A microscopic view of several mitochondria, showing their characteristic bean-like shape and internal cristae. The mitochondria are stained in shades of blue and purple, set against a dark background. The image is positioned on the left side of the slide, partially overlapping a white, torn-paper-like shape that serves as a background for the text.

التنفس الهوائي

أحياء الصف الثاني عشر



4-6 يذكر مكان حدوث كل مرحلة من مراحل التنفس الهوائي الأربع في الخلايا حقيقية النواة:

● التحلل السكري في السيتوبلازم

● التفاعل الرابط في حشوة الميتوكوندريا

● دورة كربس في حشوة الميتوكوندريا

● الفسفرة التأكسدية على غشاء الميتوكوندريا الداخلي.

6-5 يلخص التحلل السكري على أنه فسفرة الجلوكوز والانشطار اللاحق للفركتوز 1، 6 - ثنائي الفوسفات (6C إلى جزيئي تريوز فوسفات) 3C (اللذين يتأكسدان إلى جزيئي بيروفات) 3C ، مع إنتاج ATP و NAD المُحْتَزَل.

6-6 يشرح أنه عند توافر الأكسجين يدخل جزيء البيروفات إلى الميتوكوندريا للمشاركة في التفاعل الرابط.

6 7 يصف التفاعل الرابط بما في ذلك (مدرسة الأفق الاندرويد 8 في نقل مجموعات الأستيل)

الأهداف



6-9 يشرح أن التفاعلات في دورة كربس تتضمن:

● نزع الكربوكسيل ● نزع الهيدروجين

● اختزال مرافقي الإنزيم NAD و FAD ● فسفرة ADP.

6-10 يصف دور NAD و FAD في نقل الهيدروجين إلى نواقل في غشاء الميتوكوندريا الداخلي.

6-11 يشرح أنه أثناء الفسفرة التأكسدية:

● تنتشر ذرات الهيدروجين إلى بروتونات وإلكترونات عالية الطاقة

● تطلق الإلكترونات عالية الطاقة أثناء مرورها طاقة عبر سلسلة نقل الإلكترون

● تُستخدم الطاقة المنطلقة لنقل البروتونات عبر غشاء الميتوكوندريا الداخلي

● تعود البروتونات إلى حشوة الميتوكوندريا عن طريق الانتشار المسهل من خلال ATP

سينتج الأمر الذي يوفر الطاقة ATP

التنفس الهوائي هو العملية التي
تتفكك فيها الجزيئات العضوية في
سلسلة من المراحل لإطلاق الطاقة
الكامنة

لكن يمكن استخدام والأحماض
الأمينية والجليسرول **الأحماض**
الدهنية كما

ما هو الجزيء الرئيسي الذي
يستخدم في التنفس الهوائي؟



الكربوهيدرات

في الغالب
يكون جلوكوز
مثل خلايا الدماغ



خلايا العضلات



التنفس الهوائي

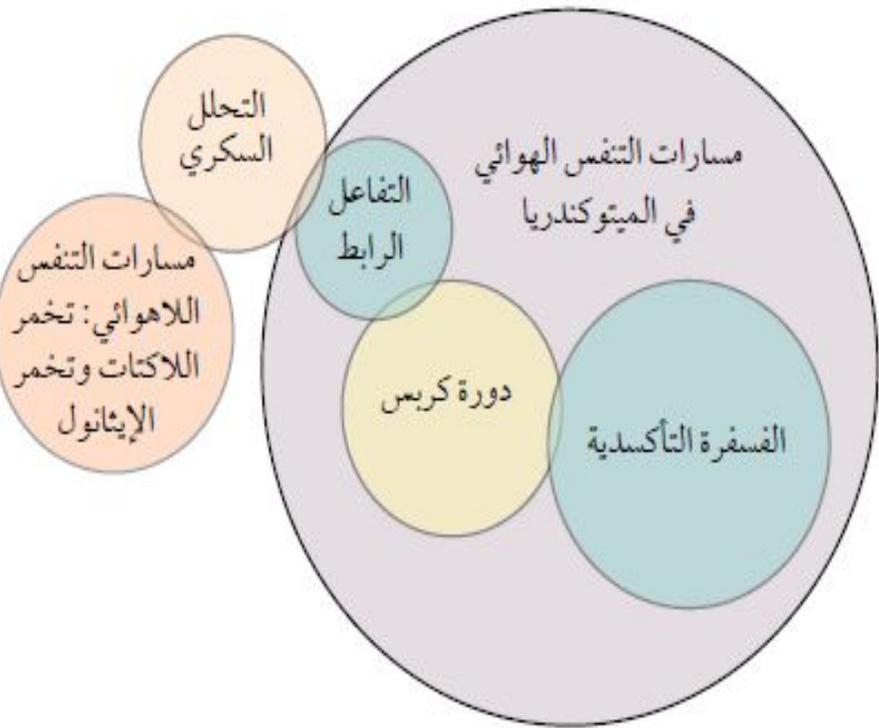
يقسم تفكيك الجلوكوز
إلى 4 مراحل

الفسفرة
التأكسدية

دورة
كربس

التفاعل الرابط

التحلل
السكري



الشكل ٦-٣ موقع مسارات عملية التنفس في الخلية. في التنفس الهوائي يحدث التحلل السكري في السيتوبلازم، ويحدث التفاعل الرابط ودورة كربس، والفسفرة التأكسدية داخل الميتوكوندريا. يتضمن التنفس اللاهوائي مسارات أخرى تحدث في السيتوبلازم.

التحلل السكري

السيتوبلازم

هي مرحلة انشطار الجلوكوز

مكان حدوثها

المرحلة الاولى

ما هو التحلل السكري؟



- سلسلة من التفاعلات تنتهي بانشطار الجلوكوز سداسي الكربون إلى جزيئين ثلاثي الكربون
- ومن المدهش أن بداية الانشطار السكري يستخدم الطاقة بدلا من انتاجها.
- يتم انتاج الطاقة واطلاقها في الخطوات التالية، انتاج الطاقة أكثر مما استهلك بمعدل صافي 2ATP.

2 بيروفات 3C



الجلوكوز 6C



التحلل السكري

الخطوة الأولى تسمى
الفسفرة

حيث يتم نقل مجموعات
فوسفات لجزيء الجلوكوز
من ATP لرفع مستوى
الطاقة للجلوكوز للخطوات
القادمة

يستخدم جزيئات ATP
لتحلل الجلوكوز

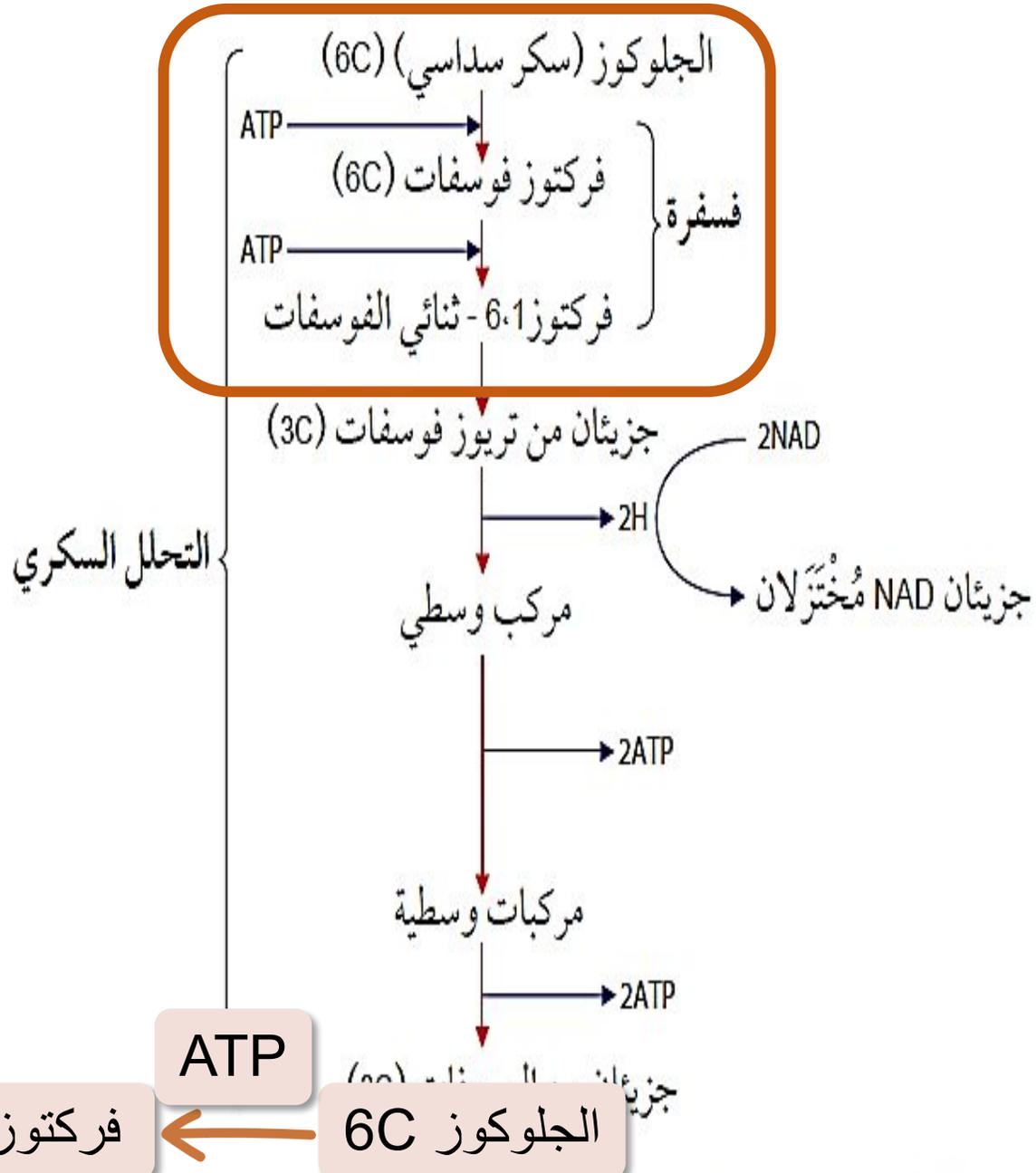
فركتوز 6-1 ثنائي فوسفات

PAT

فركتوز فوسفات

ATP

الجلوكوز 6C



الشكل ٤-٦ سلسلة الخطوات في التحلل السكري. تحدث جميع هذه الخطوات في سيتوبلازم الخلية.



