

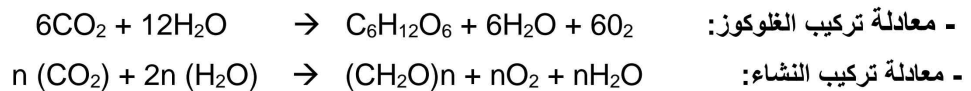
كل ما يجب حفظه في وحدة التركيب الضوئي

ملخص موافق للمنهاج

النشاط 1: تذكير بالمكتسبات

- تعريف عملية التركيب الضوئي: آلية يتم فيها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في الجزيئات العضوية.
- شروط عملية التركيب الضوئي: لا تحدث عملية التركيب الضوئي إلا بتوفر شروط ثلاثة: اليخضور، الضوء والـ CO_2 .
- مظاهر عملية التركيب الضوئي: أثناء قيام الخلية النباتية بعملية التركيب الضوئي فإنه يظهر: امتصاص الـ CO_2 والماء، طرح الـ O_2 وتركيب المادة العضوية.

- المعادلة العامة لعملية التركيب الضوئي



النشاط 2: مقرر عملية التركيب الضوئي

- مقرر عملية التركيب الضوئي: تتم تفاعلات التركيب الضوئي داخل الصانعة الخضراء.
- وصف بنية الصانعة الخضراء: عضوية ذات شكل بيضوي محاطة بغشائين بلاستيدين خارجي وداخلي يحصر بداخله سائل يسمى المادة الأساسية أو الحشوة أو ستروما. تحتوي الحشوة على صفائح بعضها كبيرة تسمى صفائح حشوية والبعض الآخر صغيرة تسمى كيبسات أو تيلاكويد. تتوضع فوق بعضها مشكلة الغرانا أو البذيرات. تحتوي الحشوة كذلك على حبيبات نشوية، ADN، وريبوزومات.
- المميزات البنوية للصانعة الخضراء
- ذات بنية حجرية: لأنها مقسمة إلى ثلاث فراغات: 1- المسافة بين الغشائين، 2- التجويف الذي تملأه الحشوة، 3- تجويف الكيبسات.
- اختلاف التركيب الكيموحيوي لكل من أعشية التيلاكويد والحشوة.
- طبيعة تفاعلات عملية التركيب الضوئي: أكسدة إرجاعية (أكسدة الماء وإرجاع الـ CO_2).

النشاطين 3 - 4: مراحل عملية التركيب الضوئي

المرحلة الكيميائية	المرحلة الكيموحيوية (حلقة كالفن وبنسون)	
تعليق تسمية المرحلة	كيموحيوية: سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية لا تتطلب حدوثها توفر الضوء	كيموحيوية: سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية لا تتطلب الضوء بشكل مباشر
المقر	غشاء التيلاكويد (السلسلة التركيبية الضوئية)	الحشوة
الشروط	خارجية: الضوء داخلية: التيلاكويد، مستقبل الإلكترونات، ADP و P_i ، بالإضافة للإنزيمات	خارجية: CO_2 داخلية: نواتج المرحلة الكيموحيوية (ATP و NADPH, H^+)، بالإضافة للإنزيمات
النتائج	انطلاق الـ O_2 ، إرجاع مستقبل الإلكترونات NADPH, H^+ ، تركيب الـ ATP	تركيب سكريات، تجديد مرافق الإنزيم NADP^+ و $\text{ADP} + \text{P}_i$
البنيات والجزيئات المتدخلة ودورها	أنظمة ضوئية: تفتتص الفوتونات الضوئية وتحرر الإلكترونات (تتأكسد) نواقل الإلكترونات: تنقل الإلكترونات المتحررة. الكريهة المذبذبة: تتركب الـ ATP مرافق الإنزيم NADPH, H^+ : ينقل الإلكترونات والبروتونات اللازمة لحدوث المرحلة الكيموحيوية (إرجاع الـ CO_2). إنزيمات: إنزيم أكسدة الماء، وإنزيم NADP ريدوكتاز لإرجاع مرافق الإنزيم NADP^+ .	المركب ريبيلوز ثنائي الفوسفات RuDP: مادة أيضية بسيطة يدمج معها الـ CO_2 لبدأ سلسلة تفاعلات حلقة كالفن وبنسون. إنزيم ريبيلوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز Rubisco: يدمج الـ CO_2 مع RuDP. مرافق الإنزيم NADPH, H^+ : نقل البروتونات والإلكترونات اللازمة لتفاعلات الإرجاع. ATP: فسفرة المواد الأيضية الوسيطة.
المعادلة	$\text{H}_2\text{O} + \text{NADP}^+ + \text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow 1/2\text{O}_2 + \text{NADPH}, \text{H}^+ + \text{ATP}$	$6\text{CO}_2 + 18\text{ATP} + 12\text{NADPH}, \text{H}^+ \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 18\text{ADP} + 6\text{P}_i + 12\text{NADP}^+$

