

## Μοντέλο προσομοίωσης Φυσικής επιλογής

Ελευθερία Φανουράκη  
Εκπαιδευτικός, Υπεύθυνη 1<sup>ου</sup> ΕΚΦΕ Ηρακλείου  
efanouraki@sch.gr

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα πείραμα κατάλληλο για μαθητές Γ' Γυμνασίου και Γ' Λυκείου με σκοπό την κατανόηση της έννοιας της Φυσικής επιλογής και πως αυτή σχετίζεται με την εξέλιξη των ειδών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της διερεύνησης και της ανακαλυπτικής μάθησης. Στο πείραμα αυτό, οι μαθητές προσομοιώνουν τους θηρευτές (Σπίνοι) και καλούνται να επιλέξουν τα θηράματα τους (Σκαθάρια), τα οποία προσομοιώνουν κόκκοι ρυζιού σε φυσικό χρώμα και βαμμένοι με χρωστικές τροφίμων (μπλέ και κόκκινο) σε περιβάλλον με περλίτη (υπόστρωμα) βαμμένο με τα αντίστοιχα χρώματα. Ομάδες 3-4 μαθητών, με τη χρήση λαβίδων που έχουν το ρόλο του ράμφους των πουλιών θηρευτών, συλλέγουν κόκκους ρυζιού από δοχεία που περιέχουν 100 κόκκους 2 χρωμάτων (50 κόκκοι ίδιου χρώματος με το υπόστρωμα και 50 κόκκοι διαφορετικού χρώματος) για 1 λεπτό και στη συνέχεια, αφού μετρήσουν τους κόκκους που συνέλεξαν, τους αντικαθιστούν με νέους 50% ανα χρώμα για να φτάσουν πάλι τον αρχικό αριθμό (100) και συμπληρώνουν τους αριθμούς σε πίνακα. Μετά την επανάληψη της διαδικασίας 4-5 φορές, γίνεται εμφανής η διαφορά στον αριθμό των ατόμων μεταξύ των δυο χρωμάτων και η επικράτηση στον πληθυσμό των καλύτερα προσαρμοσμένων ατόμων.

**Λέξεις κλειδιά:** Εξέλιξη, Φυσική επιλογή, προσαρμογή, καμουφλάζ

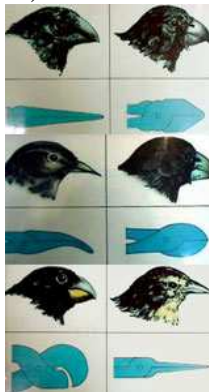
### Εισαγωγή

Η έννοια της εξέλιξης είναι γενικά παρεξηγημένη από τους μαθητές, αλλά και την κοινωνία γενικότερα. Πολύ συχνά συγχέεται με τη θρησκεία, κυρίως στο θέμα της προέλευσης του ανθρώπου (National Center for Science Education, 2012, Εξέλιξη: Δαρβίνος & Θρησκεία, Ερευνητική Εργασία Α' λυκείου, 2012) και υπάρχουν πληθώρα εναλλακτικών ιδεών και παρανοήσεων από τους μαθητές (The University of California, 2012). Σε Διεθνή έρευνα που έλαβε χώρα το 2006 και δημοσίευσε η εφημερίδα «Τα Νέα», το 2009, φαίνεται ότι μόνο το 54% του πληθυσμού στη χώρα μας αποδέχεται τη θεωρία της εξέλιξης. Η αναγκαιότητα της διδασκαλίας της εξέλιξης, αλλά και η ιστορία της στο ελληνικό σχολείο, περιγράφονται αναλυτικά στο άρθρο της Πρίνου κ.α., 2004, ενώ οι αντιλήψεις των ελλήνων μαθητών αποτυπώνονται σε έρευνες, όπως αυτήν της Πρίνου κ.α., 2007, σε 411 μαθητές της Α' Λυκείου ανά την Ελλάδα αλλά και σε μια έρευνα που έλαβε χώρα στο 3<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Αγρινίου, σε 290 μαθητές της Β' και Γ' τάξης Λυκείου, το 2010. Κατά την περίοδο συγγραφής της παρούσας εργασίας (2015-16), οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με το θέμα για πρώτη φορά στη Γ' τάξη Γυμνασίου και στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου, με μεγάλη πιθανότητα να μην το διδαχθούν λόγω έλλειψης χρόνου και ακολουθεί η διδασκαλία της εξέλιξης στην τελευταία τάξη του Λυκείου, πάλι στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου της Βιολογίας Γενικής παιδείας Γ' τάξης Λυκείου, παρόλο που η κατανόηση της εξέλιξης θεωρείται καθοριστική στο να μπορούν οι μαθητές να συνθέτουν και να ενοποιούν ποικίλες βιολογικές έννοιες (Demastes, et al. 1995, Settlage, 1994). Υπάρχουν αρκετές ερευνητικές εργασίες που αναδεικνύουν τη δυσκολία των μαθητών και φοιτητών να κατανοήσουν την Εξελικτική Θεωρία και αναζητούν τρόπους για την αποτελεσματικότερη διδασκαλία της (Πρίνου κ.α., 2007, Demastes, et al. 1995, Settlage, 1994). Οι Demastes, et al., 1995 έδειξαν ότι, παρόλο που ούτε οι φοιτητές, ούτε οι μαθητές που αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας τους, αντιλαμβάνονταν ικανοποιητικά την έννοια της εξέλιξης, η διδασκαλία του θέματος με τη διερευνητική μέθοδο είχε καλύτερα αποτελέσματα στους μαθητές σε σχέση με την κλασική μεθοδολογία διδασκαλίας που ακολουθήθηκε στο δείγμα των φοιτητών. Στη χώρα μας, σε συμφωνία με τις προαναφερθείσες έρευνες, τα αποτελέσματα της έρευνας της Πρίνου κ.α. (2007), που αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του ελληνικού σχολείου για έννοιες της εξελικτικής θεωρίας, έδειξαν μεν μία αναγνώριση ή και αποδοχή της

