إنتاج المادة العضوية وتدفق الطاقة

الوثيقة1: استخلاص الصبغات اليخضورية.

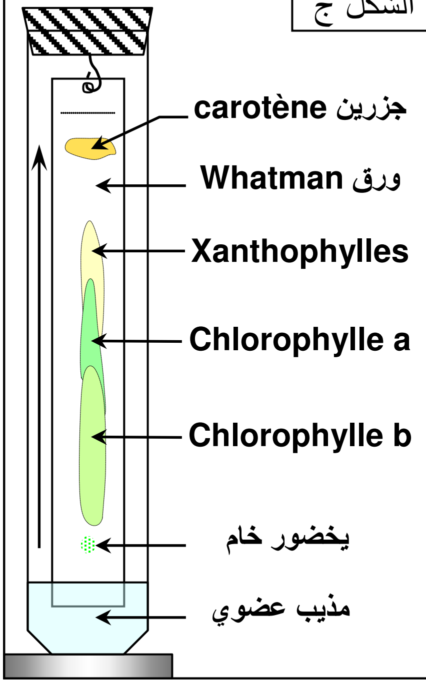
★المناولة الأولى: استخلاص اليخضور (أنظر الشكل أ)
- ⇦ نقوم بتقطيع أوراق خضراء إلى أجزاء، ثم نقوم بهرسها في مهراس مع قليل من الرمل من أجل سحق الخلايا.
- ⇦ نضيف بكيفية تدريجية 10ml من الكحول °90 أو الأسيتون Acétone، من أجل تذويب الصبغات اليخضورية.
- ⇦ نقوم بترشيح محتوى المهراس باستعمال ورق الترشيح، وبذلك نحصل على محلول كحولي للصبغات اليخضورية، انه اليخضور الخام Chlorophylle brute.

★ المناولة الثانية: عزل الصبغات اليخضورية بواسطة الذوبانية الاختلافية (أنظر الشكل ب).
باعتبار أن قابلية الذوبان للصبغات اليخضورية تختلف حسب المذيبات، نقوم بالمناولة التالية:
- ⇦ نسكب $5cm^3$ من المحلول الأسيتوني لليخضور الخام في أنبوب اختبار، ونضيف إليه $5cm^3$ من ايثير البترول وقليلا من الماء (الأنبوب ①) فنحصل على خليطين (الأنبوب ②).
- ⇦ نحتفظ بالخليط الأكثر اخضرارا وهو الذي يحتوي على اثير البترول. ثم نضيف لهذا الخليط كحول الميتانول (الأنبوب ③).

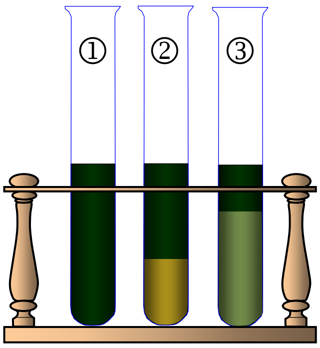
★ المناولة الثالثة: عزل اليخضور بواسطة التحليل الكروماتوغرافي (أنظر الشكل ج).
- ⇦ نضع قطرة أو قطرتين من محلول اليخضور الخام على بعد 2 cm من أسفل سفيفة ورق Wattman.
- ⇦ نترك البقعة الخضراء حتى تجف، ثم نضيف إليها قطرات أخرى، ثم ننتظر حتى تجف البقعة تماما.
- ⇦ نعلق السفيفة بسدادة ونضعها داخل مخبار مدرج به خليط من المذيبات العضوية، لا يتعدى علوه 2cm. مع الحرص أن لا يغمر هذا الأخير إلا بضع مليمترات من أسفل السفيفة.
- ⇦ نغلق المخبار لمنع تبخر المذيبات مع الحرص على عدم لمس الورقة لجدار المخبار.
- ⇦ نحجب التركيب عن الضوء لمدة 40min.

1) أنجز المناولات الممثلة في الوثيقة.
2) ماذا تستخلص من تحليلك لنتائج هذه المناولات؟

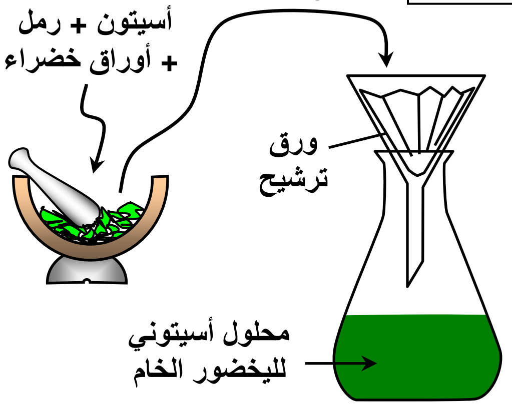
الشكل ج



الشكل ب



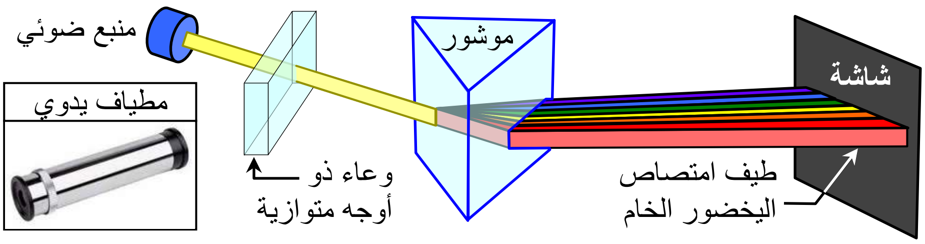
الشكل أ

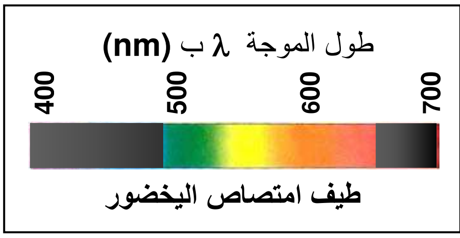


الوثيقة 2: الكشف عن امتصاص الإشعاعات الضوئية من طرف الصبغات اليخضورية

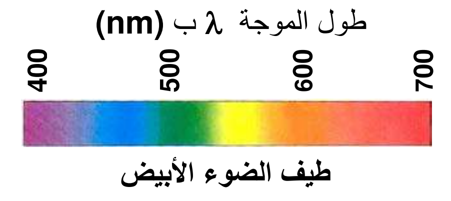
نحصل على طيف الضوء الأبيض بتعريض شعاع من الضوء الأبيض لموشور (Prisme)، واستقبال الأشعة النافذة منه على شاشة،
وللكشف عن طيف امتصاص اليخضور الخام نملأ وعاء ذا أوجه متوازية بمادة اليخضور الخام، ثم نضعه بين الموشور ومنبع الضوء، ونلاحظ النتيجة على الشاشة.

