

## Ιστορικά πειράματα στη διδασκαλία της Βιολογίας

### Σύνοψη

Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, δεν πρέπει εξαντλείται στην απαγωγική προσέγγιση μέσα από την διατύπωση και χρήση των νόμων που αποτελούν τη σύγχρονη, καλύτερα τεκμηριωμένη άποψη για τις ιδιότητες της φύσης. Αναπόσπαστο στοιχείο της διδασκαλίας πρέπει να είναι και η επαγωγική πειραματική-εργαστηριακή προσέγγιση των ΦΕ, και ιδιαίτερα μέσα από την ιστορική τους διαδρομή. Ο κύριος στόχος της ιστορικής προσέγγισης των ΦΕ είναι να καταδείξει στους μαθητές ότι οι υπάρχουσες θεωρίες και φυσικοί νόμοι έχουν προκύψει μέσα από πολλές αλλαγές και επαναδιατυπώσεις (Αθανασίου, 2015). Έτσι, στην ιστορία της επιστήμης και εν προκειμένω στη Βιολογία, υπάρχουν πειράματα που αποτέλεσαν σημεία αναφοράς για τη μετέπειτα πορεία της, πειράματα που στην παρούσα εργασία ονομάζονται “ιστορικά”. Η αξία τους είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί φέρνουν τους μαθητές πιο κοντά στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης και ταυτόχρονα, τους δίνει τη δυνατότητα να αντιληφθούν το πώς διασυνδέονται όλοι οι κλάδοι των επιστημών και πώς χρησιμοποιούνται οι ήδη υπάρχουσες γνώσεις σε ένα πεδίο για την προαγωγή ενός νέου πεδίου της επιστήμης. Για το λόγο αυτό περιγράφονται τέσσερα “ιστορικά” πειράματα, που μπορούν να πραγματοποιηθούν, να αναλυθούν και να συζητηθούν στο σχολικό εργαστήριο:

1. Χρησιμοποίηση ελατηρίου και laser-pointer, για τη μελέτη πτυχών των πειραμάτων και των ερμηνειών τους, που οδήγησαν στην ανακάλυψη της δομής του DNA.
2. Ανάπτυξη μικροβίων σε στερεές καλλιέργειες, με τη χρήση πατάτας ως θρεπτικό υλικό. Αναπαράγονται πειράματα που αναδεικνύουν τους προβληματισμούς και τις λύσεις που έδωσε ο Koch στην απομόνωση μικροβίων.
3. Μετασκευή με απλά υλικά των σχολικών μικροσκοπίων, ώστε να είναι ικανά για μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου. Οι μαθητές ανακαλύπτουν πώς η εκμετάλλευση των ιδιοτήτων του φωτός παρήγαγε μία ποικιλία τεχνικών μικροσκοπίας, οι οποίες με τη σειρά τους έδωσαν ώθηση στη Βιολογία.
4. Κατασκευή θερμιδομέτρου με απλά υλικά και μέτρηση-σύγκριση της θερμιδικής αξίας διαφόρων ουσιών. Οι μαθητές κατανοούν πώς η χρήση κλασσικών τεχνικών Χημείας μπορεί να βοηθήσει στη διερεύνηση Βιολογικών προβλημάτων.

### Abstract

Teaching science in secondary education should not be limited in presenting the better documented views on nature, mere through wording natural laws. An experimental approach, with a historical account integrated, should be an integral part of our teaching. Main target of this approach is to evince that the natural laws, as stated today, are the result of many changes and restatements. In this course, there are some experiments, which proved to be a turning point in our understanding of nature and are called in this paper, “historical”. They are of great value for the students, as they help them understand the nature of science and set examples of how advancements in a field of science can be a tool in advancing another field.

Four such experiments are discussed in this paper:

1. The discovery of the double-helix structure of DNA, through a representation of those experiments, with the use of a spring and a laser-pointer.
2. The development of solid culture media and its role in microbe isolation. Some of the experiments of Koch are reproduced with the use of potato slices.
3. The transformation of a school bright field microscope into a dark field one, with the use of simple materials. The students can see how the advancement in our understanding on the properties of light led to a boost in biological microscopy.
4. The construction of a calorimeter with the use of simple materials. Classical chemical techniques are used to solve biological problems, such as the determination of the energy value of various food ingredients.