المرحلة الكيموضوئية

- **بنية غشاء التيلاكويد:** يتكون غشاء التيلاكويد من طبقة فوسفوليبيدية مضاعفة تحتوي على نظامين ضوئيين PSI وPSII، نواقل الإلكترونات وإنزيم الـ ATP سنتاز. يسمى مجموع هذه المركبات بالسلسلة التركيبية الضوئية.
- **النظام الضوئي:** معقد بروتيني ضمن غشاء الكيس يحتوي على عدد كبير من جزيئات أصبغة التركيب الضوئي (اليخضور وأشباه الجزرين).
- **المصدر الأول للإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية:** جزيئة الماء H_2O .
- **مصدر الـ O_2 المنطلق هو:** أكسدة جزيئة الماء.
- **المستقبل الأخير للإلكترونات:** في الصناعة الخضراء: مرافق الإنزيم النيكليوتيد أمين ثنائي نيكليو فوسفات $NADP^+$. تجريبيا: مستقبل اصطناعي مثل فيروسيانور البوتاسيوم.
- **آلية انتقال الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية:** تنتقل تلقائيا في نواقل متزايدة كمون الأكسدة والإرجاع.
- **طيف الامتصاص وطيف النشاط**
 - يتكون الضوء الأبيض المرئي من سبعة إشعاعات (أطياف) تتغير أطوال موجاتها من 400 إلى 700 نانومتر، وهي على الترتيب: الأزرق، البنفسجي، النيلي، الأخضر، الأصفر، البرتقالي، الأحمر.
 - **طيف الامتصاص:** تمتص جزيئات اليخضور الإشعاعات الضوئية بشدات مختلفة، فهي كبيرة في الإشعاعات الطرفية وأقل في الإشعاعات الوسطية وقليلة جدا في الإشعاع الأخضر.
 - **طيف النشاط (شدة عملية التركيب الضوئي):** كلما زادت شدة الامتصاص زاد النشاط. فالإشعاعات الأكثر امتصاصا هي الأكثر فعالية في عملية التركيب الضوئي.
- **التفلور أو الاستشعاع:** يكتسب إلكترون من جزيئة اليخضور طاقة - فوتونات ضوئية - فينتقل من مداره الأصلي إلى مدار ذو مستوى طاقي أعلى منه وتصبح جزيئة اليخضور في حالة تهيج. بعد زمن قصير جدا يعود إلى مداره الأصلي ويحرر الطاقة المكتسبة على شكل إشعاع أحمر (حالة استقرار).
- **آلية عمل النظام الضوئي:** يتكون النظام الضوئي من عدد كبير من الأصبغة الهوائية وصبغتين لمركز التفاعل. تستقبل كل صبغة هوائية فوتونات ضوئية فتتهيج وينتقل إلكترون من مدار داخلي إلى مدار خارجي. يعود الإلكترون إلى مداره الأصلي وتحرر منه الطاقة المكتسبة وتنتقل إلى صبغة هوائية مجاورة فتتهيج وهكذا... تصل الطاقة إلى صبغة مركز التفاعل فتتهيج بدورها وتحرر إلكترون غني بالطاقة (أكسدة).
- **دور الأصبغة الهوائية:** النقاط الفوتونات الضوئية ونقلها لأصبغة مركز التفاعل.
- **دور أصبغة مركز التفاعل:** تتجمع فيها الطاقة الملتقطة من مختلف الجزيئات الهوائية وتتأكسد محررة إلكترون ذو طاقة عالية.
- **آلية المرحلة الكيموضوئية:** في وجود الضوء "يتأكسد" النظامان الضوئيان PSI وPSII ويحرر كل منهما إلكترونين.