★ قارن بين طيف الضوء الأبيض وطيف اليخضور الخام. ماذا تستنتج؟





طيف امتصاص اليخضور



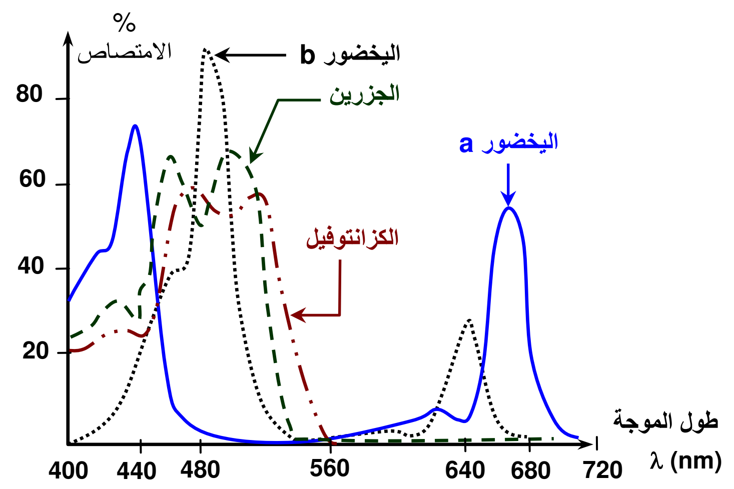
طيف الضوء الأبيض

تتمة الوثيقة 2:

أطياف امتصاص الصبغات اليخضورية

بطريقة مماثلة لطريقة قياس طيف امتصاص اليخضور الخام، نحصل على قياسات طيف امتصاص الصبغات اليخضورية بعد عزلها.
يعطي المبيان أمامه أطياف امتصاص أهم الصبغات اليخضورية.

★ ماذا تستخلص من تحليل هذه المعطيات؟



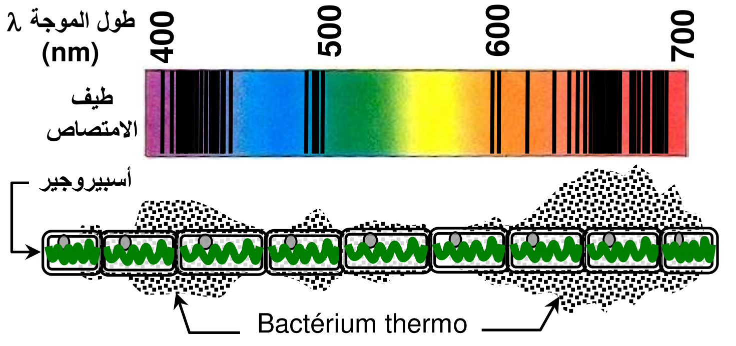
الوثيقة 3: فعالية الإشعاعات الممتصة

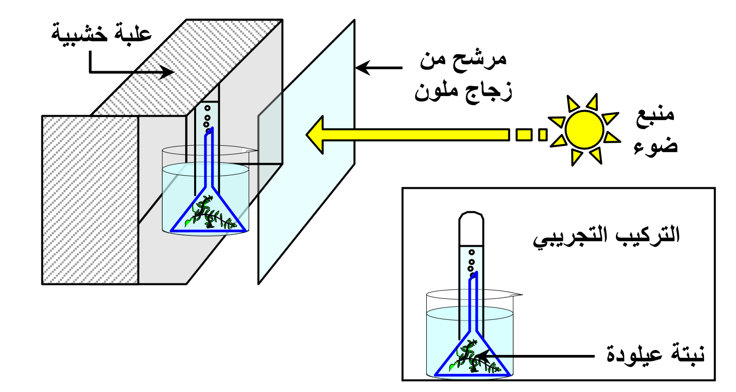
★ التجربة الأولى: تجربة Engelmann 1885:
لمعرفة تأثير مختلف الإشعاعات الضوئية الممتصة على شدة التركيب الضوئي. قام Engelmann بوضع طحلب الأسبيروجير في وسط يحتوي على عالق من بكتيريا Bactérium thermo التي تتميز بالانجذاب الكيميائي ل O_2. يبين الشكل أمامه نتائج هذه التجربة.

1) قارن بين النتائج التجريبية المحصلة واقترح تفسيرا لذلك.

★ التجربة الثانية: نضع التركيب التجريبي داخل علبة خشبية، ثم نعرض الوجه المفتوح من العلبة لمنبع ضوئي بعد حجب الضوء بأحد المرشحات الزجاجية الملونة (الأحمر، الأصفر، الأخضر، الأزرق والبنفسجي).
نقوم بقياس حجم O_2 المطروح خلال استعمال كل مرشح وذلك خلال نفس المدة الزمنية.
نحصل على النتائج الممثلة أمامه.

