



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΠΜΣ ΓΝΩΣΙΑΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

Μεθοδολογικά εργαλεία για την επίλυση του προβλήματος της Εννοιολογικής Αλλαγής στη

Θεωρία της Εξέλιξης σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης:

Ο ρόλος των ανατρεπτικών κειμένων και της πληροφορίας κατηγοριοποίησης

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

για τη λήψη μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης από το

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Γνωσιακή Επιστήμη

Αναστάσιος Ιωαννίδης

A.M. 15M04

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Ειρήνη Σκαλιόρα (Επιβλέπουσα)

Ειρήνη Σκοπελίτη

Καλλιόπη Εικοσπεντάκη

Αθήνα

Σεπτέμβριος 2021

Εγκρίνεται η διπλωματική εργασία

Ειρήνη Σκαλιόρα

EIRINI SKALIORA  
Nov 1 2021 4:40 PM  
EIRINI SKALIORA

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'E. Skaliora', written on a light-colored background.

Ειρήνη Σκοπελίτη

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'K. Eikospentaki', written on a light-colored background.

Καλλιόπη Εικοσπεντάκη

## ΔΗΛΩΣΗ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

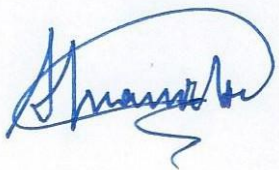
Ο υπογράφων, φοιτητής του Τμήματος Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης Αναστάσιος Ιωαννίδης (Α.Μ. 15Μ04), δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Μεθοδολογικά εργαλεία για την επίλυση του προβλήματος της Εννοιολογικής Αλλαγής στη Θεωρία της Εξέλιξης σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης: Ο ρόλος των ανατρεπτικών κειμένων και της πληροφορίας κατηγοριοποίησης» έχει γραφτεί από εμένα, χωρίς οποιαδήποτε εξωτερική μη αδειοδοτημένη βοήθεια, ότι δεν έχει υποβληθεί σε οποιοδήποτε ίδρυμα ή οργανισμό προς αξιολόγηση, ούτε έχει δημοσιευθεί στο παρελθόν μέρος της ή στο σύνολό της. Οποιαδήποτε μέρη, λέξεις ή ιδέες της διπλωματικής εργασίας, αν και περιορισμένα, συμπεριλαμβανομένων πινάκων κλπ., τα οποία είναι εισηγμένα από (ή με βάση) άλλες πηγές έχουν αναγνωριστεί ως τέτοια χωρίς καμία εξαίρεση.

Ημερομηνία

3/9/2021

Ονοματεπώνυμο

Αναστάσιος Ιωαννίδης



### Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στην Καθηγήτρια κ. Σκαλιόρα, Καθηγήτρια του τμήματος Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, για τη στήριξη και εμπιστοσύνη που έχει δείξει στην προσπάθειά μου αλλά και σε όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών της «Γνωσιακής Επιστήμης». Επίσης τις θερμές ευχαριστίες μου οφείλω στην Επίκουρη Καθηγήτρια του τμήματος Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία του Πανεπιστημίου Πατρών, κ. Σκοπελίτη Ειρήνη για την αμέριστη συμπαράστασή της και την πολύ ουσιαστική συμβολή της σε όλα τα στάδια σχεδιασμού και πραγματοποίησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τέλος ευχαριστώ την κ. Εικοσπεντάκη, Συνεργαζόμενη Καθηγήτρια στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, για τις συζητήσεις που είχαμε στο πλαίσιο του μαθήματος της Πειραματικής Ψυχολογίας, οι οποίες με προσανατόλισαν στην επιλογή του θέματος της διπλωματικής εργασίας.

**Περιεχόμενα**

Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη .....	7
Abstract.....	9
Εισαγωγή .....	11
Θεωρητικό μέρος .....	14
Εννοιολογική αλλαγή.....	14
Η προσέγγιση της Θεωρίας Πλαισίου .....	16
Διδακτικές πρακτικές για την προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής.....	18
Τα ανατρεπτικά κείμενα. ....	19
Η γνωστική διαδικασία της κατηγοριοποίησης. ....	21
Εννοιολογική αλλαγή και εξέλιξη των ειδών .....	24
Η κατηγοριοποίηση στην έννοια της εξέλιξης.....	26
Προβληματική της έρευνας .....	28
Θεωρητικό υπόβαθρο για κατασκευή εργαλείων .....	32
Μέθοδος.....	43
Συμμετέχοντες .....	43
Υλικά.....	43
Κείμενα. ....	43
Ερωματολογία.....	47
Διαδικασία .....	51
Αποτελέσματα.....	55
Έλεγχος αξιοπιστίας και εγκυρότητας.....	55
Συσχέτιση μεταξύ κοινών ανοικτών - κλειστών ερωτήσεων .....	58
Απαντήσεις συμμετεχόντων ανά κατηγορία ερωτήσεων και ανά πειραματική συνθήκη .....	60
Συνολικές επιδόσεις συμμετεχόντων ανά πειραματική συνθήκη .....	71
Συζήτηση.....	77
Συμπεράσματα .....	94
Βιβλιογραφία .....	96
Παράρτημα Α.....	104
Κείμενα .....	104
Κείμενο για διαδικασίες εξέλιξης. ....	104
Κείμενο με πληροφορία κατηγοριοποίησης. ....	114
Ερωματολογία .....	122
Ερωματολόγιο 1.1 - Ερωτήσεις ανοιχτού τύπου.....	122
Ερωματολόγιο 1.2 - Ερωτήσεις κλειστού τύπου. ....	125

Ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης .....	138
Παράρτημα Β.....	143
Στατιστικοί πίνακες.....	143
Μη παραμετρικά κριτήρια ξεχωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη.....	143
Μη παραμετρικά κριτήρια με ομαδοποίηση.....	143

### Περίληψη

Η εισαγωγή της διαδικασίας της εννοιολογικής αλλαγής στη διδακτική των φυσικών επιστημών, προκάλεσε το έντονο ενδιαφέρον των ερευνητών για τη μεθοδολογία και το είδος των εργαλείων που μπορούν να διευκολύνουν την αντικατάσταση των αφελών, αρχικών θεωρήσεων των μαθητών από τις επιστημονικές προσεγγίσεις. Μεταξύ των εργαλείων που έχουν συγκεντρώσει το ενδιαφέρον των ερευνών, είναι τα ανατρεπτικά κείμενα και η πληροφορία κατηγοριοποίησης. Ως τώρα ενώ έχει επισημανθεί η σημασία των συγκεκριμένων μεθόδων στη βιβλιογραφία, δεν έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό συνδυαστικά. Παράλληλα ενώ έχουν δοκιμαστεί σε διάφορα πεδία κατανόησης εννοιών φυσικών επιστημών, δεν έχει γίνει εκτεταμένη προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν στην εννοιολογική αλλαγή στην εξέλιξη των ειδών. Η παρούσα έρευνα επιχείρησε να εξετάσει την επίδραση των ανατρεπτικών κειμένων έναντι των απλών επεξηγηματικών κειμένων καθώς και την επίδραση της πληροφορίας κατηγοριοποίησης, έναντι της πληροφορίας για την ερμηνεία των εξελικτικών φαινομένων, στις απαντήσεις που δίνουν μαθητές της Β΄ Λυκείου σε βιολογικά προβλήματα. Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκε μία πειραματική παρέμβαση με τη χρήση κειμένων που συνδυάζουν τη δομή του κειμένου με την κατάλληλη πληροφορία. Ο έλεγχος της εννοιολογικής αλλαγής μετρήθηκε με τρία ερωτηματολόγια που περιελάμβαναν ανοιχτές ερωτήσεις, κλειστές ερωτήσεις και ερωτήσεις κατηγοριοποίησης. Τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι η δομή του κειμένου από μόνη της δεν επαρκεί για την επίτευξη σημαντικής βελτίωσης στις απαντήσεις των μαθητών. Όταν όμως συνδυαστεί με την πληροφορία κατηγοριοποίησης, επιτυγχάνεται μετρήσιμη μετακίνηση προς όφελος των επιστημονικών προσεγγίσεων. Επιπρόσθετα η πληροφορία κατηγοριοποίησης, καταφέρνει να επιδράσει ευεργετικά σε ευρύτερα έργα, πέρα από την ορθή ταξινόμηση των εξελικτικών φαινομένων στις αναδυόμενες διαδικασίες. Φαίνεται ότι επιτυγχάνεται σημαντική βελτίωση και στην ερμηνεία των εξελικτικών φαινομένων με βάση

τη θεωρία της δαρβινικής φυσικής επιλογής, πιθανόν επειδή εφοδιάζει τους μαθητές με βαθύτερες οντολογικές πληροφορίες. Ενδεχομένως βοηθά στην ανατροπή θεωριών πλαισίου των μαθητών, για παράδειγμα ουσιοκρατικών αντιλήψεων άρνησης της εξέλιξης, τελεολογικών ερμηνειών κλπ. Η παρούσα έρευνα ανέδειξε σημαντικά μεθοδολογικά ερωτήματα που σχετίζονται με τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, τις δυνατότητες κατασκευής πιο ειδικών εργαλείων όπως τα ερωτηματολόγια και τα κείμενα, ανάλογα με το είδος των πρότερων αντιλήψεων που πιθανόν διαπιστώνονται κατά την εφαρμογή της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Προέκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα σχετικά με την ευαισθησία των ανοιχτών ερωτηματολογίων σε αντίθεση με τα κλειστά, που εμφανίστηκαν λιγότερο ευαίσθητα στο να αναδείξουν τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής. Διαφαίνονται σημαντικές προεκτάσεις της συγκεκριμένης έρευνας που δίνουν τη δυνατότητα σχεδιασμού πολύ πιο αποτελεσματικών εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στη σχολική τάξη για την επίτευξη της επιθυμητής εννοιολογικής αλλαγής.

Λέξεις κλειδιά: εννοιολογική αλλαγή, ανατρεπτικά κείμενα, κατηγοριοποίηση, εξελικτικές διαδικασίες



### **Abstract**

The introduction of the procedure of conceptual change to science teaching provoked intense interest to the researchers about the methods and tools that could facilitate the replacement of students' naïve, initial ideas by scientific approaches. Refutation texts and the categorization information are among the tools that have gathered the interest of research. Although the importance of the specific methods has been pointed out in literature, till now, they haven't been used in combination. At the same time, although they have been used in various fields of understanding natural science concepts, no extensive attempt has been made to use them in the conceptual change in the evolution of species. The present research attempted to examine the effect of refutation texts against plain explanatory texts as well as the effect of categorization information against the information of the interpretation of evolutionary phenomena, on the answers given by second class Lyceum students to biological problems. For this purpose, an experimental intervention was designed using texts that combine the structure of the text with the appropriate information. The control of conceptual change was measured with three questionnaires that included open-ended questions, closed-ended questions and categorization questions. The findings of the present study showed that the structure of the text alone is not sufficient to achieve a significant improvement in students' responses. But when combined with categorization information, measurable movement is achieved for the benefit of scientific approaches. In addition, the categorization information manages to have a beneficial effect on wider projects, in addition to the correct classification of evolutionary phenomena in emerging processes. It seems that a considerable improvement in the interpretation of evolutionary phenomena based on the theory of Darwinian natural selection is achieved, probably because it equips students with deeper ontological information. Possibly helps to overturn students' framework theories, for example essentialist perceptions of denial of evolution, teleological interpretations, etc. The present research

highlighted important methodological questions related to the duration of the educational intervention, the particular characteristics of the participants, the possibilities of constructing more specific tools such as questionnaires and texts, depending on the type of previous perceptions that may be found during the implementation of the educational procedure. Interesting conclusions were drawn about the sensitivity of open-ended questionnaires as opposed to closed-ended questionnaires, the later been less sensitive to highlighting the process of conceptual change. Significant extensions of this research are emerging that enable the design of much more effective educational interventions in the classroom to achieve the desired conceptual change.

Key words: conceptual change, refutation texts, categorization, evolutionary processes

### Εισαγωγή

Η διδακτική των φυσικών επιστημών συγκεντρώνει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών εξαιτίας των αυξανόμενων ακαδημαϊκών αναγκών και των ενθαρρυντικών αποτελεσμάτων από διάφορες παιδαγωγικές προσεγγίσεις. Η εισαγωγή της ιδέας της ‘εννοιολογικής αλλαγής’ πριν από μισό αιώνα πυροδότησε ένα πλήθος επιστημονικών προσπαθειών που στόχευσαν στην ανίχνευση των πρότερων θεωρητικών δεσμεύσεων των μαθητών και στην κατασκευή εκπαιδευτικών εργαλείων για την ανατροπή τους.

Από τις πλέον αξιοσημείωτες θεωρητικές προσεγγίσεις, η θεωρία πλαισίου της Βοσνιάδου και των συνεργατών της ενέπνευσε πολλούς ερευνητές στη χρήση νέων μεθοδολογιών που θα προάγουν τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής. Δύο από αυτές, η χρήση ανατρεπτικών κειμένων και η χρήση της πληροφορίας κατηγοριοποίησης αποτέλεσαν το έναυσμα για την παρούσα εργασία. Η καθοδηγητική ιδέα ήταν η μελέτη της ταυτόχρονης επίδρασης των δύο προσεγγίσεων στις επιδόσεις των μαθητών σε έργα που εστιάζουν στην ερμηνεία βιολογικών φαινομένων. Η συνδυαστική εφαρμογή των δύο παραπάνω εργαλείων στο πεδίο των εξελικτικών φαινομένων στη λυκειακή βαθμίδα σε ένα πεδίο που δεν έχει διερευνηθεί με τα συγκεκριμένα μεθοδολογικά εργαλεία, αποτέλεσε το πρωτότυπο στοιχείο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, που δεν είχε καλυφθεί από προηγούμενες έρευνες.

Έρευνες έχουν δείξει ότι τα ανατρεπτικά κείμενα --τα κείμενα εκείνα που προβάλλουν τις αρχικές παρανοήσεις των μαθητών προκειμένου στη συνέχεια να τις ανατρέψουν και να παρουσιάσουν την επιστημονική εξήγηση-- μπορούν να υποστηρίξουν τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής, γιατί αναφέρουν ρητά στους αναγνώστες τα λάθη των παρανοήσεών τους καθώς και την ορθότητα της επιστημονικής εξήγησης. Η επίδραση της πληροφορίας της κατηγοριοποίησης στη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής έχει προταθεί από πολλούς ερευνητές αλλά ελάχιστα έχει διερευνηθεί πειραματικά.

Υποστηρίζεται ότι η πληροφορία κατηγοριοποίησης εμπειρικλείει έναν σημαντικό αριθμό άδηλων πεποιθήσεων για τις διδασκόμενες έννοιες οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τη μάθηση αυτών. Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει την επίδραση ανατρεπτικών κειμένων έναντι των απλών επεξηγηματικών καθώς και την επίδραση της πληροφορίας κατηγοριοποίησης, έναντι της πληροφορίας για την ερμηνεία των εξελικτικών φαινομένων στις αρχικές αντιλήψεις των αναγνωστών για ζητήματα εξέλιξης.

Τα εξελικτικά φαινόμενα έχουν βρεθεί στο επίκεντρο ερευνών που ασχολούνται με την εννοιολογική αλλαγή. Σε κάποιες περιπτώσεις έχουν ερευνηθεί οι αρχικές παρανοήσεις των μαθητών, χωρίς τη χρήση μίας παρέμβασης που θα φιλοδοξεί να τις αλλάξει. Αρκετές έρευνες έχουν σχεδιάσει μακροπρόθεσμες παρεμβάσεις μεγάλης διάρκειας, στις οποίες η επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής δεν μπορεί με ακρίβεια να αποδοθεί στη χρήση ενός συγκεκριμένου εργαλείου, αλλά μπορεί να μετρηθεί μία πρόοδος που οφείλεται στη συμβολή όλου του προγράμματος παρέμβασης. Αυτό οδήγησε στην επιλογή συγκεκριμένων εργαλείων παρέμβασης και στη μέτρηση της επίδρασής τους. Συγκεκριμένα εξετάστηκε η δυνατότητα δύο εργαλείων, των ανατρεπτικών κειμένων και της πληροφορίας της κατηγοριοποίησης, να επιδρούν στην εννοιολογική αλλαγή των αρχικών θέσεων των μαθητών, κάτι που δεν έχει γίνει σε προηγούμενες έρευνες. Το διδακτικό πεδίο της εξέλιξης των ειδών δίνει επιπλέον την ευκαιρία της διερεύνησης των αρχικών περιορισμών των μαθητών, ιδίως στο βαθμό που έχουν εκτεθεί σε πολύ μικρό βαθμό στις επιστημονικές θεωρίες της δαρβινικής φυσικής επιλογής. Η ενσωμάτωση του κεφαλαίου της εξέλιξης των ειδών στη σχολική ύλη της Β΄ Λυκείου οδήγησε στην επιλογή αυτής ακριβώς της ομάδας, ως η καταλληλότερη ηλικιακά για την έρευνα.

Στα επόμενα κεφάλαια εκτίθεται αρχικά το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας με αναφορά στη σχετική βιβλιογραφία και εξηγείται βάσει του θεωρητικού πλαισίου ο πειραματικός σχεδιασμός. Στη συνέχεια στο κεφάλαιο «Μέθοδος» παρουσιάζονται τα

στοιχεία για τους συμμετέχοντες, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και η διαδικασία που ακολουθήθηκε. Στο κεφάλαιο «Αποτελέσματα» εκτίθεται η επεξεργασία των δεδομένων και η ανάλυσή τους. Τέλος στο κεφάλαιο «Συζήτηση» γίνεται εκτίμηση των συμπερασμάτων, αποτιμάται συνολικά η έρευνα και επισημαίνονται οι βασικές αδυναμίες της. Ταυτόχρονα γίνονται προτάσεις για μελλοντικές προσπάθειες, πιθανές επεκτάσεις και διορθώσεις. Ακολουθεί η Βιβλιογραφία ενώ τα Παραρτήματα περιέχουν τα υλικά της έρευνας και στατιστικούς πίνακες που δεν ενσωματώθηκαν στο κύριο σώμα του κειμένου.

## Θεωρητικό μέρος

### Εννοιολογική αλλαγή

Ο όρος ‘εννοιολογική αλλαγή’ χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις πολύπλοκες γνωστικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα καθώς τροποποιούμε τις ιδέες και τις αντιλήψεις μας για μια έννοια από ένα θεωρητικό πλαίσιο σε ένα άλλο. Ο όρος αποδίδεται στον Kuhn (1962) ο οποίος τον εισήγαγε για να επισημάνει ότι οι έννοιες που χρησιμοποιούνται μέσα σε ένα συγκεκριμένο θεωρητικό πλαίσιο αλλάζουν περιεχόμενο και νόημα, κατά την αλλαγή παραδείγματος, δηλαδή κατά τη μετάβαση από ένα οριοθετημένο σύνολο ιδεών και λειτουργίας μίας επιστημονικής θεωρίας σε ένα καινούργιο. Εισήγαγε την έννοια της ασυμβατότητας νοήματος και υποστήριξε ότι όταν ένα θεωρητικό-επεξηγηματικό πλαίσιο έχει αλλάξει, οι έννοιες που εντάσσονταν στο αρχικό επεξηγηματικό πλαίσιο είναι ασύμβατες με το νέο επεξηγηματικό πλαίσιο. Αυτό που χρειάζεται να γίνει στις περιπτώσεις που υπάρχει ασυμβατότητα νοήματος είναι να αναδιοργανωθεί το αρχικό επεξηγηματικό πλαίσιο και αυτό μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους, είτε απορρίπτοντας κάποιες από τις αρχικές έννοιες, είτε δημιουργώντας νέες σχέσεις μεταξύ των εννοιών, παλιών και νέων, κ.ο.κ.. Νωρίτερα ο Duhem (1914) είχε επισημάνει ότι οι έννοιες που χρησιμοποιεί ο επιστήμονας έχουν διαφορετικό περιεχόμενο γι’ αυτόν στο πλαίσιο της ερευνητικής του δουλειάς, από το νόημα που θα απέδιδε σε αυτές ένας απλός παρατηρητής. Επομένως με βάση την παραπάνω συλλογιστική, οι έννοιες εξετάζονται πάντοτε μέσα σε ένα πλαίσιο αναφοράς.

Η ιδέα της εννοιολογικής αλλαγής μεταφέρθηκε από το χώρο της φιλοσοφίας της επιστήμης και σε άλλα επιστημονικά πεδία, όπως αυτό της Γνωστικής Ψυχολογίας. Ειδικότερα, η Carey (1985) μετέφερε την εννοιολογική αλλαγή από το χώρο της φιλοσοφίας της επιστήμης στο περικείμενο της γνωστικής ανάπτυξης και πρότεινε ότι η ιδέα της ολικής αναδιοργάνωσης της γνώσης μπορεί να αντικατασταθεί από την ιδέα της εξειδικευμένης

αναδιοργάνωσης εφόσον η γνωστική ανάπτυξη είναι κυρίως αποτέλεσμα αναδιοργάνωσης των γνώσεων σε συγκεκριμένους τομείς ξεχωριστά. Κατά την Carey (1991) η γνωστική ανάπτυξη των παιδιών εξηγείται μάλλον κάτω από την υπόθεση της δραστηκής εννοιολογικής αλλαγής που έχει πολλά ενστικτώδη στοιχεία, παρά υπό το πρίσμα μίας διαδικασίας συνεχούς εμπλουτισμού των πληροφοριών για ένα θέμα.

Η ιδέα της εννοιολογικής αλλαγής πέρασε και στη διδασκαλία. Οι πρώτες προσπάθειες μεταφοράς των απόψεων του Kuhn στη διδασκαλία της επιστήμης έγιναν από τους Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1982), η δουλειά των οποίων χαρακτηρίζεται ως «κλασική προσέγγιση». Κατ' αναλογία με την εμφάνιση ανωμαλιών σε μία επιστημονική θεωρία, δηλαδή παρατηρήσεων που δεν μπορούν να ερμηνευτούν στο υπάρχον θεωρητικό πλαίσιο (Kuhn, 1962), ο Posner και οι συνεργάτες του, (2008) υποστηρίζουν ότι οι μαθητές έχουν παρανοήσεις οι οποίες παράγουν λάθη με ένα συστηματικό τρόπο. Επομένως απαιτείται ένας σχεδιασμός στη διδακτική πρακτική που θα στοχεύει στην αφομοίωση και ενσωμάτωση της επιστημονικής άποψης από τους μαθητές, με ανάλογο τρόπο με τις αλλαγές στη γνωσιακή ανάπτυξη των παιδιών που περιγράφονται από τον Piaget (Vosniadou, Vamvakoussi & Skopeliti, 2008).

Η θέση του Posner και των συνεργατών του δέχτηκε την κριτική των Smith, diSessa και Rochelle (1993) εφόσον οι παρανοήσεις μπορεί να αποτελούν λανθασμένες επεκτάσεις της παραγωγικής γνώσης, επομένως μία οδηγία αντιμετώπισής τους ώστε να αντικατασταθούν δεν μπορεί να είναι αποτελεσματική. Η προσπάθειά τους να αποκαταστήσουν τη συνέχεια στη γνωστική ανάπτυξη και να χρησιμοποιήσουν τις παραγωγικές πλευρές της γνώσης, για να επιτευχθεί μία πιο εκλεπτυσμένη κατανόηση της επιστήμης, οδήγησε σε μία θεώρηση όπου η κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης προχωρά καθώς η εκπαίδευση συνενώνει τις κατακερματισμένες γνώσεις σε μία συνεχή πορεία, αποκαθιστώντας τη ζητούμενη συνοχή. Σύμφωνα με τη Βοσνιάδου (2019) οι Smith et al.

(1993) άσκησαν κριτική στην «κλασική προσέγγιση» διότι η τελευταία προϋποθέτει συνήθως ένα είδος γνωστικής σύγκρουσης ή μία στρατηγική «παραγωγής διαφωνιών», που δεν αποτελεί όμως κωνστρουκτιβιστική προσέγγιση.

### **Η προσέγγιση της Θεωρίας Πλαισίου**

Μία εναλλακτική αλλά και πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στην εννοιολογική αλλαγή αποτελεί η προσέγγιση της Θεωρίας Πλαισίου από τη Vosniadou και τους συνεργάτες της (Vosniadou, 2003· Vosniadou & Brewer, 1992, 1994· Vosniadou & Skopeliti, 2013· Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008). Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη θεώρηση, οι αρχικές γνώσεις των παιδιών δεν αποτελούν κατακερματισμένες παρατηρήσεις του κόσμου γύρω τους, αλλά συγκροτούν ένα συνεκτικό πλαίσιο με επεξηγηματική και παραγωγική ισχύ. Με άλλα λόγια συνιστούν μία θεωρία πλαισίου. Η θεωρία αυτή μπορεί να μην είναι βέβαια επιστημονική αλλά η έμφαση που δίνεται είναι στο ότι συγκροτεί ένα σύστημα που είναι μεν αρκετά χαλαρό, όμως ανταποκρίνεται στην ανάγκη των παιδιών για εσωτερική συνέπεια στην ερμηνεία του κόσμου (Βοσνιάδου 2019). Κύριες πηγές για το σχηματισμό της θεωρίας πλαισίου για κάθε παιδί αποτελούν οι αισθητηριακές πληροφορίες και ο καθημερινός λόγος. Για παράδειγμα η κίνηση του ήλιου και της σελήνης στον ουρανό σε συνδυασμό με εκφράσεις των ενηλίκων, όπως «*το φεγγάρι κρύφτηκε πίσω από τα σύννεφα*», «*ο ήλιος βούτηξε στη θάλασσα*», βοηθούν στη συγκρότηση απλών αφελών διαισθητικών θεωριών, που διαφέρουν από την επιστημονική άποψη. Ονομάζονται διαισθητικές γιατί βασίζονται στις πληροφορίες που λαμβάνουν μέσω των αισθήσεων και επιβεβαιώνονται καθημερινά από αυτές.

Έτσι, όταν τα παιδιά έρθουν στο σχολείο έχουν ήδη διαμορφώσει κάποιες θεωρίες πλαισίου για το πώς λειτουργεί ο κόσμος. Όταν εκτεθούν στις επιστημονικές θεωρίες, οι οποίες επίσης αποτελούν συνεκτικά συστήματα ιδεών, δημιουργούνται δυσκολίες στην αποδοχή τους και αντιστάσεις, ειδικά όταν οι επιστημονικές θεωρίες είναι αντιδιαισθητικές,



έρχονται δηλαδή σε αντίθεση με τις εμπειρίες της καθημερινότητας. Τέτοιες αποτελούν οι θεωρίες από το χώρο της παρατηρησιακής αστρονομίας όπως το σχήμα της Γης και εναλλαγή μέρας/νύχτας που αναφέρθηκε νωρίτερα, η έννοια της δύναμης, της ενέργειας, της θερμότητας, η έννοια του μορίου και των ρητών αριθμών, οι προϋποθέσεις για την κίνηση των σωμάτων και η εξέλιξη ανάμεσα σε πολλές άλλες.

Η ευαισθησία των παιδιών σε ζητήματα συνοχής και η αντίφαση που δημιουργείται μεταξύ των πληροφοριών που λαμβάνουν μέσω των αισθήσεων και των επιστημονικών πληροφοριών που δέχονται από τη συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, τα ωθούν σε μία προσπάθεια ενσωμάτωσης της μίας θεωρίας στην άλλη, σύνθεσης δηλαδή των πληροφοριών από τις διαφορετικές πηγές, εφόσον η αμφισβήτηση είτε της εμπειρίας είτε της αυθεντίας των ενηλίκων είναι δύσκολη (Vosniadou, 2003).

Στην προσπάθειά τους να ενσωματώσουν τις νέες επιστημονικές γνώσεις στις δικές τους θεωρίες πλαισίου, οι μαθητές συγκροτούν ενδιάμεσα συνθετικά μοντέλα (Vosniadou et al., 2008), τα οποία διατηρούν μία επεξηγηματική ισχύ, δηλαδή την ικανότητα να ερμηνεύουν νέα προβλήματα, έχουν την ικανότητα αλλαγής, έχουν υβριδικό χαρακτήρα, είναι εξειδικευμένα ανά κατάσταση και χρησιμοποιούνται με συνέπεια. Επομένως η εκμάθηση δεν είναι μία άμεση διαδικασία απλής μεταφοράς γνώσης, αλλά μία κονστρουκτιβιστική διαδικασία (Σκοπελίτη, 2019), από το θεωρητικό πλαίσιο που έχουν οι αφελείς θεωρίες των παιδιών στο πλαίσιο των επιστημονικών θεωριών κατά τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής.

Η θεωρία πλαισίου διαφοροποιείται από την «κλασική προσέγγιση» στο ότι η εννοιολογική αλλαγή δεν είναι μία ξαφνική αντικατάσταση μίας πλήρως διαμορφωμένης επιστημονικής θεωρίας που υπάρχει στο γνωσιακό σύστημα των παιδιών, (Posner et al., 1982), αλλά μία αργή, συνεχής και σταδιακή διαδικασία ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε εσωτερικές και εξωτερικές αναπαραστάσεις (Βοσνιάδου, 2019 · Σκοπελίτη,

2019). Επίσης διαφοροποιείται από τις απόψεις του diSessa περί αποσπασματικής γνώσης, που σταδιακά μετασχηματίζεται σε ένα όλο και πιο συνεκτικό πλαίσιο. Η θεωρία πλαισίου αντίθετα υποστηρίζει ότι η ανάγκη για συνοχή είναι περισσότερο μία αρχική κατάσταση του γνωστικού μας συστήματος (Βοσνιάδου, 2019). Για αυτό το λόγο άλλωστε, όταν οι μαθητές έρχονται σε επαφή με ένα διαφορετικό επεξηγηματικό πλαίσιο, το οποίο προκαλεί ασυμφωνίες και αντιφάσεις με τις υπάρχουσες αρχικές θεωρίες τους, δημιουργείται αντίσταση και απροθυμία στην αποδοχή και υιοθέτηση των νέων ιδεών, κάτι που αποτελεί συνήθη εμπειρία στη διδακτική πρακτική των εκπαιδευτικών.

### **Διδακτικές πρακτικές για την προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής**

Τα παραπάνω έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο σχεδιασμό των διδακτικών προσεγγίσεων που στοχεύουν στην εννοιολογική αλλαγή. Η μετάβαση σε ένα διαφορετικό πλαίσιο θεωρίας δεν είναι εύκολη και προφανώς υπάρχουν πολλές διαδρομές. Κάποιες διδακτικές προτάσεις αποτελούν μεταξύ άλλων, η κατασκευή νοητικών μοντέλων, η χρήση γεφυροποιητικών αναλογιών που ενώνουν την υπάρχουσα γνωστική δομή με τις έννοιες που πρέπει να κατακτηθούν και η χαρτογράφηση μεταξύ διαφορετικών περιοχών (cross domain mapping) (Vosniadou et al., 2008). Για παράδειγμα η κατανόηση της μηχανικής στο χώρο της Φυσικής μπορεί να αλληλοτροφοδοτηθεί με την κατανόηση βιολογικών μηχανισμών, όπως η αναπνοή ή η κυκλοφορία του αίματος (ορισμένα παραδείγματα αναφέρονται από τους Carey & Spelke, 1994). Η μεθοδολογία αυτή ανήκει στη χρήση συνειδητών top-down μηχανισμών μάθησης. Ορισμένες από αυτές τις προτάσεις προέρχονται από την κοινωνιοπολιτισμική προσέγγιση στο χώρο της διδακτικής, που υποστηρίζει ότι η εννοιολογική αλλαγή προϋποθέτει τόσο τη χρήση πολιτισμικών εργαλείων, όσο και ένα κοινωνικό περιβάλλον που την υποβοηθά. Οι Inagaki και Hatano (2003) δίνουν μεγάλη έμφαση στη συζήτηση στην τάξη και στη χρήση πολιτισμικών εργαλείων και μοντέλων που ευνοούν την εννοιολογική αλλαγή. Άλλωστε η γνώση και η κατάκτησή της, με βάση την

κοινωνιοπολιτισμική προσέγγιση, δεν είναι μία ατομική εσωτερική διαδικασία, αλλά μάλλον μία κοινωνική πράξη που λαμβάνει χώρα σε πολύπλοκα κοινωνικά και πολιτισμικά περιβάλλοντα (Vosniadou et al., 2008).

### **Τα ανατρεπτικά κείμενα.**

Από τις διάφορες διδακτικές προτάσεις ξεχωρίζει η χρήση ανατρεπτικών κειμένων. Η έρευνα των Guzzetti, Snyder, Glass και Gamas (1993), αποτελεί αφετηριακό σημείο για την έρευνα με ανατρεπτικά κείμενα (για ανασκόπηση της βιβλιογραφίας βλ. Διακίδου, 2019). Το ανατρεπτικό κείμενο λαμβάνει υπόψη του τις αρχικές απόψεις των μαθητών (πρότερες αντιλήψεις, αφελείς θεωρίες). Δεν τις απαγορεύει, αλλά τις φέρνει στην επιφάνεια για να τις ανασκευάσει. Σε αντίθεση με τη θέση της Chi (2013) που εισηγείται την απλή επισήμανση του λάθους των αρχικών θεωριών των μαθητών, και τη δήλωση της πλάνης αυτής ως τμήμα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, τα ανατρεπτικά κείμενα αναδεικνύουν και παρουσιάζουν τις αρχικές θεωρίες πλαισίου με σκοπό να τις ανατρέψουν. Για το σκοπό αυτό επισημαίνουν την ανεπάρκεια των αρχικών θεωριών και αναπτύσσουν σε αντιπαράθεση με αυτές την επιστημονική άποψη.

Σύμφωνα με τη Βοσνιάδου (2019) σημασία έχει οι μαθητές να πειστούν ότι η αλλαγή σε μία νέα θεωρία έχει μεγαλύτερη επεξηγηματική ισχύ. Όπως προαναφέρθηκε οι μαθητές είναι πολύ ευαίσθητοι σε θέματα συνέπειας και επεξηγηματικής δύναμης. Αν εκτεθούν στα δεδομένα μίας νέας θεωρίας πλαισίου, που έχει επιστημονικό περιεχόμενο και διακρίνουν ότι με αυτήν μπορούν να δοθούν ευρύτερες εξηγήσεις σε φαινόμενα, θα ξεπεράσουν την ασυμφωνία που εμπεριέχει η νέα οπτική σε σχέση με την προηγούμενη. Η Dole (2000) θεωρεί ότι η απαιτούμενη αναδόμηση της σκέψης των μαθητών είναι πιο πιθανή όταν τους παρουσιάζεται μία πιο πειστική εξήγηση των φαινομένων από την επιστημονική άποψη, ανατρέποντας τη θεωρία που υπάρχει πίσω από τις πιθανές παρανοήσεις.

Έρευνες που έχουν χρησιμοποιήσει ανατρεπτικά κείμενα, έχουν καταλήξει σε θετικά αποτελέσματα ως προς την επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή, όπως μπορεί να φανεί από τα επόμενα παραδείγματα.

Οι Guzzetti et al. (1997) χρησιμοποίησαν ανατρεπτικά κείμενα συγκρίνοντάς τα με απλά επεξηγηματικά κείμενα σε μαθητές Γυμνασίου. Βρήκαν ότι η κατανόηση αντιδραστικών εννοιών στη Φυσική διευκολύνθηκε με το ανατρεπτικό κείμενο.

Αντίστοιχα αποτελέσματα έδειξε η έρευνα των Hynd, McWhorter, Phares, και Suttles (1994) με στόχο τη βελτίωση της κατανόησης των νόμων του Νεύτωνα.

Οι Diakidou, Kendeou και Ioannides (2003) συνέκριναν την αποτελεσματικότητα ενός ανατρεπτικού κειμένου σε σύγκριση με ένα αντίστοιχο πληροφοριακό, σε μαθητές Δημοτικού ενός κυπριακού σχολείου. Χρησιμοποιήθηκαν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου και πολλαπλής επιλογής, σε δύο φάσεις μετα – ελέγχου (μία μέρα μετά τη διεξαγωγή του μαθήματος και την ανάγνωση του κειμένου, και ένα μήνα μετά). Η ομάδα μαθητών που μελέτησε το ανατρεπτικό κείμενο είχε καλύτερες επιδόσεις από την ομάδα του πληροφοριακού αλλά και την ομάδα ελέγχου.

Σε άλλη έρευνα της Mikkilä – Erdmann (2001) σε μαθητές Δημοτικού, η κατανόηση του φαινομένου της φωτοσύνθεσης διευκολύνθηκε σημαντικά όταν χρησιμοποιήθηκε ανατρεπτικό κείμενο, σε σχέση με το πληροφοριακό κείμενο.