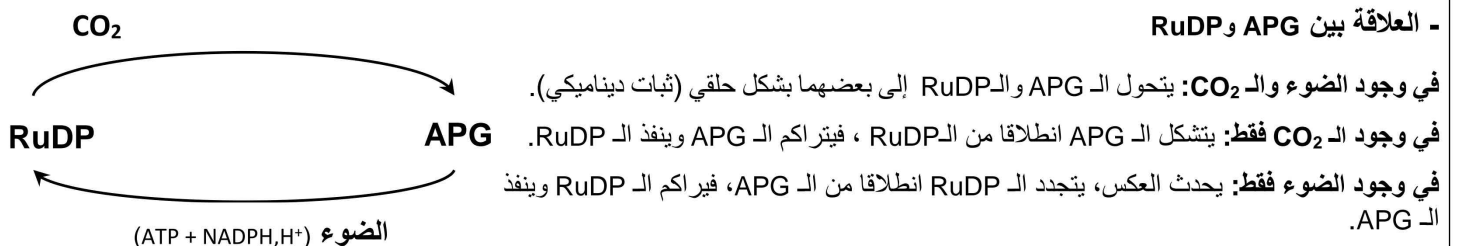
بعد ذلك، تحدث "أكسدة الضوئية للماء" وفق المعادلة $(H_2O \rightarrow 2H^+ + 2e^- + 1/2O_2)$. يطرح الـ O_2 في الوسط وترجع الإلكترونات النظام الضوئي الثاني $PSII^+$. تنتقل الإلكترونات إلى النظام الضوئي الأول PSI^+ ، ثم إلى المرافق الإنزيمي $NADP^+$ الذي يرجع بواسطة الإنزيم $NADP^+$ ريدوكتاز وفق المعادلة $(NADP^+ + 2H^+ + 2e^- \rightarrow NADPH, H^+)$.

تتراكم البروتونات في تجويف الكيس الناتجة من أكسدة الماء، كما أن الناقل T_2 يضخ البروتونات كذلك أثناء انتقال الإلكترونات، فيصبح تركيزها في التجويف أكبر من الحشوة، وبالتالي تنتشر على شكل سيل من البروتونات الخارجة عبر الـ ATP سنتاز. تسمح الطاقة المتحررة من سيل البروتونات الخارجة بفسفرة الـ ADP إلى ATP في وجود الفوسفات اللاعضوي وفق المعادلة $(ADP + P_i \rightarrow ATP + H_2O)$. تسمى هذه العملية بالفسفرة الضوئية.

المرحلة الكيموحيوية

- **الكروماتوغرافيا:** تقنية تستعمل لفصل مكونات خليط ما حسب وزنها الجزيئي.
- **حلقة كالفن وبنسون:** يثبت الـ CO_2 على جزيئة خماسية الكربون: الريبولوز ثنائي الفوسفات (RuDP) مشكلا مركب سداسي الكربون الذي ينشطر سريعا إلى جزيئين بثلاث ذرات كربون هو حمض الفوسفوغلوسيريك (APG).
- **يراقب دمج الـ CO_2 بواسطة الإنزيم:** الريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز (Rubisco).

العلاقة بين APG وRuDP



ملخص وحدة التنفس - الأكسدة الخلوية -

ملخص موافق للمنهاج

النشاط 1: تذكير بالمكتسبات

- تعريف عملية التنفس: ظاهرة حيوية يتم فيها هدم المادة العضوية (الركيزة) وتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة فيها (في الروابط الكيميائية) إلى طاقة قابلة للاستعمال تخزن في مادة أيضية وسيطة تسمى الـ ATP.
- شروط عملية التنفس: لا تحدث عملية التنفس إلا بتوفر ثلاثة شروط: ثنائي الأكسجين (O_2)، مادة الأيض أو الركيزة وهي الجلوكوز، إنزيمات تنفسية.
- ملاحظة: جزيئة الجلوكوز هي السكر الوحيد الذي تحدث له أكسدة خلوية لإنتاج الطاقة (العملة التي تصرف في العضوية).
- مظاهر عملية التنفس: أثناء قيام الخلية النباتية أو الحيوانية بعملية التنفس يظهر: امتصاص الـ O_2 ، طرح الـ CO_2 ، هدم مادة الأيض، تحرير طاقة على شكل ATP وحرارة (تفاعلات الأكسدة الخلوية تحرر حرارة).
- المعادلة الإجمالية لعملية التنفس: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E$

