

Η Φωτοσύνθεση ... αλλιώς ;

Το ιστορικό πείραμα του Priestley στο σχολικό περιβάλλον

Σκοπός

- Η παρατήρηση της ανταλλαγής αερίων στη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.
- Η ταυτοποίηση των αερίων της φωτοσύνθεσης.
- Η διαπίστωση της σχέσης της φωτοσύνθεσης με την κυτταρική αναπνοή.

Όργανα και υλικά απαραίτητα για το πείραμα

Γυάλινο βάζο π.χ. από μαρμελάδα που κλείνει αεροστεγώς

Πράσινο φυτό (π.χ. τσουκνίδα)

1 κεράκι ρεσώ

Πλέγμα αμιάντου.

Αναπτήρας με μακρύ ρύγχος



Το video του πειράματος (https://www.youtube.com/watch?v=_B44_4fyYEO&feature=youtu.be), μπορεί να αξιοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό ως εποπτικό υλικό προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν μέσω του ιστορικού πειράματος την ανταλλαγή των αερίων κατά τη φωτοσύνθεση και την ταυτοποίησή τους. Εναλλακτικά, με την παρακολούθηση του βιντεοσκοπημένου πειράματος, οι μαθητές π.χ. στο πλαίσιο του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας ή της Τεχνολογίας μπορούν να κατασκευάσουν τη δική τους αντίστοιχη διάταξη και να πραγματοποιήσουν το πείραμα. Ανάλογα θα μπορούσε το video να αξιοποιηθεί για κατασκευή της διάταξης από τους διδάσκοντες Φυσικές Επιστήμες. Επιπλέον εκπαιδευτικό υλικό για το πείραμα του Priestley, μπορούν οι μαθητές να παρακολουθήσουν στο «Φωτόδεντρο» (<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/4922?locale=el>).

Επιμέλεια

Νικόλαος Ιωάννου, Υπεύθυνος Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Πιερίας, ekfekate@gmail.com,

Ελένη Παλούμπα, Υπεύθυνη Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Λακωνίας, elpaloumpa1@gmail.com

Ιστορικοί & Επιστημονικοί Σταθμοί για τη Φωτοσύνθεση 300π.Χ. -2012 μ.Χ.