ιδέας της εξέλιξης εκ μέρους της πλειονότητας των μαθητών του δείγματος, αλλά έδειξαν άγνοια για τους μηχανισμούς, με τους οποίους συμβαίνει. Συνεπώς, γίνεται φανερό ότι θα πρέπει να επικεντρωθούμε περισσότερο στη μεθοδολογία διδασκαλίας της εξελικτικής θεωρίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (Demastes, et al. 1995).

Ο μηχανισμός με τον οποίο συντελείται η εξέλιξη των ειδών είναι η φυσική επιλογή. Μέσω της φυσικής επιλογής, οι οργανισμοί που είναι καλύτερα προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον αφήνουν περισσότερους απογόνους από εκείνους που είναι λιγότερο προσαρμοσμένοι. Η θεωρία της φυσικής επιλογής διατυπώθηκε επίσημα το 1858, από τον Κάρολο Δαρβίνο και στηρίζεται στην παρατήρηση πως ορισμένες διαφορές μεταξύ των ατόμων σε έναν πληθυσμό είναι κληρονομήσιμες. Επειδή οι διάφορες περιοχές έχουν διαφορετικές συνθήκες και διαφορετικές ευκαιρίες επιβίωσης, διαφορετικοί οργανισμοί επιλέγονται από τη φυσική επιλογή ως οι πιο προσαρμοσμένοι στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

Όταν ο Δαρβίνος βρισκόταν στα νησιά Calapagos, μεταξύ των άλλων συλλογών του, συνέλεξε πολλά είδη πουλιών και μεταξύ αυτών, πολλούς σπίνους. Όταν επέστρεψε στην Αγγλία ζήτησε από τον Ορνιθολόγο John Gould να αναλύσει τη συλλογή του. Ο Gould κατέταξε τους σπίνους σε 13 είδη. Τα 13 αυτά είδη, τα οποία μοιάζουν με τα σπουργίτια και ονομάστηκαν «σπίνι του Δαρβίνου», παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό ομοιότητας, κυρίως σε ότι αφορά το χρώμα, το σχήμα και το φτέρωμα. Διαφέρουν όμως ως προς το σχήμα του ράμφους τους (στην Εικόνα 1) το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο είδος τροφής (σπόροι ή έντομα) και στο ενδιαίτημα τους (ζουν στο έδαφος ή πάνω στα δένδρα) (Σκούρας, 2004).

