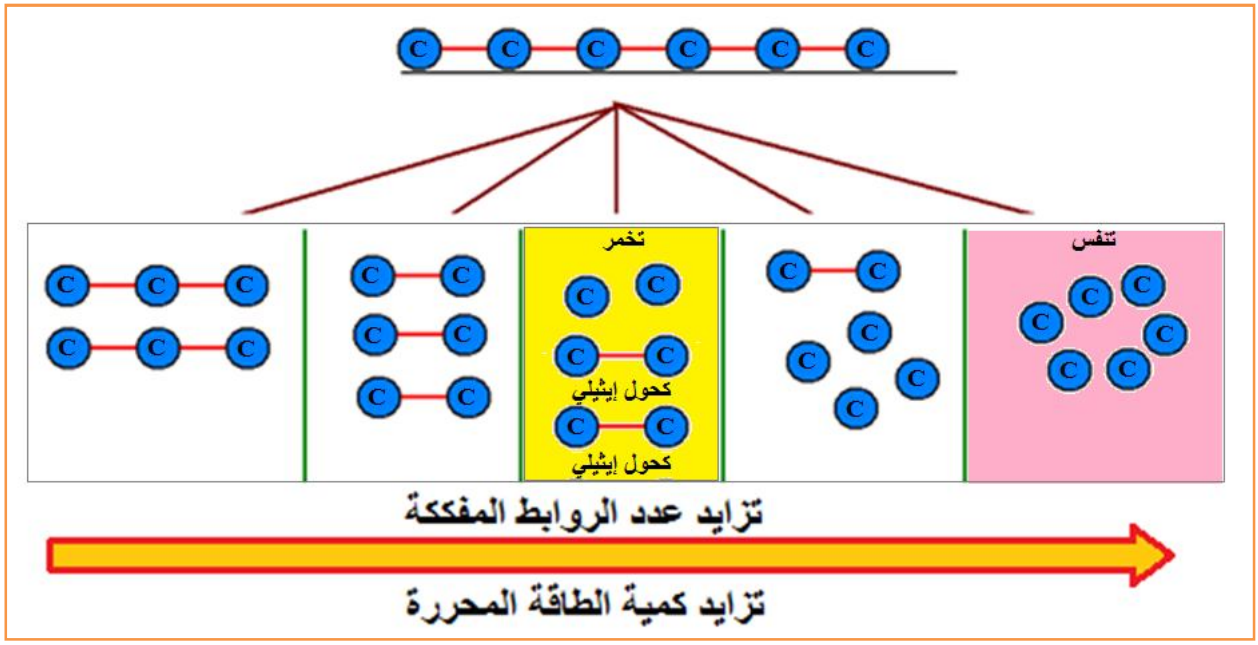
الخميرة في وسط هوائي : كمية الغلوكوز المستهلكة من قبل وحدة واحدة من الخميرة في زمن التجربة قليلة (0.098 غ) بينما كتلة الخميرة المتشكلة كبيرة (0.024 غ) ، و عليه فإن النسبة ($\frac{G}{L}$) تكون صغيرة لأن تفكيك الغلوكوز كان تاما كليا) فنتجت كمية كبيرة من الطاقة بالإضافة إلى CO_2 و H_2O عديمي الطاقة .

الخميرة في وسط لا هوائي : كمية الغلوكوز المستهلكة من قبل وحدة واحدة من الخميرة في زمن التجربة كبيرة (45 غ) بينما كتلة الخميرة المتشكلة صغيرة (0.255 غ) ، و عليه فإن النسبة ($\frac{G}{L}$) تكون كبيرة لأن تفكيك الغلوكوز كان جزئيا (غير تام) فنتجت كمية قليلة من الطاقة بالإضافة إلى جزيئتين من الكحول الإيثيلي (إيثانول) المخزنتين لطاقة تقدر بـ $1360 \times 2 = 2720$ كيلو جول و جزيئتين من غاز CO_2 عديمي الطاقة .

ملاحظة : للحصول على نفس الكمية من الطاقة عند الخميرة في حالة التنفس اللاهوائي (التخمر) فإن الخميرة تستعمل كمية كبيرة من الغلوكوز تعادل 19 مرة كمية الغلوكوز المستعملة في حالة التنفس الهوائي.



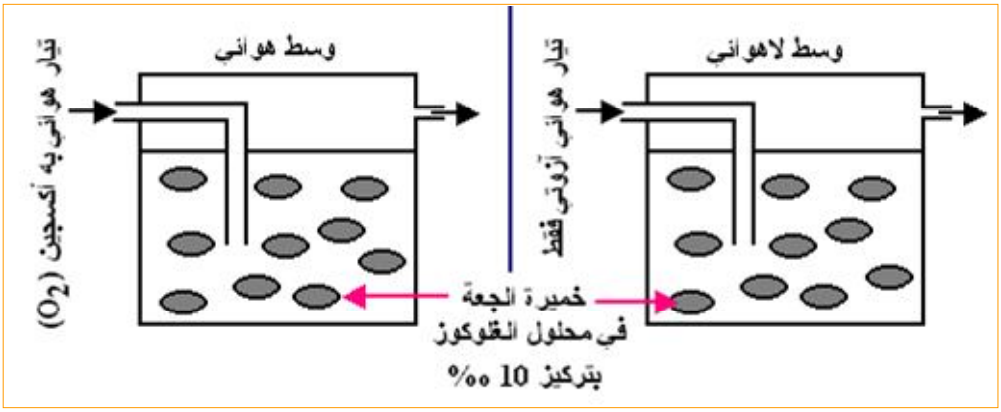
العلاقة بين درجة تفكيك مادة الأيض و الطاقة الناتجة



المرحلة الثانية :

تم تنمية معلق خميرة الخبز في وسط يحتوي على غلوكوز بتركيز 10 غ / ل ثم قسم إلى مجموعتين :

- وصلت الأولى بتيار هوائي غني بالأكسجين (وسط هوائي) .
- وصلت الثانية بتيار هوائي آزوتي فقط (لاهوائي) كما هو موضح في التركيب التجريبي التالي :



مقارنة بين تنفس الخميرة في وسط به أكسجين و آخر ينعدم به

بعد تحليل وسطي المجموعتين دونت النتائج في الجدول التالي :

	الوسط الهوائي	الوسط اللا هوائي
حجم الـ O_2 الممتص	0.746 ل	—
حجم CO_2 الناتج	0.746 ل	0.24 ل
كتلة الإيثانول الناتجة	—	0.46 غ
كتلة الغلوكوز المستهلكة	1 غ	1 غ
كتلة الخميرة الموجودة	0.6 غ	0.02 غ

المقارنة بين نتائج المجموعتين :

في وسط هوائي (تنفس)	في وسط لا هوائي (تخمر)
1 ـ استهلكت الخلايا سكر العنب بوجود الـ O_2 فطرحت غاز CO_2 و أنتجت طاقة كبيرة أدت إلى تكاثر الخلايا بشكل نشيط فزاد عدد الخميرة (وزن الخميرة). $C_6H_{12}O_6+6O_2+6H_2O \longrightarrow 6CO_2+12H_2O$+طاقة 1 مول من CO_2 يشغل حجما قدره 22.4 (ل) . 6 مول من CO_2 تشغل حجما قدره س(ل). س = 22.4 × 6 = 134.4 (ل) من الـ CO_2 . 180 غ غلوكوز تنتج 134.4 (ل) من الـ CO_2. 1 غ غلوكوز ينتج س (ل) من الـ CO_2 . س = (134.4 × 1) ÷ 180 = 0.746 (ل) من الـ CO_2. 2 ـ تفكيك كلي لمادة الأيض (سكر العنب) . 3 ـ كمية الطاقة الناتجة كبيرة .	1 ـ استهلكت الخلايا سكر العنب بغياب الـ O_2 فطرحت غاز CO_2 و كحول إيثيلي و أنتجت طاقة جزئية أدت إلى تكاثر الخلايا بشكل غير نشيط فزاد عدد الخميرة (وزن الخميرة) بشكل طفيف. $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ CO_2 + 2C_2H_5OH$ +طاقة 1 مول من CO_2 يشغل حجما قدره 22.4 (ل) . 2 مول من CO_2 تشغل حجما قدره س(ل). س = 22.4 × 2 = 44.8 (ل) من الـ CO_2 . 180 غ غلوكوز تنتج 44.8 (ل) من الـ CO_2. 1 غ غلوكوز ينتج س (ل) من الـ CO_2 . س = (44.8 × 1) ÷ 180 = 0.24 (ل) من الـ CO_2. 2 ـ تفكيك جزئي لمادة الأيض (سكر العنب) . 3 ـ كمية الطاقة الناتجة قليلة .

الخلاصة :

- التنفس تفكيك كلي لمادة الأيض(الغلوكوز) .
- التخمر تفكيك جزئي لمادة الأيض (الغلوكوز) .
- أثناء التنفس كمية الطاقة الناتجة تكون كبيرة .
- أثناء التخمر كمية الطاقة الناتجة تكون قليلة .
- كلما زادت درجة تفكيك مادة الأيض ، ازدادت كمية الطاقة الناتجة .

المجال التعلمي II : التحولات الطاقوية .
الوحدة الثانية:آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP.
الحصة التعلمية 1: تذكير بالمكتسبات .

أ – وضعية الانطلاق :

تم التعرف سابقا على ظاهرة التركيب الضوئي ، حيث يتم فيها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة وفق آليات محددة تم التوصل إليها في الوحدة السابقة ، بينما ظاهرة التنفس فيتم فيها استخراج الطاقة و تحويلها إلى طاقة قابلة للاستعمال على شكل ATP .

ب - الإشكاليات :

- فما هي مظاهر التنفس ، و ما هي شروط حدوث هذه الظاهرة ؟

ج – الفرضيات :

- تمثل مظاهر التنفس في أكسدة المادة العضوية في وجود الأكسجين و انطلاق غاز CO_2 و الطاقة .
- تتمثل شروط حدوث ظاهرة التنفس في توفر الأكسجين .

د – التقصي :

1 – مظاهر عملية التنفس و شروط حدوث الظاهرة :

تحتوي المواد العضوية على طاقة كيميائية كامنة في روابطها الكيميائية ، حيث يؤدي هدم هذه الروابط إلى تحرير طاقة ، و يعتبر التنفس أهم آلية يحدث خلالها هذا الهدم .
تلخص المعادلة الإجمالية التالية ظاهرة هدم كلي لجزيئة الغلوكوز .

أنزيمات تنفسية

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O + \text{طاقة}$$

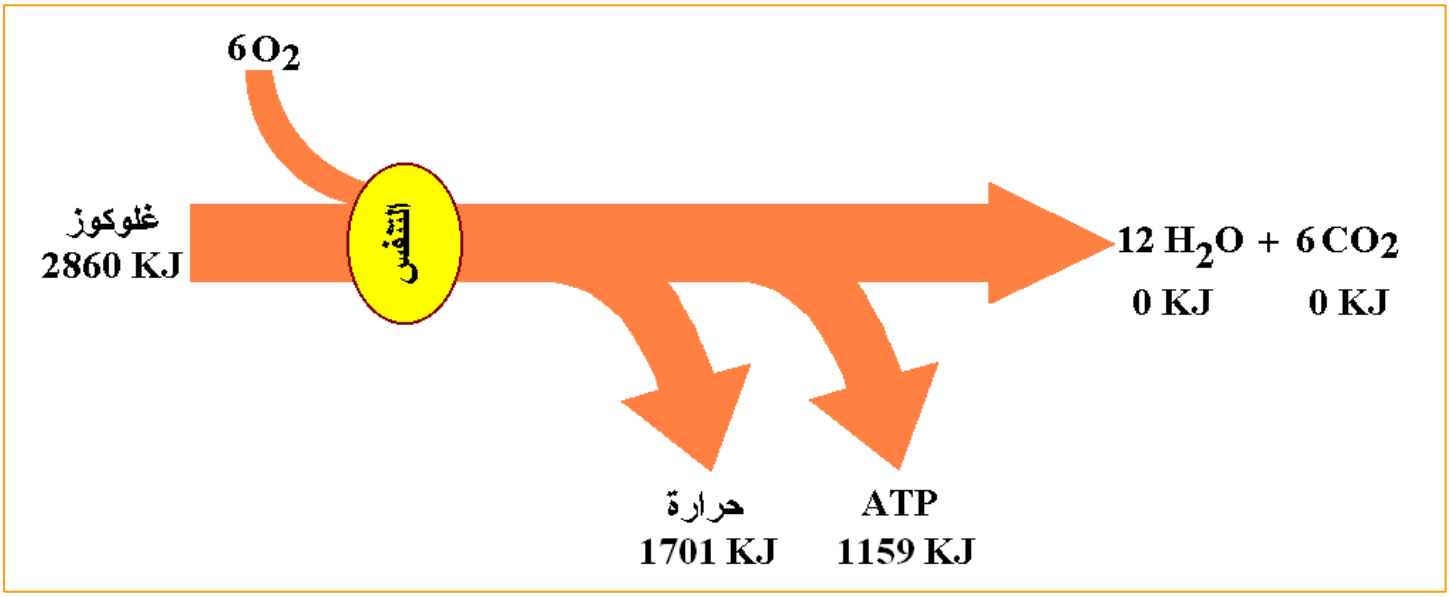
- استنتج من المعادلة شروط حدوث ظاهرة التنفس .

- المادة العضوية (الغلوكوز) ، الأكسجين ، الماء و الأنزيمات التنفسية .

- استخلص مظاهر حدوث ظاهرة التنفس.

- امتصاص الأكسجين ، انطلاق غاز CO_2 و إنتاج الطاقة .

- باستغلال المعطيات السابقة و مكتسباتك ، أنجز مخططا يلخص مجموع ظواهر هدم الغلوكوز على المستوى الخلوي في وجود الأكسجين .



المجال التعلمي II : التحولات الطاقوية .
الوحدة الثانية:آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلىATP.
الحصة التعلمية 2: مقر الأكسدة التنفسية .

أ – وضعية الانطلاق :

تتواجد الميتوكوندري في جميع الخلايا ما عدا البكتيريا ، حيث تبدي نفس البنية و نفس الوظيفة مهما كان نوع الخلية ، و تعتبر " المراكز الطاقوية " للخلايا .

ب – الإشكاليات :

- فما هي بنيتها ؟

ج – الفرضيات :

- تظهر على شكل أقراص ضمن الخلية .
- تحتوي على أعراف داخلية .

د – التقصي :

1 – إظهار مقر الأكسدة التنفسية :

تجربة : نقوم بتحضير مزرعتين من خميرة الخبز في إناءين مختلفين يحتوي كل منهما على محلول سكري ، نسد الإناء الأول بإحكام (وسط لا هوائي) ، و نقوم بتهوية الإناء الثاني باستمرار (وسط هوائي) ، بعد مدة من الزمن ، نأخذ عينة من كل إناء و نعالجها بمحلول أخضر جانوس الذي يعتبر ملونا حيويا ، حيث يكون أخضرا في الحالة المؤكسدة و شفافا في الحالة المرجعة .
فكانت النتائج المتحصل عليها كالتالي :
ظهور حبيبات ملونة بالأخضر في الخلايا المأخوذة من الوسط الهوائي و عدم ظهورها في الخلايا المأخوذة من الوسط اللاهوائي .

- علل استعمال أخضر جانوس في هذه التجربة :

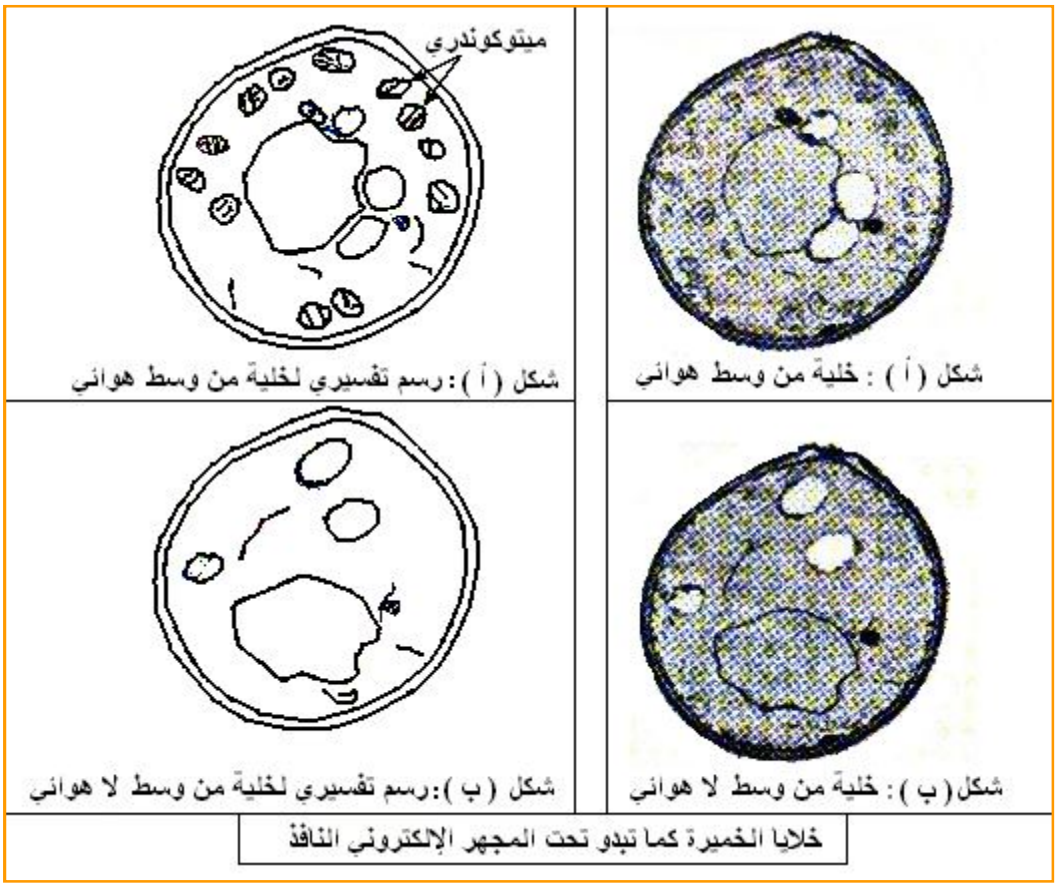
- اخضر جانوس مادة تكون عديمة اللون في حالتها المرجعة و خضراء في حالتها المؤكسدة .
- تتمثل الحبيبات الملونة بالاخضر في الخلايا المأخوذة من الوسط الهوائي فقط في الميتوكوندري .
- يفسر تلون ميتوكندريات الخلايا التي زرعت في وسط هوائي باللون الأخضر بأكسدة هذه المادة على مستوى الميتوكندري بوجود الاكسجين ، بينما في الوسط اللاهوائي (في غياب الاكسجين) لا تتم هذه الأكسدة مما يجعل هذه المادة عديمة اللون ، و بالتالي لا يتغير لون الميتوكندريات .

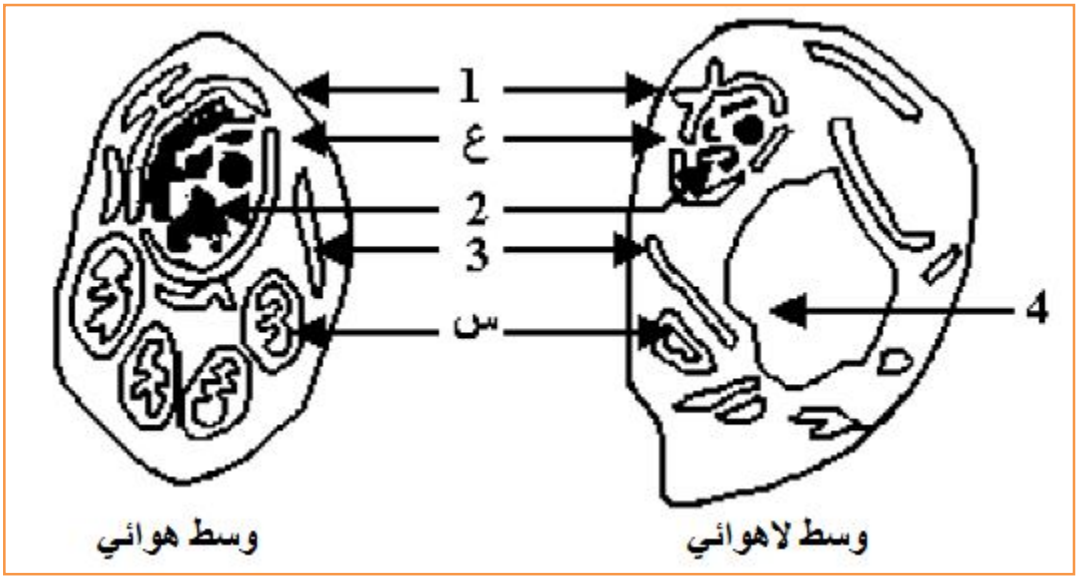
- قدم تفسيرا للنتائج المحصل عليها .

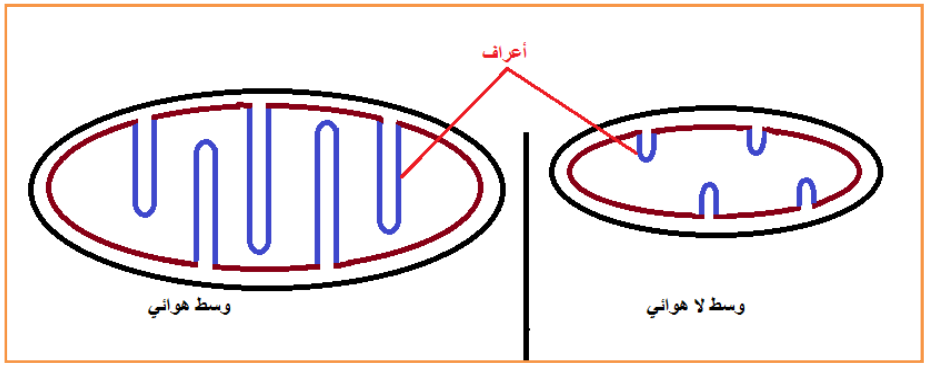
- في وجود الأكسجين (الوسط "ب") تكون الميتوكوندري في حالة نشاط ، فتتلون بالأخضر في وجود أخضر جانوس .
- في غياب الأكسجين (الوسط "أ") تكون الميتوكوندري في حالة عدم نشاط ، و بالتالي لا تتلون بالأخضر في وجود أخضر جانوس .
- ظهور اللون الأخضر يدل على حدوث عملية أكسدة أخضر جانوس من جهة ، و على وجود الميتوكوندري من جهة أخرى .

2 – المشاهدة المجهرية :

سمحت المشاهدة بالمجهر الإلكتروني النافذ (م . إ . ن) بوضع الأشكال الموضحة في الوثيقة ـ 1 ـ .







- قارن بين خلايا الخميرة المأخوذة من الوسطين .

- خلية الشكل (أ) : ميتوكوندري كبيرة الحجم ، كثيرة العدد و نامية الأعراف .

- خلية الشكل (ب) : ميتوكوندري صغيرة الحجم ، قليلة العدد و غير نامية الأعراف .

- ما هي الفرضية التي يمكن تقديمها فيما يخص العلاقة بين وجود الميتوكندري و تهوية وسط الزرع ؟

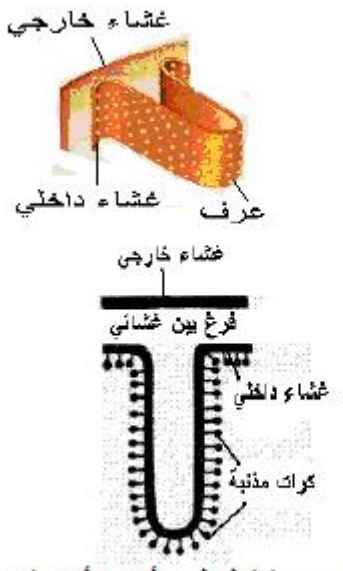
- وجود الميتوكوندري مرتبط بوجود الأكسجين .

- استنتج إذا مقر الأكسدة التنفسية .

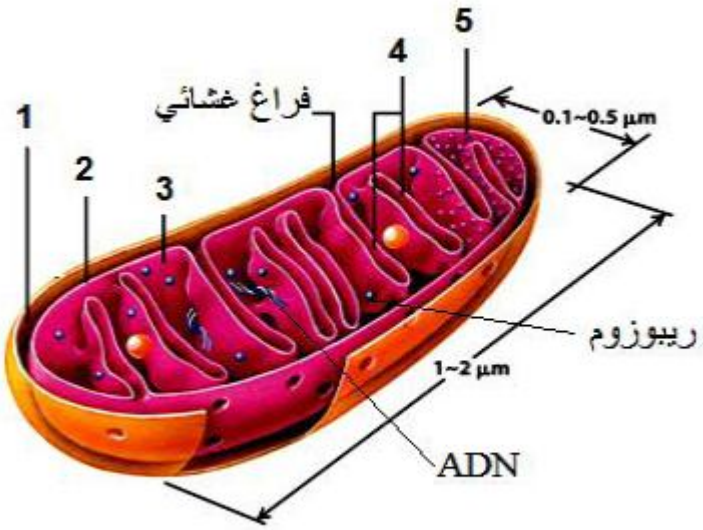
- تتم عملية التنفس في الميتوكوندري التي تعتبر مقرا للأكسدة التنفسية .

3 – مقر الأكسدة التنفسية (بنية الميتوكوندري) :

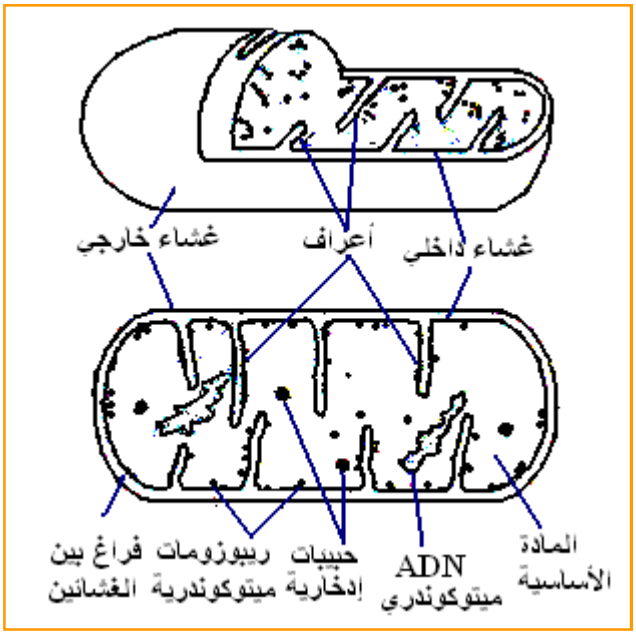
إن الميتوكوندري عبارة عن عضيات يتراوح طولها بين 0.5 إلى 2 ميكرون و قطرها بين0.1 إلى0.5 ميكرون يمكن مشاهدة بنيتها بالمجهر الإلكتروني النافذ كما هو موضح في الوثيقة ـ 2 ـ .



رسم تخطيطي لأحد الأعراف
العنصر (4)



مجسم ثلاثي الأبعاد يمثل بنية الميتوكوندريا



- صف ، في بضعة أسطر ، بنية الميتوكوندري .

- الميتوكوندري عضيات خلوية متواجدة في جميع الخلايا باستثناء البكتيريا .
- تحاط الميتوكوندري بغلاف مكون من غشاءين خارجي و داخلي يحصران بينهما فراغ بين غشائي .
- يوجد داخل الميتوكوندري المادة الأساسية (الحشوة أو الستروما) بها حبيبات إدخارية ، ريبوزومات و ADN ميتوكوندري .

- علل احتواء الغشاء الداخلي للميتوكوندري على أعراف .

- لزيادة مساحة غشاء السطح الداخلي مما يزيد في فعالية الميتوكندري للقيام بعملياتها الحيوية.

- تستطيع الميتوكندري إصدار معلومات وراثية لبناء بعض الأنزيمات دون الرجوع إلى النواة ؟ علل .

- لإحتوائها على جزيئات ADN وبعض البروتينات والريبوزومات.

- لماذا تكون الأغشية المحيطة بالميتوكندري أغنى بالبروتين منها بالدهون ؟

- لأن هذه الأغشية تحتوي على أنزيمات التنفس وهي من طبيعة بروتينية.

- استنتج من ذلك ما يدل على أن للميتوكوندري بنية حجيرية .

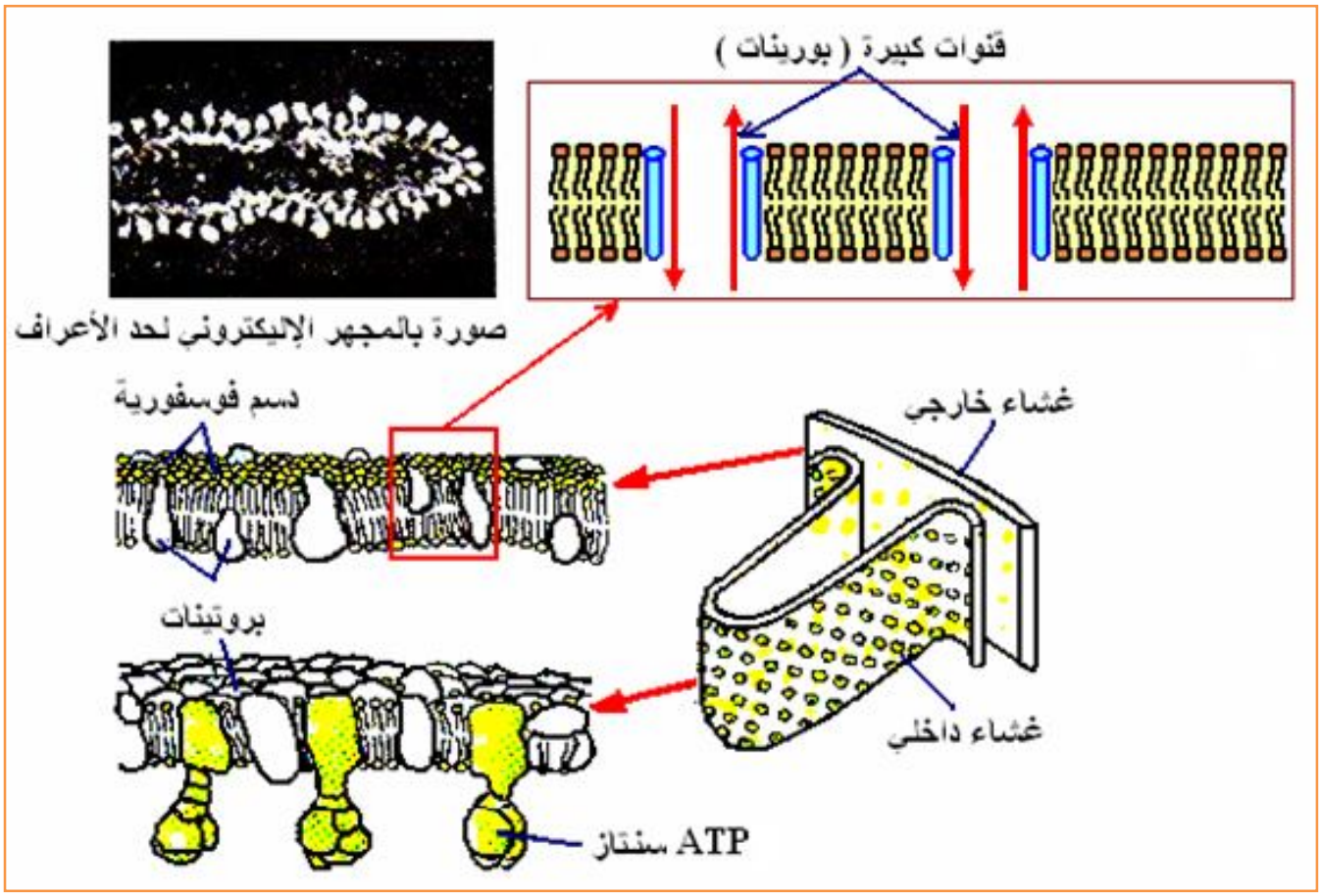
- لأن الميتوكوندري مقسمة إلى حجرتين (الفراغ بين الغشاءين و الحشوة) ، لذلك لها بنية حجيرية .

4 – معطيات كيموحيوية :

أعطى التحليل الكيميائي لبعض مكونات الهيولى و لأجزاء ميتوكوندرية محصل عليها بتقنية الطرد المركزي النتائج المدونة في جدول الوثيقة ـ 4 ـ ، كما توضح الوثيقة ـ 5 ـ بعض هذه المكونات .

المقـــر / نـــوع المـــادة	الهيولى	الميتوكوندري		
		المادة الأساسية	الغشاء	
			الداخلي	الخارجي
البروتينات في الغشاء			% 80	% 50
الدسم في الغشاء			% 20	% 50
مواد الأيض				
حمض البيروفيك	+	+		
الغلوكوز	+	–		
أستيل مرافق الأنزيم (أ)	–	+		
البروتينات و الأنزيمات				
نازعات الهيدروجين	+	+	+	–
نازعات الهيدروجين و الكربوكسيل	–	+	–	–
نواقل الإلكترونات	–	–	+	–
ATP Synthase	–	–	+	–
مضخات البروتونات	–	–	+	–

+ موجود – غير موجود



بالاعتماد على جدول الوثيقة ـ 4 ـ و أشكال الوثيقة ـ 5 ـ :

- قارن بين مكونات كل من الغشاء الداخلي و الخارجي للميتوكوندري .

يختلف التركيب الكيميائي للغشاء الخارجي عن الغشاء الداخلي في نسبة و نوعية البروتينات .

- يتميز الغشاء الداخلي بمحتواه العالي من البروتينات (80%) ونوعية البروتينات (نواق للإلكترونات والبروتونات تشكل ما يعرف بالسلسلة التنفسية " سلسلة انتقال الإلكترونات " بالإضافة الى كريات مذنبة او أنزيم ATP synthases) .
- يتميز الغشاء الخارجي باحتوائه على قنوات غشائية كبيرة (بورينات) تسمح بمرور العديد من الجزيئات في الاتجاهين ، بينما لا يسمح الغشاء الداخلي بمرور الجزيئات إلا عبر نواقل متخصصة .

	الغشاء الخارجي للميتوكوندري	الغشاء الداخلي للميتوكوندري
أوجه التشابه	كلاهما يتكون من طبقة فوسفوليبيدية مضاعفة تتخللها بروتينات بنسب مختلفة.	
أوجه الاختلاف	نسبة قليلة من البروتينات تسمح بوظائف محدودة كنفاذية الجزيئات الصغيرة و الأيونات .	نسبة عالية من البروتينات (نازعات الهيدروجين نازعات الهيدروجين و الكربوكسيل نواقل الإلكترونات ، ATP Synthase مضخات البروتونات) تسمح بوظائف محددة كأكسدة النواقل المرجعة و فسفرة الـ ADP .

- ماذا تستخلص ؟

ـ الاختلاف في التركيب الكيميائي يدل على اختلاف الدور الذي يقوم به كل منهما.

ـ الغشاء الداخلي هو الذي يتدخل في عملية التنفس ، و هو مقر الفسفرة التأكسدية .

- قارن بين بنية مكونات كل من الغشاء الداخلي و المادة الأساسية للميتوكوندري .

ـ تتواجد بعض المكونات في كل من الغشاء الداخلي و الحشوة (نازعات الهيدروجين) .

ـ تتواجد بعض المكونات في الغشاء الداخلي فقط (نواقل الإلكترونات ، ATP Synthase ، مضخات البروتونات).

ـ تتواجد بعض المكونات في الحشوة فقط (أستيل مرافق الأنزيم"أ"، نازعات الهيدروجين و الكربوكسيل) .

- ماذا تستخلص ؟

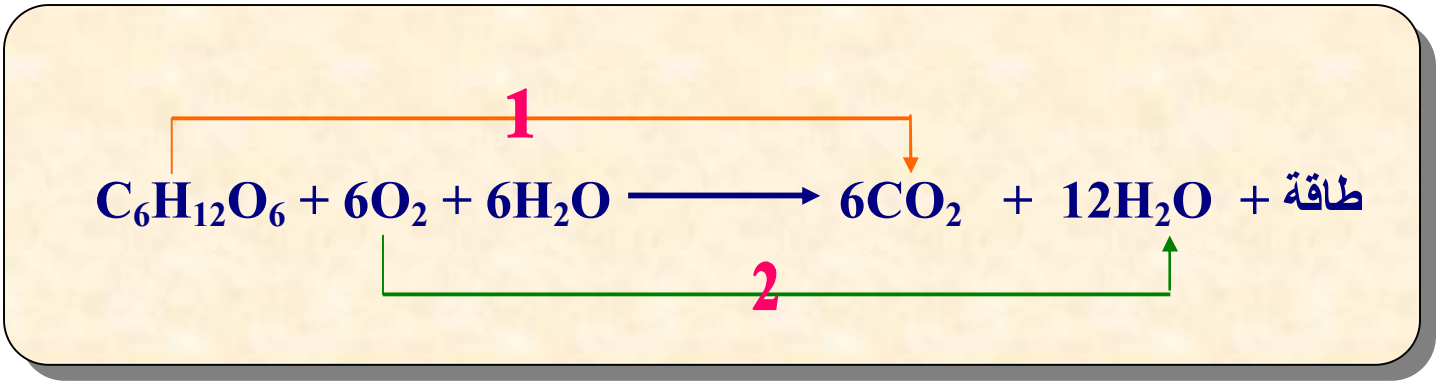
ـ احتواء كل منهما على بروتينات خاصة يبين على أنهما جزأين أساسيين في عملية التنفس .

- إن وظيفة أي عضية مرتبطة أساسا بتركيبها الكيميائي ، ماذا يمكن قوله حول وظيفة كل من الحشوة و الغشاء الداخلي للميتوكوندري ؟

ـ الاختلاف في نوع البروتينات يحدد نوع وظيفة كل منهما .

5 – طبيعة التفاعلات الكيميائية للتنفس :

أمكن تلخيص التفاعلات الكيميائية للتنفس في المعادلة الإجمالية التالية :



- اعتمادا على المعادلة ، حدد المستقبل الطبيعي للهيدروجين (الإلكترونات و البروتونات) .
- يتم استقبال الهيدروجين في الحالة الطبيعية من قبل الأكسجين لتشكيل الماء (H_2O) .
- استخلص من المعادلة نوع التفاعل الذي حدث في (1) و (2) .
- التفاعل (1) : هو تفاعل أكسدة المادة الأيضية ($C_6H_{12}O_6$).
- التفاعل (2) : هو تفاعل إرجاع الأكسجين (O_2) .
- استنتج من المعادلة إذن طبيعة تفاعلات ظاهرة التنفس .
- تفاعلات ظاهرة التنفس هي تفاعلات أكسدة و إرجاع (أكسدة إرجاعية).

المجال التعلمي II : التحولات الطاقوية .
الوحدة الثانية:آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP.
الحصة التعلمية 3: التحلل السكري Glycolyse .

أ – وضعية الانطلاق :

يمكن إظهار امتصاص الأكسجين و استهلاك الركيزة الأيضية من طرف ميتوكوندريات معزولة باستعمال جهاز مدعم بالحاسوب ، حيث تؤمن هذه العضيات التفاعلات المميزة للتنفس الخلوي .

ب – الإشكاليات :

- فما هي الركيزة العضوية (مادة الأيض) المستعملة من طرف الميتوكوندري ؟

ج – الفرضيات :

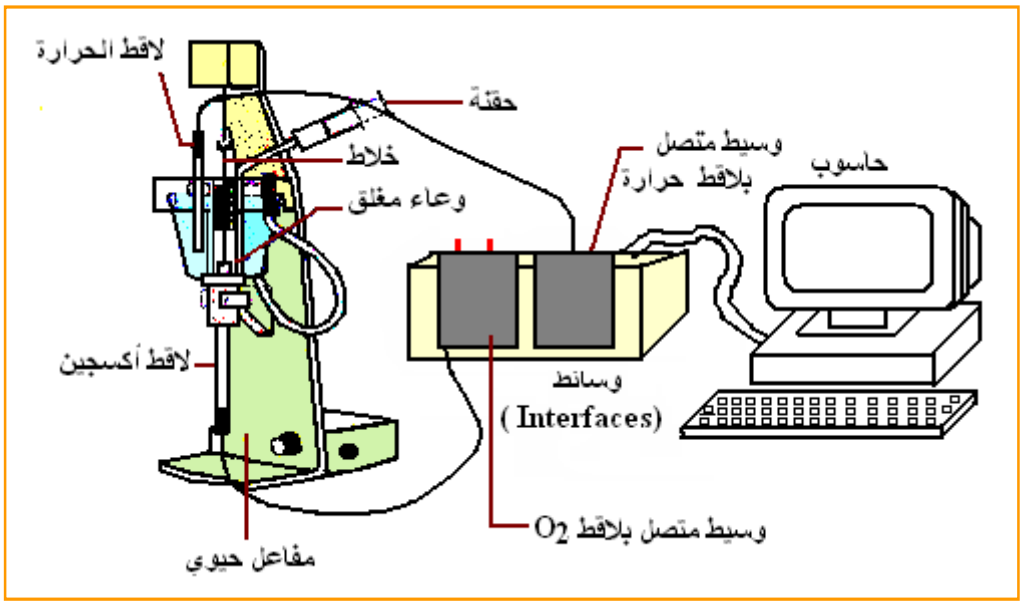
- الغلوكوز .
- حمض البيروفيك .
- أستيل مرافق الأنزيم (أ) .

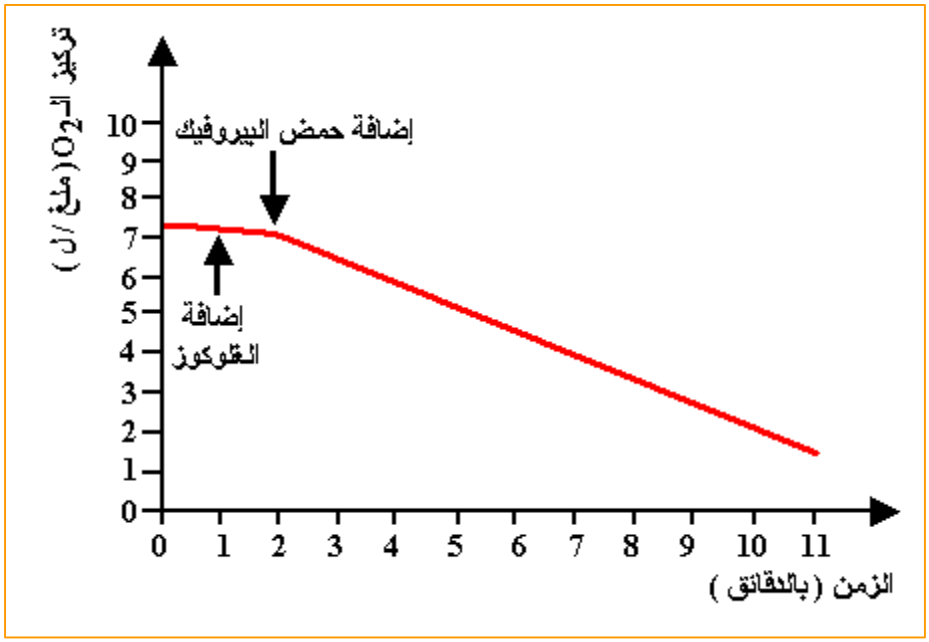
د – التقصي :

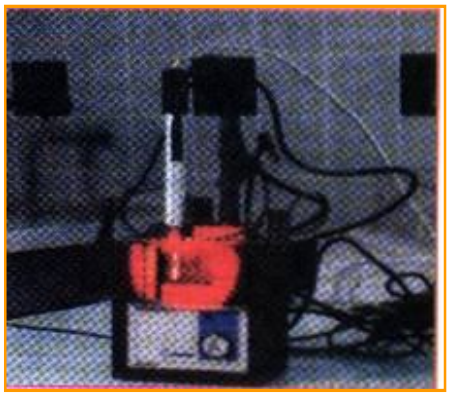
1 – مادة الأيض المستعملة من طرف الميتوكوندري :

تجربة 1:

لغرض التعرف على مادة الأيض المستعملة من طرف الميتوكوندري ، تم عزل ميتوكوندري من خلايا كبد الجرذ باستعمال تقنية الطرد المركزي فائق السرعة.
ثم وضعت الميتوكوندري المعزولة في وعاء المفاعل الحيوي المغلق بإحكام و المحتوي على محلول منظم .
تم قياس كمية الأكسجين داخل الوعاء عن طريق لاقط الأكسجين ضمن تركيب تجريبي مدعم بالحاسوب كما هو مبين في الوثيقة ـ 1 ـ .
تمت إضافة مواد أيضية مختلفة عند الأزمنة ز$_1$ = 1 د ، ز$_2$= 2 د .
نتائج التجربة موضحة في منحنى الوثيقة ـ 2 ـ .