التحلل السكري

فركتوز 6-1 ثنائي فوسفات

PAT

فركتوز فوسفات

ATP

الجلوكوز 6C

ينشطر

2 تريوز فوسفات 3C

أكسدة

نزع H و e من تريوز
الفوسفات

نيكوتين أميد ثنائي النيوكليوتيد
NAD

اختزال

إضافة H و e
لـ NAD

ينتج 2NAD

المختزل



التحلل السكري

فسفرة مرتبطة بمادة التفاعل

إلى

ADP

فوسفات

نقل

مركب
وسطي

2 تريوز
3C فوسفات

ينتج

4ATP

بيروفات

توفر الأكسجين

ينتقل لحشوة الميتوكوندريا
بالنقل النشط

الخطوة الأولى

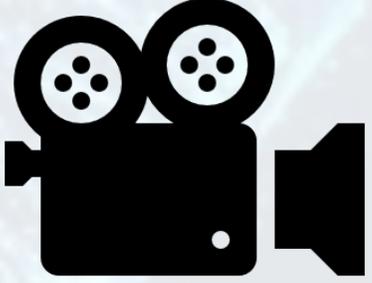
بسبب استهلاك 2ATP

عدم توفر
الأكسجين

مسار التنفس اللاهوائي

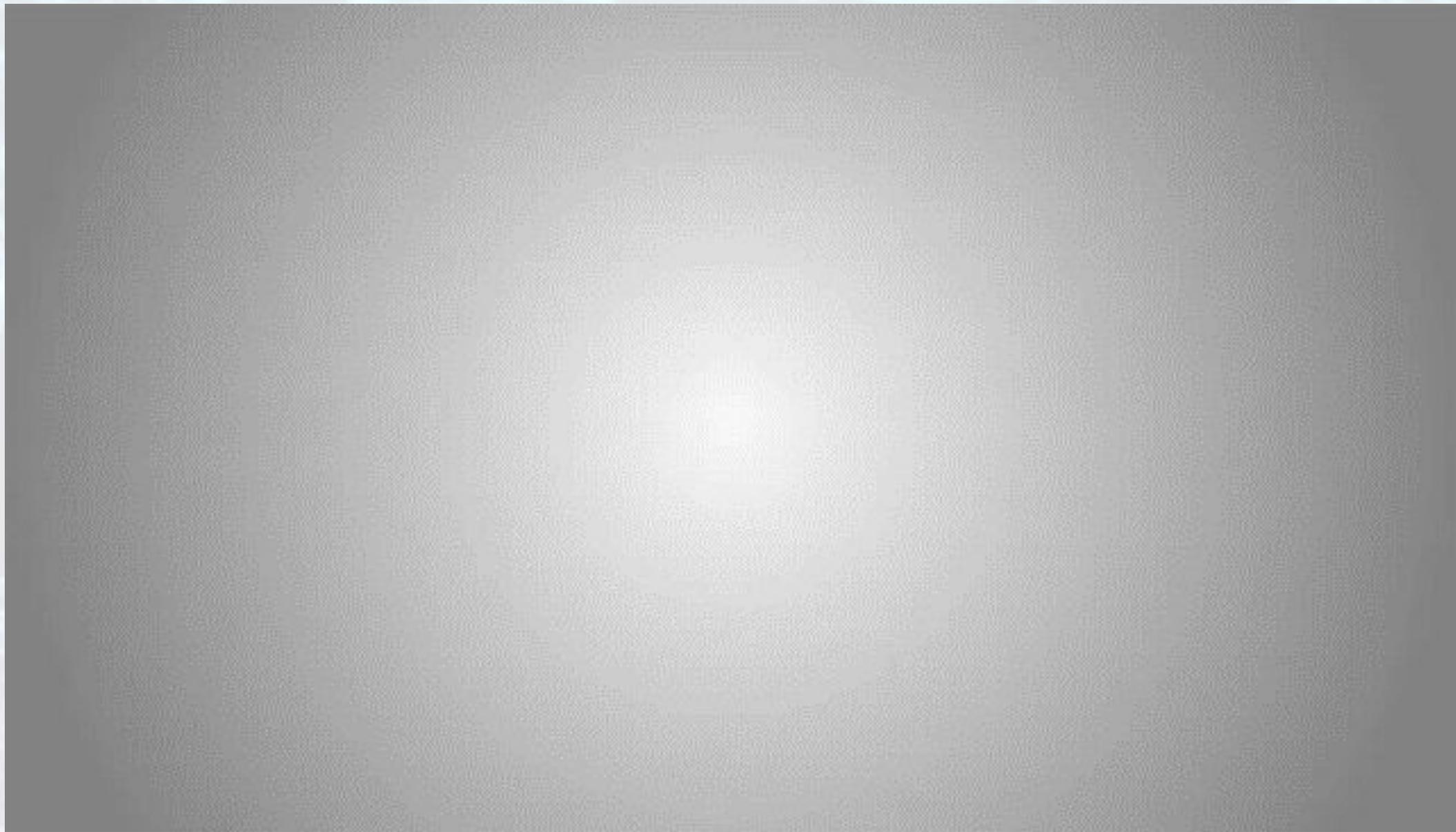
ينتج 2ATP طاقة صافية

التحلل السكري

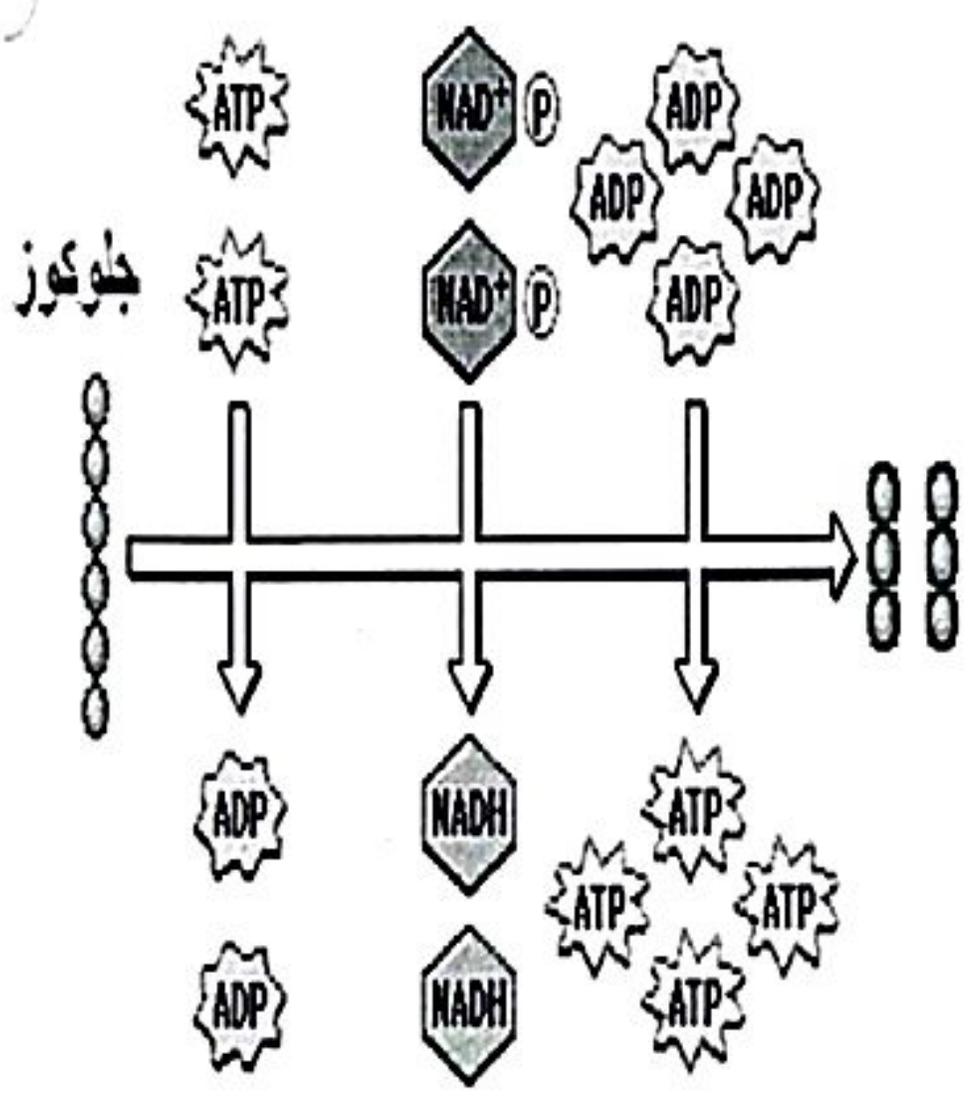


<https://www.youtube.com/watch?v=u0EaEnbX>

410



تفقد تقدمك



يوضح المخطط المقابل إحدى مراحل التنفس الخلوي.

أ- ما اسم المرحلة التي يوضحها المخطط المقابل؟

التحلل السكري

بكم العدد الصافي من جزيئات ATP

الناتجة من هذه المرحلة؟

ATP 2

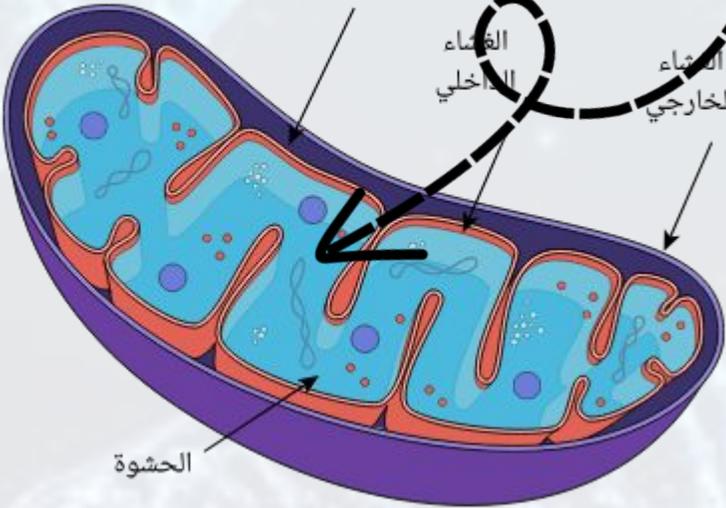


التفاعل الرابط

عند وصول البيروفات حشوة الميتوكوندريا تنزع الإنزيمات منه ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين