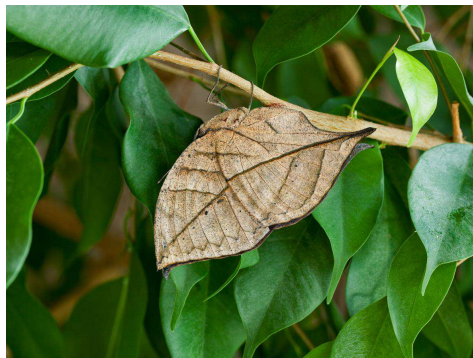


**Εικόνα 1. Είδη ράμφους σε σπίνους (Σκούρας, 2004).**

Οι οργανισμοί λείες, από την πλευρά τους διαθέτουν διαφόρων ειδών άμυνες, όπως:

- 1) την ταχύτητα φυγής (τρέχοντας, πετώντας ή κολυμπώντας)
- 2) την κρύψη (ιδιαίτερα σε ώρες του εικοσιτετραώρου που οι πιθανοί εχθροί τους είναι ιδιαίτερα δραστήριοι και αποτελεσματικοί).
- 3) τη δυσοσμία (ιδιότητα σωτήρια για κάποια ζώα ή φυτά)
- 4) τη θωράκιση (κέρατα, φολίδες, λέπια, σκληροί εξωσκελετοί σε ζώα, τραχιά επιδερμικά κύτταρα σε φυτά, άκανθες σε ζώα και φυτά)
- 5) τη δυσάρεστη ή δηλητηριώδη γεύση (σε ζώα και φυτά), η οποία αν δεν μπορέσει να προφυλάξει ορισμένες φορές το συγκεκριμένο άτομο, προφυλάσσει σε συνδυασμό με τα προειδοποιητικά χρώματα που φέρουν τα δύσγευστα είδη, τουλάχιστον τα ομοειδή του.
- 6) την ενεργή μαχητική άμυνα με κέρατα, οπλές κλπ.

Μια σχετιζόμενη με την κρύψη στρατηγική, που οι οργανισμοί - λείες χρησιμοποιούν για να προφυλαχθούν είναι η ομοιοχρωμία (καμουφλάζ - camouflage). Η ομοιοχρωμία σε συνδυασμό με την αργή κίνηση, κάνει τα ζώα που διαθέτουν αυτές τις ιδιότητες πολύ δύσκολα αντιληπτά. Κορυφαία παραδείγματα αποτελούν τα διάφορα είδη χαμαιλέοντα (σπονδυλωτά) και τα κεφαλόποδα, τα φασμίδια και οι πεταλούδες (στην εικόνα 2) (ασπόνδυλα) (Βλάχος & Κολλάρος, 1998, Stevens & Merilaita, 2009).




***Kallima paralekta*, ένα είδος πεταλούδας της Ινδίας που μιμείται νεκρό φύλλο (National Geographic, 2014)**

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα πειραματικό σενάριο (αναμορφωμένη πρόταση του πειράματος από την ιστοσελίδα του Nuffield foundation (2011)) κατάλληλο για μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου, με σκοπό την κατανόηση της έννοιας της Φυσικής επιλογής και πως αυτή λειτουργεί ως μηχανισμός της εξέλιξης των ειδών με τη μέθοδο της διερεύνησης και της ανακαλυπτικής μάθησης.

### **Υλικά και μέθοδοι**

Παρακολουθούμε με τους μαθητές μια απλή μεταγλωττισμένη προσομοίωση φυσικής επιλογής λόγω θήρευσης (<https://youtu.be/GoCfyyNozM0>) και ένα απλό υποτιτλισμένο πραγματικό παράδειγμα φυσικής επιλογής λόγω θήρευσης (<https://youtu.be/9K4UonqIebw>).

Στη συνέχεια, χωρίζουμε τους μαθητές σε ομάδες των 3-4 ατόμων και τους ενημερώνουμε για το μοντέλο προσομοίωσης που πρόκειται να αναπαραστήσουμε, τους ρόλους θα έχουν εκείνοι και τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε. Οι μαθητές θα έχουν το ρόλο των θηρευτών π.χ. σπίνι και θα συλλέγουν με τη χρήση λαβίδων (ράμφη) κόκκους ρυζιού που θα έχουν το ρόλο του θηράματος π.χ. σκαθάρια. Το υπόστρωμα του περιβάλλοντος θα προσομοιώνει ο περλίτης. Η συλλογή των κόκκων ρυζιού από το κάθε δοχείο περλίτη διαρκεί λίγα λεπτά για κάθε γενεά, αλλά η μέτρηση και η αποκατάσταση του αριθμού των κόκκων και η ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι πιο χρονοβόρα. Για το λόγο αυτό, παρέχεται υπολογιστικό φύλλο xls, το οποίο μπορούμε να επεξεργαστούμε στον υπολογιστή ή να τυπώσουμε και να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές σε συνδυασμό με ένα κομπιουτεράκι. Στο υπολογιστικό φύλλο υπάρχει επίσης ένα παράδειγμα με μια γραφική παράσταση που δείχνει τις μεταβολές στον αριθμό των ατόμων στη διάρκεια του πειράματος.