- **حلل المنحنى .**

- تمثل هذه الوثيقة تغيرات استهلاك الأكسجين من طرف الميتوكوندري بدلالة الزمن قبل و بعد إضافة الغلوكوز و حمض البيروفيك .
- **من z_0 إلى z_1 :** يلاحظ تناقص طفيف في نسبة الأكسجين في الوسط دلالة على امتصاصه القليل .
- **من z_1 إلى z_2 :** بالرغم من توفر الغلوكوز فإنه يستمر تناقص الأكسجين بنفس السرعة دلالة على امتصاصه القليل .
- **من z_2 إلى نهاية التجربة :** تتناقص كمية الأكسجين في الوسط دلالة على استهلاكه من طرف الميتوكوندري و ذلك بعد إضافة حمض البيروفيك إلى الوسط .

- **ماذا تستنتج حول مادة الأيض المستعملة من طرف الميتوكوندري ؟**

- تستعمل الميتوكوندري **حمض البيروفيك** مباشرة كمادة أيضية ، و لا يمكن لها أن تستعمل مادة أعقد منها كالغلوكوز.
- الظاهرة الفيزيولوجية التي تحدث على مستوى الميتوكوندري هي **الأكسدة الخلوية (التنفس)** .

تجربة 2:

يعتبر حمض البيروفيك أحد نواتج التحلل السكري للغلوكوز .
فعلى أي مستوى في الخلية يتم التحلل السكري ؟ و ما هو مصير حمض البيروفيك ؟
لإظهار ذلك نقوم بالتجربة التالية :
نحضر مزرعتين من خميرة الخبز في إناءين مختلفين يحتوي كل منهما على سكر الغلوكوز المشع ($^*G$)
نسد الإناء الأول بإحكام (وسط لا هوائي) ، و نقوم بتهوية الإناء الثاني باستمرار (وسط هوائي) .
يتم تتبع ظهور الإشعاع داخل خلايا الخميرة (الهيولى أو الميتوكوندري) بعد فترات زمنية مختلفة .
النتائج موضحة في الجدولين (أ) و (ب) من الوثيقة ـ 3 ـ .
حيث : $^*P$ = حمض البيروفيك المشع ، $^*A_1$ و$^*A_2$ و $^*A_3$ = نواتج مشتقة من حمض البيروفيك .
$^*A_1$ = أستيل مرافق الأنزيم (أ) ، $^*A_2$ = إيثانول ، $^*A_3$ = حمض الليمون أو مركبات أخرى من حلقة كرابس .

الزمن	الوسط	الهيولى	الميتوكوندري
$ز_0$	$^*G$		
$ز_1$	$^*G$	$^*G$	
$ز_2$		$^*P$	$^*P$
$ز_3$			$^*A_1 + {}^*P$
$ز_4$	$^*CO_2$		$^*A_3$

الجدول (أ)

الزمن	الوسط	الهيولى	الميتوكوندري
$ز_0$	$^*G$		
$ز_1$	$^*G$	$^*G$	
$ز_2$		$^*P$	
$ز_3$		$^*A_2 + {}^*P$	
$ز_4$	$^*CO_2$	$^*A_2$	

الجدول (ب)

- حلل النتائج التجريبية في الجدولين (أ) و (ب) .

في $ز_0$: يتواجد الغلوكوز في الوسط في الحالتين (أ) و (ب) .
في $ز_1$: يظهر الغلوكوز في الهيولى في الحالتين (أ) و (ب) .
في $ز_2$: يظهر حمض البيروفيك في الهيولى و في الميتوكوندري في الحالة (أ) ، و في الهيولى فقط في الحالة (ب) .
في $ز_3$ و في $ز_4$: يتحول حمض البيروفيك ($^*P$) إلى مركبات أخرى ($^*A_3 + {}^*A_1$) في الميتوكوندري في الحالة (أ) ، بينما يتحول إلى ($^*A_2$) في الهيولى فقط في الحالة (ب) ، كما يظهر $^*CO_2$ في الوسط في الحالتين (أ) و (ب) .

- ماذا تستنتج ؟

- في الجدول (أ) يتفكك الغلوكوز في الهيولى ليعطي حمض البيروفيك الذي يدخل إلى الميتوكوندري فيتحول إلى مركبات أخرى ينتزع منها غاز الـ CO_2 الذي يطرح إلى الوسط الخارجي .
- في الجدول (ب) يتفكك الغلوكوز في الهيولى ليعطي حمض البيروفيك الذي يتحول إلى مركبات أخرى في الهيولى ينتزع منها غاز الـ CO_2 الذي يطرح إلى الوسط الخارجي .

- حدد في أي ظرف تم الحصول على الجدولين (أ) و (ب) .

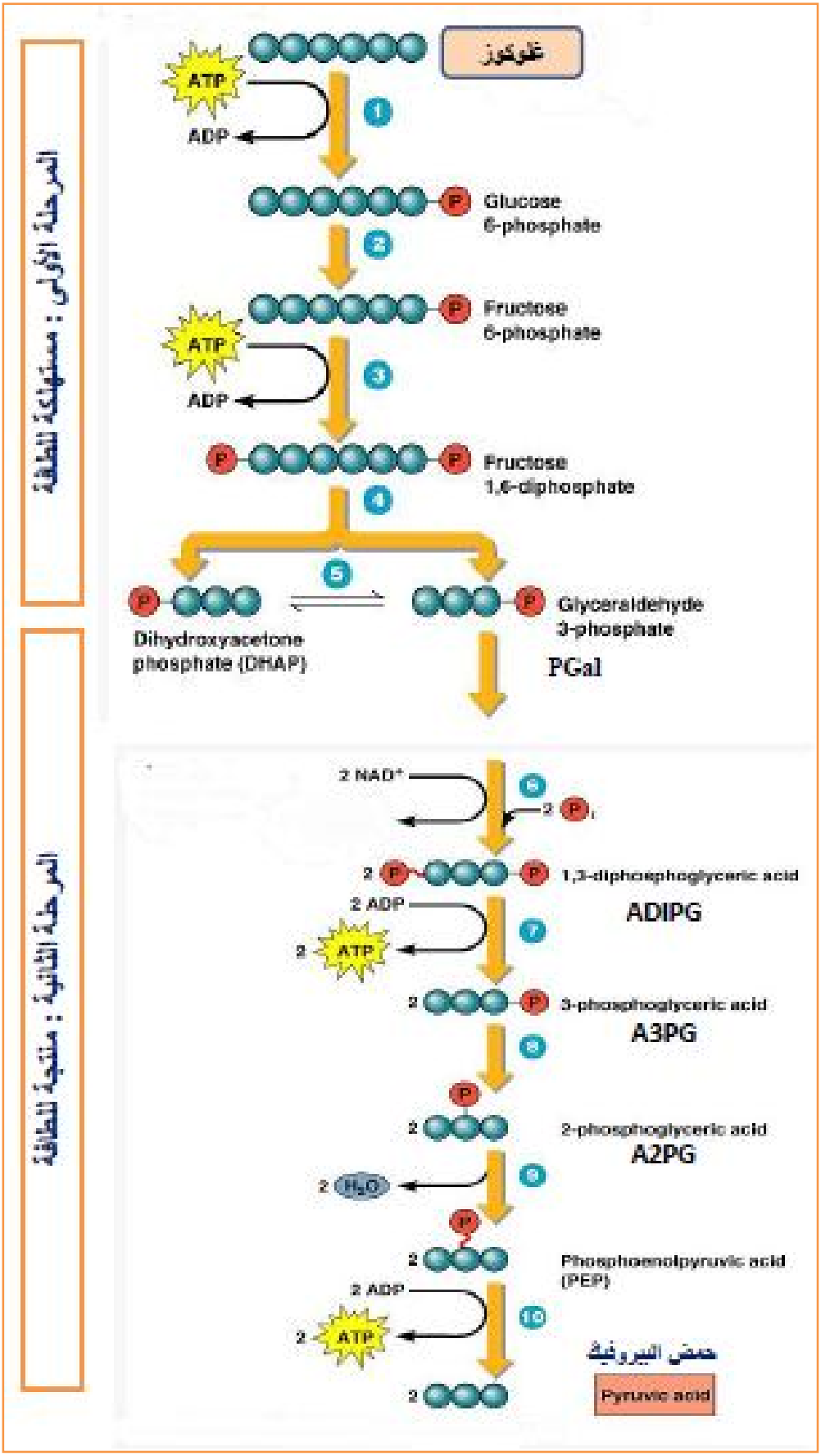
- الحالة (أ) : تمت في ظروف هوائية لحدوث هدم للغلوكوز داخل الميتوكوندري .
- الحالة (ب) : تمت في ظروف لا هوائية لحدوث هدم للغلوكوز في الهيولى .

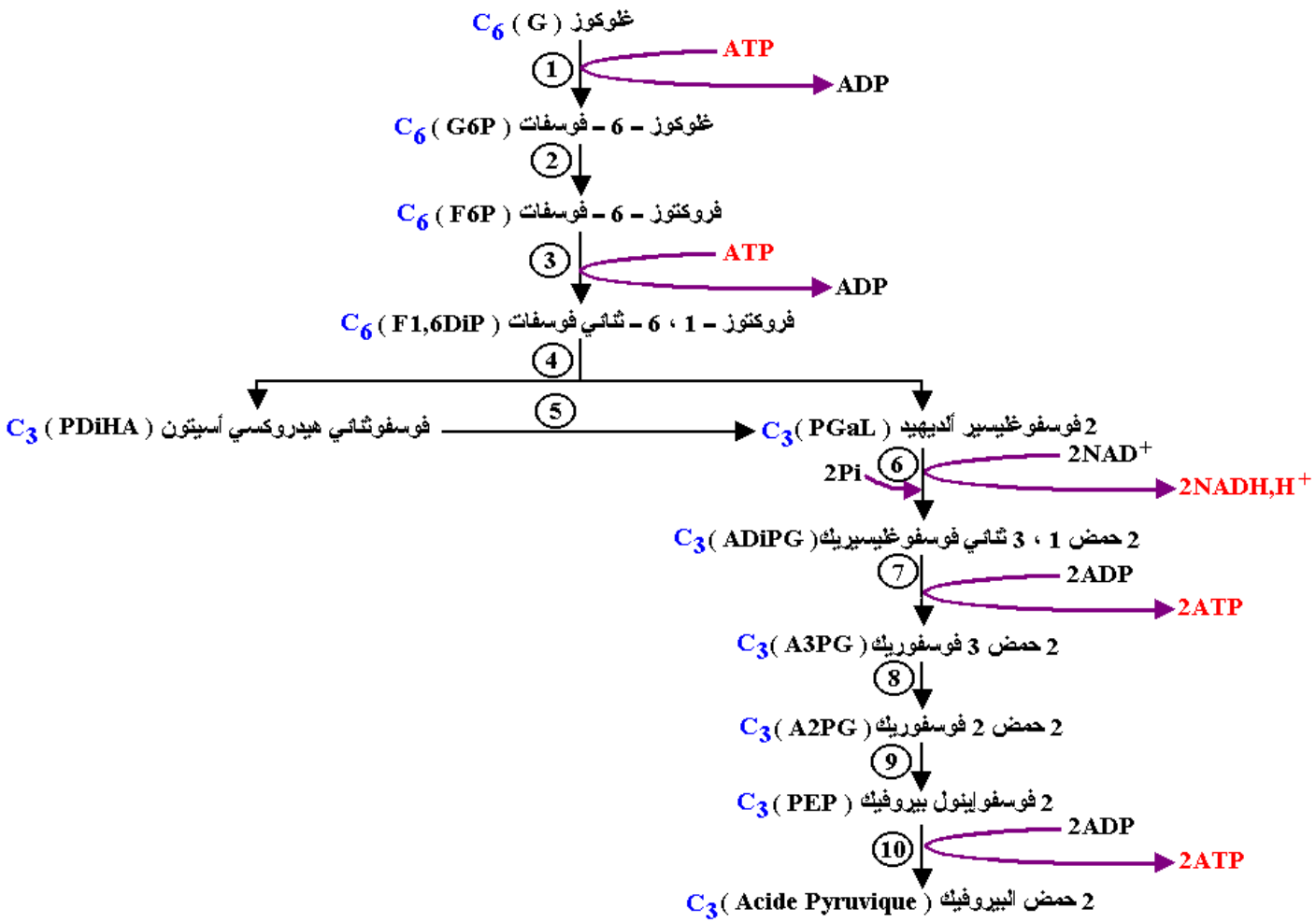
- حدد مصير و مقر تحول حمض البيروفيك في الحالتين .

- في الوسط الهوائي يتم تحول حمض البيروفيك إلى مركبات أخرى(أستيل مرافق الأنزيم " أ " و حمض الليمون أو مركبات أخرى من حلقة كرابس) داخل الميتوكوندري.
- في الوسط اللاهوائي يتم تحول حمض البيروفيك إلى مركبات أخرى(إيثانول) في الهيولى.

2 – مراحل التحلل السكري :

تم إظهار أن الميتوكوندري لا تستعمل الغلوكوز مباشرة حيث يتحلل الغلوكوز (مركب C_6) في الهيولى تدريجيا بوجود أنزيمات خاصة إلى حمض البيروفيك (مركب C_3) خلال سلسلة من التفاعلات منها المستهلكة للـ ATP و منها المنتجة لها ، و منها المؤدية إلى إرجاع المرافق الأنزيمي (NAD^+) كما يبينه المخطط الموالي :





- مثل التفاعلات 1 ، 3 ، 6 ، 7 و 10 بمعادلات بسيطة .

✓ التفاعل 1 : $Glucose + ATP \longrightarrow Glucose\text{-}6\text{-}P + ADP$

✓ التفاعل 3 : $Fructose\text{-}6\text{-}P + ATP \longrightarrow Fructose1\text{-}6\text{-}diP + ADP$

✓ التفاعل 6 : $2PGaL + 2NAD^+ + 2Pi \longrightarrow 2ADiPG + 2NADH,H^+$

✓ التفاعل 7 : $2ADiPG + 2ADP \longrightarrow 2A_3PG + 2ATP$

✓ التفاعل 10 : $2PEP + 2ADP \longrightarrow 2Acide\ Pyruvique + 2ATP$

✓

- استنتج نوع التفاعل الذي حدث في كل حالة اعتمادا على الحالات التالية : إماهة الـ ATP ، تركيب الـ ATP ، تفاعلات أكسدة و إرجاع .

➢ التفاعل 1 : فسفرة الغلوكوز و إماهة للـ ATP .

➢ التفاعل 3 : فسفرة الفروكتوز و إماهة للـ ATP .

➢ التفاعل 6 : أكسدة و فسفرة الـ PGaL و إرجاع المرافق الأنزيمي (NAD^+).

➢ التفاعل 7 : نزع الفوسفور من الـ ADiPG و فسفرة الـ ADP و تشكل الـ ATP .

➢ التفاعل 10 : نزع الفوسفور من الـ PEP و فسفرة الـ ADP و تشكل الـ ATP .

- هل حصيلة عدد الـ ATP إيجابية أم سلبية ؟

- الحصيلة إيجابية .

- علل إجابتك.

- عدد جزيئات الـ ATP المستهلكة في التفاعلين (1) و (3) = - 2 .
- عدد جزيئات الـ ATP المتشكلة في التفاعلين (7) و (10) = + 4 .
- الحصيلة = المتشكلة ــ المستهلكة = 4 ــ 2 = +2 .

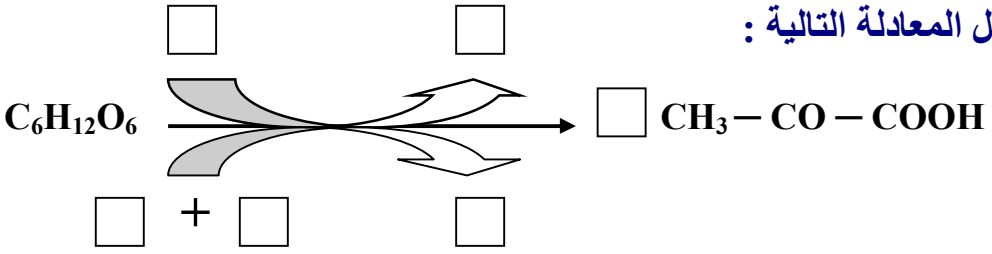
ملاحظة :

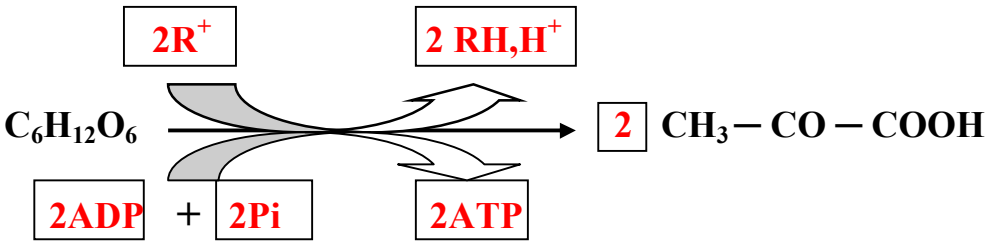
- إذا كان عدد الجزيئات المتشكلة أكبر من عدد الجزيئات المستهلكة تكون الحصيلة إيجابية .
- إذا كان عدد الجزيئات المتشكلة أقل من عدد الجزيئات المستهلكة تكون الحصيلة سلبية .
-

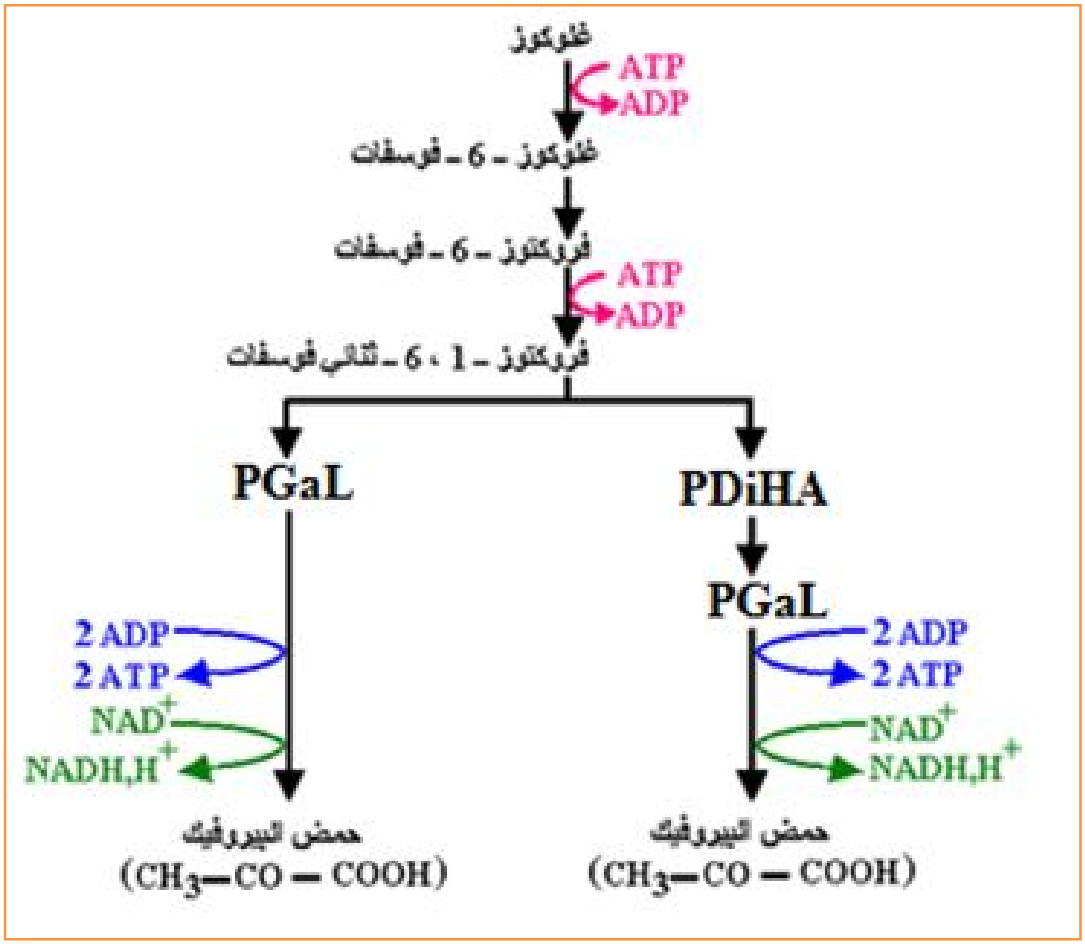
- لخص تفاعلات التحلل السكري في معادلة إجمالية بسيطة .

$$\underset{\text{غلوكوز}}{C_6H_{12}O_6} + 2ADP + 2Pi + 2NAD^+ \longrightarrow \underset{\text{حمض البيروفيك}}{2(CH_3-CO-COOH)} + 2ATP + 2NADH,H^+$$

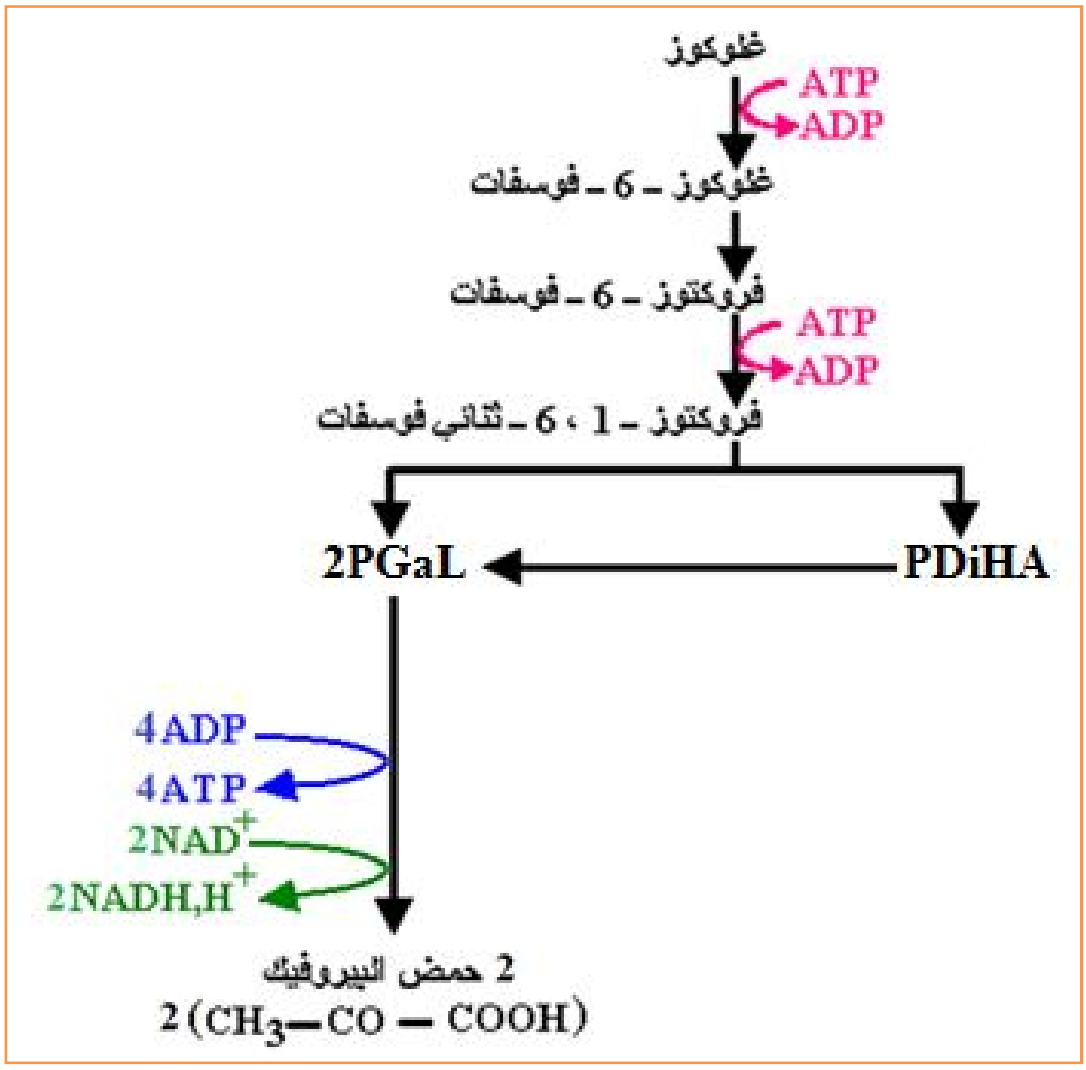
تطبيق : أكمل المعادلة التالية :

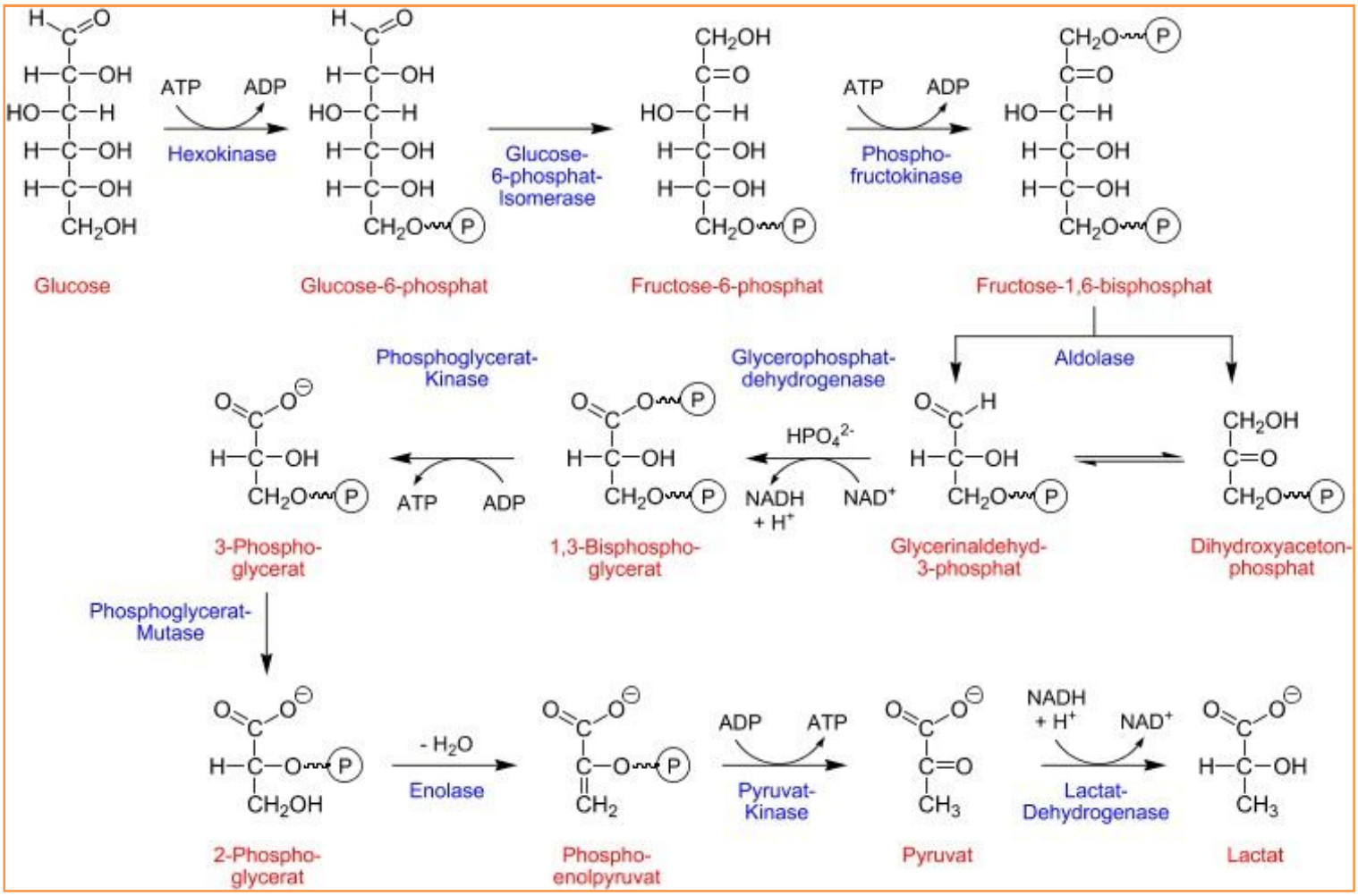


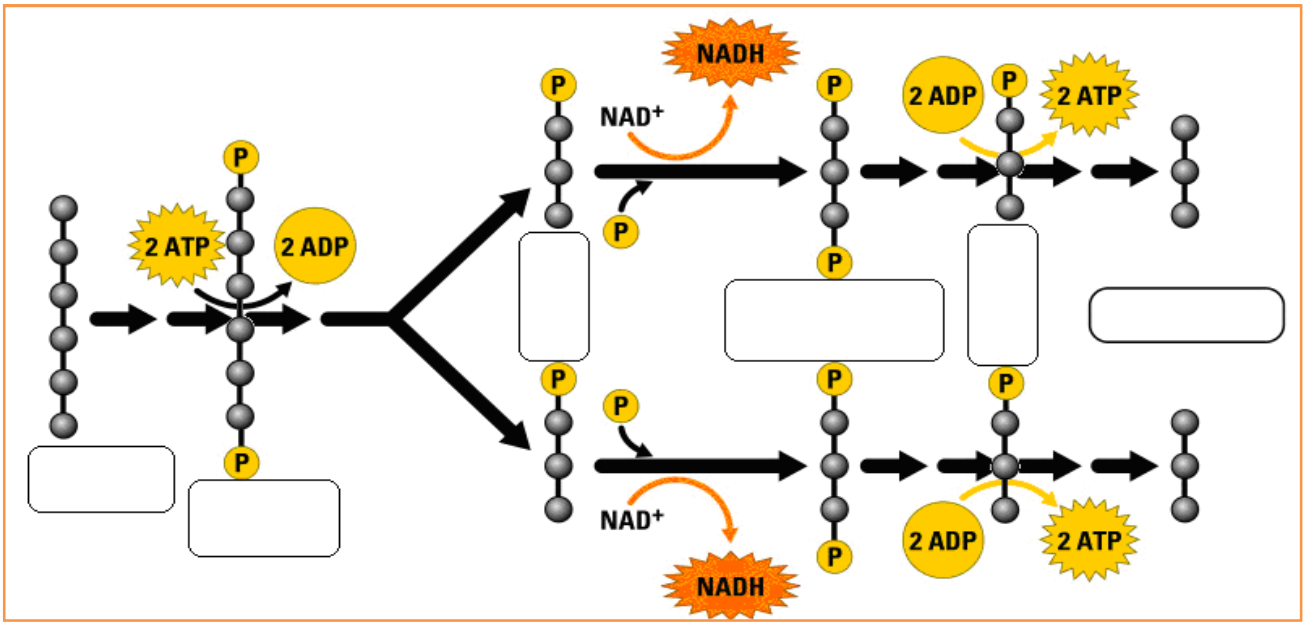


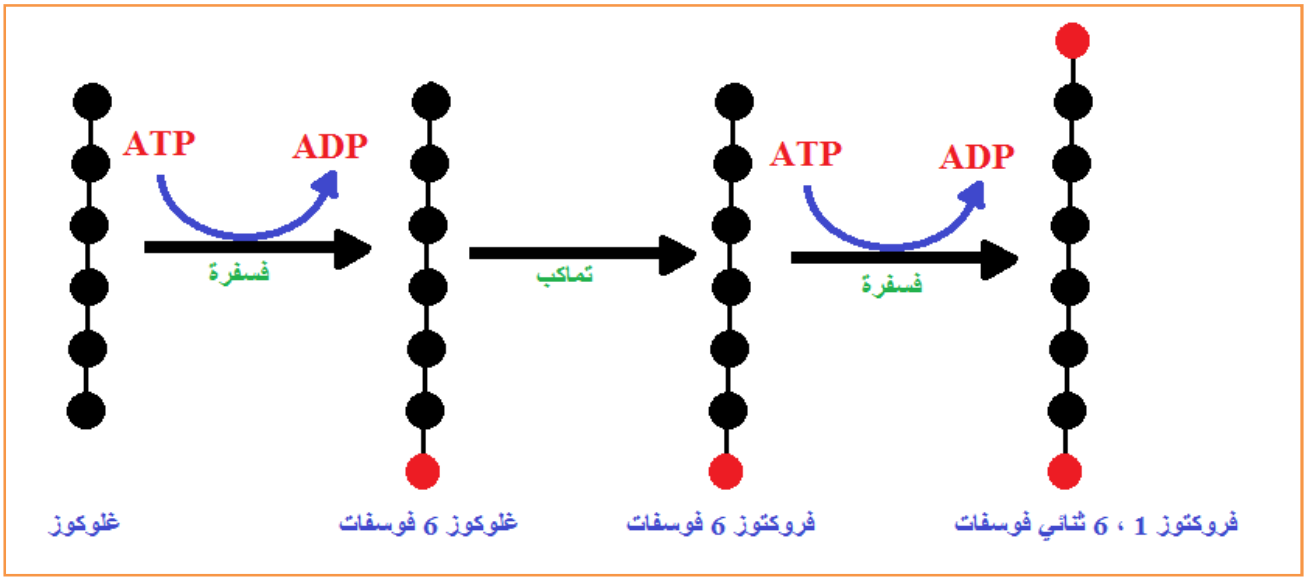

غلوكوز
ATP
ADP
غلوكوز – 6 – فوسفات
فروكتوز – 6 – فوسفات
ATP
ADP
فروكتوز – 1 ، 6 – ثنائي فوسفات
PGaL
PDiHA
PGaL
2 ADP
2 ATP
NAD+
NADH,H+
2 ADP
2 ATP
NAD+
NADH,H+
حمض البيروفيك
(CH3—CO — COOH)
حمض البيروفيك
(CH3—CO — COOH)

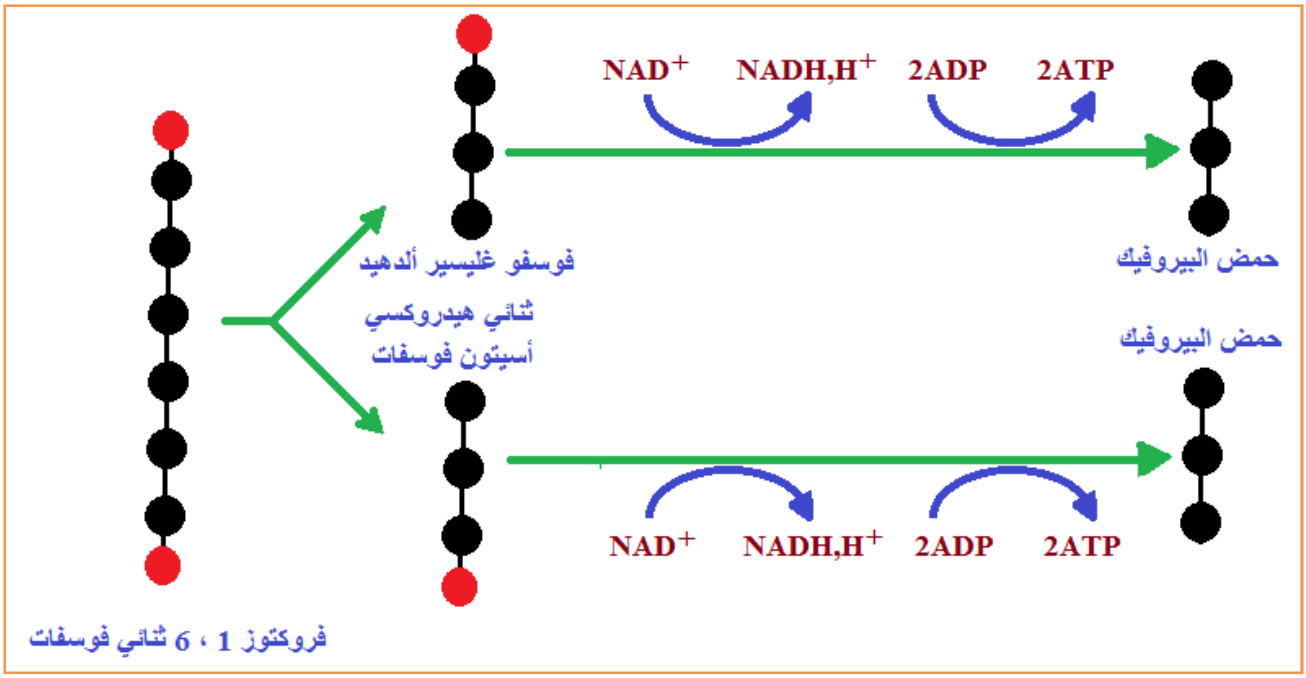
أو


غلوكوز
ATP
ADP
غلوكوز – 6 – فوسفات
فروكتوز – 6 – فوسفات
ATP
ADP
فروكتوز – 1 ، 6 – ثنائي فوسفات
2PGaL
PDiHA
4 ADP
4 ATP
2NAD+
2NADH,H+
2 حمض البيروفيك
2(CH3—CO — COOH)


ATP
ADP
Hexokinase
Glucose-
6-phosphat-
Isomerase
ATP
ADP
Phospho-
fructokinase
Glucose
Glucose-6-phosphat
Fructose-6-phosphat
Fructose-1,6-bisphosphat
Aldolase
Phosphoglycerat-
Kinase
Glycerophosphat-
dehydrogenase
HPO_4^{2-}
ATP
ADP
NADH
+ H^+
NAD^+
3-Phospho-
glycerat
1,3-Bisphospho-
glycerat
Glycerinaldehyd-
3-phosphat
Dihydroxyaceton-
phosphat
Phosphoglycerat-
Mutase
- H_2O
Enolase
ADP
ATP
Pyruvat-
Kinase
NADH
+ H^+
NAD^+
Lactat-
Dehydrogenase
2-Phospho-
glycerat
Phospho-
enolpyruvat
Pyruvat
Lactat


NADH
NAD+
2 ADP
2 ATP
P
2 ATP
2 ADP
NAD+
NADH
2 ADP
2 ATP


ATP
ADP
فسفرة
تماكب
ATP
ADP
فسفرة
غلوكوز
غلوكوز 6 فوسفات
فروكتوز 6 فوسفات
فروكتوز 1 ، 6 ثنائي فوسفات


NAD+
NADH,H+
2ADP
2ATP
فوسفو غليسير ألدهيد
ثنائي هيدروكسي
أسيتون فوسفات
حمض البيروفيك
حمض البيروفيك
NAD+
NADH,H+
2ADP
2ATP
فروكتوز 1 ، 6 ثنائي فوسفات

المجال التعلمي II : التحولات الطاقوية .
الوحدة الثانية:آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP.
الحصة التعلمية 4: مراحل تفكك حمض البيروفيك (تفاعلات حلقة كريبس) .

أ ــ وضعية الانطلاق :

بينت قياسات استهلاك الأكسجين من طرف ميتوكوندريات معزولة و باستعمال المواد الموسومة بالإشعاع أن حمض البيروفيك يتعرض لسلسلة من التفاعلات في المادة الأساسية للميتوكوندري .

ب ــ الإشكاليات :

- فما هي مراحل تحول حمض البيروفيك ؟

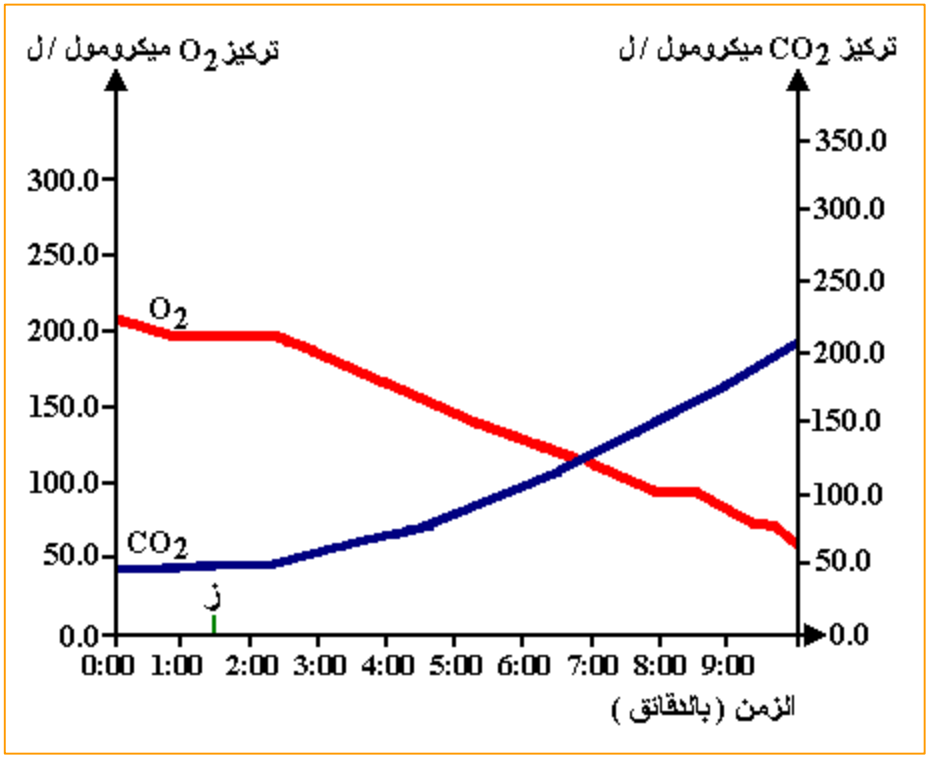
ج ــ الفرضيات :

- يتحول إلى مركبات أخرى .

د ــ التقصي :

1 ــ إظهار هدم حمض البيروفيك من طرف الميتوكوندري :

باستعمال التركيب التجريبي الموضح في الوثيقة ــ 1 ــ تم وضع معلق من الميتوكوندري في وسط غني بالأكسجين ثم حقنت كمية من حمض البيروفيك في الزمن (ز) . تم قياس تركيز الأكسجين و ثاني أكسيد الكربون عن طريق لاقطين . النتائج المتحصل عليها مبينة في الوثيقة ــ 1 ــ .



- **حلل منحنى الوثيقة ــ 1 ــ .**

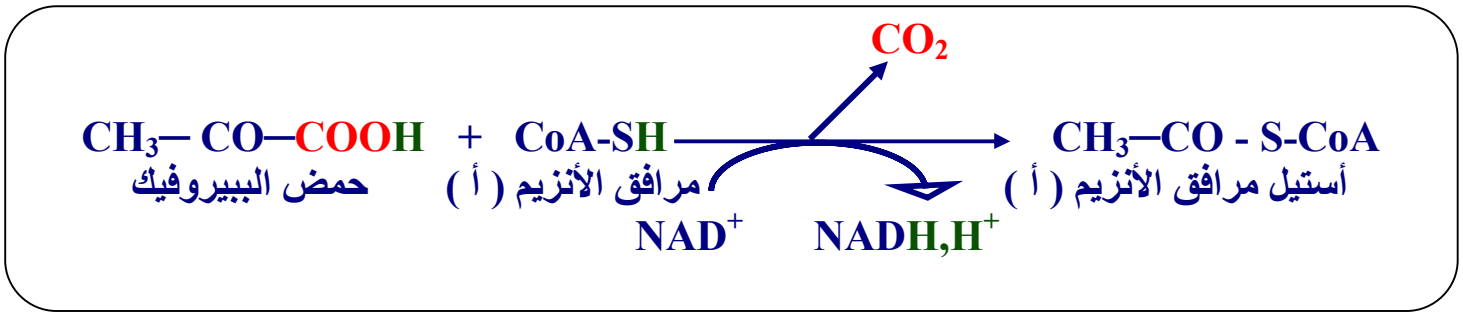
- تمثل الوثيقة منحنيات تغيرات تركيز الـ O_2 والـ CO_2 في الوسط بدلالة الزمن قبل و بعد إضافة حمض البيروفيك.
- **قبل إضافة حمض البيروفيك (ز)** : تكون كمية كل من الأكسجين و غاز ثاني أكسيد الكربون ثابتة في الوسط .
- **عند إضافة حمض البيروفيك (ز)** : كلما زاد الزمن نقصت كمية الأكسجين و زادت كمية غاز ثاني أكسيد الكربون في الوسط .