2) ماذا تستنتج من نتائج هذه التجربة؟

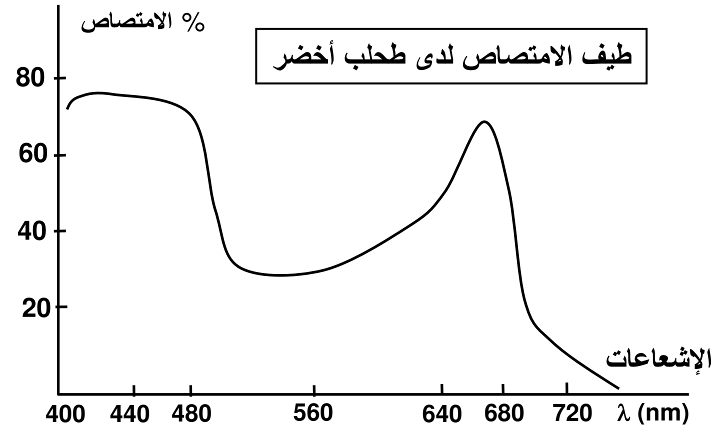


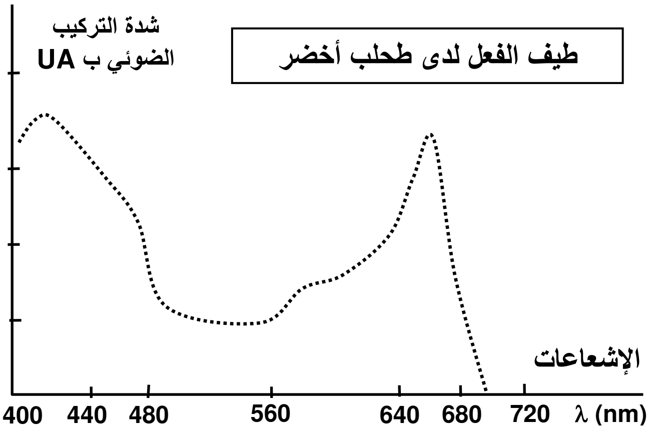


لون المرشح	بنفسجي	أزرق	أخضر	أصفر	أحمر
عدد فقاعات O_2 في الدقيقة	11	4	0	3	6

الوثيقة 4: طيف الفعل لدى طحلب أخضر

نقيس شدة التركيب الضوئي (طيف الفعل) وكمية الضوء الممتص على مستوى اليخضور (طيف الامتصاص).
ونمثل على نفس المبيان تغيرات شدة التركيب الضوئي ونسبة الامتصاص حسب طول الموجات الضوئية.
قارن بين طيف الامتصاص وطيف الفعل. ماذا تستنتج من ذلك؟



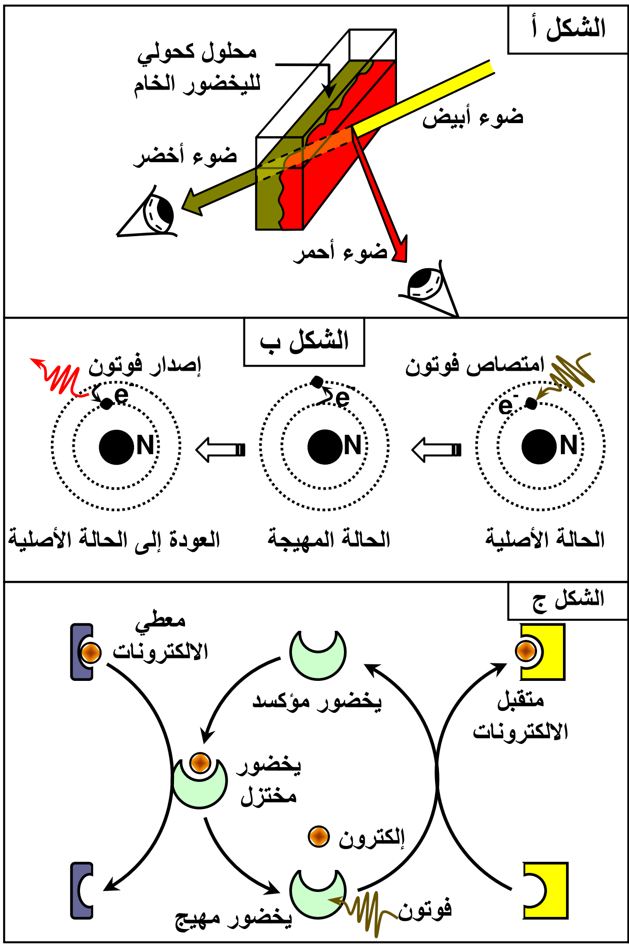


الوثيقة 5: خاصية التفلور لدى اليخضور La fluorescence

★ عند تسليط الضوء الأبيض على محلول اليخضور الخام، تكون الإشعاعات الضوئية التي تعبر المحلول خضراء والمنعكسة حمراء. وتسمى هذه الظاهرة بالتفلور (الشكل أ). وتفسر بكون جزيئات اليخضور المعزول تستجيب للضوء بفقدان إلكترون يخرج عن مداره مبتعدا عن نواة الذرة ومكتسبا مستوى طاقيا أكبر مؤقتا. وعند رجوعه إلى مداره الأصلي يعيد الطاقة المكتسبة على شكل حرارة وتفلور (الشكل ب)

★ تنتظم جزيئات الصبغات اليخضورية على شكل مجموعة وظيفية تسمى اللاقطة المجمعة. تلتقط هذه الجزيئات الطاقة الضوئية وتوجهها إلى جزيئة واحدة من اليخضور a التي تصبح في حالة اهتياج.
عند اهتياجها تفقد جزيئة اليخضور a الكترونا لفائدة متقبل الكترونات فتكتسب قدرة مؤكسدة عالية تمكنها من انتزاع إلكترون من معطي الكترونات لتسترجع حالتها الأصلية (الشكل ج).
تسمى الوحدة الوظيفية المكونة من اللاقطة المجمعة وجزيئة اليخضور a نظاما ضوئيا.