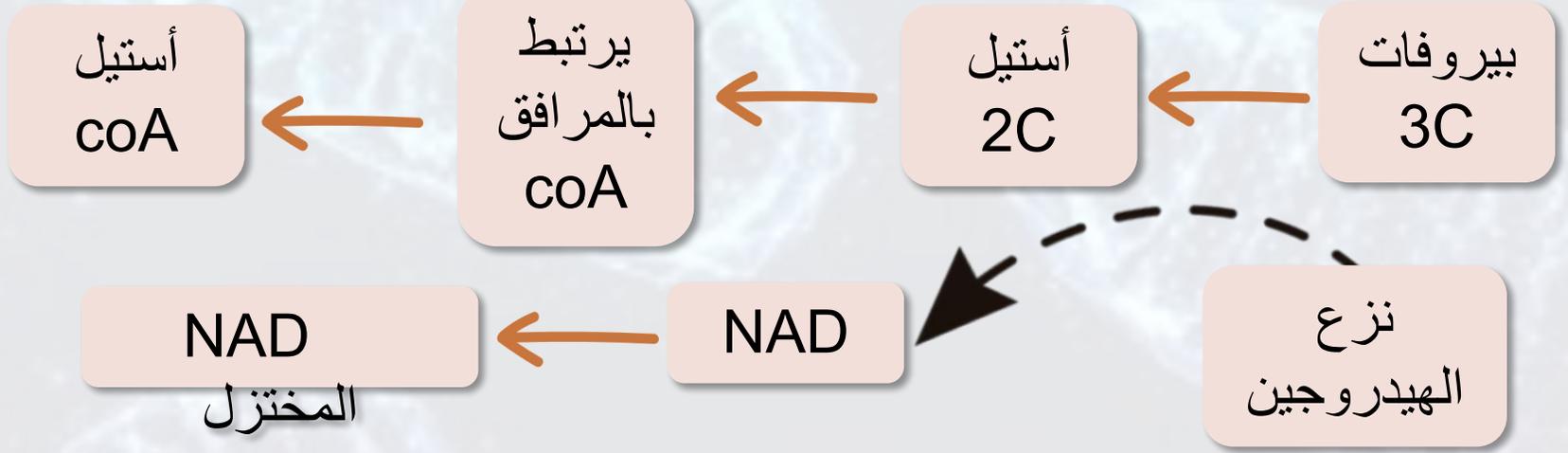
حشوة الميتوكوندريا

الفراغ بين الغشائي
الغشاء الداخلي
الغشاء الخارجي



إزالة الهيدروجين يسمى
نزع الهيدروجين

إزالة ثاني أكسيد الكربون
يسمى نزع الكربوكسيل



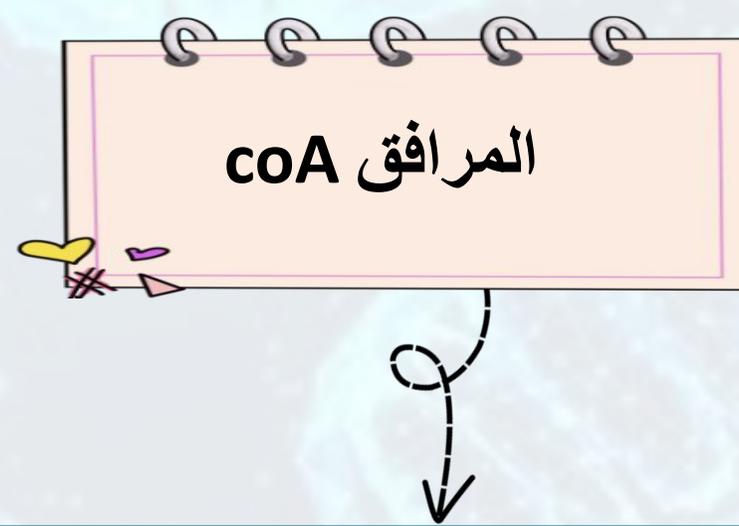
لأنه يربط التحلل السكري بدورة كربس

لماذا يسمى بالتفاعل الرابط؟





التفاعل الرابط



المرافق CoA

لا يشارك في التفاعل نفسه وإنما ينقل
مجموعة الأستيل الضرورية لأول
خطوة في **دورة كربس**

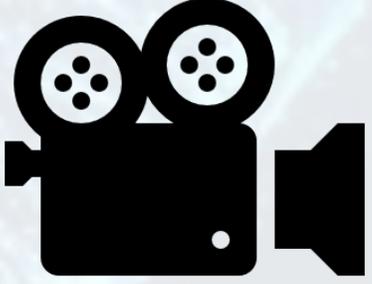
عبارة عن نيوكليوسيد يتكون من
أدينين ورايبوز مرتبط بفيتامين
البانتوثينيك B5 ضروري لتحفيز
التفاعل

ملخص التفاعل الرابط

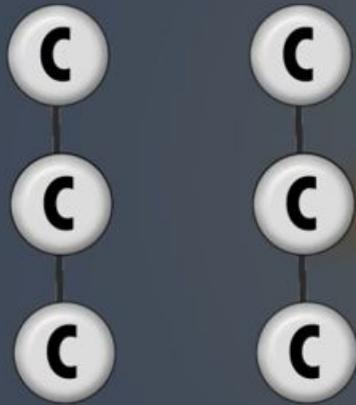
NAD المٌخْتَزَل + ثاني أكسيد الكربون + أستيل CoA → CoA + NAD + البيروفات



التفاعل الرابط



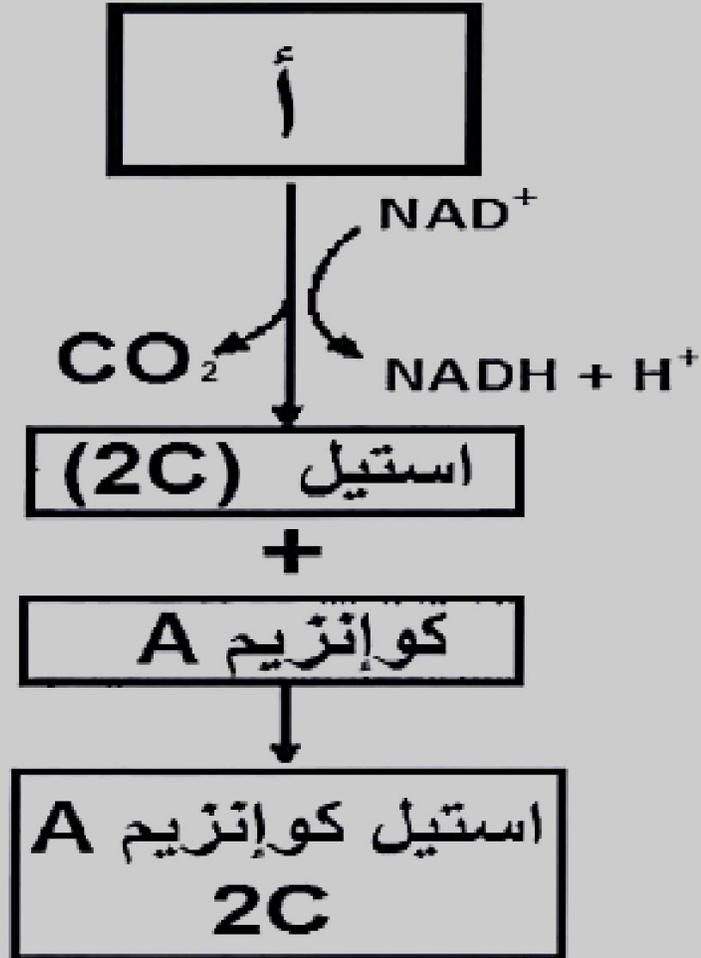
<https://www.youtube.com/watch?v=78YEo1BlhuM>



Pyruvate



تفقد تقدمك



يوضح المخطط المقابل إحدى مراحل التنفس الخلوي.

أ- كم عدد ذرات الكربون في المركب (أ)؟ 3 ذرات

ب- ما العملية التي أدت إلى تحرر غاز CO_2 ؟ نزع الكربوكسيل

ج- ماذا تسمى هذه المرحلة من التنفس الخلوي؟

التفاعل الرباط

دورة كربس



دورة كربس

مكان حدوثها

حشوة الميتوكوندريا

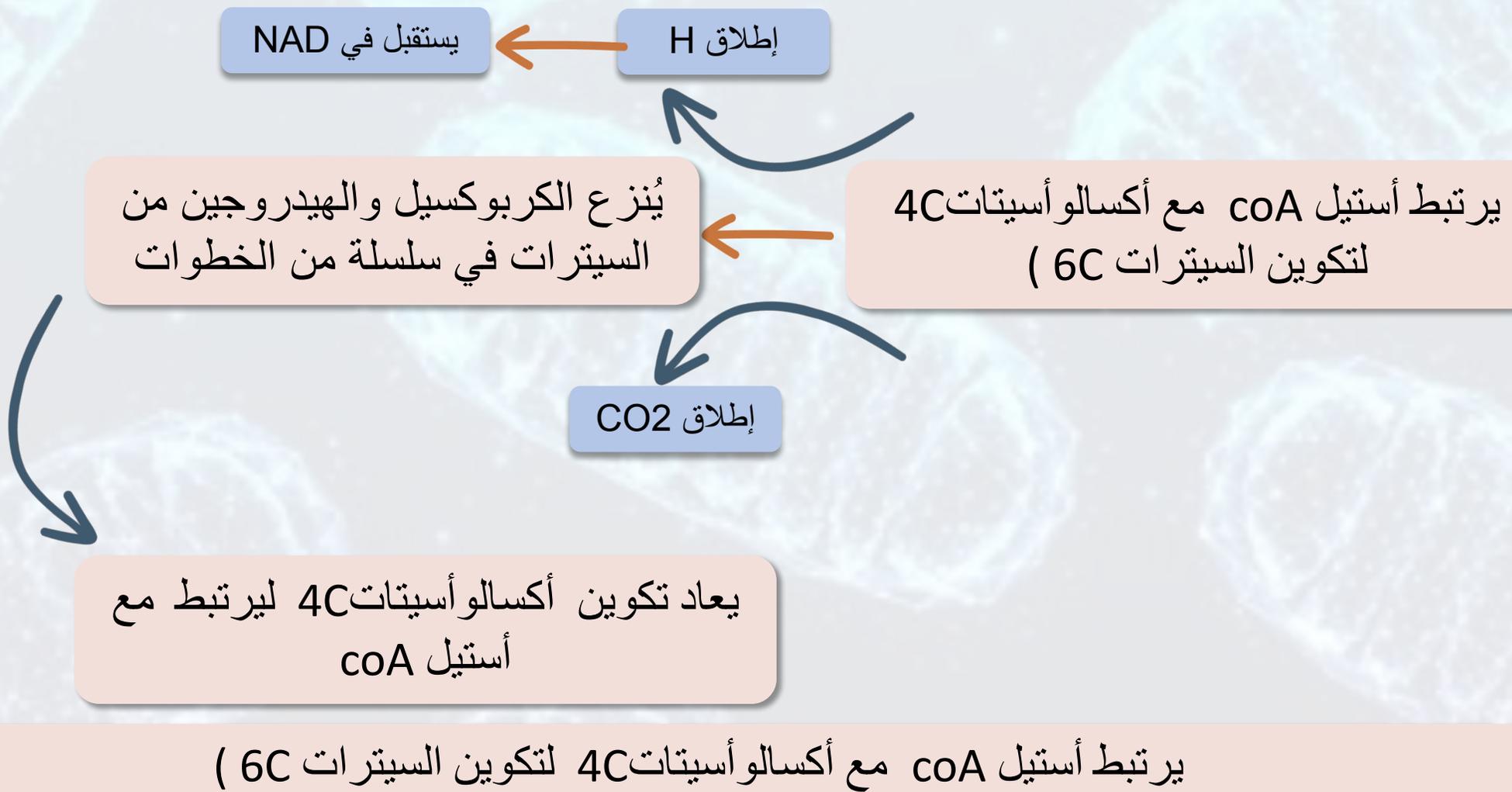
سميت باسم
هانس كربس

هي مسار حلقي للتفاعلات
وتتحكم بها الإنزيمات

تسمى دورة كربس بدورة حمض
(الستريك)