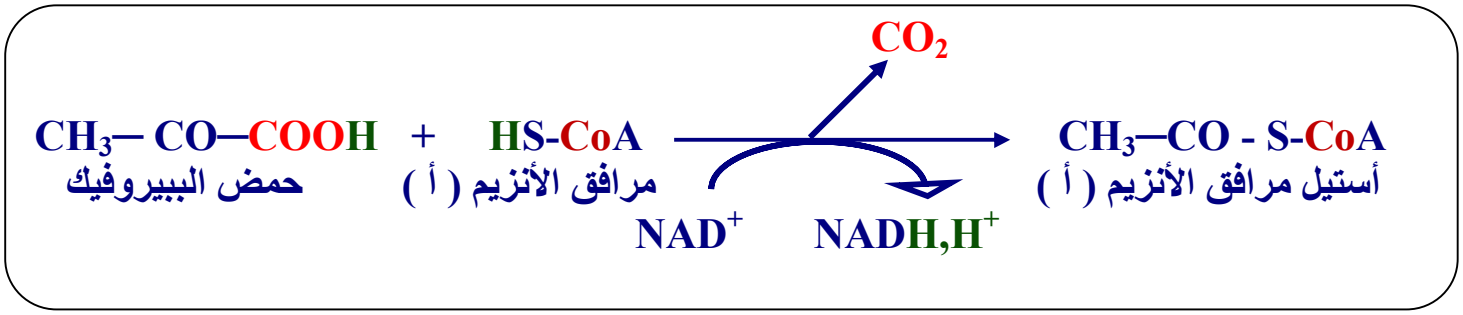
- **ماذا تستنتج ؟**

- يهدم حمض البيروفيك في الميتوكوندري في وجود الأكسجين و ينتج عنه غاز ثاني أكسيد الكربون .

2 – تحول حمض البيروفيك إلى أستيل مرافق الأنزيم (أ) (مرحلة تمهيدية لحلقة كرابس) :

بينت التجارب أن تحويل حمض البيروفيك إلى أستيل مرافق الأنزيم (أ) ، يتم بواسطة معقد أنزيمي كبير يقوم بنزع الهيدروجين و ثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة التالية :

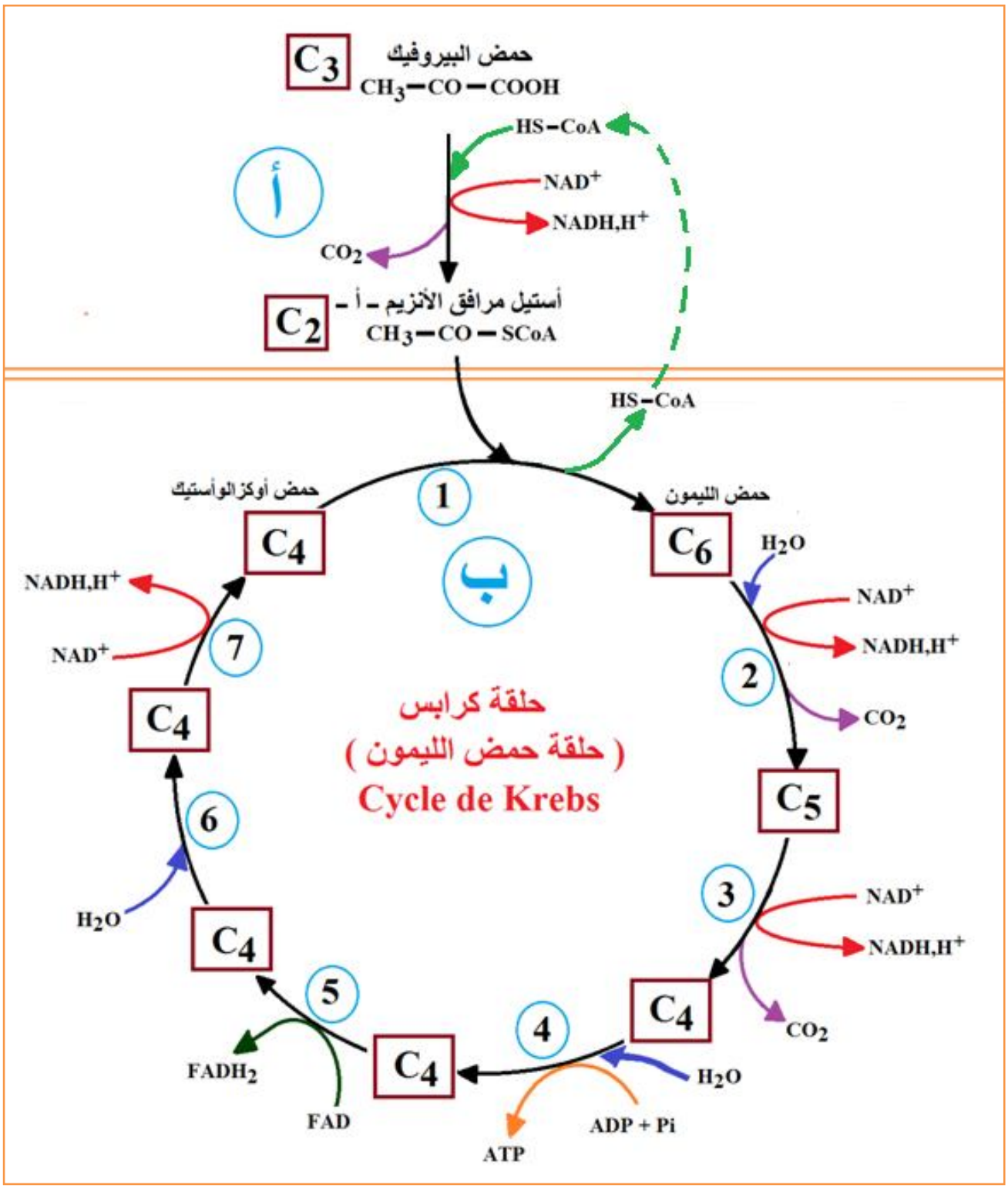




يعتبر هذا التفاعل خطوة تحضيرية للمرحلة اللاحقة (حلقة كريبس) لذلك يكتب عادة مع الحلقة .

3 – تفاعلات حلقة كريبس :

يدخل الأستيل مرافق الأنزيم (ا) في سلسلة من التفاعلات و ذلك خلال دورة كيموحيوية تدعى بحلقة كريبس (نسبة إلى العالم Hans Krebs الذي اكتشفها) و ذلك بتدخل مجموعة من الأنزيمات (نازعات الكربوكسيل و الهيدروجين ، أو نازعات للهيدروجين فقط) .
تلخص الوثيقة الموالية أهم مراحل هذه الحلقة بالإضافة إلى الخطوة التحضيرية لها .



- استخرج نوع التفاعلات التي حدثت في: 1 ، 2 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7 (تركيب ATP ، تفاعلات أكسدة تفاعلات نزع كربوكسيل تاكسدية) .
- التفاعل 1 : تشكيل حمض الليمون انطلاقا من اتحاد حمض أوكزالوأستيك بالأستيل مرافق الأنزيم " أ " مع نزع مرافق الأنزيم (أ) .
- التفاعل 2 : نزع الكربوكسيل و أكسدة حمض الليمون (تفاعلات نزع الكربوكسيل التأكسدية) و إرجاع المرافق الأنزيمي (NAD^+).
- التفاعل 4 : فسفرة الـ ADP و تركيب الـ ATP .
- التفاعل 5 : أكسدة المركب رباعي الكربون (C_4) و إرجاع المرافق الأنزيمي (FAD).
- التفاعل 6 : تماكب .
- التفاعل 7 : أكسدة المركب رباعي الكربون (C_4) و إرجاع المرافق الأنزيمي (NAD^+).

- استخرج عدد جزيئات الـ CO_2 المطروحة انطلاقا من هدم جزيئة غلوكوز واحدة .

- 6 جزيئات من الـ CO_2.

- حدد عدد و نوع المرافقات الأنزيمية المرجعة انطلاقا من هدم جزيئة غلوكوز واحدة.

- 10 جزيئات من الـ $NADH,H^+$ و جزيئتان (2) من الـ $FADH_2$.

- لخص التفاعل (أ) في معادلة إجمالية بسيطة .

$$CH_3—CO—COOH + HS\text{-}CoA + NAD^+ \longrightarrow CH_3—CO\text{-}S\text{-}CoA + NADH,H^+ + CO_2$$

حمض البيبيروفيك مرافق الأنزيم (أ) أستيل مرافق الأنزيم (أ)

- استنتج الحصيلة الأولية للتحلل السكري ، المرحلة التحضيرية و حلقة كرابس انطلاقا من جزيئة غلوكوز واحدة ، (تشمل الحصيلة عدد الـ : ATP ، $NADH,H^+$ ، $FADH_2$ ، CO_2).

المراحل / المركبات	ATP	$NADH,H^+$	$FADH_2$	CO_2
التحلل السكري	2	2 × 1	/	/
المرحلة التحضيرية	/	2 × 1	/	2 × 1
حلقة كرابس	2 × 1	2 × 3	2 × 1	2 × 2
المجموع	4	10	2	6

$4(ATP)$ ، $10(NADH,H^+)$ ، $2(FADH_2)$ ، $6(CO_2)$

- لخص التفاعل (ب) في معادلة إجمالية بسيطة .

$$CH_3—CO\text{-}S\text{-}CoA + 3NAD^+ + FAD + ADP + Pi + 3H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 3NADH,H^+ + FADH_2 + ATP + CoA\text{-}SH$$

أستيل أ مرافق الأنزيم (أ) مرافق الأنزيم (أ)

- لخص التفاعلين (أ) و (ب) معا في معادلة إجمالية بسيطة .

$$CH_3\text{-}CO\text{-}COOH + 4NAD^+ + FAD + ADP + Pi + 3H_2O \longrightarrow 3CO_2 + 4NADH,H^+ + FADH_2 + ATP$$

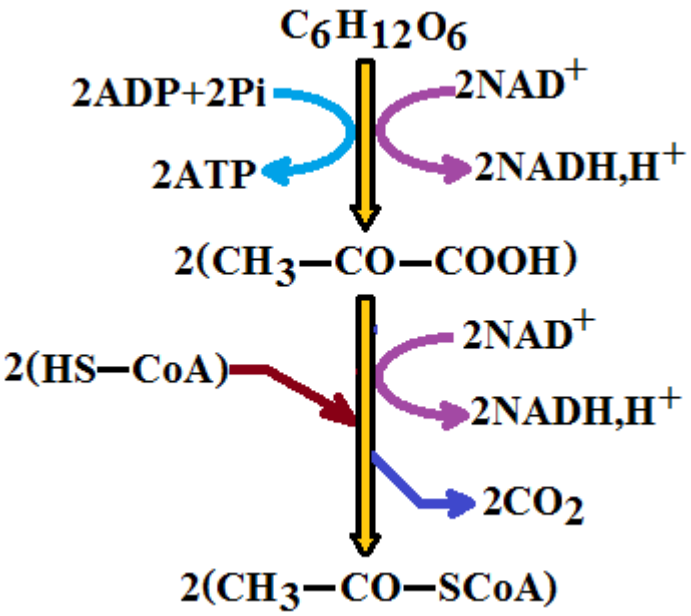
- لخص تفاعلات التحلل السكري ، المرحلة التحضيرية و حلقة كرابس بمعادلة إجمالية بسيطة .

$$C_6H_{12}O_6 + 10NAD^+ + 2FAD + 4ADP + 4Pi + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 10NADH,H^+ + 2FADH_2 + 4ATP$$

- ما هي الأهمية البيولوجية لدورة كرابس .

- تسمح بتفكيك تدريجي لمادة الأيض .
- الحصول على جزيئات ATP تم تركيبها بصورة مباشرة .
- إرجاع المرافقات الأنزيمية ($NADH,H^+$ ، $FADH_2$) التي تحتوي على إلكترونات عالية الطاقة لبناء الـ ATP .

- لخص تفاعلات التحلل السكري و المرحلة التحضيرية بمخطط بسيط .



تطبيق : أكمل المعادلة التالية :

$\square\ CH_3—CO\text{-}COOH + \square + \square \longrightarrow \square\ CO_2 + \square\ RH_2$

$\square$ $\square$ $\square$

$\boxed{2}\ CH_3—CO—COOH + \boxed{10\ R} + \boxed{6H_2O} \longrightarrow \boxed{6}\ CO_2 + \boxed{10}\ RH_2$

$\boxed{2ADP} + \boxed{2Pi}$ $\boxed{2ATP}$

ملاحظة ـ 1 ـ :

$4NAD^+ + FAD = 5R$
$4NADH,H^+ + FADH_2 = 5RH_2$

$8NAD^+ + 2FAD = 10R$
$8NADH,H^+ + 2FADH_2 = 10RH_2$

ملاحظة ـ 2 ـ : $NADH,H^+$ و $FADH_2$: نواقل للإلكترونات غنية بالطاقة .

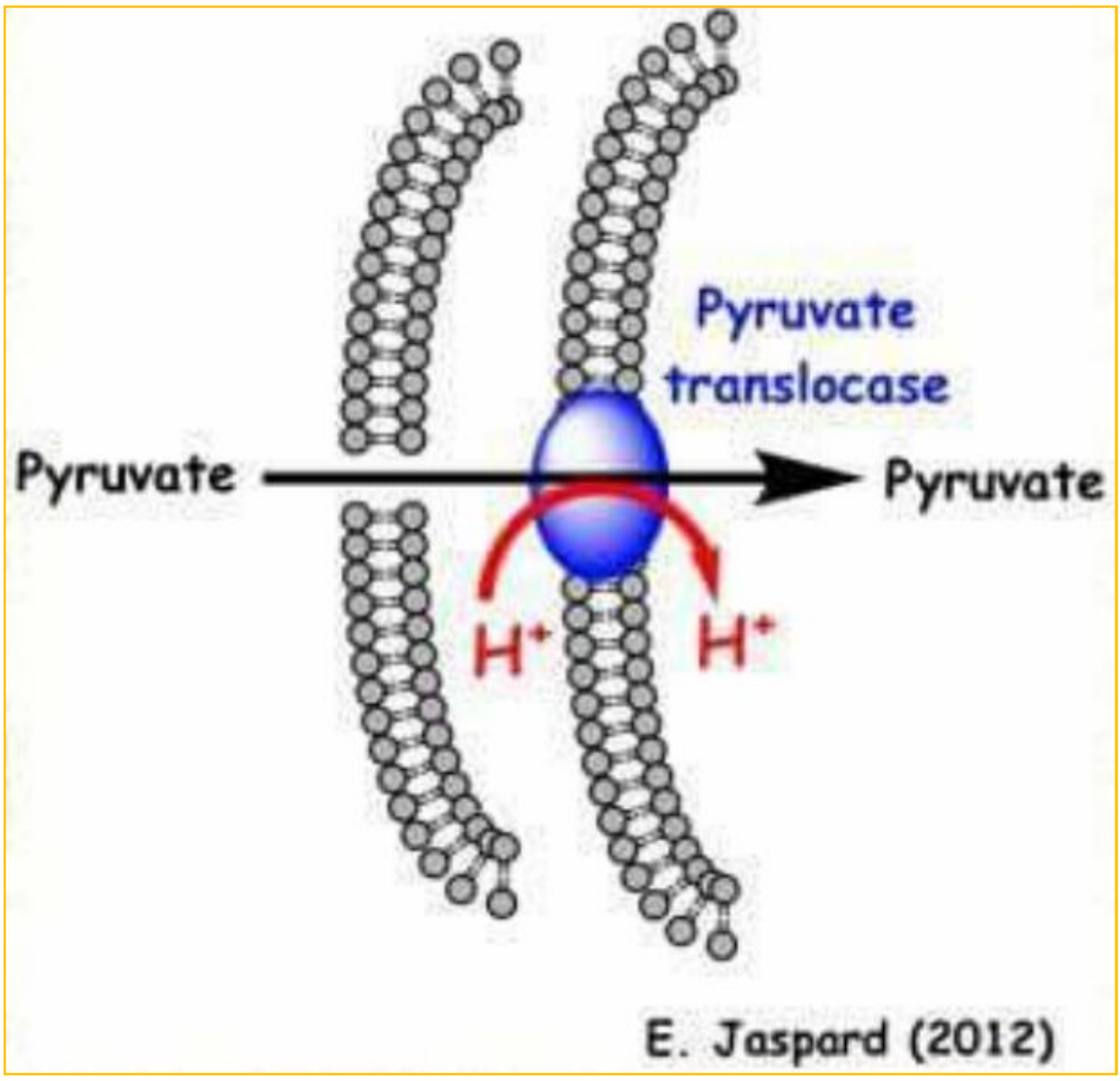
معلومات مفيدة :

- مرافق الأنزيم (أ) : جزيئة عضوية معقدة مشتقة من فيتامين (مجموعة B_3) .

ملاحظة :

- **كيف يتم دخول حمض البيروفيك الناتج عن التحلل السكري من الهيولى الى داخل الميتوكندري ؟**

- يعبر حمض البيروفيك الغشاء الخارجي للميتوكندري نحو الفراغ بين غشائين عبر قنوات غشائية كبيرة البورينات(porines)
- ينتقل حمض البيروفيك من الفراغ بين الغشائين نحو المادة الأساسية عبر نواقل نوعية تدعى pyruvate translocase (بروتين الغشاء الداخلي) باستعمال الطاقة المحررة من تدفق البروتونات من الفراغ بين الغشائين الى داخل الحشوة حسب تدرج التركيز (وجود تدرج في تركيز البروتونات على جانبي الغشاء الداخلي للميتوكندري .
- اذن تستعمل الميتوكندري تدرج البروتونات المتولد عن طريق الاسموزية الكيميائية لأهداف غير تركيب ATP مثل نقل حمض البيروفيك إلى الحشوة.



المجال التعلمي II : التحولات الطاقوية .
الوحدة الثانية:آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP.
الحصة التعلمية 5: الفسفرة التأكسدية .

أ ــ وضعية الانطلاق :

يتطلب استمرار مرحلتي التحلل السكري و حلقة كريبس تجديد المرافقات الأنزيمية المرجعة ($NADH,H^+$) و ($FADH_2$) و ذلك بأكسدتها و تشكل جزيئات الماء بالإضافة إلى تركيب جزيئات ATP .

ب ــ الإشكاليات :

- فما هو مقر هذه التفاعلات ؟
- و ما هي مراحلها ؟

ج ــ الفرضيات :

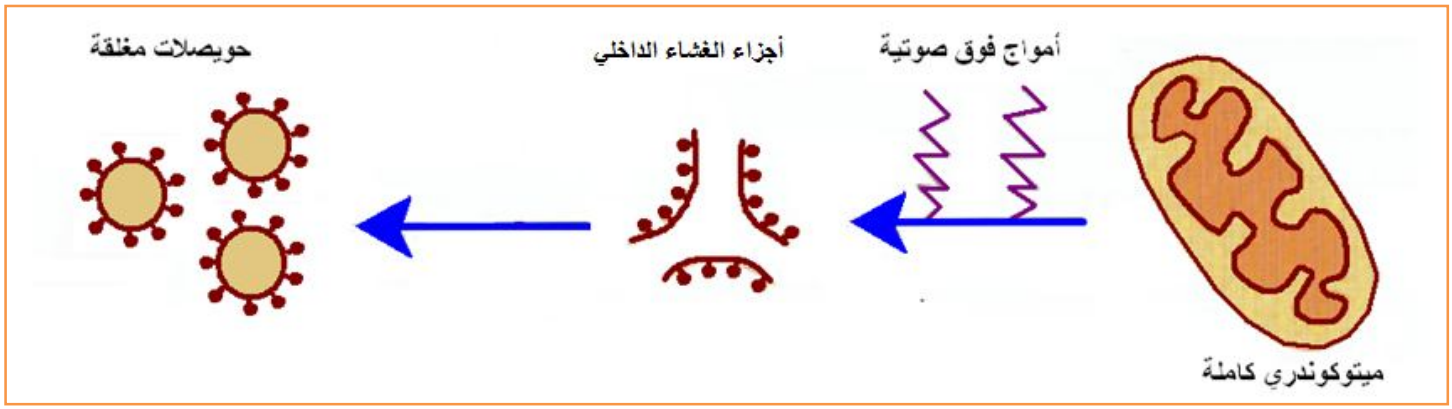
- المادة الأساسية للميتوكوندري .
- عمليات أكسدة و إرجاع .

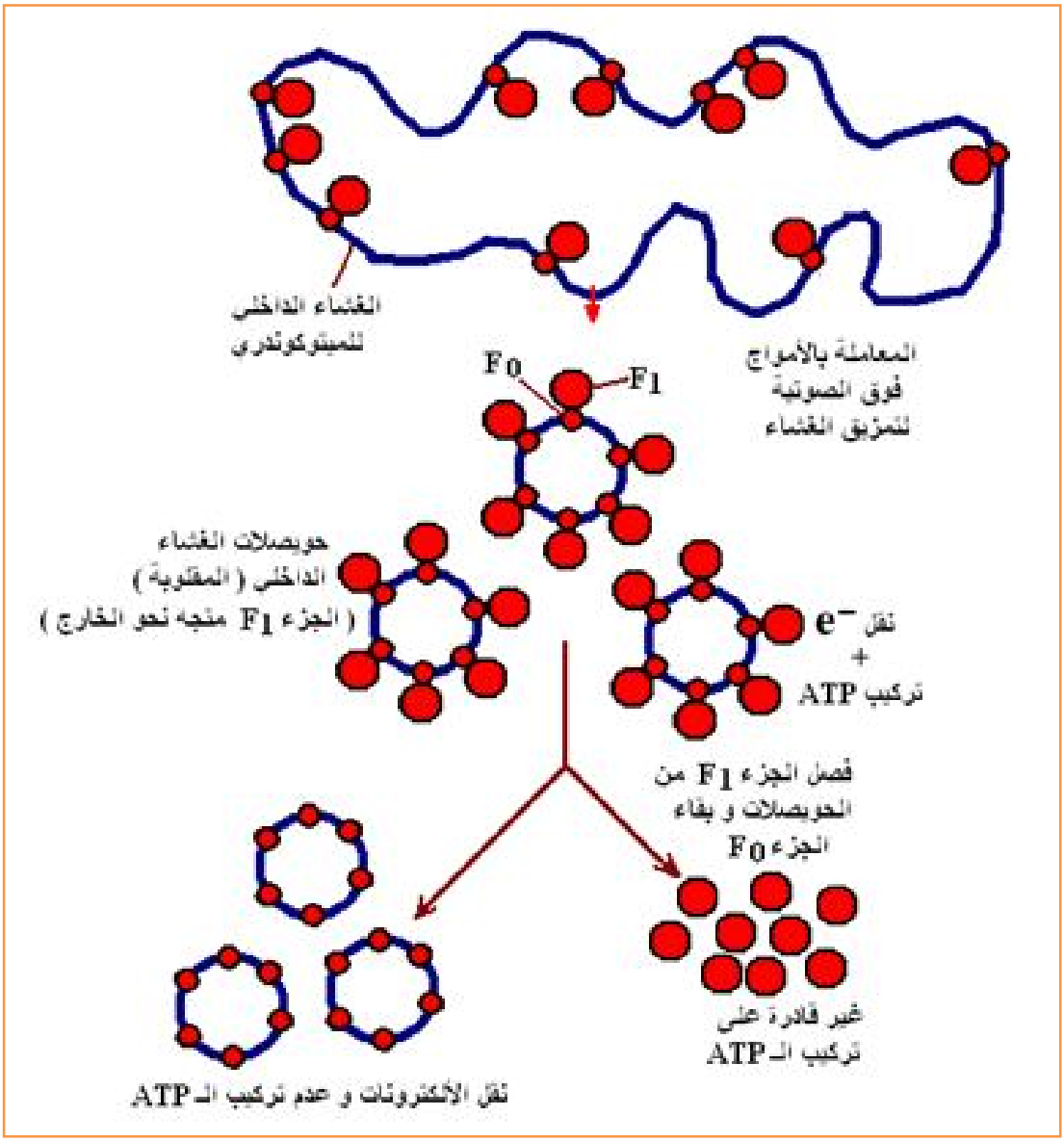
د ــ التقصي :

1 ــ دور الغشاء الداخلي للميوكوندري :

لإظهار دور الغشاء الداخلي للميتوكوندري في الفسفرة التأكسدية نستعرض التجارب التالية :

التجربة 1 : باستعمال الأمواج فوق الصوتية تمت تجزئة الميتوكوندري فتشكلت حويصلات للأغشية الداخلية " المقلوبة " بها كريات مذنبة ، كما أن فصل الجزء الكروي (F_1) من الأنزيم ATP Synthase عن الجزء المتواجد ضمن الغشاء (F_0) سمح بتحديد دور كل منهما في تركيب الـ ATP في شروط تجريبية مناسبة . التجربة موضحة في الوثيقة ـ 1 ـ .



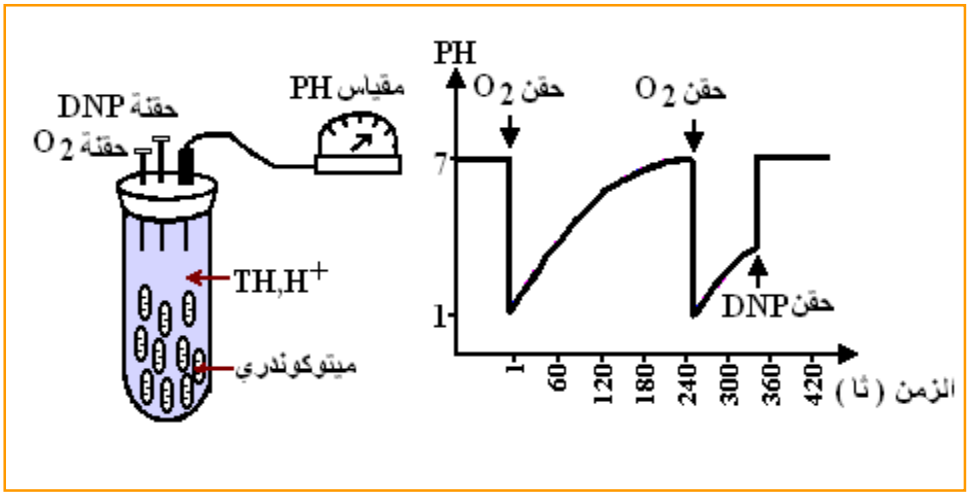


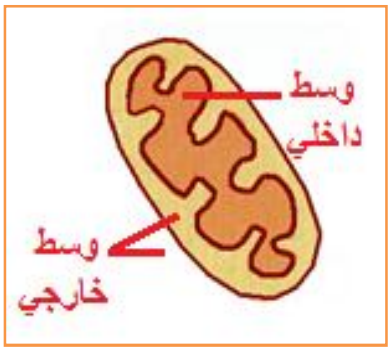
- **ما هي المعلومات التي تقدمها نتائج التجربة فيما يخص دور مكونات الحويصلات الغشائية (الغشاء و الأنزيم) ؟**

- نقل الإلكترونات (e^-) يتم بواسطة مكونات الغشاء الداخلي للميتوكوندري (الأعراف) .
- تركيب الـ ATP يتم بواسطة الجزء الكروي (F_1) من الأنزيم ATP Synthase عند وجوده ضمن غشاء سليم (في الميتوكوندري أو في حويصلة غشائية) .

التجربة 2 :

لتحديد سلوك الغشاء الداخلي للميتوكوندري تجاه البروتونات (H^+) تم قياس PH الوسط الخارجي لمعلق من الميتوكوندري المعزولة يحتوي على معطي للإلكترونات (TH,H^+) .
يكون الوسط خاليا من الأكسجين في بداية التجربة ، ثم يتم حقن جرعات من الأكسجين أو مادة ثنائي نيتروفينول (DNP (Di Nitro Phénol عند أزمنة محددة . النتائج موضحة في منحنى الوثيقة ـ 2 ـ.





- **حلل منحنى الوثيقة ـ 2 ـ .**

- قبل حقن الأكسجين كان PH الوسط الخارجي ثابتا و مساويا لـ 7 .
- عند حقن الأكسجين ينخفض PH الوسط الخارجي فجأة دلالة على ارتفاع تركيز البروتونات (H^+) به ثم يبدأ PH الوسط الخارجي في الارتفاع التدريجي دلالة على انخفاض تركيز البروتونات (H^+) به .
- عند حقن مادة الـ DNP يرتفع PH الوسط الخارجي فجأة دلالة على انخفاض تركيز البروتونات به .

- **حدد تأثير كل من الأكسجين و الـ DNP مبرزا مصدر الـ H^+ عند إضافة الـ O_2 .**

- يعمل الأكسجين على خفض الـ PH خارج الميتوكوندري أي يزيد في تركيز البروتونات (H^+) به .
- تعمل مادة الـ DNP على رفع الـ PH خارج الميتوكوندري أي تخفض في تركيز البروتونات (H^+) به .

- **علل انخفاض الـ PH خارج الميتوكوندري ثم عودته إلى الوضعية الأصلية .**

- الانخفاض السريع لدرجة الـ PH خارج الميتوكوندري يعود إلى زيادة تركيز البروتونات H^+ الخارجة من الميتوكوندري والناتجة عن أكسدة النواقل المرجعة TH,H^+ داخل الميتوكندري في وجود الأكسجين وفق المعادلة التالية: $TH,H^+ \longrightarrow T^+ + 2é + 2H^+$
- أما عودة الـ PH إلى الحالة الأصلية فيفسر بدخول الـ H^+ إلى داخل الميتوكوندري(المادة الأساسية) عبر الكريات المذنبة.

- **ماذا تستنتج ؟:**

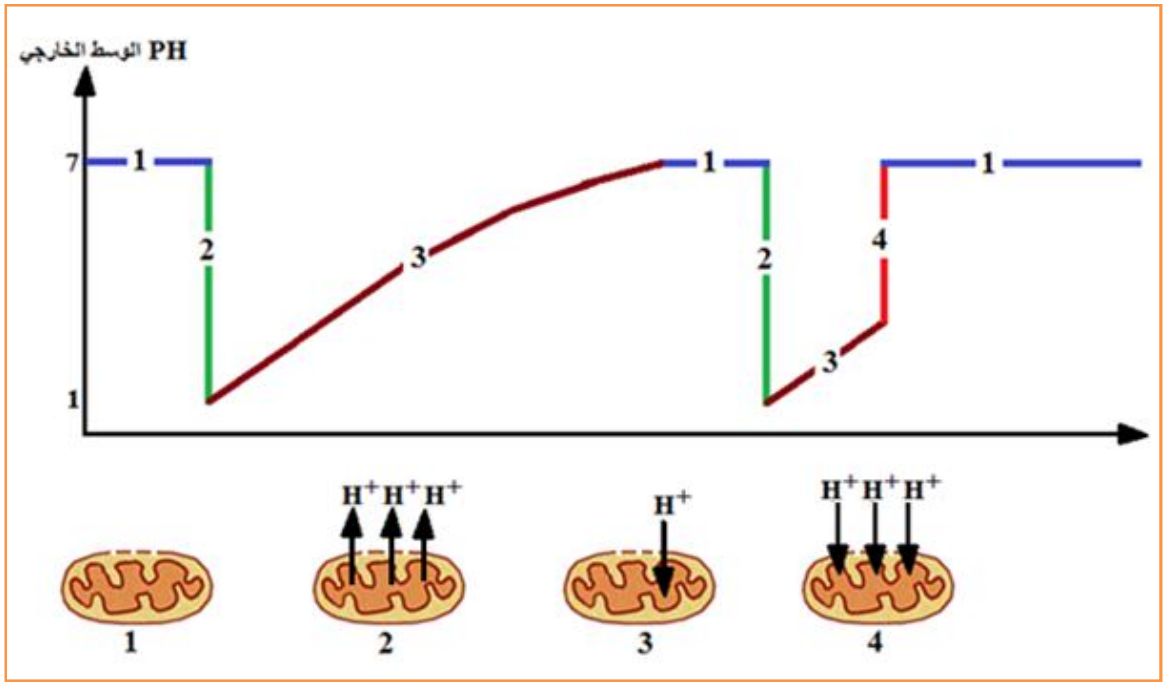
- يرافق أكسدة النواقل المرجعة خروج البروتونات الـ H^+ من المادة الأساسية نحو الوسط الخارجي و تراكمها (تولد تدرجا في تركيز الـ H^+ على جانبي الغشاء الداخلي للميتوكندري) .

- **قارن زمن عودة الـ PH إلى الوضعية الأصلية في غياب و في وجود الـ DNP ، ثم قدم تفسيرا لذلك .**

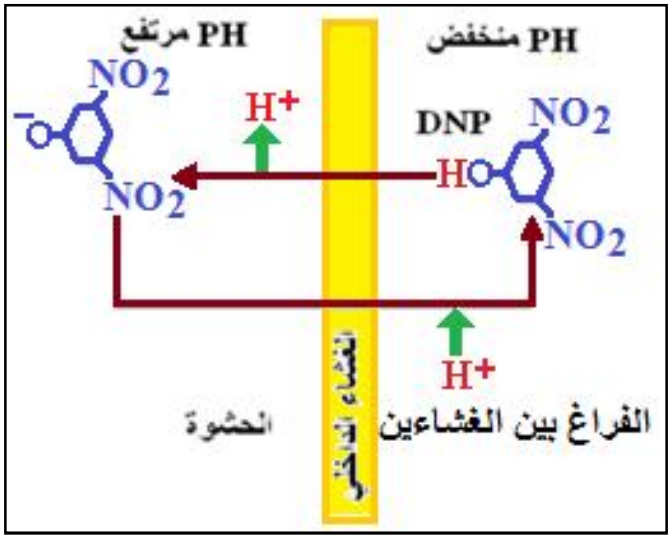
- في غياب الـ DNP يكون خروج البروتونات سريعا ، بينما تكون عودتها بطيئة .
- في وجود مادة الـ DNP يكون دخول البروتونات إلى داخل الميتوكوندري سريعا و يعود ذلك إلى أن هذه المادة تقوم بإدخال البروتونات من الخارج إلى الداخل .

- **التفسير :**

- يساهم مركب الـ DNP في خفض تركيز البروتونات في الوسط الخارجي و يعود ذلك إلى نفوذ الـ H^+ نحو المادة الأساسية بشكل حر عبر كامل سطح الغشاء الداخلي للميتوكوندري مما يؤدي إلى زوال التدرج الكيميائي الكهربائي على جانبي الغشاء .



يمثل الشكل الموالي تأثير مادة الـ DNP على الغشاء الداخلي للميتوكوندري .



- باستغلال معطيات الشكل السابق ، استخرج تأثير الـ DNP على الغشاء الداخلي للميتوكوندري .

- الـ DNP يجعل الغشاء الداخلي للميتوكوندري نفوذا للبروتونات (H^+) .
- يرجع الـ DNP بارتباطه بالشوارد (H^+) جهة الفراغ بين الغشائي ذي الـ PH المنخفض ، ثم يتأكسد جهة الحشوة ذات الـ PH المرتفع ، مزيلا بذلك التدرج في التركيز .

المثبطات التنفسية :

* السيانور يمنع إرجاع الـ O_2 .
* الأوليغومسين يخرب الـ ATP synthase .
* الدينيتروفينول (DNP) يجعل الغشاء الداخلي للميتو كوندري نفوذا للبروتونات (H^+) .

التجربة 3 :

يتم وضع حويصلات غشائية محتوية على كريات مذنبة في أوساط مختلفة من درجة الـ PH بوجود الـ ADP و الـ Pi .
يتم الكشف عن فسفرة الـ ADP إلى ATP في كل حالة .
نتائج التجارب مدونة في الجدول الموالي :

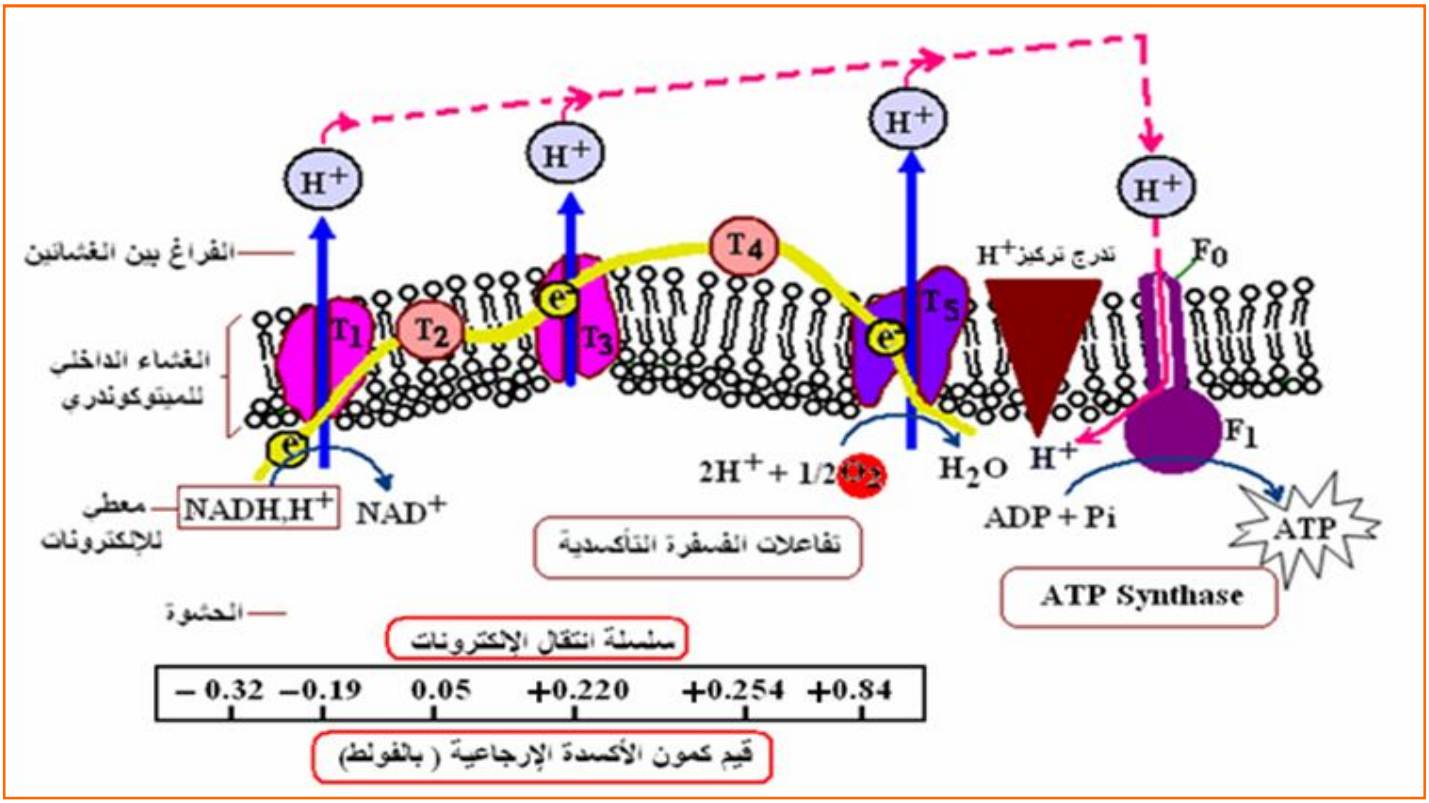
التجارب	الـ PH الداخلي	الـ PH الخارجي	وجود الكريات المذنبة	الملاحظات
01	7	7	نعم	عدم فسفرة الـ ADP
02	4	7	نعم	فسفرة الـ ADP
03	4	7	لا	عدم فسفرة الـ ADP

- استنتج من نتائج التجربة شروط تركيب الـ ATP .

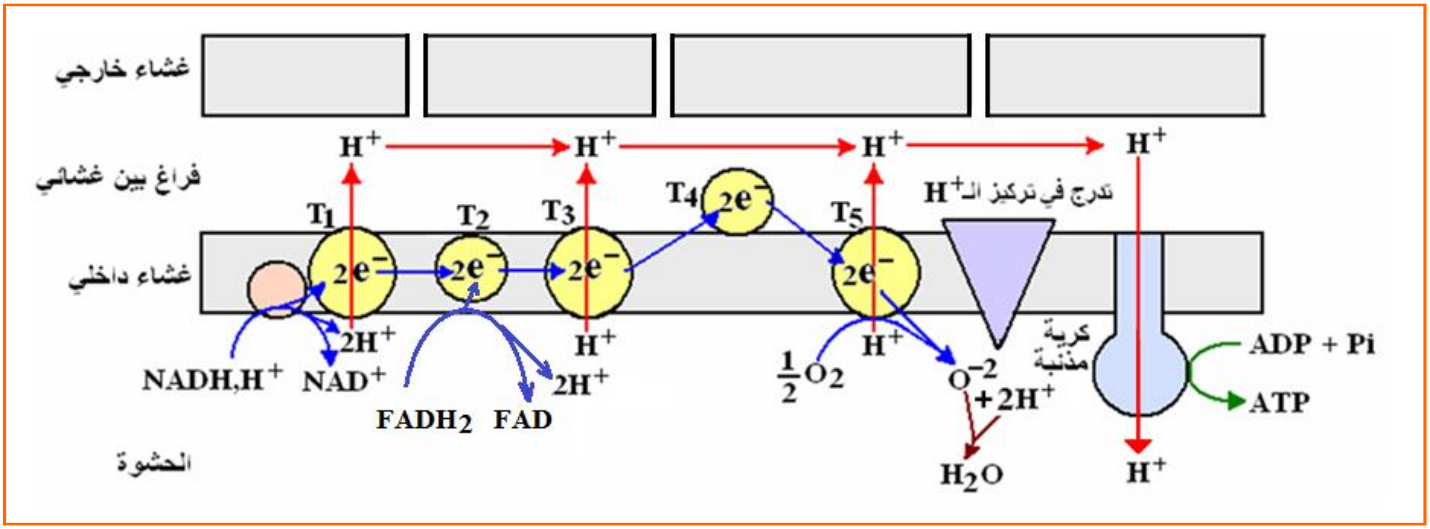
- فرق في تدرج البروتونات (تركيزها في الداخل أكبر من تركيزها في الخارج) .
- توفر الكريات المذنبة .