Έτος	Επιστήμονας	Ιδέα / Θεωρία / Άποψη
300 π.Χ.	Αριστοτέλης	«Τα φυτά, όπως και τα ζώα, απαιτούν τροφή.»
	Θεόφραστος	«Τα φυτά αποκτούν την τροφή τους μέσω των ριζών.»
1450	Nicholas of Cusa	Προτείνει (αλλά δεν εκτελεί ποτέ) ένα πείραμα στο οποίο ένα φυτό ζυγίζεται και στη συνέχεια φυτεύεται σε δοχείο που περιέχει ζυγισμένη ποσότητα χύματος. Μετά από μερικούς μήνες, τα τελικά βάρη του φυτού και του χύματος, και το συνολικό βάρος του νερού που χρησιμοποιήθηκε, συγκρίνονται με τις αρχικές τιμές. Επιχειρεί να δείξει ότι η μάζα του φυτού προέρχεται μόνο από το νερό.
1648	Jean Baptiste van Helmont	Εκτελεί το πείραμα που προτάθηκε από τον Nicholas of Cusa, σχεδόν 200 χρόνια νωρίτερα. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ολόκληρη η μάζα του φυτού προήλθε από το νερό.
1671	Marcello Malpighi	«Στα πράσινα φύλλα παράγεται η τροφή των φυτών.»
1679	Edme Mariotte	«Τα φυτά αποκτούν μέρος της τροφής τους από την ατμόσφαιρα.»
1699	John Woodward	Προσπαθεί να επιβεβαιώσει την υπόθεση του Van Helmont ότι στο νερό που καταναλώνουν τα φυτά οφείλεται η αύξηση της μάζας.
1727	Stephen Hales	«Είναι "πολύ πιθανό" να παίρνει το φυτό τροφή από τον αέρα. Το φως μπορεί επίσης να εμπλέκεται.»
1754	Charles Bonnet	Παρατηρεί εκπομπή φυσαλίδων από φύλλο βυθισμένο στο νερό.
1771	Joseph Priestley	Τοποθέτησε ένα αναμμένο κερί σε ένα κλειστό γυάλινο δοχείο και παρατήρησε ότι έσβησε. Στη συνέχεια, τοποθέτησε στο δοχείο ένα μικρό φυτό, το άφησε μερικές μέρες και, ανάβοντας το κερί μέσα στο ίδιο δοχείο, παρατήρησε ότι έκαιγε. Συμπέρανε ότι τα φυτά απελευθερώνουν «αέριο που συντηρεί την καύση». Διαπίστωσε ότι ένα φυτό και ένα ζώο μπορούν να επιβιώσουν για μικρό χρονικό διάστημα μέσα στο ίδιο κλειστό γυάλινο δοχείο.
1774	Antoine Lavoisier	Ανακαλύπτει το στοιχείο που ονομάζει «οξυγόνο». Αναγνωρίζει ότι αυτό καταναλώνεται τόσο στην αναπνοή των ζώων όσο και στην καύση. Καταρρίπτει τη θεωρία του «phlogiston», υποθετικής ουσίας που έως τότε πίστευαν ότι εκπέμπεται κατά τη διάρκεια της αναπνοής ή της καύσης. Θεμελιώνει τη σύγχρονη Χημεία
1779	Jan Ingenhousz	«Μόνο τα πράσινα μέρη φυτών απελευθερώνουν O_2 . Αυτό συμβαίνει μόνο 'όταν φωτίζονται από το ηλιακό φως.»
1782	Jean Senebier	«Το O_2 που παράγουν τα φυτά προέρχεται από το CO_2 που απορροφούν.» Έως τα μισά του 20ού αι., που εφαρμόστηκε η σήμανση των ατόμων, η λογικοφανής πρότασή του ήταν αποδεκτή.
1791	Comparetti	Παρατηρεί πράσινα κοκκία σε φυτικούς ιστούς, τα οποία αργότερα αναγνωρίστηκαν ως χλωροπλάστες.
1804	Nicolas de Saussure	Αποδεικνύει ότι ο άνθρακας που απορροφάται και προέρχεται από το ατμοσφαιρικό CO_2 δεν μπορεί να αποδώσει πλήρως την αύξηση του βάρους ενός φυτού. Υποθέτει ότι το πρόσθετο βάρος προέρχεται από νερό.
1818	P. J. Pelletier, J. B. Caventou	Ονομάζουν "χλωροφύλλη" την πράσινη χρωστική των φυτών.
1837	Rene Dutrochet	Συνδέει τη χλωροφύλλη και την ικανότητα των φυτών να αφομοιώνουν το CO_2 . Αναγνωρίζει τα στόματα των φύλλων.
1842	Matthias Schleiden	«Το μόριο του νερού διασπάται στη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.»
1844	Hugo von Mohl	Κάνει λεπτομερείς παρατηρήσεις στη δομή των χλωροπλάστων.
1845	Julius Robert von Mayer	«Ο ήλιος είναι η πηγή ενέργειας για τους ζωντανούς οργανισμούς. Η φωτοσύνθεση είναι μετατροπή φωτεινής ενέργειας σε χημική.»
1862	Julius von Sachs	Έντοπιζει σε χλωροπλάστες σχηματισμό αμόλυου εξαρτώμενο από το φως. Καταλήγει στην: $6CO_2 + 6H_2O + \text{φωτεινή ενέργεια} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