دورة كربس



دورة كربس



ينتج من كل دورة
من دورات
كربس:

ماذا ينتج من
دورتين كربس؟

ملخص دورة كربس



جزيئان من ثاني أكسيد الكربون



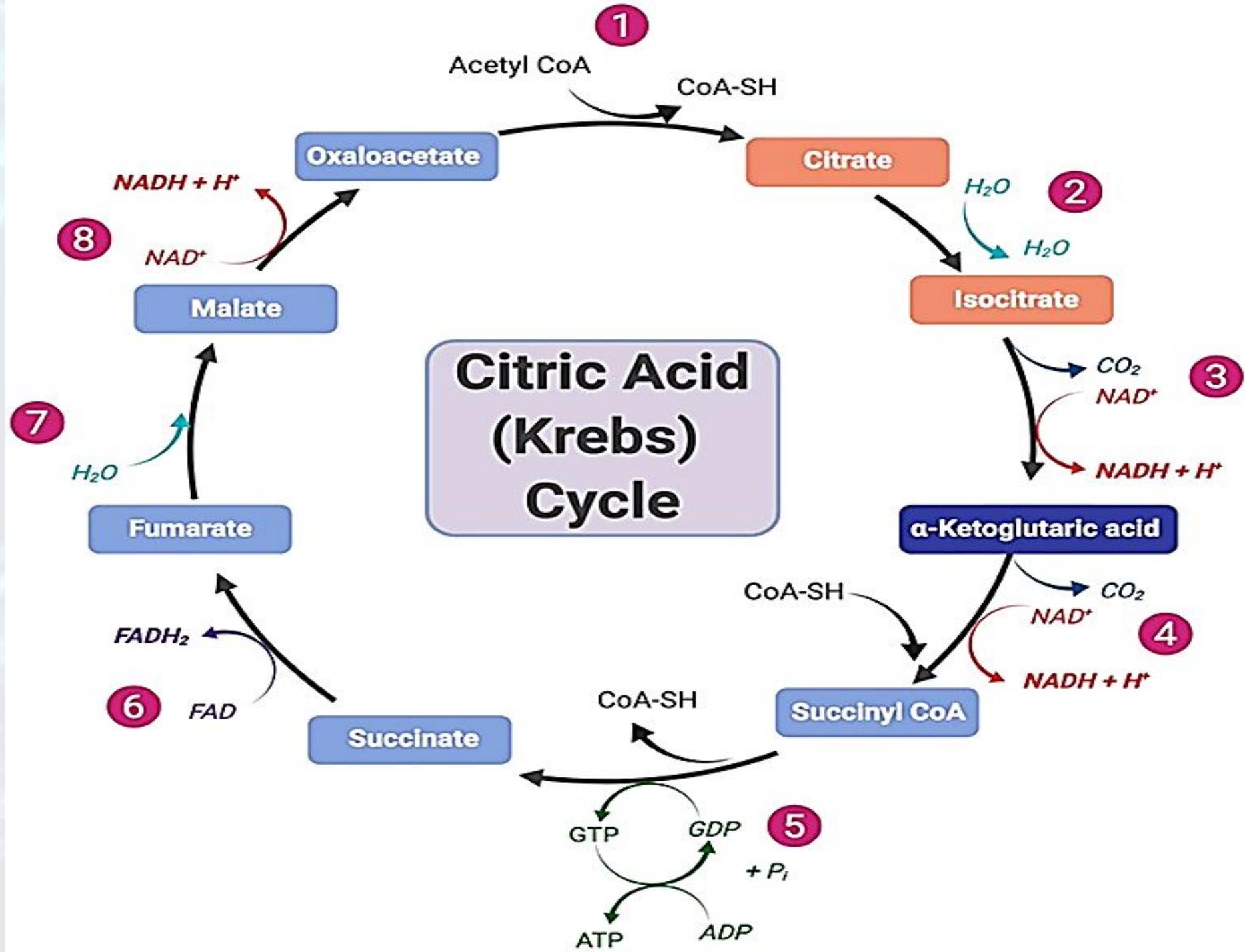
ويتم اختزال جزيء FAD وثلاثة جزيئات
من NAD



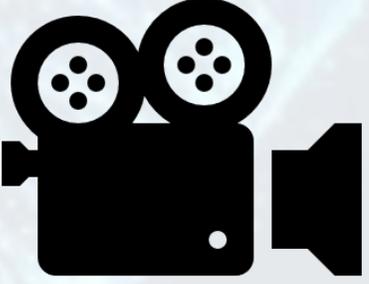
وهذا يسمّى التفاعل المرتبط
بالمادة المتفاعلة.

ويتكوّن ATP من النقل المباشر لمجموعة فوسفات من
إحدى المواد المتفاعلة إلى جزيء ADP





دورة كريس



<https://www.youtube.com/watch?v=-3C30ABS>

D-s

<https://www.youtube.com/watch?v=UZImm-yzWr>

Q

جزيئات الطعام

انشطار الجلوكوز

حمض البيروفيك

اكسدة

ميتوكوندريا

السيتوبلازم



٣

انظر إلى الرسم التخطيطي للتفاعل الرابط ودورة كريس في الشكل ٦-٥، ولخص كيف ينتقل ثاني أكسيد الكربون الناتج من حشوة الميتوكوندريون إلى الهواء المحيط بالكائن الحي.

تقويم تكويني



ينتشر ثاني أكسيد الكربون خارج حشوة الميتوكوندريون عبر الغشاءين الداخلي والخارجي لغلافها، إلى السيتوبلازم، ثم ينتشر عبر غشاء سطح الخلية، إلى السائل النسيجي، ومن ثم عبر بطانة الشعيرة الدموية إلى الدم حيث يمكن أن يتم نقله مذابًا في بلازما الدم، أو على شكل كاربامينو هيموجلوبين أو على شكل أيونات كربونات الهيدروجين. في الرئتين، ينتشر ثاني أكسيد الكربون من الشعيرات الدموية، عبر بطانة الأوعية الدموية، وعبر جدار الحويصلات الهوائية، فيتم نقله خارج الجسم مع هواء الزفير، من خلال القصيبات والقصبات الهوائية والقصبة الهوائية

تقويم تكويني



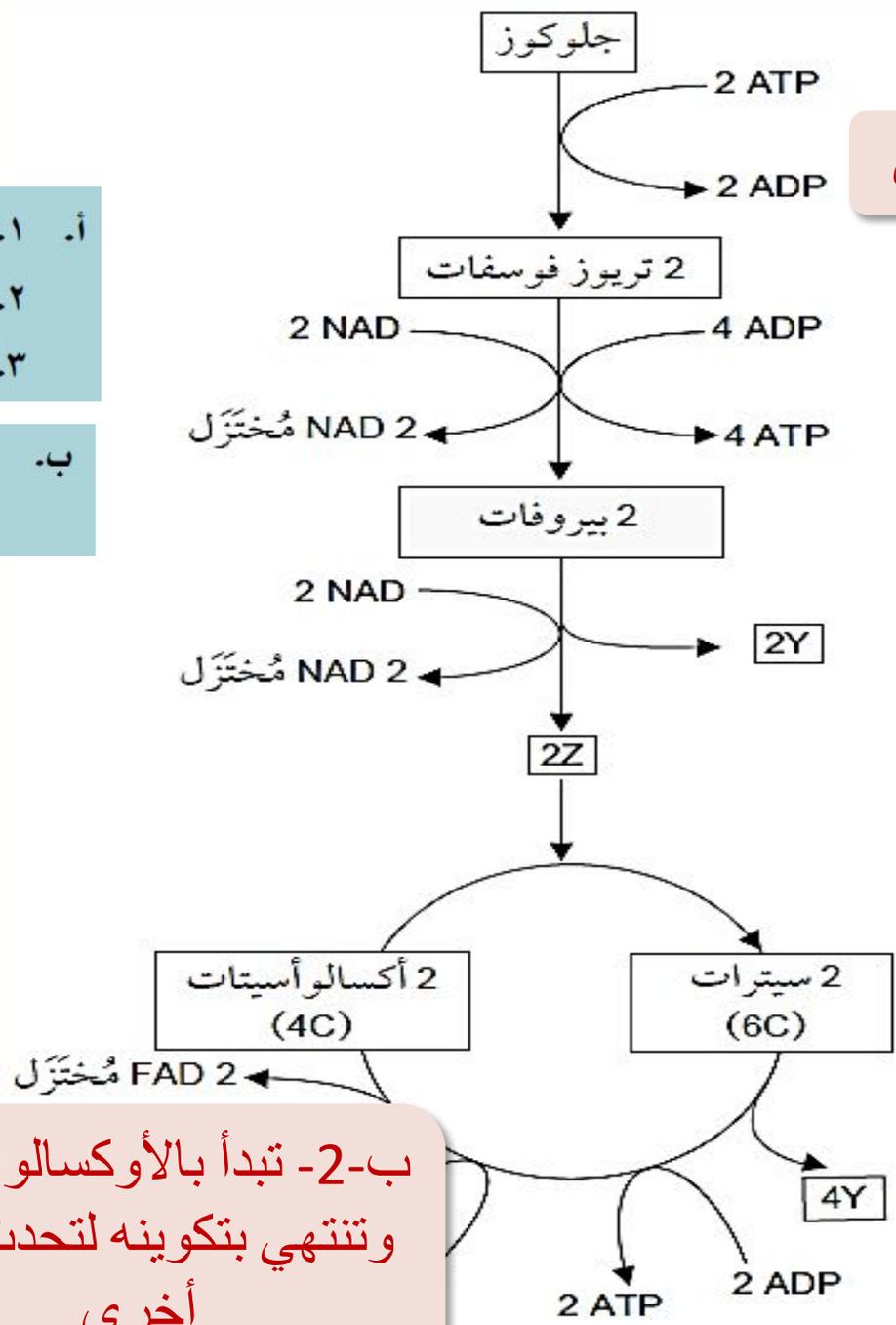
٤ اشرح كيف تكون أحداث دورة كريس في مسار حلقي.