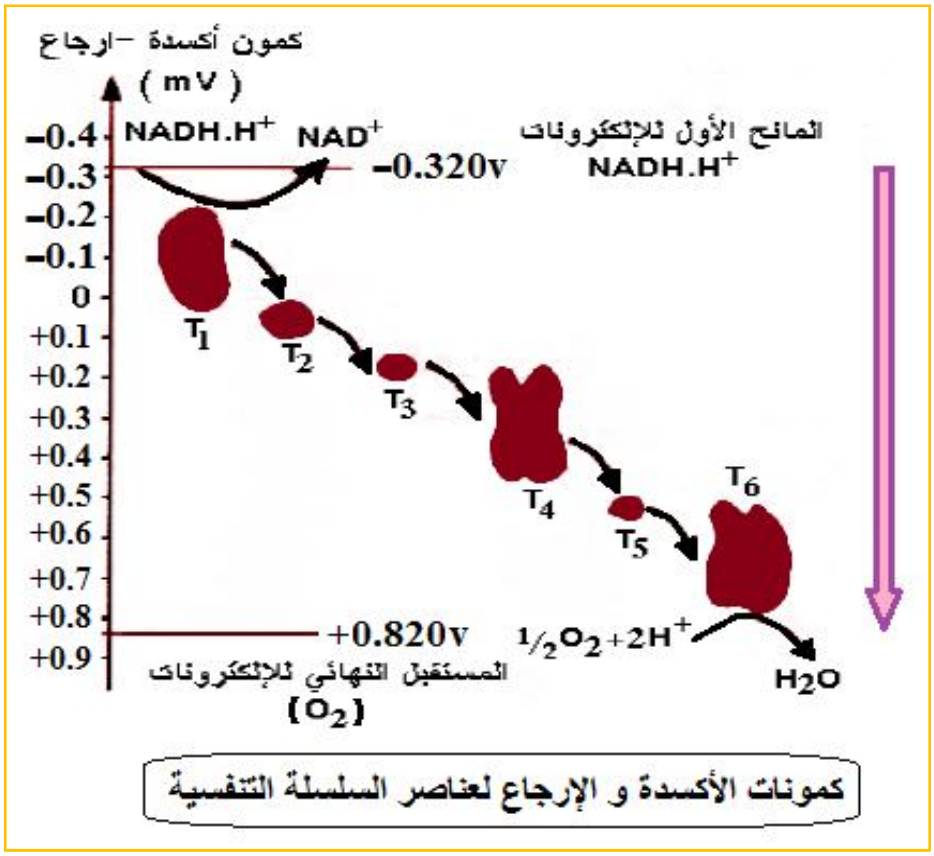
2 – آلية الفسفرة التأكسدية :

مكنت الدراسات المختلفة من تحديد آليات حدوث الفسفرة التأكسدية على الغشاء الداخلي للميتوكوندري .
الوثيقة ـ 4 ـ تلخص مراحل هذه الآلية .



الوثيقة ـ 4 ـ أ ـ





الوثيقة ـ 4 ـ ب ـ

- ماذا يمثل مجموع العناصر المشار اليها بـ : T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 ؟
  - يمثل مجموع العناصر سلسلة نواقل الإلكترونات و البروتونات .
- ما هي الطبيعة الكيميائية لهذه العناصر ؟
  - طبيعتها الكيميائية بروتينية ، بعضها متحركة داخل أو على سطح الغشاء (الصغيرة) ، وبعضها ثابت (المعقدات الكبيرة) .
- يشكل مجموع هذه العناصر " سلسلة أكسدة و إرجاع" ، عل هذه التسمية.
  - لأنه يتم على مستوى هذه السلسلة تتالي تفاعلات الأكسدة و الإرجاع بنقل بروتونات و إلكترونات من ناقل غشائي إلى آخر على امتداد السلسلة التنفسية مرتبة حسب كمون أكسدة و إرجاع متزايد .
- باستغلال معطيات الوثيقة ـ 4 ـ ب ، حدد الآلية الفيزيائية لانتقال الإلكترونات في السلسلة التنفسية معتمدا على قيم كمون الأكسدة الإرجاعية .
  - هناك جملة من النواقل الموجودة في الغشاء الداخلي للميتوكوندري و التي تتكفل بنقل الإلكترونات من الـ $NADH,H^+$ و الـ $FADH_2$ إلى المستقبل النهائي (الأكسجين) ، هذا الانتقال للإلكترونات يتم من ناقل ذي كمون أكسدة و إرجاع منخفض (320mv –) إلى ناقل ذي كمون أكسدة و إرجاع مرتفع (0.84v +) ، و هذا الانتقال يتم بصورة تلقائية و يحرر طاقة .
- مستعينا بمخطط الفسفرة التأكسدية ، علل انخفاض الـ PH خارج الميتوكوندري في التجربة الثانية .
  - تقوم مجموعة من النواقل الغشائية (T_1 و T_3 و T_5) بإخراج البروتونات أثناء انتقال الإلكترونات.
- أحسب فرق كمون الأكسدة الإرجاعية بين الثنائيتين $NAD^+ / NADH,H^+$ و الناقل T_2.

$$(0.05) - (- 0.32) = 0.37 \text{ v}$$

- ماذا تستنتج ؟
  - يكون الفرق في كمون الأكسدة الإرجاعية معتبرا ، و يدل هذا على أن هناك انخفاض معتبر في طاقة الإلكترون .

- إذا علمت أن هذا الفرق في الكمون يمثل طاقة متحررة ، فيما تستعمل هذه الطاقة مستعينا بمخطط الفسفرة التأكسدية .
- تستعمل الطاقة المتحررة في إخراج البروتونات عكس تدرج التركيز لأن ذلك يتطلب طاقة .
- حدد المستقبل الأخير للإلكترونات في السلسلة التنفسية .
- يتمثل في الأكسجين الذي يرجع إلى جزيئة ماء (H_2O).
- وضح ذلك بمعادلة كيميائية .

$$\frac{1}{2}O_2 + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow H_2O$$

- اشرح مخطط الفسفرة التأكسدية .

- تعتبر المرافقات الأنزيمية المرجعة ($NADH,H^+$ و $FADH_2$) المحتوية على إلكترونات عالية الطاقة المعطي الأول للإلكترونات في السلسلة التنفسية ، حيث يتأكسد الـ $NADH,H^+$ و تستقبل إلكتروناته من طرف الناقل(T_1) ، كما يتأكسد الـ $FADH_2$ و تستقبل إلكتروناته من طرف الناقل(T_2) . تنتقل الإلكترونات المحررة عبر سلسلة من النواقل لتستقبل في الأخير من طرف الأكسجين إضافة إلى بروتونات من الحشوة ليرجع إلى جزيئة ماء (H_2O).
- عند انتقال الإلكترونات ، تقوم بعض النواقل (T_1 , T_3 , T_5) بضخ البروتونات (H^+) من المادة الأساسية إلى الفراغ بين الغشاءين محدثة تدرجا في تركيزها على جانبي الغشاء ، ثم تعود البروتونات إلى المادة الأساسية عبر الكريات المذنبة التي تحفز على ربط الـ ADP بالـ Pi لتركيب الـ ATP (فسفرة الـ ADP) .
- علل تسمية هذه المرحلة بالفسفرة التأكسدية .
- خلال هذه المرحلة يتم أكسدة النواقل المرجعة المتمثلة في الـ $NADH,H^+$ و $FADH_2$ (أكسدة) و فسفرة الـ ADP إلى ATP على مستوى الكريات المذنبة (فسفرة) ، فيكون مجموعها فسفرة تأكسدية .
- ما مصدر البروتونات و الإلكترونات التي يتم نقلها على مستوى السلسلة التنفسية ؟
- مصدرها أكسدة النواقل المرجعة ($NADH,H^+$) و ($FADH_2$) .
- ما مصير البروتونات و الإلكترونات المتحررة ؟
  - تستقبل الـ é من طرف الأكسجين الذي يرجع إلى H_2O .
  - تدخل البروتونات (H^+) عبر الكريات المذنبة مسببة في تشكل الـ ATP .

- إذا علمت أن الطاقة المتحررة من أكسدة $NADH,H^+$ تعادل 3 (ATP) و أن الطاقة المتحررة من أكسدة $FADH_2$ تعادل 2 (ATP) :
  - علل هذا الفرق في كمية الطاقة المتحررة .
- عند أكسدة الـ $NADH,H^+$ تنتقل الإلكترونات ابتداء من الناقل T_1 إلى غاية المستقبل الأخير (O_2) و هذا يسمح بضخ البروتونات على مستوى ثلاث مواقع (T_1) ، (T_3) و (T_5) ، و عليه تكون الطاقة المحررة كبيرة .
- بما أن كمون الأكسدة الإرجاعية للـ $FADH_2$ (0.10mv –) أكبر من كمون الأكسدة الإرجاعية للـ $NADH,H^+$ (0.32mv –) ، فإن الإلكترونات الناتجة عن أكسدة الـ$FADH_2$ ، تنتقل ابتداء من الناقل T_2 إلى غاية المستقبل الأخير (O_2) ، و هذا يسمح بضخ البروتونات على مستوى موقعين بدلا من ثلاث مواقع (T_3) و (T_5) ، و عليه تكون الطاقة المحررة قليلة .
  - حدد المحصلة الطاقوية النهائية للفسفرة التأكسدية .
- 34 ATP .
  - ما مصير النواتج النهائية لها ؟
- تسعمل في مختلف النشاطات الخلوية .

- أحسب الحصيلة الطاقوية القابلة للإستعمال (عدد الـ ATP) الناتجة من هدم جزيئة واحدة من الغلوكوز .

- ينتج عن أكسدة جزيئة واحدة من الـ $NADH,H^+$ ثلاث (3) جزيئات من الـ ATP .
- ينتج عن أكسدة جزيئة واحدة من الـ $FADH_2$ (2) جزيئتان من الـ ATP .

	عدد جزيئات الـATP	عدد جزيئات الـ $NADH,H^+$	عدد جزيئات الـ $FADH_2$
التحلل السكري	2	2	/
المرحلة التحضيرية لحلقة كرابس	/	2 × 1	/
حلقة كرابس	2 × 1	2 × 3	2 × 1
الفسفرة التأكسدية	/	10 ($NADH,H^+$)	2($FADH_2$)
حصيلة عدد جزيئات الـ ATP	4	3 × 10 = 30	2 × 2 = 4
الحصيلة الإجمالية	38 ATP		

لخص تفاعلات الفسفرة التأكسدية في معادلة إجمالية بسيطة .

$$10NADH,H^+ + 5O_2 + 30ADP + 30Pi \longrightarrow 10NAD^+ + 10H_2O + 30ATP$$
$$2FADH_2 + O_2 + 4ADP + 4Pi \longrightarrow 2FAD + 2H_2O + 4ATP$$

$$\underbrace{10NADH,H^+ + 2FADH_2}_{12RH_2} + 6O_2 + 34ADP + 34Pi \longrightarrow \underbrace{10NAD^+ + 2FAD}_{12R} + 12H_2O + 34ATP$$

تطبيق : أكمل المعادلة التالية :

$$12RH_2 + \square \longrightarrow \square R + \square$$
$$\square + \square \quad \square$$

$$12RH_2 + 6O_2 \longrightarrow 12\,R + 12H_2O$$
$$34\,ADP + 34Pi \quad 34ATP$$

حصيلة ظاهرة التنفس :

المتفاعلات	مراحل التنفس	النواتج
$1\ C_6H_{12}O_6$ 2 ATP 2 T 4 ADP + 4 Pi	تحلل سكري	$2\ CH_3-CO-COOH$ 2 ADP + 2 Pi $2TH_2$ 4 ATP
$2\ CH_3-CO-COOH$ $6\ H_2O$ 10 T 2ADP + 2 Pi	مرحلة تحضيرية و حلقة كرابس	$6\ CO_2$ $10\ TH_2$ 2 ATP
$12\ TH_2$ (10 + 2) $6\ O_2$ 34 ADP + 34 PI	سلسلة تنفسية	12 T $12\ H_2O$ 34 ATP

- **استنتج المعادلة النهائية لظاهرة التنفس انطلاقا من معادلات مختلف مراحلها:**

- معادلة تفاعلات التحلل السكري :

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Pi + 2NAD^+ \longrightarrow 2(CH_3-CO-COOH) + 2ATP + 2NADH,H^+$$

- معادلة تفاعلات المرحلة التحضيرية لحلقة كرابس :

$$2CH_3-CO-COOH + 2NAD^+ + 2CoA\text{-}SH \longrightarrow 2CH_3-CO\text{-}S\text{-}CoA + 2CO_2 + 2NADH,H^+$$

- معادلة تفاعلات حلقة كرابس :

$$2CH_3-CO\text{-}S\text{-}CoA + 6NAD^+ + 2FAD + 2ADP + 2\ Pi + 6H_2O \longrightarrow 4CO_2 + 6NADH,H^+ + 2FADH_2 + 2ATP + 2CoA\text{-}SH$$

- معادلة تفاعلات الفسفرة التأكسدية:

$$10NADH,H^+ + 2FADH_2 + 6O_2 + 34ADP + 34Pi \longrightarrow 12H_2O + 10NAD^+ + 2FAD + 34ATP$$

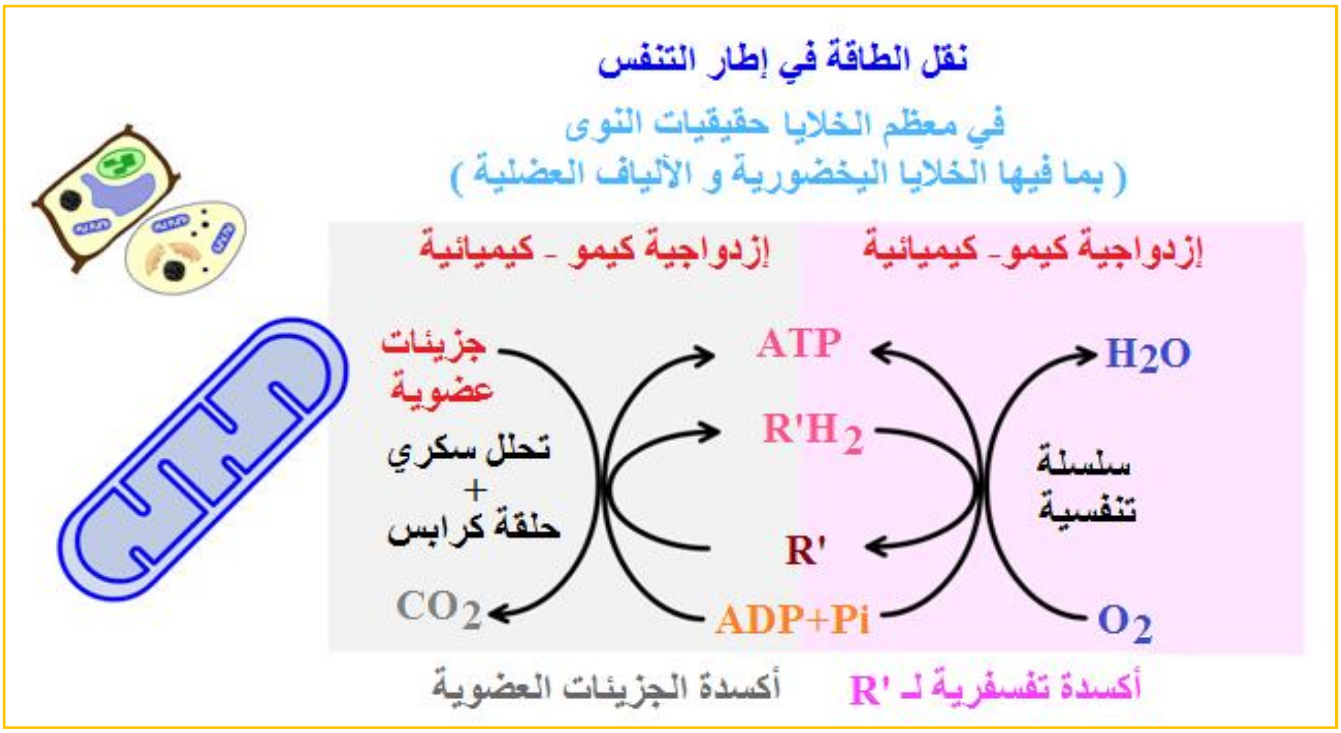
$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 38ADP + 38Pi + 6O_2 \longrightarrow 6CO2 + 12H_2O + 38ATP$$

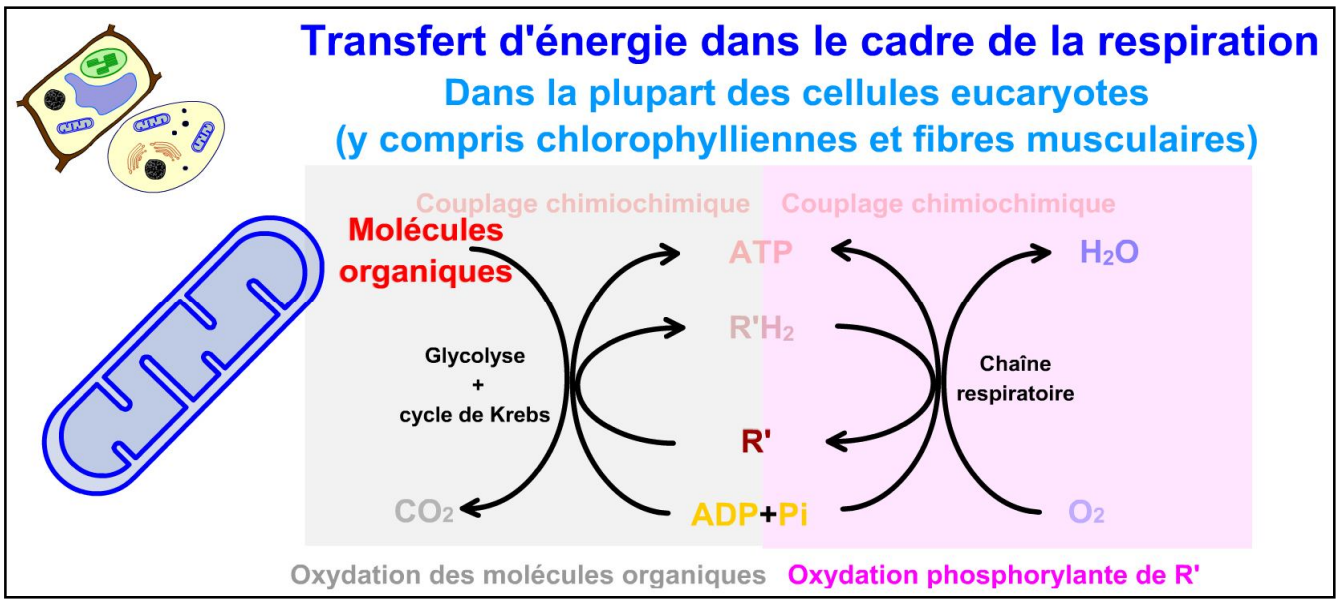
● من خلال دراستك لتفاعلات الفسفرة التأكسدية بين كيف تتحقق الازدواجية الطاقوية داخل الميتوكوندري.

- يرجع تشكيل الـ ATP إلى تدخل الطاقة المحررة أثناء حدوث تفاعلات الأكسدة و الإرجاع على مستوى غشاء الميتوكوندري (السلسلة السلسلة اللتنفسية) .

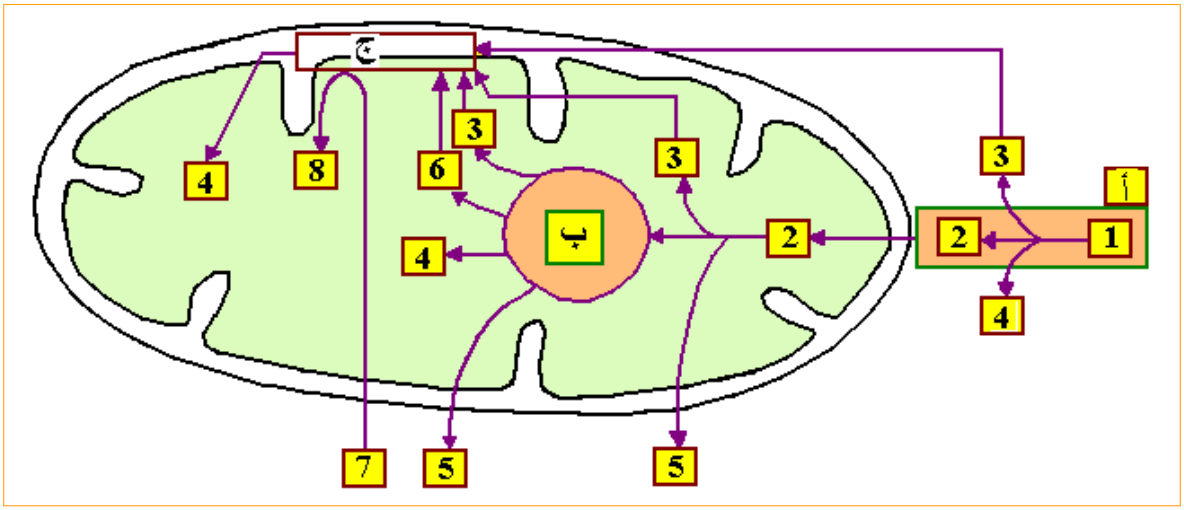
RH_2 (مرجع) $\rightleftharpoons$ R (مؤكسد) + $2\,H^+$ + $2\,e^-$ + طاقة

ADP + Pi + طاقة $\rightleftharpoons$ ATP





تمثل الوثيقة ـ 5 ـ رسما تخطيطيا يوضح مختلف تفاعلات تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة قابلة للاستعمال في وسط هوائي .



انطلاقا من المعلومات المتوصل إليها من خلال النشاطات السابقة :

- ضع عنوانا للوثيقة ـ 5 ـ .

ـ مخطط يبين مراحل هدم الغلوكوز في وسط هوائي .

- أكتب بيانات الوثيقة ـ 5 ـ .

1 : غلوكوز ، 2 : حمض البيروفيك ، 3 : $NADH,H^+$ ، 4 : ATP ، 5 : CO_2 ، 6 : $FADH_2$

7 : O_2 ، 8 : H_2O .

- ماذا تمثل الأحرف (أ , ب ، ج) ؟

ـ أ : التحلل السكري ، ب : حلقة كريبس ، ج : الفسفرة التأكسدية .

- كيف يتم تجديد المرافقات الأنزيمية لاستمرار التحلل السكري و تركيب الـ ATP خلال عملية التنفس ؟

ـ أثناء التنفس ، يتم تجديد المرافقات الأنزيمية خلال الفسفرة التأكسدية داخل الميتوكوندري ، و التي يتم خلالها أكسدة الـ $NADH,H^+$ إلى NAD^+ و الـ $FADH_2$ إلى FAD .

- قدم تعريفا لظاهرة التنفس :

ـ التنفس : ظاهرة حيوية يتم خلالها هدم كلي للغلوكوز في وجود الأكسجين وينتج عن ذلك تحويل كلي للطاقة الكيميائية الكامنة الموجودة في المادة العضوية(الغلوكوز.)

- قارن بين الفسفرة الضوئية و الفسفرة التأكسدية :

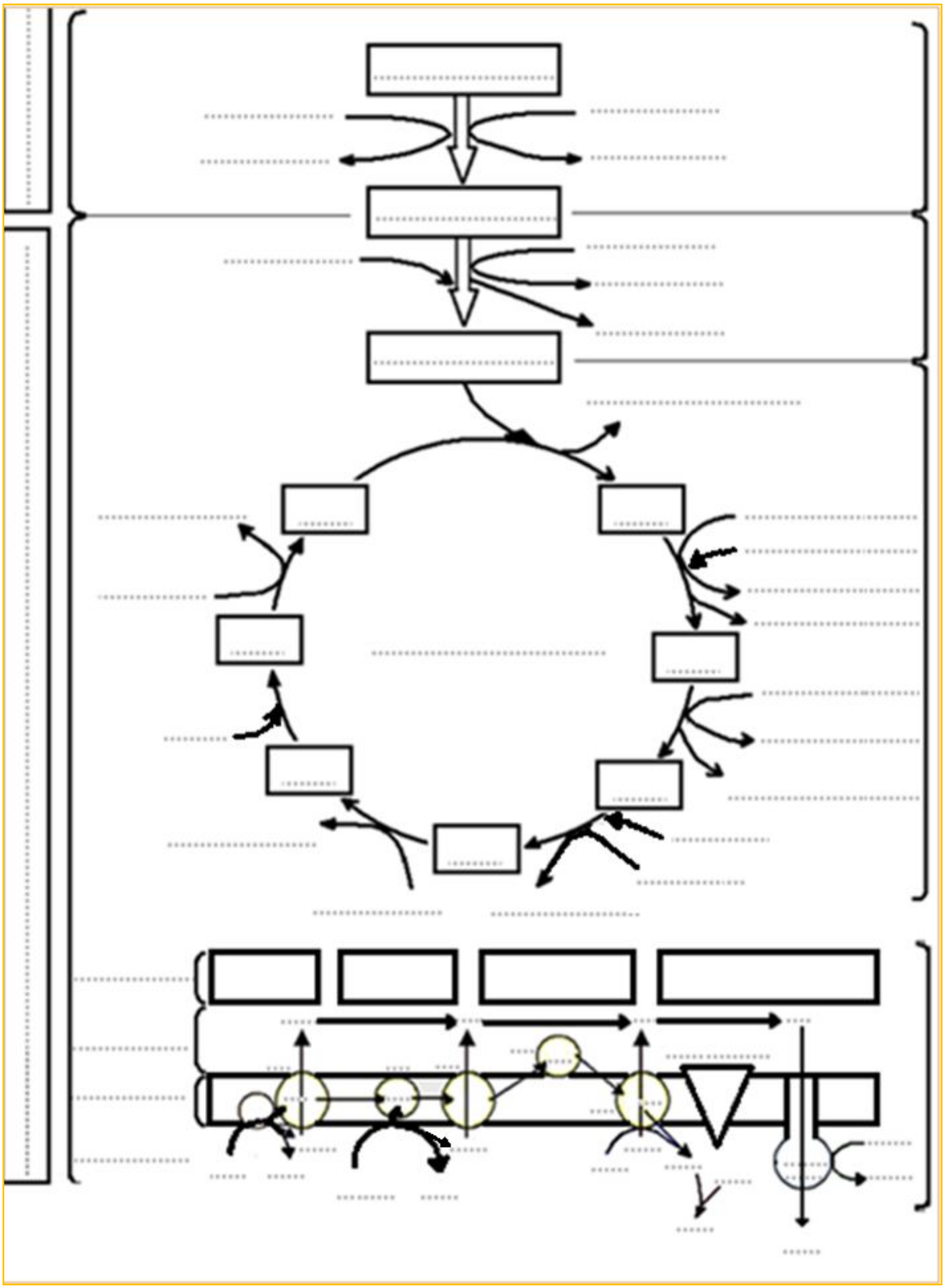
الفسفرة الضوئية	الفسفرة التأكسدية
تتم خلال التركيب الضوئي	تتم خلال التنفس
تحدث داخل الصانعة الخضراء (التيلاكوئيد)	تحدث داخل الميتوكوندري (في مستوى الأعراف)
تتطلب تدخل الأصبغة اليخضورية	لا تتطلب تدخل الأصبغة اليخضورية
تتطلب الضوء لحدوثها	الضوء غير ضروري لحدوثها .
تركيب الـ ATP من الـ ADP و الـ Pi يتم باستعمال الطاقة الناتجة عن حركة الإلكترونات	تركيب الـ ATP من الـ ADP و الـ Pi يتم باستعمال الطاقة الناتجة عن حركة الإلكترونات
يتمثل المستقبل النهائي للإلكترونات في الـ $NADP^+$	يتمثل المستقبل النهائي للإلكترونات في الـ O_2
تستعمل الطاقة الناتجة (ATP) في تثبيت غاز CO_2 خلال المرحلة الكيموحيوية	تستعمل الطاقة الناتجة (ATP) في مختلف النشاطات الخلوية
تتمثل المرافقات الأنزيمية المرجعة في الـ $NADPH,H^+$	تتمثل المرافقات الأنزيمية المرجعة في الـ $NADH,H^+$ و الـ $FADH_2$

	الفسفرة الضوئية	الفسفرة التأكسدية
اسم المرحلة	المرحلة الكيموضوئية	مرحلة الفسفرة التأكسدية
مقر حدوث المرحلة	تتم خلال التركيب الضوئي	تتم خلال التنفس
اسم العضية	تحدث داخل الصانعة الخضراء (التيلاكوئيد)	تحدث داخل الميتوكوندري (في مستوى الأعراف)
تأثير اليخضور	تتطلب تدخل الأصبغة اليخضورية	لا تتطلب تدخل الأصبغة اليخضورية
تاثير الضوء	الضوء ضروري لحدوثها	الضوء غير ضروري لحدوثها .
مصدر البروتونات	أكسدة الـ H_2O	أكسدة المرافقات الأنزيمية المرجعة $FADH_2$, $NADH,H^+$
الطاقة المستعملة في تركيب الـ ATP	تركيب الـ ATP من الـ ADP و الـ Pi يتم باستعمال الطاقة الناتجة عن حركة البروتونات	تركيب الـ ATP من الـ ADP و الـ Pi يتم باستعمال الطاقة الناتجة عن حركة البروتونات
المستقبل النهائي للإلكترونات	يتمثل المستقبل النهائي للإلكترونات في الـ $NADP^+$	يتمثل المستقبل النهائي للإلكترونات في الـ O_2
مصير الـ ATP	تستعمل الطاقة الناتجة (ATP) في تثبيت غاز CO_2 خلال المرحلة الكيموحيوية	تستعمل الطاقة الناتجة (ATP) في مختلف النشاطات الخلوية
نوع المرافقات الأنزيمية	تتمثل المرافقات الأنزيمية المرجعة في الـ $NADPH,H^+$	تتمثل المرافقات الأنزيمية المرجعة في الـ $NADH,H^+$ و الـ $FADH_2$

- أثبت بأن الفسفرة الضوئية و الفسفرة التأكسدية هما ظاهرتان متشابهتان .

في كلا الظاهرتين نسجل حدوث ما يلي :
* حدوث أكسدة .
* انتقال إلكترونات عبر نظام أكسدة و إرجاع لتصل إلى مستقبل نهائي .
* تحرر طاقة .
* الطاقة المحررة تستعمل في ضخ الـ H^+ من الوسط الأقل حموضة إلى الوسط الأعلى حموضة من جهة من الغشاء إلى الجهة الأخرى .
* حدوث تراكم الـ H^+ في الجهة الأخرى .
* ظهور تدرج كهروكيميائي يولد كمو ن غشائي محرك ينقل البروتونات عبر الكريات المذنبة .
* تحدث فسفرة للـ ADP وتشكل الـ ATP بتدخل أنزيم الـ ATP سنتاز .
فالظاهرتان المدروستان متشابهتان (فسفرتان تسمحان بتركيب الـ ATP) .

- أنجز مخططا تلخص فيه مجموع الظواهر التي تم التطرق إليها في النشاطات السابقة لتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الوسط الهوائي .



• بالنسبة لكل من الفسفرة الضوئية و الفسفرة التأكسدية ، إشرح النقاط التالية:

أ ـ مكان حدوث الآلية الممثلة في كل شكل داخل العضية مع تحديد شروطها.

ب ـ دور الآلية الممثلة في كل شكل بتركيب الـ ATP.

ج ـ مصدر الالكترونات والبروتونات التي يتم نقلها على مستوى الأغشية، ومصيرها في نهاية سلسلة النقل مع تدعيم إجابتك بمعادلات كيميائية.

د ـ الآلية الفيزيائية التي تحدد اتجاه نقل الالكترونات والبروتونات.

هـ ـ المحصلة النهائية لكل آلية ، ومصير النواتج النهائية لكل منهما.

المطلوب	الفسفرة الضوئية	الافسفرة التأكسدية
مكان حدوث الآلية الممثلة في كل شكل داخل العضية مع تحديد شروطها.	تحدث على مستوى غشاء التيلاكوئيد. شروطها : الضوء ، $ADP + Pi$ و مستقبل للإلكترونات (é) " $NADP^+$ "	تحدث على مستوى الغشاء الداخلي . شروطها : وجود نواقل مرجعة $FADH_2$, $NADH,H^+$ و الـ O_2 .
دور الآلية الممثلة في كل شكل بتركيب ATP .	في وجود الضوء تنتقل الـ (é) عبر السلسلة التركيبية الضوئية يرافقها ضخ (H^+) عبر الناقل T_2 ، كما تنتج (H^+) عن أكسدة الماء ليتولد فرق في تركيز (H^+) على جانبي غشاء التيلاكويد ، فتخرج (H^+) من التجويف إلى الحشوة عبر الكرية المذنبة و يتم تركيب الـ ATP .	تنتقل (é) عبر السلسلة التنفسية يرافقه ضخ (H^+) عبر النواقل T_1 ، T_3 ، T_5 ليتشكل فرق في تركيز (H^+) على جانبي الغشاء الداخلي ، وهذا يؤدي إلى دخول الـ (H^+) من الخارج إلى الحشوة عبر الكرية المذنبة وتركيب الـ ATP .
مصدر الالكترونات والبروتونات التي يتم نقلها على مستوى الأغشية، ومصيرها في نهاية سلسلة النقل مع تدعيم إجابتك بمعادلات كيميائية.	ـ مصدر (é): هو أكسدة PS_I و PS_{II} والماء. ـ مصدر (H^+) : هو أكسدة الماء وتلك التي تضخ من من الحشوة عبر T_2 ـ مصير (é) : يستقبلها المستقبل الأخير المتمثل في $NADP^+$ ليتم إرجاعها إلى $NADPH,H^+$. ـ مصير (H^+) : تخرج عبر الكرات المذنبة وتحفز أنزيم ATP سنتاز على تركيب ATP . ـ معادلات أكسدة PS_I و PS_{II} . ـ معادلة أكسدة الماء. ـ معادلة إرجاع $NADP^+$.	ـ مصدر (é) : هو أكسدة النواقل المرجعة $NADH.H^+$ و $FADH_2$ ـ مصدر (H^+) : هوأكسدة النواقل المرجعة $NADH.H^+$ و $FADH_2$ ـ مصير (é) : يستقبلها المستقبل الأخير O_2 ليتم إرجاعها إلى H_2O . ـ مصير (H^+) : تدخل عبر الكرات المذنبة وتحفز أنزيم ATP سنتاز على تركيب ATP . ـ معادلات أكسدة النواقل المرجعة ($NADH,H^+$ و $FADH_2$) ـ معادلة إرجاع الـ O_2 .
الآلية الفيزيائية التي تحدد اتجاه نقل الالكترونات والبروتونات.	ـ تنتقل (é) وفق تدرج متزايد في كمون الأكسدة و الإرجاع ، من كمون منخفض إلى كمون مرتفع. ـ تنتقل (H^+) عكس تدرج التركيز بالنقل الفعال باستعمال جزء من الطاقة المحررة خلال انتقال الالكترونات .	
المحصلة النهائية لكل آلية ، ومصير النواتج النهائية لكل منهما.	ـ النواتج : $NADPH,H^+$ و ATP ـ مصيرها : تستخدم في المرحلة الكيموحيوية.	ـ النواتج : ATP و H_2O ـ مصيرها : يستخدم ATP في مختلف الوظائف الحيوية

مقارنة بين التركيب الضوئي و التنفس :

المواصفات	التركيب الضوئي	التنفس
المقر	الصانعة الخضراء	الميتوكوندري
التفاعلات الكيموحيوية	ضوء / يخضور $6CO_2 + 12H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$	أنزيمات تنفسية $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O +$ طاقة
مرافقات الأنزيم المرجعة	$NADPH,H^+$	$NADH,H^+$ و $FADH_2$
سلسلة نواقل الإلكترونات	السلسلة التركيبية الضوئية	السلسلة التنفسية
الفسفرة	الفسفرة الضوئية	الفسفرة التأكسدية

- **ماذا تستنتج من مقارنة معادلتي التركيب الضوئي و التنفس؟**

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{\text{ضوء / يخضور}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{أنزيمات تنفسية}} 6CO_2 + 12H_2O + \text{طاقة}$$

نستنتج من المعادلتين أن الظاهرتين متعاكستان و متكاملتان .

متعاكستان : التركيب الضوئي ظاهرة بنائية (تركيب الغلوكوز المخزن للطاقة) و التنفس ظاهرة هدمية (هدم الغلوكوز لتحرير طاقة)

متكاملتان : نهاية كل ظاهرة هي نقطة انطلاق الظاهرة الأخرى ، و أن كلا منهما لا تتم إلا بالأخرى .

التكامل الوظيفي بين الميتوكندري و الصانعة الخضراء :

* الميتوكندري هي مقر عملية التنفس، و الصانعة الخضراء هي مقر عملية التركيب الضوئي.
* تحتاج عملية التنفس إلى O_2 من أجل هدم المادة العضوية التي تم تركيبها خلال عملية التركيب الضوئي.
* خلال التنفس يطرح الـ CO_2 الذي يستعمل في عملية التركيب الضوئي لبناء المادة العضوية.
* خلال عملية التركيب الضوئي يطرح الـ O_2 الضروري لعملية التنفس.

خلاصة :

تتضمن عملية التنفس تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في المادة العضوية إلى طاقة قابلة للاستعمال على شكل ATP .

المجال التعلمي II : التحولات الطاقوية .
الوحدة الثانية:آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP.
الحصة التعلمية 6: آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في وسط لا هوائي.

أ ــ وضعية الانطلاق :

إن التنفس ليس الطريق الوحيد لأكسدة الركيزة العضوية على مستوى الخلية حيث يمكن لبعض أنواع الكائنات و بعض الخلايا (البكتيريا ، الخمائر ، الخلايا العضلية ....) أن تنتج الـ ATP في غياب الأكسجين بظاهرة التخمر ، سيتم في هذا النشاط معالجة ظاهرة التخمر الكحولي فقط الذي يمكن استعماله في عدة تطبيقات .

ب ــ الإشكاليات :

- فما هي نواتج التخمر الكحولي ؟
- و ما هي الفوارق التي تميز آلية التخمر عن آلية التنفس ؟

ج ــ الفرضيات :

- كحول إيثيلي و طاقة .
- كمية قليلة من الطاقة .

د ــ التقصي :

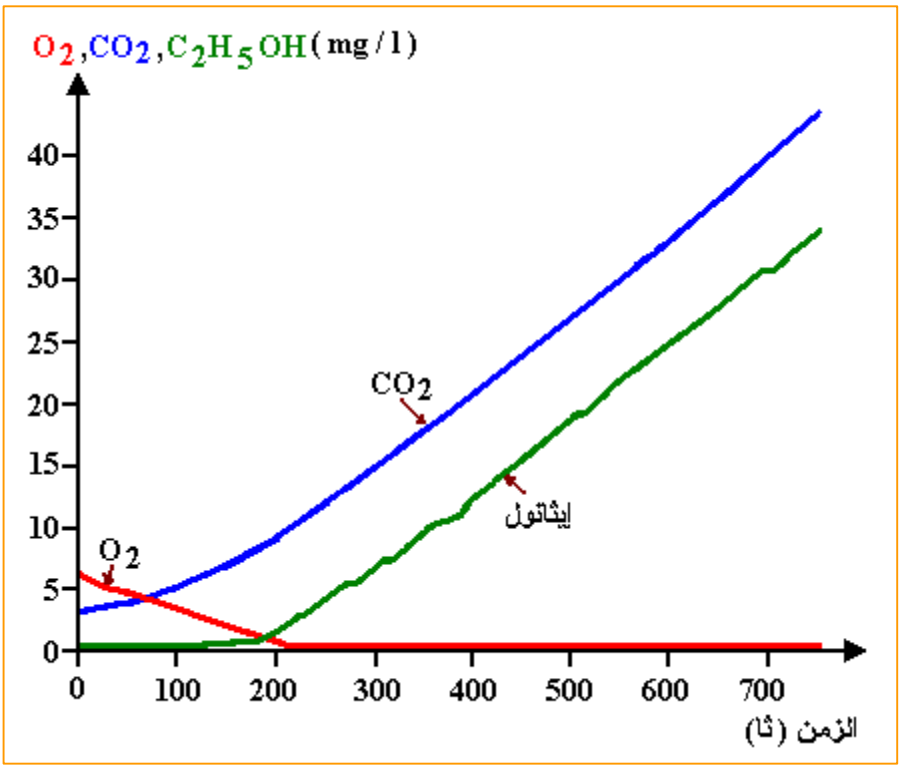
1 ــ هدم الغلوكوز في غياب الأكسجين :

التجربة 1 :

باستعمال نفس التركيب التجريبي الموضح في الوثيقة ــ 1 ــ من النشاط 3 والمزود بلاقط للـ O_2 و آخر للـ CO_2 و ثالث لقياس الإيثانول...

يتم وضع خلايا خميرة الخبز في وسط غني بالغلوكوز .

نتائج التجربة موضحة في منحنيات الوثيقة ــ 1 ــ .



- حلل المنحنيات .

- من ز0 إلى ز200 : عند توفر الأكسجين في بداية التجربة ، يتناقص تركيزه في الوسط مع مرور الوقت ، و يتزايد بالمقابل تركيز الـ CO_2 .
- من ز200 إلى ز700 : عند نفاد الـ O_2 يستمر تزايد تركيز الـ الـ CO_2 في الوسط ، و يظهر الإيثانول الذي تزداد كميته مع مرور الوقت .

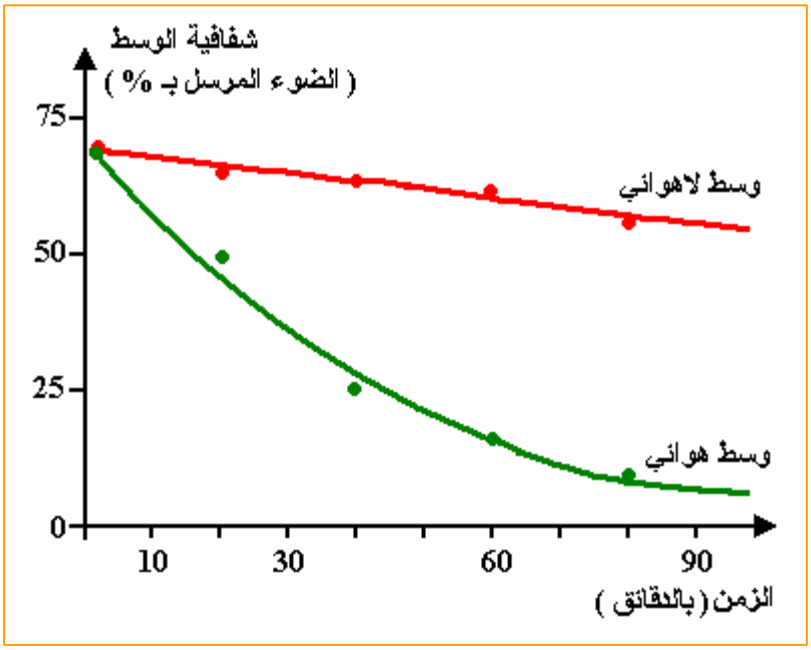
- ماذا تستنتج ؟

- تتمثل نواتج التخمر الكحولي في الإيثانول و غاز الـ CO_2 .
- لا يحتاج التخمر الكحولي لغاز الـ O_2 .

2 – تطور كتلة الخميرة في غياب و في وجود الأكسجين :

التجربة 1 :

تم توزيع معلق خميرة الخبز في محلول من الغلوكوز (0.2 غ / ل من الغلوكوز) في إناءين موضوعين في حمام مائي في 30 °م .
يتم تهوية الإناء الأول باستمرار لتوفير الأكسجين .
تستهلك الخميرة في الإناء الثاني الأكسجين في بداية التجربة (يصبح الوسط لا هوائيا) ، نأخذ عينات من الوسط على فترات زمنية منتظمة (كل 20 دقيقة) لقياس تطور كتلة الخميرة .
يرتكز هذا القياس على مبدأ بسيط حيث أن شفافية الوسط تقل بزيادة عدد الخلايا في وحدة الحجم .



- حلل نتائج التجربة .

- مع مرور الزمن تتناقص شفافية الوسط في الوسط الهوائي تناقصا كبيرا مقارنة بتناقصها في الوسط اللاهوائي ، و يدل هذا على أن عدد الخلايا في الوسط الهوائي يكون كبيرا مقارنة بعددها في الوسط اللاهوائي .

- ماذا تستنتج حول مردود إنتاج الخميرة في الحالتين ؟

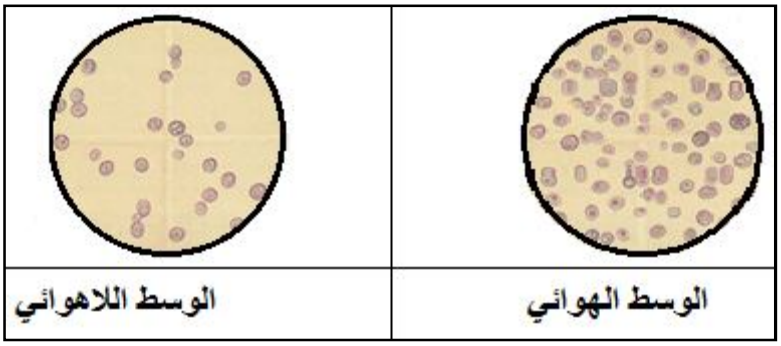
- يكون مردود إنتاج الخميرة كبيرا في الوسط الهوائي مقارنة بالوسط اللاهوائي .