Τέλος, οι Σκοπελίτη και Βοσνιάδου (2011) χρησιμοποίησαν ανατρεπτικά και επεξηγηματικά κείμενα σε μαθητές Δημοτικού για να διερευνήσουν την κατανόηση του σχήματος της Γης. Πέραν της χρήσης των ανατρεπτικών κειμένων εισήγαγαν στην έρευνα ακόμη μία παράμετρο. Εξέτασαν την επίδραση της πληροφορίας που εισάγεται μέσα στα ανατρεπτικά κείμενα στην κατανόηση των επιστημονικών πληροφοριών. Ειδικότερα συνέκριναν την επίδραση της πληροφορίας για το σχήμα της Γης (πώς γίνεται η Γη να φαίνεται επίπεδη ενώ στην πραγματικότητα είναι σφαιρική) με την επίδραση της

πληροφορίας κατηγοριοποίησης της Γης (είναι Γη είναι ένα αστρονομικό σώμα με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των αστρονομικών σωμάτων) στην κατανόηση μαθητών δημοτικού για τη Γη. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα για το ανατρεπτικό κείμενο έναντι του απλού επεξηγηματικού και για την πληροφορία κατηγοριοποίησης έναντι της πληροφορίας για το σχήμα της Γης. Οι ερευνήτριες υπέθεσαν ότι η κατηγοριοποίηση εμπεριέχει έναν σημαντικό αριθμό άδηλων πεποιθήσεων για τις έννοιες που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την κατανόησή μας για αυτές.

### **Η γνωστική διαδικασία της κατηγοριοποίησης.**

Με βάση την τελευταία έρευνα, φαίνεται ότι η εννοιολογική αλλαγή συνδέεται και με μία σημαντική γνωσιακή λειτουργία, αυτή της κατηγοριοποίησης. Η κατηγοριοποίηση είναι μία από τις πιο σημαντικές διαδικασίες μάθησης γιατί μας επιτρέπει να οργανώσουμε τις νέες πληροφορίες που λαμβάνουμε μέσω των αισθήσεών μας σε έννοιες και να τις εντάξουμε σε ομάδες με τις προηγούμενες γνώσεις μας (Σκοπελίτη, 2011). Η οικονομία στη χρήση γνωστικών πόρων που επιτυγχάνεται με την κατηγοριοποίηση είναι σημαντική διότι χωρίς αυτήν η μνήμη μας θα ήταν διαρκώς απασχολημένη με άσχετες πληροφορίες (Eysenck & Keane, 2000). Παράλληλα η ταξινόμηση σε κατηγορίες δεν πρέπει να μειώνει την πρόσβαση του γνωστικού συστήματος σε σημαντικές πληροφορίες. Αυτό είναι σημαντικό γιατί η κατηγοριοποίηση αποτελεί πάντοτε μία γενίκευση, στην οποία αναγκαστικά θυσιάζονται επιμέρους χαρακτηριστικά και λεπτομέρειες των αντικειμένων ή εννοιών που μπαίνουν στην ίδια κατηγορία. Επομένως η ορθή κατηγοριοποίηση πρέπει να συνδυάζει την πληροφοριακή δύναμη με την οικονομία και ταυτόχρονα μπορεί να αποβεί παραγωγική (Eysenck & Keane, 2000). Αυτό συμβαίνει επειδή από τη στιγμή που μία έννοια εντάσσεται σε μία κατηγορία, κληρονομεί τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα και τις ιδιότητες των μελών που ανήκουν στην κατηγορία αυτή (Σκοπελίτη, 2011). Φυσικά αυτό αφορά τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην κατηγοριοποίηση.

Σύμφωνα με την Carey (1985, 1991) η εννοιολογική αλλαγή προϋποθέτει τοποθέτηση της έννοιας σε μία άλλη οντολογική κατηγορία, ή δημιουργία μίας νέας οντολογικής κατηγορίας. Για παράδειγμα, προκειμένου τα παιδιά να κατανοήσουν τις επιστημονικές εξηγήσεις για τη ζωή και την ανάπτυξη των φυτών απαιτείται πρώτα ο επαναπροσδιορισμός των φυτών από μη-ζωντανούς οργανισμούς σε ζωντανούς. Η Chi (2008) θεωρεί ότι ενώ στην ιεραρχική κατηγοριοποίηση η τάση για ταξινόμηση μίας έννοιας σε ανώτερο ιεραρχικό επίπεδο (πχ η τοποθέτηση ενός ζώου που δε γνωρίζουμε ότι είναι θηλαστικό, στην κατηγορία "ζώα") δεν είναι επιβλαβής, αντίθετα, η πλευρική κατηγοριοποίηση έχει βλαπτικά αποτελέσματα. Στην τελευταία, η τοποθέτηση ενός αντικειμένου, μίας έννοιας ή μίας διαδικασίας σε άλλη κατηγορία, εμποδίζει τη σωστή επεξεργασία πληροφοριών γιατί το αντικείμενο ή η έννοια αποκτά τα χαρακτηριστικά της νέας κατηγορίας που έρχονται σε σύγκρουση με τα δικά της. Ειδικά αν η λανθασμένη κατηγοριοποίηση γίνεται όχι σε αντίστοιχη οντολογικά κατηγορία αλλά σε εντελώς άσχετη, προκύπτουν παρανοήσεις και λανθασμένα συμπεράσματα. Για παράδειγμα, η δύναμη και η θερμότητα συχνά ταξινομούνται από τους μαθητές στις ουσίες ή στις ιδιότητες των σωμάτων και όχι στις διαδικασίες (Chi, 2008).

Επομένως είναι λογικό η έρευνα γύρω από την εννοιολογική αλλαγή να έχει στραφεί στο ζήτημα της κατηγοριοποίησης, ακριβώς επειδή η κατηγοριοποίηση δεν είναι ένα στατικό φαινόμενο αλλά μία δυναμική διαδικασία (Σκοπελίτη, 2011). Κατά τη γνωστική ανάπτυξη συμβαίνει συχνά τα παιδιά να επανακατηγοριοποιούν (Carey, 1985) επειδή εμπλουτίζουν τις γνώσεις τους άρα σχηματίζουν και αναδιατάσσουν τις σχηματισμένες κατηγορίες ή κατασκευάζουν νέες. Όμως, η συνειδητοποίηση ότι η αλλαγή μίας κατηγορίας είναι απαραίτητη, ώστε να εξαχθούν τα σωστά συμπεράσματα για μία έννοια, είναι δύσκολη. Αυτό εν μέρει οφείλεται στο ότι συνήθως η κατηγοριοποίηση που πραγματοποιεί ο παρατηρητής είναι σωστή, εφόσον στηρίζεται σε κάποια εξωτερικά χαρακτηριστικά (Chi,

2008), αλλά κυρίως επειδή δημιουργώντας μία "αφοσίωση" στην κατηγορία, προστατεύει από τυχαίες αλλαγές το γνωστικό σύστημα. Η περιοριστική δράση αυτών των μηχανισμών, που εμποδίζουν την εννοιολογική αλλαγή, επισημαίνεται και από τους Inagaki και Hatano (όπως αναφέρεται από τη Vosniadou, 2008), διότι μειώνουν τις πιθανές απαντήσεις στην αλληλεπίδραση του συστήματος μάθησης με το περιβάλλον, άρα επιτρέπουν την επικέντρωση του γνωστικού συστήματος και την ταχύτερη επεξεργασία.

Οι Βοσνιάδου και Σκοπελίτη (2005) έδειξαν σε μία έρευνα με παιδιά Δημοτικού ότι η σωστή ή η λανθασμένη κατηγοριοποίηση της Γης στα αστρονομικά ή στα φυσικά αντικείμενα αντίστοιχα, σχετίζεται ισχυρά με την κατασκευή σωστών ή όχι μοντέλων για το σχήμα της Γης. Ακόμα μεγαλύτερο ενδιαφέρον έχει σειρά ερευνών των Skopeliti & Vosniadou (2016), που συνδυάζει τη χρήση ανατρεπτικών κειμένων με το έργο κατηγοριοποίησης. Σε ένα πρώτο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν τρία ανατρεπτικά κείμενα, ένα με την πληροφορία του σφαιρικού σχήματος της Γης, ένα με την επιπλέον πληροφορία για το ότι η βαρύτητα λειτουργεί προς το κέντρο της Γης και όχι από πάνω προς τα κάτω και ένα που είχε επιπλέον την πληροφορία κατηγοριοποίησης της Γης στα αστρονομικά και όχι στα φυσικά σώματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το τρίτο ανατρεπτικό κείμενο με την πληροφορία κατηγοριοποίησης είχε επιφέρει στατιστικά σημαντική βελτίωση των απαντήσεων των μαθητών, όσον αφορά το σχήμα της Γης. Σε ένα επόμενο πείραμα στη συνέχεια της προηγούμενης έρευνας εξετάστηκε το αν η βελτίωση των επιδόσεων οφείλεται περισσότερο στην επίδραση της πληροφορίας κατηγοριοποίησης ή στην επίδραση του ανατρεπτικού κειμένου. Ελέγχθηκαν τέσσερις πειραματικές συνθήκες, με ή όχι την πληροφορία της κατηγοριοποίησης σε συνδυασμό με ή όχι ανατρεπτικό κείμενο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα κείμενα με την πληροφορία κατηγοριοποίησης, ανεξάρτητα αν ήταν ανατρεπτικά ή όχι επέφεραν στατιστικά σημαντική βελτίωση των απαντήσεων. Δε συνέβη το ίδιο με τα ανατρεπτικά κείμενα αν συγκρίνονταν με τα μη ανατρεπτικά. Μεταξύ

των δύο κειμένων με την πληροφορία κατηγοριοποίησης, το ανατρεπτικό είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στις επιδόσεις σε σύγκριση με το μη ανατρεπτικό. Επομένως τα ανατρεπτικά κείμενα από μόνα τους δεν αποτέλεσαν επαρκές μέσο για την προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής. Όταν όμως συνδυάζονταν με την πληροφορία κατηγοριοποίησης, βελτιώναν σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών.

### **Εννοιολογική αλλαγή και εξέλιξη των ειδών**

Τα πεδία στα οποία επικεντρώνονται οι έρευνες που πραγματεύονται το ζήτημα της εννοιολογικής αλλαγής ποικίλλουν, από τις φυσικές επιστήμες έως την Ψυχολογία και από τα Μαθηματικά έως την Αστρονομία. Ένα από τα ενδιαφέροντα πεδία εφαρμογής είναι η εξέλιξη των ειδών. Αυτό οφείλεται τόσο στην ύπαρξη δυσκολιών στην κατανόηση των εξελικτικών διαδικασιών (Ζόγκζα, 2009), όσο και του ότι αποτελεί ένα ζητούμενο αντικείμενο διδασκαλίας στα αναλυτικά προγράμματα της μέσης και της ανώτερης εκπαίδευσης. Το σημαντικότερο στοιχείο είναι ίσως το ότι η εξέλιξη (όπως και άλλα πεδία των φυσικών επιστημών) εμπεριέχουν αντιδιαλεκτικές έννοιες και ιδέες (Mayr, 1982, όπως αναφέρεται στο Evans, 2013), δηλαδή έννοιες που δεν εμπίπτουν στις εμπειρίες των μαθητών με προεξάρχουσα την ειδογένεση αλλά και επιμέρους αλλαγές στα χαρακτηριστικά των οργανισμών.

Οι μαθητές ξεκινώντας ένα πρόγραμμα διδασκαλίας βιολογικών εξελικτικών εννοιών, δεν προσέρχονται σε αυτό χωρίς πρότερες αντιλήψεις και παρανοήσεις (Καμπουράκης & Ζόγκζα, 2009 · Sinatra, Brem & Evans, 2008). Η θεωρία πλαισίου προβλέπει ότι αυτές οι αντιλήψεις δεν είναι κατακερματισμένες και ασύνδετες, αλλά συγκροτούν ένα λιγότερο ή περισσότερο συνεκτικό πλαίσιο με επεξηγηματική ισχύ και συνέπεια (Vosniadou, 2008). Αυτό ερμηνεύει τις αντιστάσεις στην αποδοχή είτε της θεωρίας της εξέλιξης στο σύνολό της, είτε στην κατανόηση των διαδικασιών με τις οποίες αυτή συμβαίνει (Ferrari & Chi, 1998).



Πιο συγκεκριμένα, μία από τις συγκροτημένες θεωρίες που συναντάμε συχνά ως προσχηματισμένες πεποιθήσεις είναι η ουσιοκρατική θεώρηση (Samarapungavan & Wiers, 1997· Gelman & Markman, 1986). Η θεώρηση αυτή που στη βιβλιογραφία μπορεί να βρεθεί και υπό τον όρο ουσιολογισμός (Ζόγκζα, 2009) αρνείται την εξέλιξη και υποστηρίζει τη σταθερότητα των ειδών.

Ένα άλλο πολύ συνηθισμένο αφητηριακό πλαίσιο είναι αυτό των τελεολογικών ερμηνειών. Κάτω από τον όρο τελεολογία καλύπτονται διαφορετικές ερμηνείες που έχουν ως κοινό στοιχείο την παραδοχή ενός σκοπού, ενός στόχου για τα εξελικτικά φαινόμενα (Rosenberg & McShea, 2008).

Σύμφωνα με τους González Galli & Meinardi (2011) οι τελεολογικές ερμηνείες λειτουργούν ως ένα εμπόδιο στην κατανόηση της φυσικής επιλογής. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές ερμηνεύουν αυτό το φαινόμενο ως απόρροια της λειτουργικότητας που έχει η τελεολογική θεώρηση, η οποία έχει επεξηγηματική και παραγωγική ισχύ, μπορεί δηλαδή να χρησιμοποιηθεί ως ερμηνευτικό εργαλείο σε νέα άγνωστα προβλήματα. Μάλιστα χρησιμοποιούν τον όρο "τελεολογία κοινής λογικής (common sense teleology)" για να δώσουν έμφαση στη συχνότητα αυτών των ερμηνειών μεταξύ των μαθητών. Αυτή η οπτική της επεξηγηματικής ισχύος των παρ' όλα αυτά λανθασμένων αρχικών θεωριών, κινούνται στην ίδια κατεύθυνση με τις θεωρίες πλαισίου των μαθητών (Βοσνιάδου, 2008) που εξηγούν την ύπαρξη αντιστάσεων στην εννοιολογική αλλαγή.

Οι τελεολογικές προσεγγίσεις μπορούν να διαχωριστούν σε επιμέρους κλάδους (Ferrari & Chi, 1998). Οι πιο συνηθισμένες είναι η προθετικότητα και οι αλλαγές που επάγονται από το περιβάλλον (Sinatra et al., 2008). Στην πρώτη περίπτωση οι μαθητές αναθέτουν στον ίδιο τον οργανισμό το υποκείμενο της παρατηρούμενης αλλαγής. Υποθέτουν δηλαδή ότι η αλλαγή σε ένα χαρακτηριστικό προκλήθηκε από την συνειδητή εμπρόθετη δράση του ίδιου του ατόμου ή του είδους. Οι Inagaki & Hatano (2004) αποδίδουν αυτό το

αφελές πλαίσιο των παιδιών σε ένα είδος αφελούς θεωρίας του νου, δηλαδή σε μία προσπάθεια των παιδιών να κατανοήσουν με ανθρωπομορφικούς όρους τον κόσμο γύρω τους. Σε αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξαν και οι Tomasello, Carpenter, Call, Behne και Moll (2005) αναφορικά με παιδιά μικρότερων ηλικιών. Σύμφωνα με την Evans (2013) η χρησιμότητα των τελεολογικών ερμηνειών στα παιδιά βρίσκεται στο ότι τα βοηθά στην επιτυχή διάκριση έμψυχων όντων από άψυχα αντικείμενα. Η δεύτερη κατηγορία τελεολογικών ερμηνειών είναι αυτές που στη θέση του υποκειμένου που προκαλεί την αλλαγή τίθεται όχι ο ίδιος ο οργανισμός, όπως προηγουμένως, αλλά το περιβάλλον (Demastes, Good & Peebles, 1996). Στη συγκεκριμένη οπτική, η ποικιλότητα στα χαρακτηριστικά των οργανισμών εμφανίζεται ανάλογα με τις ανάγκες που το περιβάλλον επιβάλλει ώστε να ξεπεραστούν οι προκλήσεις της επιβίωσης (González Galli & Meinardi, 2011). Ένα ενδιαφέρον σε όλες τις τελεολογικές ερμηνείες είναι η έλλειψη κατανόησης των μηχανισμών της κληρονομικότητας και του ρόλου του γενετικού υλικού στην αλλαγή των χαρακτηριστικών ή στην εμφάνιση νέων (Ferrari & Chi, 1998).

Συμπερασματικά, οι τελεολογικές ερμηνείες είτε εστιάζονται στην προθετικότητα, είτε στην απευθείας δράση του περιβάλλοντος προς όφελος ενός χαρακτηριστικού, χαρακτηρίζονται από συνοχή, επεξηγηματική ισχύ και εμφανίζονται συχνά ως πρότερες, διαμορφωμένες απόψεις των μαθητών σε πολλές έρευνες. Κοινός τόπος των ερευνητών είναι ότι αποτελούν εμπόδιο στην εννοιολογική αλλαγή, ενώ επισημαίνεται ότι επιμένουν ακόμα και αν τα ευρήματα πιστοποιούν κάποια μετατόπιση στην αντίληψη κάποιας έννοιας από την αρχική θεώρησή της. Με άλλα λόγια έχουν όλα τα χαρακτηριστικά των θεωριών πλαισίου.

### **Η κατηγοριοποίηση στην έννοια της εξέλιξης**

Η κατανόηση των εξελικτικών διαδικασιών φαίνεται να εμποδίζεται και από προβλήματα σχετικά με την κατηγοριοποίηση, εκτός από τις λανθασμένες πρότερες θεωρίες (ουσιοκρατικές ή τελεολογικές). Η Chi (2008) επισημαίνει μία από τις σημαντικότερες

παρανοήσεις κατηγοριοποίησης που σχετίζονται με την εξέλιξη. Συγκεκριμένα τα εξελικτικά φαινόμενα συχνά ερμηνεύονται ως γεγονότα και όχι ως διαδικασίες, όπως θα έπρεπε (Ferrari & Chi, 1998). Τα γεγονότα και οι διαδικασίες διαφέρουν σημαντικά σε διάφορες πτυχές. Περαιτέρω ειδικά τα εξελικτικά φαινόμενα εντάσσονται στις αναδύμενες διαδικασίες, οι οποίες έχουν διαφορετική οντολογική κατηγοριοποίηση από τα άμεσα γεγονότα (Chi, 2008). Για παράδειγμα ένα γεγονός έχει αρχή, μέση και τέλος, το αποτέλεσμα προκαλείται από έναν δράστη ή το πολύ μία ομάδα, ο δράστης δρα -ή οι δράστες αλληλοεπιδρούν - σκόπιμα για να πετύχει /ουν τον τελικό στόχο, ενώ η δράση τερματίζεται όταν επιτευχθεί το αποτέλεσμα. Σε αντιπαράθεση, μία αναδύμενη διαδικασία δεν περιλαμβάνει μία σκόπιμη δράση αλλά τυχαία διάδραση μεταξύ υποκειμένων. Η δράση έχει τοπικό χαρακτήρα και αγνοεί την ύπαρξη κάποιου συνολικού στόχου, το ολικό πρότυπο παράγεται ως στοχαστικό αποτέλεσμα όλων των παραγόντων που δρουν και η νέα ισορροπία που προκύπτει έχει συλλεκτικό και όχι προσθετικό χαρακτήρα (Chi, 2008).

Η κατηγοριοποίηση των εξελικτικών φαινομένων στα γεγονότα έχει και την παρακάτω παρενέργεια: ένα γεγονός έχοντας ιστορικό χαρακτήρα (με την έννοια ότι εξελίσσεται μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα) έχει χαρακτηριστικά που εντάσσονται στη διαδοχή αίτιο – αποτέλεσμα. Κάποιος παράγοντας το προκαλεί, είναι υπεύθυνος για την αλλαγή. Όταν το εξελικτικό φαινόμενο απλοποιηθεί στο επίπεδο του γεγονότος, το γνωσιακό σύστημα αναζητά τον παράγοντα που προκαλεί την αλλαγή, το υπεύθυνο υποκείμενο. Εφόσον έχει αφαιρεθεί η ποικιλία των πολλαπλών παραγόντων που δρουν στο πλαίσιο ενός βιολογικού φαινομένου (κληρονομικότητα – γονίδια, περιβάλλον, ανταγωνισμός, συνεργασία, τροφικές και άλλες σχέσεις, τυχαιότητα κλπ) το πιθανό αναμενόμενο αποτέλεσμα είναι στη θέση του υποκειμένου να τοποθετηθεί είτε ο ίδιος ο οργανισμός (προθετικότητα), είτε οι εξωτερικές συνθήκες με ένα άμεσο, γραμμικό, ντετερμινιστικό τρόπο (μηχανιστική αντίληψη για την επίδραση του περιβάλλοντος). Και τα δύο είναι

τελεολογικές ερμηνείες που εξηγήθηκαν παραπάνω. Με βάση αυτό το συλλογισμό, οι λανθασμένες πρότερες αντιλήψεις δεν είναι ανεξάρτητες από τη λανθασμένη κατηγοριοποίηση. Μάλιστα είναι η κατηγοριοποίηση ορθή ή λάθος, που μπορεί να οδηγήσει σε σωστές ή λάθος ερμηνείες των προβλημάτων που διαπραγματευόμαστε, επειδή έχουν βαθύτερο οντολογικό περιεχόμενο (Ferrari & Chi, 1998).

### **Προβληματική της έρευνας**

Παρόλο που η σωστή κατηγοριοποίηση φαίνεται να παίζει σπουδαίο ρόλο στην εννοιολογική αλλαγή, σχετικά λίγες έρευνες έχουν ενσωματώσει το στοιχείο αυτό στη μελέτη της. Επίσης ενώ υπάρχουν αρκετές έρευνες που χρησιμοποιούν ανατρεπτικά κείμενα, ελάχιστες, (στο βαθμό που μελετήθηκε η υπάρχουσα βιβλιογραφία σε αυτή την έρευνα) έχουν συνδυάσει τη χρήση ανατρεπτικών κειμένων με το πρόβλημα της κατηγοριοποίησης. Σε αυτή την έρευνα επιχειρήθηκε να διαλευκανθεί η επίδραση τόσο της δομής των κειμένων (ανατρεπτικά κειμένων σε σύγκριση με τα επεξηγηματικά), όσο και το περιεχόμενό τους (πληροφορία για εξελικτικό φαινόμενο ή πληροφορία κατηγοριοποίησης των εξελικτικών φαινομένων συνολικά) στην εννοιολογική αλλαγή.

Στη συνέχεια επιχειρείται μία ανασκόπηση ερευνητικών εργασιών που μελετούν την εννοιολογική αλλαγή, ως προς τους τομείς με τους οποίους έχουν καταπιαστεί οι έρευνες, τα εργαλεία που έχουν χρησιμοποιηθεί, τη διάρκειά τους και τις ηλικιακές ομάδες στις οποίες έχουν στοχεύσει.

Ως προς τα πεδία εφαρμογής των ερευνητικών σχεδίων που έχουν χρησιμοποιήσει τα ανατρεπτικά κείμενα ως εργαλείο στην εννοιολογική αλλαγή συναντάται η παρατηρησιακή Αστρονομία (Σκοπελίτη & Βοσνιάδου, 2011), έννοιες της Φυσικής όπως η δύναμη, η ενέργεια (Diakidoy, Kendeou, & Ioannides, 2003 · Diakidoy, Mouskounti & Ioannides, 2011), η κατανόηση των νόμων του Νεύτωνα (Παπαθανασίου, 2010), η ατμοσφαιρική πίεση (Braasch, Goldman & Wiley, 2013), η αλλαγή των εποχών (Broughton,

Sinatra & Reynolds, 2010), οι νόμοι της κίνησης και της τροχιάς (Kendeou & van den Broek, 2007), ζητήματα ψυχολογίας (Kowalski & Kujawski Taylor, 2011), η φωτοσύνθεση (Mikkilä – Erdmann, 2001) και η εξέλιξη (Heddy & Sinatra, 2013). Παρόλο που η παράθεση αυτή των ερευνών δεν είναι εξαντλητική, είναι προφανές ότι η θεματολογία των ερευνών που έχουν χρησιμοποιήσει τα ανατρεπτικά κείμενα αφορά κυρίως έννοιες της Φυσικής και ελάχιστα στον τομέα της εξέλιξης.

Αντίστροφα, οι έρευνες που έχουν καταπιαστεί με την εξέλιξη, έχουν χρησιμοποιήσει ποικίλα εργαλεία, αλλά σε πολύ μικρό βαθμό τα ανατρεπτικά κείμενα και το πρόβλημα της κατηγοριοποίησης. Για παράδειγμα έχουν χρησιμοποιηθεί ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις πριν και μετά τη διδασκαλία εξελικτικών εννοιών (Demastes et al., 1996· Καμπουράκης & Ζόγκζα, 2009), ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου (Kampourakis & Zogza, 2008), ανατρεπτικό κείμενο και το μοντέλο TTES (διδασκαλία για μεταμορφωτικές εμπειρίες στην επιστήμη) με διαλέξεις, εκπαιδευτικές επισκέψεις, δραστηριότητες (Heddy & Sinatra, 2013), παραδοσιακή διδασκαλία, εμπλουτισμένο κείμενο και λύση προβλήματος κατά ζεύγη συμμετεχόντων (Jensen & Finley, 1996). Αξίζει να επισημανθεί ότι αρκετές έρευνες στη θεματολογία της διδασκαλίας της εξέλιξης δεν έχουν χαρακτήρα σχεδιασμού και ελέγχου εκπαιδευτικής παρέμβασης, αλλά στοχεύουν περισσότερο στην ανίχνευση των πρότερων αντιλήψεων των συμμετεχόντων, των θρησκευτικών πεποιθήσεων, των δαρβινικών ή τελεολογικών εξηγήσεων. Επιπλέον, τα εργαλεία που κυρίως χρησιμοποιούν είναι τα ανοιχτά ερωτηματολόγια και οι συνεντεύξεις (Evans, 2001· Ferrari & Chi, 1998· Kampourakis & Zogza, 2007, 2008· Özyay Köse, 2010· Pazza, Penteadó & Kavalco, 2010· Samarapungavan & Wiers, 1997).

Μία ειδική πλευρά αφορά τον τρόπο χρησιμοποίησης του εργαλείου κατηγοριοποίησης στις έρευνες. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι συμμετέχοντες καλούνται να επανακατηγοριοποιήσουν μία έννοια από μία ήδη διαμορφωμένη κατηγορία σε μία άλλη

ήδη διαμορφωμένη κατηγορία, πχ η αλλαγή κατηγοριοποίησης της Γης από φυσικό σώμα σε αστρονομικό (Skopeliti & Vosniadou, 2016), η δύναμη από ιδιότητα σε διαδικασία (Ιωαννίδης, 2019) και η ενέργεια από ουσία σε διαδικασία (Diakidou et al., 2003). Ωστόσο στις εξελικτικές διαδικασίες, η ανάθεσή τους σε γεγονότα και όχι σε διαδικασίες - και ειδικότερα στις αναδυόμενες διαδικασίες - προϋποθέτει ειδικά για τα φαινόμενα αυτά τη δημιουργία της διαδικασίας παρά την επανένταξή της. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη επιστημονικών πληροφοριών ως προς το πώς πραγματοποιείται η διαδικασία της εξέλιξης, τον πολυπαραγοντικό της χαρακτήρα κλπ. Με άλλα λόγια οι συμμετέχοντες πρέπει να δημιουργήσουν την καινούργια κατηγορία παρόλο που δεν έχουν σαφή γνώση της ύπαρξής της καθώς και των χαρακτηριστικών της. Επομένως αυτό προϋποθέτει όχι απλά την αλλαγή της κατηγορίας αλλά πρωταρχικά την περιγραφή των στοιχείων που την περιγράφουν.

Ως προς το χρόνο εφαρμογής, αρκετές έρευνες με εξελικτική θεματολογία έχουν μεγάλη διάρκεια, εξαμηνιαία ή και ετήσια (Demastes et al., 1996· Jensen & Finley, 1996· Καμπουράκης & Ζόγκζα, 2009· Kampourakis & Zogza, 2009).

Αναμφισβήτητα η επιτυχία μίας εκπαιδευτικής παρέμβασης προϋποθέτει αυτή να σχεδιαστεί προσεκτικά και να έχει ικανή διάρκεια, ώστε να έχει μετρήσιμα αποτελέσματα. Ειδικά όταν αυτή αφορά τις εξελικτικές διαδικασίες, οι οποίες όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι αντιδραστικές και απαιτούν σημαντικές εννοιολογικές αλλαγές, ώστε να επιτευχθεί η υιοθέτηση της επιστημονικής άποψης. Όταν όμως σχεδιάζεται μία έρευνα που στοχεύει να μετρήσει τη βελτίωση των ιδεών των μαθητών, είναι σημαντικό να βρεθεί ακριβώς ποιου είδους παρέμβαση προκάλεσε την μετρούμενη αλλαγή. Ένα ετήσιο εκπαιδευτικό πρόγραμμα που περιλαμβάνει πλήθος δραστηριοτήτων, διδακτικών επισκέψεων, διαλέξεις, χρήση μοντέλων κλπ, είναι λογικό και θεμιτό να έχει αποτελεσματικότητα. Το ερώτημα όμως είναι ποια ακριβώς διδακτική παρέμβαση συνέδραμε περισσότερο, επέδρασε καθοριστικά σε αυτό που μετρά η έρευνα. Αντίθετα μία καλά σχεδιασμένη συγκεκριμένη παρέμβαση, με τη μορφή

πειραματικού σχεδιασμού, μπορεί να δώσει πληροφορίες για την καταλληλότητά της, στο αν έχει θετικό ή αρνητικό αποτύπωμα στην επιδιωκόμενη αλλαγή των θεωριών των μαθητών. Από την άλλη έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί η αλλαγή που επιτυγχάνεται να υπάρχει αλλά να μην είναι μετρήσιμη, εξαιτίας της μικρής διάρκειας της παρέμβασης.

Ως προς τις ηλικιακές ομάδες στις οποίες στοχεύουν οι εξελικτικής θεματολογίας έρευνες, ποικίλουν από μαθητές Γυμνασίου (Καμπουράκης & Ζόγκζα, 2009· Kampourakis & Zogza, 2007, 2008, 2009· Özyay Köse, 2010· Samarapungavan & Wiers, 1997), φοιτητές κολλεγίων (Broughton et al., 2010· Ferrari & Chi, 1998· Heddy & Sinatra, 2013· Jensen & Finley, 1996· Kowalski & Kujawski Taylor, 2011· Pazza et al., 2010), διάφορες ηλικιακές ομάδες (Evans, 2008) και τέλος μόνο μία σε μαθητές Λυκείου (Demastes et. al., 1996).

Από την παραπάνω ανασκόπηση προκύπτει ότι μία ερευνητική δραστηριότητα που καλύπτει την ηλικιακή ομάδα των μαθητών του Λυκείου, σε ζητήματα κατανόησης και εννοιολογικής αλλαγής σε θέματα εξέλιξης είναι πρωτότυπη ιδίως αν συνυπολογιστεί η διερεύνηση της επίδρασης της δομής του κειμένου (ανατρεπτικό ή επεξηγηματικό) σε συνδυασμό με το περιεχόμενο (πληροφορία κατηγοριοποίησης ή πληροφορία για τις εξελικτικές διαδικασίες). Σε αντίθεση με άλλες έρευνες που δεν είχαν υπολογίσει τις αρχικές παρανοήσεις των μαθητών (πχ Diakidou et al., 2003) ή που εστίασαν μόνο στην ανίχνευση αυτών των παρανοήσεων (αναφέρθηκαν παραπάνω στην επισκόπηση της βιβλιογραφίας), στην παρούσα έρευνα συνυπολογίστηκαν οι πρότερες αντιλήψεις και θεωρίες πλαισίου των μαθητών και σχεδιάστηκε μία εκπαιδευτική παρέμβαση με στόχο να βοηθηθεί το ξεπέρασμά τους. Τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας αυτής ήταν:

A) Κατά πόσο η δομή του κειμένου (ανατρεπτικό ή όχι) επιδρά στην εννοιολογική αλλαγή. Η υπόθεση που έγινε ήταν ότι τα ανατρεπτικά κείμενα θα βελτιώναν περισσότερο την επίδοση των μαθητών σε προβλήματα που περιγράφουν βιολογικά εξελικτικά φαινόμενα, συγκριτικά με απλά επεξηγηματικά κείμενα και

Β) Σε ποιο βαθμό η πληροφορία του κειμένου (κατηγοριοποίηση ή εξελικτικές διαδικασίες επιδρά στην εννοιολογική αλλαγή. Η υπόθεση της έρευνας ήταν ότι η πληροφορία κατηγοριοποίησης με την ταυτόχρονη περιγραφή των χαρακτηριστικών που την συγκροτούν θα βελτίωνε περισσότερο την επίδοση των μαθητών στα ίδια προβλήματα αλλά και σε προβλήματα ταξινόμησης προτάσεων σε κατηγορίες συγκριτικά με την πληροφορία για τις εξελικτικές διαδικασίες.

### **Θεωρητικό υπόβαθρο για κατασκευή εργαλείων**

Για την διεξαγωγή της έρευνας κατασκευάστηκαν καταρχάς τρία ερωτηματολόγια. Το πρώτο ήταν ανοιχτού τύπου με έξι ερωτήσεις, το επόμενο κλειστού τύπου με εννέα ερωτήσεις και τέλος ένα ερωτηματολόγιο με προβλήματα κατηγοριοποίησης με τρεις ερωτήσεις. Επίσης κατασκευάστηκαν τέσσερα κείμενα εκπαιδευτικής παρέμβασης.

Τα ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου είναι πολύ συνηθισμένα στις έρευνες που εξετάζουν την εννοιολογική αλλαγή στη θεματολογία της εξέλιξης, όπως διαφάνηκε από την επισκόπηση παραπάνω. Σε ορισμένες έρευνες διατυπώνεται σκεπτικισμός για τη δυνατότητα των συμμετεχόντων να εκφράσουν με σαφήνεια τη θέση τους σε ένα ανοιχτό ερωτηματολόγιο ή / και να κατανοήσουν τις ερωτήσεις (Nobes et al., 2003· Siegal, Butterworth & Newcombe, 2004). Η άποψη αυτή αν είναι συζητήσιμη για μαθητές Δημοτικού ή έστω και Γυμνασίου, είναι αμφίβολο αν είναι βάσιμη για μαθητές Λυκείου και μάλιστα ένα έτος πριν την ολοκλήρωση των σπουδών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Παράλληλα για να διευκολυνθεί η διατύπωση της ακριβούς γνώμης των μαθητών σε σχέση με τα εξεταζόμενα προβλήματα επιλέχθηκε η χρήση και ενός δεύτερου ερωτηματολογίου με ερωτήσεις κλειστού τύπου, το οποίο περιλάμβανε έξι κοινές ερωτήσεις με το ανοιχτό ερωτηματολόγιο.

Το κλειστό ερωτηματολόγιο επίσης είναι συνηθισμένο σε αρκετές ερευνητικές δραστηριότητες, αλλά και επιδέχεται επίσης κριτικής (για μία επισκόπηση της



βιβλιογραφίας, βλ. Σκοπελίτη, 2019). Ένας εύλογος σκεπτικισμός είναι ότι ο μαθητής καθοδηγείται από τις έτοιμες απαντήσεις. Είναι πράγματι πιθανό η σκέψη όταν πραγματεύεται ένα ανοιχτό βιολογικό πρόβλημα να περιορίζεται, όταν ο συμμετέχων διαβάσει τις έτοιμες επιλογές. Η οριοθέτηση είναι πιθανή επειδή ο συμμετέχων μπορεί να οδηγείται άδηλα στην υπόθεση ότι η σωστή απάντηση είναι μία εκ των δοθέντων άρα δεν απαιτείται από μέρος του να συνεχίσει τη διερεύνηση. Οι παραπάνω προβληματισμοί οδήγησαν στην υιοθέτηση για την συγκεκριμένη ερευνητική διαδικασία, δύο ερωτηματολογίων (ανοιχτού και κλειστού) αντί της χρήσης ενός από τα δύο (όπως έχει ήδη διαφανεί στην προηγούμενη επισκόπηση), με το σκεπτικό ότι ο συνδυασμός των δύο ερωτηματολογίων θα επιτρέψει τόσο την καλύτερη “ακτινογράφιση” των αρχικών θεωριών των μαθητών όσο και στη διαπίστωση των πιθανών εννοιολογικών αλλαγών.

Η ύπαρξη έξι κοινών ερωτήσεων στο ανοιχτό και στο κλειστό ερωτηματολόγιο επέτρεψε επίσης τον έλεγχο της συνέπειας στις ίδιες ερωτήσεις από τον συμμετέχοντα, τόσο στον προέλεγχο όσο και στον μεταέλεγχο. Η εσωτερική συνέπεια και η συστηματικότητα στις απαντήσεις εκ μέρους των συμμετεχόντων αποτελεί ουσιαστική προϋπόθεση ώστε να μετρηθεί η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με ακρίβεια. Παράλληλα επιλέχθηκε η προσθήκη ακόμα τριών ερωτήσεων στο ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου, ώστε να διαπιστωθεί σε επιπλέον ερωτήσεις (διαφορετικές από αυτές του ανοιχτού ερωτηματολογίου) τόσο η ύπαρξη των πρότερων ιδεών όσο και η πιθανή αλλαγή τους.