عن طريق نزع الكربوكسيل، بدءًا من السيترات/
المركب السداسي الكربون (C_6)، فيتحول إلى
مركبات خماسية الكربون ورباعية الكربون، وأخيرًا
تكوّن أكسالوأسيتات، والذي يمكن أن يعمل كمستقبل
للجزء/ الوحدة ثنائية الكربون (C_2) من أستيل، CoA ،
لإعادة تكوين السيترات مرة أخرى.

A التحلل السكري

B التفاعل الرابط

C دورة كربس



تفقد تقدمك



- أ. ١. اكتب تسمية الجزيئات Y و Z.
 ٢. اكتب تسمية المراحل A و B و C.
 ٣. اذكر الموقع الدقيق في الخلية حيث تحدث المرحلتان B و C.
- ب. ١. اشرح كيف يستخدم NAD المُختَزَل و FAD المُختَزَل لتكوين ATP.
 ٢. اشرح كيف أن العملية في المرحلة C يمكن أن تكون حلقة.

Y ثاني أكسيد الكربون
Z أستيل coA

B حشوة الميتوكوندريا
C حشوة الميتوكوندريا

ب-1- سنعرفه في المرحلة الرابعة

ب-2- تبدأ بالأوكسالوأسيتات وتنتهي بتكوينه لتحدث مرة أخرى

تفقد تقدمك

١. أ. يتضمن الجدول أربع مراحل مختلفة من التنفس الهوائي وبعض العبارات حول التنفس الهوائي. ضع علامة ✓ في الصناديق إذا كانت العبارة صحيحة، والعلامة ✗ لتلك الخاطئة.

العبارة	التحلل السكري	التفاعل الرابط	دورة كريس	الفسفرة التأكسدية
اختزال NAD	✓	✓	✓	✗
أكسدة FAD	✗	✗	✗	✓
يحدث نزع الكربوكسيل	✗	✓	✓	✗
يحدث في السيتوبلازم	✓	✗	✗	✗
يحدث في حشوة الميتوكوندريا	✗	✓	✓	✗



الفسفرة التأكسدية وسلسلة نقل الإلكترونات

الفسفرة التأكسدية وسلسلة نقل الإلكترونات

مكان حدوثها

الغشاء الداخلي الميتوكوندريا

الفسفرة
التأكسدية

هي المرحلة الأخيرة من
التنفس الهوائي

سلسلة بروتينات غشائية تسمى ناقلات الإلكترون **Electron carriers** ،
تتثبت في موضعها في غشاء الميتوكوندريون الداخلي الأعراف وهي مرتبة
بعضها بجوار بعض، ما يسمح بانتقال الإلكترونات بسهولة على طول
السلسلة من بروتين إلى البروتين التالي.

تسمى سلسلة نقل
الإلكترونات



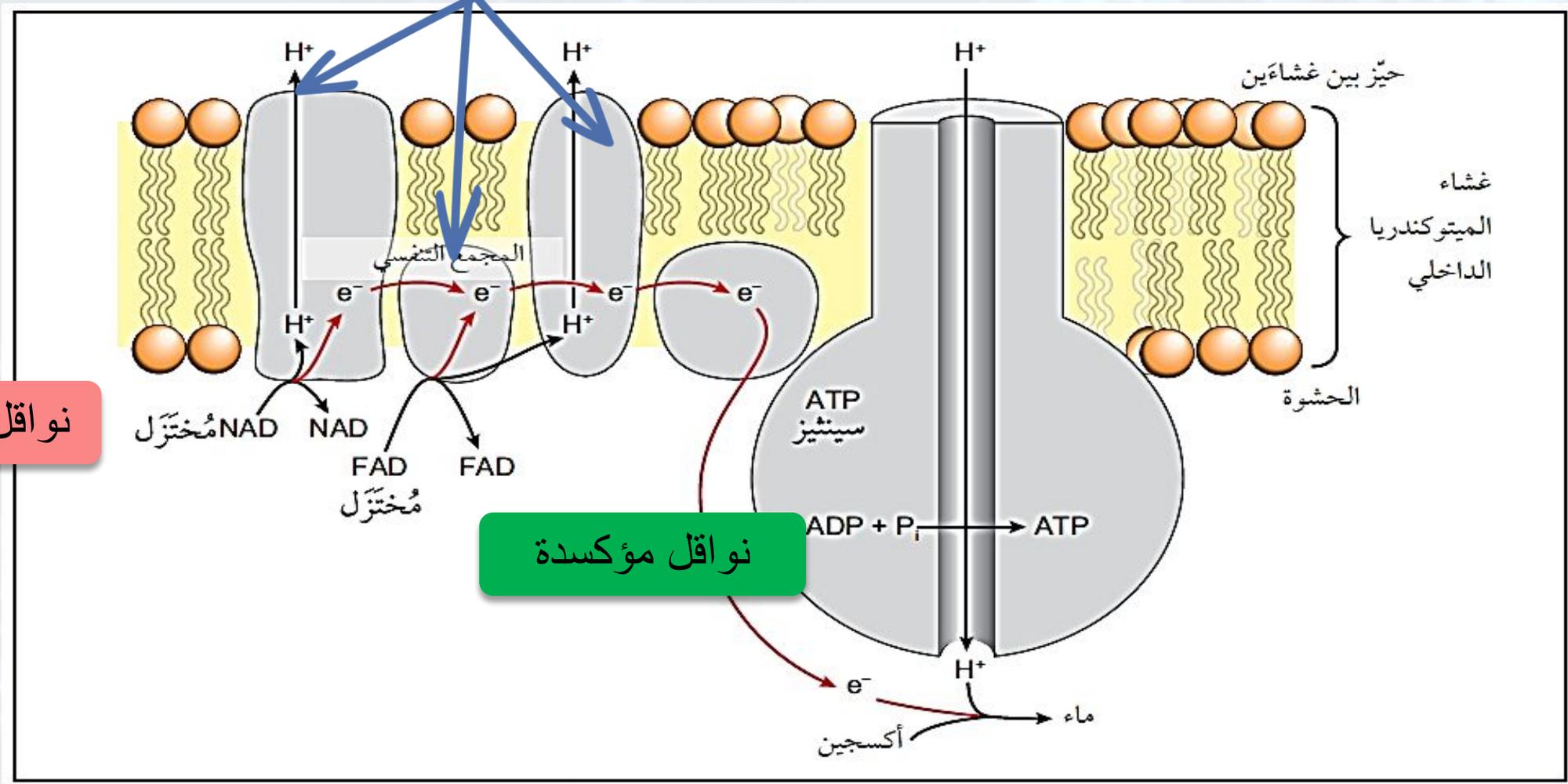
كل ناقل في السلسلة **يُختزل** أولاً عندما يضاف إليه إلكترون ثم **يتأكسد** عندما
يغادره الإلكترون.

هي تفاعلات أكسدة
واختزال



الفسفرة التأكسدية وسلسلة نقل
الإلكترونات

سلسلة البروتينات الغشائية

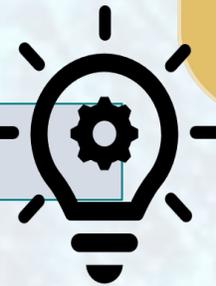


نواقل مختزلة

ما مصدرها؟

نواقل مؤكسدة

الشكل ٦-٦ الفسفرة التأكسدية: سلسلة نقل الإلكترون.



تذكر أن

الفسفرة التأكسدية وسلسلة نقل الإلكترونات



NAD المُخْتَزَل ينتج من التحلل السكري،
كلًا من NAD المُخْتَزَل و FAD المُخْتَزَل يتكوّنان في دورة
كربس



NAD المختزل من التحلل السكري أين ينتج؟



ينتقل عبر أغشية الميتوكوندريا إلى الحشوة



وتنتقل جميع جزيئات NAD المُخْتَزَل و FAD
المُخْتَزَل من حشوة الميتوكوندريا إلى الغشاء الداخلي



في
السيتوبلازم

في المرحلة الرابعة يتم
نزع الهيدروجين الذي
جاءت به FAD, NAD
والمختزل



الفسفرة التأكسدية وسلسلة نقل
الإلكترونات



البروتون
يسمى أيون
الهيدروجين.

تتكوّن كل ذرة هيدروجين من بروتون
وإلكترون، ينفصل الآن أحدهما عن الآخر



يُنقل الإلكترون e إلى الناقل الأول في
سلسلة نقل الإلكترون



يحتوي هذا الإلكترون على طاقة بدأت على شكل طاقة كيميائية
كامنة في جزيء الجلوكوز من بداية التحلل السكري



ومع انتقال الإلكترون من ناقل إلى الناقل التالي، يتم إطلاق بعض
طاقته، ثم تستخدم بعضها لضخ البروتونات من حشوة
الميتوكوندريون إلى الحيز بين غشاءي غلاف الميتوكوندريا