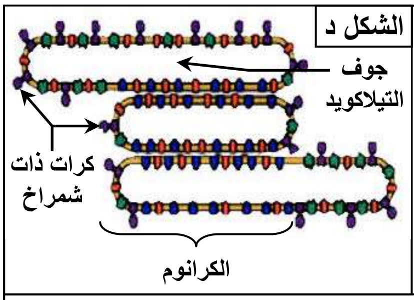
من خلال معطيات هذه الوثيقة أبرز دور النظام الضوئي في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

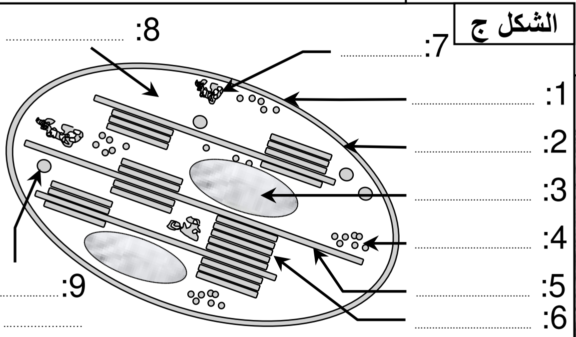


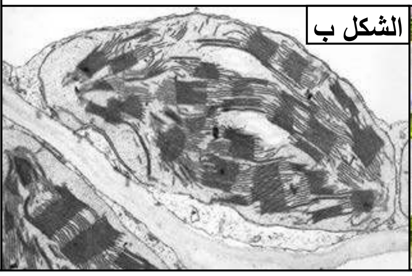
الوثيقة 6: مكان تموضع الصبغات اليخضورية

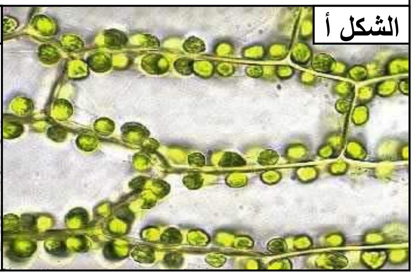
يعطي الشكل أ ملاحظة مجهرية لخلايا ورق عيلودة. ويعطي الشكل ب فوق بنية البلاستيدة الخضراء ملاحظة بالمجهر الالكتروني. والشكل ج رسم تفسيري لفوق بنية البلاستيدة الخضراء. والشكل د رسم تفسيري لفوق بنية التيلاكويد.

بالاعتماد على معطيات الوثيقة وعلى ملاحظات مجهرية لورقة خضراء صف بنية وفوق بنية البلاستيدة الخضراء وحدد تموضع الصبغات اليخضورية بها.





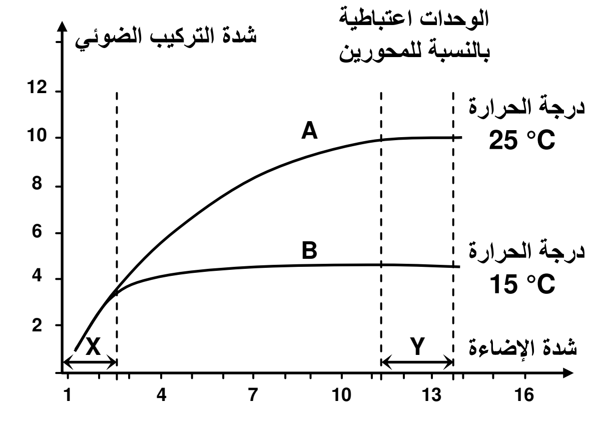




الوثيقة 7: الكشف عن تفاعلات التركيب الضوئي

اهتم Blackman بدراسة تأثير درجة الحرارة وشدة الإضاءة على شدة التركيب الضوئي، فحصل على النتائج الممثلة على المبيان أمامه.
افترض Blackman وجود نوعين من التفاعلات في ظاهرة التركيب الضوئي: تفاعلات ضوكيميائية وأخرى كيميائية حرارية.

أبرز هذا الافتراض انطلاقا من تحليل معطيات هذه الوثيقة.



الوثيقة 8: الكشف عن التحليل الضوكيميائي للماء La photolyse de l'eau

★ تجربة Karmen و Ruben (1941).

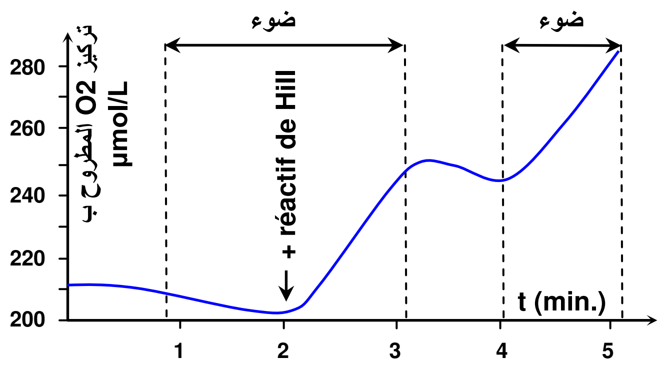
لمعرفة أصل O_2 المطروح اثر التركيب الضوئي قام Karmen وRuben بتزويد وسط زرع طحلب يخضوري أحادي الخلية (الكلوريل Chlorelle) بماء مشع يحتوي على الأكسجين الثقيل H_2O^{18} وبثنائي أكسيد الكربون يحتوي على الأكسجين الخفيف CO_2^{16}. ثم قاما بتحليل الأكسجين المطروح الذي اتضح أنه يحتوي على O^{18} بنسبة قريبة من نسبته في الماء المستعمل في بداية التجربة. كما قاما بتجربة مضادة حيث زودت الكلوريلات بماء يحتوي على الأكسجين الخفيف H_2O^{16} وبثنائي أكسيد الكربون مشع يحتوي على الأكسجين الثقيل CO_2^{18}. وتبين أن الأكسجين المطروح يحتوي على O^{16} بنفس النسبة الموجودة في الماء المستعمل في التجربة المضادة.

1) ماذا يمكنك استخلاصه من هذه التجارب؟
2) أكتب معادلة التفاعل.