Οι Ferrari και Chi (1998) προέκριναν την κατασκευή ενός ερωτηματολογίου ανοιχτού τύπου, του οποίου οι πέντε ερωτήσεις θα αντιστοιχούσαν σε πέντε βασικές παραδοχές της εξελικτικής θεωρίας με βάση τη δαρβινική προσέγγιση. Η παρούσα έρευνα ακολούθησε εν μέρει αυτή την επιλογή, με έξι ερωτήσεις που αναφέρονταν σε διαφορετικά βιολογικά προβλήματα: ένα από αυτά αναφερόταν στην ερμηνεία της ποικιλομορφίας των χαρακτηριστικών εντός ενός είδους ή μίας οικογένειας (ερώτηση 1), ένα στην ερμηνεία των

αλλαγών που χρειάστηκαν για να οδηγηθούμε από ένα προγενέστερο είδος στη σημερινή του εκδοχή και μορφολογία (ερώτηση 2), ένα πρόβλημα που πραγματευόταν τη δυνατότητα ένα σημερινό είδος να αλλάξει, άρα τη διερεύνηση της μελλοντικής και ανοιχτής πορείας των εξελικτικών αλλαγών, (ερώτηση 3), δύο προβλήματα που εστίαζαν στη διαφορική δυνατότητα επιβίωσης πληθυσμών (ερωτήσεις 4 και 5), και τέλος ένα πρόβλημα που διερευνούσε τη δυνατότητα μεταβίβασης των επίκτητων χαρακτηριστικών. Πρόκειται για κεντρικά ζητήματα στην κατανόηση των εξελικτικών διαδικασιών (Ferrari & Chi, 1998. Gregory 2009. Samarapungavan & Wiers, 1997).

Οι Καμπουράκης και Ζόγκζα (2009) έχουν επίσης χρησιμοποιήσει ένα ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου με πέντε ερωτήσεις. Η δομή και το περιεχόμενό τους έχει κοινά στοιχεία με όσα αναφέρθηκαν. Η παρούσα έρευνα χρησιμοποίησε ορισμένα από τα προβλήματα αυτού του ερωτηματολογίου, κάνοντας στις ερωτήσεις του μικρές ή εκτεταμένες αλλαγές.

Στη θέση του πρώτου προβλήματος του ερωτηματολογίου των Καμπουράκη και Ζόγκζα (2009) που διερευνά τις απόψεις για την ποικιλότητα, χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την έρευνα οι σπίνοι του Δαρβίνου με τα διαφορετικά σχήματα ράμφους (Καμπουράκης, 2009) με δύο μόνο παραλλαγές, στη θέση των λύκων, των σκύλων και των αλεπούδων του αντίστοιχου προβλήματος των Καμπουράκη και Ζόγκζα (2009). Θεωρήθηκε προτιμότερο να διερευνηθεί η δυνατότητα της ποικιλομορφίας με την επιλογή ενός "στενότερου" παραδείγματος (σπίνοι) και όχι τριών διαφορετικών ειδών (λύκος, σκύλος και αλεπού) από τα οποία μάλιστα η αλεπού ανήκει και σε διαφορετικό γένος από τα άλλα δύο, έχει δηλαδή σχετικά μεγαλύτερη απόσταση εξελικτικά. Ο συμμετέχων γνωρίζει ότι τα ζώα αυτά είναι διαφορετικά επομένως έχει ως δεδομένο ίσως το γεγονός των πολλών διαφορών τους. Αυτό δεν επιτρέπει την εξέταση και ανάδειξη πιθανών ουσιοκρατικών θεωρήσεων. Για παράδειγμα μία απάντηση «δεν θα έπρεπε να είναι διαφορετικά, αφού και τα δύο πουλιά είναι σπίνοι»

επιτρέπει να διαγνώσουμε μία αρχική θέση περί μη μεταβλητότητας εντός του είδους, ειδικά εφόσον εμφανίζονται μόνο δύο μορφές ράμφους και όχι περισσότερες. Η αποκάλυψη της ύπαρξης πολύ μεγάλου αριθμού μορφών ράμφους ενδέχεται να μπορούσε να ερμηνευτεί ως φυσιολογική εν τέλει, καλύπτοντας τις πρότερες αντιλήψεις περί σταθερότητας των ειδών.

Παράλληλα, ζώα όπως ο λύκος, ο σκύλος και η αλεπού δε διαφέρουν σε ένα μόνο χαρακτηριστικό αλλά σε περισσότερα γεγονόσ που πιθανόν περιπλέκει το πώς απαντάται το ζήτημα της ύπαρξης ποικιλομορφίας.

Αντίθετα στο δεύτερο πρόβλημα διατηρήθηκε σε μεγάλο βαθμό η διατύπωση των Καμπουράκη και Ζόγκζα, με μικρές διαφοροποιήσεις. Αποφεύχθηκε η άμεση σύνδεση του μήκους του λαιμού με την τροφή που βρίσκεται σε ψηλά δένδρα, ώστε να μην υπονοηθεί οποιαδήποτε τελεολογική σχέση μεταξύ του χαρακτηριστικού και του λειτουργικού του ρόλου. Επομένως η πληροφορία για την τροφή που βρίσκεται στα ψηλά κλαδιά παρατίθεται μέσα στο πρόβλημα χωρίς να αναφέρεται ρητά ότι αυτό εξυπηρετείται από ένα ψηλό λαιμό. Με αυτή τη διατύπωση μπορεί να επιτρεπόταν και πάλι μία ουσιοκρατική άποψη του τύπου «πρόκειται για διαφορετικά, άσχετα μεταξύ τους ζώα» ή μία εναλλακτική άποψη για τον ψηλό λαιμό. Παράλληλα αναμένεται η ανάπτυξη διαφορετικών μεταξύ τους θεωρήσεων, σκοπιμότητας, περιβαλλοντικών περιορισμών ή δαρβινικών ερμηνειών.

Από το τρίτο πρόβλημα των Καμπουράκη και Ζόγκζα (2009) χρησιμοποιήθηκε η ιδέα για τις αρκούδες με τροποποιήσεις ώστε να σχηματιστεί μία από τις πρόσθετες ερωτήσεις κλειστού τύπου του δεύτερου ερωτηματολογίου (πρόσθετη ερώτηση 2).

Στη θέση του τρίτου προβλήματος σχεδιάστηκε ένα πρόβλημα πολύ ανοιχτό σε ερμηνείες με βακτήρια (βλ. Παράρτημα Α). Πολύ λιγότερο οριοθετημένο από όλες τις υπόλοιπες ερωτήσεις, χρησιμοποιήθηκε για να ανιχνευτούν πολλές ενδεχόμενες απαντήσεις για τη δυνατότητα τόσο της αλλαγής ενός χαρακτηριστικού ενός οργανισμού (βακτήριο),

όσο και της πιθανής ερμηνείας αυτής της αλλαγής – αν ήταν αποδεκτή η πιθανότητα να συμβεί η αλλαγή.

Το τέταρτο πρόβλημα των Καμπουράκη και Ζόγκτζα (2009) διατηρήθηκε σε μεγάλο βαθμό με δύο τροποποιήσεις. Προστέθηκε η πληροφορία της δυνατότητας αναπαραγωγής των σκαθαριών ώστε το πρόβλημα να οριοθετηθεί καλύτερα, καθώς και η αλλαγή του παράγοντα που διαφοροποιεί τις δυνατότητες επιβίωσης. Αντί για τα εντομοφάγα πουλιά που μπορούν να διακρίνουν τα πράσινα σκαθάρια και όχι τα καφέ, τίθεται ένας περιβαλλοντικός παράγοντας – ή όξινη βροχή. Η αλλαγή αυτή στην παρούσα έρευνα προκρίθηκε για δύο λόγους: αρχικά δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η ιδέα των πουλιών γιατί χρησιμοποιήθηκε στα κείμενα της εκπαιδευτικής παρέμβασης, επομένως η απάντηση θα ήταν απλή μεταφορά του αντίστοιχου προβλήματος του κειμένου που θα διάβαζαν μεταξύ προ και μετα – ελέγχου (κείμενο με εντομοφάγα πουλιά που τρέφονται με πεταλούδες). Κατά δεύτερον, επιτρεπόταν η ανίχνευση και διαπίστωση απόψεων που βασίζονται στην απευθείας επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων -η όξινη βροχή.

Το πέμπτο πρόβλημα των Καμπουράκη και Ζόγκτζα (2009) δε χρησιμοποιήθηκε καθόλου. Στη θέση του συντέθηκε ένα πρόβλημα που αναφερόταν και πάλι σε ένα πρόβλημα διαφορετικής επιβίωσης με την εξής διαφορά από το προηγούμενο: στο τέταρτο πρόβλημα η επικράτηση των καφέ σκαθαριών είναι δεδομένη. Στο πέμπτο πρόβλημα ενώ η διαφορά στα χαρακτηριστικά των δύο πληθυσμών λαυρακιών ήταν στα δεδομένα, δε δινόταν η κατάληξη (αν πχ θα επιβιώσει η μία παραλλαγή ή αν θα αλλάξει χαρακτηριστικά αυτή που απειλείται ή αν θα επιβιώσουν και οι δύο). Επομένως ήταν ένα πιο ανοιχτό ως προς την κατάληξη ερώτημα σε σχέση με το προηγούμενο. Το ενδιαφέρον εδώ ήταν η αφαίρεση της πληροφορίας της επιβίωσης του πιο προσαρμοσμένου, (η οποία ήταν δεδομένη στο πρόβλημα τέσσερα, εφόσον δηλωνόταν ότι τελικά επιβίωσαν μόνο τα καφέ σκαθάρια) αν θα

οδηγούσε τους συμμετέχοντες στο συμπέρασμα ότι ομοίως επιβιώνει η μία παραλλαγή ή θα την άλλαζαν προς όφελος μίας εναλλακτικής λύσης δικής τους κατασκευής.

Τέλος στο έκτο πρόβλημα χρησιμοποιήθηκε ένα κλασικό πρόβλημα από τη βιβλιογραφία της εξέλιξης, το πείραμα του Weismann (1891) που διερευνά τη δυνατότητα μεταβίβασης των επίκτητων χαρακτηριστικών. Το πρόβλημα αυτό εισήχθη ώστε να υπάρξει καλύτερη απεικόνιση των πρότερων απόψεων των μαθητών σε σχέση με την κληρονομικότητα. Η πληροφορία ότι η εξελικτικά χρήσιμη, μόνιμη μεταβολή των χαρακτηριστικών των οργανισμών περνά μέσω του γενετικού υλικού, συνήθως περιορίζει τις τελεολογικές ερμηνείες προθετικότητας ή επίδρασης του περιβάλλοντος (Samarapungavan & Wiers, 1997). Η πληροφορία αυτή δε δινόταν στο πρόβλημα αλλά μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από το συμμετέχοντα για να διατυπωθεί μία επιστημονική απάντηση στο πρόβλημα.

Το κλειστό ερωτηματολόγιο, όπως προαναφέρθηκε, περιείχε τις ίδιες έξι ερωτήσεις του ανοιχτού αλλά αυτή τη φορά με πέντε έτοιμες επιλογές. Η σταθερά που χρησιμοποιήθηκε ήταν ότι πάντοτε μία επιλογή είχε ουσιοκρατικό περιεχόμενο, μία εμπεριείχε την ιδέα της προθετικότητας, μία την ευθύγραμμη επίδραση του περιβάλλοντος, και μία ήταν συνεπής με την επιστημονική άποψη για την εξέλιξη. Εκτός από τις τέσσερις παραπάνω επιλογές, σταθερά υπήρχε και μία πέμπτη επιλογή που διαφωνούσε με τις υπόλοιπες και ήταν ανοιχτή στη διατύπωση από πλευράς του συμμετέχοντα προς μία εναλλακτική ερμηνεία που είχε τη δυνατότητα να αναπτύξει.

Η επιλογή της έρευνας ήταν να εμφανιστούν ως διαφορετικές επιλογές οι ερμηνείες της προθετικότητας από αυτές της ευθύγραμμης επίδρασης του περιβάλλοντος στις επιλογές του κλειστού ερωτηματολογίου. Στις περισσότερες έρευνες, οι δύο αυτές επιλογές διακρίνονται και εξετάζονται ξεχωριστά (πχ Ferrari & Chi, 1998· Kampourakis & Zogza, 2007, 2008). Μία διαφορά της παρούσας έρευνας ήταν η προσπάθεια να αναδειχθούν οι

ουσιοκρατικές απαντήσεις σε κάθε πρόβλημα οι οποίες συχνά συμψηφίζονται σε μία ενιαία κατηγορία «μη δαρβινικών» εξηγήσεων. Η παρουσίαση των πρότερων αντιλήψεων που αρνούνται την εξέλιξη ενδέχεται να είναι σημαντική για το σχεδιασμό προγραμμάτων εκπαιδευτικού περιεχομένου σε θέματα εξέλιξης, ειδικά σε αρχικά στάδια της διδασκαλίας όπου η δυνατότητα της αλλαγής πρέπει να γίνει καταρχήν αποδεκτή (Ferrari & Chi, 1998).

Ως προς τις πρόσθετες ερωτήσεις του κλειστού ερωτηματολογίου, εκτός από την ερώτηση 2 που προαναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκαν δύο προβλήματα επιπλέον: ένα για την ερμηνεία του χρώματος του δέρματος στους ανθρώπινους πληθυσμούς και ένα που αναφερόταν στους τυφλοπόντικες και την παρουσία τους στο περιβάλλον που ζει.

Το τρίτο ερωτηματολόγιο κατασκευάστηκε με σκοπό να μετρηθεί η ύπαρξη των αρχικών θεωρήσεων των μαθητών στο ζήτημα της κατηγοριοποίησης και η δυνατότητα αλλαγής κατηγοριοποίησης. Επιλέχθηκαν 12 προτάσεις που αναφέρονταν σε γεγονότα ή διαδικασίες της καθημερινότητας ή που έχουν επιστημονικές πληροφορίες. Από αυτές οι τέσσερις περιέγραφαν εξελικτικά φαινόμενα (προτάσεις 3, 5, 8 και 11), τέσσερις αναφέρονταν σε καταστάσεις όπου ξεχώριζε η δράση ενός ζωντανού υποκειμένου (προτάσεις 2, 6, 7 και 10) και τέσσερις που αφορούσαν σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες, όπου εμπλέκονταν κυρίως άψυχα αντικείμενα με σχέση αίτιου – αποτελέσματος (προτάσεις 1, 4, 9 και 12).

Σε ένα πρώτο έργο, οι συμμετέχοντες καλούνταν να κατηγοριοποιήσουν τις 12 προτάσεις ελεύθερα σε ομάδες, με δικά τους κριτήρια (εξηγώντας παράλληλα την επιλογή τους). Θεωρητικά θα αναμένονταν διάφορα συστήματα ταξινόμησης, όπως πχ σε προτάσεις που αναφέρονται σε έμψυχα και άψυχα, βιολογικά φαινόμενα ή όχι, κλπ). Η ύπαρξη μίας ερώτησης κατηγοριοποίησης “ανοιχτού τύπου” προκρίθηκε ως συνέχεια του σκεπτικού που εξηγήθηκε προηγουμένως για την έκφραση των απόψεων των συμμετεχόντων.

Στη δεύτερη ερώτηση υπήρχαν έτοιμες ονομασίες κατηγοριών (αίτιου – αποτελέσματος, σκοπιμότητας και αναδύμενα) όπου οι συμμετέχοντες έπρεπε να εντάξουν τις ίδιες 12 προτάσεις. Το σκεπτικό με το οποίο σχεδιάστηκε η συγκεκριμένη ερώτηση προέκυψε από τη διερεύνηση των βασικών θεωριών πλαισίου των μαθητών για τα εξελικτικά προβλήματα από τη βιβλιογραφία. Όπως αναλύθηκε, οι πρότερες αντιλήψεις των μαθητών για την εξέλιξη μπορούν να ομαδοποιηθούν α) σε τελεολογικές απόψεις για την άμεση επίδραση του περιβάλλοντος, ως παράγοντα που κατευθύνει με μηχανιστικό τρόπο την αλλαγή, η οποία θα επιτρέψει την επιβίωση ή την εξέλιξη και β) σε τελεολογικές επίσης εξηγήσεις που περιλαμβάνουν την προθετικότητα, δηλαδή τη σκόπιμη παρέμβαση του ίδιου του οργανισμού με στόχο την απόκτηση του επιθυμητού προσαρμοστικού χαρακτηριστικού. Στη βιβλιογραφία για τις ερμηνείες της πρώτης κατηγορίας χρησιμοποιείται ο όρος «εγγύτατες» (Καμπουράκης & Ζόγκζα, 2009) σε απόδοση του όρου «proximate» της αντίστοιχης ξένης βιβλιογραφίας (Evans, 2001). Ο συγκεκριμένος όρος δε χρησιμοποιήθηκε στο ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης αλλά προτιμήθηκε ο όρος «αίτιο – αποτέλεσμα» αρχικά διότι ο όρος «εγγύτατες» εδώ αφορούσε τον ερευνητή που προχωρά σε ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών, όπως στις προηγούμενες έρευνες, αλλά αποτελούσε όρο που έπρεπε να τον επιλέξουν οι συμμετέχοντες, επομένως θεωρήθηκε δύσχρηστος για αυτούς. Παράλληλα οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να κατηγοριοποιήσουν 12 προτάσεις, εκ των οποίων οι τέσσερις είχαν περιεχόμενο που με σαφήνεια παρέπεμπε σε σχέση αίτιου – αιτιατού (πχ «Όταν πλησιάζω την είσοδο του πολυκαταστήματος, οι πόρτες ανοίγουν αυτόματα»). Άρα η ομαδοποίηση των εξελικτικών φαινομένων μαζί με τις προτάσεις που παρέπεμπαν σε σχέση αίτιου – αποτελέσματος, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένδειξη μίας άποψης που θεωρεί ότι αντίστοιχα τα εξελικτικά φαινόμενα προκαλούνται από κάποιον εξωτερικό παράγοντα, πχ κάποια περιβαλλοντική αλλαγή. Αντίστοιχα η ομαδοποίηση των εξελικτικών φαινομένων σε μία ομάδα με την ετικέτα “σκοπιμότητα”, μπορούσε να αναδείξει μία θεωρία ομαδοποίησης

των εξελικτικών φαινομένων με τελεολογικές ερμηνείες προθετικότητας. Τέλος για την ανίχνευση εξελικτικών επιστημονικών απόψεων, πριν ή μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση επιλέχθηκε η ετικέτα "αναδυόμενα φαινόμενα" η οποία έχει μεν δυσνόητο περιεχόμενο αλλά η επιλογή της σηματοδοτεί την ένταξη των εξελικτικών φαινομένων σε μία ομάδα διαδικασιών με μη γνωστή εκ των προτέρων κατάληξη, ανοιχτή σε πολλά ενδεχόμενα. Επιπλέον, δινόταν οι δυνατότητα στους συμμετέχοντες να δημιουργήσουν μία δική τους κατηγορία, στην οποία θα έδιναν το όνομα που θα έκριναν εκείνοι κατάλληλο, έτσι ώστε, στην περίπτωση που μπορούσαν να ξεχωρίσουν τα φαινόμενα μεταξύ τους σωστά αλλά οι προαποφασισμένες ονομασίες των κατηγοριών δεν έκαναν νόημα για εκείνους.

Τέλος στην τρίτη ερώτηση οι συμμετέχοντες καλούνταν να ομαδοποιήσουν όλες τις προτάσεις σε δύο μόνο κατηγορίες: στα γεγονότα και τις διαδικασίες. Παρόλο που δεν δίνονταν διευκρινίσεις για το περιεχόμενο των δύο ετικετών (όπως άλλωστε και στην προηγούμενη ερώτηση), η κατάταξη των εξελικτικών φαινομένων σε γεγονότα σημαίνει ενδεχομένως μία οπτική που τα ερμηνεύει ως ολοκληρωμένα επεισόδια με αρχή, μέση και τέλος, χωρίς δυνατότητα ανατροπών, χωρίς συνέχεια, με οριστικό δηλαδή χαρακτήρα, ενδεχομένως αγνοώντας την πολυπαραγοντική φύση τους. Μία τέτοια κατάταξη αναμενόταν να συμβαδίζει με τελεολογικές ερμηνείες μάλλον παρά με δαρβινικές που εντάσσονται στο θεωρητικό πλαίσιο της φυσικής επιλογής. Αντίθετα η επιλογή ταξινόμησης των εξελικτικών προτάσεων ως διαδικασίες εμπεριέχει την πιθανή θεώρησή τους ως φαινόμενα ανοιχτά σε διάφορες επιλογές όπου πολλές παράμετροι συμμετέχουν και συνδιαμορφώνουν. Και σε αυτή την ερώτηση δινόταν και πάλι στους συμμετέχοντες η δυνατότητα δημιουργίας δύο δικών τους κατηγοριών στην περίπτωση που οι προαποφασισμένες ονομασίες των κατηγοριών δεν έκαναν νόημα για εκείνους, αλλά μπορούσαν να ξεχωρίσουν τα γεγονότα από τις διαδικασίες.



Η χρήση πολύ γενικών κατηγοριών, ευρύτερων του περιεχομένου των προτάσεων, τόσο στην ερώτηση δύο όσο και στην ερώτηση τρία, προήλθε από την ιδέα ότι ήταν απαραίτητη η εξέταση των γενικότερων κριτηρίων κατηγοριοποίησης των μαθητών σε ένα επίπεδο πιο γενικό από το επίπεδο των φαινομένων που εξετάζονταν. Όταν ο συμμετέχων εντάσσει μία πρόταση, ένα φαινόμενο σε μία κατηγορία, σημαίνει ότι θεωρεί ότι η πρόταση αυτή μοιράζεται όλα τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας. Αντίστοιχα μία αλλαγή στην ταξινόμηση αυτή στο μετα έλεγχο θα μπορούσε να σημαίνει μία ευρύτερη αλλαγή στον πώς γίνεται αντιληπτή μία έννοια. Γι' αυτό κρίθηκε σημαντική η χρήση ετικετών ίσως με κάπως αφηρημένο περιεχόμενο αλλά σίγουρα με μεγαλύτερο εύρος.

Για την πραγματοποίηση της εκπαιδευτικής παρέμβασης κατασκευάστηκαν τέσσερα κείμενα. Τα δύο από αυτά είχαν τη δομή ανατρεπτικού κειμένου ενώ τα άλλα δύο είχαν απλή, πληροφοριακή επεξηγηματική δομή. Παράλληλα τα δύο κείμενα (ένα ανατρεπτικό και ένα επεξηγηματικό) περιείχαν πληροφορίες για την ερμηνεία των εξελικτικών φαινομένων με βάση τη θεωρία της φυσικής επιλογής, ενώ τα άλλα δύο (ένα ανατρεπτικό και ένα μη ανατρεπτικό) είχαν την πληροφορία της κατηγοριοποίησης των εξελικτικών φαινομένων στις αναδυόμενες διαδικασίες.

Τα δύο κείμενα με την πληροφορία για την εξέλιξη δομήθηκαν στη βάση του πολύ γνωστού παραδείγματος – και από το αναλυτικό πρόγραμμα του μαθήματος της Βιολογίας Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας (Αδαμαντιάδου κ. ά., αναμορφωμένο από Καλαϊτζιδάκη και Πανταζίδη, 2021) – της πεταλούδας *Biston betularia* που έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά εξελικτικά παραδείγματα. Παρουσιάστηκε η ερμηνεία της αλλαγής του χρώματος σε συνθήκες που ευνοούσαν τη διαφορική αναπαραγωγή και επιβίωση της μίας παραλλαγής σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι η άλλη. Το ανατρεπτικό κείμενο συμπεριέλαβε βασικές παρανοήσεις των μαθητών τις οποίες με ρητό τρόπο επιχείρησε να ανασκευάσει και

χρησιμοποίησε πολλά στοιχεία από τον τρόπο που παρουσιάζεται στο προαναφερόμενο σχολικό εγχειρίδιο.

Τα άλλα δύο κείμενα με την πληροφορία κατηγοριοποίησης είχαν σκοπό να εξηγήσουν την ένταξη των εξελικτικών φαινομένων στις αναδύμενες διαδικασίες. Το ανατρεπτικό κείμενο επιχειρούσε επιπρόσθετα την ανασκευή των απόψεων κατηγοριοποίησης στα γεγονότα με τη χρήση παραδειγμάτων που επιδίωκαν να καταδείξουν ότι είναι συνεχείς διαδικασίες, ανοιχτές ως προς την έκβασή τους επειδή επιδέχονται την επίδραση πολλών παραγόντων.

## Μέθοδος

### Συμμετέχοντες

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 81 συμμετέχοντες, (30 αγόρια και 51 κορίτσια), μαθητές και μαθήτριες της Β τάξης Λυκείου από οκτώ Λύκεια της Αττικής. Ο μέσος όρος ηλικίας των μαθητών και μαθητριών ήταν 16 έτη και 10 μήνες. Κατά την πρώτη φάση της έρευνας αρχικά συμμετείχαν 98 συμμετέχοντες (35 αγόρια, 63 κορίτσια) αλλά από την πειραματική διαδικασία τελικά αποκλείστηκαν πέντε αγόρια και 11 κορίτσια είτε διότι δεν ολοκλήρωσαν ούτε την πρώτη φάση της διαδικασίας, είτε διότι ολοκλήρωσαν την πρώτη φάση αλλά δεν προχώρησαν στην επόμενη φάση της πειραματικής διαδικασίας. Επίσης αποκλείστηκε ένα ακόμα κορίτσι διότι στα ερωτηματολόγια που παρέδωσε στο τέλος της δεύτερης φάσης δεν υπήρχαν συμπληρωμένες απαντήσεις στην πλειοψηφία των ερωτήσεων των ερωτηματολογίων της δεύτερης φάσης.

### Υλικά

#### Κείμενα.

Στην εκπαιδευτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα είδη κειμένων (βλ. Παράρτημα Α). Κάθε συμμετέχων πήρε ένα μόνο είδος κειμένου από τα τέσσερα (μεθοδολογία ανεξάρτητων δειγμάτων). Το περιεχόμενο των δύο κειμένων αφορούσε τις εξελικτικές διαδικασίες και των άλλων δύο τις διαδικασίες κατηγοριοποίησης. Από τα δύο εξελικτικά κείμενα, το ένα είχε μορφή ανατρεπτικού κειμένου ενώ το άλλο μορφή επεξηγηματικού κειμένου. Αντίστοιχα από τα δύο κείμενα για τη διαδικασία κατηγοριοποίησης, το ένα είχε μορφή ανατρεπτικού κειμένου ενώ το άλλο επεξηγηματικού.

Τα δύο κείμενα των εξελικτικών διαδικασιών παρουσίαζαν τη γνωστή, στα αναλυτικά προγράμματα διδασκαλίας της εξέλιξης στη μέση εκπαίδευση, περίπτωση της αλλαγής χρωματισμού της πεταλούδας *Biston betularia* που ζει στην Αγγλία. Η επικράτηση της σκουρόχρωμης παραλλαγής, έναντι της ανοιχτόχρωμης σχετίζεται με τη βιομηχανική

επανάσταση. Ο στόχος αυτών των κειμένων ήταν η ανάπτυξη ενός παραδείγματος που θα βοηθούσε στην κατανόηση των εξελικτικών διαδικασιών.

Τα άλλα δύο κείμενα περιείχαν την πληροφορία κατηγοριοποίησης. Όπως αναφέρθηκε, η σωστή ή η λανθασμένη κατηγοριοποίηση των βιολογικών εξελικτικών φαινομένων, επηρεάζει θετικά ή αρνητικά αντίστοιχα την ερμηνεία τους. Στη θέση επιστημονικών απαντήσεων στη βάση της θεωρίας της φυσικής επιλογής, τείνουν να υιοθετούνται τελεολογικές εξηγήσεις (προθετικότητας ή μηχανιστικής επίδρασης του περιβάλλοντος) ή ακόμα και ουσιοκρατικές, που αρνούνται τη δυνατότητα εξέλιξης και αλλαγής των χαρακτηριστικών των οργανισμών. Επομένως τα δύο κείμενα της κατηγοριοποίησης στόχευαν στη σωστή ταξινόμηση των βιολογικών φαινομένων στα αναδυόμενα φαινόμενα που πραγματοποιούνται ως διαδικασίες και όχι ως γεγονότα.

Και τα τέσσερα κείμενα είχαν ένα κοινό τμήμα στο οποίο αποσαφηνίζονταν οι βασικές έννοιες της εξέλιξης, της δαρβινικής φυσικής επιλογής, της ποικιλομορφίας και της διαφορικής επικράτησης των πλέον προσαρμοστικών χαρακτηριστικών.

Τα δύο ανατρεπτικά κείμενα περιείχαν ότι και τα επεξηγηματικά, αλλά επιπλέον επιχειρούσαν να ανασκευάσουν τις πιο σημαντικές παρανοήσεις των μαθητών, με βάση την βιβλιογραφία. Ο συμμετέχων αναμενόταν με τον τρόπο αυτό να συναντήσει κατά την ανάγνωση του κειμένου ιδέες, απόψεις και θεωρίες που και ο ίδιος είχε υιοθετήσει - πλήρως ή μερικώς, λιγότερο ή περισσότερο καθαρά- , αρχικά με τη μορφή ερωτημάτων ή υποθέσεων. Για παράδειγμα στο ανατρεπτικό κείμενο με την πληροφορία για τις εξελικτικές διαδικασίες διάβαζε μία επικεφαλίδα με τίτλο *«Πιθανές ερμηνείες για τη μεταβολή του χρώματος»* αναφερόμενο στην αλλαγή του χρώματος των πεταλούδων. Το σώμα κειμένου που ακολουθούσε ξεκινούσε με τη φράση *«Πολλοί θα μπορούσαν να σκεφτούν δύο πιθανές ερμηνείες ...»* που εισήγαγε τις λανθασμένες τελεολογικές ερμηνείες. Το ανατρεπτικό κείμενο αφού ανέπτυξε κάποιες από τις παρανοήσεις, επιχειρούσε να τις ανασκευάσει με

στόχο τη γνωστική σύγκρουση που θα υποβοηθούσε την εννοιολογική αλλαγή. Η αλλαγή πλαισίου προχωρούσε σταδιακά, αρχικά υπό τη μορφή ερωτημάτων που έχουν ως αφετηρία την άποψη που πρόκειται να ανασκευαστεί. Για παράδειγμα διατυπωνόταν το ερώτημα που αφορά την ερμηνεία που βασίζεται στην μηχανιστική επίδραση του περιβάλλοντος: «*Η αλλαγή αυτή του χρώματος μίας πεταλούδας λόγω της ρύπανσης που επικάθεται πάνω τους, πόσο μόνιμη είναι; Η αλλαγή αυτή μεταβιβάζεται στους απογόνους;*» Στη συνέχεια επιχειρείτο η ανασκευή της άποψης, με αφετηρία τη φράση: «*Μία απλή αντίρρηση στην ερμηνεία αυτή είναι η εξής...*» που αναπτυσσόταν σε παράγραφο. Η πρώτη διαδεδομένη παρανόηση που το κείμενο επιχειρούσε να ανατρέψει είναι η υπόθεση της αλλαγής του χρώματος ως απευθείας επίδραση των βιομηχανικών ρύπων που παράγονται στην ευρύτερη περιοχή. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιώντας παραδείγματα όπως το βάψιμο των μαλλιών, υποδεικνυόταν ότι μία τέτοιου είδους ερμηνεία θα ήταν ατελής, εφόσον θα ήταν τυχαία, προσωρινή και δε θα μεταβιβαζόταν στους απογόνους των «μαυρισμένων» πεταλούδων. Αντίστοιχα ανατρεπόταν μία ερμηνεία που υποθέτει μία συνειδητή αλλαγή του χρώματος με την πρόθεση του ίδιου του εντόμου, με επιχειρήματα την έλλειψη οικονομίας μίας τέτοιας “λύσης” αλλά και το ανέφικτο της μεταβίβασής της. Τελικά παρατίθετο με ολοκληρωμένο τρόπο η εξελικτική θεώρηση, βασισμένη στη θεωρία της φυσικής επιλογής, που εξηγούσε επιστημονικά το φαινόμενο της αλλαγής που εξετάζόταν. Αντίθετα στο επεξηγηματικό κείμενο η ερμηνεία του βιολογικού φαινομένου που εξετάζεται παρατίθετο απευθείας, χωρίς εξέταση εναλλακτικών ερμηνειών, κάτω από επικεφαλίδα παραγράφου: «*Ερμηνεία της φυσικής επιλογής για τη μεταβολή του χρώματος*».

Αντίστοιχα το ανατρεπτικό κείμενο της κατηγοριοποίησης, περιείχε ότι και στο αντίστοιχο επεξηγηματικό, αλλά επιπλέον είχαν ενσωματωθεί κάποιες από τις λανθασμένες αντιλήψεις κατηγοριοποίησης των βιολογικών φαινομένων όπως για παράδειγμα η ταξινόμησή τους στα γεγονότα μάλλον παρά στις διαδικασίες. Με αφετηρία τη φράση

«Πολλοί θεωρούν ότι το φαινόμενο της εξέλιξης είναι ένα γεγονός, ένα ιστορικό γεγονός θα μπορούσε να πει κάποιος...» αναπτυσσόταν το κείμενο με στόχο να ανατρέψει αυτή την παρανόηση. Το παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η αλλαγή των συχνοτήτων των ατόμων με ετερόζυγη β θαλασσαιμία στον πληθυσμό, που εξαρτάται από τις συνθήκες μετάδοσης της ελονοσίας, κάτι που συνεχίζεται ακόμα και σήμερα. Με τον τρόπο αυτό υπογραμμίστηκε τόσο η συνθετότητα και πολυπαραγοντικότητα των εξελικτικών διαδικασιών, όσο και το γεγονός ότι είναι ανοιχτά στη μεταβολή, άρα δεν έχουν μία μηχανιστική γραμμική σχέση αίτιου – αποτελέσματος. Επομένως στη θέση του αίτιου δεν μπορεί να τοποθετηθεί ούτε ο ίδιος ο οργανισμός ως υποκείμενο της αλλαγής (προθετικότητα), ούτε ένας περιβαλλοντικός παράγοντας που δρα απευθείας στο γενετικό υλικό του οργανισμού με κάποια συγκεκριμένη στόχευση προσαρμογής. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι όπως το ανατρεπτικό κείμενο εξέλιξης, έτσι και το ανατρεπτικό κείμενο της κατηγοριοποίησης θέτοντας ερωτήματα, επιχειρούσε να δημιουργήσει το κατάλληλο ερευνητικό κλίμα που πρέπει να προηγηθεί ώστε ο αναγνώστης να εισέλθει σε μία διερευνητική λογική, αναζήτησης των απαντήσεων αντί για απλή παράθεση μίας έτοιμης απάντησης. Για παράδειγμα στο κείμενο διατυπώθηκε η σειρά ερωτημάτων: «*Τα εξελικτικά φαινόμενα πώς θα μπορούσαμε να τα κατηγοριοποιήσουμε; Η εξέλιξη ενός πληθυσμού που εντάσσεται; Είναι ένα φαινόμενο το οποίο προκαλείται από το περιβάλλον άμεσα, και άρα έχει γνωστή έκβαση; Μοιάζει με το λιώσιμο του πάγου όταν εκτίθεται σε υψηλή θερμοκρασία το οποίο είναι δεδομένο; ...*». Στη συνέχεια με τη χρήση αρκετών παραδειγμάτων αναπτυσσόταν η επιστημονική άποψη για την κατηγοριοποίηση των φαινομένων εξέλιξης σε μία νέα κατηγορία αναδυόμενων διαδικασιών. Αντίθετα το αντίστοιχο επεξηγηματικό κείμενο με την πληροφορία κατηγοριοποίησης, ανέπτυξε απευθείας τη λογική της κατηγοριοποίησης των βιολογικών φαινομένων στις διαδικασίες και στα αναδυόμενα φαινόμενα, σε δύο διακριτές

παραγράφους με δηλωτικούς τίτλους («*Η εξέλιξη ως διαδικασία*» και «*Τα εξελικτικά φαινόμενα ως αναδυόμενα φαινόμενα*»).

### **Ερωτηματολόγια.**

Για τον προέλεγχο και τη μέτρηση της επίδοσης στον μετα – έλεγχο χρησιμοποιήθηκαν τρία ερωτηματολόγια που δόθηκαν σε όλους τους μαθητές/ μαθήτριες (μεταβλητή εξαρτημένων δειγμάτων, αφού όλοι οι συμμετέχοντες εκτελούν και τα τρία έργα), ένα ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου, ένα κλειστού τύπου και τέλος ένα ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης (βλ. Παράρτημα Α).