Λήψη υπολογιστικού φύλλου  [Υπολογιστικό Φύλλο καταγραφής και υπολογισμών για το πείραμα Φυσικής επιλογής \(33 KB\)](#)

### **Προετοιμασία εκπαιδευτικού:**

- Ανεύρεση πλαστικών δοχείων
- Προμήθεια περλίτη, μακρύκοκκου ρυζιού και χρωμάτων ζαχαροπλαστικής
- Χρώση ποσότητας περλίτη και μακρύκοκκου ρυζιού με τα χρώματα ζαχαροπλαστικής

**Χρώση:** χρωματίζουμε τα υλικά μας με έντονο διάλυμα χρωστικής (Συνιστάται κόκκινο ή μπλε χρώμα). Προσθέτουμε το υλικό και το διάλυμα χρωστικής σε μια πλαστική σακούλα πολυαιθυλενίου, σφραγίζουμε καλά και ανακινούμε ήπια για 1 λεπτό (Ο περλίτης ίσως να χρειαστεί να παραμείνει περισσότερο στο διάλυμα χρωστικής). Στη συνέχεια απλώνουμε το υλικό σε φύλλα εφημερίδας για να στεγνώσει.

**Τα υλικά που θα χρειαστούν για κάθε ομάδα μαθητών είναι:**

- Δοχείο με περλίτη (υπόστρωμα) στο οποίο υπάρχουν 50 κόκκοι ρυζιού ίδιου χρώματος με τον περλίτη και 50 κόκκοι ρυζιού διαφορετικού χρώματος από τον περλίτη
- Λαβίδες
- Τρυβλία πετρί ή άλλα μικρά δοχεία
- Χρονόμετρο ή ρολόι με δείκτη δευτερολέπτων
- Κομπιουτεράκι

**Πορεία του πειράματος**

1. Προσθέτουμε περλίτη στα δοχεία και στη συνέχεια προσθέτουμε 100 κόκκους ρυζιού, 50 κόκκους ίδιου χρώματος με τον περλίτη και 50 διαφορετικού χρώματος από τον περλίτη, σε κάθε δοχείο. Αν βάψουμε το ρύζι και τον περλίτη με κόκκινο και μπλε χρώμα ζαχαροπλαστικής και κρατήσουμε και μια ποσότητα σε φυσικό λευκό χρώμα, μπορούμε να έχουμε τους εξής 6 συνδυασμούς:
  - Λευκό περλίτη με λευκούς και κόκκινους κόκκους ρυζιού
  - Λευκό περλίτη με λευκούς και μπλε κόκκους ρυζιού
  - Κόκκινο περλίτη με κόκκινους και λευκούς κόκκους ρυζιού
  - Κόκκινο περλίτη με κόκκινους και μπλε κόκκους ρυζιού
  - Μπλε περλίτη με μπλε και λευκούς κόκκους ρυζιού
  - Μπλε περλίτη με μπλε και κόκκινους κόκκους ρυζιού (στην Εικόνα 3).