## Αναλυτική περιγραφή των πειραμάτων

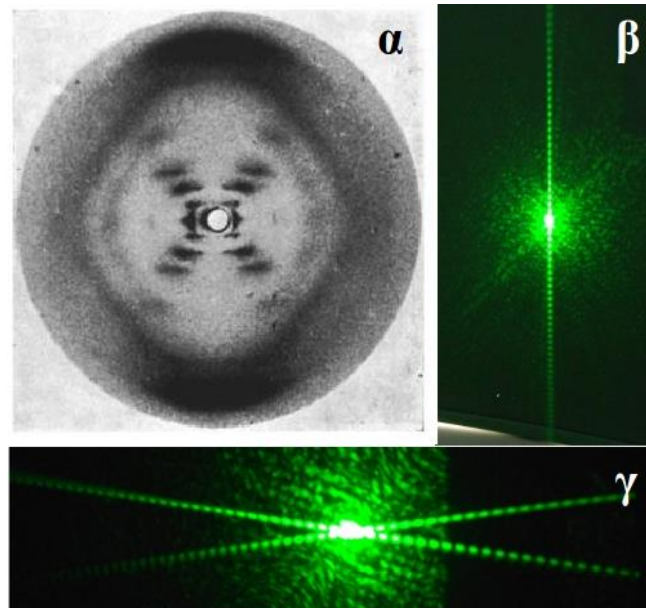
### A. Η ανακάλυψη της δομής του DNA

Τα πειράματα που οδήγησαν στην ανακάλυψη της δομής του DNA ήταν κυρίως πειράματα κρυσταλλογραφίας και τα πιο κρίσιμα από αυτά έγιναν το 1952 από τη Rosalind Franklin και το Raymond Gosling. Εκείνοι χρησιμοποίησαν ακτίνες X, με τις οποίες ακτινοβόλησαν κρυστάλλους DNA και ανέλυσαν τις εικόνες περίθλασης που πήραν σε φωτογραφίες, όπως αυτή της εικόνας 1α, που έχει γίνει διάσημη ως φωτογραφία 51.

Στο σχολικό εργαστήριο μπορούμε να δούμε κάποιες από τις πτυχές αυτών των πειραμάτων, αναλύοντας φαινόμενα περίθλασης του φωτός, απλά και με καθημερινά υλικά, με βάση τα πειράματα των Braun et al. (2011). Όταν μία δέσμη φωτός (πχ. από ένα laser-pointer) πέσει πάνω σε ένα λεπτό σύρμα, θα δημιουργηθούν δύο πηγές κύματος, μία στην πάνω επιφάνεια του σύρματος και μία στην κάτω. Το αποτέλεσμα είναι να γίνει σύνθεση των κυμάτων, οπότε, σε μία επιφάνεια πίσω από το σύρμα, θα βλέπουμε ενισχυτικές συμβολές και αποσβέσεις, όπως η γραμμή της εικόνας 1β.

Μετρώντας τις αποστάσεις των συμβολών και χρησιμοποιώντας την κατάλληλη μαθηματική σχέση, μπορούμε να υπολογίσουμε το πάχος του σύρματος. Αν αντί για λεπτό σύρμα χρησιμοποιήσουμε ελατήριο, θα πάρουμε στην επιφάνεια πίσω από το ελατήριο ένα σχήμα “X”, που είναι χαρακτηριστικό της ελικοειδούς δομής του ελατηρίου (εικόνα 1γ). Η γωνία που σχηματίζουν οι δύο γραμμές είναι ίδια με τη γωνία που σχηματίζουν οι σπείρες του ελατηρίου και έτσι, μπορούμε να εκτιμήσουμε το βήμα της έλικας.

**Εικόνα 1. α:** Η φωτογραφία 51 των Franklin και Gosling. **β:** Περίθλαση του φωτός σε λεπτό σύρμα. **γ:** Περίθλαση του φωτός σε ελατήριο.



### B. Οι στερεές καλλιέργειες του Koch

Ο Robert Koch είχε σημαντική συμβολή στην πρόοδο της μικροβιολογίας. Κατά τις μελέτες του για την καθιέρωση αυτών που έμειναν στην ιστορία ως “τα κριτήρια του Κοχ” εμφανίστηκε η ανάγκη απομόνωσης μικροβίων και ανάπτυξης σε μία καλλιέργεια μόνο του υπό μελέτη στελέχους. Το αποτέλεσμα ήταν η ανάπτυξη και η καθιέρωση των στερεών θρεπτικών υλικών, για την απομόνωση μικροβίων. Το πρώτο βήμα στην πορεία αυτή ήταν καλλιέργειες σε λεπτές φέτες από πατάτες. Εκεί ο Koch πρωτοπαρατήρησε αποικίες βακτηρίων. Στη συνέχεια, εξαιτίας του γεγονότος ότι στην πατάτα δεν αναπτύσσονταν πολλά είδη βακτηρίων, προχώρησε σε λύσεις που περιελάμβαναν τη ζελατίνη και αργότερα, το άγαρ (Madigan et al., 2012).

Στο σχολικό εργαστήριο μπορούμε να αναπαράγουμε τα πρώτα βήματα αυτής της πορείας. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε γυάλινα τρυβλία, στα οποία, αφού τοποθετήσουμε φέτες πατάτας, τα αποστειρώνουμε σε χύτρα. Οι μαθητές μπορούν να εμβολιάσουν τις στερεές καλλιέργειες με κάποιον μικροοργανισμό (μούχλα από φρούτα είναι μία πολύ εύκολη λύση) με τέτοιον τρόπο ώστε, μετά από λίγες μέρες, που θα αναπτυχθούν οι μύκητες, να δουν μεμονωμένες αποικίες ή τα σχήματα που “ζωγράφισαν” πάνω στα τρυβλία (εικόνα 2).