★ تجربة Hill (1939)

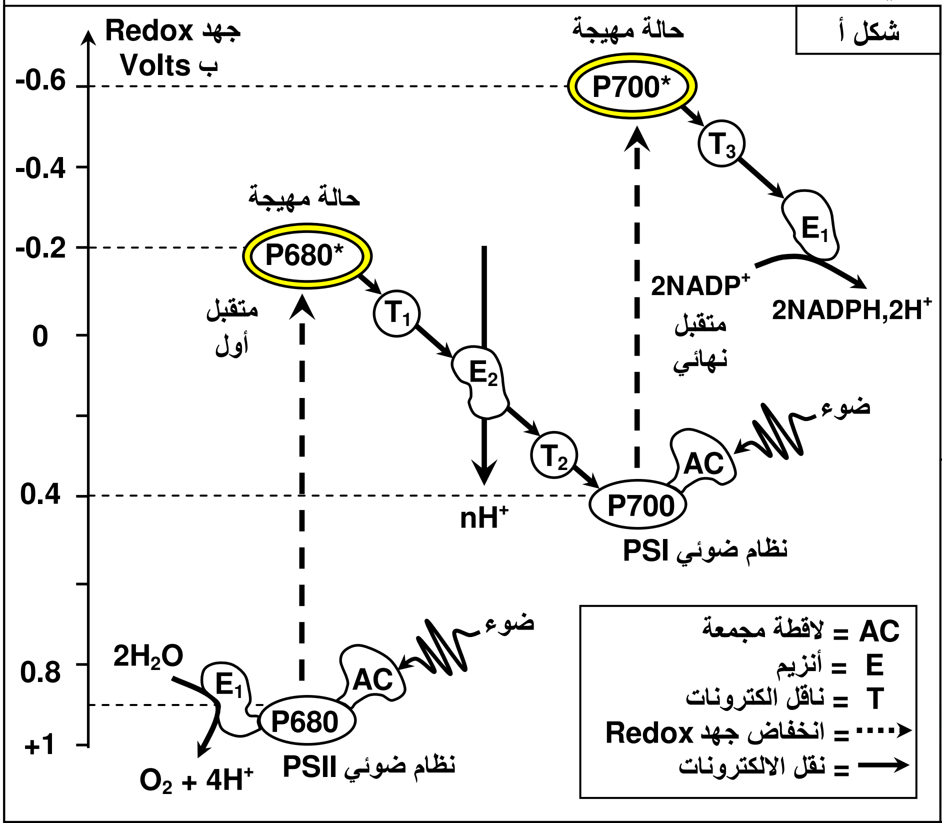
استعمل Hill محلولا عالقا للبلاستيدات الخضراء المعزولة في وسط بدون CO2. وقام بقياس حجم O2 المطروح تحت إضاءة مستمرة. أضاف إلى الوسط متقبلا غير طبيعي للالكترونات (Ferricyanure de potassium) يدعى كاشف Hill بدل المتقبل الطبيعي الموجود داخل البلاستيدة الخضراء. يحتوي هذا الكاشف على +Fe3 وهو ايون قابل لاستقبال إلكترون وفق التفاعل التالي:

Fe^{3+} + $1e^{-}$ ------------> Fe^{2+}

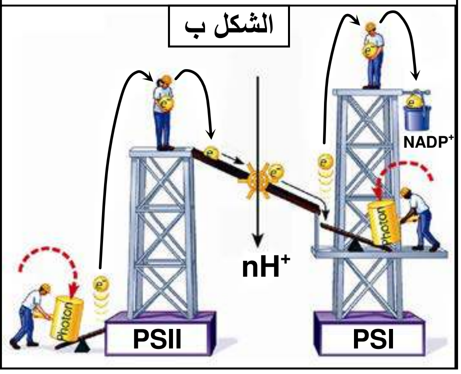


الوثيقة 9: نقل الالكترونات من اليخضور a إلى المتقبل النهائي $NADP^+$

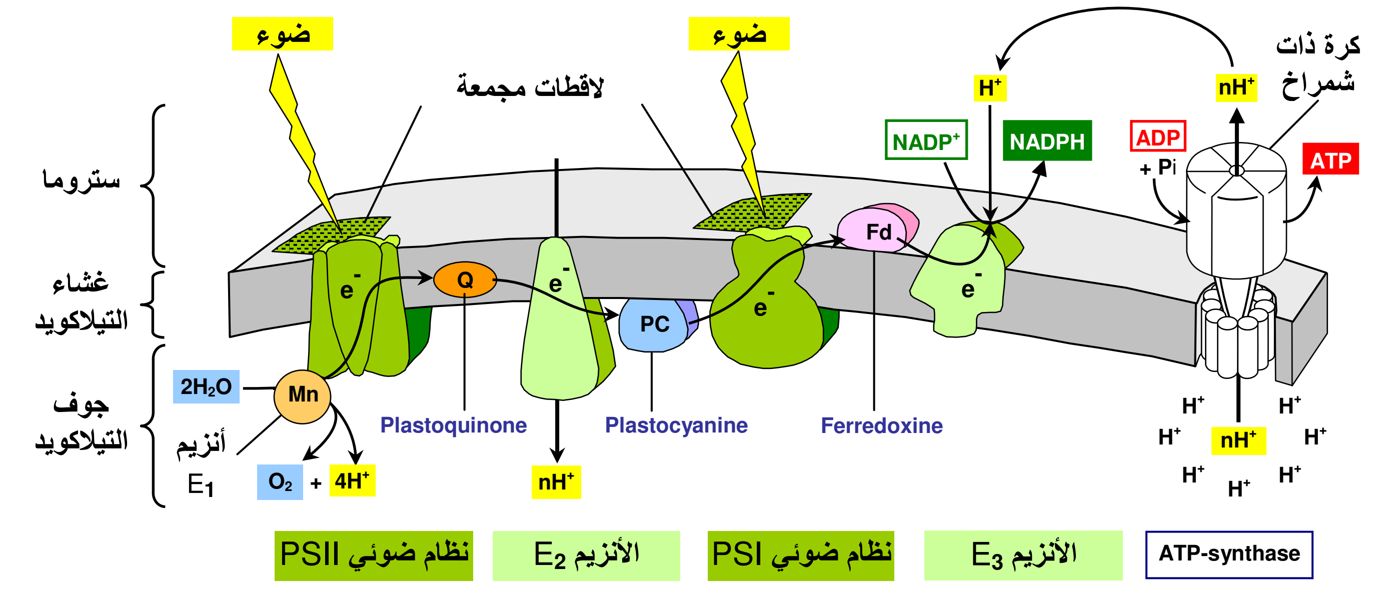
لمعرفة كيفية تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية نقترح دراسة الوثائق التالية:
يبين الشكل أ من الوثيقة قيم جهد الأكسدة / اختزال لناقلات الالكترونات. ونعلم أن الالكترونات تنتقل تلقائيا في اتجاه E_0 متزايد مع تحرير الطاقة، ولا تنتقل في اتجاه E_0 متناقص إلا إذا توفرت الطاقة.