**Εικόνα 3. Μπλε και κόκκινοι κόκκοι ρυζιού σε μπλε περλίτη.**

2. Αφού ετοιμάσουμε τις παραπάνω διατάξεις, ξεκινάει το χρονόμετρο και οι μαθητές μαζεύουν με τις λαβίδες όσους περισσότερους κόκκους ρυζιού μπορούν σε 1 λεπτό (θήρευση). Οι κόκκοι που μαζεύονται τοποθετούνται στο τρυβλίο πετρί.
3. Μετράμε τους κόκκους ρυζιού κάθε χρώματος που αφαιρέθηκαν (αν το σύνολο είναι μονός αριθμός συλλέγουμε ακόμα ένα κόκκο).
4. Υπολογίζουμε πόσοι κόκκοι ρυζιού έχουν απομείνει στο δοχείο.
5. Προσθέτουμε ίσο αριθμό κόκκων ρυζιού από τα δυο χρώματα μέχρι να φτάσουν πάλι τους 100 και σημειώνουμε στον πίνακα 1 του Φύλλου εργασίας (Παράρτημα) πόσοι είναι οι κόκκοι από κάθε χρώμα τώρα. Το ποσοστό των δυο χρωμάτων θα έχει αλλάξει τώρα.
6. Ανακινούμε το δοχείο για να αναμειχθούν οι κόκκοι ρυζιού με τον περλίτη και χρονομετρούμε άλλο 1 λεπτό θήρευσης.
7. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2-5 και σημειώνουμε πόσοι κόκκοι ρυζιού από κάθε χρώμα υπάρχουν τώρα.
8. Σημειώνουμε τα δεδομένα στον πίνακα 1 και κάνουμε τους υπολογισμούς είτε με το κομπιουτεράκι, είτε με τη χρήση του υπολογιστικού φύλλου που δίνεται στην παρούσα εργασία.

## Συμπεράσματα – Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία, περιγράφεται ένα μοντέλο προσομοίωσης Φυσικής επιλογής, όπου οι μαθητές προσομοιώνουν τους θηρευτές και καλούνται να επιλέξουν τα θηράματα τους (σκαθάρια), τα οποία προσομοιώνουν κόκκοι ρυζιού σε φυσικό χρώμα και βαμμένοι με χρωστικές τροφίμων (μπλε και κόκκινο) σε περιβάλλον με περλίτη (υπόστρωμα) βαμμένο με τα αντίστοιχα χρώματα. Με τη λήξη του πειράματος και την καταγραφή των αποτελεσμάτων, γίνεται αντιληπτό ότι το ποσοστό % των οργανισμών θηραμάτων (κόκκοι ρυζιού) που παρουσιάζουν αντίθεση με το υπόστρωμα μειώθηκε σημαντικά στον πληθυσμό, σε αντίθεση με τους οργανισμούς που είναι ίδιο χρώμα με το υπόστρωμα (καμουφλάζ), οι οποίοι εξαπλώθηκαν και επικράτησαν στον πληθυσμό. Οι μαθητές τώρα καλούνται να εξηγήσουν, συνεργατικά στο φύλλο εργασίας του παραρτήματος, τα αποτελέσματα του πίνακα 1 αλλά και τη διαδικασία που ακολούθησαν. Στο τέλος, προτείνεται συζήτηση των απαντήσεων των ομάδων, στην ολομέλεια της τάξης. Οι ερωτήσεις του φύλλου εργασίας (παράρτημα) έχουν στόχο, στο τέλος της διαδικασίας, οι μαθητές να είναι σε θέση να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τα βήματα της διαδικασίας, τις αρχικές διαφορές στα θηράματα και που μπορεί να οφείλονται αυτές (κληρονομικότητα και τυχαίες μεταλλάξεις). Η αντικατάσταση των κόκκων ρυζιού στο δοχείο, μετά από κάθε συλλογή, προσομοιώνει την αναπαραγωγή των θηραμάτων και η διατήρηση του συνολικού πληθυσμού των ατόμων σταθερού (100 άτομα) οφείλεται στη δυνατότητα του οικοσυστήματος να συντηρήσει συγκεκριμένο αριθμό ατόμων (φέρουσα ικανότητα οικοσυστήματος). Η επιλεκτική επιλογή των κόκκων ρυζιού (θηραμάτων) χρώματος με αντίθεση στο υπόστρωμα, σε σχέση με το καμουφλαρισμένο χρώμα, προσομοιώνει τη φυσική επιλογή. Η αλλαγή στις σχετικές αναλογίες που φαίνονται στον πίνακα (παρόλο που δεν είναι ακριβείς με τον τρόπο που υπολογίζονται εδώ, λόγω του ότι δε λαμβάνεται υπόψη στην αντικατάσταση των κόκκων ρυζιού (αναπαραγωγή) η αναλογία των ατόμων διαφορετικού χρώματος), προσομοιώνει την προσαρμογή των ατόμων με τον καμουφλαρισμένο χρωματισμό -- επιβίωση του «ικανότερου» ('survival' of the 'fittest'). Είναι σημαντικό, οι μαθητές να κατανοήσουν ότι «ικανότερος» δε σημαίνει γρηγορότερος ή δυνατότερος, αλλά αυτός που ταιριάζει καλύτερα στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