في المرحلة الرابعة يتم
نزع الهيدروجين الذي
جاءت به NAD , FAD
والمختزل

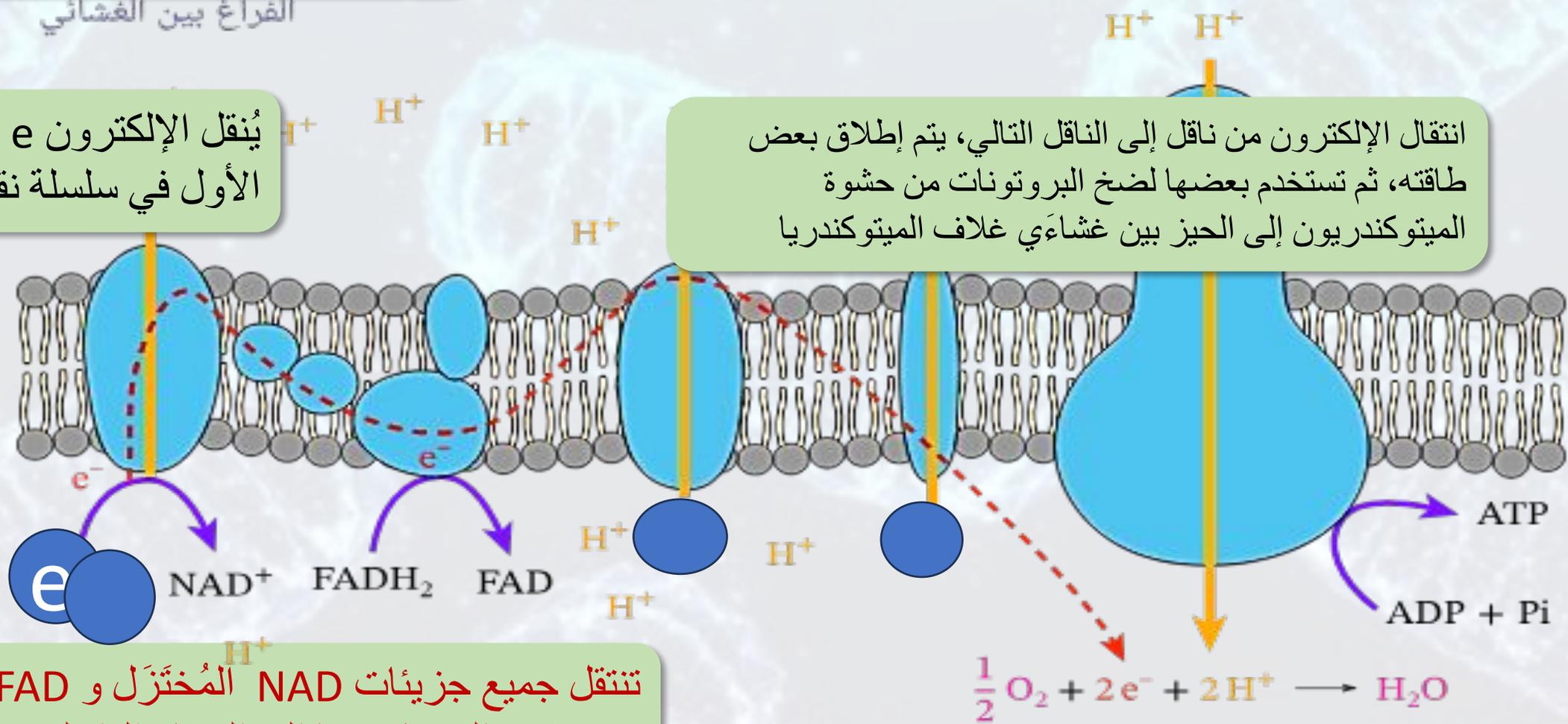
تتكوّن كل ذرة هيدروجين في النواقل NAD و FAD المختزل من بروتون وإلكترون،
ينفصل الآن أحدهما عن الآخر

الفسف

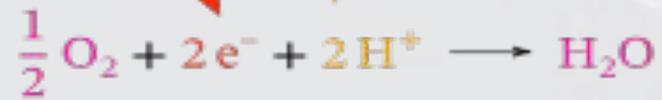
الفراغ بين الغشائي

يُنقل الإلكترون e إلى الناقل
الأول في سلسلة نقل الإلكترون

انتقال الإلكترون من ناقل إلى الناقل التالي، يتم إطلاق بعض
طاقته، ثم تستخدم بعضها لضخ البروتونات من حشوة
الميتوكوندريون إلى الحيز بين غشاءي غلاف الميتوكوندريا

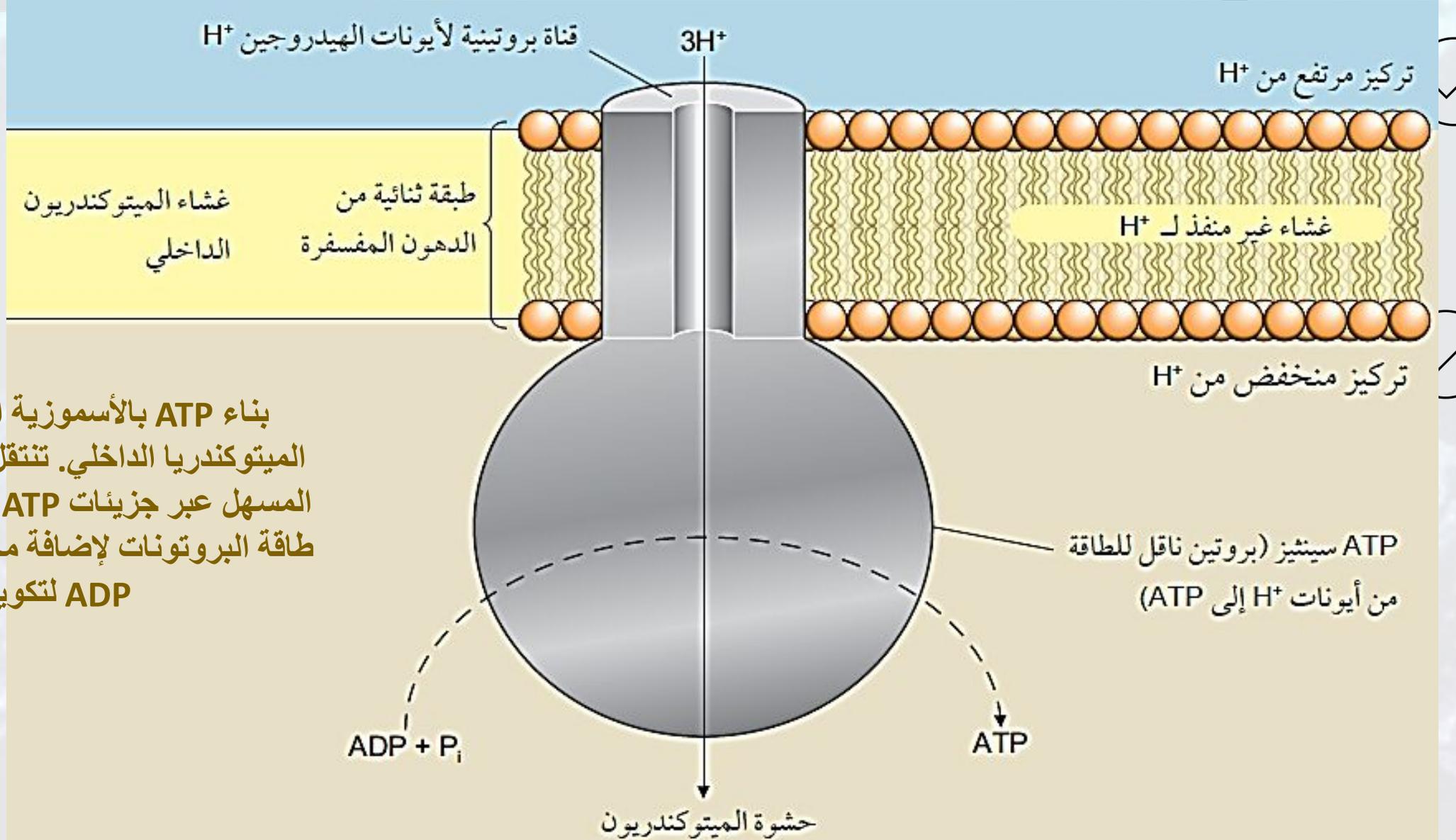


تنتقل جميع جزيئات NAD المختزل و FAD المختزل
من حشوة الميتوكوندريا إلى الغشاء الداخلي





الإسموزية الكيميائية

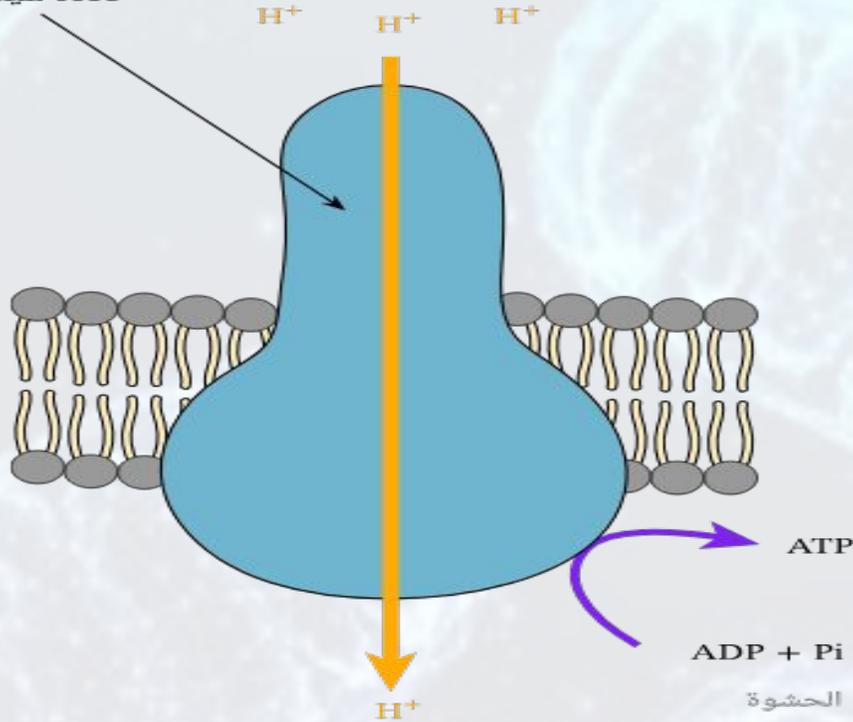


بناء ATP بالأسموزية الكيميائية في غشاء الميتوكوندريا الداخلي. تنتقل البروتونات بالانتشار المسهل عبر جزيئات ATP سينثيز، والتي تستخدم طاقة البروتونات لإضافة مجموعات الفوسفات إلى ADP لتكوين ATP

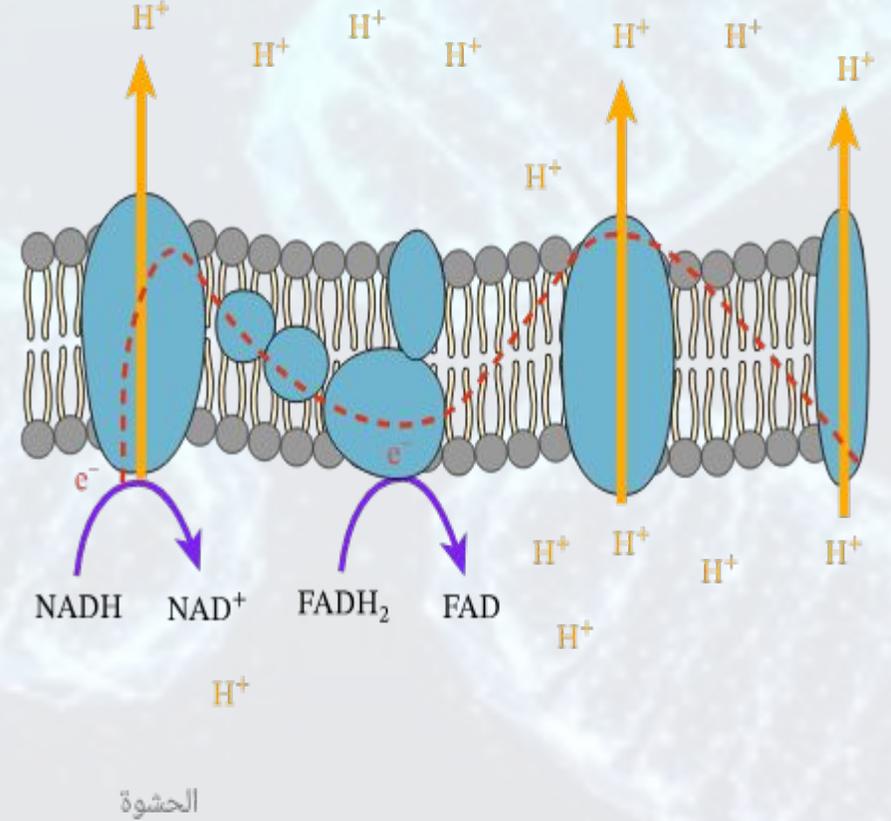
الفرق بين آليات انتقال أيونات H



ATP-سينتيز



الفراغ بين الغشائي



الشكل 3: مخطط يوضح النقل النشط لأيونات الهيدروجين بواسطة مضخات البروتونات عبر الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.