1) بالاستعانة بالشكل 2 من الوثيقة، بين معللا جوابك كيف تنتقل الالكترونات عبر السلسلة من الناقلات المبينة في الشكل أ.
2) حدد المتقبل النهائي للالكترونات
3) بالاعتماد على معطيات الشكل ج من الوثيقة، حدد ما هو مصدر البروتونات H^+؟ وما مصيرها؟
4) فسر تركيب جزيئة ATP على مستوى الكرات ذات شمراخ.



الشكل ج: تموضع سلسلة التركيب الضوئي على مستوى غشاء التيلاكويد



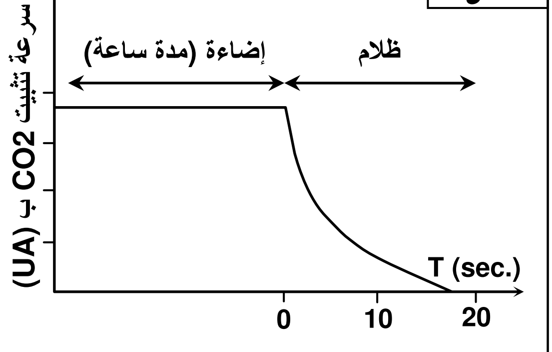
الوثيقة 10: الكشف عن مصير CO_2 الممتص من طرف النباتات

★ تجربة Gaffron وزملاؤه (1951). الشكل أ

يتم إدماج ثنائي أكسيد الكربون مشع $^{14}CO_2$ في محلول عالق لطحلب الكلوريل. ونتتبع سرعة امتصاصه خلال فترة إضاءة لمدة ساعة، وبعد توقيف الإضاءة مباشرة. يبين منحنى الشكل أ النتائج المحصل عليها.

1) حلل المنحنى واستنتج مستلزمات امتصاص CO2.

الشكل أ



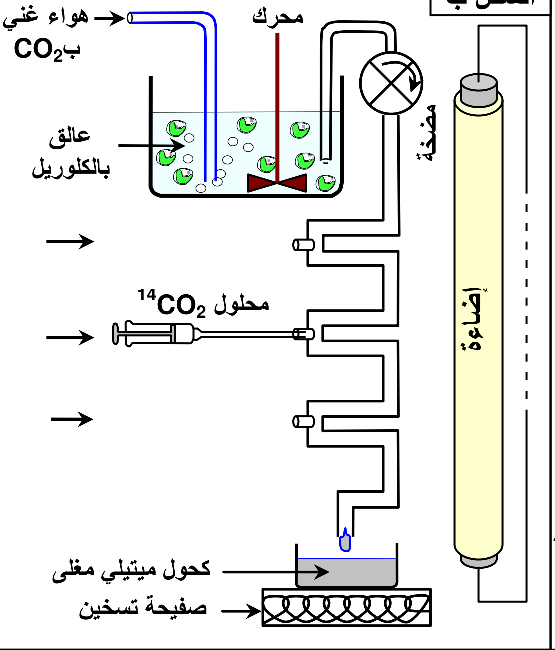
★ تجربة Calvin وBenson (1962). الشكل ب

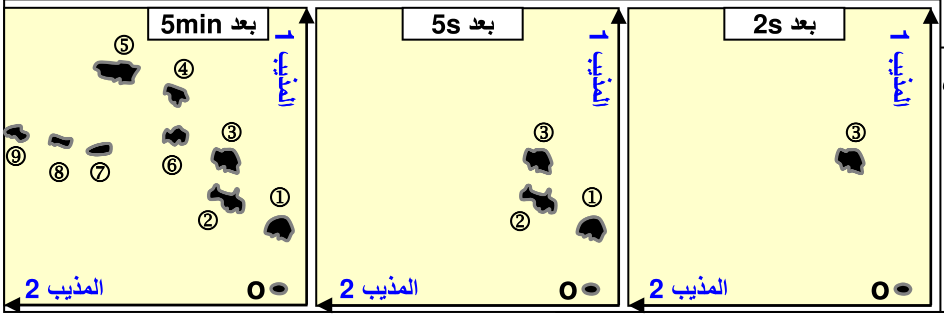
تم وضع عينة من طحالب الكلوريل في محلول مغذ داخل وعاء مغلق دقيق الجدران وشفاف، حيث تتم اضائتها وتزويدها بثنائي أكسيد الكربون العادي. تدفع الطحالب بواسطة مضخة داخل أنبوب دقيق وشفاف، يتم عبوره في مدة زمنية محددة حسب قوة صبيب المضخة. يحقن $^{14}CO_2$ الإشعاعي النشاط في مستويات مختلفة من الأنبوب حسب المدة الزمنية المختارة لمكوث الطحالب في الوسط الذي يحتوي على ^{14}C، والتي بعدها تقتل الخلايا الطحلبية بواسطة الكحول المغلى. بعد استخراج المواد العضوية المركبة من طرف الخلايا الطحلبية، يتم فرزها بواسطة تقنية التحليل الكروماتوغرافي الإشعاعي ثنائي القطب على النحو التالي:

- توضع قطرة من مستخلص الطحالب المقتولة في النقطة 0 من ورق التحليل الكروماتوغرافي.
- يستعمل على التوالي مذيبان مختلفان في اتجاهين مختلفين.
- بعد انتشار المواد تقاس شدة إشعاعها وتنجز صور إشعاعية ذاتية تكون فيها مواقع المواد المركبة محددة ومعروفة. (الشكل ج).