Ενδιαφέρουσες παραλλαγές του πειράματος θα ήταν η επανάληψη της διαδικασίας κάτω από έγχρωμο φωτισμό ή με τη χρήση γυαλιών με φίλτρα από τους μαθητές. Μια άλλη ενδιαφέρουσα παραλλαγή του πειράματος θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερους καρπούς (π.χ. κόκκινα και λευκά φασόλια) για την προσομοίωση των θηραμάτων και οι θηρευτές (μαθητές) να χρησιμοποιούν τα χέρια τους, άλλοι ως έχουν και άλλοι με δεμένο τον αντίχειρα με κολλητική ταινία μαζί με τα υπόλοιπα δάχτυλα (στέρηση αντιτακτού αντίχειρα) για τη συλλογή της τροφής. Έτσι, οι μαθητές θα συνειδητοποιήσουν το πλεονέκτημα των ζώων με αντιτακτό αντίχειρα (άνθρωπος και πολλά άλλα πρωτεύοντα).

Είναι σημαντικό να συζητήσουμε με τους μαθητές το μοντέλο και να εντοπίσουμε τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία που θα παρουσίαζε σε πραγματικές συνθήκες. Μια διαφορά του μοντέλου από τις «πραγματικές» συνθήκες είναι ότι τα χρώματα των απογόνων σε κάθε γενιά είναι σε ίδια αναλογία με την αρχική πατρική γενιά (50%). Στη φύση, ο αριθμός των απογόνων θα ήταν σε αναλογία με την προηγούμενη πατρική γενιά. Αν οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν τη μαθηματική ανάλυση, θα μπορούσαμε να προσθέσουμε και αυτήν την παράμετρο στους υπολογισμούς μας. Μια άλλη αδυναμία του μοντέλου είναι ότι τα θηράματα είναι στατικά και αναγνωρίζονται από τους θηρευτές τους κυρίως με βάση το χρώμα και χωρίς να επηρεάζει το σχήμα και η κίνηση. Οι αδυναμίες αυτές είναι καλό να συζητηθούν με τους μαθητές, αλλά δεν υποβαθμίζουν το μοντέλο και το σκοπό του, που είναι η υπόδειξη της λειτουργίας της φυσικής επιλογής.

Η διερεύνηση και ανακάλυψη του φαινομένου της φυσικής επιλογής, συνεργατικά, μέσω της παρούσας εφαρμογής, πιστεύω ότι θα δώσει σημαντικό πλεονέκτημα στην κατανόηση από τους μαθητές της έννοιας της εξέλιξης.

## Αναφορές

- Demastes S.S., Settlage, J.Jr., Good R. (1995). Students' Conceptions of Natural Selection and its Role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (5), 535-550.
- Settlage, J.Jr. (1994), Conceptions of Natural Selection: A Snapshot of the Sense-Making Process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 449- 457.
- Stevens, M. & Merilaita, S. (2009). Animal Camouflage: Current Issues and New Perspectives. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 364, 423–427.
- National Geographic (2014). <http://news.nationalgeographic.com/news/2014/12/141210-butterflies-evolution-darwin-leaves-mimicry-science-animals/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- National Center for Science Education (2012). <http://ncse.com/religion/start>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- Nuffield Foundation (2011). <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-biology/simple-model-natural-selection>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- The University of California Museum of Paleontology (2012). [http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/misconceptions\\_about\\_evolution.pdf](http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/misconceptions_about_evolution.pdf). Ημερομηνία προσπέλασης: 15/02/2016.
- Βλάχος, Ι. & Κολλάρος, Δ. (1998). Ηλεκτρονικές Σημειώσεις μαθήματος Οικολογία (Θεωρία), Τμήμα: Θερμοκηπιακών Καλλιέργειών και Ανθοκομίας Σχολής Τεχνολογία Γεωπονίας ΤΕ.Ι. Κρήτης. [http://www.lib.teicrete.gr/webnotes/steg/OikologiaTheoria/pdfs/Enotita\\_2.pdf](http://www.lib.teicrete.gr/webnotes/steg/OikologiaTheoria/pdfs/Enotita_2.pdf). Ημερομηνία προσπέλασης: 15/02/2016.
- Πρίνου, Λ., Χαλκιά, Λ., Σκορδούλης, Κ. (2004). Θεωρία της εξέλιξης: Η αναγκαιότητα της διδασκαλίας της και η περιπέτειά της στο ελληνικό σχολείο. *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή, Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΤΕΑΠΗ) Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση και Εκπαίδευση*, Τόμος Α', 260-266. Αθήνα. <http://old-asel.primedu.uoa.gr/PAPERS/theoryofevolutiongreek.pdf>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- Πρίνου, Λ., Χαλκιά, Λ., Σκορδούλης, Κ. (2007). Αντιλήψεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για έννοιες της εξελικτικής θεωρίας. *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου, Τεύχος Β. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*. Ρόδος. <http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/lab-fe/downloads/articles/PRINOI.pdf>. Ημερομηνία προσπέλασης: 17/02/2016.
- Σκούρας, Ζ.Γ. (2004). "Φιλοσοφία και σύγχρονες τάσεις της Βιολογίας". Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις University Studio Press.
- 3ο Γενικό Λύκειο Αγρινίου, Δαρβινική θεωρία της εξέλιξης (2011). <http://3lyk-agrin.ait.sch.gr/autosch/joomla15/index.php/2011-12-21-11-55-18/82-2013-03-05-19-05-32/70-2011-12-21-12-19-10>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- Εξέλιξη: Δαρβίνος & Θρησκεία, Ερευνητική Εργασία Α' λυκείου (2012). <https://kontardarvinos.wordpress.com/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 15/02/2016.