Το ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου περιείχε έξι ερωτήσεις που παρουσίαζαν σύντομα ένα βιολογικό φαινόμενο σε κάθε ερώτηση, το οποίο ο συμμετέχων καλούνταν να ερμηνεύσει ή να προβλέψει την εξέλιξή του με βάση την άποψή του. Για παράδειγμα μετά από μία εισαγωγή που τον πληροφορούσε ότι κάποτε η καμηλοπάρδαλη είχε κοντό λαιμό, καλούνταν να απαντήσει στην ερώτηση: «*Πώς κατά τη γνώμη σου εξηγείται το ότι η καμηλοπάρδαλη σήμερα έχει ψηλό λαιμό ενώ κάποτε είχε κοντό;*» (ερώτηση 2). Οι ερωτήσεις αναφέρονταν σε διαφορετικά βιολογικά φαινόμενα. Στην ερώτηση 1 εξεταζόταν η άποψη του συμμετέχοντα σε σχέση με την ποικιλότητα του ράμφους των σπίνων. Η ερώτηση 3 αφορούσε στη δυνατότητα αλλαγής ενός στελέχους βακτηρίου, ώστε από ευαίσθητο σε ένα συγκεκριμένο αντιβιοτικό να μετατραπεί σε ανθεκτικό. Η ερώτηση 4 διερευνούσε το μηχανισμό μεταβολής του χαρακτηριστικού του χρώματος του σκαθαριού μέσα σε έναν πληθυσμό, ενώ η ερώτηση 5 τη μεταβολή του στόματος σε ένα είδος λαυρακιών. Τέλος η ερώτηση 6 περιλάμβανε το γνωστό στη βιβλιογραφία πείραμα του Weismann (1891), στο οποίο ο Αυστριακός επιστήμονας έκοβε επί πέντε γενιές τις ουρές των ποντικών, και στη συνέχεια τα ζευγάρωνε για να διαπιστώσει αν τα ποντικάκια που γεννιούνταν είχαν κανονικές ή κομμένες ουρές. Το ερώτημα ζητούσε από τους συμμετέχοντες να προβλέψουν

το αποτέλεσμα του πειράματος, δηλαδή διερευνούσε τις προϋπάρχουσες απόψεις για τη δυνατότητα ή όχι μεταβίβασης των επίκτητων χαρακτηριστικών.

Οι έξι ερωτήσεις διέφεραν όχι μόνο στα φαινόμενα τα οποία διαπραγματεύονταν αλλά και στα δεδομένα που δίνονταν και προφανώς στα ερωτήματα που έθεταν. Κάποιες ερωτήσεις ήταν αρκετά οριοθετημένες, όπως η ερώτηση 4, όπου περιγραφόταν ως δεδομένη η αλλαγή του χρώματος των σκαθαριών (από πράσινο σε καφέ) και μάλιστα πλαισιωμένη σε ένα περιβάλλον με όξινη βροχή, η οποία κατέστρεφε τα πράσινα φύλλα. Το ζητούμενο της ερώτησης δεν είναι αν θα συμβεί αλλαγή ή όχι αλλά η ερμηνεία της. Αντίθετα άλλες ερωτήσεις, όπως η ερώτηση 3 (*«Κατά τη γνώμη σου είναι πιθανό ένα στέλεχος τύπου II [ευαίσθητο] να αλλάξει σε τύπο I [ανθεκτικό] και πώς;»*) ήταν πιο ανοιχτή, με την έννοια ότι επιδεχόταν διαφορετικές απαντήσεις πχ "ναι", "όχι", "με αλλαγή συνθηκών", "με την προσπάθεια του οργανισμού", "μπορεί να αποκτά ανοσία" κλπ.

Το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου αποτελούνταν από εννέα ερωτήσεις, από τις οποίες οι έξι ήταν ίδιες με τις αντίστοιχες του ανοιχτού τύπου. Επιπλέον περιλάμβανε άλλες τρεις ερωτήσεις που αναφέρονταν σε διαφορετικά από τα προηγούμενα βιολογικά φαινόμενα. Σε κάθε ερώτηση υπήρχαν πέντε επιλογές. Η μία επιλογή περιείχε την επιστημονική απάντηση στη βάση της θεωρίας της φυσικής επιλογής. Μία απάντηση είχε στοιχεία προθετικότητας – τελεολογίας πχ στην ερώτηση 2 η επιλογή Β ανέφερε: *«Η καμηλοπάρδαλη του παρελθόντος τρεφόταν με τα φύλλα της ακακίας αλλά ίσως η τροφή δεν έφτανε για όλα τα άτομα. Αναγκάστηκαν επομένως τα ζώα εκείνα να τεντώνουν το λαιμό τους για να φτάσουν τα φύλλα που βρίσκονταν στα πιο ψηλά κλαδιά. Επειδή αυτό γινόταν για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι απόγονοι που γεννούσαν είχαν σταδιακά όλο και πιο ψηλό λαιμό. Με την πάροδο χιλιάδων ετών τα άτομα που σήμερα ζουν έχουν το χαρακτηριστικό ψηλό λαιμό που γνωρίζουμε.»* Μία άλλη απάντηση είχε πάλι τελεολογικό χαρακτήρα, αλλά αυτή τη φορά ο παράγοντας που προκαλούσε την αλλαγή ήταν απευθείας το περιβάλλον, για παράδειγμα



στην ερώτηση 4 η επιλογή Β αναφέρει: *«Η όξινη βροχή πέφτει πάνω στα φύλλα και τα καίει αλλά και πάνω στα σκαθάρια. Το οξύ που περιέχουν οι σταγόνες του νερού επιδρά πάνω στις χρωστικές ουσίες των σκαθαριών. Το καφέ χρώμα δεν αλλάζει αλλά το πράσινο οξειδώνεται και στη θέση του δημιουργείται μία καφετί απόχρωση. Έτσι τα πιο πολλά σκαθάρια πλέον θα είναι καφέ.»* Μία άλλη επιλογή είχε ουσιακρατικό περιεχόμενο, δηλαδή αρνούσαν τη δυνατότητα της αλλαγής των χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα στην ερώτηση 1 που αφορούσε τα ράμφη των σπίνων, η επιλογή Δ ανέφερε: *«Εφόσον και τα δύο άτομα είναι σπίνι, θα έπρεπε να έχουν το ίδιο ράμφος. Η διαφορά μπορεί να οφείλεται σε κάποιο μη φυσιολογικό γνώρισμα, μία μετάλλαξη ή μία ανωμαλία.»* Τέλος μία επιλογή σε κάθε ερώτηση άφηνε το περιθώριο ο συμμετέχων να διαφωνεί με όλες τις παραπάνω κατηγορίες απαντήσεων και να αναπτύξει τη δική του απάντηση στο κενό που υπάρχει κάτω από την επιλογή: *«Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.»* Εκτός από την παραπάνω επιλογή που ήταν ίδια σε όλες τις ερωτήσεις κλειστού τύπου και ήταν πάντα η τελευταία επιλογή, ελήφθη μέριμνα οι υπόλοιπες επιλογές να εμφανίζονται με τυχαία σειρά. Για παράδειγμα οι εξελικτικές ερμηνείες εμφανίζονταν στις έξι ερωτήσεις κατά σειρά ως οι επιλογές Β, Δ, Γ, Α, Β και Β.

Οι έξι κοινές ερωτήσεις του ανοιχτού και του κλειστού ερωτηματολογίου, επέτρεπαν τον έλεγχο της συμφωνίας μεταξύ ενός κειμένου που ελεύθερα ανέπτυξε ο συμμετέχων σε μία ερώτηση ανοιχτού τύπου και της επιλογής στην ίδια ερώτηση κλειστού τύπου. Οι τρεις πρόσθετες ερωτήσεις του κλειστού ερωτηματολογίου είχαν την ίδια δομή απαντήσεων με πέντε επιλογές, όπως παραπάνω, προσαρμοσμένες στις πιθανές θεωρίες πλαισίου των συμμετεχόντων, απλά κάλυπταν διαφορετικά σε σχέση με τις προηγούμενες ερωτήσεις βιολογικά προβλήματα, όπως την ερμηνεία του χρώματος του δέρματος στις ανθρώπινες φυλές, του χρώματος των διαφόρων ειδών αρκούδων και της όρασης στα τρωκτικά (ποντίκια και τυφλοπόντικες). Οι πρόσθετες ερωτήσεις επέτρεπαν την περαιτέρω

διερεύνηση των αντιλήψεων των συμμετεχόντων, την επιβεβαίωση των θεωριών που έχουν σχηματίσει και τη διαπίστωση του κατά πόσο αυτές έχουν ανατραπεί στον μεταέλεγχο.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι όλες οι ερωτήσεις, τόσο του ανοιχτού όσο και του κλειστού ερωτηματολογίου αναφέρονταν σε βιολογικά – εξελικτικά φαινόμενα διαφορετικά από αυτά που αναλύονταν ή παρουσιάζονταν ως παραδείγματα στα τέσσερα κείμενα (ανατρεπτικά ή επεξηγηματικά, εξέλιξης ή κατηγοριοποίησης). Με άλλα λόγια, δεν δόθηκαν στα τέσσερα κείμενα πληροφορίες που θα μπορούσαν άμεσα να χρησιμοποιηθούν στις απαντήσεις οποιασδήποτε ερώτησης από τους συμμετέχοντες.

Το τρίτο και τελευταίο ερωτηματολόγιο περιλάμβανε τρεις ερωτήσεις κατηγοριοποίησης. Και στις τρεις ερωτήσεις δίνονται οι ίδιες 12 προτάσεις, μερικές από τις οποίες αναφέρονταν σε εξελικτικά φαινόμενα (πρόταση αρ. 3: *«Οι πρόγονοι των δελφινιών ζούσαν κάποτε στην ξηρά, είχαν άκρα και οστά λεκάνης.»*), μερικές σε φαινόμενα που συνέδεαν άμεσα ένα αίτιο με ένα αποτέλεσμα (πρόταση αρ. 1: *«Ο γερανός που σήκωνε το πιάνο έσπασε και έτσι το πιάνο κατέληξε στο έδαφος, κομμάτια.»*), ενώ μία τρίτη κατηγορία προτάσεων περιείχε την έννοια της σκόπιμης αντίδρασης (πρόταση αρ. 10: *«Μετά από τόσο περπάτημα ζεστάθηκα, οπότε έβγαλα το μπουφάν μου.»*).

Στην πρώτη ερώτηση κατηγοριοποίησης ο συμμετέχων καλούνταν να ομαδοποιήσει τις 12 προτάσεις σε όσες και όποιες κατηγορίες επιθυμεί, χωρίς περιορισμό. Επρόκειτο επομένως για μία ερώτηση ανοιχτού τύπου. Αρχικά ο στόχος ήταν να διαπιστωθεί το κατά πόσον οι συμμετέχοντες αναγνωρίζουν τα φαινόμενα αυτά ως ιδιαίτερη κατηγορία ή αν έχουν την τάση ομαδοποίησής τους στις άλλες κατηγορίες. Παράλληλα αναμενόταν να παρατηρηθούν και πολλά διαφορετικά κριτήρια κατηγοριοποίησης.

Στη δεύτερη ερώτηση δίνονταν έτοιμες τρεις κατηγορίες, στις οποίες ο συμμετέχων καλούνταν να τοποθετήσει τις 12 προτάσεις. Οι δοθείσες κατηγορίες ήταν 1. Φαινόμενα σχέσης αίτιου – αποτελέσματος, 2. Φαινόμενα σκοπιμότητας, 3. Φαινόμενα αναδυόμενα. Η

δεύτερη ερώτηση στόχευε στο να διερευνήσει αν ο συμμετέχων τείνει να κατατάσσει τα βιολογικά – εξελικτικά φαινόμενα σε μία κατηγορία φαινομένων που εμπεριέχουν την ιδέα του σκοπού, της προθετικότητας, σε μία κατηγορία μηχανιστικής προσέγγισης, σχέσης αίτιου – αποτελέσματος με ένα ευθύγραμμο τρόπο ή αντίθετα αν αναγνώριζε ότι τα βιολογικά εξελικτικά φαινόμενα έχουν έναν ειδικό χαρακτήρα, και πρέπει να ταξινομηθούν στα αναδυόμενα φαινόμενα ως ξεχωριστή κατηγορία. Σε συνδυασμό με την πρώτη ερώτηση κατηγοριοποίησης που είναι ανοιχτού τύπου, ήταν δυνατή η σύγκριση του τρόπου ταξινόμησης των εξελικτικών φαινομένων. Ο συμμετέχων είχε επίσης την επιλογή να σχηματίσει και μία τέταρτη ή πέμπτη κατηγορία της επιλογής του, δίνοντας τίτλο σε αυτήν και περιγράφοντάς την, στην περίπτωση που κάποια από τις τρεις δοθείσες κατηγορίες δεν είχαν νόημα και περιεχόμενο για εκείνον.

Τέλος η τρίτη ερώτηση έδινε έτοιμες δύο κατηγορίες φαινομένων, η μία με τίτλο «διαδικασίες» ενώ η άλλη με τίτλο «γεγονότα». Διερευνούσε δηλαδή το αν οι συμμετέχοντες τείνουν να θεωρούν τα βιολογικά φαινόμενα ως γεγονότα με οριστικό χαρακτήρα, δεδομένης και προβλέψιμης πορείας ή αν αντίθετα τα κατατάσσουν στις διαδικασίες που σημαίνει ότι διαβλέπουν πιθανόν την πολυπαραγοντικότητά τους αλλά και τον απρόβλεπτο χαρακτήρα τους. Και εδώ υπήρχε επιλογή σχηματισμού άλλης κατηγορίας την οποία όριζε ο συμμετέχων και της έδινε όνομα και περιγραφή.

Και στις τρεις ερωτήσεις οι συμμετέχοντες καλούνταν να αιτιολογήσουν σε ένα μικρό κείμενο την επιλογή κατηγοριοποίησης που είχαν αποφασίσει.

### **Διαδικασία**

Η παρουσίαση του ερευνητικού σκοπού και της μεθοδολογίας έγινε σε ένα αρκετά μεγαλύτερο αριθμό μαθητών και μαθητριών, 120 περίπου στον αριθμό. Στη συνέχεια δόθηκε ρητά η δυνατότητα να λάβουν απόφαση συμμετοχής ή όχι στην ερευνητική διαδικασία. Ο τελικός αριθμός συμμετοχών διαμορφώθηκε από όσες και όσους προσφέρθηκαν εθελοντικά

να ακολουθήσουν όλη τη διαδικασία που είχε εξηγηθεί περιληπτικά. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίστηκε κατά το δυνατόν ότι η διαδικασία δεν θα έχει χαρακτήρα υποχρεωτικότητας, που ενέχει τον κίνδυνο αλλοιωμένων απαντήσεων, για παράδειγμα συμπλήρωση των ερωτηματολογίων με συνοπτικό και βιαστικό τρόπο. Στη σύντομη περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας επισημάνθηκε ότι συνολικά ο συμμετέχων καλείται να απαντήσει σε 18 ερωτήσεις συνολικά, δύο φορές. Ενδιάμεσα θα πρέπει να διαβάσει ένα κείμενο 3 – 4 σελίδων περίπου. Επομένως κατέστη σαφής η σχετική απαιτητικότητα του έργου, ώστε να μειωθεί ο αριθμός των μη ολοκληρωμένων συμμετοχών λόγω κούρασης και παραίτησης, αλλά κυρίως για να αυξηθεί η αξιοπιστία των απαντήσεων.

Στην πρώτη φάση της διαδικασίας μοιράστηκε στους συμμετέχοντες το πρώτο ερωτηματολόγιο, ανοιχτού τύπου. Δόθηκε έμφαση στο στόχο αποτύπωσης των απόψεων των μαθητών / μαθητριών, ώστε να παρακινηθούν να εκφραστούν με ελεύθερο και αυθόρμητο τρόπο. Τα ερωτηματολόγια θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν ως μία άσκηση γνώσεων, μία δοκιμασία σχολικής αξιολόγησης, επειδή μοιράστηκαν σε μαθητές μέσης εκπαίδευσης των οποίων η εμπειρία έχει ταυτίσει αυτή τη μορφή με τα συνήθη τεστ. Στην περίπτωση αυτή υπήρχε σοβαρή πιθανότητα ένας συμμετέχων να αποφασίσει να μη συμπληρώσει ένα μεγάλο αριθμό απαντήσεων, υπό το φόβο της άγνοιας της απάντησης. Επομένως δόθηκε η οδηγία ότι αυτό που ήταν σημαντικό για την έρευνα είναι η καταγραφή όλων των ιδεών των συμμετεχόντων και καμία άποψη δε θεωρείτο απορριπτέα. Άλλωστε ήταν σαφές ότι στο χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκε η έρευνα, οι αντίστοιχες ενότητες του αναλυτικού προγράμματος δεν είχαν διδαχθεί στα τμήματα των σχολικών μονάδων στα οποία φοιτούσαν οι μαθητές και οι μαθήτριες, καθώς οι συγκεκριμένες ενότητες που αναφέρονται στη θεωρία της εξέλιξης διδάσκονται στο τέλος του σχολικού έτους. Πριν τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων τονίστηκε με έμφαση το ότι οι ερωτήσεις δεν αποτελούσαν τμήμα της διδαχθείσας ύλης, ώστε να μειωθεί το άγχος των πιθανότατα άγνωστων ερωτήσεων, αλλά και

το ότι οι οποιεσδήποτε απαντήσεις δεν θα μετρούσαν στις σχολικές επιδόσεις των μαθητών και μαθητριών με οποιονδήποτε τρόπο.

Ο κάθε συμμετέχων που ολοκλήρωνε το πρώτο ερωτηματολόγιο και το παρέδιδε, λάμβανε το επόμενο ερωτηματολόγιο δηλαδή αυτό του κλειστού τύπου. Υπήρξε μέριμνα να μην συμπληρώνονται τα ερωτηματολόγια με αντίστροφη σειρά ούτε ταυτόχρονα διότι στο ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου υπάρχουν έτοιμες επιλογές για κάθε ερώτηση. Επομένως έπρεπε να αποκλειστεί η πιθανότητα ο συμμετέχων στην περίπτωση που δεν του ήταν εύκολο να ξεκινήσει να διατυπώνει τις ιδέες του σε μία ερώτηση ανοιχτού τύπου, να δανειστεί ιδέες από τις αντίστοιχες έτοιμες απαντήσεις από το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου. Έτσι αποφεύχθηκε η περιοριστική δράση του κλειστού ερωτηματολογίου στο ανοιχτό, με βάση τον αντίστοιχο προβληματισμό που αναπτύχθηκε στην εισαγωγή.

Μετά τη συμπλήρωση και του δεύτερου ερωτηματολογίου, κάθε συμμετέχων παραλάμβανε το τρίτο και τελευταίο ερωτηματολόγιο, της κατηγοριοποίησης. Η πρώτη φάση (συμπλήρωση ερωτηματολογίων) διαρκούσε περίπου 45 λεπτά δηλαδή όσο μία διδακτική ώρα. Σε λίγες περιπτώσεις μερικοί συμμετέχοντες ζήτησαν λίγο περισσότερο χρόνο, για να ολοκληρώσουν τις απαντήσεις τους, χρόνος ο οποίος τους δόθηκε (συνήθως άλλα 15 λεπτά).

Μετά από μία εβδομάδα ακολούθησε η δεύτερη φάση της έρευνας. Αρχικά δόθηκε σε κάθε συμμετέχοντα ένα από τα τέσσερα κείμενα (επεξηγηματικό εξέλιξης – ανατρεπτικό εξέλιξης – επεξηγηματικό κατηγοριοποίησης – ανατρεπτικό κατηγοριοποίησης) με τυχαίο τρόπο. Η οδηγία που δόθηκε ήταν να κάνουν προσεκτική ανάγνωση του κειμένου με στόχο να το κατανοήσουν. Επομένως η εκπαιδευτική παρέμβαση συνίστατο απλά στην ανάγνωση του κειμένου, χωρίς κανένα στοιχείο της παραδοσιακής διδασκαλίας, μετωπικής ή μαθητοκεντρικής. Στη συνέχεια το κείμενο επιστρεφόταν και ο συμμετέχων παραλάμβανε το πρώτο ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου. Σε αυτή την τρίτη φάση επισημάνθηκε ότι το ερωτηματολόγιο ήταν ακριβώς το ίδιο με αυτό της πρώτης φάσης, απλά το ερευνητικό

ερώτημα ήταν αν η άποψη του συμμετέχοντα για καθένα βιολογικό πρόβλημα είχε τροποποιηθεί ή όχι μετά την ανάγνωση του κειμένου. Άρα και στην περίπτωση αυτή δινόταν η ευκαιρία να ξεκαθαριστεί ότι δεν “εξεταζόταν” ο συμμετέχων αλλά γινόταν διερεύνηση της επίδρασης του κειμένου. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στο υπόλοιπο της έρευνας ήταν η ίδια με την πρώτη φάση (ολοκλήρωση κατά σειρά των τριών ερωτηματολογίων). Η δυνατότητα σύγκρισης των απαντήσεων των συμμετεχόντων στα ερωτηματολόγια πριν και μετά την ανάγνωση του κειμένου και μέτρησης της επίδρασης του κειμένου εξυπηρετήθηκε από την αναγραφή των ονομάτων των συμμετεχόντων, τόσο σε όλα τα ερωτηματολόγια όπως και στο κείμενο που ο κάθε συμμετέχων είχε διαβάσει. Η δεύτερη φάση είχε λίγο μεγαλύτερη διάρκεια από την πρώτη διότι περιλάμβανε και το χρονικό διάστημα ανάγνωσης του κειμένου (περίπου 60 λεπτά). Καθ’ όλη τη διάρκεια της διαδικασίας απαντήθηκαν αποκλειστικά διευκρινιστικές ερωτήσεις (για παράδειγμα: «τι ακριβώς πρέπει να κάνουμε στο τρίτο ερωτηματολόγιο;») αλλά όχι ερωτήσεις περιεχομένου (για παράδειγμα: “τι σημαίνει αναδυόμενα φαινόμενα;»). Σε τέτοιου τύπου ερωτήσεις η απάντηση που δινόταν ήταν «προσπάθησε να απαντήσεις με βάση αυτό που εσύ καταλαβαίνεις – δυστυχώς δεν μπορεί να δοθεί άλλη διευκρίνηση σε αυτή την ερώτηση».

Από τις σχολικές μονάδες και τους συλλόγους διδασκόντων ζητήθηκαν και δόθηκαν οι απαραίτητοι χρόνοι για τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας. Επτά συμμετέχοντες της πρώτης φάσης δεν προσήλθαν στη δεύτερη φάση επομένως εξαιρέθηκαν από την υπόλοιπη διαδικασία. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2021 σε περίοδο όπου τα σχολεία ήταν ανοιχτά.

### Αποτελέσματα

#### Έλεγχος αξιοπιστίας και εγκυρότητας

Τα τρία ερωτηματολόγια κατασκευάστηκαν για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας και είναι πρωτότυπα εργαλεία. Επομένως σε πρώτη φάση κρίθηκε απαραίτητο να ελεγχθεί η εγκυρότητά τους, δηλαδή να διαπιστωθεί αν πράγματι είναι κατάλληλα για τη μέτρηση των δεδομένων που επιχειρείται από τα ερευνητικά ερωτήματα. Το reliability test έγινε ώστε να ελεγχθεί η εσωτερική συνέπεια δηλαδή αν όλες οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων για τα εξελικτικά φαινόμενα κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση. Ο έλεγχος έγινε με το δείκτη Cronbach' s Alpha στον προέλεγχο, δηλαδή πριν οι συμμετέχοντες εκτεθούν σε κάποια μεταβλητή. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες 1-8.

#### Πίνακας 1

*Έλεγχος εγκυρότητας για το σύνολο των ερωτήσεων*

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,711	,729	15

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι 15 ερωτήσεις των ερωτηματολογίων εξέλιξης εμφανίζουν εσωτερική συνέπεια εφόσον ο δείκτης Cronbach' s Alpha είναι κοντά στο 0,7 που είναι ικανοποιητικό αποτέλεσμα για τον αριθμό των ερωτήσεων.

Ο πίνακας 2 δείχνει αναλυτικά τα αποτελέσματα του δείκτη εγκυρότητας ανά ερώτηση.

## Πίνακας 2

*Έλεγχος εγκυρότητας ανά ερώτηση ερωτηματολογίων εξέλιξης*

Είδος ερώτησης	Cronbach's Alpha
1. Ανοικτού τύπου 1	,687
2. Ανοικτού τύπου 2	,680
3. Ανοικτού τύπου 3	,688
4. Ανοικτού τύπου 4	,697
5. Ανοικτού τύπου 5	,702
6. Ανοικτού τύπου 6	,694
1. Κλειστού τύπου 1	,690
2. Κλειστού τύπου 2	,677
3. Κλειστού τύπου 3	,721
4. Κλειστού τύπου 4	,681
5. Κλειστού τύπου 5	,695
6. Κλειστού τύπου 6	,689
1. Κλειστού τύπου II (πρόσθετη)	,730
2. Κλειστού τύπου II (πρόσθετη)	,708
3. Κλειστού τύπου II (πρόσθετη)	,707

Στη συνέχεια εξετάστηκε η εγκυρότητα ανά ερωτηματολόγιο εφόσον αποτελούσε ξεχωριστό έργο για κάθε συμμετέχοντα. Στους επόμενους πίνακες 3-8 εμφανίζονται τα επιμέρους αποτελέσματα.

## Πίνακας 3

*Έλεγχος εγκυρότητας για το σύνολο των ανοιχτών ερωτήσεων*

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,567	,623	6

Τα αποτελέσματα του πίνακα 3 δείχνουν ότι οι 6 ερωτήσεις των ερωτηματολογίων εξέλιξης εμφανίζουν εσωτερική συνέπεια εφόσον ο δείκτης Cronbach's Alpha είναι πάνω από 0,5 που είναι ικανοποιητικό αποτέλεσμα για τον αριθμό των ερωτήσεων. Ο πίνακας 4 δείχνει αναλυτικά τα αποτελέσματα του δείκτη εγκυρότητας ανά ερώτηση. Παρατηρούμε ότι ο δείκτης είναι για όλες τις ερωτήσεις γύρω από την αποδεκτή τιμή 0,5.



Πίνακας 4

*Έλεγχος εγκυρότητας ανά ερώτηση ανοικτού ερωτηματολογίου εξέλιξης*

Είδος ερώτησης	Cronbach's Alpha
1. Ανοικτού τύπου 1	,477
2. Ανοικτού τύπου 2	,464
3. Ανοικτού τύπου 3	,490
4. Ανοικτού τύπου 4	,582
5. Ανοικτού τύπου 5	,576
6. Ανοικτού τύπου 6	,542

Τα αποτελέσματα της ίδιας ανάλυσης (πίνακες 5- 6) στις κλειστές ερωτήσεις δείχνουν ότι οι 9 ερωτήσεις εμφανίζουν εσωτερική συνέπεια εφόσον ο δείκτης Cronbach's Alpha είναι πάνω από 0,5 που είναι ικανοποιητικό αποτέλεσμα για τον αριθμό των ερωτήσεων.

Πίνακας 5

*Έλεγχος εγκυρότητας για το σύνολο των κλειστών ερωτήσεων*

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,525	,527	9

Ο πίνακας 6 δείχνει αναλυτικά τα αποτελέσματα του δείκτη εγκυρότητας ανά ερώτηση. Παρατηρούμε ότι ο δείκτης είναι για όλες τις ερωτήσεις γύρω από την αποδεκτή τιμή 0,5.

Πίνακας 6

*Έλεγχος εγκυρότητας ανά ερώτηση κλειστού ερωτηματολογίου εξέλιξης*

Είδος ερώτησης	Cronbach's Alpha
1. Κλειστού τύπου 1	,475
2. Κλειστού τύπου 2	,441
3. Κλειστού τύπου 3	,555
4. Κλειστού τύπου 4	,426
5. Κλειστού τύπου 5	,498
6. Κλειστού τύπου 6	,491
1. Κλειστού τύπου II (πρόσθετη)	,567
2. Κλειστού τύπου II (πρόσθετη)	,485
3. Κλειστού τύπου II (πρόσθετη)	,497

Τέλος, τα αποτελέσματα για τις τρεις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου κατηγοριοποίησης (πίνακες 7-8) δε δείχνουν πολύ υψηλή συνάφεια, εφόσον ο δείκτης

Cronbach's Alpha οριακά δεν ξεπερνά το 0,05. Δεν προκαλεί εντύπωση το να μην υπάρχει υψηλή εγκυρότητα σε αυτό το ερωτηματολόγιο διότι αρχικά περιέχει μικρό αριθμό ερωτήσεων συγκριτικά με τα υπόλοιπα, γεγονός που περιορίζει τη συστηματικότητα των απαντήσεων – η απόκλιση σε μία ερώτηση επηρεάζει πολύ περισσότερο την συνέπεια. Κατά δεύτερον, κάθε ερώτηση είχε διαφορετικό ζητούμενο σε αντίθεση με όλες τις ερωτήσεις των προηγούμενων ερωτηματολογίων που είχαν σχεδιαστεί με ομοιόμορφο τρόπο. Με δεδομένο αυτό τον περιορισμό παρουσιάζεται η εγκυρότητα ανά ερώτηση.

#### Πίνακας 7

*Έλεγχος εγκυρότητας για το σύνολο των ερωτήσεων κατηγοριοποίησης*

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,479	,444	3

Η τιμή του δείκτη για κάθε ερώτηση κινείται σε χαμηλά επίπεδα συγκριτικά με τις ερωτήσεις των άλλων ερωτηματολογίων, όπως ήταν αναμενόμενο.

#### Πίνακας 8

*Έλεγχος εγκυρότητας ανά ερώτηση ερωτηματολογίου κατηγοριοποίησης*

Είδος ερώτησης	Cronbach's Alpha
1. Κατηγοριοποίησης 1	,432
2. Κατηγοριοποίησης 2	,546
3. Κατηγοριοποίησης 3	,122

#### **Συσχέτιση μεταξύ κοινών ανοικτών - κλειστών ερωτήσεων**

Ένας ακόμα έλεγχος πριν την ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε στη συνέπεια και συστηματικότητα των απαντήσεων των συμμετεχόντων στις κοινές ερωτήσεις των ερωτηματολογίων ανοικτού και κλειστού τύπου. Όπως περιγράφηκε παραπάνω, στη βιβλιογραφία εκφράζεται μερικές φορές σκεπτικισμός για τη δυνατότητα των συμμετεχόντων έκφρασης ολοκληρωμένης γνώμης όταν αντιμετωπίζει ένα πρόβλημα το οποίο τίθεται με μία ανοικτού τύπου ερώτηση. Αντίστοιχα για την επεξεργασία των απαντήσεων θα μπορούσε να υπάρχει προβληματισμός σε σχέση με το αν έχει γίνει

κατανοητή η θέση κάθε συμμετέχοντα, άρα αν έχει γίνει και η βαθμολόγηση με ορθό τρόπο. Η ύπαρξη των κοινών ερωτήσεων επέτρεψε τη σύγκρισή τους στα δύο ερωτηματολόγια. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έλεγχος συσχέτισης, τόσο για τις ερωτήσεις στον προέλεγχο, όσο και για τις ερωτήσεις στον μεταέλεγχο. Στον πίνακα 9 παρατίθενται τα αποτελέσματα.

#### Πίνακας 9

*Συσχέτιση κοινών ερωτήσεων ανοικτού και κλειστού ερωτηματολογίου σε προέλεγχο και μεταέλεγχο*

(N=81)	Pearson Correlation	
	Προέλεγχος	Μεταέλεγχος
Ερώτηση 1	,382**	,396**
Ερώτηση 2	,425**	,458**
Ερώτηση 3	,096	,245*
Ερώτηση 4	,576**	,629**
Ερώτηση 5	,413**	,435**
Ερώτηση 6	,186	,550**

\*\*Συσχέτιση με στατιστική σημαντικότητα στο επίπεδο του 0,01 (αμφίπλευρος έλεγχος)

\*Συσχέτιση με στατιστική σημαντικότητα στο επίπεδο του 0,05 (αμφίπλευρος έλεγχος).

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει ότι υπήρξε συνέπεια με στατιστική σημαντικότητα στις απαντήσεις των συμμετεχόντων μεταξύ ανοικτού και κλειστού ερωτηματολογίου, σε τέσσερις από τις έξι κοινές ερωτήσεις στον προέλεγχο (πίνακας 9) (εξαιρούνται οι ερωτήσεις 3 και 6). Ωστόσο στις απαντήσεις στον μεταέλεγχο παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση και στις έξι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων. Αυτό σημαίνει ότι μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση (ανάγνωση κειμένου), όλες οι απαντήσεις των συμμετεχόντων πλέον εμφανίζουν συνέπεια ως προς τις κοινές ερωτήσεις των ερωτηματολογίων ανοικτού και κλειστού τύπου. Λόγω της διαφοράς στη συστηματικότητα των απαντήσεων των ερωτήσεων 3 και 6, οι στατιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας έγιναν με δύο τρόπους –με τη συμπερίληψη αυτών των ερωτήσεων αλλά και με την εξαίρεσή τους. Ωστόσο, δε διαπιστώθηκε καμία διαφορά στις στατιστικές αναλύσεις. Το εύρημα αυτό έδειξε ότι τελικά οι απαντήσεις των μαθητών ήταν συνεπείς και η συστηματικότητα αυτή δεν ήταν τυχαία. Επομένως διατηρήθηκαν όλοι οι στατιστικοί

έλεγχοι που παρουσιάστηκαν παραπάνω για το σύνολο των ερωτήσεων, αφενός επειδή δε βρέθηκε διαφορά αν εξαιρούσαμε τις δύο ερωτήσεις, αφετέρου διότι η μεγαλύτερη ποικιλία ερωτήσεων επέτρεπε την εμφάνιση τυχόν διαφορών στις αντιλήψεις των συμμετεχόντων και στις αλλαγές αυτών από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο.

### **Απαντήσεις συμμετεχόντων ανά κατηγορία ερωτήσεων και ανά πειραματική συνθήκη**

Εφόσον εξασφαλίστηκε ως ένα βαθμό τουλάχιστον η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου και η συνέπεια μεταξύ των κοινών ανοικτών και κλειστών ερωτήσεων πραγματοποιήθηκε στη συνέχεια η περιγραφική ανάλυση των αποτελεσμάτων που συγκεντρώθηκαν από τους συμμετέχοντες από όλες τις πειραματικές συνθήκες τόσο στον προέλεγχο όσο και στον μεταέλεγχο, προκειμένου να διαπιστωθεί αν και πώς φαίνεται να αλλάζουν οι απαντήσεις τους μετά την ανάγνωση των κειμένων που τους δόθηκαν.

Ακολουθήθηκε το εξής σύστημα βαθμολόγησης πεντάβαθμης ιεραρχικής κλίμακας: Κάθε απάντηση που κρίθηκε εξαιρετικά ασαφής, δήλωνε άγνοια, δεν ήταν δυνατόν να ενταχθεί σε κάποια καλά ορισμένη κατηγορία (βάσει βιβλιογραφίας), βαθμολογήθηκε με 0. Οι απαντήσεις που εμφάνιζαν χαρακτηριστικά ουσιοκρατικής θεώρησης βαθμολογήθηκαν με 1. Απαντήσεις που εμφάνιζαν στοιχεία προθετικότητας βαθμολογήθηκαν με 2. Απαντήσεις που εμφάνιζαν χαρακτηριστικά ευθείας επίδρασης περιβάλλοντος βαθμολογήθηκαν με 3. Τέλος απαντήσεις που πλησίαζαν κοντά στην εξελικτική επιστημονική θεώρηση βαθμολογήθηκαν με 4.

Επί παραδείγματι, η απάντηση του συμμετέχοντα 74 στην ερώτηση 1 (αναφορικά με την ποικιλότητα του ράμφους στους σπίνους) στον προέλεγχο: «Αυτός με το χοντρό ράμφος είναι αρσενικός ενώ ο άλλος με το λεπτό ράμφος είναι θηλυκός», βαθμολογήθηκε με 0. Η απάντηση του συμμετέχοντα 67 στην ερώτηση 2 (αναφορικά με τον ψηλό λαιμό της καμηλοπάρδαλης) στον προέλεγχο: « Η καμηλοπάρδαλη μπορεί για να φτάσει την τροφή της να τέντωνε το λαιμό της και να έχει τώρα το αποτέλεσμα που βλέπουμε σήμερα»,

βαθμολογήθηκε με 2. Η απάντηση του συμμετέχοντα 13 στην ερώτηση 3 (αναφορικά με τη δυνατότητα ενός ευαίσθητου σε ένα αντιβιοτικό βακτηρίου να μετατραπεί σε ανθεκτικό) στον προέλεγχο: *«Πιστεύω πως δεν είναι πιθανό κάτι τέτοιο»*, βαθμολογήθηκε με 1. Η απάντηση του συμμετέχοντα 55 στην ερώτηση 4 (αναφορικά με τη μείωση των πράσινων σκαθαριών) στον προέλεγχο: *«Η μεταβολή αυτή έγινε καθώς ο πληθυσμός των πράσινων σκαθαριών μειώθηκε λόγω του ότι δεν είχαν προστασία από τους κυνηγούς, έτσι επικράτησαν τα καφέ σκαθάκια που λόγω του χρώματός τους είναι δύσκολο να τα διακρίνουν τα άλλα ζώα»*, βαθμολογήθηκε με 4. Η απάντηση του συμμετέχοντα 24 στην ερώτηση 4 στον προέλεγχο: *«Έχουν διαφορετικό χρώμα επειδή ζουν σε διαφορετικό περιβάλλον. Η μεταβολή που παρατηρήθηκε είναι εξαιτίας των ρύπων και της όξινης βροχής»*, βαθμολογήθηκε με 3.