1864	Jean Baptiste Boussingault	Κάνει ακριβείς ποσοτικές μετρήσεις της πρόσληψης CO_2 και της παραγωγής O_2 και εξάγει μια ισοσταθμισμένη εξίσωση για τη φωτοσύνθεση: $6CO_2 + 12H_2O + \text{φωτεινή ενέργεια} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$
1873	Emil Godlewski	«Ο C προέρχεται από το ατμοσφαιρικό CO_2 . Ο σχηματισμός αμύλου σε φωτισμένα φύλλα εξαρτάται από την παρουσία CO_2 .»
1883	Theodor Wilhelm Engelmann	Φώτισε τμήματα ενός φύκους με μονοχρωματικές ακτινοβολίες. Διαπίστωσε ότι τα αερόβια βακτήρια που είχαν δυνατότητα κίνησης συγκεντρώνονταν σε εκείνη την περιοχή του νηματίου που φωτιζόταν από την ερυθρή ακτινοβολία. Διαπίστωσε στη συνέχεια ότι η συγκέντρωση του οξυγόνου σ' αυτή την περιοχή ήταν μεγαλύτερη. Συμπέρανε ότι η ερυθρή ακτινοβολία ήταν πιο αποτελεσματική για τη φωτοσύνθεση από την μπλε ακτινοβολία
1883	Arthur Meyer	Περιγράφει τους κόκκους των χλωροπλαστών.
1893	Charles Barnes	«Η διαδικασία με την οποία τα φωτισμένα πράσινα φυτά παράγουν ανθρακούχες ενώσεις καλείται είτε "φωτοσύνταξη" είτε "φωτοσύνθεση". «Προτιμά το πρώτο, αλλά η "φωτοσύνθεση" υιοθετείται.
1905	F. F. Blackman	«Η φωτοσύνθεση αποτελείται από δύο τύπους αντιδράσεων: μία ταχεία φωτοχημική διεργασία εξαρτώμενη από το φως και μια πιο αργή βιοχημική διαδικασία. «
1913	Richard Willstätter, Arthur Stoll	Δημοσιεύουν μελέτες σχετικά με τη δομή και τη χημεία της χλωροφύλλης. Στον Willstätter απονέμεται βραβείο Νόμπελ το 1915.
1937	Robert (Robin) Hill	«Η απελευθέρωση O_2 κατά τη φωτοσύνθεση συμβαίνει μόνο παρουσία φωτός. Μπορεί να παραχθεί O_2 ακόμα και αν δεν υπάρχει διαθέσιμο CO_2 .» Οι αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης που συμβαίνουν στο φως ονομάστηκαν "φωτεινές" ή "αντιδράσεις Hill".
1941	Cornelis van Niel	Δείχνει ότι τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια που χρησιμοποιούν H_2S ως δότη ηλεκτρονίων παράγουν στοιχειακό S αντί για O_2 . Προτείνει κατ' αναλογία ότι το O_2 που απελευθερώνεται στη φυτική φωτοσύνθεση προέρχεται από το H_2O και όχι από το CO_2 .
1941	Samuel Ruben και Martin Kamen	Χρησιμοποιούν νερό επισημασμένο με το βαρύ ισότοπο ^{18}O για να επιβεβαιώσουν ότι το οξυγόνο που παράγεται στη φωτοσύνθεση προέρχεται από το H_2O .
1954	Daniel Arnon	«Υπάρχει φωτο-εξαρτώμενος σχηματισμός ATP σε χλωροπλάστες.»
1955		Χλωροπλάστες μπορούν να κάνουν πλήρη φωτοσύνθεση.
1956	Melvin Calvin και οι συνάδελφοί του	Με ραδιενεργά επισημασμένο $^{14}CO_2$ αποκαλύπτει την οδό αφομοίωσης C στη φωτοσύνθεση. Διερευνά της «σκοτεινής φάσης» της φωτοσύνθεσης: «Οι σκοτεινές αντιδράσεις είναι κυκλική διαδικασία, ο "κύκλος του Calvin".» Οδηγεί στη δέσμευση και αναγωγή του CO_2 . Βραβείο Νόμπελ 1961.
1957	Robert Emerson	Ανακαλύπτει ότι οι φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης αποτελούνται από δύο φωτοχημικά συστήματα
1960	Robert Woodward	Συνθέτει χλωροφύλλη. Βραβείο Νόμπελ, 1965.
1960	Robin Hill & Fay Bendall	«Εισάγουν το μοντέλο "Z-scheme" για τις φωτοσυνθετικές αντιδράσεις.»
1961	Louis Duysens	Παρέχει στοιχεία για την υποστήριξη του "Z-scheme".
1968	Roderick Clayton	Απομονώνει τα κεντρικά σύμπλοκα των αντιδράσεων.
1970	Bessel Kok	Προτείνει το μοντέλο "S-States" για να εξηγήσει την σταδιακή οξειδωση του H_2O και την απελευθέρωση του O_2 .
1984	Hans Deisenhofer, Hartmut Michel, Robert Huber	Κρυσταλλώνουν το κέντρο της φωτοσυνθετικής αντίδρασης από ένα πορφυρό βακτήριο και χρησιμοποιούν τεχνικές περιθλασης ακτίνων X για τον προσδιορισμό της λεπτομερούς δομής του. Βραβείο Νόμπελ, 1988.
2000	Koichi Kobayashi	Προσδιόρισε με ακρίβεια τον ρόλο της χλωροφύλλης στη φωτοσύνθεση.
2006	Junko Yano, Vittal Yachandra et.al	Καθορίζουν τη δομή του συμπλέγματος διαχωρισμού μαγνανίου-ασβεστίου.
2012	David Tiede	Μελετά την επίδραση των φωτονίων στη φωτοσύνθεση.

ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ:

- <https://www.timetoast.com/timelines/1658117> Η ιστοριογραμμή των επιστημονικών σταθμών και μελετητών της Φωτοσύνθεσης από το 300 π.Χ. έως το 2012 μ.Χ.
- <https://www.youtube.com/watch?v=Pn98TvNL9sM> Το πείραμα του Priestley από το Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας. Η 1^η εκδοχή
- <https://www.youtube.com/watch?v=2v0n1S8J5FM> Το πείραμα του Priestley από το Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας. Η 2^η εκδοχή
- https://www.youtube.com/watch?v=_B44_4fyYEO&feature=youtu.be Το πείραμα του Priestley από το Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας. Η 3^η εκδοχή
- <http://photodentro.edu.gr/lor/handle/8521/3137>. Ανίχνευση του αμύλου που σχηματίζεται κατά τη φωτοσύνθεση. Φωτόδεντρο
- <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/4922?locale=el> Το πείραμα του Priestley. Φωτόδεντρο
- <https://quizlet.com/234048633/match> Ηλεκτρονικό Φύλλο αξιολόγησης - Quizlet
- <http://bit.ly/2zQfYHS> Ηλεκτρονικό φύλλο - παιχνίδι αξιολόγησης - Kahoot!
- http://photobiology.info/History_Timelines/Hist-Photosyn.html Brennan, T., Photosynthesis timelines
- <https://historicalcasestudyphotosynth.weebly.com/350-bce---1860.html> Photosynthesis
- <https://prezi.com/etx58ddwesz3/photosynthesis-timeline/> «Ιστοριογραμμή» της Φωτοσύνθεσης
- <http://bit.ly/2yp4N57> Η ιστορία της Φωτοσύνθεσης.
- <http://bit.ly/2zbCIx2> Biology Vol II
- http://ekfe.eyr.sch.gr/erg_odhgoi/erg_od_bio_b_gp_lyk.pdf Εργαστηριακός Οδηγός Βιολογίας Γενικής Παιδείας Β΄ Λυκείου.
- http://ekfe.kar.sch.gr/keimena/2017-18/didili_gel_2017-18.pdf Οδηγίες διδασκαλίας μαθημάτων Φυσικών Επιστημών 2017-2018.
- <http://bit.ly/2gGesMH> Καλλιεργώντας υπό το φως των LED
- <http://bit.ly/2wXjTwO> Ανακαλύφθηκε ζώο που φωτοσυνθέτει
- <http://bit.ly/2gd1V2B> Φωτοσύνθεση και φωτο-αποσύνθεση
- <http://bit.ly/2yMP2rG> Τα πρώτα βιονικά φυτά με «τούρμπο» φωτοσύνθεση
- <http://bit.ly/2yn7vrt> Ρεύμα με τεχνητή φωτοσύνθεση