- قارن بين تطور كتلة الخميرة في الوسطين (الهوائي و اللا هوائي) .

- تتزايد كتلة الخميرة في الوسط الهوائي مقارنة بتزايدها في الوسط اللاهوائي .

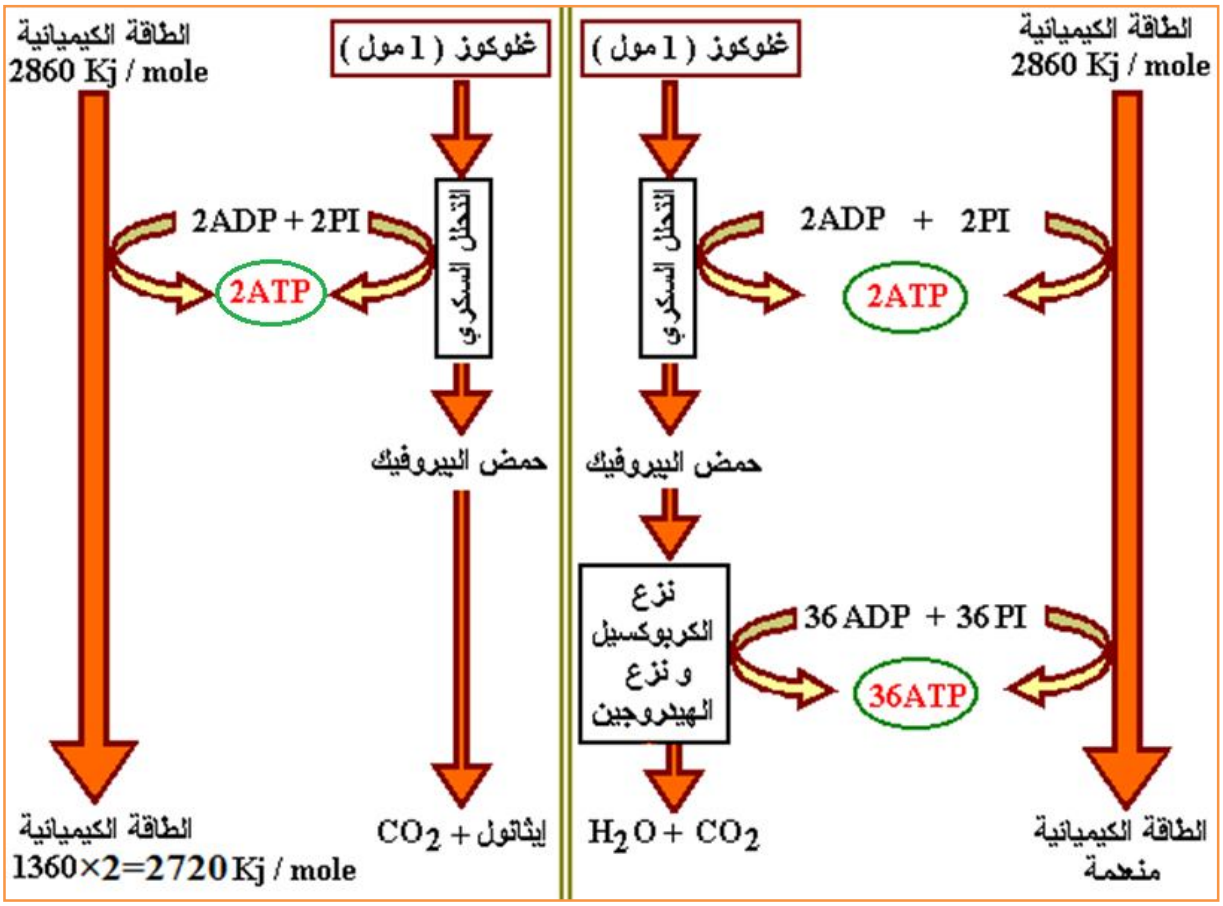
- علل ذلك .

- تزايد كتلة الخميرة دلالة على تكاثرها الذي يتناسب طرديا مع الطاقة الناتجة من هدم الغلوكوز ، فكلما كانت الطاقة الناتجة من هدم الغلوكوز كبيرة كان تكاثر الخميرة سريعا ، و بالتالي زاد عددها ، و من ثم تقل شفافية الوسط ، و العكس صحيح .



3 – دراسة مقارنة للحصيلة الطاقوية لآليتي التنفس و التخمر:

يعتبر كل من التنفس و التخمر ظاهرتان تعملان على تحرير الطاقة و لكن مردودهما جد مختلف كما تبينه الوثيقة ـ 3 ـ .



- **قارن بين التفاعلات التي تحدث في كل من التنفس و التخمر.**

ـ هناك مرحلة مشتركة بين كل من التنفس و التخمر و المتمثلة في التحلل السكري الذي يتم على مستوى الهيولى ، و الذي يسمح بإنتاج حمض البيروفيك .

ـ في وجود الأكسجين يستمر هدم حمض البيروفيك داخل الميتوكوندري (الأكسدة التنفسية) متحولا إلى CO_2 و H_2O .

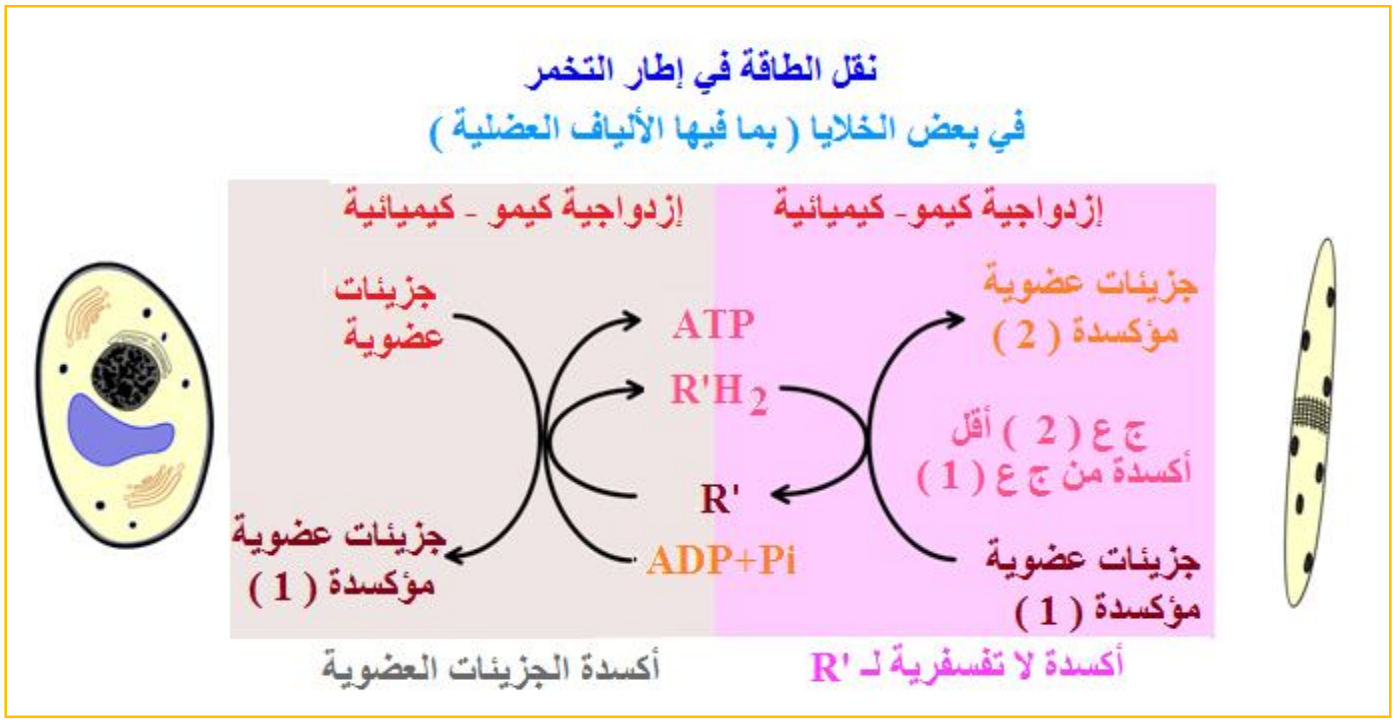
ـ و في غياب الأكسجين يستمر هدم حمض البيروفيك في الهيولى متحولا إلى CO_2 و كحول إيثيلي .

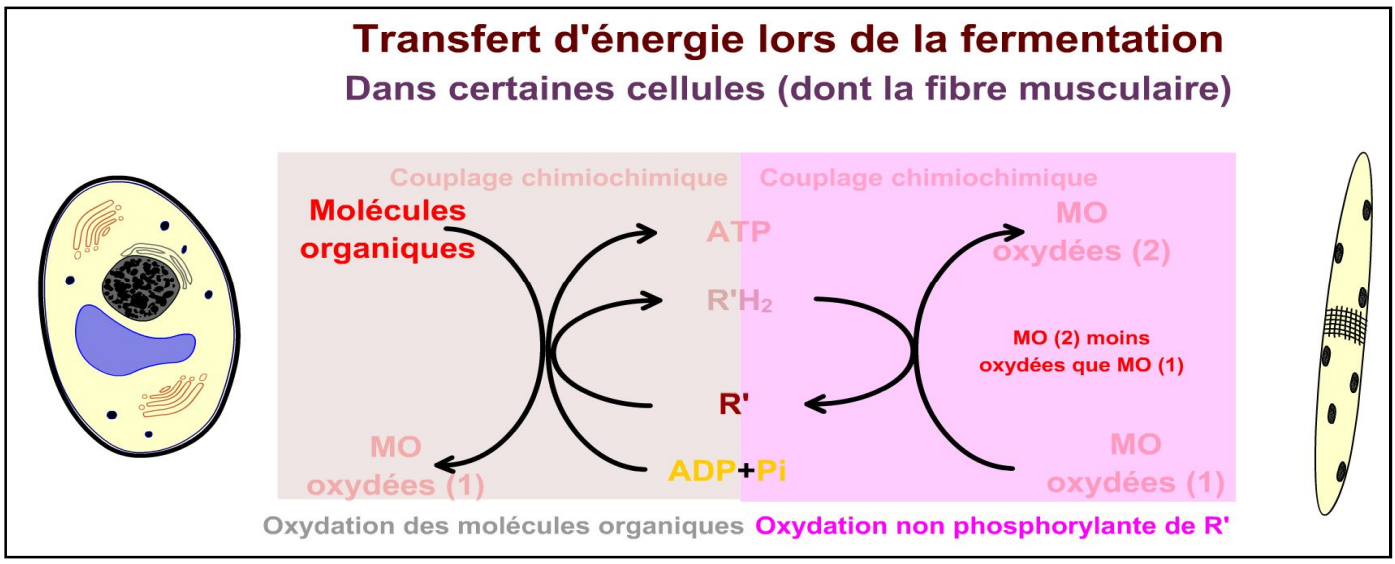
- **لماذا تعتبر ظاهرة التخمر أكسدة غير تامة ؟**

ـ يعتبر التخمر أكسدة غير تامة لأنه يتم خلاله تحويل جزئي للطاقة الكيميائية الكامنة في جزيئة الغلوكوز حيث ينتج عن عملية التخمر مواد عضوية (الايثانول) بها طاقة كيميائية كامنة .

- من خلال دراستك لتفاعلات التخمر بين كيف تتحقق الازدواجية الطاقوية خلال هذه الظاهرة .

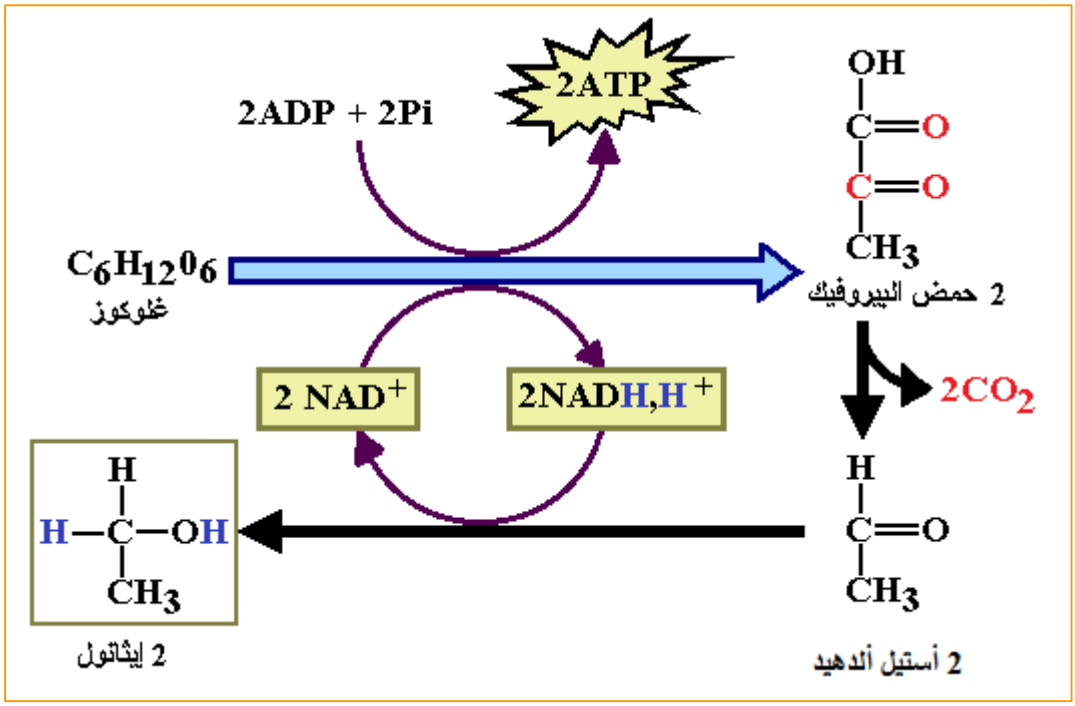
- خلال مرحلة التحلل السكري يتم تشكيل مركبات طاقوية تتمثل في الـ ATP و الـ RH_2 حيث يستعمل الـ RH_2 في إرجاع الأستيل ألدهيد إلى إيثانول .

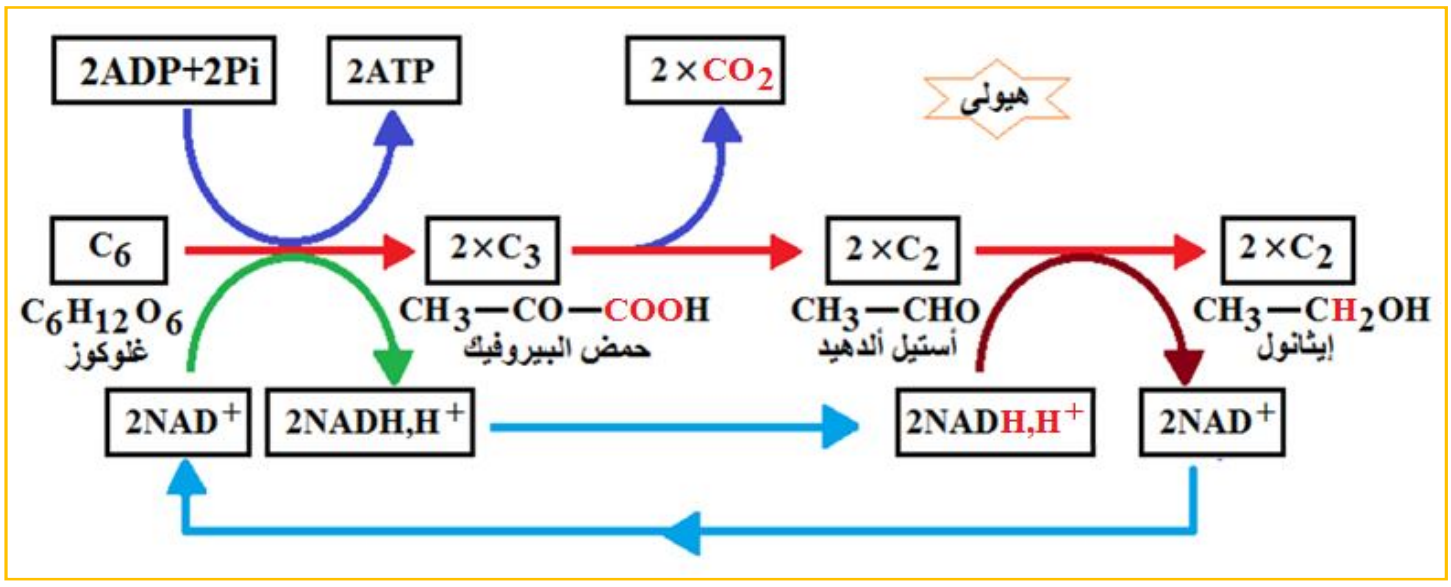




4 – إظهار كيفية تجديد نواقل الهيدروجين خلال التخمر :

يتطلب استمرار التحلل السكري تجديد نواقل الهيدروجين . تلخص الوثيقة ـ 4 ـ هذه الآلية .





- كيف يتم تجديد المرافقات الأنزيمية لاستمرار التحلل السكري و تركيب الـ ATP خلال عملية التخمر ؟

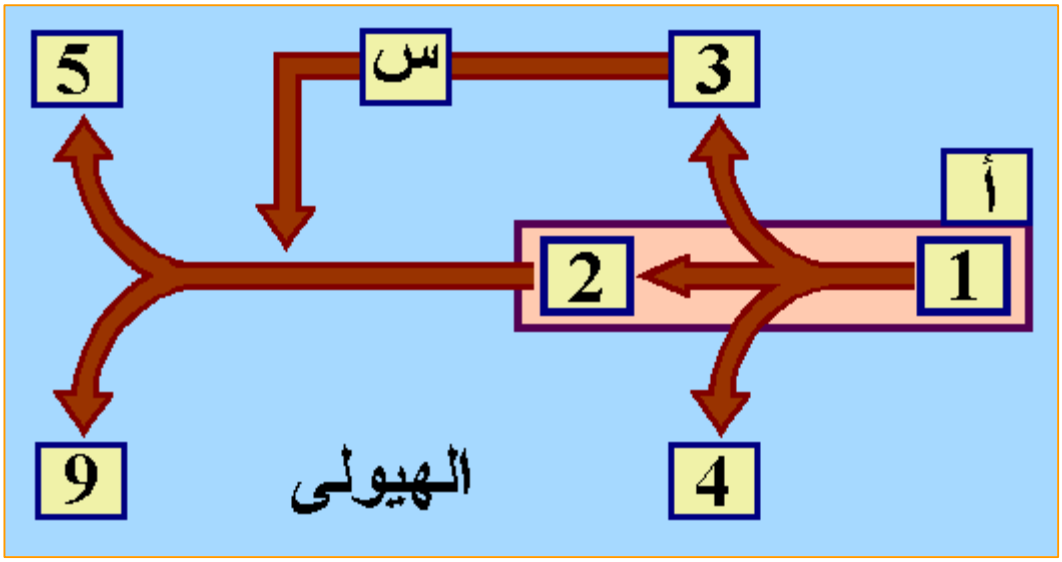
ـ في حالة التخمر أي في الظروف اللاهوائية فإنه يتم تجديد المرافقات عن طريق إرجاع الأسيتل الدهيد .

- قارن آلية تجديد المرافقات الأنزيمية في كل من التنفس و التخمر .

ـ في حالة التنفس أي في الظروف الهوائية ، فإن تجديد المرافقات الأنزيمية يتطلب تدخل الأكسجين لأكسدة المرافقات الأنزيمية المرجعة ($NADH,H^+$ إلى NAD^+ و الـ $FADH_2$ إلى FAD) خلال الفسفرة التأكسدية داخل الميتوكوندري .

ـ أما في حالة التخمر أي في الظروف اللاهوائية ، فإن تجديد المرافقات الأنزيمية لا يتطلب تدخل الأكسجين و لا الميتوكوندري و لا الفسفرة التأكسدية ، حيث يتم تجديدها كلية في الهيولى عن طريق إرجاع مادة أيضية وسطية هي الأسيتالدهيد (مركب ثنائي الكربون) و الناتج عن نزع CO_2 من حمض البيروفيك .

تمثل الوثيقة ـ 5 ـ رسما تخطيطيا يوضح مختلف تفاعلات تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة قابلة للاستعمال في وسط لا هوائي .



انطلاقا من المعلومات المتوصل إليها من خلال النشاطات السابقة :

- ضع عنوانا للوثيقة ـ 5 ـ .

ـ مخطط يبين مراحل هدم الغلوكوز في وسط لا هوائي .

- أكتب بيانات الوثيقة ـ 5 ـ .

1 : غلوكوز ، 2 : حمض البيروفيك ، 3 : $NADH,H^+$ ، 4 : ATP ، 5 : CO_2 ، 9 : كحول إيثيلي .

- ماذا تمثل الأحرف (أ ، س) ؟

ـ أ : التحلل السكري ، س : أكسدة النواقل .

- باستغلال معطيات النشاط مثل بمعادلة بسيطة ظاهرة التخمر انطلاقا من جزيئة واحدة من الغلوكوز .

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Pi + 2NAD^+ \longrightarrow 2(CH_3{-}CO{-}COOH) + 2ATP + 2NADH,H^+$$
غلوكوز — حمض البيروفيك

$$2(CH_3-CO-COOH) \longrightarrow 2(CH_3-CHO) + 2CO_2$$
حمض البيروفيك — أستيل ألديهيد

$$2(CH_3-CHO) + 2NADH,H^+ \longrightarrow 2(CH_3-CH_2OH) + 2NAD^+$$
أستيل ألديهيد — كحول إيثيلي

$$C_6H_{12}O_6 + 2\,ADP + 2\,Pi \longrightarrow 2(CH_3-CH_2OH) + 2CO_2 + 2ATP$$
غلوكوز — كحول إيثيلي

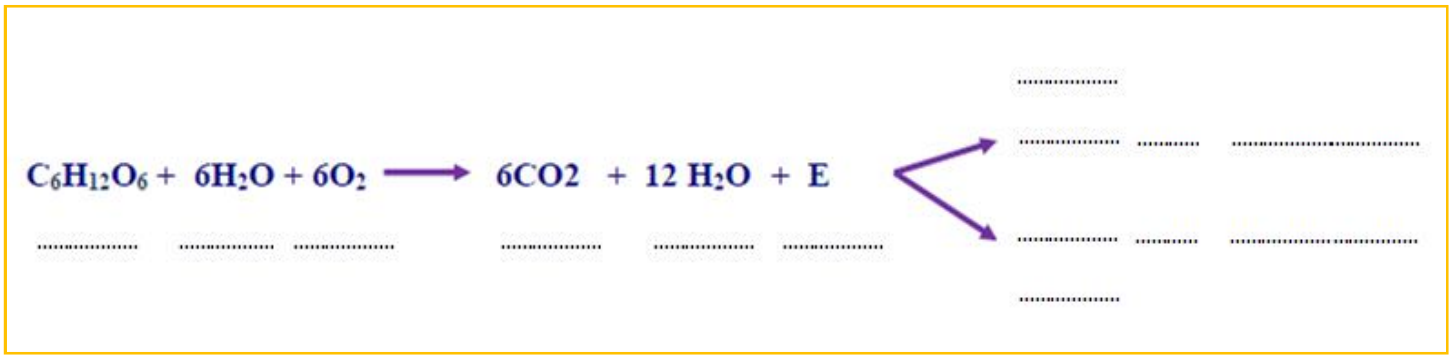
- حدد كمية الطاقة القابلة للإستعمال و الناتجة عن هدم جزيئة واحدة من الغلوكوز أثناء التنفس و التخمر .

تقدرالطاقة الكامنة في جزيئة واحدة (1 مول) من:

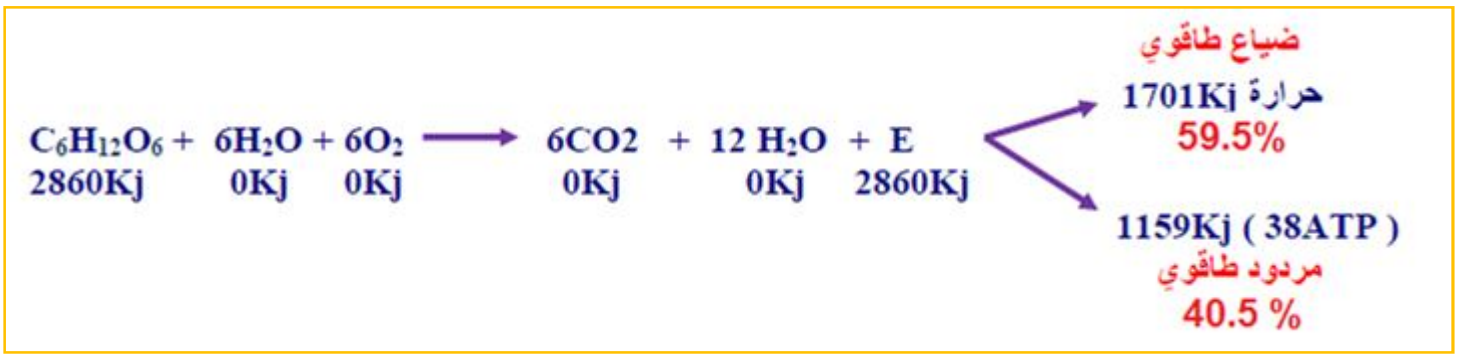
- الغلوكوز بـ 2860 Kj .
- الكحول الإيثيلي بـ 1360 Kj .
- الـ ATP و بـ 30.5 Kj .
- و تكون معدومة في جزيئات الـ H_2O و غاز الـ CO_2 .

أحسب المردود و الضياع الطاقويين لكل من عمليتي التنفس و التخمر .

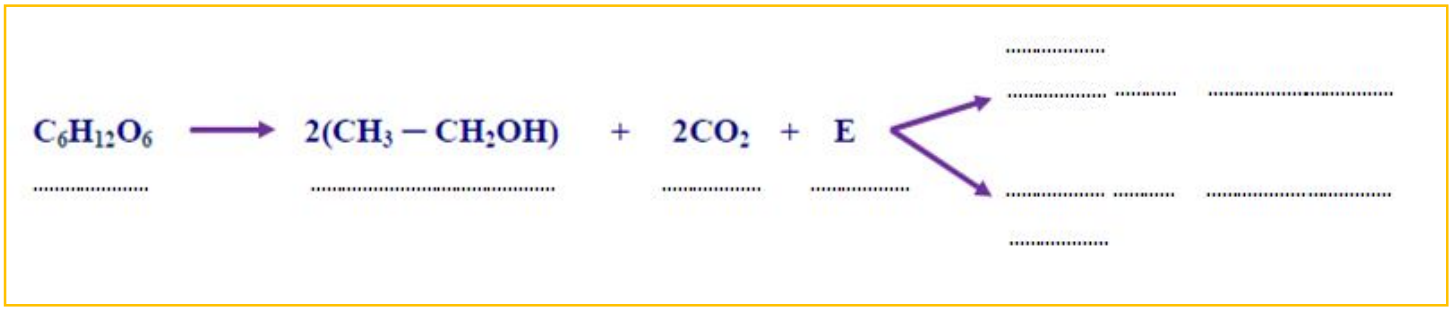
- خلال ظاهرة التنفس :



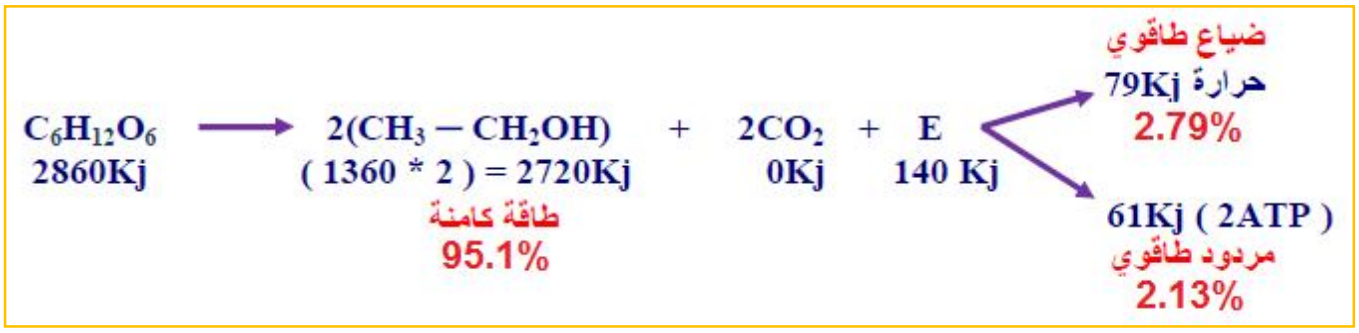
- الطاقة المحررة = الطاقة المخزنة في الغلوكوز = 2860 Kj.
- الطاقة المخزنة في جزيئة واحدة من الـATP = 30.5 Kj.
- عدد جزيئات الـ ATP النانجة = 38 جزيئة .
- الطاقة المخزنة في 38 جزيئة من الـATP = 38 × 30.5 = 1159 Kj .
- المردود الطاقوي للتنفس(% للطاقة المخزنة في الـ ATP)= (1159 × 100) / 2860 = 40.5 %.
- الطاقة الضائعة على شكل حرارة = 2860 – 1159 = 1701 Kj .
- الضياع الطاقوي= (% للطاقة الضائعة على شكل حرارة) = (1701 × 100) / 2860 = 59.5 %.



- خلال ظاهرة التخمر:



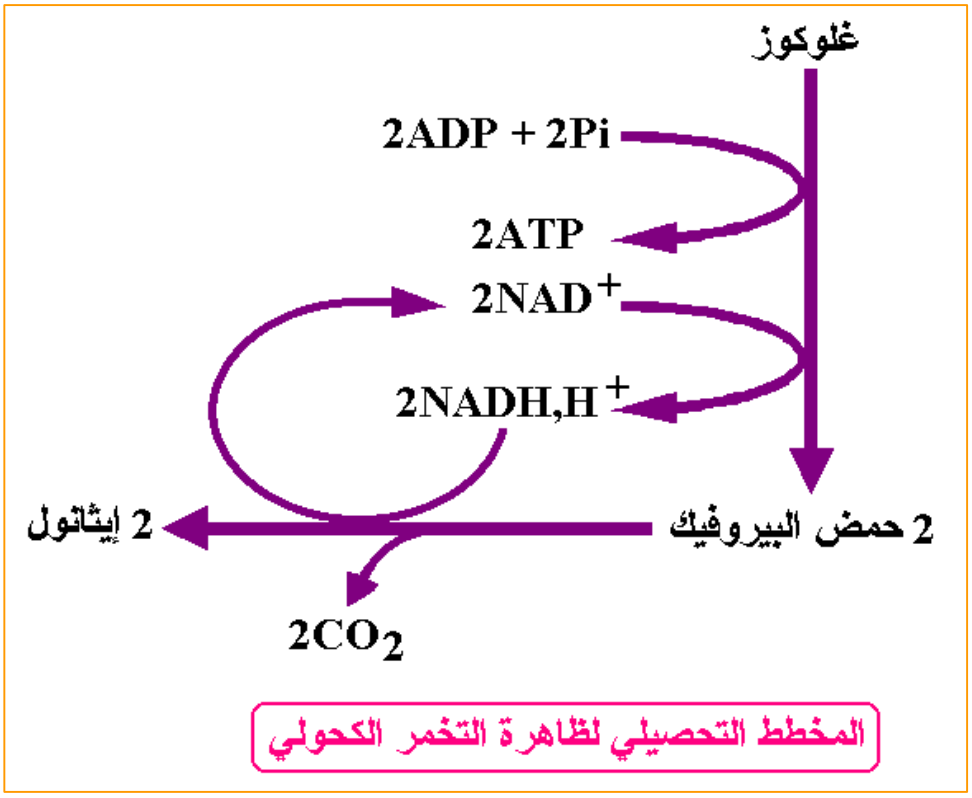
- الطاقة المخزنة في جزيئتي الكحول الإيثيلي = 1360 × 2 = 2720 Kj .
- الطاقة المحررة = الطاقة المخزنة في الغلوكوز ـ الطاقة المخزنة في جزيئتي الكحول الإيثيلي
= 2860 – 2720 = 140 Kj.
- الطاقة المخزنة في جزيئة واحدة من الـATP = 30.5 Kj.
- عدد جزيئات الـ ATP النانجة = 2 جزيئتان .
- الطاقة المخزنة في 2 جزيئتين من الـATP = 30.5 × 2 = 61 Kj .
- المردود الطاقوي للتخمر (% للطاقة المخزنة في الـ ATP) = (61 × 100) / 2860 = 2.13 %.
- الطاقة الضائعة على شكل حرارة = 140 – 61 = 79 Kj .
- الضياع الطاقوي= (% للطاقة الضائعة على شكل حرارة) = (79 × 100) / 2860 = 2.79 %.
- الطاقة المخزنة في جزيئتي الكحول الإيثيلي = 1360 × 2 = 2720 Kj .
- % للطاقة المخزنة في جزيئتي الكحول الإيثيلي = (2720 × 100) / 2860 = 95.10 %.



- انطلاقا مما توصلت اليه ، قدم تعريفا لظاهرة التخمر.

- هي ظاهرة حيوية يتم خلالها هدم جزئي لمادة الأيض (الغلوكوز) في غياب الأكسجين ، وينتج عن ذلك تحويل جزئي للطاقة الكيميائية الكامنة الموجودة في الركيزة العضوية الاصلية (الغلوكوز) .

- أنجز مخططا تلخص فيه مجموع الظواهر التي تم التطرق إليها في النشاطات السابقة لتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الوسط اللاهوائي .



المخطط التحصيلي لظاهرة التخمر الكحولي

- قارن بين التنفس و التخمر.

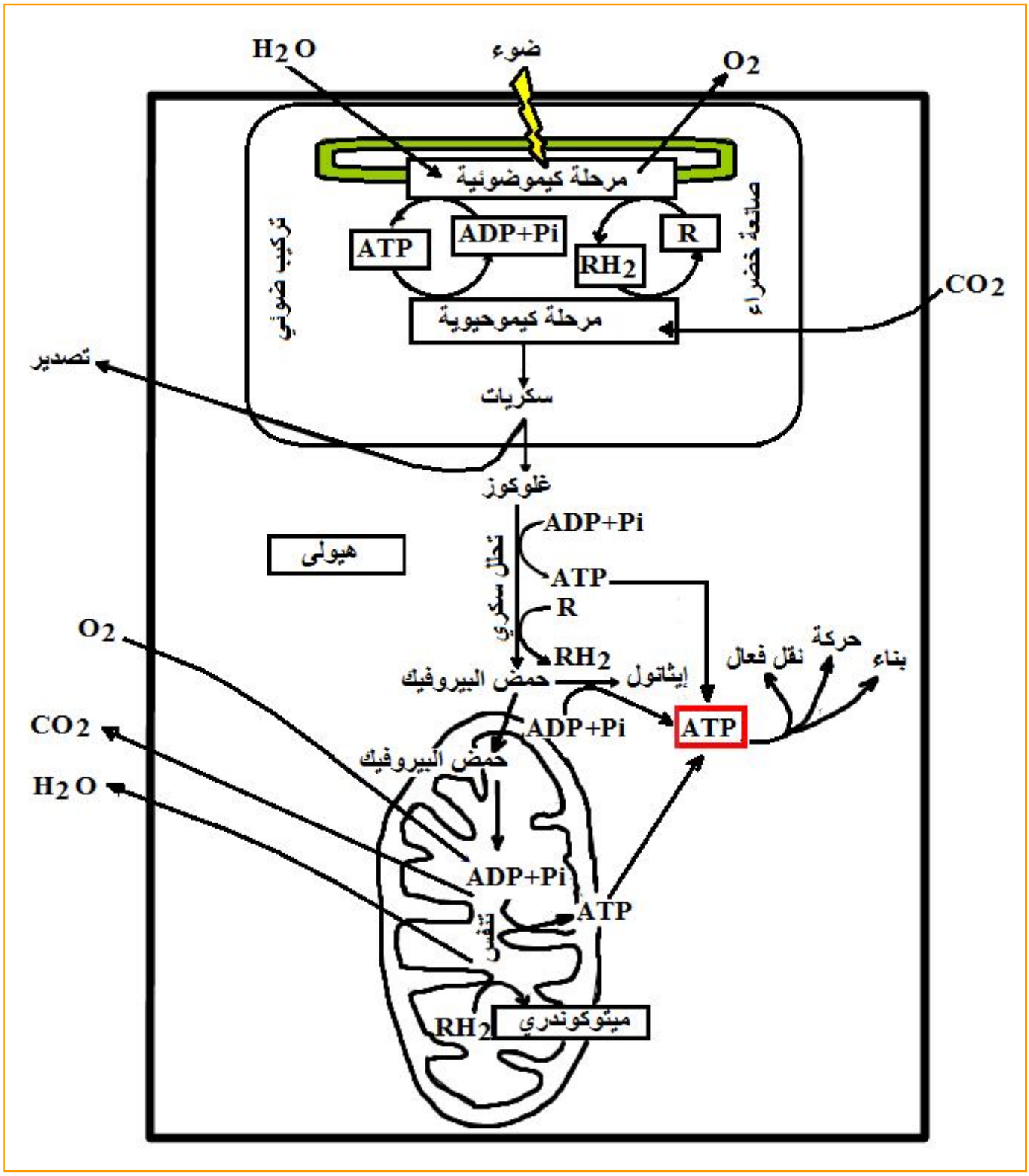
	التنفس	التخمر
المعادلة العامة	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{أنزيمات تنفسية}} 6CO_2 + 12H_2O +$ طاقة	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2(CH_3-CH_2OH) + 2CO_2 +$ طاقة (غلوكوز ← إيثانول)
مقر حدوثها	الهيولى الأساسية و الميتوكوندري	الهيولى الأساسية
ظروف حدوثها	وسط هوائي	وسط لاهوائي
المواد المستهلكة	غلوكوز و O_2	غلوكوز
المواد الناتجة	ماء + ثاني أكسيد الكربون + طاقة	كحول إيثيلي + ثاني أكسيد الكربون+ طاقة
قيمة الطاقة المحررة	2860Kj	140Kj
كمية الطاقة في النواتج	النواتج خالية من الطاقة الكامنة .	تبقى كمية كبيرة من الطاقة الكامنة في النواتج النهائية (الكحول الإيثيلي) .
هدم جزيئة الغلوكوز	كلي	جزئي
عدد جزيئات الـ ATP	38	2
المردود الطاقوي	40.5%	2.13%

خلاصة :

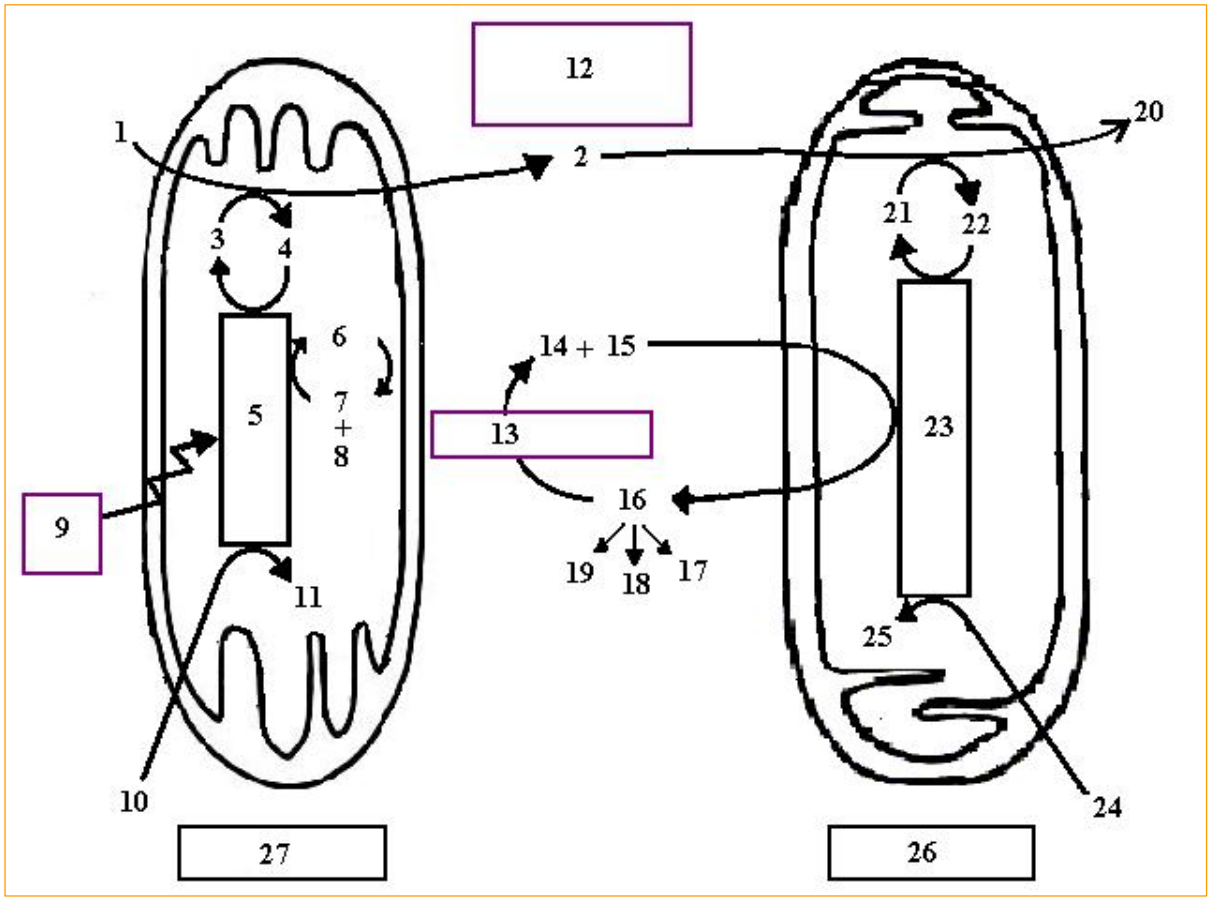
تتشابه الظاهرتان في كونهما تنتجان الطاقة و لكن بكميتين مختلفتين .
تختلف الظاهرتان في عدة نقاط ، حيث أن ظاهرة التنفس تتم في الهيولى الأساسية و في اليتوكوندري في ظروف هوائية، و تؤدي إلى تفكيك كلي لمادة الأيض (الغلوكوز) ، و ينتج عنها مواد خالية من الطاقة (الماء و ثاني أكسيد الكربون) و يكون مردودها كبيرا .
أما ظاهرة التخمر فإنها تتم في الهيولى الأساسية فقط في ظروف لاهوائية و تؤدي إلى تفكيك جزئي لمادة الأيض (الغلوكوز) و ينتج عنها جزيئتان من الكحول الإيثيلي المحتفظتين بكمية كبيرة من الطاقة (2720 Kj) بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون عديم الطاقة ، و يكون مردودها ضعيفا .