Κάθε συμμετέχων έλαβε έναν το βαθμό της πενταβάθμιας κλίμακας σε κάθε απάντησή του τόσο στον προέλεγχο όσο και στον μεταέλεγχο. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 10  
Απαντήσεις στις ερωτήσεις ανοιχτού ερωτηματολογίου

Ερωτήσεις	Κατηγορίες Απαντήσεων	Μη-Ανατρεπτικό Εξέλιξη % (N=21)		Μη-Ανατρεπτικό Κατηγοριοποίηση % (N=19)		Ανατρεπτικό Εξέλιξη % (N=20)		Ανατρεπτικό Κατηγοριοποίηση % (N=21)	
		Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ανοικτή 1	0	29	5	32	5	15	-	33	9
	1	9	5	-	10	5	10	-	5
	2	-	14	-	-	10	5	9	5
	3	48	33	47	53	65	45	43	48
	4	14	<b>43</b>	21	<b>32</b>	5	<b>40</b>	14	<b>33</b>
Ανοικτή 2	0	29	9	10	-	25	10	24	9
	1	5	-	-	-	-	5	-	-
	2	52	48	42	53	45	55	43	67
	3	14	14	32	21	20	10	19	5
	4	-	<b>29</b>	16	<b>26</b>	10	<b>20</b>	14	<b>19</b>
Ανοικτή 3	0	33	14	37	37	40	15	43	52
	1	29	24	26	21	20	20	-	5
	2	14	19	5	21	15	25	9	9
	3	14	33	16	10	25	25	29	19
	4	9	9	16	10	-	<b>15</b>	19	14
Ανοικτή 4	0	5	19	10	5	15	15	19	-
	1	-	-	-	-	-	-	5	-
	2	14	19	5	10	25	30	9	14
	3	19	5	10	-	5	5	19	10
	4	62	57	74	<b>84</b>	55	50	48	<b>76</b>
Ανοικτή 5	0	5	14	21	11	10	5	14	5
	1	5	-	5	-	-	10	-	-
	2	10	19	11	-	40	35	29	33
	3	-	-	-	5	-	5	5	5
	4	81	67	63	<b>84</b>	50	45	52	<b>57</b>
Ανοικτή 6	0	19	24	21	10	25	-	9	9
	1	5	-	-	5	5	15	5	5
	2	9	19	11	16	20	10	19	19
	3	24	9	5	-	25	20	19	19
	4	43	<b>48</b>	63	<b>68</b>	25	<b>55</b>	48	48
M.O.		14,48	16,00	15,21	17,26	13,40	16,10	14,29	16,05
St.Deviation		3,790	5,206	5,682	4,782	4,198	4,103	5,386	4,283
Mean Difference		1,52		2,05*		2,70*		1,76*	

Σημ.: Με έντονα γράμματα εμφανίζονται οι διαφορές στις οποίες υπήρξε βελτίωση από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο. Με κόκκινη ένδειξη εμφανίζονται οι διαφορές στις οποίες υπήρξε βελτίωση μεγαλύτερη του 15% από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο.  
\*Διαφορά με στατιστική σημαντικότητα στο επίπεδο του 0,05 (αμφίπλευρος έλεγχος).

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 10, στις περισσότερες περιπτώσεις η ανάγνωση των  
κειμένων οδήγησε σε βελτίωση των απαντήσεων των μαθητών στον μεταέλεγχο. Για

παράδειγμα στις ερωτήσεις 1 και 2 όλα τα κείμενα οδήγησαν σε αύξηση των επιστημονικά αποδεκτών απαντήσεων στον μεταέλεγχο. Στην ερώτηση 3 μόνο το ανατρεπτικό κείμενο που αναφερόταν στις εξελικτικές διαδικασίες προκάλεσε αύξηση των επιστημονικά αποδεκτών απαντήσεων. Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις 4 και 5 βελτιώθηκαν μόνο μετά την ανάγνωση κάποιου κειμένου που περιελάμβανε την πληροφορία κατηγοριοποίησης, ενώ στην ερώτηση 6 σημειώθηκε αύξηση στις επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις σε όλες τις συνθήκες εκτός από την κατηγορία του ανατρεπτικού κειμένου κατηγοριοποίησης όπου τα ποσοστά έμειναν ακριβώς τα ίδια.

Για να εξαχθεί ένα πιο συνολικό συμπέρασμα, στη συνέχεια όλες οι βαθμολογίες κάθε συμμετέχοντα από καθεμία ερώτηση αθροίστηκαν οπότε για κάθε συμμετέχοντα προέκυψε ένα συνολικό σκορ. Ακολουθεί η στατιστική ανάλυση για την εκτίμηση των διαφορών στην επίδοση μεταξύ προελέγχου και μεταελέγχου, στο ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου. Το στατιστικό κριτήριο που εφαρμόστηκε είναι το μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon.

Επειδή οι συνθήκες για τις δύο μεταβλητές ανεξάρτητων δειγμάτων είναι τέσσερις (κείμενο επεξηγηματικό για εξέλιξη – κείμενο ανατρεπτικό για εξέλιξη – κείμενο μη ανατρεπτικό για κατηγοριοποίηση – κείμενο ανατρεπτικό για κατηγοριοποίηση) ο έλεγχος με το κριτήριο Wilcoxon πραγματοποιήθηκε ξεχωριστά για κάθε συνθήκη των παραπάνω μεταβλητών. Επομένως πραγματοποιήθηκαν τέσσερις συγκρίσεις για το ανοιχτό ερωτηματολόγιο, πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση, για κάθε ομάδα συμμετεχόντων στην οποία ίσχυαν οι ίδιες ακριβώς συνθήκες ελέγχου.

Τα αποτελέσματα δείχνουν βελτίωση που δεν είναι στατιστικά σημαντική στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου όταν το κείμενο είναι μη ανατρεπτικό με την πληροφορία για τις διαδικασίες εξέλιξης [ $T(21)=49$ ,  $Z=1.305$ , n.s.]. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 10 η διαφορά της επίδοσης αυτής της ομάδας είναι μόλις 1,52 μονάδες.

Στις άλλες τρεις συνθήκες η βελτίωση από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο είναι στατιστικά σημαντική. Ειδικότερα, τα αποτελέσματα δείχνουν βελτίωση που είναι στατιστικά σημαντική στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, όταν το κείμενο είναι ανατρεπτικό με πληροφορία εξέλιξης [ $T(20)=40$ ,  $Z=1.985$ ,  $p<.05$ ]. Σε αυτή την περίπτωση η βελτίωση φτάνει τις 2,05 μονάδες.

Επιπλέον, υπάρχει βελτίωση που είναι στατιστικά σημαντική στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, όταν το κείμενο είναι μη ανατρεπτικό με πληροφορία κατηγοριοποίησης [ $T(19)=19.5$ ,  $Z=2.308$ ,  $p<.025$ ]. Εδώ η βελτίωση από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο αγγίζει τις 2,70 μονάδες όπως φαίνεται στον Πίνακα 10.

Τέλος, τα αποτελέσματα δείχνουν βελτίωση που είναι στατιστικά σημαντική στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, όταν το κείμενο είναι ανατρεπτικό με πληροφορία κατηγοριοποίησης ( $T(21)=10.5$ ,  $Z=2.650$ ,  $p<.005$ ). Η διαφορά από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο είναι 1,76 μονάδες.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου επιτεύχθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση των απαντήσεων των συμμετεχόντων, από τα τέσσερα κείμενα. Μόνο στο μη ανατρεπτικό κείμενο με την πληροφορία της εξέλιξης η βελτίωση δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Στη συνέχεια εξετάστηκε η επίδραση των τεσσάρων κειμένων στο ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου. Και πάλι η ανάλυση έγινε ξεχωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη, όπου οι συμμετέχοντες έχουν διαβάσει ακριβώς το ίδιο κείμενο και απάντησαν στις ίδιες ερωτήσεις. Η βαθμολόγηση των απαντήσεων των συμμετεχόντων έγινε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως στο ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου, με βάση την πενταβάθμια κλίμακα, μόνο που εδώ υπήρχαν έτοιμες επιλογές που αντιστοιχούσαν στις διάφορες κατηγορίες: 0 αν ο συμμετέχων δεν επέλεγε καμία από τις δεδομένες επιλογές και εξέθετε μία δική του απάντηση που δεν οδηγούσε σε σαφή συμπεράσματα, 1 όταν η επιλογή είχε ουσιοκρατικό χαρακτήρα, 2 όταν η



επιλογή είχε στοιχεία προθετικότητας, 3 όταν η επιλογή είχε την γραμμική άμεση επίδραση του περιβάλλοντος και 4 όταν η επιλογή είχε την επιστημονική ερμηνεία του φαινομένου στη βάση της θεωρίας της φυσικής επιλογής. Αρχικά παρατίθεται ο περιγραφικός πίνακας 11 με τις απαντήσεις των συμμετεχόντων και στις 9 κλειστού τύπου ερωτήσεις σε όλες τις πειραματικές συνθήκες τόσο στον προέλεγχο όσο και στον μεταέλεγχο.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 11, με εξαίρεση την ερώτηση 5, στις περισσότερες άλλες περιπτώσεις η ανάγνωση των κειμένων οδήγησε σε βελτίωση των απαντήσεων των μαθητών στον μεταέλεγχο. Για παράδειγμα στην ερώτηση 3 όλα τα κείμενα οδήγησαν σε αύξηση των επιστημονικά αποδεκτών απαντήσεων στον μεταέλεγχο. Στην ερώτηση 8 μόνο το μη-ανατρεπτικό κείμενο που αναφερόταν στις εξελικτικές διαδικασίες προκάλεσε αύξηση των επιστημονικά αποδεκτών απαντήσεων, ενώ στην ερώτηση 7 όλα τα άλλα κείμενα εκτός του προαναφερόμενου (μη-ανατρεπτικό με εξέλιξη) αύξησαν τις επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις. Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις 1, 2, 4, και 9 φαίνεται ότι βελτιώθηκαν όχι όμως βάσει κάποιας επίδρασης από συγκεκριμένη μεταβλητή.

Πίνακας 11

## Απαντήσεις στις ερωτήσεις κλειστού ερωτηματολογίου

Ερωτήσεις	Κατηγορίες Απαντήσεων	Μη-Ανατρεπτικό Εξέλιξη % (N=21)		Μη-Ανατρεπτικό Κατηγοριοποίηση % (N=19)		Ανατρεπτικό Εξέλιξη % (N=20)		Ανατρεπτικό Κατηγοριοποίηση % (N=21)	
		Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Κλειστή 1	0	9	-	-	-	5	-	5	-
	1	-	-	-	5	10	5	-	-
	2	24	9	5	10	5	5	24	19
	3	48	43	53	42	55	45	57	57
	4	19	<b>48</b>	42	42	25	<b>45</b>	14	<b>24</b>
Κλειστή 2	0	14	-	-	-	10	-	5	5
	1	19	-	-	-	-	15	9	-
	2	48	67	68	68	65	65	62	62
	3	9	14	11	11	-	5	5	9
	4	9	<b>19</b>	21	21	25	15	19	<b>24</b>
Κλειστή 3	0	-	-	-	5	5	-	9	5
	1	9	9	32	16	10	15	9	5
	2	43	43	21	26	50	35	19	29
	3	19	14	10	-	5	15	29	24
	4	29	<b>33</b>	37	<b>53</b>	30	<b>35</b>	33	<b>38</b>
Κλειστή 4	0	-	-	5	-	-	-	5	-
	1	-	5	-	-	-	-	-	-
	2	24	33	11	10	25	20	5	14
	3	5	5	11	-	10	5	14	14
	4	71	57	73	<b>90</b>	65	<b>75</b>	76	71
Κλειστή 5	0	-	-	-	-	-	-	5	5
	1	5	-	5	10	5	10	-	-
	2	5	24	10	16	30	45	24	43
	3	9	-	10	-	5	5	9	-
	4	81	76	74	74	60	40	62	52
Κλειστή 6	0	9	5	-	-	10	-	5	5
	1	9	5	16	21	20	20	14	14
	2	14	33	10	16	25	15	24	24
	3	24	19	10	10	20	15	9	19
	4	43	38	63	53	25	<b>50</b>	48	38
Κλειστή 7	0	5	-	-	-	-	10	-	-
	1	19	19	16	5	5	5	9	-
	2	5	5	5	11	-	5	14	10
	3	48	43	63	42	70	40	67	57
	4	24	<b>33</b>	16	<b>42</b>	25	<b>40</b>	9	<b>33</b>
Κλειστή 8	0	5	-	5	-	5	-	5	-
	1	19	19	10	21	30	30	19	29
	2	19	9	16	21	-	-	5	5
	3	14	9	10	5	5	25	14	9
	4	43	<b>62</b>	58	53	60	45	57	57
Κλειστή 9	0	5	-	5	-	-	-	5	5
	1	-	5	-	11	5	-	5	5
	2	33	14	26	26	25	35	24	14
	3	62	67	42	42	50	45	47	52
	4	-	<b>14</b>	26	21	20	20	19	<b>24</b>
Mean		25,00	27,05	27,32	27,47	25,35	26,10	25,76	26,67
St.Deviation		4,561	3,294	4,028	4,647	4,464	4,447	4,929	3,954
Mean Difference			2,05*		0,15		0,75		0,91

Σημ.: Με έντονα γράμματα εμφανίζονται οι διαφορές στις οποίες υπήρξε βελτίωση από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο. Με κόκκινη ένδειξη εμφανίζονται οι διαφορές στις οποίες υπήρξε βελτίωση μεγαλύτερη του 15% από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο. \*Διαφορά με στατιστική σημαντικότητα στο επίπεδο του 0,05 (αμφίπλευρος έλεγχος).

Οι βαθμολογίες αθροίστηκαν οπότε προέκυψε ένα συνολικό σκορ, προκειμένου να μπορέσουμε να οδηγηθούμε σε ένα πιο συνολικό συμπέρασμα. Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκε και εδώ το μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon.

Τα αποτελέσματα ήταν τα αντίστροφα από ότι στην περίπτωση του ανοικτού ερωτηματολογίου. Τα αποτελέσματα δείχνουν βελτίωση που είναι στατιστικά σημαντική στις ερωτήσεις κλειστού τύπου όταν το κείμενο είναι μη ανατρεπτικό με πληροφορία για τις διαδικασίες εξέλιξης [ $T(21)=45.5$ ,  $Z=1.749$ ,  $p<.05$ ]. Η βελτίωση από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο είναι 2,05 μονάδες.

Στις άλλες περιπτώσεις η βελτίωση δεν είναι στατιστικά σημαντική. Τα αποτελέσματα δείχνουν πολύ μικρή βελτίωση (0,15 μονάδες) που δεν είναι στατιστικά σημαντική στις ερωτήσεις κλειστού τύπου όταν το κείμενο είναι ανατρεπτικό με πληροφορία για τις διαδικασίες εξέλιξης [ $T(19)=49$ ,  $Z=.221$ ; n.s.]. Επιπλέον, τα αποτελέσματα δείχνουν και πάλι χαμηλή βελτίωση (0,75 μονάδες) που δεν είναι στατιστικά σημαντική στις ερωτήσεις κλειστού τύπου, όταν το κείμενο είναι μη ανατρεπτικό με πληροφορία κατηγοριοποίησης [ $T(21)=28$ ,  $Z=1.229$ , n.s.]. Τέλος, τα αποτελέσματα δείχνουν βελτίωση (0,95 μονάδες) που δεν είναι στατιστικά σημαντική στις ερωτήσεις κλειστού τύπου, όταν το κείμενο είναι μη ανατρεπτικό με πληροφορία κατηγοριοποίησης [ $T(19)=49$ ,  $Z=.221$ , n.s.].

Συνοψίζοντας για το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου, μόνο σε ένα κείμενο (το μη ανατρεπτικό με την πληροφορία της εξέλιξης) παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση των απαντήσεων των συμμετεχόντων. Στα υπόλοιπα τρία κείμενα η βελτίωση υπήρξε αλλά δεν πήρε στατιστικά σημαντική τιμή.

Στη συνέχεια εξετάστηκαν οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης. Στις ερωτήσεις κατηγοριοποίησης το έργο είχε σημαντικές διαφορές για τους συμμετέχοντες σε σύγκριση με τα άλλα δύο ερωτηματολόγια. Για παράδειγμα στις ερωτήσεις 2 και 3 αυτού του ερωτηματολογίου, ο συμμετέχων είχε τρεις και δύο αντίστοιχα επιλογές μόνο για να

εντάξει κάθε πρόταση σε έτοιμες ομάδες. Επομένως σε αυτό το ερωτηματολόγιο υπήρξε διαφορετικό σύστημα βαθμολόγησης. Συγκεκριμένα στην πρώτη ερώτηση ανοιχτού τύπου, όπου ο συμμετέχων δημιουργούσε τις δικές του κατηγορίες, με 0 βαθμολογήθηκε μία ταξινόμηση στην οποία δεν υπήρχε κανένα σαφές πλαίσιο ταξινόμησης. Για παράδειγμα ο συμμετέχων 52 ομαδοποίησε τις προτάσεις σε τέσσερις κατηγορίες στον προέλεγχο: (1 με 6, 7 με 12, 5 με 11 και 2 με 9). Οι υπόλοιπες προτάσεις έμειναν αταξινομήτες ενώ στις τέσσερις κατηγορίες που σχηματίστηκαν δεν υπήρχε καμία σαφήνεια στο κριτήριο εφόσον εντάσσονταν μαζί προτάσεις που έδειχναν προθετικότητα (πχ η πρόταση 6 ) μαζί με προτάσεις που είχαν σχέση αιτίου – αποτελέσματος (πχ πρόταση 1). Αντίστοιχα προβλήματα εμφάνιζε αυτή η κατηγοριοποίηση στις υπόλοιπες ομάδες. Αν ένας συμμετέχων εμφάνιζε σε μία κατηγορία τα βιολογικά φαινόμενα μαζί με τις προτάσεις που έδειχναν πρόθεση, δηλαδή συνειδητή δράση του υποκειμένου, βαθμολογείτο με 1, ενώ αν τα βιολογικά εξελικτικά φαινόμενα εμφανίζονταν σε μία κατηγορία με προτάσεις που δείχνουν σχέση αιτίου – αποτελέσματος βαθμολογείτο με 2. Για παράδειγμα ο συμμετέχων 45 στον προέλεγχο δημιούργησε μία κατηγορία με τις προτάσεις 3, 5, 11, 12, 4 και 1 και στην αιτιολόγηση έγραψε «γιατί δηλώνουν την αιτία ή και το αποτέλεσμα ενός φαινομένου» (δεν ενέταξε στην κατηγορία αυτή την πρόταση 8 που αναφέρεται σε εξελικτική διαδικασία, όμως είχε διατύπωση μελλοντικού γεγονότος που αναμένεται να συμβεί και όχι διαδικασίας που έχει διαπιστωθεί). Τέλος αν ο συμμετέχων ξεχώριζε τα βιολογικά φαινόμενα και τα κατηγοριοποιούσε χωριστά από όλα τα υπόλοιπα, βαθμολογείτο με 3.

Στη δεύτερη ερώτηση η κλίμακα βαθμολόγησης ήταν πάλι τετράβαθμη, στην ίδια σειρά με την προηγούμενη ερώτηση. Βαθμολογία 0 λάμβαναν οι απαντήσεις ταξινόμησης με ασαφές πλαίσιο, πχ με διάσπαρτη ένταξη των βιολογικών φαινομένων σε διαφορετικές κατηγορίες. Για παράδειγμα ο συμμετέχων 67 στην κατηγορία «αναδυόμενα» τοποθέτησε τις προτάσεις 2, 3, 5, 7, 8 και 12, οι οποίες ορθά περιλαμβάνουν βιολογικά φαινόμενα (3, 5, 8)

αλλά και αυτοματοποιημένες διαδικασίες (12) αλλά και προτάσεις με εκδήλωση εμπρόθετης δράσης (2, 7). Παράλληλα στην κατηγορία «σκοπιμότητα» ενέταξε τις προτάσεις 4, 6, 9, 10, 11 και 12. Ορθά οι 6 και 10, λανθασμένα οι 4, 9 και 12 καθώς ανήκουν στα φαινόμενα που περιγράφουν άμεσες αντιδράσεις που προκαλούνται από ένα συγκεκριμένο αίτιο και επίσης λανθασμένα η 11 που περιγράφει εξελικτική διαδικασία. Συνεπώς συνολικά βαθμολογήθηκε με 0, καθώς υπήρχε διάχυτα ένταξη προτάσεων διαφορετικής κατηγορίας σε άλλες μη κατάλληλες ομάδες. Βαθμολογία 1 λάμβαναν οι απαντήσεις στις οποίες τα βιολογικά φαινόμενα έτειναν να εντάσσονται στην ομάδα «σκοπιμότητα», βαθμολογία 2 έπαιρναν οι απαντήσεις που τα βιολογικά φαινόμενα έτειναν να εντάσσονταν στην ομάδα «αίτιο – αποτέλεσμα» και τέλος βαθμολογία 3 λάμβαναν οι απαντήσεις που έτειναν να εντάσσονται στην κατηγορία «αναδύμενα». Προφανώς όλες οι βαθμολογήσεις είχαν ένα περιθώριο απόκλισης της τάξης της μίας πρότασης, ώστε να διαφανεί η κεντρική τάση στον τρόπο με τον οποίο ο συμμετέχων έχει επιλέξει στην κατηγοριοποίηση. Για παράδειγμα η ένταξη των προτάσεων 3, 5 και 8 (βιολογικά φαινόμενα) στην κατηγορία «σκοπιμότητα» στην ερώτηση 2, θεωρήθηκε αρκετή ώστε να πάρει βαθμό 1 (συμμετέχων 51) παρόλο που δεν ενέταξε σε αυτήν την κατηγορία την πρόταση 11. Οι βαθμολογίες κάθε συμμετέχοντα στο ερωτηματολόγιο αθροίστηκαν και προέκυψε ένα συνολικό σκορ.

Τέλος στην ερώτηση 3 όπου όλες οι προτάσεις έπρεπε να ενταχθούν είτε στα γεγονότα είτε στις διαδικασίες, (είτε σε κατηγορία της επιλογής του συμμετέχοντα), βαθμολογήθηκαν με 0 απαντήσεις που τα βιολογικά φαινόμενα εντάσσονταν με τυχαίο ή ακατανόητο πρότυπο, με 1 απαντήσεις που εμφάνιζαν αντίστροφο πρότυπο (όλα τα βιολογικά φαινόμενα στα γεγονότα και όλες οι υπόλοιπες προτάσεις στις διαδικασίες), με 2 μία κατά κανόνα σωστή κατηγοριοποίηση αλλά με ανεπαρκή αιτιολόγηση και με 3 η ολοκληρωμένη απάντηση. Ειδικά η βαθμολογία με 1 κρίθηκε σωστή διότι η κατηγορία «γεγονότα» ενδέχεται να αντιμετωπίστηκε από τους συμμετέχοντες όχι με την έννοια του

συμβάντος που έχει προβλεπόμενη κατάληξη και οριστικό χαρακτήρα αλλά με την έννοια ενός φαινομένου που έχει μία βεβαιότητα, που ισχύει αναμφισβήτητα (ενώ πιθανόν η διαδικασία θεωρήθηκε ότι έχει ένα χαρακτήρα ενδεχομενικότητας, ότι μπορεί και να μην είναι αληθής).

Έτσι, κάθε συμμετέχων έλαβε έναν το βαθμό της τετραβάθμιας κλίμακας σε κάθε απάντησή του τόσο στον προέλεγχο όσο και στον μεταέλεγχο. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων των συμμετεχόντων παρατίθενται στον πίνακα 12.

Πίνακας 12  
Απαντήσεις ερωτηματολογίου κατηγοριοποίησης

Ερωτήσεις	Κατηγορίες Απαντήσεων	Μη-Ανατρεπτικό Εξέλιξη % (N=21)		Μη-Ανατρεπτικό Κατηγοριοποίηση % (N=19)		Ανατρεπτικό Εξέλιξη % (N=20)		Ανατρεπτικό Κατηγοριοποίηση % (N=21)	
		Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Κατηγοριοποίηση 1	0	19	24	21	11	30	20	14	14
	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	5	5	-	-	-	-
	3	81	76	74	<b>84</b>	70	<b>80</b>	86	86
Κατηγοριοποίηση 2	0	19	5	11	-	20	15	19	5
	1	14	9	5	-	-	5	9	14
	2	10	9	5	16	10	15	9	19
	3	57	<b>76</b>	79	<b>84</b>	70	65	62	62
Κατηγοριοποίηση 3	0	48	62	63	26	90	40	62	29
	1	33	29	16	32	5	45	24	43
	2	9	5	21	16	-	5	9	-
	3	9	5	-	<b>26</b>	5	<b>10</b>	5	<b>29</b>
Mean		5,29	5,38	5,42	6,89	4,60	5,55	5,09	6,24
St.Deviation		1,875	1,857	2,009	1,524	2,280	2,502	2,053	1,921
Mean Difference		0,09		1,49**		0,95		1,15*	

Σημ.: Με έντονα γράμματα εμφανίζονται οι διαφορές στις οποίες υπήρξε βελτίωση από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο. Με κόκκινη ένδειξη εμφανίζονται οι διαφορές στις οποίες υπήρξε βελτίωση μεγαλύτερη του 15% από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο. \*\*Διαφορά με στατιστική σημαντικότητα στο επίπεδο του 0,01 (αμφίπλευρος έλεγχος) \*Διαφορά με στατιστική σημαντικότητα στο επίπεδο του 0,05 (αμφίπλευρος έλεγχος).

Για να υπάρξει μια πιο συνολική και στατιστική εικόνα για αυτή την επίδραση όλες οι βαθμολογίες κάθε συμμετέχοντα από κάθε ερώτηση αθροίστηκαν οπότε για κάθε συμμετέχοντα προέκυψε ένα συνολικό σκορ. Η στατιστική ανάλυση που έγινε για την εκτίμηση των διαφορών στην επίδοση μεταξύ προελέγχου και μεταελέγχου βασίστηκε στο μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon. Από την ανάλυση προκύπτει ότι τα δύο από τα τέσσερα κείμενα είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στις επιδόσεις των συμμετεχόντων στον

μεταέλεγχο. Συγκεκριμένα μόνο τα κείμενα κατηγοριοποίησης είχαν σημαντική επίδραση στις ερωτήσεις κατηγοριοποίησης (μη-ανατρεπτικό κείμενο:  $(T(19)=2.5, Z=3.028, p<.005]$ , ανατρεπτικό κείμενο:  $[T(21)=38, Z=1.854, p<.05]$ , ενώ στα κείμενα με την πληροφορία εξέλιξης η βελτίωση δεν ήταν στατιστικά σημαντική (μη-ανατρεπτικό:  $[T(21)=64.5, Z=.187, n.s.]$ , ανατρεπτικό κείμενο:  $[T(20)=30, Z=1.429, n.s.]$ ).

### **Συνολικές επιδόσεις συμμετεχόντων ανά πειραματική συνθήκη**

Όλες οι παραπάνω συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν χωριστά για τις πειραματικές συνθήκες, διότι έτσι εξασφαλίστηκε ότι οι συμμετέχοντες είχαν τις ίδιες συνθήκες ελέγχου (ανάγνωση του ίδιου κειμένου και απάντηση ίδιων ερωτηματολογίων). Στη συνέχεια επιχειρήθηκε η χρήση μη παραμετρικών ελέγχων για το σύνολο των δεδομένων, ώστε να προκύψουν γενικότερα συμπεράσματα για τη μεταβλητή της δομής των κειμένων (ανατρεπτικό ή μη) και για τη μεταβλητή της πληροφορίας τους (περιεχόμενο εξέλιξης ή κατηγοριοποίησης). Ο πειραματικός σχεδιασμός της παρούσας έρευνας αν και παραγοντικός με τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές (δομή, περιεχόμενο, έργο, άρα  $2 \times 2 \times 3$ ), από τις οποίες οι δύο ανεξάρτητων δειγμάτων (δομή και περιεχόμενο) και η μία επαναληπτικών μετρήσεων (προέλεγχος - μεταέλεγχος), δεν επιτρέπει τη χρήση παραμετρικών κριτηρίων ελέγχου, τόσο εξαιτίας του ότι οι συμμετέχοντες δεν εξασφαλίστηκε ότι έχουν χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν σε κανονική κατανομή, όσο κυρίως επειδή η κλίμακα βαθμολόγησης που χρησιμοποιήθηκε δεν είναι ίσων διαστημάτων ούτε πολύ περισσότερο αναλογική, αλλά ιεραρχική. Η τελευταία δεν επιτρέπει την εφαρμογή παραμετρικών κριτηρίων.

Για να επιτραπεί – και πάλι με μη παραμετρικά κριτήρια- η σύγκριση των διαφορετικών συνθηκών, άρα για να ξεπεραστεί ο διαφορετικός τρόπος βαθμολόγησης στα διαφορετικά έργα (ανοιχτό, κλειστό και κατηγοριοποίησης), όλες οι απαντήσεις βαθμολογήθηκαν με νέο σύστημα. Σε αυτό οι απαντήσεις που ήταν σύμφωνες με τις επιστημονικά αποδεκτές αντιλήψεις (εξελικτική ερμηνεία των προβλημάτων του ανοιχτού

και κλειστού ερωτηματολογίου και κατηγοριοποίηση προτάσεων βιολογικών φαινομένων στις αναδυόμενες διαδικασίες) βαθμολογήθηκαν με 1 ενώ όλες οι υπόλοιπες που δε συμφωνούν με τις επιστημονικές εξηγήσεις (ερμηνεία εξελικτικών φαινομένων με προθετικότητα ή με άμεση επίδραση περιβάλλοντος ή υιοθέτηση ουσιοκρατικών αντιλήψεων, είτε κατηγοριοποίηση των προτάσεων με βιολογικά φαινόμενα στις κατηγορίες σκοπιμότητας ή στο αίτιο αποτέλεσμα ή στα γεγονότα) με 0. Όλες οι βαθμολογίες των συμμετεχόντων προστέθηκαν οπότε προέκυψαν συνολικά σκορ τόσο για κάθε ερωτηματολόγιο, όσο και για όλα τα έργα μαζί.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας 13 με τους μέσους όρους και την τυπική απόκλιση για τη συνολική επίδοση των συμμετεχόντων στον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο.

### Πίνακας 13

*Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις για τις ολικές επιδόσεις στον προέλεγχο και στον μεταέλεγχο*

	M.O.	Τυπική απόκλιση
Προέλεγχος	6,9877	3,076
Μεταέλεγχος	8,1481	3,373

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 13 ο μέσος όρος επίδοσης στον προέλεγχο ήταν 6,9877 βαθμοί ενώ στον μεταέλεγχο φτάνει τους 8,1481 βαθμούς. Συνολικά λοιπόν, φαίνεται ότι οι επιδόσεις των συμμετεχόντων βελτιώθηκαν στον μεταέλεγχο συγκριτικά με τον προέλεγχο. Η μη παραμετρική ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων έδειξε βελτίωση των απαντήσεων των συμμετεχόντων όλων των ομάδων από τον προέλεγχο στο μετα-έλεγχο για το σύνολο των ερωτήσεων. [ $T(81)=648.5$ ,  $Z=-3.635$ ,  $p<.001$ ].

Στη συνέχεια το δείγμα χωρίστηκε σε δύο ομάδες με βάση την πρώτη μεταβλητή (δομή κειμένου) για να διαπιστωθεί η επίδραση του ανατρεπτικού κειμένου στη βελτίωση των επιδόσεων των συμμετεχόντων από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο, έναντι του μη ανατρεπτικού κειμένου. Στην πρώτη ομάδα εντάχθηκαν οι συμμετέχοντες που διάβασαν ένα μη-ανατρεπτικό κείμενο (ανεξαρτήτως περιεχομένου) και στη δεύτερη όσοι διάβασαν ένα



ανατρεπτικό κείμενο (ανεξαρτήτως περιεχομένου). Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η ίδια μη παραμετρική ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων και σε κάθε κατηγορία ξεχωριστά. Παρατίθεται ο αντίστοιχος πίνακας 14 και η στατιστική ανάλυση.

#### Πίνακας 14

*Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις για τις ολικές επιδόσεις στον προέλεγχο και στον μεταέλεγχο με βάση τη δομή του κειμένου*

	Μη-ανατρεπτικά κείμενα		Ανατρεπτικά κείμενα	
	Μ.Ο.	Τυπική απόκλιση	Μ.Ο.	Τυπική απόκλιση
Προέλεγχος	7,4250	3,2414	6,5610	2,8814
Μεταέλεγχος	8,6500	3,3401	7,6585	3,3735

Τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στον πίνακα 14 δείχνουν ότι η μη παραμετρική ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων που έγινε στη συνολική επίδοση των συμμετεχόντων ανά πειραματική συνθήκη για τη δομή του κειμένου έδειξε βελτίωση των απαντήσεων των συμμετεχόντων και για τις δύο πειραματικές ομάδες από τον προέλεγχο στο μεταέλεγχο για το σύνολο των ερωτήσεων (μη-ανατρεπτικό κείμενο:  $[T(81)= 141.5, Z=-.690, p<.004]$  για την υπόθεση μονόπλευρου ελέγχου, ανατρεπτικό κείμενο:  $[T(81)=198.5, Z=.327, p<.010]$  για την υπόθεση μονόπλευρου ελέγχου]). Όπως φαίνεται από τον πίνακα των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων ο μέσος όρος επίδοσης των συμμετεχόντων που διάβασαν κάποιο μη-ανατρεπτικό κείμενο στον προέλεγχο ήταν 7,4250 βαθμοί ενώ στον μεταέλεγχο φτάνει τους 8,6500 βαθμούς. Ανάλογα τα αποτελέσματα και για τους συμμετέχοντες που διάβασαν ένα ανατρεπτικό κείμενο, οι οποίοι είχαν μέσο όρο επίδοσης στον προέλεγχο 6,5610 και στον μεταέλεγχο 7,6585.

Στη συνέχεια το δείγμα χωρίστηκε με βάση την άλλη μεταβλητή (πληροφορία κατηγοριοποίησης) σε δύο ομάδες για να φανεί αν το είδος της πληροφορίας μπορεί να επηρεάσει τη βελτίωση των απαντήσεων στον μεταέλεγχο. Στην πρώτη τοποθετήθηκαν οι συμμετέχοντες που διάβασαν ένα κείμενο με την πληροφορία της εξελικτικής διαδικασίας

(ανεξαρτήτως δομής) και στη δεύτερη όσοι διάβασαν ένα κείμενο με την πληροφορία κατηγοριοποίησης (ανεξαρτήτως δομής). Εφαρμόστηκε και πάλι η ίδια μη-παραμετρική ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων και σε κάθε κατηγορία ερωτήσεων ξεχωριστά.

#### Πίνακας 15

*Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις για τις ολικές επιδόσεις στον προέλεγχο και στον μεταέλεγχο με βάση το περιεχόμενο του κειμένου*

	Κείμενα για εξέλιξη		Κείμενα για κατηγοριοποίηση	
	Μ.Ο.	Τυπική απόκλιση	Μ.Ο.	Τυπική απόκλιση
Προέλεγχος	6,5122	2,5012	7,4750	3,5372
Μεταέλεγχος	7,6829	3,1180	8,6250	3,5926

Τα αποτελέσματα που περιγράφονται στον πίνακα 15 έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση για το σύνολο και στις δύο συνθήκες (πληροφορία εξέλιξης:  $[T(81)=200.5, Z=.290, p<.025]$  για την υπόθεση μονόπλευρου ελέγχου, πληροφορία κατηγοριοποίησης:

$[T(81)=124.5, Z=-2.995, p<.005]$  για την υπόθεση μονόπλευρου ελέγχου). Όπως φαίνεται από τον πίνακα των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων ο μέσος όρος επίδοσης των συμμετεχόντων που διάβασαν την πληροφορία για τις διαδικασίες εξέλιξης στον προέλεγχο ήταν 6,5122 βαθμοί ενώ στον μεταέλεγχο φτάνει τους 7,6829 βαθμούς. Ανάλογα τα αποτελέσματα και για τους συμμετέχοντες που διάβασαν την πληροφορία κατηγοριοποίησης, οι οποίοι είχαν μέσο όρο επίδοσης στον προέλεγχο 7,4750 και στον μεταέλεγχο 8,6250.

Τέλος, το δείγμα χωρίστηκε με βάση και τις δύο μεταβλητές (δομή κειμένου και πληροφορία κατηγοριοποίησης) σε τέσσερις ομάδες για να φανεί η αλληλεπίδραση των δύο μεταβλητών στον μετα - έλεγχο. Στην πρώτη ομάδα εντάχθηκαν οι συμμετέχοντες που διάβασαν το μη-ανατρεπτικό κείμενο με την πληροφορία της εξελικτικής διαδικασίας, στη δεύτερη όσοι διάβασαν το ανατρεπτικό με την πληροφορία εξελικτικής διαδικασίας, στην τρίτη οι συμμετέχοντες που διάβασαν το μη-ανατρεπτικό με την πληροφορία κατηγοριοποίησης και στην τέταρτη όσοι διάβασαν το ανατρεπτικό με την πληροφορία

κατηγοριοποίησης. Εφαρμόστηκε και πάλι η ίδια μη-παραμετρική ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων και σε κάθε κατηγορία ερωτήσεων ξεχωριστά.