النشاط 2: مقر عملية التنفس

- مقر عملية التنفس: تتم تفاعلات الأكسدة الخلوية في الميتوكوندري (مركز الطاقة في الخلية).
- وصف بنية الميتوكوندري: عضوية ذات شكل بيضوي متطاول يحدها غشائين بلازميين: غشاء خارجي وغشاء داخلي يفصل بينهما تجويف بين الغشائين. يمتد من الغشاء الداخلي نتوءات (امتدادات) تسمى الأعراف. يشغل تجويف الميتوكوندري سائل يسمى المادة الأساسية يحتوي على ADN، ريبوزومات وحبيبات ادخارية.
- المميزات البنوية للميتوكوندري
- البنية الحجيرية: الميتوكوندري ذات بنية حجيرية (مقسمة إلى حجرات) لأن فضاءها مقسم إلى فراغين مختلفين يتمثلان في المسافة بين الغشائين والتجويف الذي تملأه الحشوة.
- اختلاف التركيب الكيموحيوي لمكوناتها: يختلف التركيب الكيموحيوي لكل من الغشائين الداخلي والخارجي، فالغشاء الداخلي يتركب من نسبة كبيرة من البروتينات الوظيفية تتمثل في إنزيمات ونواقل الاكتروونات ومضخات البروتونات. كما أن الحشوة تحتوي على مركبات مختلفة تتمثل في إنزيمات أخرى ومواد أيضية.
- طبيعة تفاعلات عملية لتنفس: أكسدة إرجاع (أكسدة الجلوكوز وإرجاع الأكسجين).

الأنشطة 3 - 4 - 5: مراحل عملية التنفس

المرحلة 1: التحلل السكري (الغلزة)	المرحلة 2: حلقة كريبس	المرحلة 3: الفسفرة التأكسدية
تعريف	سلسلة من التفاعلات يتم فيها أكسدة الأسيتيل مرافق الانزيم أ وطرح الـ CO_2 مع إنتاج ATP وإرجاع المرافقات الانزيمية NAD^+ و FAD^+	سلسلة من التفاعلات يتم فيها أكسدة نواقل البروتونات والالكترونات ($NADH, H^+$ و $FADH_2$) وتركيب ATP
المقر	المادة الأساسية للميتوكوندري	الغشاء الداخلي للميتوكوندري
الانزيمات	ليست مذكورة	نازعات الهيدروجين: تنزع الهيدروجين من المركب وترجع الناقل NAD^+ أو FAD^+ (يسمى التفاعل: أكسدة/إرجاع) نازعات ثاني أكسيد الكربون: تسمى كذلك نازعات الكربوكسيل، تنزع الوظيفة الكربوكسيلية $-COOH$ من الحمض وتطرعه على شكل غاز CO_2 (يسمى التفاعل نزع كربوكسيل). - عند تدخل الانزيمين معا يسمى التفاعل: نزع كربوكسيل تأكسدية.

$n\text{NADH}, \text{H}^+ + n\text{FADH}_2 + n/2\text{O}_2 + 5n\text{ADP} + 5n\text{Pi} \rightarrow n\text{NAD}^+ + n\text{FAD}^+ + n\text{H}_2\text{O} + 5n\text{ATP}$	المرحلة التحضيرية $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + \text{CoA} + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{-CO-S-CoA} + \text{NADH}, \text{H}^+ + \text{CO}_2$ حلقة كريبس $\text{CH}_3\text{-CO-S-CoA} + 3\text{NAD}^+ + \text{FAD}^+ + \text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow \text{CoASH} + 2\text{CO}_2 + 3\text{NADH}, \text{H}^+ + \text{FADH}_2 + \text{ATP}$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{NAD}^+ + 2\text{ADP} + 2\text{Pi} \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2\text{NADH}, \text{H}^+ + 2\text{ATP}$	المعادلة
ATP, NAD^+ , FAD^+ , H_2O	ATP, FADH_2 , $4\text{NADH}, \text{H}^+$, 3CO_2	2 حمض البيروفيك، $2\text{NADH}, \text{H}^+$ 2ATP	النواتج
30ATP	8ATP		الحصيلة الطاقوية
تتطلب ثاني الأكسجين: الـ O_2 هو المستقبل الأخير للالكترونات في السلسلة التنفسية.	تتطلب ثاني الأكسجين: في وجود الـ O_2 تتجدد المرافقات الانزيمية NAD^+ , FAD^+ اللازمة لحلقة كريبس	تتم في وجود وغياب الأكسجين	دور الـ O_2
العلاقة الوظيفية التحلل السكري عملية منفصلة تحدث في الوسطين الهوائي أو اللاهوائي. حلقة كريبس والفسفرة التأكسدية يربط بينهما المرافقات الانزيمية حيث تُرجع في حلقة كريبس وتتأكسد (تتجدد) في الفسفرة التأكسدية			