تنطلق أيونات الهيدروجين من تآين ذرات الهيدروجين لجزيء NADH وجزيء FADH₂.

الشكل 4: مخطط يوضح حركة أيونات الهيدروجين خلال إنزيم ATP-سينتيز. تتحرك أيونات الهيدروجين مع تدرج تركيزها من الفراغ بين الغشائي إلى حشوة الميتوكوندريا.

الفسفرة التأكسدية وسلسلة نقل
الإلكترونات

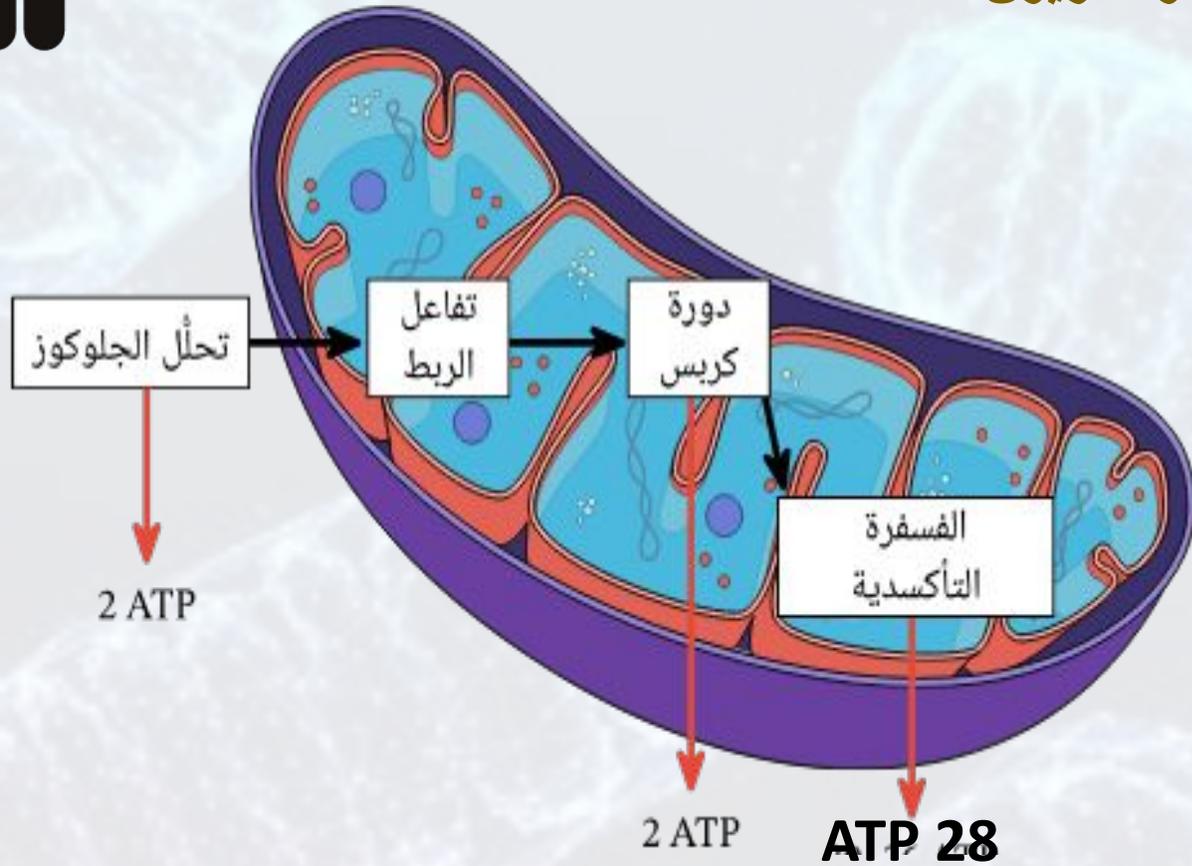
أخيرا يدخل الأوكسجين في هذه العملية,
فالأوكسجين يعمل كمستقبل نهائي للإلكترونات
وذلك بدمجها عندما تصل إلى نهاية سلسلة نقل الإلكترون، إذ
تتحد أربعة إلكترونات مع أربعة بروتونات وجزء أكسجين
لتكوين الماء.

لا تحدث أي من التفاعلات داخل
الميتوكوندريون التفاعل الرابط،
ودورة كربس، والفسفرة
التأكسدية، من دون توافر
الأوكسجين كمستقبل نهائي
للإلكترون



ملخص انتاج الطاقة

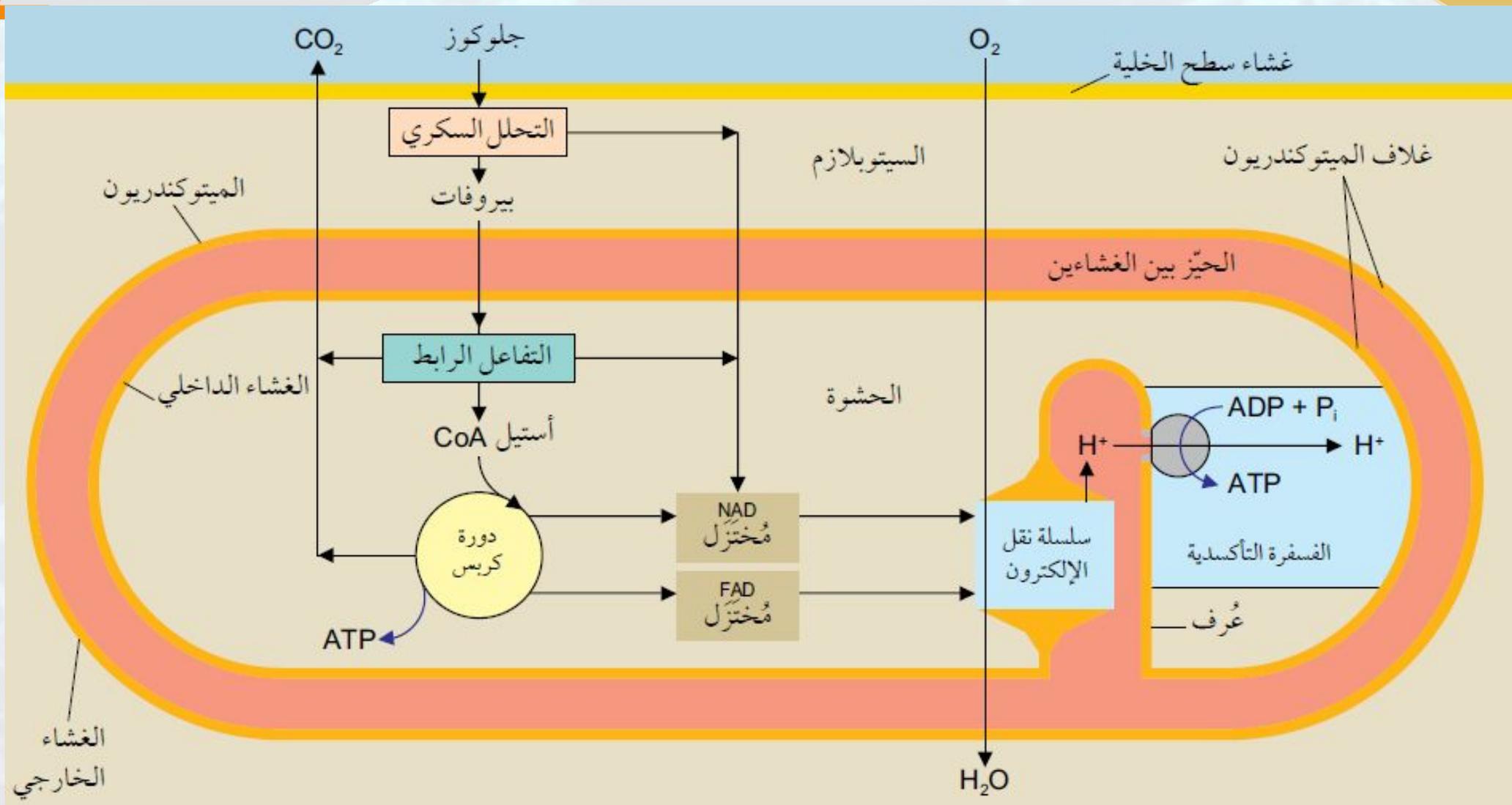
الفسفرة التأكسدية، تُنتج ATP أكثر بكثير مما ينتجه التحلل السكري. ويطلق التحلل السكري كمية صغيرة فقط من الطاقة الكيميائية الكامنة من الجلوكوز، لأن الجلوكوز يتأكسد جزئياً فقط، بحيث تكمل التفاعلات في الميتوكوندريون هذه الأوكسدة مطلقة المزيد من الطاقة.



المرحلة	ATP المستخدم	ATP المتكوّن	صافي الربح من ATP
التحلل السكري	2	4	2
التفاعل الرابط	0	0	0
دورة كريس	0	2	2
الفسفرة التأكسدية	0	28	28
المجموع	2	34	32

لا تحتاج إلى معرفة تفاصيل العائد الإجمالي من ATP

ملخص انتاج الطاقة



الشكل ٦- ٨ مواقع المراحل المختلفة للتنفس الهوائي في الخلية.



تفقد تقدمك

يمثل المخطط الانسيابي الآتي وصفاً موجزاً لعملية الفسفرة التأكسدية، مع حذف بعض الكلمات الرئيسية.