2) حدد ترتيب ظهور المواد المركبة حسب التسلسل الزمني. ماذا تستنتج؟

الشكل ب





الشكل ج

O = الوضعية الأولى للمستخلص

① = ريبولوز ثنائي الفوسفات RudiP

② = سكر سداسي فوسفات

③ = حمض فوسفو غليسيري APG

④ = حمض بيروفي، ⑤ = حمض الماليك

⑥ = حمض أسبرتي، ⑦ = سيرين

⑧ = غليسين، ⑨ = ألنين

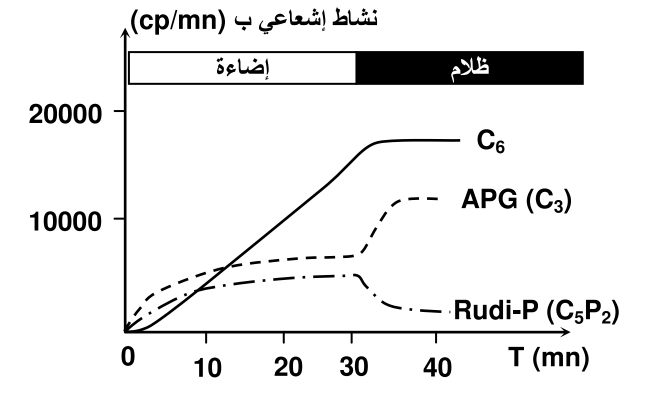
الوثيقة 11: اختزال CO2 الممتص وتركيب المادة العضوية

للكشف عن التحولات المتبادلة بين المواد المركبة حسب الإضاءة وحسب توفر CO_2 نستعمل تركيب Calvin ونقوم بالتجارب التالية:

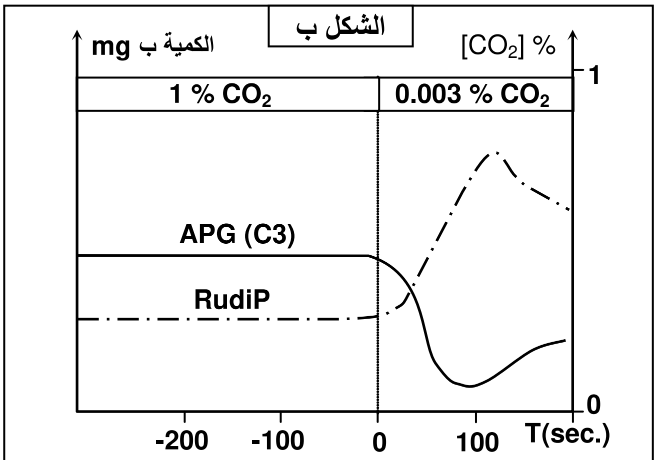
★عرضت عينة من الكلوريلات لفترة إضاءة متبوعة بفترة مظلمة مع قياس شدة الإشعاع عبر الزمن بالنسبة لثلاث مركبات كربونية: سكر سداسي الكربون (C_6) وRudiP وهو سكر خماسي الكربون (C_5) وAPG (C_3). النتائج مبينة على الشكل أ من الوثيقة.

★ في فترة ثانية تم وضع الكلوريلات بالتتالي في وسط غني ب CO2 (1%) ووسط فقير من CO2 (0.003%) مع إخضاعها لإضاءة ثابتة وقياس شدة الإشعاع بالنسبة لكل من RudiP وAPG (أنظر الشكل ب).

الشكل أ



الشكل ب



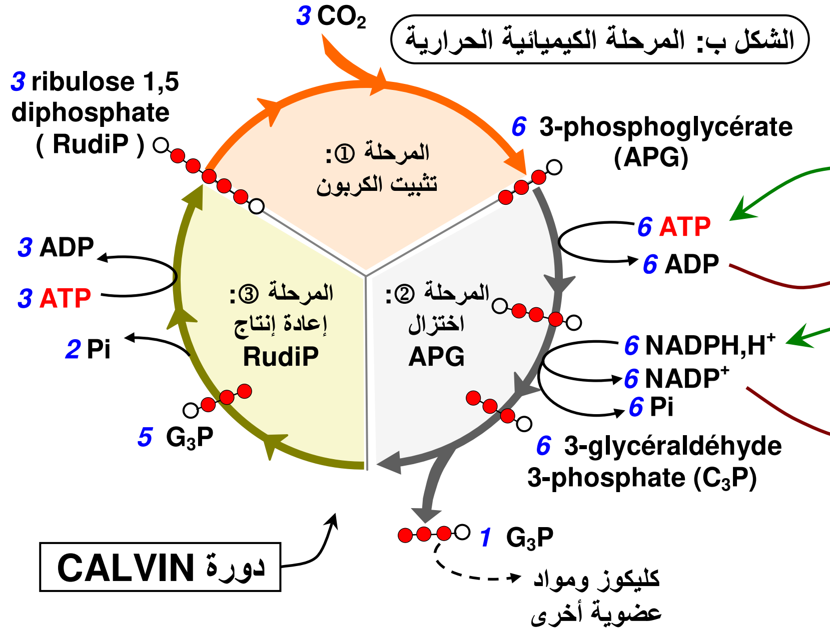
1) صف تطور كل من المركبات C_6 وC_5 وC_3 في مختلف مراحل التجربتين.

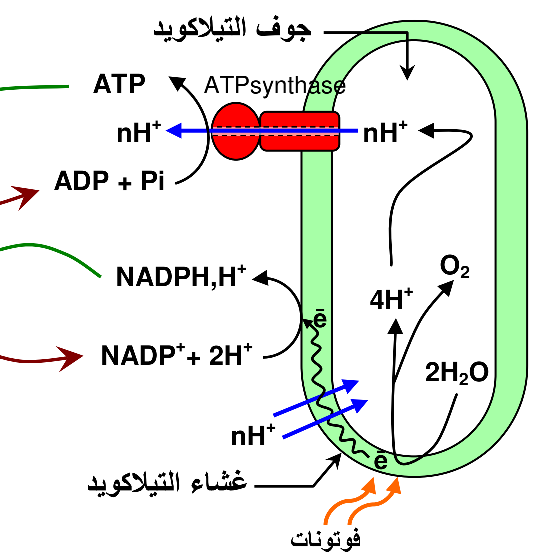
2) اقترح تفسيرا للتطور المتزامن لهذه المركبات (اربط العلاقة بين تطور كل من RudiP و APG ووجود CO_2 في الوسط).