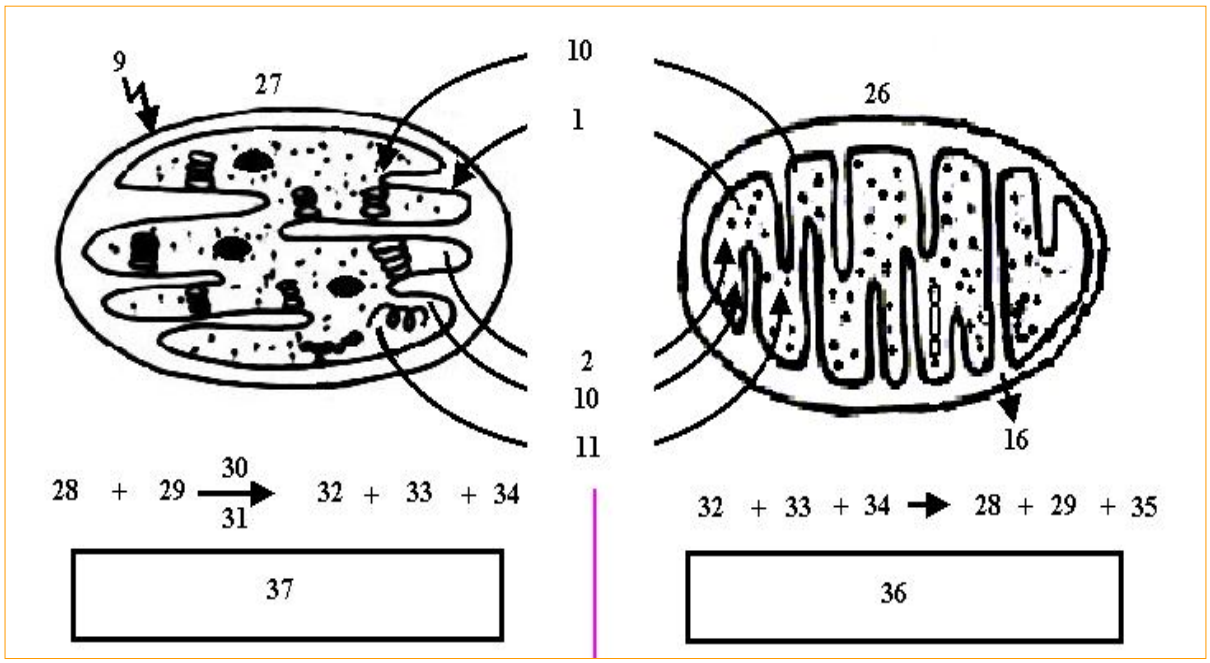
التكامل الوظيفي بين الميتوكندري و الصانعة الخضراء :

- الميتوكندري هي مقر عملية التنفس، و الصانعة الخضراء هي مقر عملية التركيب الضوئي.
- تحتاج عملية التنفس إلى O_2 من أجل هدم المادة العضوية التي تم تركيبها خلال عملية التركيب الضوئي.
- خلال التنفس يطرح CO_2 الذي يستعمل في عملية التركيب الضوئي لبناء المادة العضوية.
- خلال عملية التركيب الضوئي يطرح O_2 الضروري لعملية التنفس.


H2O
ضوء
O2
مرحلة كيموضوئية
ATP
ADP+Pi
R
RH2
تركيب ضوئي
صانعة خضراء
CO2
مرحلة كيموحيوية
تصدير
سكريات
غلوكوز
هيولى
ADP+Pi
ATP
R
RH2
حمض البيروفيك
إيثانول
حركة
نقل فعال
بناء
O2
CO2
H2O
ADP+Pi
ATP
حمض البيروفيك
ADP+Pi
ATP
RH2
ميتوكوندري

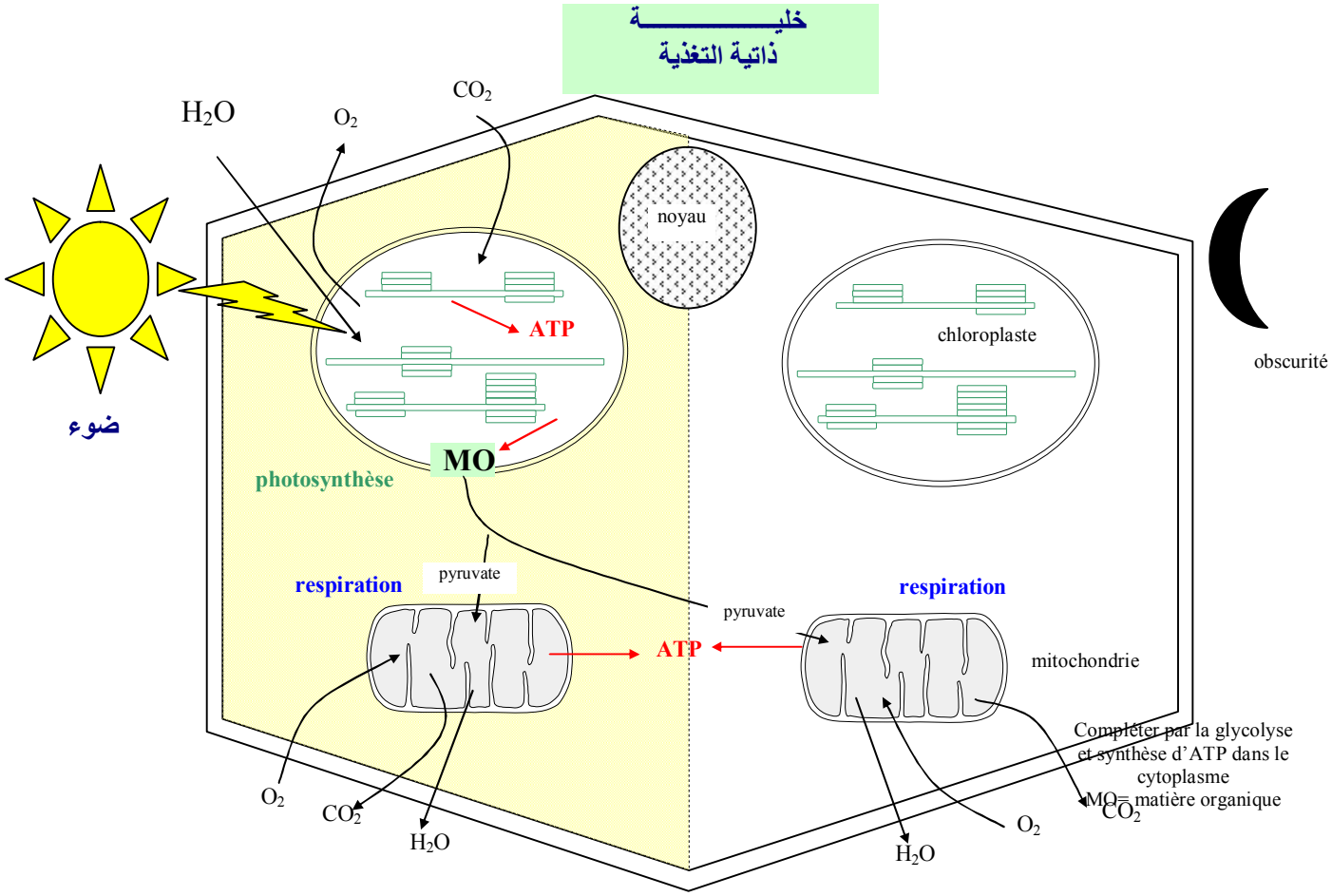
العلاقة بين التركيب الضوئي و التنفس :

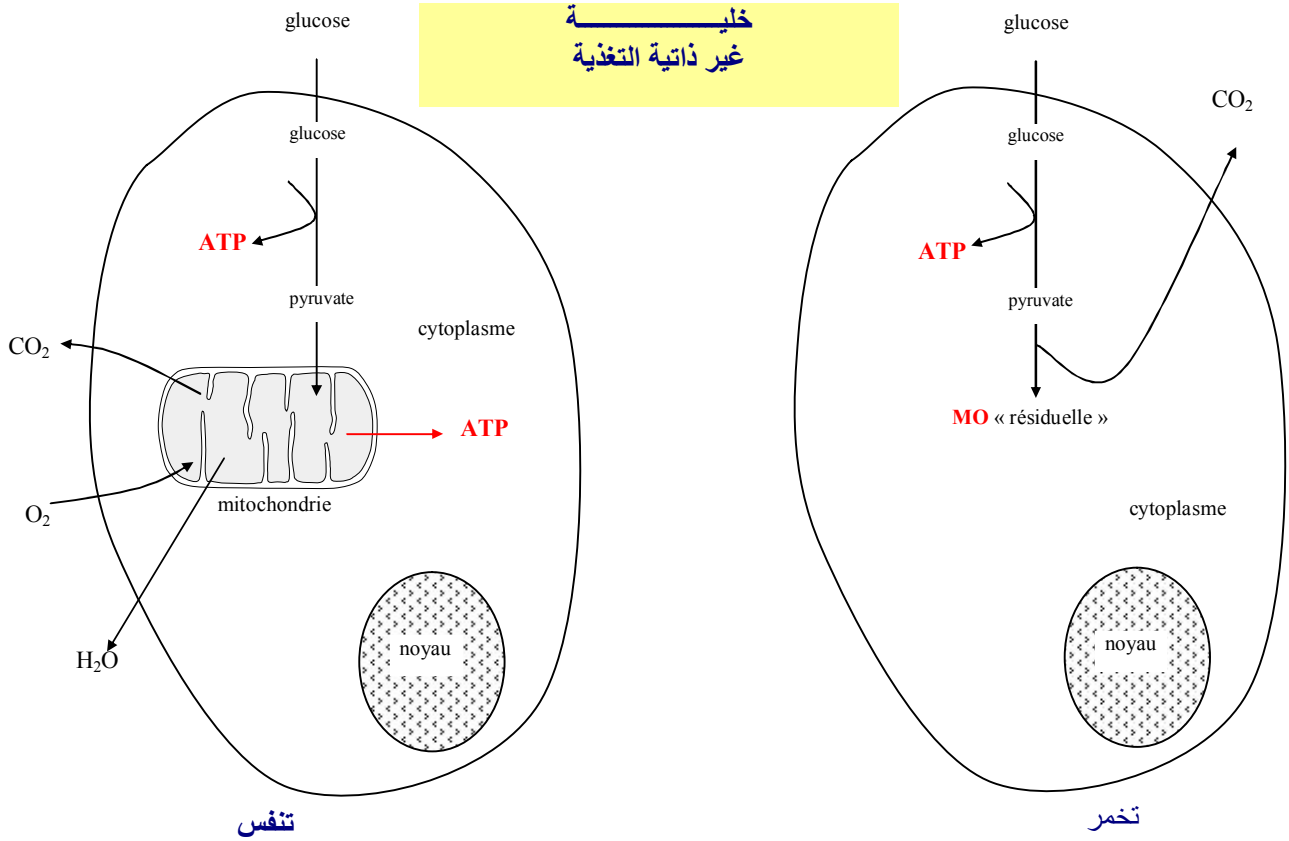




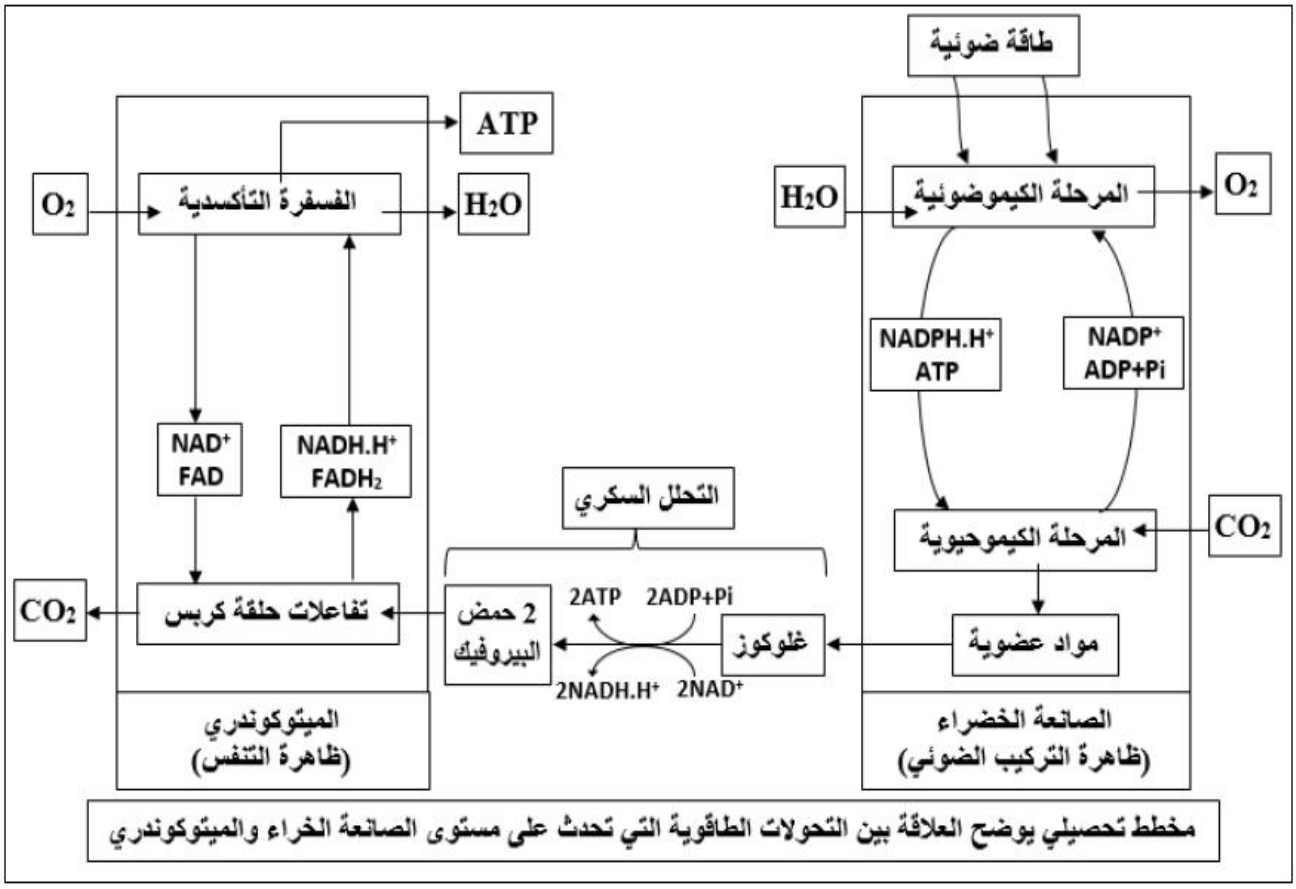
1 : CO_2 ، 2 : مادة عضوية (CH_2O) ، 3 : TH,H^+ ، 4 : T^+ ، 5 : سلسلة تركيبية ضوئية ، 6 : ATP
7 : ADP ، 8 : Pi ، 9 : طاقة ضوئية ، 10 : H_2O ، 11 : O_2 ، 12 : طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية
13 : طاقة قابلة للاستعمال ، 14 : ADP ، 15 : Pi ، 16 : ATP ، 17 : حركة ، 18 : بناء ، 19 : نقل فعال
20 : CO_2 ، 21 : T^+ ، 22 : TH,H^+ ، 23 : سلسلة تنفسية ، 24 : O_2 ، 25 : H_2O
26 : ميتوكوندري ، 27 : صانعة خضراء ، 28 : $6CO_2$ ، 29 : 12 H_2O ، 30 : ضوء ، 31 : يخضور
32 : $C_6H_{12}O_6$ ، 33 : 6 H_2O ، 34 : 6 O_2 ، 35 : ATP ، 36 : تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في المادة العضوية إلى طاقة قابلة للاستعمال ، 37 : تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية .

نقل الطاقة بين خلية ذاتية التغذية و خلية غير ذاتية التغذية :

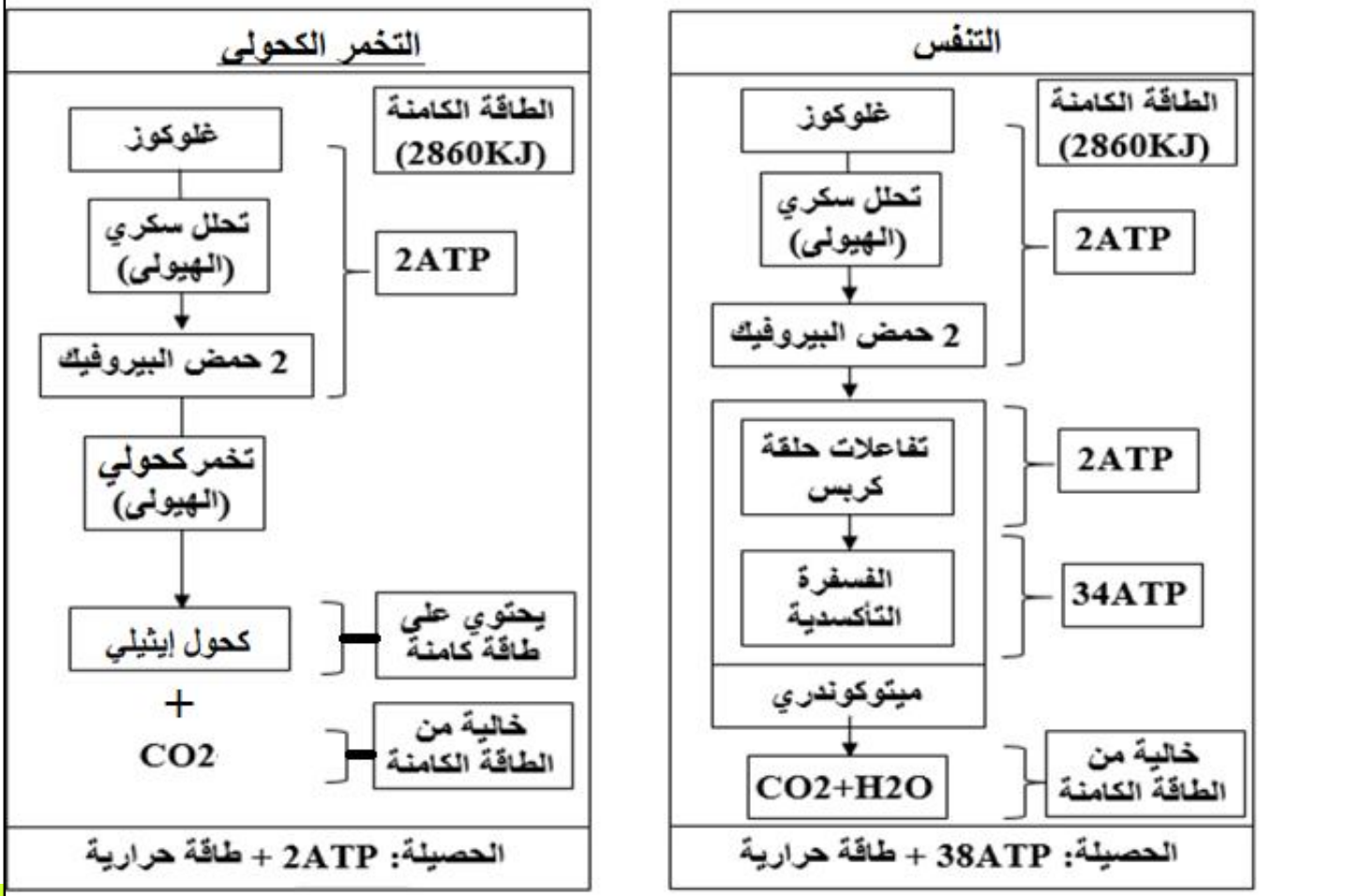




III-/ مخطط تحصيلي يوضح العلاقة بين التحولات الطاقوية التي تحدث على مستوى الصانعة الخضراء و الميتوكوندري

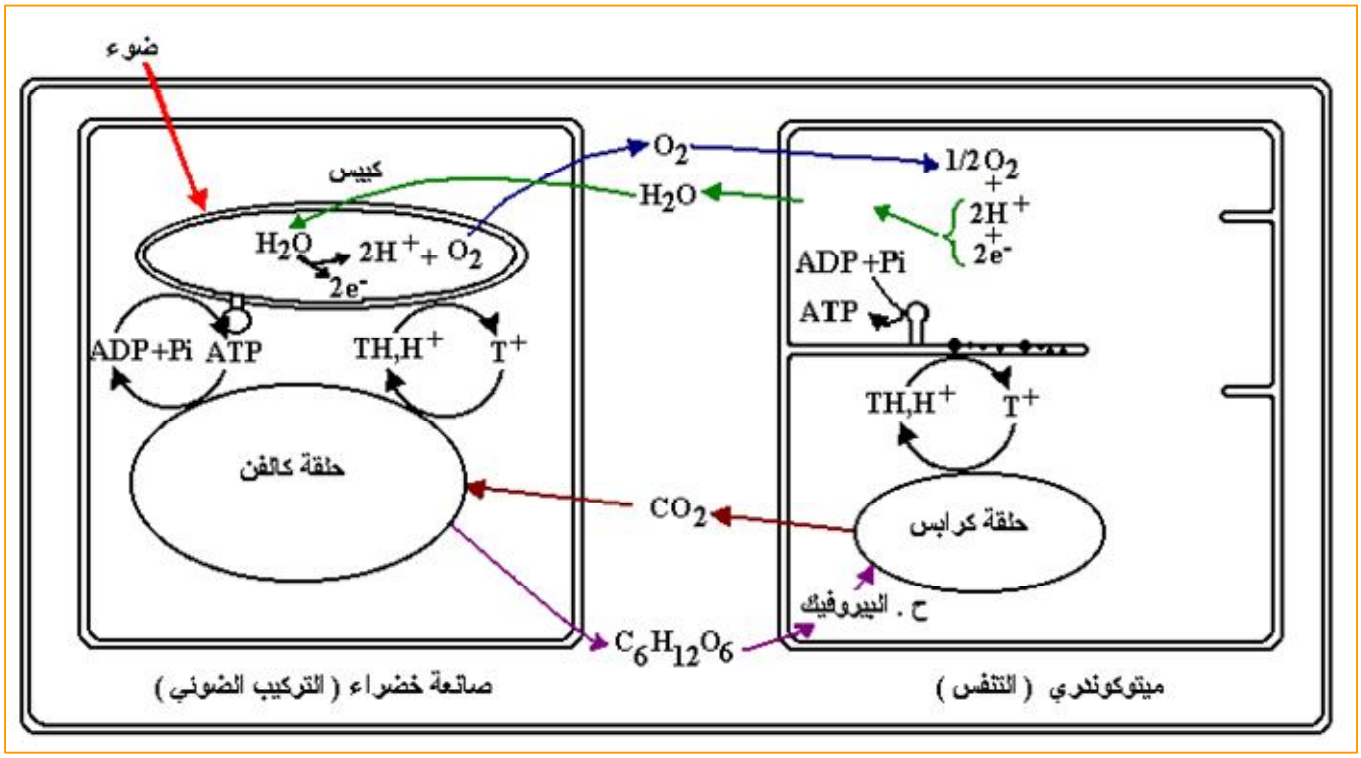


III-/ مخطط يوضح الحصيلة الطاقوية لكل من التنفس و التخمر الكحولي

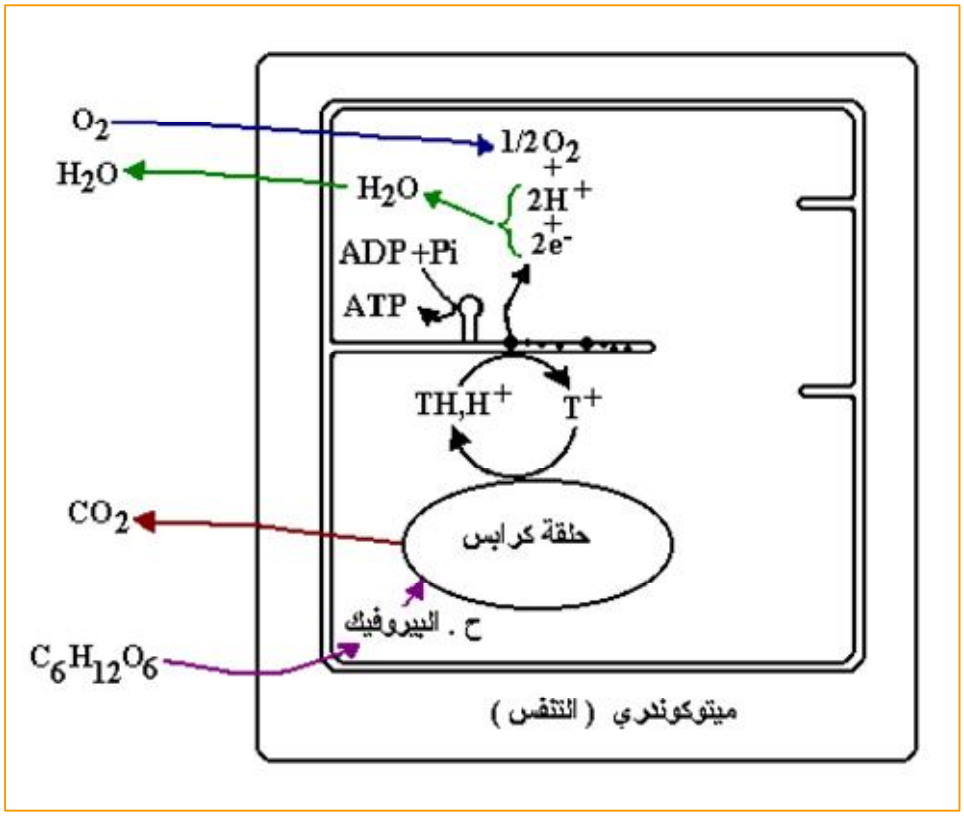


رسم تخطيطي وظيفي لنقل الطاقة على مستوى خلية ذاتية التغذية و أخرى غير ذاتية التغذية

- خلية ذاتية التغذية :



- خلية غير ذاتية التغذية :



أراجع و أختبر معلوماتي :

I – أجب على الأسئلة التالية :

1 – فيما يتمثل التحول الطاقوي في عملية التنفس ؟
2 - فيما تتمثل مظاهر التنفس الهوائي ؟
3 – أكتب معادلة التنفس .
4 – ما هي شروط حدوث ظاهرة التنفس ؟
5 – قارن بين مظهر الميتوكوندري في وسط هوائي و وسط لا هوائي .
6 – صف بنية الميتوكوندري .
7 – ما هي الخاصية التي تتميز بها الميتوكوندري ؟
8 – ماذا تستخلص من المقارنة بين مكونات الغشاء الداخي و الخارجي للميتوكوندري ؟
9 – ما مصير الغلوكوز في الهيولى ؟
10 – لخص تحولات الغلوكوز في الهيولى بمخطط بسيط .
11 – لخص تفاعلات تحولات الغلوكوز في الهيولى بمعادلة إجمالية بسيطة .
12 – ما مصير حمض البيروفيك في وجود الأكسجين ؟
13 – سم تفاعلات هدم حمض البيروفيك .
14 – ما مقر حدوث هذه التفاعلات ؟
15 – لخص هذه التفاعلات بمعادلات بسيطة .
16 – ما هي نواتج هدم الغلوكوز في وجود الأكسجين ؟
17 – ماهي الأهمية البيولوجية لحلقة كرابس ؟
18 – ما مصير المرافقات الأنزيمية المرجعة ؟
19 – في أي مستوى من الغشاء الداخلي للميتوكوندري يتم نقل الإلكترونات ؟
20 – ما هي الآلية التي تحدد انتقال الإلكترونات في السلسلة التنفسية ؟
21 - في أي مستوى من الغشاء الداخلي للميتوكوندري يتم تركيب الـ ATP ؟
22 – كيف يؤثر الـ DNP على الغشاء الداخلي للميتوكوندري ؟
23 – فيما تتمثل شروط تركيب الـ ATP ؟
24 – فيما يتمثل دور الأكسجين في عملية التنفس ؟
25 – وضح الدور الذي يلعبه الأكسجين في عملية التنفس بمعادلة كيميائية .
26 - قدم رسما تخطيطيا بسيطا للفسفرة التأكسدية .
27 – أحسب الحصيلة الطاقوية القابلة للاستعمال الناتجة من هدم جزيئة غلوكوز .
28 – فيما تتمثل المثبطات التنفسية ؟ و ما تأثيرها ؟
29 – كيف يتم تجديد المرافقات الأنزيمية (FAD / NAD^+) ؟
30 – قارن في جدول بين التركيب الضوئي و التنفس .
31 – ما مصير حمض البيروفيك في غياب الأكسجين ؟
32 – لخص بمعادلة كيميائية بسيطة مصير حمض البيروفيك في غياب الأكسجين .
33 – ما هي نواتج التخمر الكحولي ؟
34 – فيما تتمثل مظاهر التنفس اللاهوائي ؟
35 - كيف تفسر تزايد كتلة الخميرة في الوسط الهوائي مقارنة بتزايدها في الوسط اللاهوائي ؟
36 - كيف يتم تجديد المرافقات الأنزيمية خلال عملية التخمر ؟
37 – قارن بين آلية تجديد المرافقات الأنزيمية في كل من التنفس و التخمر .
38 – قارن في جدول بين التفس و التخمر .

39 – أحسب المردود و الضياع الطاقويين لكل من التنفس و التخمر .
40 - هل يوجد تكامل بين الميتوكوندري و الصانعة الخضراء ؟ وضح ذلك .

II – أجب على الأسئلة التالية :

1 – ما هي العمليات الحيوية المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية على مستوى الخلية ؟ و ما الغرض منها ؟
العمليات الحيوية هي التنفس و التخمر .
الغرض منها إنتاج الطاقة التي يحتاجها الكائن الحي للقيام بنشاطاته الحيوية المختلفة .

2 – فيما تتمثل مظاهر التنفس الهوائي ؟
تتمثل مظاهر التنفس الهوائي في امتصاص الـ O_2 و طرح الـ CO_2 .

3 – ماذا يحصل للمادة العضوية الاستقلابية في حالة التنفس و في حالة التخمر ؟
في حالة التنفس : يحدث هدم كلي لمادة الأيض ، و ينتج عنها CO_2 و H_2O و طاقة كبيرة .
في حالة التخمر : يحدث هدم جزئي لمادة الأيض ، و ينتج عنها كحول إيثيلي و CO_2 و طاقة قليلة.

4 – ما نوع التفاعلات الحاصلة في مرحلة التحلل السكري ؟ و أين تحدث ؟
تفاعلات أكسدة و إرجاع (أكسدة الغلوكوز بنزع البروتونات و الإلكترونات ، و إرجاع المرافقات الأنزيمية $NADH,H^+$ و $FADH_2$.

5 – ماذا يحصل لحمض البيروفيك في وجود الأكسجين ؟ و أين يحدث ؟
تحدث له أكسدة تتم في مستوى الميتوكوندري .

6 – أذكر مراحل أكسدة حمض البيروفيك مع تحديد مقر حدوث كل مرحلة .
مرحلة تحول حمض البيروفيك إلى أستيل مرافق الأنزيم A : تحدث في حشوة الميتوكوندري .
مرحلة حلقة كرابس : يتم فيها تحول الأستيل مرافق الأنزيم A وفق سلسلة من تفاعلات الأكسدة و الإرجاع تكتمل فيها مراحل التنفس ، و تتم في مستوى الحشوة .

7 – ما مصدر الـ CO_2 المطروح ؟ و ما مصير الـ O_2 الممتص ؟
الـ CO_2 المطروح ينتج من هدم المادة العضوية (الغلوكوز) .
الـ O_2 الممتص يعتبر المستقبل النهائي للإلكترونات الناتجة عن أكسدة نواقل المرافقات الأنزيمية الـ$NADH,H^+$ و ال $FADH_2$ المتشكلة خلال تفاعلات حلقة كرابس و يتحد مع البروتونات لتشكيل الماء.

8 – فيما تتجلى أهمية السلسلة التنفسية ؟ و أين تتم ؟
تكمن في تحويل الطاقة الكامنة في جزيئات الـ $NADH,H^+$ و الـ $FADH_2$ بعد أكسدتها إلى جزيئات ATP ، تتم في مستوى أعراف الميتوكوندري .

9 – هل يحتاج انتقال الـ é الناتجة عن أكسدة الـ $NADH,H^+$ و الـ $FADH_2$ إلى كل من الطاقة و المستقبل النهائي المتمثل في الـ O_2 ؟ علل إجابتك .
حركة الإلكترونات لا تحتاج طاقة لكونها تنتقل من ناقل ذي كمون أكسدة منخفض نحو ناقل ذي كمون أكسدة و إرجاع مرتفع ، و إنما ينتج عنها طاقة تساهم في انتقال البروتونات نحو الفراغ بين الغشاءين .

10 – كيف يمكن للبروتونات المنتشرة في الفراغ بين الغشائين التدفق إلى الحشوة ؟
يتم تدفق البروتونات عبرالكريات المذنبة ، و هذا التدفق يصاحبه طاقة يتم تجميعها من قبل أنزيم الـ ATP Synthase (الكرية المذنبة) و استعماله في فسفرة الـ ADP لإنتاج الـ ATP .

11 – ما هو المركب الذي يتعرض للأكسدة التنفسية على مستوى الميتوكندري ؟
المركب هو حمض البيروفيك .

12 – هل يمكن للميتوكوندري أن تستعمل الغلوكوز بصورة مباشرة ؟ ولماذا ؟
لا يمكن للميتوكوندري استعمال الغلوكوز مباشرة إلا بعد تحويله إلى حمض البيروفيك في هيولى الخلية خلال تفاعلات مرحلة التحلل السكري لتوفرها على الأنزيمات الخاصة بتحويله .

13 – هل يمكن هدم الغلوكوز داخل الخلية مباشرة ؟ و لماذا ؟

لا يمكن هدم الغلوكوز إلا بعد اتحاده مع الفوسفات المعدني الناتج عن إماهة الـ ATP معطيا غلوكوز 6 فوسفات ، و هي شرط ضروري لدخول الغلوكوز في سلسلة التفاعلات التي تؤدي إلى تفككه تحت تأثير الأنزيمات ، كما أن فسفرة الغلوكوز تمنعه من مغادرة الخلية .

14 – بماذا يتميز الغشاء الداخلي للميتوكوندري ؟ و هل يشبه في تركيبه الغشاء الهيولي ؟

يتميز بتوفره على كريات مذنبة (مركبات أنزيمية مسؤول عن فسفرة الـ ADP إلى ATP) ، كما يحتوي على سلسلة من نواقل الإلكترونات (سلسلة تنفسية) قادرة على أكسدة جزيئات الـ $NADH,H^+$ و الـ $FADH_2$ و نقل الإلكترونات إلى المستقبل النهائي (الأكسجين).

15 – يلاحظ حدوث فرق في تدرج التركيز بين الحشوة و الفراغ بين الغشاءين . فما أهمية هذا الفرق؟

فارق التركيز ضروري لتدفق البروتونات عبر الكريات المذنبة من الفراغ بين الغشاءين نحو الحشوة ليتم إنتاج الـ ATP بفسفرة الـ ADP .

16 – يتم هدم الغلوكوز بوجود الأكسجين وفق مراحل ، أذكرها مع تحديد مقرها و ما يحصل فيها .

مرحلة التحلل السكري : تحدث في هيولى الخلية ، الأكسجين غير ضروري لحدوثها ، يتم فيها هدم الغلوكوز إلى جزيئتين من حمض البيروفيك مع تشكيل جزيئتين من الـ $NADH,H+$ و جزيئتين من الـ ATP .

مرحلة الأكسدة التنفسية : تحدث في مستوى حشوة الميتوكوندري ، الأكسجين ضروري ، يتم خلالها :

أ – تحويل حمض البيروفيك إلى أستيل مرافق الأنزيم " أ " :

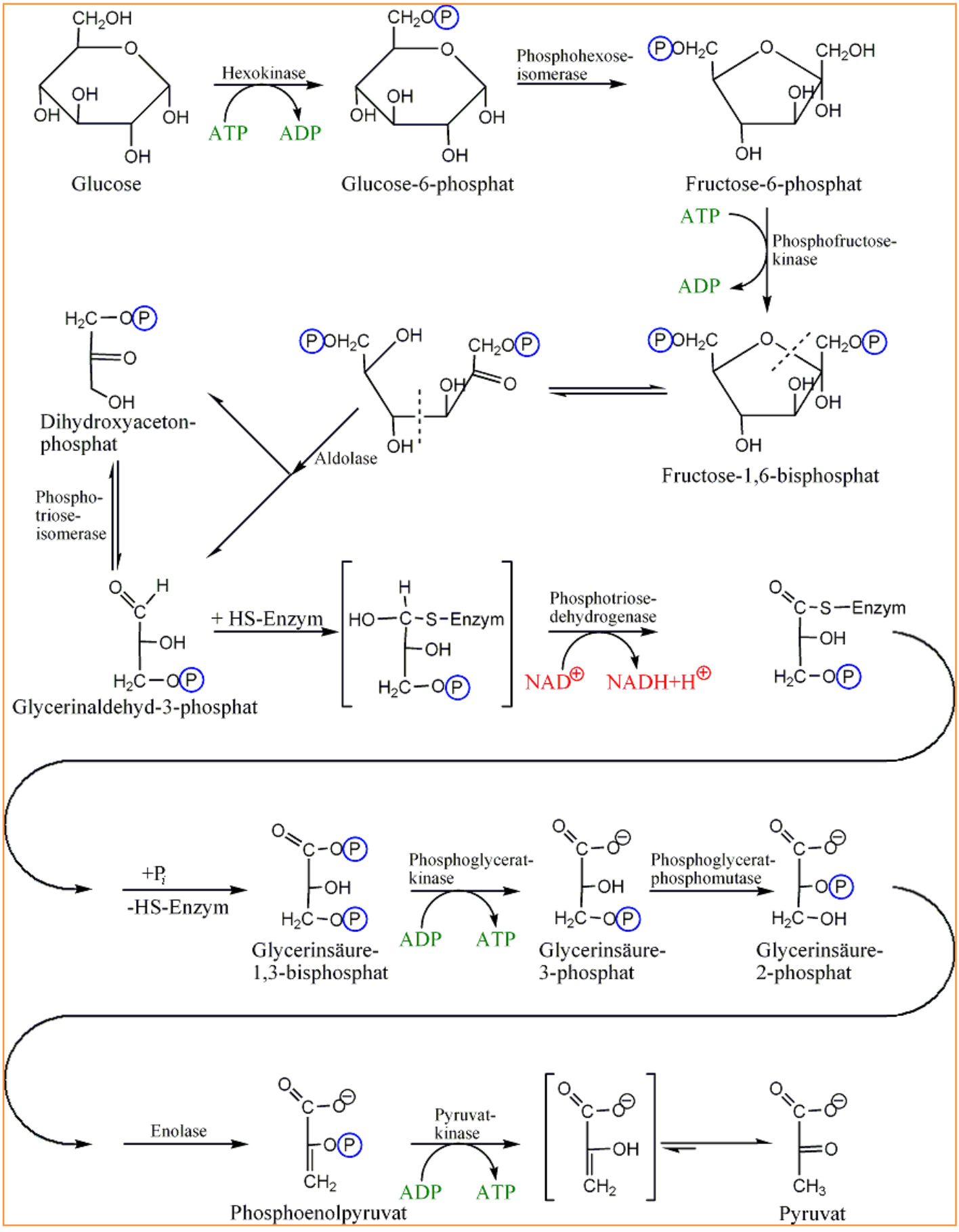
ينزع جزيء CO_2 من حمض البيروفيك ، كما تنزع ذرتا هيدروجين ينقلها المرافق الأنزيمي بصورته المرجعة $NADH,H^+$.

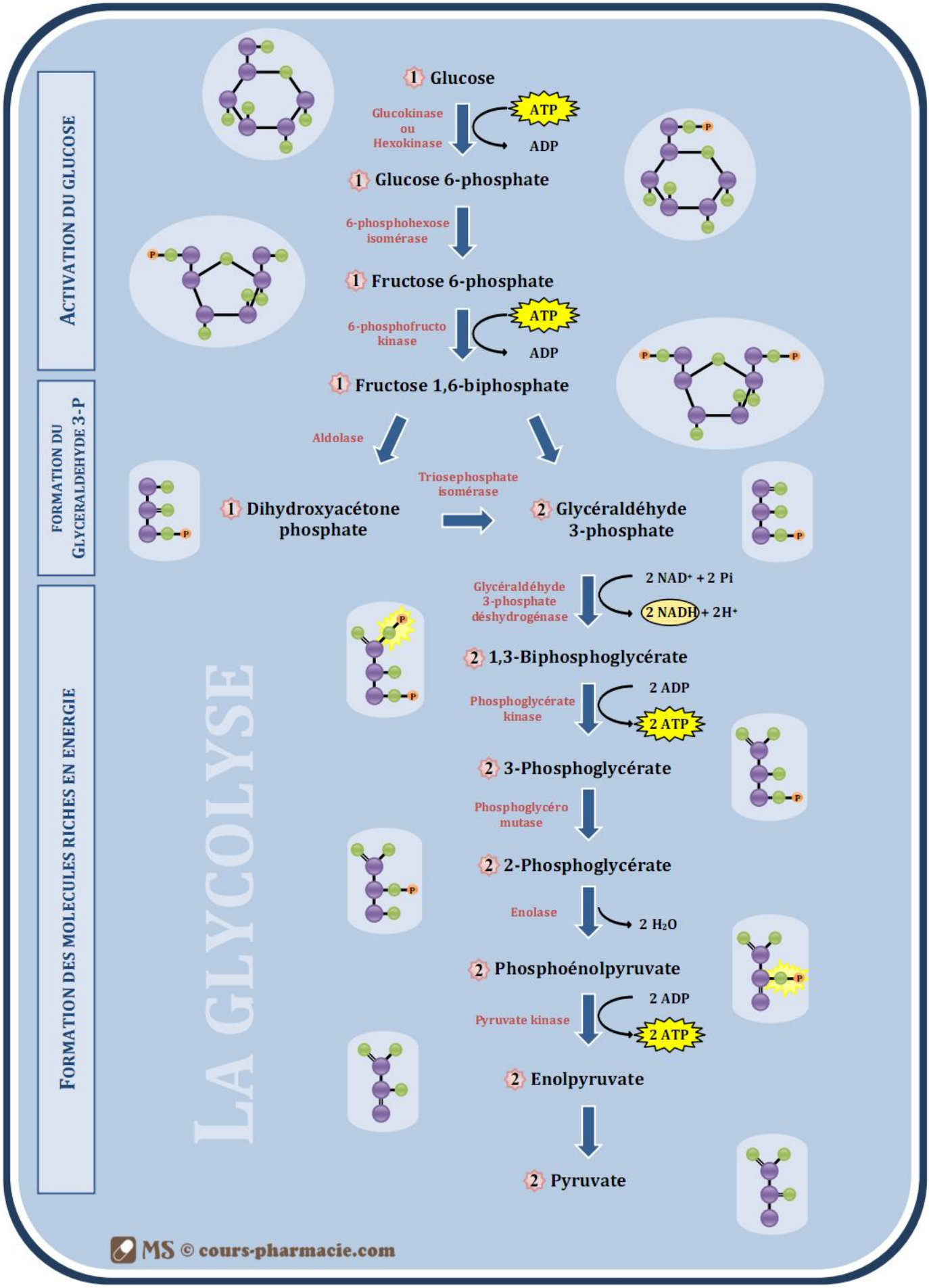
ب – حلقة كرابس : تحدث في مستوى الحشوة ، حيث يدخل الأستيل مرافق الأنزيم (ا) في سلسلة من التفاعلات بتدخل مجموعة من الأنزيمات (نازعات الكربوكسيل و الهيدروجين ، أو نازعات للهيدروجين فقط) يتم خلالها تشكيل CO_2 / $NADH,H^+$ / $FADH_2$ / ATP .