- ملاحظة: حلقة كريبس عبارة عن تسلسل 7 تفاعلات تتدخل فيها 7 انزيمات.

- تمعدن الركيزة: هو أكسدة المركب العضوي (يحتوي على طاقة) إلى جزيئات الـ CO_2 المعدني (الخالي من الطاقة).

- ملاحظة: يمكن أن تتركب المادة الأيضية GTP عوضا عن ATP في الميتوكوندري وهي مركب طاقي كذلك.

- في السلسلة التنفسية (سلسلة الأكسدة والارجاع): مصدر الالكترونات هو أكسدة النواقل NADH, H^+ و FADH_2 حسب معادلات الأكسدة:



والمستقبل الأخير للالكترونات هو: ثنائي الأكسجين (الممتص) حسب معادلة الارجاع: $\text{O}_2 + 4e^- + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

- آلية انتقال الالكترونات في السلسلة التنفسية: تنتقل تلقائيا في نواقل ذات كمون أكسدة إرجاع متزايد.

- الفسفرة التأكسدية (أكسدة النواقل وفسفرة الـ ADP)

تسمح تفاعلات الأكسدة والارجاع التي تتم على طول السلسلة التنفسية بضخ البروتونات من المادة الأساسية نحو الفراغ بين الغشائين مولدا بذلك تدرجا للبروتونات في هذا المستوى. يتم تشتت هذا التدرج الالكتروكيميائي (البروتونات المتراكمة بين الغشائين) بسيل (تدفق) عائد من البروتونات نحو المادة الأساسية بالانتشار عبر الـ ATP سنتيتاز. تسمح الطاقة المتحررة من سيل البروتونات بفسفرة الـ ADP إلى ATP في وجود الفوسفات اللاعضوي Pi في مستوى الكرات المذبذبة.

معلومات مهمة

- العلاقة بين البيئة والوظيفة: قاعدة كبيرة في العلوم الطبيعية ف البنية تحدد الوظيفة واختلاف البنية دليل على اختلاف الوظيفة. مثلا: يختلف التركيب الكيموحيوي لكل من غشاء التيلاكويد والحشوة في الصانعة الخضراء، هو دليل على اختلاف وظيفتهما في عملية التركيب الضوئي. نفس الشيء بالنسبة للغشائين الداخلي والخارجي للميتوكوندري، وكذلك الفرق بين الغشاء الداخلي والمادة الأساسية للميتوكوندري. رأينا وحدة بأكملها نتكلم عن هذه القاعدة وهي "العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين". وفي وحدة المناعة، نستدل على أن الخلية البلازمية مفرزة للأجسام المضادة انطلاقا من بنيتها فقط. في بكالوريا 2014 نستدل في الاجابة على أن اللمفاوية LB غير مفرزة للأجسام المضادة انطلاقا من بنيتها (الغير متطورة بعكس البلازمية)... في هذه الوحدة، نستدل مثلا على نشاط الخلية بعدد الميتوكوندريات فيها، أو تطور بنيتها من عدمه (حجم كبير أو صغير، أعراف كبيرة ومتعددة أو قليلة وضامرة...).

- الأيض: تفاعلات التركيب الضوئي تفاعلات بناء للمادة العضوية (تمثيل حيوي)، وتفاعلات التنفس تفاعلات هدم، نسمي مجموع تفاعلات البناء والهدم في الخلية بعملية الأيض.