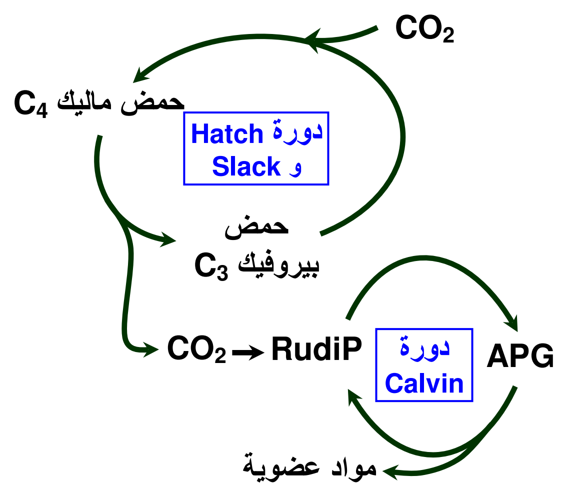
الوثيقة 12: تفاعلات دورة Calvin وعلاقتها بتفاعلات المرحلة الضوكيميائية

بينت عدة تجارب أن تفاعلات المرحلة المظلمة (شكل ب) ترتبط بالمرحلة المضاءة (شكل أ). ففي ستروما البلاستيدة الخضراء تتحول جزيئة **APG** عبر تفاعلات مستهلكة ل **ATP** و **NADPH,H+** إلى سكر ثلاثي الفوسفات C_3، مصدر تركيبات عضوية متنوعة، وإلى تجديد **RudiP**. تشكل هذه التفاعلات دورة بيوكميائية تدعى دورة **Calvin**. تعطي الوثيقة أسفله مزاوجة تفاعلات كل من المرحلة المضاءة (شكل أ) والمرحلة المظلمة (شكل ب).

أول معطيات هذه الوثيقة إلى نص علمي سليم محددا مراحل دورة **Calvin** مع الربط بين المرحلة المضاءة والمظلمة.

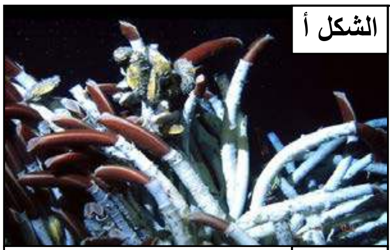




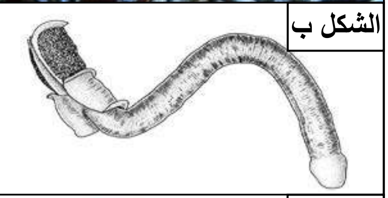
 	**الوثيقة 13: دمج CO_2 عند المخلدات** تضم فصيلة المخلدات النباتات المكيفة على العيش في المناطق الجافة، إذ تتميز بقدرتها على الاحتفاظ بكميات هائلة من الماء في بعض أجزائها، وتتميز بعدم انفتاح الثغور خلال النهار، مما يجعلها تمتص CO_2 خلال الليل فقط. عند المخلدات والنباتات C_4 كالذرة وقصب السكر، يتم تثبيت CO_2 خلال الليل على مستوى مركبات رباعية الكربون (C_4) (حمض ماليك مثلا). خلال النهار يتم انتزاع CO_2 منها ليدخل في دورة Calvin. يعتبر التركيب الضوئي عند النباتات (C_4) تكيفا مع العيش في المناطق الحارة والجافة. أبرز ذلك.

الوثيقة 14: الكائنات الكيميائية المعدنية التغذية

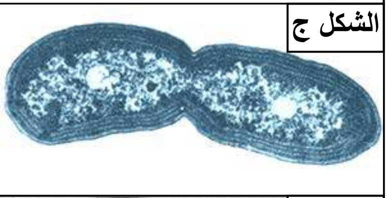
الشكل أ



الشكل ب



الشكل ج



الشكل د

★ في بداية ثمانينيات القرن العشرين اكتشفت فونة تحت بحرية تعيش في أعماق البحار التي تفوق 2500m، باستقلال تام عن الطاقة الشمسية، كحالة بعض البكتريات وحيوان ريفتيا Riftia pachyptila (الشكل أ وب)
تعيش هذه الكائنات ، بمحاذاة الذروات الوسط محيطية، حيث توجد مدخنات حرارية تنثر مجموعة من المركبات المعدنية المختزلة، من أهمها H_2S. تعمل البكتريات معدنية التغذية على أكسدتها من أجل تركيب المادة العضوية.

★ تتمكن بكتيريا من نوع Nitrosomonas (الشكل ج) من أكسدة محلول النشادر Ammoniac NH^+_4 إلى حمض النتروز NO^-_2 بوجود O_2 مع تحرير طاقة (ATP وRH_2) تعتبر مصدرا لإنتاج مادتها العضوية.

$$NH^+_4 + 3/2O_2 \rightarrow NO^-_2 + H_2O + 2H^+$$

★ تتمكن بكتيريا Nitrobacter (الشكل د) من أكسدة حمض النتروز NO^-_2 إلى حمض النتريك NO^-_3 :

$$NO^-_2 + 1/2O_2 \rightarrow NO^-_3$$

قارن بين مصدر الطاقة المستعملة من طرف النباتات اليخضورية ومصدر الطاقة المستعملة من طرف البكتيريات التي تعيش قرب الذروات الوسط محيطية، وبكتيريات التربة المعدنية التغذية.

الوثيقة 15: تنوع مصادر المادة ومصادر الطاقة واستعمالاتها من طرف الكائنات الحية

تختلف الكائنات الحية حسب	مصادر الطاقة	يمكنها استعمال الضوء (دائما يخضورية)	- لا تستعمل الضوء - تستعمل مواد تؤكسدها
مصادر المادة		ضوئية التغذية	كيميائية التغذية
تتطلب مواد معدنية فقط	ذاتية التغذية	ضوء معدنية التغذية تنجز عملية التركيب الضوئي (أغلبية الخلايا اليخضورية بوجود الضوء)	كيمياء معدنية التغذية تنجز تركيبا كيميائيا (بعض البكتريات كالبكتريات الأزوتية للتربة)
تتطلب مواد عضوية	اعتمادية التغذية (غير ذاتية التغذية)	ضوعضوية التغذية تستعمل معطيا عضويا للبروتونات والالكترونات في التركيب الضوئي (بعض البكتيريات اليخضورية)	كيمياء عضوية التغذية (عدد كبير من البكتريات والفطريات، الخلايا اللايخضورية للنباتات اليخضورية، خلايا يخضورية في الظلام)