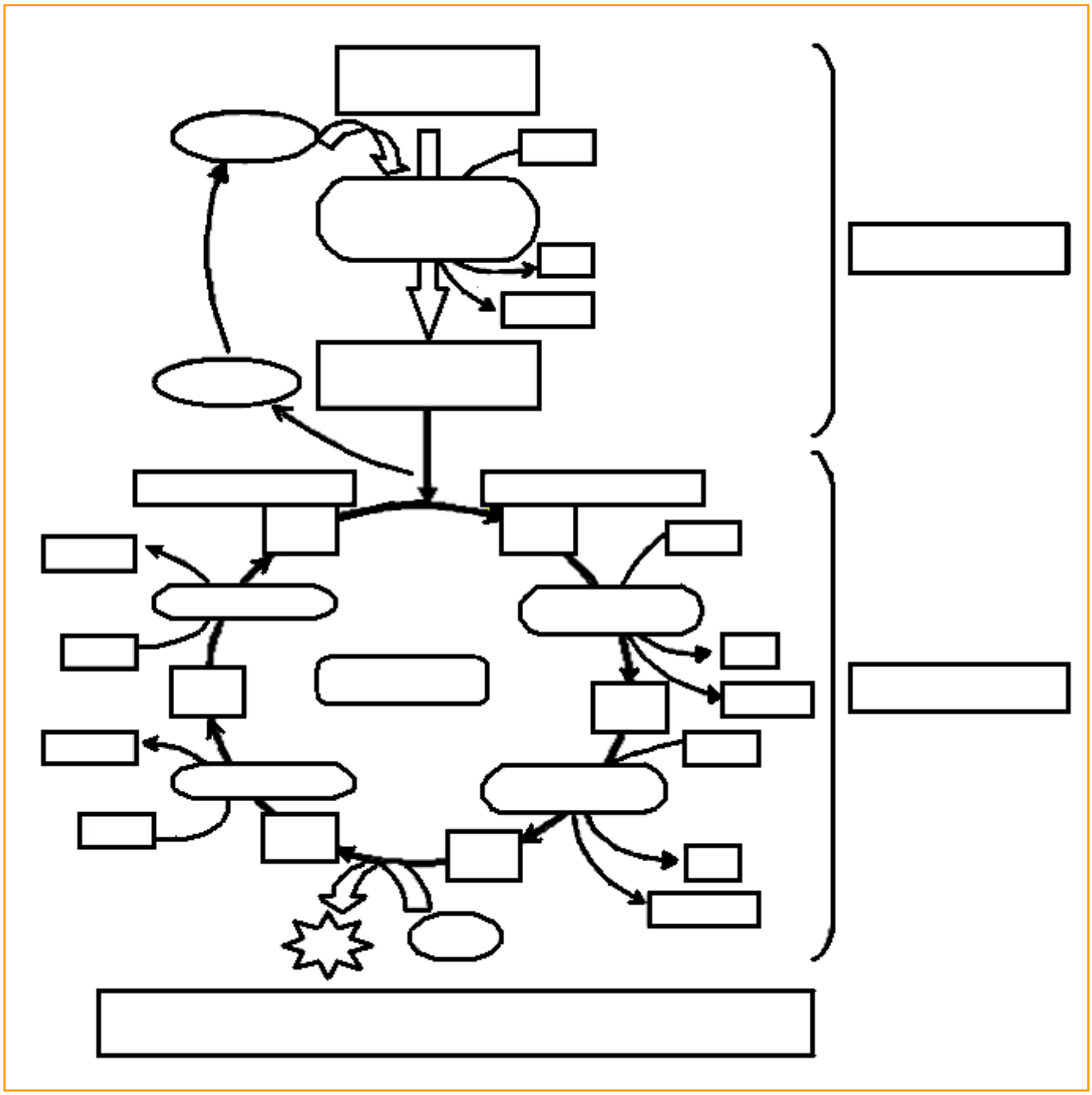
ج – الفسفرة التأكسدية : تتم في مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري و تتمثل في أكسدة النواقل المرجعة ($FADH_2$ / $NADH,H^+$) المتشكلة خلال التحلل السكري ، أكسدة حمض البيروفيك و حلقة كرابس و فسفرة الـ ADP لتشكيل الـ ATP في مستوى الكريات المذنبة .

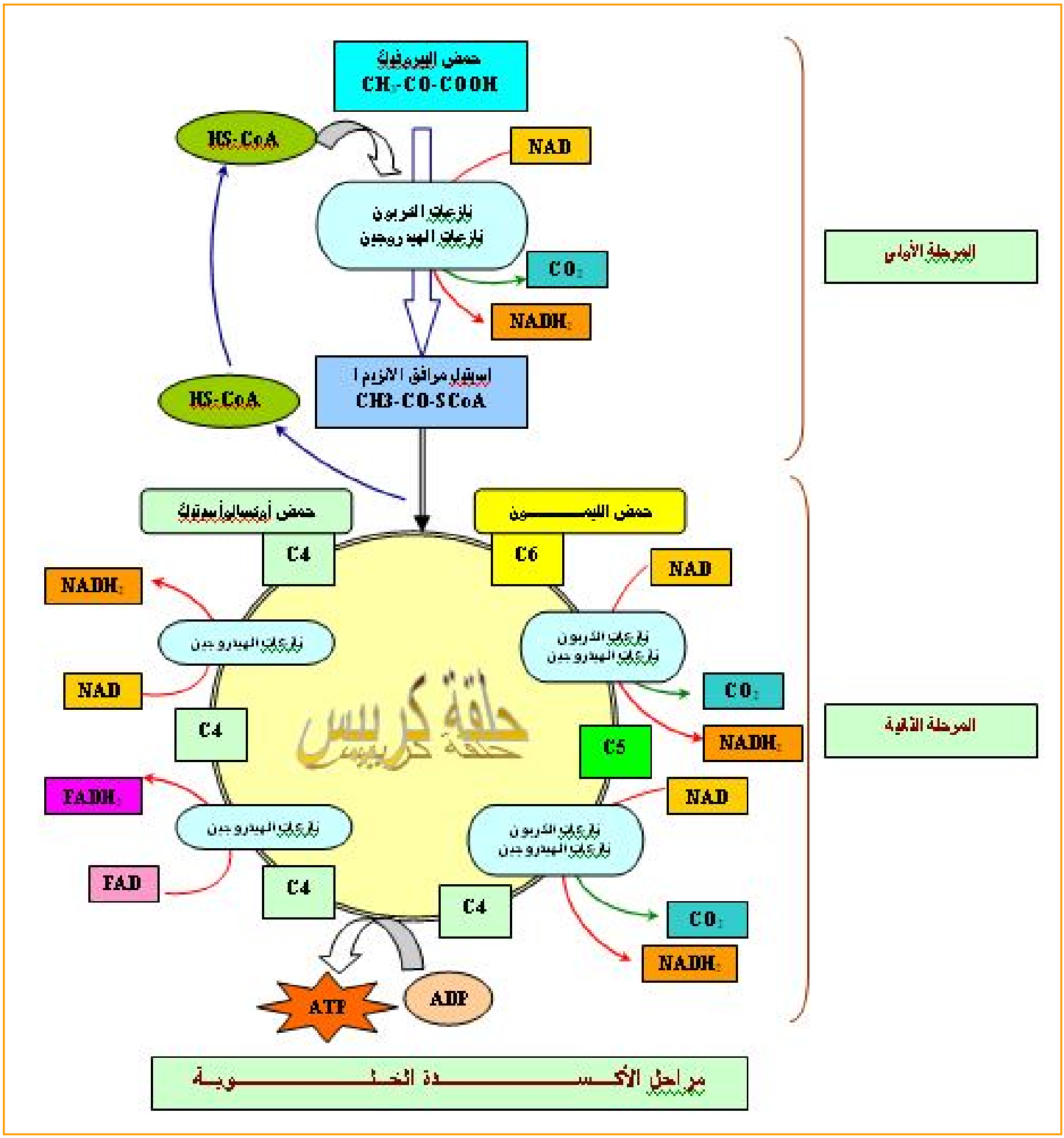
17 – ما هو الدور الأساسي الذي يلعبه الأكسجين في عملية التنفس ؟

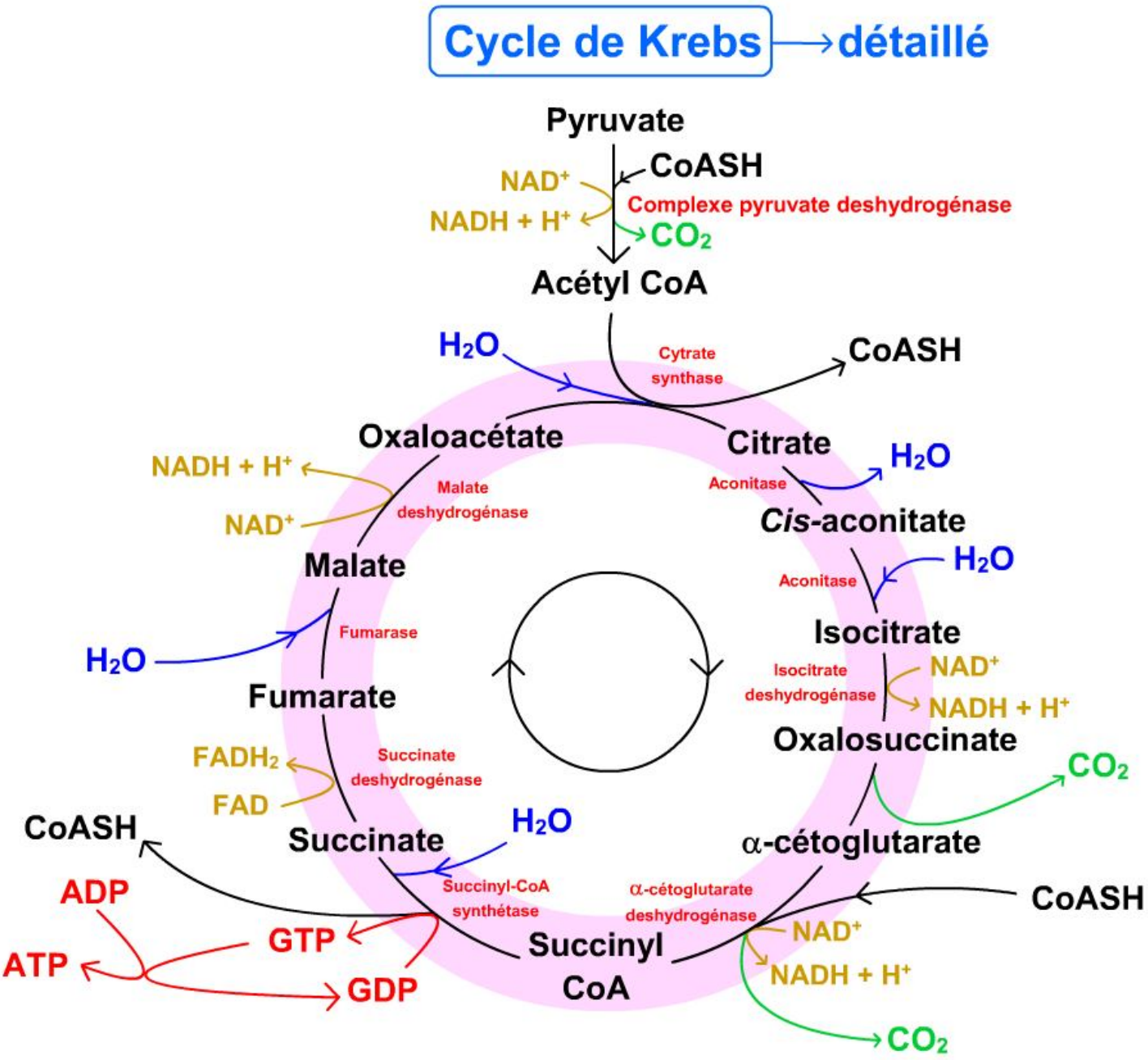
يلعب دور مستقبل نهائي للإلكترونات الناتجة عن أكسدة النواقل المرجعة ($FADH_2$ / $NADH,H^+$) و بالتالي تجديد (FAD / NAD^+) في حالتها المؤكسدة لاستقبال الإلكترونات من جديد .

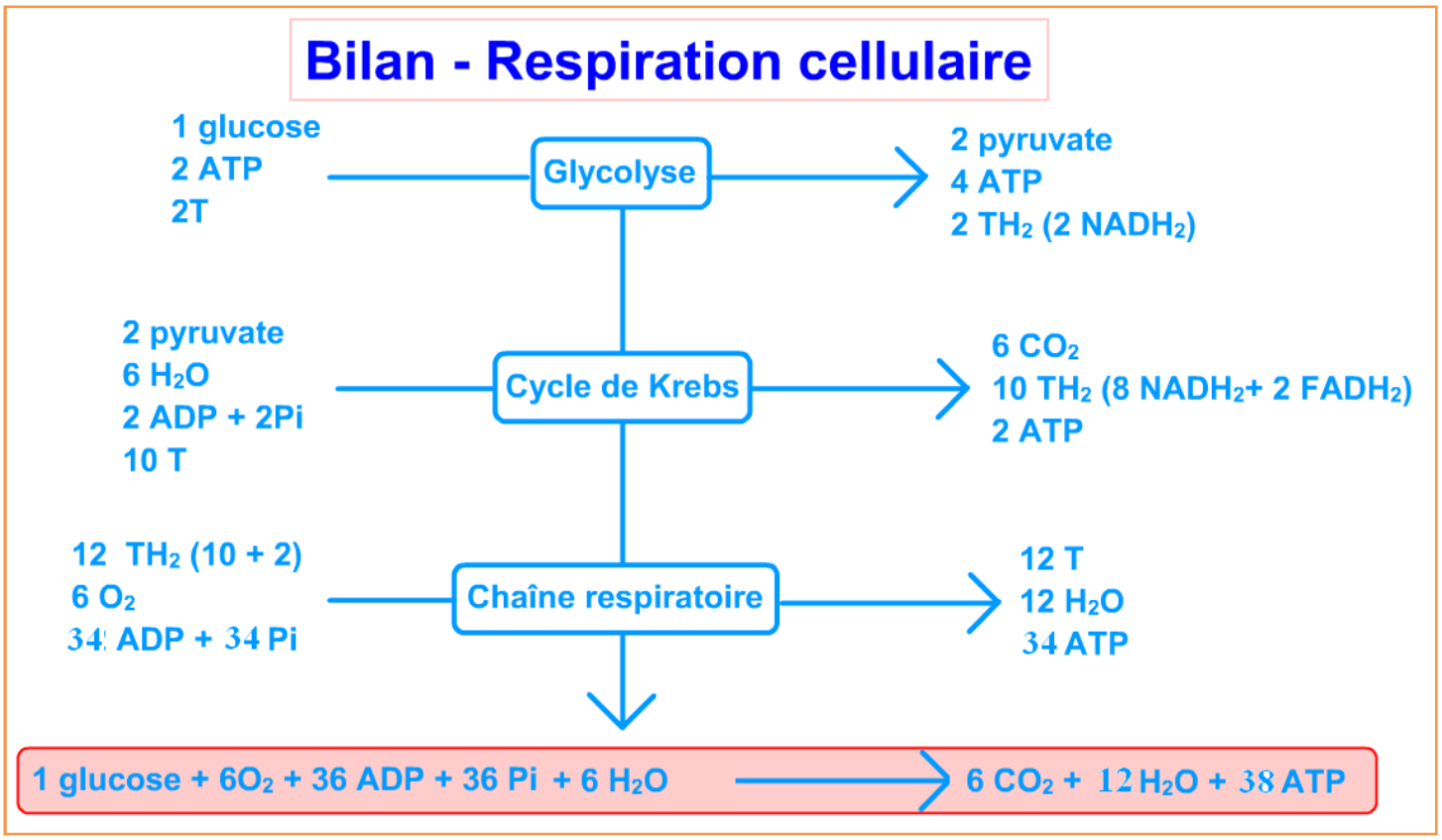

Glucose
Hexokinase
ATP
ADP
Glucose-6-phosphat
Phosphohexose-isomerase
Fructose-6-phosphat
ATP
ADP
Phosphofructose-kinase
Dihydroxyaceton-phosphat
Aldolase
Fructose-1,6-bisphosphat
Phospho-triose-isomerase
Glycerinaldehyd-3-phosphat
+ HS-Enzym
Phosphotriose-dehydrogenase
NAD⊕
NADH+H⊕
+Pi
-HS-Enzym
Glycerinsäure-1,3-bisphosphat
Phosphoglycerat-kinase
ADP
ATP
Glycerinsäure-3-phosphat
Phosphoglycerat-phosphomutase
Glycerinsäure-2-phosphat
Enolase
Phosphoenolpyruvat
Pyruvat-kinase
ADP
ATP
Pyruvat

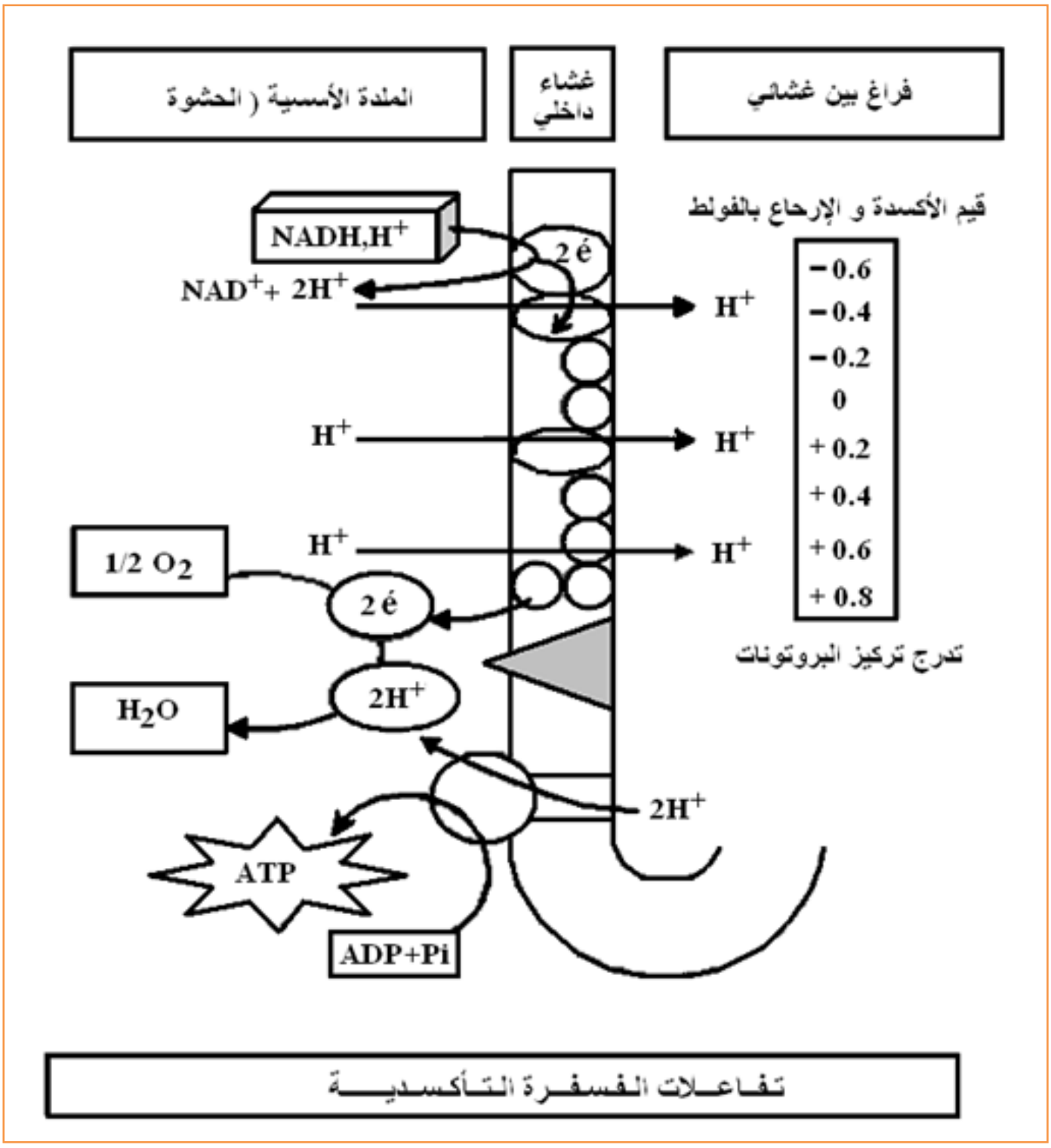

ACTIVATION DU GLUCOSE
FORMATION DU GLYCERALDEHYDE 3-P
FORMATION DES MOLECULES RICHES EN ENERGIE
LA GLYCOLYSE
1 Glucose
Glucokinase ou Hexokinase
ATP
ADP
1 Glucose 6-phosphate
6-phosphohexose isomérase
1 Fructose 6-phosphate
6-phosphofructo kinase
ATP
ADP
1 Fructose 1,6-biphosphate
Aldolase
Triosephosphate isomérase
1 Dihydroxyacétone phosphate
2 Glycéraldéhyde 3-phosphate
Glycéraldéhyde 3-phosphate déshydrogénase
2 NAD+ + 2 Pi
2 NADH + 2H+
2 1,3-Biphosphoglycérate
Phosphoglycérate kinase
2 ADP
2 ATP
2 3-Phosphoglycérate
Phosphoglycéro mutase
2 2-Phosphoglycérate
Enolase
2 H2O
2 Phosphoénolpyruvate
Pyruvate kinase
2 ADP
2 ATP
2 Enolpyruvate
2 Pyruvate
MS © cours-pharmacie.com



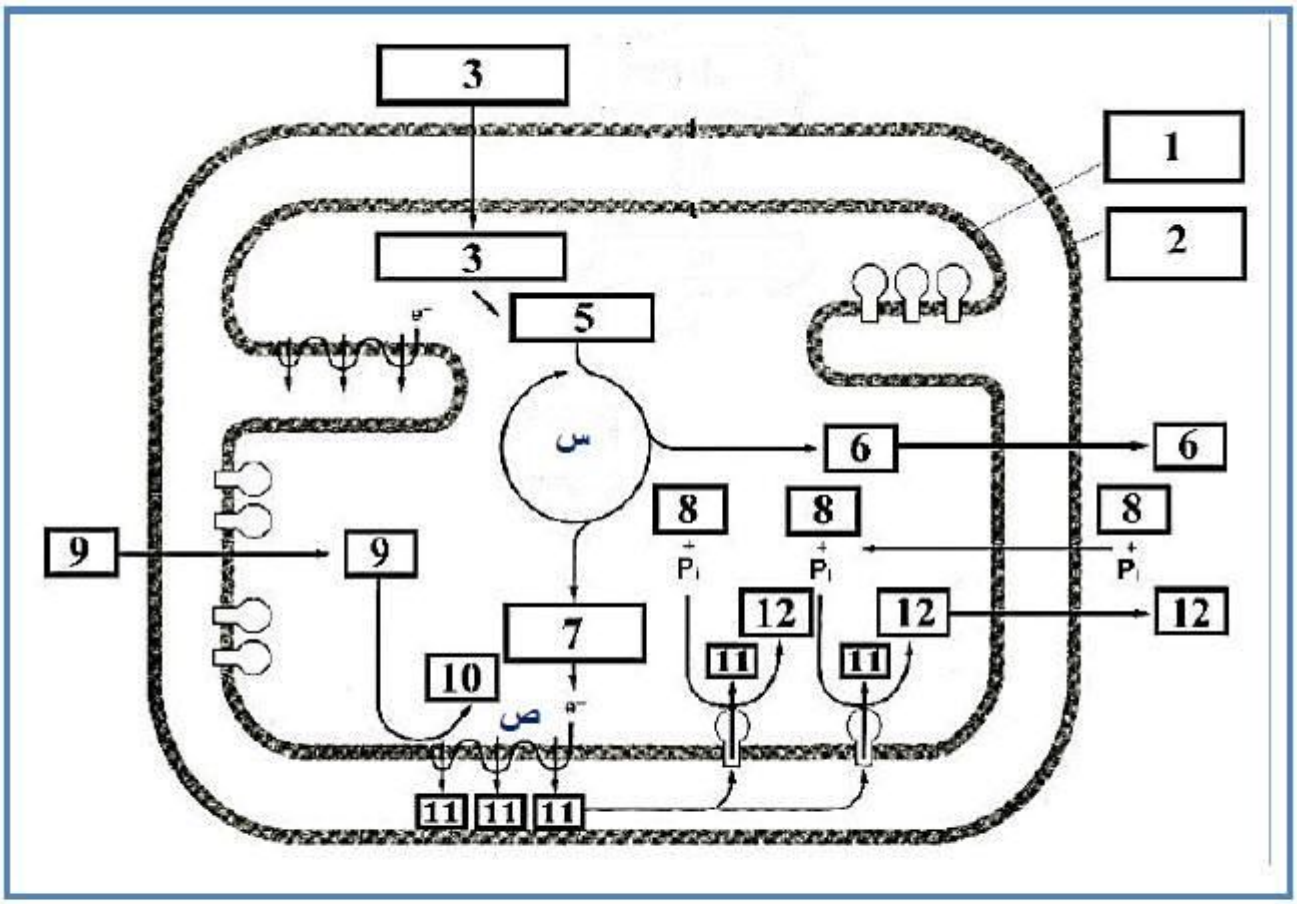

حمض البيروفيك
CH3-CO-COOH
HS-CoA
NAD
نازعات الكربون
نازعات الهيدروجين
CO2
NADH2
HS-CoA
إسيتيل مرافق الانزيم ا
CH3-CO-SCoA
المرحلة الأولى
حمض أوكسالوأسيتيك
C4
حمض الليمـــــون
C6
NADH2
NAD
نازعات الهيدروجين
نازعات الكربون
نازعات الهيدروجين
NAD
CO2
C4
حلقة كريبس
C5
NADH2
المرحلة الثانية
FADH2
NAD
نازعات الهيدروجين
نازعات الكربون
نازعات الهيدروجين
FAD
C4
C4
CO2
NADH2
ATP
ADP
مراحل الأكســـــــــدة الخلـــــــــوية


Cycle de Krebs → détaillé
Pyruvate
CoASH
NAD+
NADH + H+
Complexe pyruvate deshydrogénase
CO2
Acétyl CoA
H2O
Cytrate synthase
CoASH
Oxaloacétate
Citrate
NADH + H+
Malate deshydrogénase
NAD+
H2O
Aconitase
Malate
Cis-aconitate
H2O
Aconitase
Fumarase
H2O
Isocitrate
Fumarate
Isocitrate deshydrogénase
NAD+
NADH + H+
Oxalosuccinate
FADH2
FAD
Succinate deshydrogénase
CO2
CoASH
Succinate
H2O
α-cétoglutarate
ADP
Succinyl-CoA synthétase
α-cétoglutarate deshydrogénase
CoASH
GTP
NAD+
ATP
Succinyl CoA
NADH + H+
GDP
CO2


Bilan - Respiration cellulaire
1 glucose
2 ATP
2T
Glycolyse
2 pyruvate
4 ATP
2 TH2 (2 NADH2)
2 pyruvate
6 H2O
2 ADP + 2Pi
10 T
Cycle de Krebs
6 CO2
10 TH2 (8 NADH2+ 2 FADH2)
2 ATP
12 TH2 (10 + 2)
6 O2
34 ADP + 34 Pi
Chaîne respiratoire
12 T
12 H2O
34 ATP
1 glucose + 6O2 + 36 ADP + 36 Pi + 6 H2O
6 CO2 + 12 H2O + 38 ATP


الملدة الأسسية (الحشوة
غشاء داخلي
فراغ بين غشائي
قيم الأكسدة و الإرجاع بالفولط
NADH,H+
2 é
NAD+ + 2H+
H+
H+
H+
H+
H+
1/2 O2
2 é
H2O
2H+
2H+
ATP
ADP+Pi
- 0.6
- 0.4
- 0.2
0
+ 0.2
+ 0.4
+ 0.6
+ 0.8
تدرج تركيز البروتونات
تفاعلات الفسفرة التأكسدية

تمثل الوثيقة اسفلة رسم تخطيطي وظيفي للميتوكندري

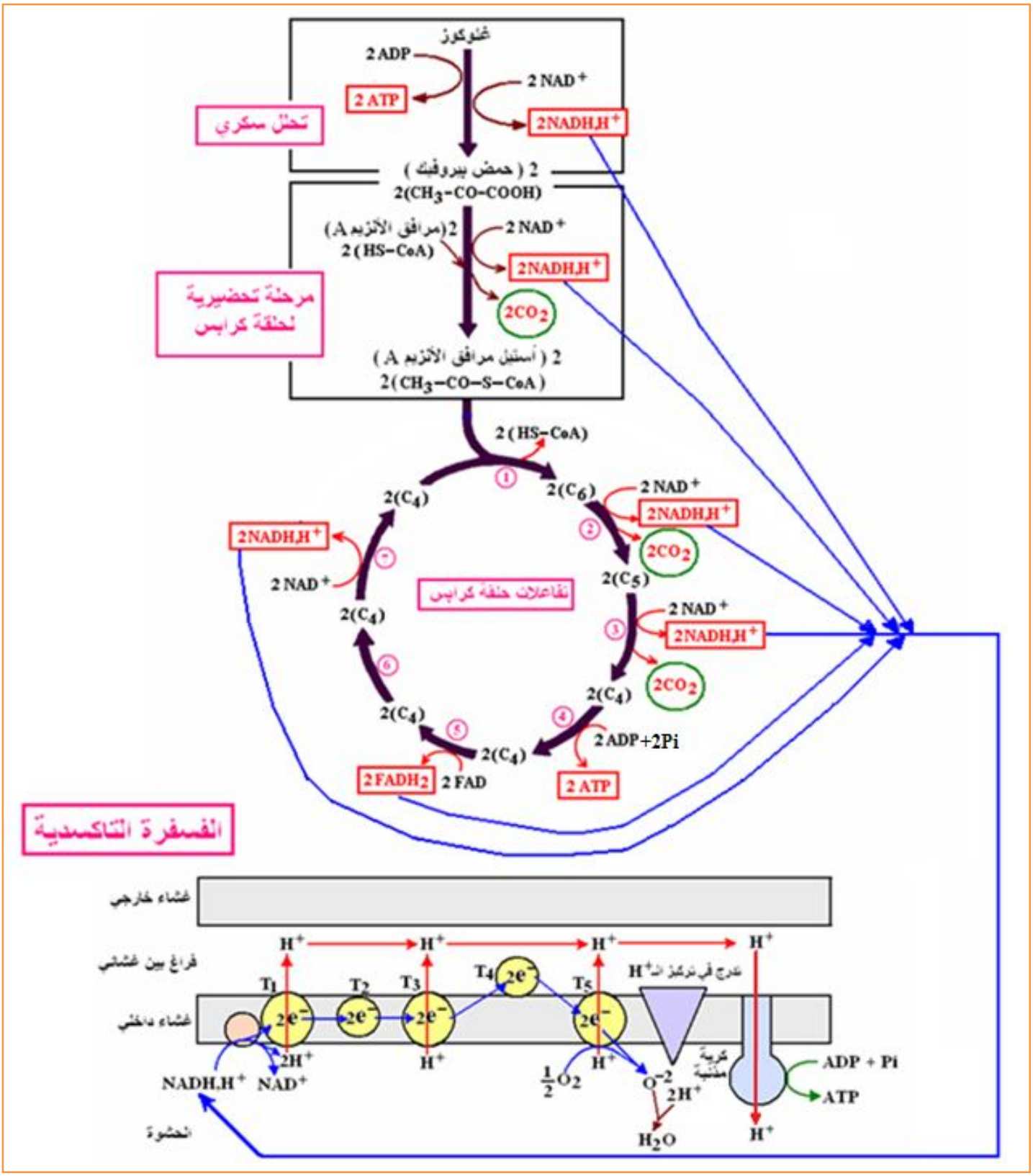


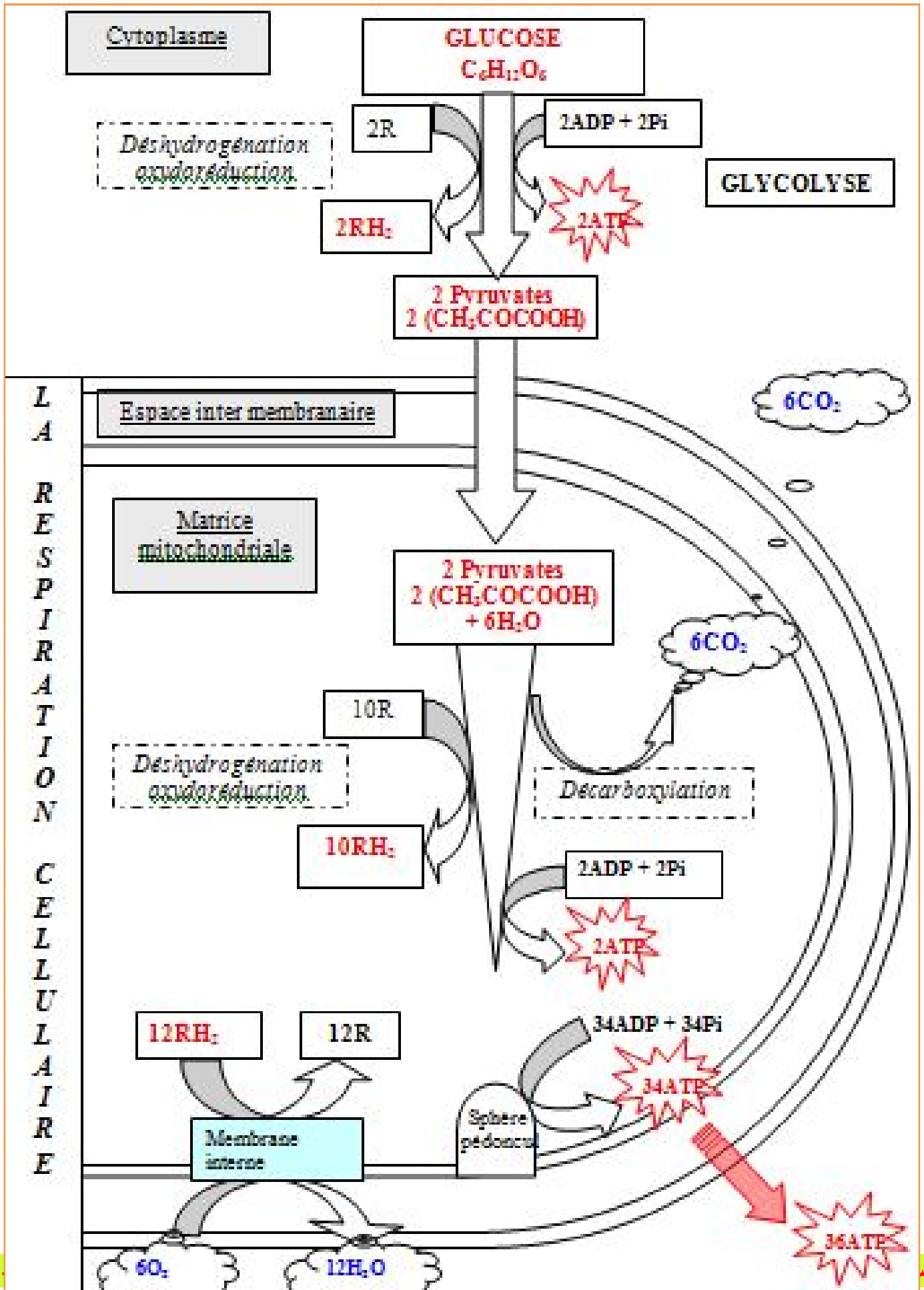
1 – **ضع** عنوان مناسب للوثيقة

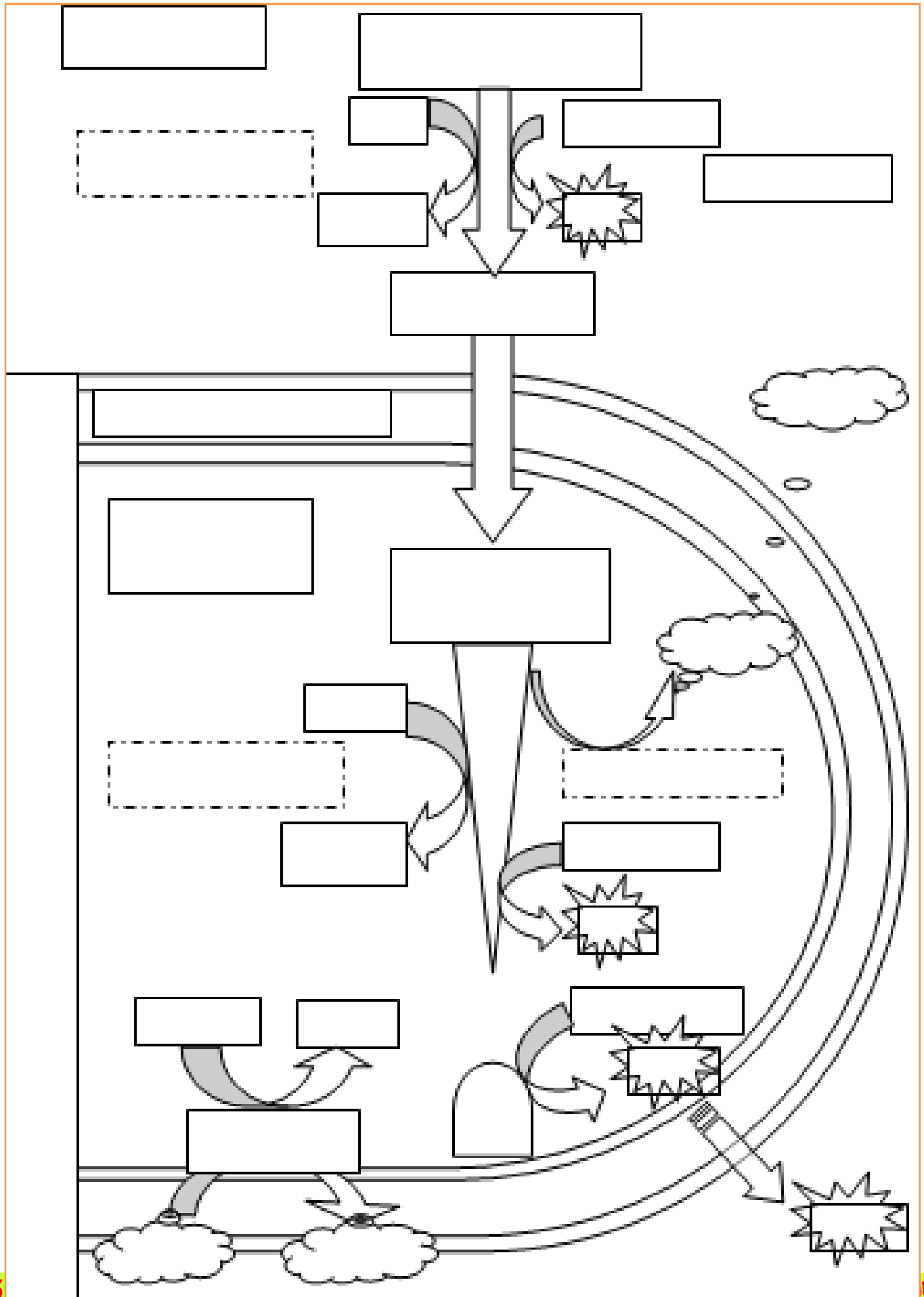
2 – **تعرف** على البيانات المرقمة من1 إلى12

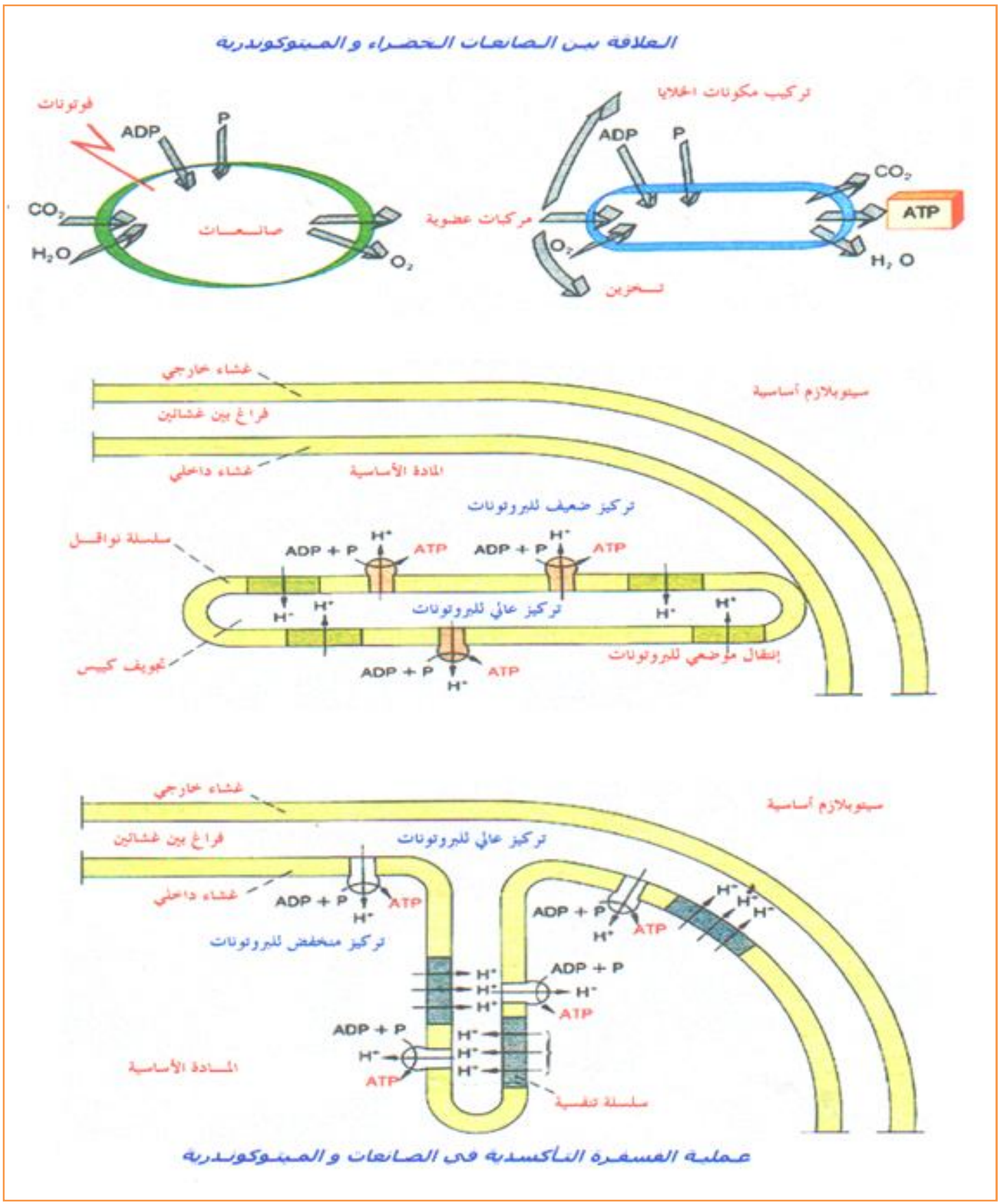
3 – **اشرح** العلاقة بين المرحلة (س) والمرحلة (ص).