## Παράρτημα

### Φύλλο εργασίας μαθητή

Όνοματεπώνυμο: ..... Ημερομηνία: .....

Συμπληρώστε στον πίνακα τα αποτελέσματα του πειράματος και απαντήστε στις ερωτήσεις που ακολουθούν σε συνεργασία με την υπόλοιπη ομάδα σας.

**Πίνακας 1. Πίνακας καταγραφής αποτελεσμάτων και υπολογισμού του ποσοστού παρουσίας κάθε χρώματος στον συνολικό πληθυσμό του θηράματος**

	Αριθμός κόκκων ρυζιού που αφαιρέθηκαν		Αριθμός κόκκων που αντικαταστάθηκαν		Ποσοστό στον πληθυσμό %	
	Χρώμα 1	Χρώμα 2	Χρώμα 1	Χρώμα 2	Χρώμα 1	Χρώμα 2
<b>Πατρική γενιά</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
<b>Μετά τη θήρευση 1</b>						
<b>Μετά τη θήρευση 2</b>						
<b>Μετά τη θήρευση 3</b>						
<b>Μετά τη θήρευση 4</b>						
<b>Μετά τη θήρευση 5</b>						
<b>Μετά τη θήρευση 6</b>						
<b>...</b>						

Ερώτηση 1. Που οφείλονται οι διαφορές στον φαινότυπο -στο χρώμα του σώματος- των «σκαθαριών» στον αρχικό πληθυσμό;

.....  
 .....

Ερώτηση 2. Για ποιο λόγο αντικαθιστούσαμε τον αριθμό των «σκαθαριών» που συλλέξαμε μετά από κάθε επεισόδιο θήρευσης; Ποια φυσική διαδικασία προσομοιώνει αυτή η ενέργεια στο μοντέλο μας;

.....  
 .....

Ερώτηση 3. Θα μπορούσε ένας φυσικός πληθυσμός «σκαθαριών» σε ένα οικοσύστημα να αναπτύσσεται συνεχώς με εκθετική αύξηση και αν ναι, τι επιπτώσεις θα είχε αυτό για το οικοσύστημα;

.....  
 .....

Ερώτηση 4. Στη διαδικασία που ακολουθήσαμε στο μοντέλο προσομοίωσης της Φυσικής επιλογής, ποιο από τα 2 χρώματα επικράτησε στον πληθυσμό των «σκαθαρών» και γιατί πιστεύετε ότι συνέβη αυτό;

.....  
.....

Ερώτηση 5. Σύμφωνα με τη θεωρία της επιβίωσης του «ικανότερου» ('survival' of the 'fittest'), ποια άτομα θεωρείτε ότι είναι τα «ικανότερα» στην περίπτωση μας;

.....  
.....

Ερώτηση 6. Πιστεύετε ότι το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε είναι ακριβές; Παρατηρήσατε κάποιο μειονέκτημα σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες;

.....  
.....

Συζητήστε τις απαντήσεις σας με την υπόλοιπη τάξη και τον εκπαιδευτικό.