تفقد تقدمك



٥ حدّد أدوار كل ممّا يأتي في عملية التنفس:

أ. NAD

ب. مرافق الإنزيم A

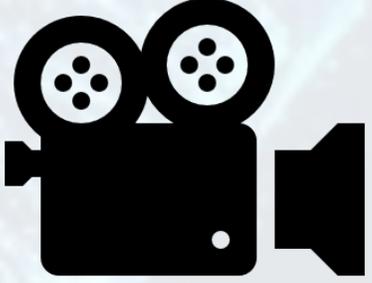
ج. الأكسجين.

أ. NAD: جزيء ناقل للهيدروجين، فهو يستقبل الهيدروجين من تفاعل ويمنحه إلى تفاعل آخر.

ب. مرافق الإنزيم A: ناقل لمجموعة الأستيل CoA من التفاعل الرابط إلى دورة كربس.

ج. الأكسجين: مستقبل الإلكترون النهائي ومستقبل أيونات الهيدروجين في الفسفرة التأكسدية: يختزل الأكسجين إلى ماء.

الفسفرة التأكسدية

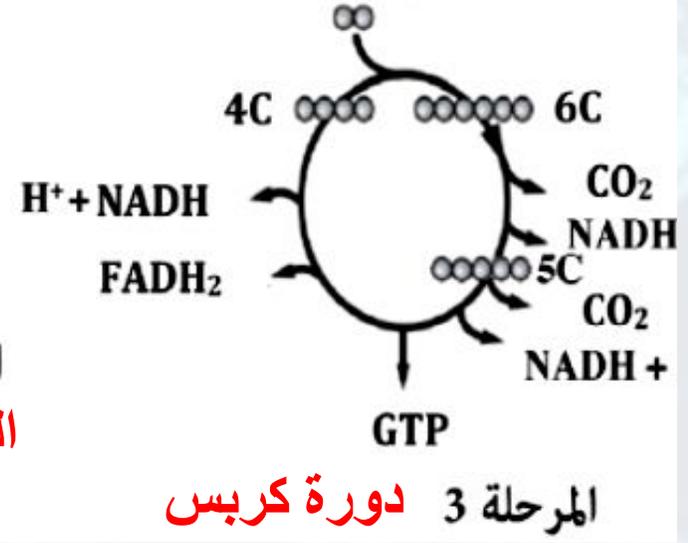
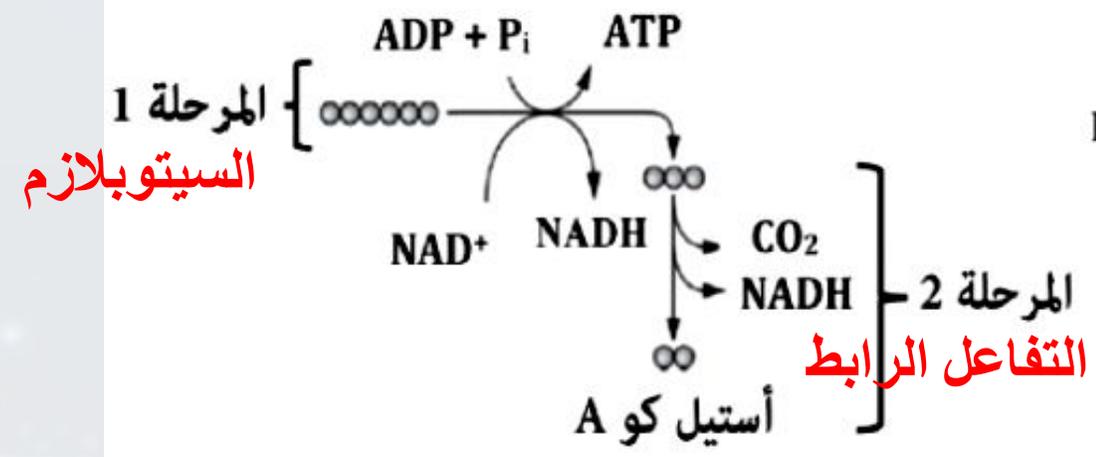


<https://www.youtube.com/watch?v=dcHvFkXpR9Y>

<https://www.youtube.com/watch?v=Ou1Fs2Zpo9>



أستيل كو A حشوة الميتوكوندريا



لأنها تبدأ باندماج الأستيل كو A مع الأوكسالواسيتيات وتنتهي بتكوين الأوكسالواسيتيات

- 1- سم المرحلة 2 و 3؟
- 2- لماذا توصف المرحلة 3 بأنها دورة؟
- 3- حدد موقع المرحلة 1 والمرحلة 3 من الخلية؟
- 4- ما هي المرحلة التي تلي المرحلة 3؟ سلسلة نقل الإلكترونات



<https://www.liveworksheets.com/w/ar/ahya3/1263732>



مهارات عملية 1-6

قياس الأكسجين



6-12 يصف ويفسر الاستقصاءات باستخدام مقاييس تنفس بسيطة لتحديد تأثير درجة الحرارة على معدل التنفس.

مقياس التنفس

: Respirometer

جهاز يستخدم لقياس

معدل امتصاص الكائنات الحية
للأكسجين أثناء التنفس.

استقصاء عملي 1-6

استخدام مقياس التنفس نشاط 4-6
تأثير درجة الحرارة على

معدل التنفس في

صفحة 43

اللافقاريات

صفحة 49



مهارات عملية 1-6

حجم الهواء في
الجهاز يتأثر ب:

درجة الحرارة
الضغط

لذلك من الضروري
الحفاظ على ثبات
درجة الحرارة عند
أخذ القراءات

يمكن ذلك باستخدام
حمام مائي يتم
التحكم بدرجة
حرارته

قياس الأكسجين



يمكن قياس معدل امتصاص الأكسجين أثناء التنفس باستخدام **مقياس التنفس Respirometer**. يبيّن الشكل ٦-٩ مقياس تنفس مناسب لقياس معدل استهلاك الأكسجين لبذور نبات أو لافقاريات صغيرة تعيش في اليابسة في درجات حرارة مختلفة.

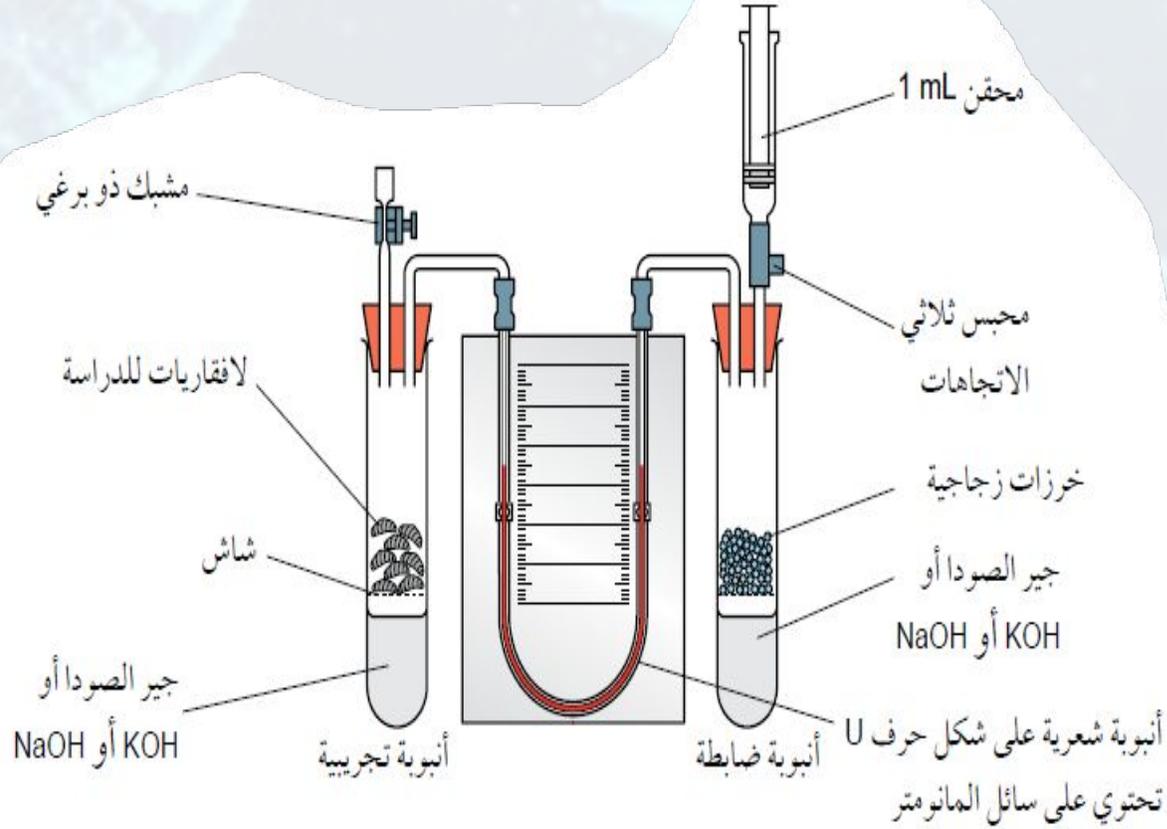
عندما تتنفس الكائنات الحية تمتص الأكسجين من الهواء المحيط بها، ما يقلل من حجم الهواء. ويتم امتصاص ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس بواسطة مادة كيميائية مناسبة مثل جير الصودا Soda lime أو محلول مركز من هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) أو هيدروكسيد الصوديوم (NaOH). وهكذا، فإن ثاني أكسيد الكربون الناتج لن يزيد من حجم الهواء.

لذلك، فإن أي تغيير في حجم الهواء المحيط بالكائنات الحية ينتج من استهلاك هذه الكائنات الحية للأكسجين فقط. يمكن أن يقاس استهلاك الأكسجين بقراءة مستوى عمود سائل المانومتر مقابل التدريج، ويمكن قياس معدل استهلاك الأكسجين بقسمة حجم الأكسجين المستخدم على الزمن المستغرق.



مهارات عملية 1-6

قياس الأكسجين



الشكل ٦-٩ مقياس التنفس.

(انظر الاستقصاء العملي ٦-١ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة، للحصول على معلومات إضافية).

يمكن استقصاء تأثير درجة الحرارة على معدل التنفس عن طريق وضع الجهاز في حمامات مائية بدرجات حرارة مختلفة، وقياس معدل استهلاك الأكسجين عند كل درجة حرارة. ويجب إجراء عدة قياسات متكررة على درجة الحرارة نفسها وحساب متوسط قيم استهلاك الأكسجين. يمكن بعد ذلك، رسم تمثيل بياني لمتوسط معدل استهلاك الأكسجين مقابل درجة الحرارة.