**Εικόνα 2.** Δημιουργία σχεδίων με εμβολιασμό με κατάλληλο τρόπο σε στερεές καλλιέργειες με πατάτα.



### Γ. Μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου

Ο πιο κοινός τύπος μικροσκοπίας και αυτός που χρησιμοποιούν οι μαθητές στο σχολικό εργαστήριο είναι αυτός του φωτεινού πεδίου. Είναι όμως σημαντικό να αντιληφθούν οι μαθητές ότι εφαρμόζοντας τις ιδιότητες του φωτός μπορούμε αναπτύξουμε διάφορες τεχνικές μικροσκοπίας. Μία από αυτές είναι η μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε το 19<sup>ο</sup> αιώνα και καθιερώθηκε σε Βιολογικές εφαρμογές στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, με τη μελέτη παθογόνων μικροοργανισμών, όπως του *Spirochaeta pallida* (Gage, 1920). Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται είτε για αντικείμενα που εκπέμπουν τα ίδια ακτινοβολία (πχ. φθορισμός) ή για αντικείμενα που φωτίζονται υπό γωνία. Στην τελευταία, το φως σκεδάζεται στο παρασκεύασμα και κατευθύνεται προς τον οφθαλμό του παρατηρητή, με αποτέλεσμα να φαίνεται φωτεινό το αντικείμενο και σκοτεινό το φόντο.

**Εικόνα 3. α:** Τοποθέτηση μαύρου δίσκου μεγέθους ενός λεπτού του ευρώ στην επιφάνεια κάτω από το συγκεντρωτή. **β:** Εικόνα μικροβίων με μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου.



Είναι πολύ εύκολη η μετατροπή ενός σχολικού μικροσκοπίου σε μικροσκόπιο σκοτεινού πεδίου, με την τοποθέτηση ενός μαύρου δίσκου (από χαρτόνι, μεγέθους κέρματος του ενός λεπτού), στην επιφάνεια κάτω από το συγκεντρωτή, όπως φαίνεται στην εικόνα 3α.

Με τον τρόπο αυτό παρατηρούμε στο μικροσκόπιο εικόνες όπως αυτή της εικόνας 3β.

Η αξία της τεχνικής αναδεικνύεται στην περίπτωση που οι μαθητές παρατηρούν ζωντανά κινούμενα παρασκευάσματα (πχ. πρωτοζώων).

#### Δ. Εκτίμηση της θερμιδικής αξίας των τροφίμων

Ο παραδοσιακός τρόπος εκτίμησης της θερμιδικής αξίας των τροφών είναι ο άμεσος, με τη μέτρηση της θερμότητας που εκλύεται κατά την πλήρη καύση ζυγισμένης ποσότητάς τους σε ένα θερμιδόμετρο τύπου οβίδας. Η θερμότητα που εκλύεται θερμαίνει μία ορισμένη ποσότητα νερού και από την αύξηση της θερμοκρασίας υπολογίζεται το θερμιδικό περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε (Καλογερόπουλος, 2006).

Οι μαθητές μπορούν με απλά υλικά να κατασκευάσουν ένα τέτοιο θερμιδόμετρο (εικόνα 4).

Στη συνέχεια, μπορούν να εκτιμήσουν τη διαφορά στη θερμιδική αξία ανάμεσα σε διάφορους τύπους τροφών – ενδεικτικά, τη διαφορά ανάμεσα στα λίπη και τους υδατάνθρακες. Η πιο απλή πηγή λίπους για την πραγματοποίηση του πειράματος μπορεί να είναι το ελαιόλαδο, ενώ πηγή υδατάνθρακα που θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, μπορεί να είναι ένα κομμάτι ξύλο.

**Εικόνα 4.** Κατασκευή θερμιδόμετρου με το μαύρο δοχείο μέτρησης της απορρόφησης ακτινοβολίας, κουτί από καφέ, σύρμα για ανάδευση και μονωτικό υλικό.



#### Βιβλιογραφία

Αθανασίου, Κ. (2015). *Διδακτική της Βιολογίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Κάλλιπος.

Καλογερόπουλος Ν. (2006). Η δημιουργία βάσεων δεδομένων σύνθεσης τροφίμων. Στο: Δ. Β. Παναγιωτάκος (Επιμ.), *Μεθοδολογία της Έρευνας και της Ανάλυσης Δεδομένων για τις Επιστήμες της Υγείας* (σελ. 231- 263). Αθήνα: Εκδόσεις Κωστάκη.

Braun, G., Tierney, D., & Schmitzer, H. (2011). How Rosalind Franklin Discovered the Helical Structure of DNA: Experiments in Diffraction. *The Physics Teacher*, 49, 140-143.

Gage, S. H. (1920). Modern dark-field microscopy and the history of its development. *Transactions of the American Microscopical Society*, 39, 95-141.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A., & Clark, D. P. (2012). *Brock Biology of Microorganisms* (12th ed.). San Francisco: Benjamin Cummings.