#### Πίνακας 16

*Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις για τις ολικές επιδόσεις στον προέλεγχο και στον μεταέλεγχο με βάση τη δομή και το περιεχόμενο του κειμένου*

	Μη-Ανατρεπτικό Εξέλιξη		Μη-Ανατρεπτικό Κατηγοριοποίηση		Ανατρεπτικό Εξέλιξη		Ανατρεπτικό Κατηγοριοποίηση	
	M.O.	S.D.	M.O.	S.D.	M.O.	S.D.	M.O.	S.D.
Προέλεγχος	6,7619	2,4006	8,1579	3,9053	6,2500	2,6333	6,8571	3,1351
Μεταέλεγχος	7,9048	2,5866	9,4737	3,9210	7,4500	3,6487	7,8571	3,1668

Σημ.: M.O. = μέσος όρος, S.D. = Standard Deviation (τυπική απόκλιση)

Η μη παραμετρική ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων που έγινε στο σύνολο των επιδόσεων των συμμετεχόντων έδειξε στατιστικά σημαντική βελτίωση μόνο στις απαντήσεις εκείνων που διάβασαν το κείμενο με την πληροφορία κατηγοριοποίησης (μη-ανατρεπτικό κείμενο:  $[T(81)=27, Z=-2.142, p<.025]$  για την υπόθεση μονόπλευρου ελέγχου, ανατρεπτικό κείμενο:  $[T(81)=39, Z=-2.055, p<.05]$  για την υπόθεση μονόπλευρου ελέγχου). Στην περίπτωση των συμμετεχόντων που διάβασαν ένα από τα δύο κείμενα που δεν περιλάμβανε την πληροφορία κατηγοριοποίησης, η βελτίωση από τον προέλεγχο στον μετα-έλεγχο δεν ήταν στατιστικά σημαντική (μη-ανατρεπτικό κείμενο:  $[T(81)=47.5, Z=-1,366, n.s.]$ , ανατρεπτικό κείμενο:  $[T(81)=59.5, Z=-1.435, n.s.]$ ). Όπως φαίνεται από τον πίνακα των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων ο μέσος όρος επίδοσης των συμμετεχόντων που διάβασαν το μη-ανατρεπτικό κείμενο που δεν αναφερόταν στην πληροφορία κατηγοριοποίησης στον προέλεγχο ήταν 6,7619 ενώ στον μεταέλεγχο ήταν 7,9048. Οι συμμετέχοντες που διάβασαν το μη-ανατρεπτικό κείμενο με την πληροφορία κατηγοριοποίησης, είχαν μέσο όρο επίδοσης στον προέλεγχο 8,1579 ενώ στον μεταέλεγχο ήταν 9,4737. Στην περίπτωση εκείνων που διάβασαν το ανατρεπτικό κείμενο με την πληροφορία εξέλιξης ο μέσος όρος επίδοσης στον προέλεγχο ήταν 6,2500 ενώ στον

μεταέλεγχο ήταν 7,4500. Τέλος οι συμμετέχοντες που διάβασαν το ανατρεπτικό κείμενο με την πληροφορία κατηγοριοποίησης εμφάνισαν μέσο όρο επίδοσης 6,8571 στον προέλεγχο και 7,8571 στον μετα – έλεγχο.

Φαίνεται ότι η δομή του κειμένου δεν επιδρά στη βελτίωση με διαφορετικό τρόπο για τα ανατρεπτικά κείμενα σε σχέση με τα μη ανατρεπτικά. Και οι δύο τύποι είχαν παρόμοια επίδραση στη βελτίωση, όπως είχε φανεί και στον έλεγχο όπου εξετάστηκε κάθε συνθήκη ξεχωριστά. Αντιθέτως, στην περίπτωση του περιεχομένου του κειμένου φαίνεται ότι υπάρχει διαφορετική επίδραση. Μία προσεκτική ματιά στα δεδομένα μας έδειξε ότι οι συμμετέχοντες που διάβασαν το κείμενο με την πληροφορία κατηγοριοποίησης σημείωσαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στις απαντήσεις τους τόσο στις ερωτήσεις κατηγοριοποίησης [ $Z=-2.599$ ,  $p<.005$ ] όσο και στις ανοικτές ερωτήσεις για την εξέλιξη [ $Z=-3.337$ ,  $p<.001$ ], ενώ αντίθετα οι συμμετέχοντες που διάβασαν το κείμενο χωρίς την πληροφορία κατηγοριοποίησης σημείωσαν στατιστικά σημαντική βελτίωση μόνο στις απαντήσεις τους στις ανοικτές ερωτήσεις για την εξέλιξη [ $Z=-2.630$ ,  $p<.005$ ] όχι όμως στις ερωτήσεις κατηγοριοποίησης [ $Z=-.842$ ; n.s.]. Το συγκεκριμένο εύρημα είναι σύμφωνο με τις αρχικές μας υποθέσεις αλλά και ευρήματα προηγούμενων ερευνών.

### Συζήτηση

Ο στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να εξακριβώσει την επίδραση της δομής και του περιεχομένου του κειμένου που δίνεται σε μαθητές Β΄ Λυκείου ως τμήμα μίας εκπαιδευτικής παρέμβασης, στη βελτίωση των απαντήσεων που δίνουν σε βιολογικά εξελικτικά προβλήματα. Μάλιστα, δεδομένου ότι οι εξελικτικές διαδικασίες θεωρούνται αντιδραστικές, το ζητούμενο ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στην επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής σε βιολογικά εξελικτικά προβλήματα.

Ένα σημαντικό στοιχείο της έρευνας ήταν ο συνδυασμός της χρήσης ανατρεπτικών ή μη κειμένων με την πληροφορία ή μη της κατηγοριοποίησης. Οι δύο αυτές στρατηγικές φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική προσπάθεια μετατόπισης των θεωριών πλαισίου των μαθητών προς περισσότερο επιστημονικές ερμηνείες. Ταυτόχρονα μία σημαντική ιδιαιτερότητα της έρευνας αυτής ήταν ότι απευθύνθηκε σε μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας (16-17 ετών) σε αντίθεση με άλλες έρευνες που έχουν προηγηθεί στις οποίες οι συμμετέχοντες ήταν είτε μαθητές Γυμνασίου είτε κολεγιακοί φοιτητές. Τέλος η έρευνα δεν στόχευε απλά στη διερεύνηση της φύσης των πρότερων αντιλήψεων αλλά στην ανατροπή τους, στη διερεύνηση των μεθόδων αντικατάστασής τους από τις αντίστοιχες επιστημονικές εξηγήσεις.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν: α) ποια η δυνατότητα των ανατρεπτικών κειμένων να βελτιώνουν τις απαντήσεις των μαθητών συγκριτικά με τα μη ανατρεπτικά (έλεγχος δομής κειμένου) και β) μπορεί η πληροφορία κατηγοριοποίησης να βελτιώνει τις απαντήσεις των μαθητών συγκριτικά με μία απλή πληροφορία ερμηνείας των εξελικτικών διαδικασιών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν (πίνακες 13-15) ότι η ανάγνωση όλων των κειμένων οδήγησε σε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών στο σύνολο των απαντήσεων. Δεν βρέθηκαν βασικές επιδράσεις είτε της δομής του κειμένου είτε της

πληροφορίας του στο σύνολο των απαντήσεων. Με άλλα λόγια, τόσο τα ανατρεπτικά, όσο και τα μη ανατρεπτικά κείμενα, καθώς επίσης τόσο τα κείμενα με την πληροφορία κατηγοριοποίησης, όσο και τα κείμενα με την απλή πληροφορία για την εξέλιξη, εμφανίζονται να επιτυγχάνουν στατιστικά σημαντική βελτίωση στο σύνολο των απαντήσεων, όταν εξετάζεται η επίδρασή τους ομαδικά δηλαδή χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα επίπεδα της άλλης μεταβλητής (άρα εξέταση του δομής ανατρεπτικού ή όχι, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο και το αντίστοιχο για το περιεχόμενο).

Ωστόσο η ανάλυση των επιπέδων της μεταβλητής «πληροφορία κειμένου» στα επίπεδα της μεταβλητής «δομή κειμένου» (πίνακας 16) έδειξε μία σημαντική αλληλεπίδραση: ενώ τα κείμενα με την πληροφορία κατηγοριοποίησης μπορούν να βελτιώνουν τις επιδόσεις στο σύνολο των απαντήσεων, είτε είναι ανατρεπτικά είτε όχι, αντίθετα τα κείμενα με την πληροφορία των διαδικασιών εξέλιξης (που δεν έχουν πληροφορία κατηγοριοποίησης) δεν επιτυγχάνουν στατιστικά σημαντική βελτίωση στο σύνολο των απαντήσεων, ανεξαρτήτως δομής (δηλαδή είτε είναι ανατρεπτικά είτε όχι). Επομένως η πληροφορία κατηγοριοποίησης έχει σημαντικότερη επίδραση στις επιδόσεις σε σύγκριση με τη δομή του κειμένου. Όταν δίνεται στον συμμετέχοντα η πληροφορία κατηγοριοποίησης – δηλαδή ότι τα εξελικτικά φαινόμενα πρέπει να γίνουν αντιληπτά ως αναδυόμενες διαδικασίες και όχι ως οριστικά γεγονότα- είτε αυτό γίνεται μέσω ενός ανατρεπτικού κειμένου είτε με τη δομή ενός απλού πληροφοριακού κειμένου, φαίνεται να έχει πιο σημαντικό ρόλο από την επίδοση της πληροφορίας για τον τρόπο που ερμηνεύονται τα εξελικτικά φαινόμενα. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία ειδικά στην περίπτωση της παρούσας έρευνας όπου η επανακατηγοριοποίηση προϋποθέτει επιπρόσθετα την κατασκευή της νέας κατηγορίας και όχι απλά την παρουσίαση των δύο κατηγοριών. Το συγκεκριμένο έργο είναι πιο δύσκολο (Ferrari & Chi, 1998, Chi, 2008) και η στόχευση της έρευνας ήταν μέσω των κειμένων της πληροφορίας κατηγοριοποίησης να επιτευχθεί η περιγραφή της νέας

κατηγορίας των αναδυόμενων διαδικασιών. Συνεπώς η στατιστικά σημαντική βελτίωση που μετρήθηκε στη χρήση ανατρεπτικών ή μη ανατρεπτικών κειμένων (πίνακας 14) θα μπορούσε να αποδοθεί όχι και στα δύο ανατρεπτικά κείμενα (και αντίστοιχα στα δύο μη ανατρεπτικά) αλλά στο ένα εξ αυτών: σε αυτά που περιείχαν την πληροφορία κατηγοριοποίησης (ένα από τα δύο ανατρεπτικά και ένα από τα δύο μη ανατρεπτικά).

Το συγκεκριμένο εύρημα βρίσκεται σε συμφωνία με προγενέστερες έρευνες και απόψεις ερευνητών. Σύμφωνα με την Chi (2008) η κατηγορική μετατροπή είναι σημαντικότερη από την ανατροπή που προκαλεί ένα ανατρεπτικό κείμενο που αναφέρεται στο ίδιο το εξεταζόμενο φαινόμενο. Στην τελευταία περίπτωση η ανατροπή έχει τοπικό αλλά όχι γενικό χαρακτήρα. Επίσης οι Ferrari και Chi (1998) υπέθεσαν ότι οι μαθητές θα ωφελούνταν περισσότερο αν διδάσκονταν την υποκείμενη οντολογία της εξέλιξης από ότι τις συγκεκριμένες λεπτομέρειες της εξέλιξης επιμέρους ειδών.

Η κατηγοριοποίηση, όπως έχει επισημανθεί, έχει σημασία διότι η ένταξη μίας έννοιας ή μίας διαδικασίας σε μία κατηγορία σημαίνει ότι το γνωσιακό σύστημα αποδίδει στην έννοια ή στη διαδικασία όλα τα γενικά γνωρίσματα της κατηγορίας. Αν για παράδειγμα ένας μαθητής εντάσσει τα εξελικτικά φαινόμενα στα γεγονότα, θεωρεί ότι έχουν μία απλή δομή και πορεία στο χρόνο, και επομένως ότι κάποιος παράγοντας προκαλεί το φαινόμενο και καθορίζει με σχετική ακρίβεια την εξέλιξή του. Αυτό σημαίνει ότι αν ένα είδος ή ένας πληθυσμός, ακόμα και ένα μεμονωμένο άτομο, τεθεί σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο συνθηκών, θα μπορεί να προβλεφθεί ποια χαρακτηριστικά θα εμφανίσει μελλοντικά, είτε επειδή ο παράγοντας που θεωρείται υπεύθυνος για αυτά είναι το άμεσο περιβάλλον, είτε εξαιτίας ανθρωπομορφικών προεκτάσεων οι οποίες οδηγούν στην ιδέα της εμπρόθετης δράσης. Όταν όμως ο μαθητής πληροφορηθεί για την ύπαρξη μίας ομάδας φαινομένων στα οποία η τύχη παίζει σπουδαίο ρόλο, εμπλέκονται πολλοί παράγοντες είναι ανοιχτά ως προς την μελλοντική τους πορεία και ότι αυτή η διαδικασία είναι συνεχής, τότε

μπορεί να αλλάξει τρόπο αντιμετώπισής τους και να ξεκινήσει έναν τρόπο σκέψης που είναι πιο κοντά στις επιστημονικές θεωρίες. Αντίθετα, όταν συναντά σε ένα κείμενο παραδείγματα που κινούνται παράλληλα με το επίπεδο αναφοράς στο οποίο καλείται να απαντήσει, η μεταφορά της πληροφορίας ενδέχεται να είναι πιο δύσκολη. Με άλλα λόγια, αν πληροφορείται για το πώς αλλάζει το χρώμα των πεταλούδων πχ με βάση τις συνθήκες του περιβάλλοντος, ίσως αυτό δεν τον δεσμεύει για το πώς θα απαντήσει σε ένα πρόβλημα που αφορά το ύψος της καμηλοπάρδαλης, διότι πιθανόν να θεωρείται ένα διαφορετικό πρόβλημα που επιδέχεται άλλων ερμηνειών.

Στο ίδιο ρεύμα ευρημάτων, στην έρευνα των Skoreliti και Vosniadou (2016) φάνηκε ότι η πληροφορία κατηγοριοποίησης είχε σημαντικότερη επίδραση στην κατανόηση του σχήματος της Γης συγκριτικά με το αν το κείμενο ήταν ανατρεπτικό ή όχι. Επίσης σύμφωνα με τη Διακίδου (2019) τα εμπειρικά δεδομένα από τη χρήση ανατρεπτικών κειμένων παρουσιάζουν μία αντιφατική εικόνα που φαίνεται να σχετίζεται με διαφορές στα χαρακτηριστικά των ανατρεπτικών κειμένων, με διαφορές στα χαρακτηριστικά των αναγνωστών και τέλος με τη φύση των έργων αξιολόγησης της μάθησης και της εννοιολογικής αλλαγής. Τα στοιχεία αυτά θα μπορούσαν να συσχετιστούν και με την παρούσα έρευνα. Ειδικότερα, η δομή ανατρεπτικού κειμένου ενδέχεται να διαφέρει ανάλογα με το αντικείμενο και τις ιδέες που αποτελούν το στόχο της ανατροπής. Επίσης η ηλικία των συμμετεχόντων πιθανόν να επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της έρευνας ως προς τη σημασία ή την επίδραση της χρήσης της συγκεκριμένης δομής. Τέλος η συζήτηση γίνεται για το σύνολο των επιδόσεων των μαθητών, ωστόσο θα ήταν ίσως σημαντικό να τονιστεί ότι κλήθηκαν να εκτελέσουν έργα διαφορετικής φύσης (τρία διαφορετικά ερωτηματολόγια). Στη συνέχεια επιχειρείται η συζήτηση γύρω από τις τρεις παραπάνω κατηγορίες προβλημάτων.



Ένα εύρημα που ενισχύει τον παραπάνω προβληματισμό σε σχέση με το περιεχόμενο των ανατρεπτικών κειμένων προσφέρεται από την έρευνα των Braasch, Goldman και Wiley (2013). Οι ερευνητές βρήκαν ότι σημαντική πρόοδος στην εννοιολογική αλλαγή επέρχεται όταν το ανατρεπτικό κείμενο συνοδεύεται με εκτεταμένη επεξήγηση της επιστημονικής άποψης σε αντιπαράθεση με τις παρανοήσεις των συμμετεχόντων. Αυτό ενδέχεται να σχετίζεται με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, υπό την έννοια ότι η ερμηνεία των εξελικτικών διαδικασιών είναι εξ αρχής μία δύσκολη διαδικασία. Τα φαινόμενα αυτά χαρακτηρίζονται όπως έχει ήδη επισημανθεί από πολυπαραγοντικότητα και είναι αντιδραστικά. Η υιοθέτηση της επιστημονικής άποψης στη θέση πχ θεωριών πλαισίου που επηρεάζονται από ουσιοκρατικές αντιλήψεις ή από θέσεις που επηρεάζονται από τελεολογικές εξηγήσεις, προϋποθέτει μεταξύ άλλων την κατανόηση της ύπαρξης της ποικιλομορφίας μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους, την προέλευση αυτής της ποικιλομορφίας δηλαδή τη σύνδεσή της με την έννοια της κληρονομικότητας, την κατανόηση της αντίφασης ανάμεσα στη μεταβίβαση κληρονομικών χαρακτηριστικών και στη δυνατότητα διαφοροποίησης των χαρακτηριστικών των απογόνων σε σχέση με τους γονείς τους, την αποδοχή της ιδέας της τυχαίας εμφάνισης νέων γνωρισμάτων σε αντίθεση με την ιδέα της σκόπιμης εμφάνισής τους, την κατανόηση της διαφορεικής δυνατότητας επιβίωσης και αναπαραγωγής. Αυτό άλλωστε εξηγεί το ότι οι περισσότερες έρευνες που αναφέρθηκαν στη βιβλιογραφική επισκόπηση περιλάμβαναν εκπαιδευτικές παρεμβάσεις πολύ μεγάλης διάρκειας (πχ εξάμηνης ή και ετήσιας). Η αναλυτική επιστημονική ερμηνεία σε αντιπαράθεση με όλες τις πιθανές παρανοήσεις σε ένα ανατρεπτικό κείμενο θα προσέδιδε σε αυτό δυσανάλογα μεγάλο μέγεθος, καθιστώντας το πιθανόν δύσκολο για τον αναγνώστη. Ο περιορισμός της παρούσας ερευνητικής διαδικασίας σε περίπου μία διδακτική ώρα ενδέχεται να παρεμπόδιζε τη βελτίωση που θα μπορούσε να επιτευχθεί ακόμα και από τα ανατρεπτικά κείμενα που χρησιμοποιήθηκαν, τα οποία είχαν έκταση 3-4 σελίδων, πόσο

μάλλον αν αυτά είχαν ακόμα μεγαλύτερο μέγεθος. Απομένει επομένως να διευκρινιστεί σε μελλοντικές έρευνες, το αν ένα πιο αναλυτικό ανατρεπτικό κείμενο που θα προϋπέθετε και μεγαλύτερης διάρκειας εκπαιδευτική παρέμβαση, έχει διαφορά στην επίδρασή του από ένα αντίστοιχο μη ανατρεπτικό, καθώς στην παρούσα έρευνα δεν έγινε κατορθωτό να διαπιστωθεί η ύπαρξη διαφορετικής επίδρασης των δύο τύπων δομής κειμένου.

Ένας άλλος προβληματισμός για την επίδραση των ανατρεπτικών ή μη κειμένων προέρχεται από την έρευνα των Mason, Gava και Boldrin (2008). Οι ερευνητές βρήκαν ότι μαθητές με υψηλότερη αναγνωστική ικανότητα βελτιώνουν τη μάθηση ανεξάρτητα από το αν το κείμενο που χρησιμοποιείται είναι ή όχι ανατρεπτικό. Αυτό αποτελεί το δεύτερο πρόβλημα που αναφέρθηκε παραπάνω. Σε συμφωνία με την έρευνα της Mason και των συνεργατών της (2008), η ηλικιακή ομάδα που συγκρότησε τους συμμετέχοντες της παρούσας έρευνας, ενδεχομένως επηρεάζεται λιγότερο από τη δομή του κειμένου υπό την έννοια της μεγαλύτερης ωριμότητας των αναγνωστών, οι οποίοι σε ένα χρόνο καλούνται να δώσουν εισαγωγικές εξετάσεις για την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Το ερώτημα επομένως που τίθεται είναι το κατά πόσον μαθητές που ολοκληρώνουν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχουν αναπτυξιακά ήδη κατακτήσει την ικανότητα εντοπισμού των επιστημονικών πληροφοριών ακόμα και σε ένα απλό επεξηγηματικό κείμενο και δεν είναι απολύτως απαραίτητο να διαβάσουν ένα ανατρεπτικό κείμενο για να επιτευχθεί η αλλαγή των θεωριών που υποστήριζαν. Αν το συμπέρασμα αυτό είναι σωστό, δεν οδηγεί στην απόρριψη των ανατρεπτικών κειμένων στην επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής, απλά θέτει ένα ερώτημα για την ηλικιακή ομάδα που ενδεχομένως ωφελείται περισσότερο από τη χρήση τους. Ίσως το ότι τα ανατρεπτικά κείμενα έχουν δείξει βελτίωση σε πολλές έρευνες που αφορούσαν παιδιά Δημοτικού ή το πολύ Γυμνασίου, όπως φάνηκε στη βιβλιογραφική επισκόπηση να μην είναι τυχαίο εύρημα.

Οι δύο παραπάνω προσεγγίσεις αναφορικά με το περιεχόμενο των ανατρεπτικών κειμένων και τα χαρακτηριστικά των αναγνωστών τους δεν συμφωνούν μεταξύ τους αλλά ούτε βρίσκονται και σε αντιπαράθεση. Θα μπορούσε να διατυπωθεί η υπόθεση ότι για να διαφανεί η διαφορά μεταξύ ενός ανατρεπτικού κειμένου από ένα μη ανατρεπτικό στην επίδρασή τους στη συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα των μαθητών Λυκείου θα πρέπει το ανατρεπτικό κείμενο να έχει μεγαλύτερη έκταση και η παρέμβαση να έχει σχεδιαστεί με μεγαλύτερη διάρκεια. Ενδεχομένως επίσης μία μελλοντική έρευνα που θα απευθυνόταν σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες να μπορούσε να παρέχει επιπρόσθετες σχετικές πληροφορίες. Αυτό θα μπορούσε ίσως να διαλευκανθεί σε κάποιες επόμενες ερευνητικές προσπάθειες.

Ερωτήματα σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του αναγνώστη βαθύτερης φύσης έχουν διατυπωθεί από τον Braasch και τους συνεργάτες του (Braasch et al., 2013). Οι ερευνητές έχουν επισημάνει ότι μόνο αν οι αναγνώστες έχουν παρανοήσεις εδραιωμένες σε συνεκτικά γνωσιακά δίκτυα μπορούν να επισημάνουν την ασυμβατότητα ανάμεσα στη δική τους άποψη και την επιστημονικά αποδεκτή. Στην ίδια γραμμή η Vosniadou (2008) υπογραμμίζει ότι η γνωστική σύγκρουση έχει αποτέλεσμα μόνο αν ο εκπαιδευόμενος αντιλαμβάνεται την ασυμφωνία ανάμεσα στη δική του θεωρία και την επιστημονική προσέγγιση. Είναι επομένως απαραίτητο να βιώσει την επιδιωκόμενη εξωτερική σύγκρουση ως εσωτερική γνωστική ασυμφωνία. Αυτό απαιτεί κάποια κατάλληλα αναπαραστασιακά προαπαιτούμενα. Αυτό μπορεί να εξηγείται από το γεγονός ότι η έλλειψη διασυνδέσεων στο γνωσιακό δίκτυο, στην περίπτωση που οι απόψεις δεν συγκροτούν ένα συνεκτικό πλαίσιο αλλά είναι κατακερματισμένες, δεν ευνοεί την παρατεταμένη διαθεσιμότητά τους στη μνήμη εργασίας η οποία είναι προαπαιτούμενη για τη σύγκριση και την αντιπαράθεση με την επιστημονική εξήγηση. Συμπερασματικά οι συμμετέχοντες με κατακερματισμένες παρανοήσεις δεν εστιάζουν ενδεχομένως στη γνωσιακή ασυμβατότητα άρα δεν μπορούν να

προχωρήσουν σε διεργασίες εννοιολογικής αλλαγής (Διακίδου 2019). Αυτή η θέση έχει συγκεκριμένες επιπτώσεις για τη χρήση ανατρεπτικών κειμένων στις εκπαιδευτικές παρεμβάσεις. Συγκεκριμένα θα μπορούσε να διερευνηθεί η χρήση τους σε ειδικές κατηγορίες συμμετεχόντων, ανάλογα με το πόσο συνεκτικά σχήματα πρότερων αντιλήψεων διαθέτουν. Στην παρούσα έρευνα ενώ στην πρώτη φάση δόθηκε η δυνατότητα να διατυπωθούν και να διαπιστωθεί η ύπαρξη των θεωριών πλαισίου και του βαθμού συνοχής τους, δεν υπήρξε διαφορική χρήση ανατρεπτικών κειμένων με κριτήριο το χαρακτηριστικό αυτό. Απομένει να διευκρινιστεί σε επόμενες έρευνες η πιο λεπτομερειακή κατασκευή ανατρεπτικών κειμένων που θα μπορούν να ανταποκρίνονται σε ειδικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Η τρίτη πλευρά που αφορά τη χρήση ανατρεπτικών κειμένων είναι το έργο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της εννοιολογικής αλλαγής. Στην προαναφερθείσα έρευνα της Mason και των συνεργατών της (2008), η θετική επίδραση των ανατρεπτικών κειμένων ήταν εμφανής σε συμπερασματικές ερωτήσεις αλλά όχι σε άλλες κατηγορίες. Αυτό ίσως θέτει ερωτήματα που εμπλέκουν τη φύση του έργου στη χρήση ανατρεπτικών κειμένων. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές του ανατρεπτικού συγκριτικά με το μη ανατρεπτικό κείμενο στα διάφορα έργα, δηλαδή είχαν σχεδόν πάντα την ίδια επίδραση. Μόνη εξαίρεση είναι η διαφορά της δομής στις ερωτήσεις κατηγοριοποίησης (τρίτο ερωτηματολόγιο) όπου το μη ανατρεπτικό κείμενο είχε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων ενώ το ανατρεπτικό όχι. Αυτό το παράδοξο εκ πρώτης όψεως εύρημα μπορεί να ερμηνευτεί πιθανόν από τις αναλύσεις που εφαρμόστηκαν ξεχωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη. Ενώ τα δύο κείμενα κατηγοριοποίησης (ανατρεπτικό και μη) είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση, υπήρχε ωστόσο πολύ μεγαλύτερη επίδραση του μη ανατρεπτικού [ $T(19)=2.5$ ,  $Z=-3.028$ ,  $p = .001$ ] από το ανατρεπτικό [ $T(21) = 38$ ,  $Z=-1.854$ ,  $p=.032$ ] (Παράρτημα Β, Πίνακας Β3). Επομένως όταν

εξετάστηκε η συνολική επίδραση των δύο ανατρεπτικών έναντι των δύο μη ανατρεπτικών σε κάθε έργο ξεχωριστά (Μη ανατρεπτικό [ $Z=-2.357$ ,  $p=.009$ ], ανατρεπτικό [ $Z=-1.290$ ,  $p=.099$ ], Πίνακας Β6), η διαφορά αυτή είχε το αποτέλεσμα να φαίνεται σημαντικότερη η επίδραση του μη ανατρεπτικού. Μία ερμηνεία – αν εξαιρέσουμε ότι μπορεί να αποτελεί ένα τυχαίο εύρημα – ενδέχεται να συμπίπτει με την προηγούμενη συζήτηση για το μέγεθος των κειμένων και την αναγνωστική ικανότητα των μαθητών. Ένα ανατρεπτικό κείμενο περιέχει περισσότερα παραδείγματα για να υποστηρίξει την αλλαγή των πρότερων αντιλήψεων. Αυτό όσο κι αν είναι ωφέλιμο ενδέχεται να επιδρά αρνητικά ειδικά σε περιπτώσεις που το έργο είναι δύσκολο. Βέβαια αυτό δεν φαίνεται να υποστηρίζεται από τις υπόλοιπες συγκρίσεις που διενεργήθηκαν, επομένως είναι ζήτημα που απομένει να διερευνηθεί σε μελλοντικές έρευνες.

Με βάση την προβληματική που εκτέθηκε αναδείχθηκαν από δύο διαφορετικές πλευρές η έκταση της παρέμβασης και το ζητούμενο έργο. Μία βαθύτερη προβληματική έχει αναπτυχθεί από την κοινωνιοπολιτισμική προσέγγιση (Vosniadou, 2008), που προτείνει τη χρήση των ανατρεπτικών κειμένων σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους όπως η επίδειξη μοντέλων, η συζήτηση μέσα στην τάξη, επισημαίνοντας τον κοινωνικό χαρακτήρα της μάθησης. Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση ήδη επισημάνθηκε η σχετική θέση των Inagaki και Hatano (2003) για τη χρήση πολιτισμικών εργαλείων. Το συγκεκριμένο στοιχείο θα μπορούσε να θεωρηθεί έλλειψη της παρούσας έρευνας, εφόσον η παρέμβαση είχε εξαιρετικά μικρή διάρκεια, δεν συμπεριέλαβε καθόλου κοινωνικές διεργασίες (συζήτηση, αντιπαράθεση) που ευνοούν τη συνειδητοποίηση των διαφορετικών θεωριών ερμηνείας των φαινομένων, ούτε συμπεριέλαβε άλλα εκπαιδευτικά εργαλεία (πχ παρουσιάσεις, μοντέλα κλπ). Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να εξετάσουν την αμοιβαία επίδραση των ανατρεπτικών κειμένων με άλλα εργαλεία ή μεθόδους μάθησης και την πιθανή αύξηση της αποτελεσματικότητάς τους.

Επομένως η παρούσα έρευνα φαίνεται να υποστηρίζει ότι η πληροφορία κατηγοριοποίησης έχει σημαντική επίδραση στην εννοιολογική αλλαγή. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί η καινοτομία της περιγραφής της νέας κατηγορίας σε αντίθεση με την απλή μέτρηση του κατά πόσο οι μαθητές μεταθέτουν την έννοια σε μία ήδη υπάρχουσα κατηγορία, η οποία παρόλη τη δυσκολία της, έχει μετρήσιμα αποτελέσματα. Αντίθετα η χρήση ανατρεπτικών κειμένων έχει παρόμοια επίδραση με τη χρήση μη ανατρεπτικών. Ωστόσο παρέχονται στοιχεία που θα μπορούσαν να βοηθήσουν μελλοντικές έρευνες, ως προς τη διερεύνηση της δομής του κειμένου με διαφορετικό περιεχόμενο (πχ πιο εκτεταμένη αναφορά και σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα εφαρμογής). Επίσης απαιτείται αναλυτικότερη μελέτη των χαρακτηριστικών των αναγνωστών της ηλικιακής ομάδας των μαθητών Λυκείου σε σχέση με τη δυνατότητα να ωφελούνται από τα ανατρεπτικά κείμενα, έναντι των μη ανατρεπτικών. Αυτό προϋποθέτει το σχεδιασμό και άλλων εργαλείων και την επέκταση της εφαρμογής τους σε πολλά διαφορετικά διδακτικά αντικείμενα. Ίσως πρέπει να σχολιαστεί η έλλειψη μέριμνας για την κατασκευή πρωτότυπων ερευνητικών εργαλείων που θα χρησιμοποιούν τη λογική των ανατρεπτικών κειμένων στην εκπαίδευση (πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια) από τα αρμόδια όργανα σχεδιασμού της εκπαιδευτικής πολιτικής.

Εκτός από την αλληλεπίδραση που βρέθηκε μεταξύ της πληροφορίας του κειμένου στην εξαρτημένη μεταβλητή (επίδοση μαθητών) θα μπορούσαμε να ερευνήσουμε πιθανές αλληλεπιδράσεις της τρίτης μεταβλητής, του τύπου ερωτηματολογίων, στα επίπεδα των άλλων δύο μεταβλητών. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι όλα τα κείμενα ανεξαρτήτων δομής ή περιεχομένου, είχαν επίδραση στο ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου. Πιο αναλυτικά, οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου (Πίνακας Β4) βελτιώθηκαν με στατιστική σημαντικότητα από τα ανατρεπτικά [ $Z=-3.145$ ,  $p=.001$ ] αλλά και από τα μη ανατρεπτικά κείμενα [ $Z=-2.465$ ,  $p=.007$ ], από την πληροφορία κατηγοριοποίησης [ $Z=-3.337$ ,  $p<.001$ ] αλλά και από την πληροφορία για τις εξελικτικές διαδικασίες [ $Z=-2.630$ ,

$p=.005$ ] στις ομαδικές αναλύσεις κάθε μεταβλητής. Εξαίρεση εμφανίστηκε στην ανάλυση ξεχωριστά των πειραματικών συνθηκών (Πίνακας Β7), όπου ειδικά το μη ανατρεπτικό κείμενο που δεν είχε την πληροφορία κατηγοριοποίησης, δεν επέφερε στατιστικά σημαντική βελτίωση στο ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου [ $Z=-1.371$ ,  $p=.085$ ], σε αντίθεση με τις υπόλοιπες τρεις περιπτώσεις κειμένων (μη ανατρεπτικό, με πληροφορία κατηγοριοποίησης [ $Z=-2.486$ ,  $p=.007$ ], ανατρεπτικό, χωρίς πληροφορία κατηγοριοποίησης [ $Z=-2.269$ ,  $p=.013$ ], ανατρεπτικό με πληροφορία κατηγοριοποίησης [ $Z=-2.232$ ,  $p=.013$ ]). Επομένως το ανατρεπτικό κείμενο στη μελέτη αυτή, φαίνεται να έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από ότι το μη ανατρεπτικό αν *πχ* συγκριθούν τα δύο κείμενα με την πληροφορία της εξέλιξης, στο ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου.