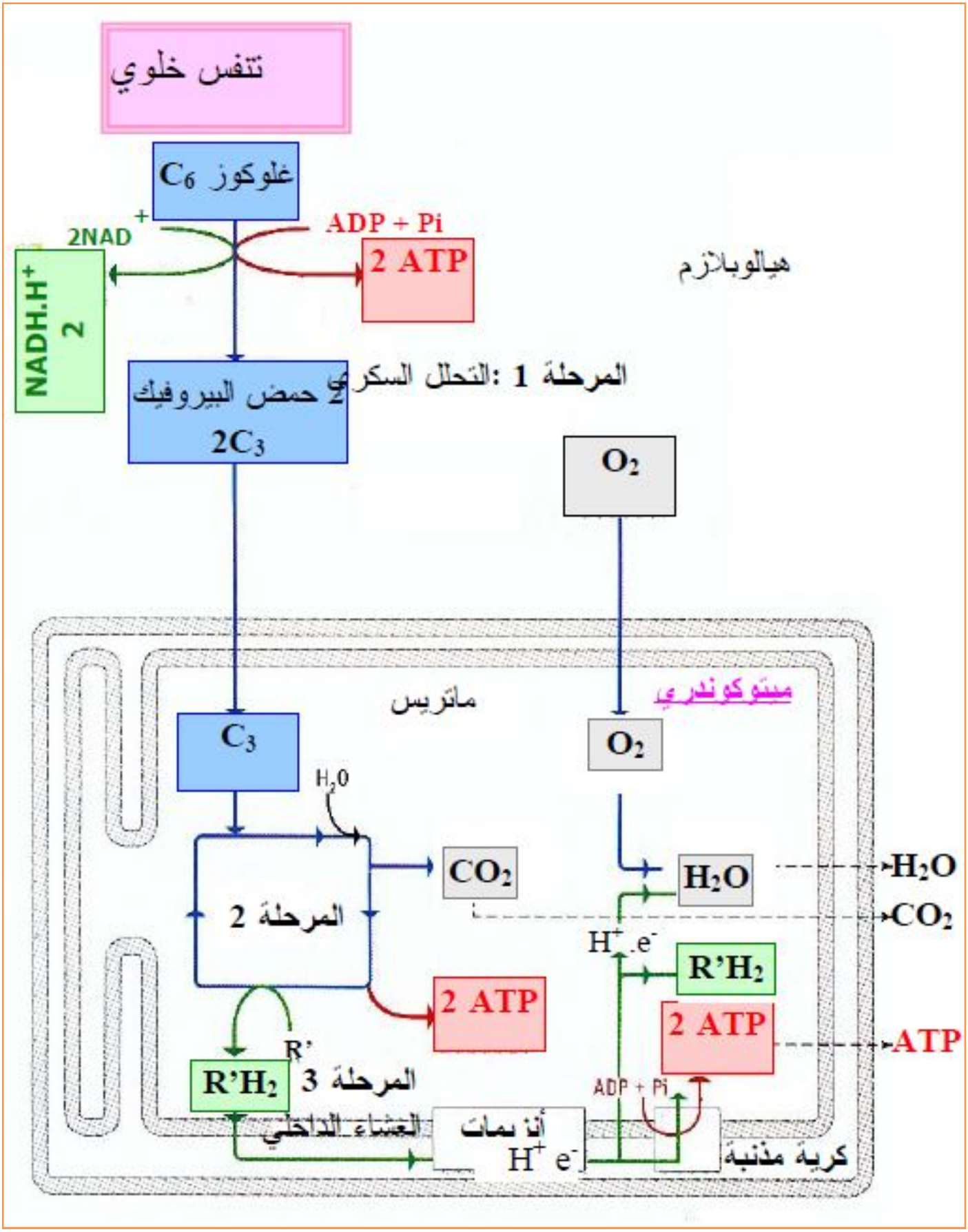
تحضير بكالوريا 2016 الأستاذ : بوالريش أحمد / متقن القل


غلوكوز
2 ADP
2 ATP
2 NAD+
2NADH,H+
تحلل سكري
2 (حمض بيروفيك)
2(CH3-CO-COOH)
2 (مرافق الأنزيم A)
2 (HS-CoA)
2 NAD+
2NADH,H+
2CO2
مرحلة تحضيرية لحلقة كرابس
2 (أسيتيل مرافق الأنزيم A)
2(CH3-CO-S-CoA)
2 (HS-CoA)
2(C4)
2(C6)
2(C5)
2(C4)
2(C4)
2(C4)
2(C4)
2 NAD+
2NADH,H+
2CO2
2NADH,H+
2 NAD+
تفاعلات حلقة كرابس
2 NAD+
2NADH,H+
2CO2
2ADP+2Pi
2 ATP
2FADH2
2 FAD
الفسفرة التأكسدية
غشاء خارجي
فراغ بين غشائي
غشاء داخلي
H+
T1
T2
T3
T4
T5
2e-
2H+
NADH,H+
NAD+
1/2 O2
O-2
H2O
ADP + Pi
ATP
الحشوة

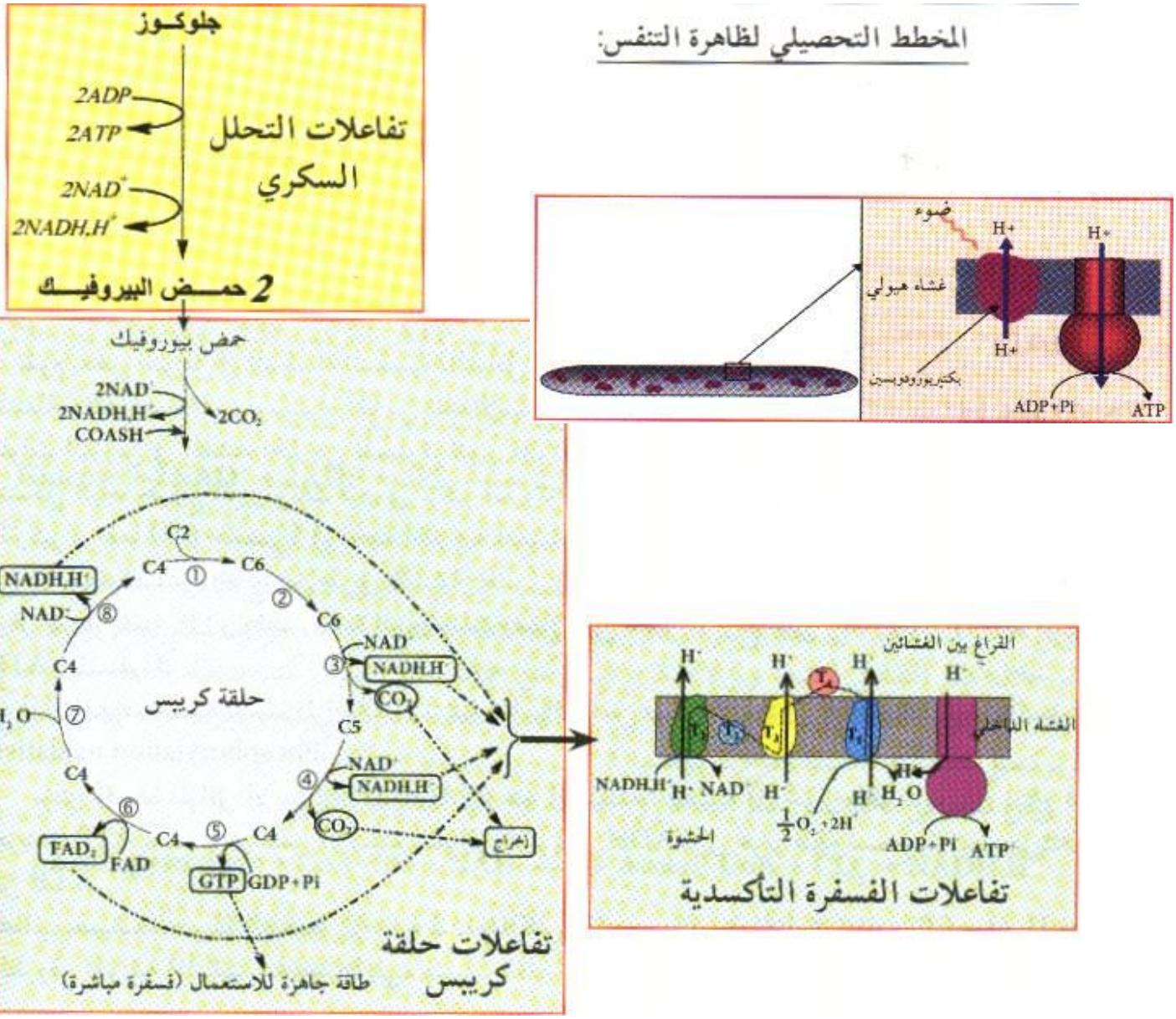

Cytoplasme
GLUCOSE
$C_6H_{12}O_6$
2R
2ADP + 2Pi
Déshydrogénation
oxydoréduction
GLYCOLYSE
$2RH_2$
2ATP
2 Pyruvates
2 ($CH_3COCOOH$)
LA RESPIRATION CELLULAIRE
Espace inter membranaire
$6CO_2$
Matrice mitochondriale
2 Pyruvates
2 ($CH_3COCOOH$)
+ $6H_2O$
$6CO_2$
10R
Déshydrogénation
oxydoréduction
Décarboxylation
$10RH_2$
2ADP + 2Pi
2ATP
$12RH_2$
12R
34ADP + 34Pi
34ATP
Membrane interne
Sphère pédonculaire
36ATP
$6O_2$
$12H_2O$

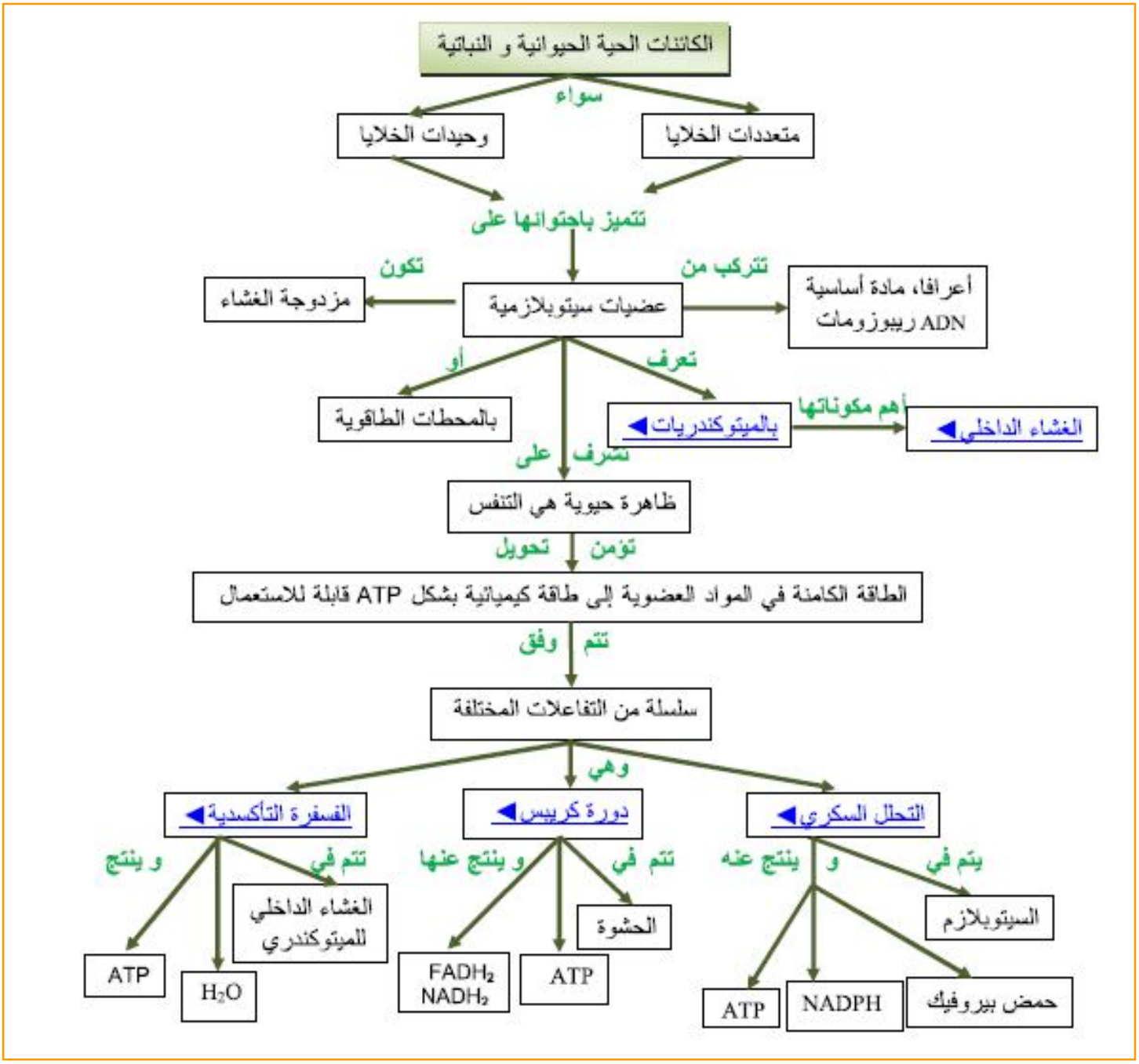



العلاقة بين الصانعات الخضراء و الميتوكوندريه
فوتونات
ADP
P
CO_2
H_2O
صانعات
O_2
تركيب مكونات الخلايا
مركبات عضوية
O_2
تخزين
CO_2
ATP
H_2O
غشاء خارجي
فراغ بين غشائين
غشاء داخلي
المادة الأساسية
سيتوبلازم أساسية
تركيز ضعيف للبروتونات
سلسلة نواقل
ADP + P
ATP
H^+
تركيز عالي للبروتونات
تحويف كيس
إنتقال موضعي للبروتونات
تركيز عالي للبروتونات
تركيز منخفض للبروتونات
سلسلة تنفسية
عملية الفسفرة التأكسدية في الصانعات و الميتوكوندريه


تنفس خلوي
غلوكوز C_6
2NAD+
ADP + Pi
2 ATP
$NADH.H^+$ 2
هيالوبلازم
المرحلة 1 :التحلل السكري
حمض البيروفيك 2
$2C_3$
O_2
ماتريس
ميتوكوندري
C_3
O_2
H_2O
CO_2
H_2O
المرحلة 2
CO_2
$H^+ e^-$
$R'H_2$
2 ATP
2 ATP
ATP
R'
$R'H_2$
المرحلة 3
ADP + Pi
العشاء الداخلي
أنزيمات
H^+ e^-
كرية مذنبة

المخطط التحصيلي لظاهرة التنفس:




الكائنات الحية الحيوانية و النباتية
سواء
وحيدات الخلايا
متعددات الخلايا
تتميز باحتوائها على
تكون
تتركب من
مزدوجة الغشاء
عضيات سيتوبلازمية
أعرافا، مادة أساسية
ADN ريبوزومات
أو
تعرف
بالمحطات الطاقوية
بالميتوكندريات
أهم مكوناتها
الغشاء الداخلي
تشرف على
ظاهرة حيوية هي التنفس
تؤمن
تحويل
الطاقة الكامنة في المواد العضوية إلى طاقة كيميائية بشكل ATP قابلة للاستعمال
تتم
وفق
سلسلة من التفاعلات المختلفة
وهي
الفسفرة التأكسدية
دورة كريبس
التحلل السكري
و ينتج
تتم في
و ينتج عنها
تتم في
ينتج عنه
و
يتم في
الغشاء الداخلي للميتوكندري
الحشوة
السيتوبلازم
ATP
H_2O
$FADH_2$
$NADH_2$
ATP
ATP
NADPH
حمض بيروفيك

تمـــارين :

التمرين 1 :

يهدف التمرين إلى مقارنة آليتي التخمر والتنفس

السؤال 1 يهدف إلى التوصل من خلال المقارنة إلى أن كتلة الخميرة المتكونة في الظروف الهوائية تتطلب استعمال كمية أقل من الغلوكوز .

للتأكد من ذلك يتم حساب كمية الغلوكوز اللازمة لإنتاج 1 غ من الخميرة. يمكن كذلك حساب الزمن اللازم لذلك في الحالتين أو يمكن حساب ماتنتجه الخميرة في 24 ساعة في الحالتين.

يتم حساب كمية الغلوكوز اللازمة لإنتاج 1 غ من الخميرة في طول مدة التجربة كالتالي:

45 ÷ 0.255 = 176.47 غ غلوكوز/غ خميرة متشكلة

0.098 ÷ 0.024 =4.03 غ غلوكوز/غ خميرة متشكلة

من خلال الحسابات يمكن الاستنتاج أن إنتاج 1 غ من كتلة الخميرة يتطلب صرف طاقة كبيرة في الظروف اللاهوائية مما قد يشير إلى المردود الطاقوي الضعيف مقارنة مع التنفس.

يمكن حساب كمية الغلوكوز المستهلكة في مدة 24 ساعة في كلا الحالتين:

بالنسبة للوسط أ المدة هي 24 ساعة ، 0.098 غ غلوكوز/24 ساعة

بالنسبة للوسط ب تحسب كالتالي:

45 ÷ 30= 1.5 غ غلوكوز/24 ساعة

يلاحظ اختلاف كبير في كمية الغلوكوز المستهلك في الحالتين.

يمكن إضافة أمثلة أخرى من مواضيع البكالوريا مثل الجدول التالي الذي تم الحصول عليه من خلال تنمية خلايا الخميرة وفق الشروط التجريبية الموضحة في الجدول:

		Y Ƨ ƨ ! ƒ ʊ ʅ Ä					
ɯ Ǵ k l Ƨ (	l ƨ ʒ ł DŽ	ł hu Ƨ η	ł ł hu ;	ü Nj ǂ hu Y Ɛ	Dž ǐ U	hu Ǵ þ ! ƒ)	ƒ þ Ƒ ɯ ł ǁ ε
0.044	0.44	0	10	200	Ī d	3	1
0.013	1.97	0	150	3000	Uʼ ƨ Nj ł DŽ	9	2
0.009	1.36	4.5	150	3000	þ ǐ ƽ ʒ	19	3
0.006	0.25	105	150	3000	Ǐ ǁ	90	4

يمكن من خلال الجد

مردود إنتاج الخميرة بدلالة شروط تهوية الوسط في كل تجربة خاصة في التجربة 1 و 4 .

المدة الزمنية اللازمة لإنتاج كمية من الخميرة (النمو).

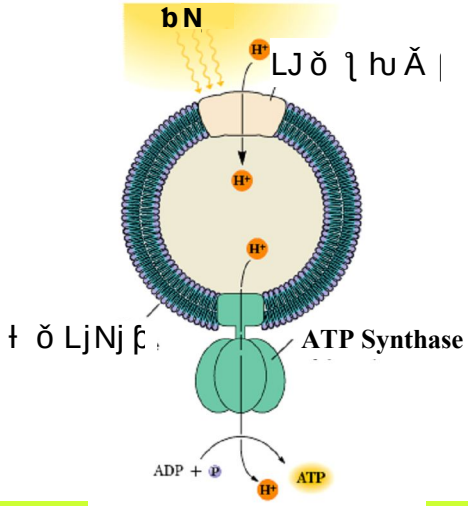
كمية الغلوكوز المستهلك للوصول إلى إنتاج كمية من الخميرة.

التمرين 2 :

يهدف التمرين إلى تعريف التلميذ بنوع من البكتريا تقوم بإنتاج الطاقة بآلية تختلف عن الآليات المدروسة ، وهي حالة خاصة تتم في ظروف محددة.

اكتشاف هذه البكتريا كان له أثر إيجابي في تأكيد الفرضية الكيميائية الأسموزية للعالم ميتشل الموضحة في مخطط الصفحة 191 في الوحدة الأولى من هذا المجال.

السؤال 1 يهدف إلى دفع التلميذ لدراسة الظاهرة وإنجاز رسم تخطيطي عبارة عن حويصلة غشائية تضم البروتين الأرجواني والإنزيم ATP Synthase



في السؤال 2 : يصل التلميذ إلى أن دور البروتين هو العمل كمضخة لإدخال البروتونات عكس تدرج التركيز لإحداث فرق في التركيز. وهذا الإدخال يتطلب طاقة تستمد في هذه الحالة من الضوء. أي أن البروتين هو مضخة لبروتونات تعمل بالطاقة الضوئية.

السؤال 3 يهدف إلى الوصول إلى أن توفر الأكسجين في التنفس كان لغرض استقبال الإلكترونات القادمة من المرافقات الإنزيمية وانتقالها عبر السلسلة التنفسية ، هذا الانتقال يتسبب في إحداث في تركيز H^+ الذي يستعمل لتركيب ATP . إحداث فرق التركيز في التجربة تم بدون الحاجة إلى الأكسجين لذلك لا يتطلب إنتاج ATP توفر الأكسجين.

السؤال 4 : هذه العملية لا تشبه التخمر وإنما تشبه التنفس في كيفية إنتاج الطاقة القابلة للاستعمال (ATP) لأن التخمر لا يتطلب استعمال الإنزيم ATP Synthase لإنتاج ATP ولا يتطلب تكوين فرق في تركيز البروتونات.
لذلك فإن هذه العملية تشبه أكثر إنتاج الطاقة القابلة للاستعمال (ATP) في التنفس.

1)- ما هي العمليات الحيوية المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية على مستوى الخلية ؟ و ما الغرض منها ؟ .

الجواب : هي التنفس و التخمر **الغرض منها** : إنتاج الطاقة التي يحتاجها الكائن الحي للقيام بنشاطاته الحيوية المختلفة .

2)- فيما تتمثل مظاهر التنفس الهوائي ؟ .

الجواب : امتصاص O_2 و طرح CO_2

4)- ماذا يحصل للمادة العضوية الاستقلابية في حالة التنفس و حالة التخمر؟

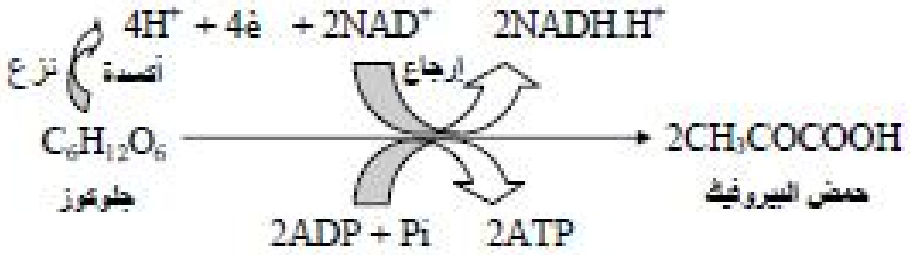
الجواب : في حالة التنفس : يحصل للمادة الاستقلابية هدم كلي و ينتج عنها CO_2 و ماء و طاقة كبيرة .

في حالة التخمر :

يحصل للمادة الاستقلابية هدم جزئي و ينتج عنها مادة عضوية مخزنة للطاقة و CO_2 و طاقة قليلة .

5)- ما نوع التفاعلات الحاصلة في مرحلة التحلل السكري ؟ و أين تحدث ؟

الجواب : تفاعلات أكسدة - إرجاع (أكسدة الجلوكوز بنزع الهيدروجين و الإلكترونات ، و إرجاع نواقل المرافقات الإنزيمية (NAD^+ إلى $NADH.H^+$)



تحدث هذه التفاعلات على مستوى الهيولى في وجود الأوكسجين أو غيابه .

6)- ماذا يحصل لحمض البيروفيك في وجود الأوكسجين و أين تحدث ؟.

الجواب : يحصل لحمض البيروفيك أكسدة تتم على مستوى الميتوكوندريا .

7)- أذكر مراحل أكسدة حمض البيروفيك مع تحديد مقر حدوث كل مرحلة .

الجواب : مرحلة تحول حمض البيروفيك إلى استيل مرافق الإنزيم أ : تحدث في حشوة الميتوكوندريا
مرحلة حلقة كريبس: يتم فيها تحول استيل مرافق الإنزيم أ وفق سلسلة من تفاعلات الأكسدة والإرجاع تكتمل فيها مراحل التنفس (أكسدة الكاملة للجلوكوز) تتم هذه التفاعلات في الحشوة .

8)- ما مصدر CO_2 المطروح و ما مصير O_2 الممتص ؟

الجواب : مصدر CO_2 المطروح : ينتج من هدم المادة العضوية الجلوكوز .

مفتش التربية الوطنية : محمد بصديق

مصير O_2 الممتص : يعتبر المستقبل النهائي للإلكترونات الناتجة من أكسدة نواقل المرافقات الإنزيمية ($NADH.H^+$ و $FADH.H^+$) المتشكلة خلال تفاعلات حلقة كريبس . و يتحد مع البروتونات لتشكيل الماء .

9)- فيما تتجلى أهمية السلسلة التنفسية ، و أين تتم ؟

الجواب : تكمن في تحويل الطاقة الكامنة في جزيئات ($NADH.H^+$ و $FADH.H^+$) بعد أكسدتها إلى جزيئات ATP .تتم على مستوى أعراف الميتوكوندريا(الغشاء الداخلي).

10)- هل يحتاج انتقال الإلكترونات الناتجة عن أكسدة ($NADH.H^+$ و $FADH.H^+$)إلى المستقبل النهائي (O_2) طاقة ؟ علل .

الجواب : حركة الإلكترونات لا تحتاج طاقة لكونها تنتقل من ناقل ذو كمون صغير (- 320) نحو مستقبل نهائي ذو كمون كبير (+820) بل ينتج عنها طاقة تساهم في انتقال البروتونات نحو الفراغ بين الغشاءين .

11)- كيف يمكن للبروتونات المنتشرة في الفراغ بين الغشاءين التدفق إلى الحشوة ؟

الجواب : يتم تدفق البروتونات عبر الكرات المذنبة دون سواها ، هذا التدفق يصاحبه طاقة يتم تجميعها من قبل إنزيم الكرات المذنبة (ATP سنتاز)
و استعمالها في فسفرة ADP لإنتاج ATP .

12)- ما هو المركب الذي يتعرض للأكسدة التنفسية على مستوى الميتوكوندريا ؟

الجواب : حمض بيروفيك .

13)- هل يمكن للميتوكوندريا أن تستعمل الجلوكوز بصورة مباشرة و لماذا ؟

الجواب : لا يمكن للميتوكوندريا استعمال الجلوكوز مباشرة إلا بعد تحويله إلى حمض البيروفيك في هيولى الخلية في تفاعلات مرحلة التحلل السكري حيث تتوفر الإنزيمات الخاصة بتحويله .

14)- هل يمكن هدم الجلوكوز داخل الخلية مباشرة ، و لماذا ؟

الجواب : لا يمكن هدم الجلوكوز إلا بعد اتحاده مع الفوسفات الناتج من اماهة ATP (فسفرة الجلوكوز) معطيا جلوكوز-فوسفات و هي شرط ضروري لدخول الجلوكوز في سلسلة التفاعلات التي تؤدي إلى تفككه تحت تأثير الإنزيمات ، كما أن فسفرة الجلوكوز تمنعه من مغادرة الخلية .

15)- بماذا يتميز الغشاء الداخلي للميتوكوندريا و هل يشبه في تركيبه الغشاء الهيولي ؟

الجواب : يتميز بتوفره على كرات مذنبة (مركبات إنزيمية مسؤولة عن فسفرة ADP إلى ATP كما يحتوي على سلسلة من نواقل الإلكترونات (سلسلة تنفسية) قادرة على أكسدة جزيئات ($NADH.H^+$ و $FADH.H^+$) و نقل الإلكترونات إلى المستقبل النهائي (الأوكسجين) .

16)- يلاحظ حدوث فرق في تركيز البروتونات بين الحشوة و الفراغ بين غشاءين فما أهمية هذا الفارق ؟

الجواب : فارق التركيز ضروري لتدفق البروتونات عبر الكرات المذنبة من الفراغ نحو الحشوة ليتم إنتاج ATP بفسفرة ADP .

17)- يتم هدم الجلوكوز بوجود الأوكسجين وفق مراحل أذكرها مع تحديد مقرها و ما يحصل فيها .

الجواب

1)- مرحلة التحلل السكري : تحدث في هيولى الخلية ، الأوكسجين غير ضروري لحدوثها يتم فيها هدم الجلوكوز إلى جزيئتين من حمض البيروفيك مع تشكيل جزيئتين من $NADH.H^+$ و جزيئتين من ATP

6- أية جملة هي الصحيحة؟

أ)- مصدر الطاقة في عملية التنفس الخلوي هو الطاقة الكيميائية التي تنتج في عملية التركيب الضوئي.

ب)- مصدر الطاقة في عملية التركيب الضوئي هي الطاقة الكيميائية التي تنتج في عملية التنفس.

ج- لا توجد انتقالات طاقة بين عملية التركيب الضوئي وعملية التنفس الخلوي.

د- تحولات الطاقة في النبتة تحدث فقط في عملية التركيب الضوئي.

7- المشترك بين عمليات إنتاج الطاقة في جميع أنواع الخلايا هي :

أ)- حدوثها في الميتوكوندريا ب- استهلاكها للأكسجين.

ج- اشتمالها على عملية الجليكوليز. د- نواتجها النهائية هي CO_2 وماء.

8- يحصل الإنسان على الطاقة التي يحتاجها.

من الماء الذي يشربه. ب- من الحرارة التي يستوعبها من البيئة.

ج- من الغذاء الذي يتناوله. د- من الأكسجين الذي يتنفسه.

09- حقيقة (جوهر) عملية التنفس الخلوي :-

أ)- الحصول على الأكسجين ج)- التخلص من ثاني أكسيد الكربون

ب)- تأمين الطاقة الكامنة في المادة الغذائية د) - تكوين ADP

10- واحدة مما يلي ليست مشتركة بين التنفس الهوائي و اللاهوائي:-

أ) - أكسدة الغذاء داخل الخلايا . ج)- إنتاج الطاقة .

ب)- التحلل السكري . د) - إنتاج الماء .

11- تختلف مرحلة التحلل السكري عن بقية مراحل التنفس الهوائي في واحدة مما يلي :-

أ)- حاجتها للإنزيمات . ج)- انطلاق الطاقة .

ب) - مكان حدوثها بالخلية . د)- انتزاع الهيدروجين وتكوين $NADH.H^+$.

12- في تفاعلات التحلل السكري يتكون احد المركبات الآتية :

أ)- $2NADH.H^+$. ج)- $2FADH_2$.

ب)- NAD^+ . د)- $4NADH.H^+$

13- يقوم غاز الأكسجين في عمليه التنفس الهوائي بدور :

أ) - الناقل للالكترونات . ج)- المستقبل للالكترونات .

ب)- عامل مساعد في حدوث التحلل السكري . د)- عامل مساعد في خزن الطاقة بجزيئات ATP

14- خلال مرحله أكسدة حمض البيروفيك داخل الميتوكوندريا يحدث : .

أ)- نزع جزئ CO_2 من الأسيتالدهيد . ج)- نزع جزئ CO_2 من حمض البيروفيك .

ب)- اتحاد حمض البيروفيك مع مرافق الإنزيم" أ د)- إضافة جزئ CO_2 إلى جزئ حمض البيروفيك .

15)- أحد المراحل الآتية تستخدم خلالها غاز الأكسجين بشكل مباشر :-

أ)- التحلل السكري . ج)- دورة كريبس .

مفتش التربية الوطنية : محمد بصديق خاص بمديرية التربية ولائية ورقلة

ب)- أكسدة حمض البيروفيك . د)- نقل الالكترونات .

16 ـ من نواتج دورة كريبس في التنفس الخلوي :

أ)- ثاني أكسيد الكربون والماء .
ب)- الماء و ATP و $NADH.H^+$ و $FADH_2$.
ج)- CO_2 و ATP و $FADH_2$ و $NADH.H^+$.
د)- $FADH_2$ و ATP

17- ينتج عن الأكسدة الكلية لجزيء حمض البيروفيك طاقة مباشرة وغير مباشرة مقدارها : ـ

أ)- 30 ATP .
ب)- 15 ATP .
ج)- 38 ATP .
د)- 12ATP.

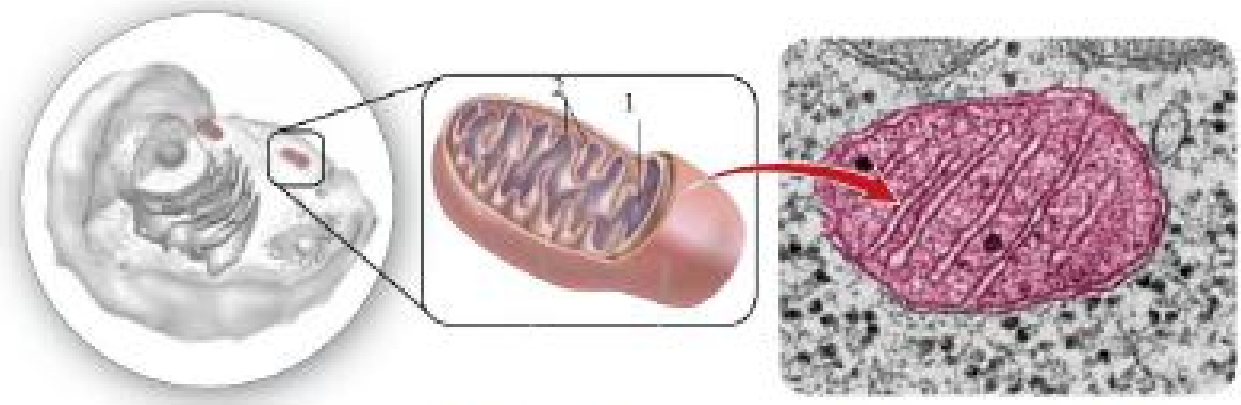
18)- يتكامل عمل كل من الريبوزومات و الميتوكوندريا في واحدة من الآتي :

أ)- الأولى بناء البروتين والثانية إفرازه .
ب) الثانية إنتاج الطاقة والأولى بناء متطلبات الطاقة .
ج) الأولى تترتب عليها الأحماض الأمينية والثانية توفر طاقة الترابط لبناء البروتين .
د)- الأولى تنفيذ أوامر النواة والثانية تحقيق فرص التنفيذ .

19)- يتم بناء معظم جزيئات ATP : ـ

أ)- في هيولى الخلايا الحية .
ب)- في حشوة الميتوكوندريا .
ج)- على الأغشية الهيولية للخلايا .
د)- على أعراف الميتوكوندريا .

20)- الجزء المشار إليه بالسهم (1) في الشكل الآتي تتم عليه :



أ نقل الإلكترونات وتحرير الطاقة	ج دورة كريبس
ب أكسدة حمض البيروفيك وإنتاج CO_2	د استهلاك الأستيل كو إنزيم A

21)- الأحداث التي تتم في موقع عنصر (2) في الشكل السابق هي :

أ نقل الهيدروجين بالسيتوكرومات	ج إنتاج أكثر قدر من جزيئات ATP
ب بناء إنزيمات التفاعلات ودورة كريبس وأكسدة حمض البيروفيك	د دورة كريبس دون غيرها

2)- **مرحلة الأكسدة التنفسية** : تحدث على مستوى حشوة الميتوكوندريا الأوكسجين ضروري ، يتم خلالها:

أ)- **تحويل حمض البيروفيك إلى استيل مرافق الإنزيم أ**

ينزع جزيء CO_2 من حمض البيروفيك .كما يتم نزع ذرتين هيدروجين ينقلها المرافق الإنزيمي بصورته المرجعة $NADH.H^+$.

ب)- **حلقة كريبس** : تحدث في الحشوة هي الأخرى و يتم خلالها هدم كلي للشق الاستيل ، بعد أن يتحد الأستيل مرافق الإنزيم أ مع مركب رباعي (C_4) الكربون موجود في حشوة الميتوكوندريا مكونا حمض الليمون (مركب C_6) يدخل المركب في سلسلة من التفاعلات يتم خلالها تارة نزع الهيدروجين و تارة نزع CO_2 ، حتى ينتج مركب رباعي (C_4) ليتحد مرة أخرى بالاستيل مرافق الإنزيم أ و تبدأ حلقة جديدة .

3)- **مرحلة سلسلة نقل الإلكترونات** : تحدث على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندريا (في الأعراف) و فيها يتم إعادة أكسدة $NADH.H^+$ و $FADH_2$ المتشكلة خلال مرحلة التحلل السكري و أكسدة حمض البيروفيك و حلقة كريبس و بالتالي انتقال الإلكترونات عبر سلسلة النواقل لتنتهي بالمستقبل النهائي (O_2) فيتم إرجاعه و تشكيل الماء .

4)- **مرحلة الفسفرة التأكسدية** : تتم على مستوى الأعراف عبر الكرات المذنبة يحدث خلالها فسفرة ADP لتشكيل ATP .

18)- **ما هو الدور الأساسي الذي يلعب الأوكسجين في عملية التنفس ؟**

الجواب : المستقبل النهائي للإلكترونات ، و بالتالي تجديد النواقل (NAD^+ و FAD^+) في حالتها المؤكسدة لاستقبال الإلكترونات من جديد .

التمرين (2) : اختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية مع التعليل كلما أمكن :

1 – عملية التحلل السكري (الجليكوليزا) :

أ- تحدث في الميتوكوندري. ب- ليست مصدراً لـ ATP.

ج- تحدث فقط عند الحيوانات الهوائية. د- تحدث في جميع المخلوقات الحية.

2 – كمية الطاقة التي تُنتج في عملية التنفس من غرام واحد جلوكوز:

أ- أكبر عند الفيل ممّا هي عند الفأر.

ب- أصغر عند الفيل ممّا هي عند الفأر.

ج- متساوية عند الفيل والفأر.

د- أكبر عند الفيل أو الفأر حديثي السنّ ممّا هي عند الفيل أو الفأر البالغين.

4 – تتمكّن الخميرة من العيش في شروط اللاهوائية و في هذه الشروط، يحدث :

أ- تحلّل الجلوكوز ، وينتج كحول وثاني أكسيد الكربون، وتنطلق طاقة.

ب- ينتج جلوكوز وكحول، وتنطلق طاقة.

ج- يتحلّل حامض الحليب وثاني أكسيد الكربون.

د- ينتج ثاني أكسيد الكربون وماء فقط.

5 – في أي عملية تُنتج في الخلية أكبر كمية من جزيئات ATP

أ)- تحلل جزيء جلوكوز ، والناتج هو حامض البيروفيك.

ب- تحلل حامض البيروفيك، والنواتج هي ثاني أكسيد الكربون وماء.

ج- تحلل جزيء جلوكوز، والنواتج هي ثاني أكسيد الكربون وماء.

د- اتحاد ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج جزيء جلوكوز.

30)- تمثل الخطوات الآتية مراحل في أكسدة الجلوكوز :
1)- دورة كريبس
2)- نقل الإلكترونات
3)- تحلل سكري
4)- ارتباط الاستيل مع مساعد الإنزيم CO-A

- ترتيب الخطوات السابقة يكون :

أ)- 1 ، 2 ، 3، 4
ب)- 2 ، 4 ، 1 ، 3
ج)- 2 ، 3 ، 4 ، 1
د)- 2 ، 1 ، 4 ، 3

31)- مقدار الطاقة المنطلقة نتيجة الأكسدة الكاملة لجزئ الجلوكوز في وجود الأوكسجين هو :
أ)- جزئ من ATP
ب)- 38 جزئ من ADP
36 جزئ من ATP
38 جزئ من ATP

32)- تنطلق الطاقة اللازمة للنشاط الخلوي عندما يتحول :
أ)- $NADH.H^+$ ← NAD^+
ب)- $FADH_2$ ← FAD
ج)- ADP ← ATP
د)- ATP ← ADP

33)- تبدأ حلقة كريبس باتحاد :
أ)- جزئ استيل مرافق الإنزيم أ مع حمض الستريك
ب)- مجموعة الاستيل ثنائي الكربون مع حمض أوكسالوأستيك
ج)- حمض أوكسالواستيك مع مرافق الإنزيم أ .
د)- حمض الستريك مع مرافق الإنزيم أ

34)- يختلف التنفس في الخلية الحيوانية عن التخمر في :
أ)- زيادة كمية الطاقة المنطلقة من جزئ الجلوكوز
ب)- انطلاق كمية أقل من CO2
ج)- انطلاق كمية أكبر من CO2
د)- عدم استخدام الدهون و البروتين

التمرين (3) :

I)- رتب هذه المراحل حسب تتابعها الطبيعي .

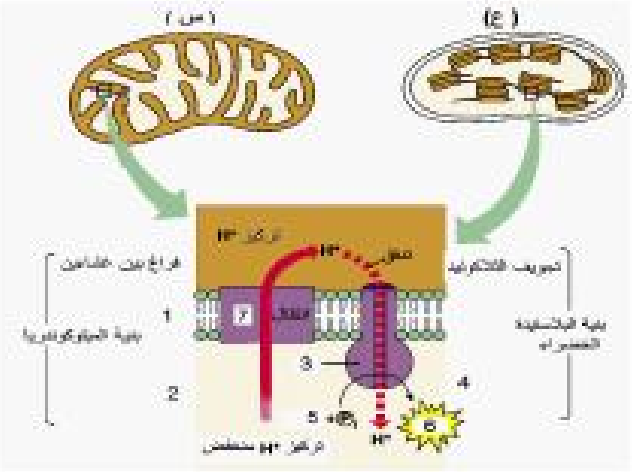
1/- خلال مراحل تحلل الجلوكوز تظهر المركبات الآتية :
أ)- حمض فوسفو جليسريك
ب)- حمض البيروفيك
ج)- فسفو جليسر الدهيد
د)- جلوكوز
هـ)- فركتوز 6 فوسفات
و)- حمض 3.1 ثنائي فوسفو جليسريك

II)- اربط العبارات بما يناسبها : يتم .....على مستوى:
أ)- تحلل السكري الجلوكوز.
ب)- التخمر.
ج)- تحول حمض البيروفيك إلى أستيل
د)- حلقة كريبس
هـ)- الصفيرة التأكسدية
1. الهيولى الأساسية للخلية
2. أعراف الميتوكوندريا .
3 . الفراغ بين غشائي الميتوكوندريا .
4. المادة الأساسية (الحشوة)

ب)- ثاني أوكسيد الكربون
د)- الأوكسجين

29)- عدد مركبات NADH.H+ الناتجة من أكسدة جزئ جلوكوز واحد في دورة كريبس :
أ)- 2
ج)- 6

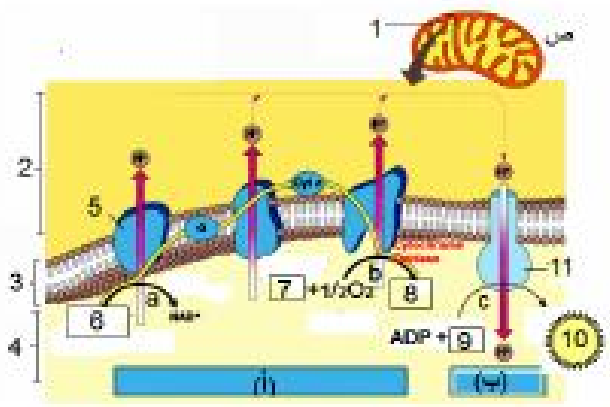
1)- التنفس عمليه يتم خلالها تحرير الطاقة الكامنة في الغذاء .
2)- ينطلق جزئ واحد من CO_2 نتيجة التحلل السكري للجلوكوز .
3)- أثناء أكسده حمض البيروفيك يتم إرجاع جزيئان من المركب NAD^+ وإنتاج جزيئين من ATP
4)- تحدث مرحله الانشطار السكري في جميع الكائنات الحية الهوائية واللاهوائيه .
5)- تتم حلقة كريبس في أعراف الميتوكوندريا .
6)- تنتهي تفاعلات حمض البيروفيك في التنفس اللاهوائي بتكوين أسيتيل كوانزيم A
7)- في سلسة نقل الالكترونات ، تقوم النواقل الإلكترونية بنقل الإلكترونات ذات الطاقة العالية للعمل على خفض طاقتها ، وخزنها على صورة مركب ATP .
8)- تتكون معظم جزيئات ATP في الميتوكوندريا وبعضها يمكن بناؤه في هيولى الخلية
9)- تبدأ تفاعلات حلقة كريبس بدخول الأسيتيل كوانزيم A مع مركب رباعي الكربون من هيولى الخلية مكونا حمض الستريك (الليمون) .
10)- تساهم تاني مراحل التنفس الهوائي بتكوين ثماني جزيئات ATP عبر سلسله نقل الإلكترون
11)- بانتهاء حلقة كريبس يكون قد تم تحرير 50 % من الطاقة الكامنة في الجلوكوز .
12)- ينتج عن التنفس اللاهوائي في فطر الخميرة كحول ايثيلي وغاز CO_2 .



13)- تمثل الوثيقة المقابلة :
أ)- العلاقة الوظيفية التكاملية بين العضية (س) و العضية (ع) .
ب) – بنية كل من الميتوكوندريا و الصانعة
ج)- نشاط العضية (س) و العضية (ع) .

14)- البيانات المرقمة هي كما يلي :
1)- غشاء هيولي .
2)- حشوة (مادة أساسية).
3)- إنزيم مركب للطاقة (ATP).
4)- هيولى الصانعة . 5)- ATP .
6)- ADP .

15)- تتدخل العضية (ص) بصفة مستديمة في نشاط الخلايا الذي يتوقف على استهلاك الأوكسجين ، الوثيقة (1) تلخص بعض التفاعلات التي تحصل في مستوى هذه العضية .
1)- سم سلسلة التفاعلات التي تبرزها الوثيقة (1) .
2)- تعرف على البيانات المرقمة .
3)- ماذا تمثل الأحرف (أ و ب) ؟.
4)- أعط التفاعلات المشار إليها بالحروف (a ، b ، c) على الوثيقة (1) .
5)- اعتمادا على معطيات الوثيقة (1) أكتب التفاعلات الكيميائية المؤدية إلى أكسدة



الوثيقة (1)

النواقل و إنتاج ATP و طرح الماء .
6)- ما هو تأثير تدفق (H^+) عبر السلسلة التنفسية على PH الوسطين (2 و 4) ؟.

Fb : Ferah Aissa

https://www.facebook.com/Ferah-Aissa-255117511485916/