Αυτή η ευαισθησία των ανοιχτών ερωτήσεων δε μπορεί να υποστηριχθεί για το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου. Πράγματι οι πίνακες με τις μη παραμετρικές αναλύσεις δείχνουν ότι στις περισσότερες περιπτώσεις τα διάφορης δομής και περιεχομένου κείμενα επέτυχαν βελτίωση που δεν είναι στατιστικά σημαντική. Το εύρημα αυτό συναντά τους προβληματισμούς για τα ερωτηματολόγια κλειστού τύπου που έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία. Η Σκοπελίτη (2019) υποστηρίζει ότι ένα κλειστό ερωτηματολόγιο λειτουργεί καθοδηγητικά για την απάντηση του συμμετέχοντα ενώ ένα ανοιχτό προϋποθέτει απάντηση που αντανακλά μία βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου υπό εξέταση. Στην πρώτη περίπτωση το ερωτηματολόγιο βοηθά στην υπενθύμιση της πληροφορίας που έχουν λάβει οι μαθητές, ενώ στη δεύτερη μπορεί να ανιχνευτεί ένα είδος κριτικής σκέψης. Η παρούσα έρευνα φαίνεται να επιβεβαιώνει το σκεπτικισμό γύρω από τη δομή του κλειστού ερωτηματολογίου. Συγκεκριμένα τα ευρήματα δείχνουν ότι από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο, διαπιστώθηκε σημαντική αλλαγή στις διατυπώσεις που χρησιμοποίησαν οι συμμετέχοντες, στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα. Ο συμμετέχων 15 την ερώτηση 1 του ανοιχτού ερωτηματολογίου που στόχευε στον έλεγχο της

ποικιλομορφίας των χαρακτηριστικών των οργανισμών, στον προέλεγχο διατύπωσε την ερμηνεία του διαφορετικού σχήματος του ράμφους των σπίνων ως εξής: *«Κατά τη γνώμη μου ίσως ο ένας σπίνος είναι μεγαλύτερος ηλικιακά από τον άλλο»*, θέση που δεν αναγνωρίζει τους πιο ουσιώδεις λόγους της ύπαρξης της ποικιλομορφίας. Στον μεταέλεγχο ο ίδιος συμμετέχων διατυπώνει τη θέση του ως εξής: *«Πιστεύω πως υπάρχουν διότι το καθένα έχει διαφορετικό τρόπο ζωής. Δηλαδή το ένα μπορεί να ζει σε ορεινό και το άλλο σε πεδινό έδαφος ή να τρώνε διαφορετική τροφή ή να έχουν διαφορετικά αρπακτικά»*. Στην διατύπωση στο μεταέλεγχο διαπιστώνεται μία πιο ολοκληρωμένη τοποθέτηση που συνδέει την ποικιλία των χαρακτηριστικών με τις συνθήκες ζωής και τις δυνατότητες επιβίωσης. Ο συμμετέχων 20 διατυπώνει ως εξής τη θέση του στην ανοιχτή ερώτηση 2 για την καμηλοπάρδαλη στον προέλεγχο: *«Πιστεύω πως έτσι είναι το είδος αυτής της καμηλοπάρδαλης»* θέση που αποκαλύπτει ουσιοκρατική άποψη και βαθμολογείται με 1. Παρομοίως στην αντίστοιχη ερώτηση κλειστού τύπου η επιλογή Α επιβεβαιώνει αυτή την πρότερη αντίληψη της σταθερότητας του είδους. Στον μετα – έλεγχο η αντίστοιχη διατύπωση στην ερώτηση 2 ανοιχτού τύπου ήταν: *«Πιστεύω πως το DNA της καμηλοπάρδαλης είναι (...) ώστε με το μακρύ λαιμό να φτάνει στην τροφή του σε ψηλά δέντρα»* μία θέση που μετακινείται πιο κοντά στην επιστημονική θέση που συνδέει τα χαρακτηριστικά αφενός με το γενετικό υλικό και αφετέρου με τις ευκαιρίες επιβίωσης. Όταν όμως καλείται να απαντήσει στην αντίστοιχη ερώτηση κλειστού τύπου, επέλεξε την απάντηση Β που διαφέρει τόσο από την αντίστοιχη κλειστού τύπου στον προέλεγχο όσο και με την απάντηση στο ανοιχτό ερωτηματολόγιο. Η επιλογή Β περιγράφει με σαφήνεια μία ερμηνεία προθετικότητας με την πασίγνωστη θέση της καμηλοπάρδαλης που τεντώνει το λαιμό της. Άλλο ένα παράδειγμα παρατίθεται από τον συμμετέχοντα 27. Στον προέλεγχο στην ερώτηση 2 ανοιχτού τύπου αναφέρεται: *«(...) Είναι πιθανό όμως αυτό το οποίο τρώγανε να τελείωσε από την υπερκατανάλωση ή κάποια αλλαγή στο κλίμα που το έκανε να σταματήσει να υπάρχει και μετά από αυτό οι καμηλοπαρδάλες*



έπρεπε κάπως να προσαρμοστούν στο περιβάλλον για να έχουν τροφή και μεγάλωσε ο λαιμός τους για να φτάνουν τα φύλλα». Η θέση αυτή περιέχοντας το «έπρεπε», «για να έχουν τροφή» ερμηνεύεται τελεολογικά, αποκλείοντας την εκδοχή της τυχαίας μη προσαρμογής και την εξαφάνιση ή το θάνατο των ατόμων που δεν έχουν το προσαρμοστικό χαρακτηριστικό. Στο μεταέλεγχο η τοποθέτηση είναι διαφορετική: «Παλιά υπήρχαν και τα δύο είδη αλλά εφόσον τα δέντρα ακακίας έφταναν τα δέκα μέτρα οι καμηλοπαρδάλεις με μικρότερο λαιμό μετά από ένα σημείο δεν μπορούσαν πλέον να τραφούν και πλέον βρίσκονταν σε μειονεκτική θέση σε σχέση με τις άλλες καμηλοπαρδάλεις και στη συνέχεια έπαψαν να υπάρχουν». Η νέα θέση εμπεριέχει την αποδοχή της ποικιλομορφίας («υπήρχαν και τα δύο»), τη διαφορεική δυνατότητα επιβίωσης και τη δράση της φυσικής επιλογής που ευνοεί τη μία παραλλαγή ενώ η άλλη εξαφανίζεται. Ενώ η απάντηση αυτή βαθμολογήθηκε με 4 ως σύμφωνη με την επιστημονική εξελικτική θέση, στην αντίστοιχη ερώτηση 2 του κλειστού ερωτηματολογίου επιλέχθηκε από τον ίδιο συμμετέχοντα στον μεταέλεγχο η επιλογή Β που παραπέμπει στην τελεολογική ερμηνεία. Το πρότυπο 'εξελικτική θέση στο ανοιχτό' και 'τελεολογική στο κλειστό' στην ίδια φάση της πειραματικής διαδικασίας, στον μεταέλεγχο, επαναλήφθηκε έξι φορές μεταξύ των συμμετεχόντων. Να διευκρινιστεί ότι στην πλειονότητα των περιπτώσεων υπήρξε συμφωνία ανάμεσα στις απαντήσεις στο ανοικτό ερωτηματολόγιο και στις επιλογές στο κλειστό. Εντούτοις, σημειώθηκε και σημαντικός αριθμός περιπτώσεων ασυμφωνίας που πρέπει να ληφθεί υπόψη.

Μία πιθανή ερμηνεία για αυτή τη διαφορετικότητα των απαντήσεων μεταξύ των δύο ερωτηματολογίων είναι ότι ενεργοποιούνται ενδεχομένως διαφορετικοί γνωσιακοί μηχανισμοί στα δύο ερωτηματολόγια. Ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου ενεργοποιεί μηχανισμούς ανάκλησης πληροφορίας (Bransford, 1989) ενώ σε ένα ερωτηματολόγιο ανοικτού τύπου ενδεχομένως ενεργοποιούνται πιο πολύπλοκοι γνωσιακοί μηχανισμοί (Vosniadou, Skopeliti, & Ikospentaki, 2004). Η εννοιολογική αλλαγή δεν προχωρά με ένα

γραμμικό τρόπο αλλά σταδιακά, με πιθανές οπισθοχωρήσεις, και όχι ως μία ξαφνική αντικατάσταση της εναλλακτικής θεωρίας, όπως προέβλεπε η κλασική προσέγγιση (Vosniadou, 2008). Αν ληφθεί υπόψη αυτή η παράμετρος, ίσως εξηγείται η μεγαλύτερη ευαισθησία του ανοιχτού έναντι του κλειστού ερωτηματολογίου. Σε κάθε περίπτωση όμως, η χρήση του κλειστού και στην παρούσα έρευνα θα μπορούσε να θεωρηθεί δικαιολογημένη, διότι μέσω της έρευνας συσχέτισης διαπιστώθηκε (πίνακας 9) η συνέπεια στις απαντήσεις των συμμετεχόντων, στις κοινές ερωτήσεις των δύο τύπων ερωτηματολογίων.

Επιπλέον, η αύξηση της συνέπειας στον μεταέλεγχο συμβαδίζει με τη θέση της αύξησης της συνοχής των απαντήσεων, όσο κατακτάται η επιστημονική θέση του diSessa (1993) που προβλέπει αύξηση της συνοχής κατά τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής. Αυτό δε σημαίνει ότι σε όλους τους συμμετέχοντες οι πρότερες γνώσεις είναι κατακερματισμένες και χωρίς συνοχή, αλλά όπου αυτό εμφανίζεται, είναι πιθανός ο μετασχηματισμός σε περισσότερο συνεκτικά πλαίσια καθώς εγκαταλείπονται οι αρχικές θεωρήσεις προς όφελος των επιστημονικών θεωριών.

Μία άλλη πλευρά της λειτουργίας του ανοιχτού ερωτηματολογίου που δεν ισχύει για το κλειστό, είναι η ανίχνευση των πιθανών συνθετικών μοντέλων που κατασκευάζονται από τους συμμετέχοντες όταν εκτίθενται σε διαφορετικές από τις δικές τους απόψεις στην πορεία προς την εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou 2008). Στην παρούσα έρευνα η ανίχνευση των συνθετικών μοντέλων τα οποία κατασκευάζονται κατά την ερευνητική διαδικασία, δεν είναι δηλαδή προκατασκευασμένα (Σκοπελίτη, 2019) είχαν τη δυνατότητα να εμφανιστούν μόνο στο ανοιχτό ερωτηματολόγιο και όχι στο κλειστό. Για παράδειγμα, ο συμμετέχων 47 στην ερώτηση 4 στον μεταέλεγχο αναφέρει σχετικά με την επικράτηση των καφέ σκαθαριών, έναντι των πράσινων: *«Επειδή τα πράσινα δεν είναι σωστά προσαρμοσμένα στο περιβάλλον, έτσι όταν ζευγαρώνουν με τα καφέ, οι απόγονοι θα βγαίνουν καφέ ώστε να επιζήσουν»*. Η απάντησή του ίσως μπορεί να θεωρηθεί ένα συνθετικό μοντέλο διότι αφενός

δηλώνονται στοιχεία τελεολογικά («θα βγαίνουν ... ώστε») αφετέρου προσπαθεί να ενσωματώσει στοιχεία σχετικά με την κληρονομικότητα. Αντίστοιχα στοιχεία βρέθηκαν στον συμμετέχοντα 32 όπου για την ίδια ερώτηση 4 του ανοιχτού ερωτηματολογίου στον μεταέλεγχο αναφέρει: *«Λόγω της εξαφάνισης των πράσινων φύλλων και την αλλαγή του χρώματός τους, τα πράσινα σκαθάρια αναγκάζονται να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες ώστε να επιβιώσουν. Κατά τη διάρκεια αυτή τα ανοιχτόχρωμα σκαθάρια πολλές φορές αλλάζουν χρώμα λόγω διαφόρων παραγόντων. Όταν αναπαράγονται όμως με τα καφέ, μεταδίδουν την αρχική τους απόχρωση με το DNA. Αν και τα παιδιά τους μπορεί να γεννιούνται πράσινα, σταδιακά εξαιτίας του περιβάλλοντος που ζούνε αναγκάζονται πολλές φορές να αλλάζουν και αυτά χρώμα»*. Στην απάντηση αυτή παρατηρούνται μεικτά στοιχεία τελεολογικού χαρακτήρα («αναγκάζονται να προσαρμοστούν ... ώστε να επιβιώσουν ... αναγκάζονται ... να αλλάζουν και αυτά χρώμα») αλλά και στοιχεία κληρονομικότητας και άρνησης της μεταβίβασης των επίκτητων χαρακτηριστικών, που είναι βασική προϋπόθεση των τελεολογικών ερμηνειών («Όταν αναπαράγονται όμως με τα καφέ, μεταδίδουν την αρχική τους απόχρωση με το DNA»). Τελικά όμως προκειμένου να υπάρξει μία ερμηνεία του φαινομένου καταλήγει στην υιοθέτηση εμπρόθετων ιδεών («αναγκάζονται ... να αλλάζουν και αυτά χρώμα»). Τέλος, ο συμμετέχων 28 στην ερώτηση 1 του ανοιχτού ερωτηματολογίου σχετικά με τα ράμφη των σπίνων, απαντά στον μετα – έλεγχο: *«Και τα δύο είδη, είχαν ως φυσική επιλογή με την θεωρία του Δαρβίνου, να αλλάζουν τα γονίδιά τους για να προσαρμοστούν στις συνθήκες του περιβάλλοντός τους»*. Η παραπάνω απάντηση προσπαθεί να ενσωματώσει στοιχεία της επιστημονικής απάντησης (αναφορά στο Δαρβίνο, αναφορά στα γονίδια) με τελεολογικό όμως τρόπο («για να προσαρμοστούν»). Είναι χαρακτηριστικό ότι η θεωρία της φυσικής επιλογής προσαρμόζεται σε αυτή την απάντηση σε επιλογή των ατόμων, δηλαδή αποκτά χαρακτήρα εμπρόθετης δράσης.

Η δημιουργία συνθετικών μοντέλων εξηγείται επειδή οι συμμετέχοντες στην προσπάθειά τους να ενσωματώσουν τις νέες επιστημονικές πληροφορίες στη θεωρία πλαισίου που είχαν πριν, και προκειμένου να συνεχίσει το ερμηνευτικό σχήμα να έχει συνέπεια και επεξηγηματική ισχύ, παράγονται νέα μοντέλα που στην ουσία έχουν – όπως φάνηκε και από τα παραπάνω παραδείγματα – αντιφατικά στοιχεία.

Τέλος το ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα για τη διαπίστωση της επίδρασης του κείμενου με την πληροφορία κατηγοριοποίησης, που είχε στατιστικά σημαντική επίδραση τόσο στα ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου, όσο και στο ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης (Πίνακα Β6, [ $Z=-2.599$ ,  $p=.005$ ]). Αντίθετα το κείμενο με την πληροφορία της εξέλιξης κατάφερε να επιδράσει στο ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου (μόνο όταν ήταν ανατρεπτικό) αλλά όχι στο ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης [ $Z=-.842$ ,  $p=.2$ ]. Το εύρημα επομένως της έρευνας ήταν ότι για να υπάρξει βελτίωση στο έργο κατηγοριοποίησης απαιτείται ένα κείμενο που να περιέχει την κατάλληλη πληροφορία για το έργο. Όταν το κείμενο δεν περιέχει αυτή την πληροφορία, δεν εμφανίζεται και στατιστικά σημαντική βελτίωση σε αυτό το έργο. Αντιστρόφως, ένα κείμενο κατηγοριοποίησης επιτρέπει σημαντική βελτίωση όχι μόνο στο έργο κατηγοριοποίησης αλλά και στο ανοιχτό ερωτηματολόγιο της εξέλιξης. Αντιθέτως, ένα κείμενο με απλή πληροφορία εξέλιξης επιδρά σε έργο εξέλιξης (ανοιχτό ερωτηματολόγιο) αλλά όχι σε έργο κατηγοριοποίησης. Οι παραπάνω απλές επιδράσεις επιβεβαιώθηκαν και στις επιμέρους αναλύσεις των πειραματικών συνθηκών.

Το ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης, πέρα από τη συνεισφορά του στα παραπάνω συμπεράσματα, εμφάνισε ορισμένους περιορισμούς στη χρήση του, με σημαντικότερους, καταρχάς τον έλεγχο εγκυρότητας που έδειξε ότι η μέτρηση του έργου ενδεχομένως δεν αναδείκνυε τις προϋπάρχουσες ιδέες των συμμετεχόντων ή δεν επέτρεπε τη διάγνωση της αλλαγής τους και κατά δεύτερον, το μέγεθός του. Η διαφορά του από τα

άλλα δύο που είχαν περισσότερες ερωτήσεις μπορεί να επέδρασε στην εγκυρότητά του.

Αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει σημείο βελτίωσης σε επόμενη ερευνητική προσπάθεια, που θα εξασφάλιζε ικανό αριθμό ώστε να συγκρίνονται τα τρία ερωτηματολόγια πιο εύκολα μεταξύ τους και να αποτυπώνουν την επιθυμητή αλλαγή.

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων της έρευνας έγινε με μη παραμετρικά κριτήρια. Η επιλογή αυτή ήταν αναγκαστική, εξαιτίας της μη κανονικότητας των χαρακτηριστικών του δείγματος. Η αύξηση του αριθμού των συμμετεχόντων ίσως επέτρεπε καλύτερη καταγραφή απαντήσεων και πιο ομαλά αποτελέσματα εφόσον ο αριθμός τους περιορίστηκε σε 20 περίπου ανά πειραματική συνθήκη. Κάποια ευρήματα που ήταν οριακά σε στατιστική σημαντικότητα είτε θετικά είτε αρνητικά, ενδεχομένως να άλλαζαν αν χρησιμοποιούνταν ένα μεγαλύτερο δείγμα. Αποτελεί άλλη μία αδυναμία της έρευνας που επιτρέπει βελτιώσεις σε επόμενους ερευνητικούς σχεδιασμούς.

### Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας η παρούσα έρευνα κατέδειξε τη σημασία της πληροφορίας κατηγοριοποίησης στη διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής σε επεξεργασία προβλημάτων εξελικτικών φαινομένων. Η χρήση ανατρεπτικών κειμένων από μόνη της δεν επιδρά με στατιστική σημαντικότητα στις επιδόσεις των μαθητών. Αυτό ισχύει τόσο για τις συνολικές επιδόσεις των συμμετεχόντων στα έργα στα οποία συμμετείχαν, όσο και σε επιμέρους έργα, με ορισμένες εξαιρέσεις. Ωστόσο όταν συνδυαστεί με την πληροφορία κατηγοριοποίησης μπορεί να επιτευχθεί σημαντική βελτίωση τόσο σε έργα ερμηνείας βιολογικών φαινομένων όσο και σε έργα ορθής κατηγοριοποίησης.

Αντίθετα η πληροφορία κατηγοριοποίησης, φάνηκε να δρα σε ένα πιο θεμελιακό επίπεδο, δημιουργώντας κριτήρια οντολογικής κατηγορίας και επομένως επιδρώντας τόσο στο σύνολο των επιδόσεων, όσο και σε επιμέρους έργα. Η διαφορά της πληροφορίας έναντι της δομής ήταν ότι επέδειξε την ικανότητα επέκτασης της επίδρασής της σε διαφορετικά έργα: εμφάνισε τη δυνατότητα βελτίωσης τόσο σε καθαυτό έργα κατηγοριοποίησης, όσο και σε έργα ερμηνείας βιολογικών εξελικτικών φαινομένων. Η ερμηνεία που δίνεται για αυτή την ευρύτερη ευεργετική επίδραση της πληροφορίας κατηγοριοποίησης, στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, είναι ότι πιθανόν η εννοιολογική αλλαγή στις εξελικτικές διαδικασίες ενισχύεται σε μεγαλύτερο βαθμό όταν εξασφαλίζονται οι όροι και τα κριτήρια με τα οποία οι μαθητές μπορούν να εντάξουν ορθά τα εξελικτικά φαινόμενα στην κατηγορία των αναδυόμενων διαδικασιών, παρά όταν λαμβάνουν μία πληροφορία για την ερμηνεία ενός ανάλογου παραδείγματος εξελικτικής διαδικασίας. Φαίνεται ότι η τελευταία, όντας στο ίδιο επίπεδο αναφοράς, ίσως δεν έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει ριζικότερες αλλαγές στο γνωσιακό σύστημα, ώστε να ευνοήσει μετακινήσεις των πρότερων θεωριών πλαισίου προς την επιστημονική ερμηνεία των φαινομένων που εξετάζονται. Η περιγραφή όμως της κατηγορίας στην οποία πρέπει να ενταχθούν τα εξελικτικά φαινόμενα, σε διαδικασίες και

μάλιστα αναδυόμενες, παίζει θετικό ρόλο παρόλο που η κατηγορία δεν είναι εκ των προτέρων γνωστή στους συμμετέχοντες.

**Βιβλιογραφία**

- Αδαμαντιάδου, Σ., Γεωργάτου, Μ., Γιαπιτζάκης, Χ., Λάκκα, Λ., Νοταράς, Δ., Φλωρεντίν, Ν., & Χαντηκώντη, Ο. (2021). Η φυσική επιλογή εν δράσει. Στο Μ. Καλαϊτζιδάκη & Γ. Πανταζίδης (Εκδ.), *Βιολογία* (pp. 129-130). Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων Διόφαντος.
- Βοσνιάδου, Σ. (2019). Η θεωρία πλαισίου και οι εκπαιδευτικές επιδράσεις της. Στο Ν. Κυριακοπούλου & Ε. Σκοπελίτη (Εκδ.), *Νόηση και μάθηση υπό το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής* (pp. 19-34). Αθήνα: Gutenberg.
- Braasch, J. L. G., Goldman, S. R., & Wiley, J. (2013). The influences of text and reader characteristics on learning from refutations in science texts. *Journal of Educational Psychology, 105*(3), 561–578. doi:10.1037/a0032627
- Bransford, J. D., Franks, J. J., Vye, N. J., & Sherwood, R. D. (1989). New approaches to instruction because wisdom can't be told. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 470-407). Cambridge: Cambridge University Press.
- Broughton, S. H., Sinatra, G. M., & Reynolds, R. E. (2010). The nature of the refutation text effect: An investigation of attention allocation. *The Journal of Educational Research, 103*(6), 407–423. doi:10.1080/00220670903383101
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition* (pp. 257-291). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carey, S. & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 169–200). Cambridge, MA: Cambridge University Press.



- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82). New York – London: Routledge.
- Chi, M. T. H. (2013). Two kinds and four sub-types of misconceived knowledge, ways to change it, and the learning outcomes. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change, 2nd ed.* (pp. 49-70). New York, NY: Routledge Press.
- Διακίδου, Ε.-Α. (2019). Ανατρεπτικά κείμενα και εννοιολογική αλλαγή στις φυσικές επιστήμες. Στο Ν. Κυριακοπούλου & Ε. Σκοπελίτη (Εκδ.), *Νόηση και μάθηση υπό το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής* (pp. 253-269). Αθήνα: Gutenberg.
- Demastes, S. S., Good, R. G., & Peebles, P. (1996). Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(4), 407-431.  
doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199604)33:4<407::AID-TEA4>3.0.CO;2-W
- Diakidoy, I.-A. N., Kendeou, P., & Ioannides, C. (2003). Reading about energy: The effects of text structure in science learning and conceptual change. *Contemporary Educational Psychology*, 28(3), 335-356. doi:10.1016/S0361-476X(02)00039-5
- Diakidoy, I.-A. N., Mouskounti, T., & Ioannides, C. (2011). Comprehension and learning from refutation and expository texts. *Reading Research Quarterly*, 46(1), 22–38.  
doi:10.1598/RRQ.46.1.2
- Dole A. J. (2000). Readers, texts and conceptual change learning. *Reading & Writing Quarterly*, 16(2), 99-118. doi:10.1080/105735600277980
- Duhem, P. (1914). *La théorie physique. Son objet, sa structure*. Paris: Librairie Marcel Rivière.

- Evans, E. M. (2001). Cognitive and contextual factors in the emergence of diverse belief systems: Creation versus evolution. *Cognitive Psychology*, 42(3), 217-266.  
doi:10.1006/cogp.2001.0749
- Evans, E. M. (2013). Conceptual change and evolutionary biology: Taking a developmental perspective. *International handbook of research on conceptual change*, 220-239.
- Eysenck, M., & Keane, M. (2000). *Cognitive psychology. A student's handbook*. Hove and New York: Psychology Press.
- Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naïve explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1231-1256.  
doi:10.1080/0950069980201005
- Ζόγκζα, Β. (2009). Γνωστικά εμπόδια για τη μάθηση και την αποδοχή της θεωρίας της εξέλιξης. Στο Β. Ζόγκζα, Κ. Καμπουράκης, & Δ. Νοταράς (Eds.), *Η διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης* (pp.265-273). Αθήνα: Εκπαιδευτήρια Γείτονα.
- Gelman, S. A. & Markman, E. M. (1986). Categories and induction in young children. *Cognition*, 23(3), 183-209. doi:10.1016/0010-0277(86)90034-X
- González Galli, L. M., & Meinardi, E., N. (2011). The role of teleological thinking in learning the Darwinian model of evolution. *Evo Edu Outreach*, 4, 145-152.  
doi:10.1007/s12052-010-0272-7
- Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evo Edu Outreach*, 2, 156-175. doi:10.1007/s12052-009-0128-1
- Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V., & Gamas, W. S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28, 116–159.  
doi:10.2307/747886

- Guzzetti, B. J., Williams, W. O., Skeels, S. A., & Wu, S. M. (1997). Influence of text structure on learning counterintuitive physics concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 701-719. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199709)34:7<701::AID-TEA3>3.0.CO;2-Q
- Heddy, B. C., & Sinatra, G. M. (2013). Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. *Science Education*, 97(5), 723-744. doi:10.1002/sce.21072
- Hynd, C. R., McWhorter, J. Y., Phares, V. L., & Suttles, C. W. (1994). The role of instructional variables in conceptual change in high school physics topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 933-946. doi:10.1002/tea.3660310908
- Ιωαννίδης, Χ. (2019). Αναπαραστάσεις της σημασίας της λέξης «Δύναμη» στα παιδιά: Η φύση τους και οι μηχανισμοί αλλαγής τους. Στο Ν. Κυριακοπούλου & Ε. Σκοπελίτη (Εκδ.), *Νόηση και μάθηση υπό το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής* (pp. 61-84). Αθήνα: Gutenberg.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (2003). Conceptual and linguistic factors in inductive projection: How do young children recognize commonalities between animals and plants? In D. Gentner & S. Goldin-Meadow (Eds.), *Language in mind* (pp. 313–333). Cambridge, MA: MIT Press.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (2004). Vitalistic causality in young children's naïve biology. *Trends Cogn Sci.*, 8(8), 356–80. doi:10.1016/j.tics.2004.06.004
- Jensen, M. S., & Finley, F. N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 879–900. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199610)33:8<879::AID-TEA4>3.0.CO;2-T

- Καμπουράκης, Κ. & Ζόγκζα, Β. (2009). Πρώιμες εξελικτικές εξηγήσεις: ένα βασικό πλαίσιο για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής κατά τη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης. Στο: Β. Ζόγκζα, Κ. Καμπουράκης, & Δ. Νοταράς (Eds.), *Η διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης* (pp.274-296). Αθήνα: Εκπαιδευτήρια Γείτονα.
- Kampourakis, K. & Zogza, V. (2007). Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science & Education*, *16*, 393-422.
- Kampourakis, K. & Zogza, V. (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, *17*(1), 27-47.  
doi:10.1007/s11191-007-9075-9
- Kampourakis, K. & Zogza, V. (2009). Preliminary evolutionary explanations: A basic framework for conceptual change and explanatory coherence in evolution. *Science & Education*, *18*(10), 1313-1340. doi:10.1007/s11191-008-9171-5
- Kendeou, P., & van den Broek, P. (2007). The effects of prior knowledge and text structure on comprehension processes during reading of scientific texts. *Memory & Cognition*, *35*, 1567-1577. doi:10.3758/BF03193491
- Kowalski, P., & Kujawski Taylor, A. (2012). Effectiveness of refutational teaching for high- and low-achieving students. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, *11*(1), 79-90.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Chicago Press.
- Mason, L., Gava, M., & Boldrin, A. (2008). On warm conceptual change: The interplay of text, epistemological beliefs, and topic interest. *Journal of Educational Psychology*, *100*(2), 291-309. doi:10.1037/0022-0663.100.2.291

- Mikkilä – Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction, 11*(3), 241–257. doi:10.1016/S0959-4752(00)00041-4
- Nobes, G., Moore, D., Martin, A., Clifford, B., Butterworth, G., Panayiotaki, G., & Siegal, M. (2003). Children’s understanding of the earth in a multicultural community: Mental models or fragments of knowledge? *Developmental Science, 6*(1), 72-85. doi:10.1111/1467-7687.00257
- Özay Köse, E. (2010). Biology students’ and teachers’ religious beliefs and attitudes towards theory of evolution. *Eğitim fakültesi dergisi, 38*, 189-200.
- Παπαθανασίου, Γ. (2010). *Προβλήματα Κατανόησης Επιστημονικών Κειμένων από Μαθητές Γυμνασίου* (Διπλωματική εργασία). ΕΚΠΑ.
- Pazza, R., Penteado, P. R. & Kavalco, K. F. (2010). Misconceptions about evolution in Brazilian freshmen students. *Evo Edu Outreach, 3*, 107–113. doi:10.1007/s12052-009-0187-3
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education, 66*, 211–227. doi:10.1002/sce.3730660207
- Rosenberg, A., & McShea, D. (2008). *Philosophy of biology. A contemporary introduction*. New York: Routledge.
- Σκοπελίτη, Ε. (2019). Μεθοδολογικά ζητήματα στη μελέτη των εννοιολογικών αλλαγών: Το παράδειγμα της παρατηρησιακής αστρονομίας. Στο Ν. Κυριακοπούλου & Ε. Σκοπελίτη (Εκδ.), *Νόηση και μάθηση υπό το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής* (pp. 35-57). Αθήνα: Gutenberg.

- Σκοπελίτη, Ε., & Βοσνιάδου, Σ. (2011). Τα ανατρεπτικά κείμενα και η πληροφορία κατηγοριοποίησης ως παράγοντες προώθησης της εννοιολογικής αλλαγής. *Ψυχολογία*, 18(4), 421-439.
- Samarapungavan, A, & Wiers, R. W. (1997). Children' s thoughts on the origin of species: A study of explanatory coherence. *Cognitive Science*, 21(2), 147-177.  
doi:10.1207/s15516709cog2102\_2
- Siegal, M., Butterworth, G., & Newcombe, P. A. (2004). Culture and childrens' s cosmology. *Developmental Science*, 7(3), 308-324. doi:10.1111/j.1467-7687.2004.00350.x
- Sinatra, G. M., Brem, S. K., & Evans, E. M. (2008). Changing minds? Implications of conceptual change for teaching and learning about biological evolution. *Evo Edu Outreach*, 1, 189-195. doi: 10.1007/s12052-008-0037-8
- Skopeliti, I., & Vosniadou, S. (2016). The role of categorical information in refutation texts. *Journal of Cognitive Science*, 17(3), 441-468. doi:10.17791/jcs.2016.17.3.441
- Smith, J. P., diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115–163. doi:10.1207/s15327809jls0302\_1
- Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., & Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 28(5), 675–735. doi:10.1017/S0140525X05000129
- Vosniadou, S. (2003). Exploring the relationships between conceptual change and intentional learning. In G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change* (pp. 377-406). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535–585. doi:10.1016/0010-0285(92)90018-W

- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123-183. doi:10.1207/s15516709cog1801\_4
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2005). Developmental shifts in children's categorization of the earth. In B. G. Bara, L. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the XXVII Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2325–2330).
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2013) Conceptual change from the framework theory side of the fence. *Science and Education*, 23(7), 1427-1445. doi:10.1007/s11191-013-9640-3
- Vosniadou, S., Skopeliti, I., & Ikospentaki, K., (2004). Modes of knowing and ways of reasoning in elementary astronomy, *Cognitive Development*, 19(2), pp. 203-222. doi:10.1016/j.cogdev.2003.12.002
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 3-34). New York – London: Routledge.
- Weismann, A. (1891). *Essays upon heredity and kindred biological problems*. Oxford: Clarendon Press.

## Παράρτημα Α

### Κείμενα

#### Κείμενο για διαδικασίες εξέλιξης.

##### Το φαινόμενο της εξέλιξης

Στην επιστήμη της βιολογίας, με τον όρο εξέλιξη εννοείται η αλλαγή στις ιδιότητες ενός πληθυσμού οργανισμών στο πέρασμα του χρόνου, μεταξύ διαφορετικών γενεών, προκειμένου ο οργανισμός να είναι καλύτερα προσαρμοσμένος στο περιβάλλον του. Σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, όλα τα έμβια όντα είναι προϊόν εξέλιξης που υπέστησαν προγενέστεροι οργανισμοί. Η διαδικασία αυτή της εξέλιξης μέσω της οποίας έμβια όντα προέκυψαν από προγενέστερους οργανισμούς για να είναι περισσότερο προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους, να επιβιώνουν και να αναπαράγονται περισσότερο συγκριτικά με τους λιγότερο προσαρμοσμένους ονομάστηκε από τον Κάρολο Δαρβίνο **φυσική επιλογή**. Η θεωρία του Δαρβίνου προσέφερε μια απλή αλλά πειστική εξήγηση για την ποικιλία των ειδών στη Γη.

Ειδικότερα, παρατηρείται ότι άτομα ενός είδους δεν είναι όμοια. Στους πληθυσμούς υπάρχει μια τεράστια ποικιλομορφία όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά των μελών τους. Συνεπώς η επιτυχία στον αγώνα για την επιβίωση δεν είναι τυχαία. Αντιθέτως, εξαρτάται από το είδος των χαρακτηριστικών που έχει κληρονομήσει ένας οργανισμός από τους προγόνους του. Οι οργανισμοί οι οποίοι έχουν κληρονομήσει χαρακτηριστικά που τους βοηθούν να προσαρμόζονται καλύτερα στο περιβάλλον τους επιβιώνουν περισσότερο ή/και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους οργανισμούς οι οποίοι έχουν κληρονομήσει λιγότερο ευνοϊκά για την επιβίωσή τους χαρακτηριστικά.

Μία ακόμη παρατήρηση υποστηρίζει ότι τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά των γονέων κληροδοτούνται στους απογόνους τους. Συνεπώς, τα ευνοϊκά για την επιβίωση χαρακτηριστικά μεταβιβάζονται στην επόμενη γενιά με μεγαλύτερη συχνότητα από τα



λιγότερο ευνοϊκά, καθώς οι φορείς τους επιβιώνουν και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους φορείς των λιγότερο ευνοϊκών χαρακτηριστικών. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, η συσσώρευση όλο και περισσότερων ευνοϊκών χαρακτηριστικών σε έναν πληθυσμό μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση ενός νέου είδους.

Το σύνολο των χαρακτηριστικών που θα εμφανίσει ένας πληθυσμός, στο πέρασμα των χρόνων, και η μετάβαση από το πώς ήταν πριν, στο πώς θα είναι μετά, προκειμένου να προσαρμοστεί επιτυχώς στο περιβάλλον, είναι ένα σύνθετο φαινόμενο. Εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που συνοπτικά μπορούμε να τους εντάξουμε σε δύο ομάδες:

***I. Τα νέα χαρακτηριστικά που θα εμφανιστούν σε ένα ή περισσότερα άτομα μέσα στον πληθυσμό και***

***II. Τις συγκεκριμένες συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο ζει ο πληθυσμός***

Ως προς το I, τα νέα χαρακτηριστικά εμφανίζονται λόγω αλλαγών στο γενετικό υλικό των ατόμων, στο DNA. Οι αλλαγές αυτές εμφανίζονται τυχαία, και είναι αποτέλεσμα είτε μεταλλάξεων είτε συνδυασμών των χρωμοσωμάτων των γονέων στους απογόνους, που επίσης πραγματοποιούνται με τυχαίο τρόπο.

Ο παράγοντας II, ελέγχει ποια από τα νεοεμφανιζόμενα χαρακτηριστικά ευνοούν την επιβίωση των ατόμων που τα φέρουν και ποια δεν είναι ευνοϊκά. Για παράδειγμα, τα χαρακτηριστικά που βοηθούν το άτομο να αποφεύγει τους εχθρούς του και να βρίσκει ευκολότερα τροφή, αυξάνουν τη συχνότητα των ατόμων που τα φέρουν, γιατί με αυτά τα άτομα επιβιώνουν, αναπαράγονται και άρα έχουν την ευκαιρία να μεταβιβάσουν αυτά τα νέα χαρακτηριστικά στους απογόνους τους. Τα υπόλοιπα άτομα μειονεκτούν, είτε επειδή δε φέρουν αυτά τα χαρακτηριστικά είτε επειδή φέρουν άλλα δυσμενή νέα χαρακτηριστικά. Επομένως δε θα μπορούν να επιβιώσουν το ίδιο, άρα δεν θα έχουν και την ευκαιρία

μεταβίβασής τους στους απογόνους τους. Μετά από μερικές γενιές, τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού θα έχουν αλλάξει.

### **Η περίπτωση της πεταλούδας *Biston betularia***

Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα δράσης της φυσικής επιλογής είναι αυτό της πεταλούδας *Biston betularia*, ενός εντόμου που είναι πολύ διαδεδομένο στην Αγγλία και στη Σκωτία. Στο είδος αυτό συναντώνται δύο ποικιλίες, μία ανοιχτόχρωμη και μία σκουρόχρωμη. Οι πεταλούδες αυτές λέγονται και νυχτοπεταλούδες, γιατί συνήθως είναι δραστήριες τη νύχτα ενώ την ημέρα κοιμούνται πάνω σε κάποια επιφάνεια πχ σε κάποιο κορμό δένδρου ή στον τοίχο ενός σπιτιού.

Τα άτομα του είδους μπορούν να αναπαράγονται μεταξύ τους ακόμη κι αν έχουν διαφορετικό χρώμα. Από το ζευγάρι μιας ανοιχτόχρωμης πεταλούδας με μία με σκούρο χρώμα γεννιούνται άτομα είτε με ανοιχτό είτε με σκούρο χρώμα. Επομένως το χρώμα είναι ένα γνώρισμα που αποκτάται λόγω της κληρονομικότητας, ανάλογα με τα άτομα που διασταυρώνονται. Μία ανοιχτόχρωμη πεταλούδα μπορεί να αποκτήσει απόγονο με σκούρο χρώμα ή το αντίστροφο: δεν πρόκειται για δύο διαφορετικά είδη, ούτε για δύο διαφορετικούς πληθυσμούς. Τα άτομα συνυπάρχουν στο ίδιο περιβάλλον, σχηματίζουν οικογένειες, δεν αποτελούν δυο απομονωμένες ομάδες. Η υπόθεση ότι οι ανοιχτόχρωμες και οι σκουρόχρωμες πεταλούδες είναι δύο τελείως ξεχωριστές ποικιλίες καταρρίπτεται από το απλό γεγονός ότι αναπαράγονται μεταξύ τους.

Το χρώμα κάθε ατόμου παίζει σημαντικό ρόλο στην επιβίωσή του. Πεταλούδες με μαύρο χρώμα όταν αναπαύονται σε επιφάνεια ανοιχτόχρωμη πχ σε κορμό δένδρου με λευκό χρώμα, είναι ορατές από τους θηρευτές τους που είναι τα εντομοφάγα πουλιά. Αντίθετα πεταλούδες με ανοιχτό χρώμα καμουφλάρονται εύκολα (βλ. εικόνα 1).



*Εικόνα 1: Οι δύο παραλλαγές της νυχτοπεταλούδας. Αριστερά η ανοιχτόχρωμη διακρίνεται με δυσκολία. Δεξιά η ανοιχτόχρωμη διακρίνεται εύκολα, αλλά όχι η σκουρόχρωμη.*

Έρευνες στην περιοχή του Manchester και σε άλλες πόλεις της Αγγλίας κατά τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα έδειξαν ότι τα άτομα με το ανοιχτό χρώμα αντιπροσώπευαν το 90% του πληθυσμού, ενώ άτομα με σκούρο χρώμα το 10% του πληθυσμού. Μάλιστα πριν το 1811 η μαύρη παραλλαγή της πεταλούδας ήταν πολύ σπάνια. Το 1848 έρευνα πεδίου στο Manchester έδειξε αύξηση του αριθμού των ατόμων με το μαύρο χρωματισμό. Το ποσοστό των μαύρων αυξάνεται σε βάρος του ποσοστού των ανοιχτόχρωμων πεταλούδων. Το 1895 καταγράφεται ποσοστό ρεκόρ για τις μαύρες πεταλούδες, οι οποίες αποτελούν πλέον το 98% του πληθυσμού!

Ποια ερμηνεία μπορεί να δοθεί για τη δραματική αύξηση του αριθμού των σκουρόχρωμων πεταλούδων, έναντι αυτού των ανοιχτόχρωμων, σε όλη τη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα; Για να δώσουμε απάντηση στο ερώτημα αυτό πρέπει να λάβουμε υπόψη τις συνθήκες που διαμορφώνουν και αλλάζουν το περιβάλλον κατά τη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα, εποχή της βιομηχανικής επανάστασης. Συγκεκριμένα η εξάπλωση των μηχανών σε ένα ευρύτατο πεδίο ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, συνοδεύεται από την ανάγκη χρήσης νέων καυσίμων. Στα πρώτα χρόνια που ακόμα δεν έχει διαδοθεί η χρήση του πετρελαίου, την ανάγκη αυτή καλύπτει η καύση ξυλείας και κάρβουνου, που παράγει μεγάλη ποσότητα κάπνας, αέριων ρύπων και αιθάλης. Ο μαύρος καπνός από την καύση του κάρβουνου στα εργοστάσια

εξαπλώνεται και μαυρίζει κυριολεκτικά τους τοίχους των σπιτιών των βιομηχανικών πόλεων της Αγγλίας, αλλά και τις επιφάνειες των κορμών των δένδρων στις κοντινές περιοχές.

### **Πιθανές ερμηνείες για τη μεταβολή του χρώματος**

Πολλοί θα μπορούσαν να σκεφτούν δύο πιθανές ερμηνείες, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τη βιομηχανική επανάσταση. Κάποιος θα μπορούσε να υποθέσει ότι η μαυρίλα, η «μουτζούρα» που παράγεται από όλη αυτή τη δραστηριότητα είναι υπεύθυνη για την αλλαγή αυτή του χρωματισμού των πεταλούδων. Σύμφωνα με αυτή την απλή υπόθεση, όπως μαυρίζει ο κορμός ενός δένδρου, ή μία οποιαδήποτε άλλη επιφάνεια, έτσι και το σώμα μίας πεταλούδας γίνεται μαύρο. Το ερώτημα που διατυπώνεται σε σχέση με αυτή την ερμηνεία είναι το ακόλουθο:

Η αλλαγή αυτή του χρώματος μίας πεταλούδας λόγω της ρύπανσης που επικάθεται πάνω τους, πόσο μόνιμη είναι; Η αλλαγή αυτή μεταβιβάζεται στους απογόνους;

Ας υποθέσουμε ότι μία φίλη σας αποφασίζει να αλλάξει χρώμα μαλλιών. Θα έχετε διαπιστώσει ότι τα μαλλιά συνεχίζουν να μεγαλώνουν και τα νέα τμήματα των τριχών φυσικά δε φέρουν τη χρωστική της βαφής. Σταδιακά τα μαλλιά αποκτούν το προηγούμενο, φυσιολογικό τους χρώμα και άρα καταλαβαίνουμε ότι η αλλαγή αυτή δεν είναι μόνιμη. Αντίστοιχα στην περίπτωση των πεταλούδων θα περιμέναμε μία περισσότερο «μωσαϊκή» εικόνα παρά μία ομοιομορφία: κάποιες πεταλούδες έστω ότι έχουν αποκτήσει μαύρο χρώμα, κάποιες με μερικά τμήματα σκουρόχρωμα και μερικά ανοιχτόχρωμα. Δύσκολα θα περιμέναμε όλες οι πεταλούδες που έχουν εκτεθεί στον μαύρο καπνό να έχουν ομοιόμορφο σκούρο χρώμα. Ίσως παρατηρούσαμε ένα πρότυπο όπως οι πιτσιλιές ή τα μπαλώματα. Μία πεταλούδα που έχει «μαυρίσει» από τον καπνό, επειδή η επιφάνεια του σώματος ανανεώνεται (όπως το δέρμα ή η τριχοφυΐα), θα περιμέναμε να εμφανίζει σε άλλα σημεία μαύρο και σε άλλα σημεία ανοιχτό χρώμα και ότι σταδιακά θα αποκτούσε και πάλι το αρχικό

της χρώμα. Οπότε, τα επιστημονικά δεδομένα απαντούν αρνητικά στο πρώτο μέρος του ερωτήματος που αφορά στη μονιμότητα της αλλαγής.

Πέρα από το ερώτημα για τη μονιμότητα της αλλαγής χρώματος ως αποτέλεσμα απευθείας επίδρασης του περιβάλλοντος, ακόμα πιο σημαντικό είναι το τι θα συμβεί στους απογόνους αυτών των πεταλούδων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το χρώμα σώματος είναι ένα κληρονομικό χαρακτηριστικό, ένα γνώρισμα που ελέγχεται γονιδιακά. Η δημιουργία απογόνων γίνεται με ειδικά κύτταρα, τους γαμέτες. Οι αρσενικές πεταλούδες χρησιμοποιούν σπερματοζωάρια ενώ οι θηλυκές τα ωάρια. Τα κύτταρα αυτά βρίσκονται μέσα στο αναπαραγωγικό σύστημα των εντόμων. Επομένως δεν βρίσκονται σε σημεία που μπορούν να εκτεθούν από κάποιον εξωτερικό παράγοντα όπως ο μαύρος καπνός που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Τα γονίδια δε "χρωματίζονται" ούτε επηρεάζονται, όπως ίσως θα υπέθετε κάποιος ότι συμβαίνει με την επιφάνεια του σώματος. Συνεπώς, μία ανοιχτόχρωμη πεταλούδα, ακόμα κι αν υποθέσουμε ότι απέκτησε μαύρο χρώμα εξαιτίας της επίδρασης του περιβάλλοντος, θα μεταβιβάσει στους απογόνους της το γονίδιο που διαθέτει, δηλαδή αυτό για το ανοιχτό χρώμα. Φαίνεται λοιπόν, ότι αυτή η ιδέα δεν μπορεί να ερμηνεύσει το γιατί παρατηρείται μία άνοδος του ποσοστού των σκουρόχρωμων πεταλούδων σε βάρος των ανοιχτόχρωμων, στη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα.

Κάποιος άλλος θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την παραπάνω ερμηνεία προσθέτοντας πληροφορίες που έχουν να κάνουν με τη δράση του ίδιου του οργανισμού. Συγκεκριμένα, θα μπορούσε να υποθέσει ότι το χρώμα του σώματος αλλάζει όχι εξαιτίας της απευθείας επίδρασης του περιβάλλοντος (ο μαύρος καπνός από τα εργοστάσια) αλλά επειδή η αλλαγή είναι μία επιλογή του ίδιου του ατόμου. Μήπως τα έντομα παράγουν μία μαύρη χρωστική, έχοντας πιθανώς κάποιον αδένα, και προκαλούν το «μελάνωμα» στην επιφάνειά τους, προκειμένου να καλύπτονται στο νέο περιβάλλον; Ίσως λοιπόν οι ίδιες οι πεταλούδες προσπαθούν να ανταποκριθούν στην αλλαγή του περιβάλλοντος, προσαρμοζόμενες σε αυτό.

Μία απλή αντίρρηση στην ερμηνεία αυτή είναι η εξής: αν οι ανοιχτόχρωμες πεταλούδες μπορούν να καταλάβουν το φόντο της επιφάνειας πάνω στην οποία βρίσκονται και αντιλαμβάνονται πόσο σκουρόχρωμη είναι, γιατί τους είναι πιο εύκολο να αποφασίζουν να συνθέσουν μία μαύρη χρωστική για να αποκτήσουν την ίδια απόχρωση, και όχι απλά να απομακρυνθούν από την επιφάνεια αυτή και να καταφύγουν σε μία επιφάνεια πιο ανοιχτόχρωμη; Έτσι θα ξόδευαν και πολύ λιγότερη ενέργεια. Η οικονομία είναι βασική αρχή η οποία εφαρμόζεται σε όλα τα είδη. Με άλλα λόγια, η ικανότητα των πεταλούδων να αντιλαμβάνονται την απόχρωση κάθε επιφάνειας στην οποία αναπαύονται είναι τουλάχιστον αμφισβητούμενη.

Όμως με βάση και τα όσα είδαμε για την κληρονομικότητα του χρώματος των πεταλούδων, ίσως έχει ήδη γίνει κατανοητό ένα σοβαρότερο πρόβλημα της προαναφερόμενης ερμηνείας: η υποτιθέμενη ενεργοποίηση κάποιων αδένων ως ανταπόκριση στην αλλαγή του περιβάλλοντος δεν θα επηρέαζε και πάλι τη γενετική πληροφορία που υπάρχει στους γαμέτες αυτών των ατόμων. Όσο κι αν ένα άτομο είχε την ικανότητα να ξεκινήσει τη σύνθεση μίας χρωστικής στο σώμα του, οι απόγονοί του θα γεννιούνταν και πάλι με το αρχικό ανοιχτόχρωμο σώμα. Μάλιστα στο σημείο αυτό μπορεί να αναφερθεί ότι το ανοιχτό χρώμα στις πεταλούδες οφείλεται σε ένα υπολειπόμενο γονίδιο που συμβολίζεται με το γράμμα c. Άτομα ανοιχτόχρωμα είναι υποχρεωτικά ομόζυγα (cc) οπότε όταν ζευγαρώνουν, αποκτούν 100% απογόνους με ανοιχτό χρώμα. Αυτό ισχύει είτε οι γονείς έχουν παραμείνει ανοιχτόχρωμοι είτε έχουν καταφέρει με τη «θέλησή τους» να αλλάξουν χρώμα, αν δεχτούμε ότι αυτό μπορεί να γίνει ακολουθώντας την ερμηνεία που εξετάζουμε.

Επίσης θα μπορούσε να διατυπωθεί και μία αντίρρηση απέναντι σε αυτή την εξήγηση που αφορά στην αντιστροφή της περιγραφόμενης διαδικασίας: Γιατί ένα άτομο που μπορεί να ενεργοποιήσει έναν αδέν, που εκκρίνει κάποια μελανή ουσία, να μην μπορεί κάποια στιγμή να τον θέσει και πάλι σε αδράνεια; Στην περίπτωση αυτή θα περιμέναμε μία πολύ

μεγάλη διακύμανση στα ποσοστά ακόμα και στο ίδιο το άτομο· θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε ένα άτομο που τη μία μέρα έχει σκούρο χρώμα και μετά από μερικές μέρες έχει γίνει ανοιχτόχρωμο. Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με το γενετικό υπόβαθρο του χρώματος του σώματος στις νυχτοπεταλούδες: Το σκούρο χρώμα ελέγχεται από ένα επικρατές γονίδιο (C), το οποίο διαμορφώνει το φαινότυπο του ατόμου από τη γέννησή του. Ένα άτομο με το επικρατές χαρακτηριστικό δεν μπορεί να γίνει ανοιχτόχρωμο, παρά μόνο αν υποστεί μία σπάνια αλλαγή του DNA του, δηλαδή με μετάλλαξη. Και πάλι η αλλαγή αυτή είναι σπάνια και ανεξάρτητη από το περιβάλλον στο οποίο ζει ο οργανισμός. Μία τέτοια μετάλλαξη θα είχε τις ίδιες ακριβώς πιθανότητες να συμβεί, είτε το άτομο ζούσε κοντά σε μία βιομηχανική πόλη όπως το Manchester, είτε ζούσε στην Αγγλική εξοχή, μακριά από τις ρυπογόνες δραστηριότητες. Τα επιχειρήματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι και αυτή η ερμηνεία που υποστηρίζει ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες σε συνδυασμό με την δράση του ίδιου του οργανισμού ευθύνονται για την αλλαγή στο χρώμα των πεταλούδων σε όλη τη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα, δεν είναι λογικά ορθή.

### **Ερμηνεία της Φυσικής Επιλογής για τη μεταβολή του χρώματος**

Με βάση τη θεωρία της φυσικής επιλογής για την εξέλιξη, η δραματική αύξηση του αριθμού των σκουρόχρωμων πεταλούδων έναντι αυτού των ανοιχτόχρωμων οφείλεται στο γενετικό υλικό των ατόμων. Το χρώμα του σώματος είναι ένα γνώρισμα που ελέγχεται από το γενετικό υλικό. Το γνώρισμα αυτό δεν αλλάζει στο ίδιο το άτομο, όμως παρατηρείται αλλαγή σε επίπεδο πληθυσμού, δηλαδή στο σύνολο των ατόμων που τον συγκροτούν. Η ιδέα αυτή υποστηρίζεται από την ερμηνεία της φυσικής επιλογής. Ας δούμε πώς μπορεί να συμβεί μία τέτοια αλλαγή με βάση αυτή την ερμηνεία.

Κάθε άτομο έχοντας ένα σταθερό, γενετικά καθορισμένο χαρακτηριστικό, έχει τη δυνατότητα να επιβιώνει και να αναπαράγεται σε διαφορετικό βαθμό από άλλο άτομο, με

διαφορετικό χαρακτηριστικό. Ο αριθμός των πεταλούδων καθορίζεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, οι οποίες λειτουργούν ως ένα φίλτρο επιλογής το οποίο ευνοεί τις πεταλούδες που έχουν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για να επιβιώσουν σε αυτό. Άρα, οι πεταλούδες οι οποίες διαθέτουν κάποιο κληρονομικό, σταθερό κατά άτομο χαρακτηριστικό, που είναι ευνοϊκό για την επιβίωσή τους, έχουν τη δυνατότητα να αποκτήσουν περισσότερους απογόνους, άρα να διαιωνίσουν αυτό το χαρακτηριστικό, σε αντίθεση με εκείνες που διαθέτουν ένα μη ευνοϊκό χαρακτηριστικό.

Οπότε, σε ένα περιβάλλον με ανοιχτόχρωμες επιφάνειες, για παράδειγμα πριν τη βιομηχανική επανάσταση, το ανοιχτό χρώμα σώματος θα ήταν ένα ευνοϊκό χαρακτηριστικό, γιατί άτομα που το διαθέτουν θα μπορούν να αναπαύονται πάνω στις ομοιόχρωμες επιφάνειες, χωρίς να γίνονται αντιληπτά από τους εχθρούς τους, που είναι τα εντομοφάγα πουλιά. Έτσι αναπαράγονται και αφήνουν πίσω τους απογόνους με το ίδιο χαρακτηριστικό. Αντίθετα, πεταλούδες με σκούρο χρώμα εμφανίζουν μειονέκτημα σε ένα τέτοιο περιβάλλον. Γίνονται εύκολα ορατές, αποτελούν στόχο, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός τους αφού καταναλώνονται από τους θηρευτές τους. Έτσι η μεταβίβαση του γονιδίου για το σκούρο χρώμα στους απογόνους γίνεται δύσκολη, αφού ελάχιστες πεταλούδες με σκούρο χρώμα μπορούν να επιβιώσουν.

Με την έλευση της βιομηχανικής επανάστασης όμως, τα δεδομένα αλλάζουν: το χαρακτηριστικό που πριν ήταν ευνοϊκό πλέον είναι δυσμενές. Τα ανοιχτόχρωμα άτομα, τα οποία ήταν πλειοψηφία, πλέον διακρίνονται εύκολα από τα εντομοφάγα πτηνά καθώς αναπαύονται πάνω στις μαυρισμένες από τη ρύπανση επιφάνειες των βιομηχανικών πόλεων (βλ. Εικόνα 1, δεξιά). Αυτές τώρα είναι ο στόχος των πουλιών που τρέφονται με έντομα, με αποτέλεσμα ο αριθμός τους να μειώνεται. Τώρα πλέον, το προσαρμοστικό γνώρισμα είναι το σκούρο χρώμα το οποίο έχουν κληρονομήσει οι πεταλούδες από τους προγόνους τους. Το γενετικό τους γνώρισμα είναι κατάλληλο στο νέο περιβάλλον, άρα μπορούν να επιβιώσουν



και να το μεταβιβάσουν στους απογόνους τους. Όλο και περισσότερα άτομα γεννιούνται με το νέο ευνοϊκό χαρακτηριστικό, σε αντίθεση με τα άτομα που φέρουν το παλαιό χαρακτηριστικό που δεν είναι πλέον κατάλληλο για επιβίωση στο νέο περιβάλλον.

### **Συμπέρασμα**

Συνεπώς, η φυσική επιλογή στη διαδικασία της εξέλιξης είναι μία δύναμη που δρα ως φίλτρο επιλογής ανάμεσα στα διάφορα κληρονομικά χαρακτηριστικά, ευνοώντας τα άτομα που διαθέτουν κατάλληλα γονίδια ή συνδυασμούς γονιδίων, τα οποία κάνουν το άτομο περισσότερο προσαρμοσμένο στο περιβάλλον που ζει. Τα γενετικά χαρακτηριστικά που δεν είναι πλέον ευνοϊκά στο συγκεκριμένο περιβάλλον, αποκλείονται ή τουλάχιστον δεν έχουν τις ίδιες ευκαιρίες διαίωσης. Οι νέοι απόγονοι φέρουν τα γενετικά χαρακτηριστικά που έχουν επιλεγεί από αυτή τη διαδικασία και μπορούν να τα μεταβιβάσουν στους απογόνους τους, άρα να αλλάζουν τα ποσοστά των γνωρισμάτων μέσα στον πληθυσμό σε βάθος χρόνου. Φαίνεται λοιπόν ότι η δραματική αλλαγή του αριθμού των σκουρόχρωμων πεταλούδων, έναντι αυτού των ανοιχτόχρωμων οφείλεται στο γενετικό υλικό των ατόμων, και μπορεί να εξηγηθεί βάσει της ερμηνείας της φυσικής επιλογής.

*Σημ.:* Το τμήμα του κειμένου που έχει επισημανθεί με κόκκινο χρώμα αποτελεί το επιπλέον κείμενο που περιέχονταν στο ανατρεπτικό κείμενο. Στο απλό επεξηγηματικό κείμενο (μη ανατρεπτικό) το τμήμα αυτό είχε παραληφθεί.

**Κείμενο με πληροφορία κατηγοριοποίησης.****Το φαινόμενο της εξέλιξης**

Στην επιστήμη της βιολογίας, με τον όρο εξέλιξη εννοείται η αλλαγή στις ιδιότητες ενός πληθυσμού οργανισμών στο πέρασμα του χρόνου, μεταξύ διαφορετικών γενεών, προκειμένου ο οργανισμός να είναι καλύτερα προσαρμοσμένος στο περιβάλλον του. Σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, όλα τα έμβια όντα είναι προϊόν εξέλιξης που υπέστησαν προγενέστεροι οργανισμοί. Η διαδικασία αυτή της εξέλιξης μέσω της οποίας έμβια όντα προέκυψαν από προγενέστερους οργανισμούς για να είναι περισσότερο προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους, να επιβιώνουν και να αναπαράγονται περισσότερο συγκριτικά με τους λιγότερο προσαρμοσμένους ονομάστηκε από τον Κάρολο Δαρβίνο **φυσική επιλογή**. Η θεωρία του Δαρβίνου προσέφερε μια απλή αλλά πειστική εξήγηση για την ποικιλία των ειδών στη Γη.

Ειδικότερα, παρατηρείται ότι άτομα ενός είδους δεν είναι όμοια. Στους πληθυσμούς υπάρχει μια τεράστια ποικιλομορφία όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά των μελών τους. Συνεπώς η επιτυχία στον αγώνα για την επιβίωση δεν είναι τυχαία. Αντιθέτως, εξαρτάται από το είδος των χαρακτηριστικών που έχει κληρονομήσει ένας οργανισμός από τους προγόνους του. Οι οργανισμοί οι οποίοι έχουν κληρονομήσει χαρακτηριστικά που τους βοηθούν να προσαρμόζονται καλύτερα στο περιβάλλον τους επιβιώνουν περισσότερο ή/και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους οργανισμούς οι οποίοι έχουν κληρονομήσει λιγότερο ευνοϊκά για την επιβίωσή τους χαρακτηριστικά.

Μία ακόμη παρατήρηση υποστηρίζει ότι πολλά χαρακτηριστικά των γονέων κληροδοτούνται στους απογόνους τους. Αν είναι ευνοϊκά για την επιβίωση μεταβιβάζονται στην επόμενη γενιά με μεγαλύτερη συχνότητα από τα λιγότερο ευνοϊκά, καθώς οι φορείς τους επιβιώνουν και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους φορείς των λιγότερο

ευνοϊκών χαρακτηριστικών. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, η συσσώρευση όλο και περισσότερων ευνοϊκών χαρακτηριστικών σε έναν πληθυσμό μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση ενός νέου είδους.

### **Η εξέλιξη ως διαδικασία**

Πολλοί θεωρούν ότι το φαινόμενο της εξέλιξης είναι ένα γεγονός, ένα ιστορικό γεγονός θα μπορούσε να πει κάποιος. Κάτι που ξεκίνησε πριν λίγα χρόνια και τώρα έχει ολοκληρωθεί. Με βάση αυτό το συλλογισμό, θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε την εξέλιξη με μία κινηματογραφική ταινία, στην οποία παρακολουθούμε τον ήρωα να αντιμετωπίζει δυσκολίες αλλά στο τέλος αφού έχει ξεπεράσει όλα τα εμπόδια να επιβιώνει. Υπό αυτό το πρίσμα, η εξέλιξη έχει ξεκάθαρα χρονικά όρια και ξεκάθαρη χρονική αλληλουχία γεγονότων. Συνεπώς, μπορούμε να προσδιορίσουμε την αρχή της εξέλιξης, τη μέση και το τέλος της.

Στην πραγματικότητα αυτό δε συμβαίνει. Η εξέλιξη δεν είναι ένα γεγονός το οποίο είχε μία αρχή προσδιορίσιμη στη γραμμή του χρόνου και τώρα πλέον βλέπουμε το τέλος του. Η εξέλιξη αποτελεί μία διαδικασία η οποία ξεκίνησε από τότε που εμφανίστηκε ζωή επάνω στον πλανήτη. Επιπλέον είναι μία διαδικασία η οποία έχει πολύ μεγάλη διάρκεια (της τάξεως των δισεκατομμυρίων ετών). Δεν έχει αρχή, μέση και τέλος. Είναι μία συνεχής διαδικασία η οποία δεν έχει σταματήσει. Συντελείται ακόμη και σήμερα.

Ένα παράδειγμα εξελικτικής διαδικασίας που συντελείται ακόμα και σήμερα και μάλιστα στον άνθρωπο, είναι η συσχέτιση της β-θαλασσαιμίας, με την ελονοσία. Η πρώτη είναι μία σοβαρή κληρονομική νόσος που επηρεάζει την παραγωγή αιμοσφαιρίνης και είναι πρώτη σε συχνότητα αναιμία σε κάποιες περιοχές του κόσμου (και στη χώρα μας). Η δεύτερη είναι μολυσματική νόσος, που προκαλείται από ένα μικρόβιο και μεταδίδεται με το τσίμπημα του κουνουπιού. Ενώ η β – θαλασσαιμία είναι απειλητική για την επιβίωση των ατόμων που την έχουν κληρονομήσει, μία πιο ήπια μορφή της ασθένειας, η ετερόζυγη β-θαλασσαιμία ή αλλιώς «στίγμα μεσογειακής αναιμίας αποδείχθηκε επωφελής για τα άτομα

που τη φέρουν. Τα άτομα με στίγμα έχουν μία ελαφριά μορφή αναιμίας που δεν επηρεάζει την επιβίωσή τους διότι έχουν κληρονομήσει μόνο το ένα «ελαττωματικό» γονίδιο της νόσου, από τον ένα γονέα, ενώ από τον άλλο έχουν πάρει ένα φυσιολογικό γονίδιο, που καλύπτει ικανοποιητικά την παραγωγή αιμοσφαιρίνης. Έχοντας ένα αντίτυπο «ελαττωματικού» γονιδίου, μπορεί να αποκτήσουν απογόνους με δύο «ελαττωματικά» γονίδια, δηλαδή με ομόζυγη β-θαλασσαιμία, αν παντρευτούν μεταξύ τους. Η πιθανότητα απόκτησης ενός ασθενούς απογόνου από ζευγάρι γονέων με στίγμα είναι 25%. Παράλληλα όμως αποδείχθηκε ότι η μία αυτή δόση «ελαττωματικού» γονιδίου προστατεύει τα άτομα από την ελονοσία, δηλαδή ακόμα κι αν το κουνούπι τους μεταδώσει το μικρόβιο, αυτό δεν θα καταφέρει να πολλαπλασιαστεί! Το μειονέκτημα απόκτησης ασθενούς απογόνου (με σχετικά μικρή πιθανότητα της τάξης του 25%) αντισταθμίζεται σε μεγάλο βαθμό από την προστασία που προσφέρεται από ένα νόσημα αρκετά διαδεδομένο σε θερμές χώρες. Αντίθετα άτομα απολύτως φυσιολογικά ως προς την αιμοσφαιρίνη, δηλαδή με δύο φυσιολογικά γονίδια, μπορούν να νοσήσουν από ελονοσία!

Αυτή η σχέση των δύο ασθενειών, οδήγησε στο ότι στις περιοχές όπου ζουν πολλά κουνούπια και εξαπλώνεται η ελονοσία, (πχ χώρες της Μεσογείου και της Αφρικής) σταδιακά να αυξάνεται ο αριθμός των ατόμων με στίγμα, αφού τα άτομα αυτά είναι ευνοημένα – δεν αναπτύσσουν ελονοσία και η αναιμία τους είναι ήπια. Η διαμόρφωση των συχνοτήτων αυτών είναι μία διαδικασία που χρειάστηκε πολλά χρόνια, ακόμα και αιώνες για να αποτυπωθεί. Αυτό όμως δεν παρατηρείται σε άλλες περιοχές (όπως στην κεντρική Ευρώπη και τη Β Αμερική).

Με τα χρόνια όμως η ελονοσία υποχώρησε σε κάποιες από τις παραπάνω περιοχές, λόγω χρήσης εντομοκτόνων ή εφαρμογής ευρύτατων προγραμμάτων αποστράγγισης ελών (τα κουνούπια χρησιμοποιούν τα έλη ως τόπο αναπαραγωγής). Το πλεονέκτημα των ατόμων με στίγμα απέναντι στην ελονοσία δεν υφίσταται πλέον. Η συχνότητα των ατόμων με στίγμα

πιθανόν να μειωθεί στις περιοχές αυτές, καθώς παραμένει η πιθανότητα απόκτησης απογόνων με β-θαλασσαιμία.

**Συμπέρασμα:** η συχνότητα ενός γονιδίου που ευθύνεται για ένα κληρονομικό νόσημα, μπορεί να εμφανίζει διακύμανση, δηλαδή για μία μεγάλη χρονική περίοδο να εμφανίζει αύξηση, ενώ για μία άλλη να μειώνεται. Αυτό εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως οι συνθήκες του περιβάλλοντος. Όσο αλλάζουν αυτές, θα αλλάζουν και τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού, και αυτή η διαδικασία δεν τελειώνει ποτέ.

### **Τα εξελικτικά φαινόμενα ως αναδυόμενα φαινόμενα**

Η μελέτη των φαινομένων γίνεται πιο εύκολα αν τα βάλουμε σε ομάδες, ή αν, όπως λέμε, τα κατηγοριοποιήσουμε. Για παράδειγμα θα μπορούσαμε να κατηγοριοποιήσουμε τα φαινόμενα σε αυτά που σχετίζονται με τα άψυχα αντικείμενα και αυτά που σχετίζονται με τα έμψυχα. Στην πρώτη κατηγορία θα περιλαμβάνονταν όλα εκείνα τα φαινόμενα τα οποία μπορούν να εξηγηθούν με νόμους και κανόνες της φυσικής, ενώ στη δεύτερη θα είχαμε όλα εκείνα τα φαινόμενα που προκύπτουν από αντιδράσεις οι οποίες έχουν το στοιχείο της πρόθεσης, της επιθυμίας και της προτίμησης. Έτσι, για παράδειγμα, στην πρώτη κατηγορία θα τοποθετούσαμε το τσαγερό που σφυρίζει όταν το τσάι είναι έτοιμο, ενώ στη δεύτερη το σκύλο μου που γαβγίζει επειδή είναι η ώρα να πάει βόλτα.

Υπάρχουν ωστόσο και μερικά φαινόμενα που διαφέρουν ριζικά από τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Αναφερόμαστε στις περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες το τελικό αποτέλεσμα δεν φαίνεται να είναι προδιαγεγραμμένο, δεδομένο. Εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, ορισμένες από τις οποίες είναι τυχαίες. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι έχουμε μπροστά μας ένα σύννεφο καπνού. Αν δύο διαφορετικά άτομα κουνήσουν τα χέρια τους για να το διαλύσουν, πιθανότατα ούτε οι κινήσεις τους θα είναι ίδιες, ούτε τα σχήματα που θα σχηματίζονται από τα μόρια καπνού θα είναι τα ίδια. Αν μάλιστα ένα άτομο περάσει μέσα από το σύννεφο του καπνού, τυχαία, το τελικό αποτέλεσμα του σχήματος θα είναι

διαφορετικό – κάτι που κανείς δεν μπορεί να το προβλέψει με ακρίβεια. Ένα άλλο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η διάβρωση στην επιφάνεια της Γης. Η επιφάνεια της Γης έχει αλλάξει σημαντικά λόγω των δυνάμεων που επιδρούν στο εξωτερικό της από τον αέρα και το νερό. Η βροχή, το χιόνι, το νερό των ποταμών και της θάλασσας «τρώνε» το έδαφος και τα βράχια, ενώ ο άνεμος μπορεί να αποσπάσει κομμάτια από την επιφάνεια της Γης και να τα μεταφέρει σε άλλο σημείο. Από την άλλη πλευρά, και ο ίδιος ο άνθρωπος με τις δράσεις του μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στο έδαφος της Γης. Μπορεί κανείς να προβλέψει για το μέλλον πώς θα συνεχιστεί αυτή η αλλαγή; Πώς θα συμβάλει το νερό σε αυτή την αλλαγή; Πώς θα συμβάλει ο άνεμος; Ποιος θα είναι ο ρόλος του ανθρώπου;

Τα εξελικτικά φαινόμενα πώς θα μπορούσαμε να τα κατηγοριοποιήσουμε; Η εξέλιξη ενός πληθυσμού που εντάσσεται; Είναι ένα φαινόμενο το οποίο προκαλείται από το περιβάλλον άμεσα, και άρα έχει γνωστή έκβαση; Μοιάζει με το λιώσιμο του πάγου όταν εκτίθεται σε υψηλή θερμοκρασία το οποίο είναι δεδομένο; Ή μήπως εντάσσεται σε φαινόμενα όπως οι πανηγυρισμοί των πολλών και διαφορετικών οπαδών, όταν η αγαπημένη τους ομάδα σκοράρει; Στην πρώτη περίπτωση έχουμε ένα φαινόμενο με γνωστή πορεία, νομοτελειακή, επειδή η θερμότητα προκαλεί αναπόφευκτα την τήξη του πάγου. Στη δεύτερη έχουμε ένα φαινόμενο που προκαλείται από τη θέληση ενός συνόλου ατόμων, που είναι κοινή περίπτωση για όλους. Στην πρώτη θα εντασσόταν το άκουσμα μίας βροντής λίγο μετά την αστραπή ενώ στη δεύτερη η επίθεση μίας λέαινας σε ένα κοπάδι ζαρκαδιών, με στόχο να καταφέρει να θηρέψει ένα από αυτά.

Τα φαινόμενα στα οποία

- α) για την εξέλιξή τους ή για την πιθανή έκβασή τους παίζουν ρόλο πολλοί παράγοντες και
  - β) ένας από αυτούς τους παράγοντες συνήθως είναι η τύχη,
- με αποτέλεσμα να μη γνωρίζουμε ακριβώς εκ των προτέρων το πώς θα ολοκληρωθούν, τα λέμε **αναδυόμενα φαινόμενα**.

Η εξέλιξη όντως ως φαινόμενο και διαδικασία επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, τους οποίους συνοπτικά μπορούμε να τους εντάξουμε σε δύο ομάδες:

***I. Ποια νέα χαρακτηριστικά θα εμφανιστούν σε ένα ή περισσότερα άτομα μέσα στον πληθυσμό;***

και

***II. Σε ποιες συνθήκες του περιβάλλοντος ζει ο πληθυσμός;***

Ως προς το I, τα νέα χαρακτηριστικά εμφανίζονται λόγω αλλαγών στο γενετικό υλικό των ατόμων, στο DNA. Οι αλλαγές αυτές εμφανίζονται τυχαία, και είναι αποτέλεσμα είτε μεταλλάξεων είτε συνδυασμών των χρωμοσωμάτων των γονέων στους απογόνους, που επίσης πραγματοποιούνται με τυχαίο τρόπο.

Ο παράγοντας II, ελέγχει ποια από τα νεοεμφανιζόμενα χαρακτηριστικά ευνοούν την επιβίωση των ατόμων που τα φέρουν και ποια δεν είναι ευνοϊκά. Για παράδειγμα, τα χαρακτηριστικά που βοηθούν το άτομο να αποφεύγει τους εχθρούς του και να βρίσκει ευκολότερα τροφή, αυξάνουν τη συχνότητα των ατόμων που τα φέρουν, γιατί με αυτά τα άτομα επιβιώνουν, αναπαράγονται και άρα έχουν την ευκαιρία να μεταβιβάσουν αυτά τα νέα χαρακτηριστικά στους απογόνους τους. Τα υπόλοιπα άτομα μειονεκτούν, είτε επειδή δε φέρουν αυτά τα χαρακτηριστικά είτε επειδή φέρουν άλλα δυσμενή νέα χαρακτηριστικά. Επομένως δε θα μπορούν να επιβιώσουν το ίδιο, άρα δεν θα έχουν και την ευκαιρία μεταβίβασής τους στους απογόνους τους. Μετά από μερικές γενιές, τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού θα έχουν αλλάξει.

Το σημαντικό όμως είναι ότι η όλη διαδικασία δεν μπορεί να προβλεφθεί ακριβώς, γιατί όπως αναφέρθηκε, το ποια θα είναι τα νέα γνωρίσματα είναι τυχαίο γεγονός. Ακόμα πιο

εντυπωσιακό είναι ίσως το γεγονός, ότι και οι περιβαλλοντικές συνθήκες αλλάζουν με τυχαίο, απρόβλεπτο τρόπο. Σε μία πεδιάδα διαβιούν διάφοροι πληθυσμοί φυτών και ζώων. Αν όμως συμβεί ένα γεωλογικό φαινόμενο, πχ η ανάδυση ενός όρους, τότε η περιοχή μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα στα οποία επικρατούν διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Στη μία μπορεί να έχουμε πολλές βροχοπτώσεις ενώ στην άλλη όχι. Η θερμοκρασία μπορεί να διαφέρει επίσης. Ως αποτέλεσμα, τα χαρακτηριστικά που θα θεωρούνται πλέον ευνοϊκά σε κάθε περιοχή θα είναι διαφορετικά. Οι πληθυσμοί φυτών και ζώων κάθε περιοχής θα εξελιχθούν σε διαφορετική κατεύθυνση, γεγονός όμως που δεν μπορεί να προβλεφθεί εκ των προτέρων.

Ένα ακόμα παράδειγμα από την ανθρώπινη εξέλιξη προσφέρεται από τους σκελετούς των ανθρώπινων κρανίων, που παρατηρούνται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Διαπιστώνεται μία τάση αύξησης του μεγέθους του ανθρώπινου κρανίου που σχετίζεται με την αύξηση του μεγέθους του εγκεφάλου. Όμως τα ανθρώπινα έμβρυα πρέπει κατά τον τοκετό να περάσουν μέσα από τη λεκάνη της μητέρας τους, το μέγεθος της οποίας δεν δείχνει την ίδια τάση αύξησης. Πιθανόν να υπάρξει πρόβλημα στους τοκετούς των μελλοντικών γενεών, καθώς θα είναι ολοένα και πιο δύσκολη η γέννηση παιδιών με μεγαλύτερη διάμετρο κρανίου. Πώς θα λυθεί αυτή η αντίφαση; Πιθανόν να εμφανιστεί μία τυχαία μετάλλαξη που θα οδηγήσει σε αύξηση της διαμέτρου της γυναικείας λεκάνης, οπότε τα παιδιά θα γεννιούνται ευκολότερα. **Πρόκειται για μία αλλαγή που δεν θα προκληθεί επειδή απλά θα το επιλέξουμε με τη θέλησή μας. Τα νέα χαρακτηριστικά δεν προκύπτουν από κάποια σκοπιμότητα, ούτε είναι σίγουρο ότι θα προκύψουν για να εξυπηρετηθεί ένας στόχος, όπως είναι τα φαινόμενα αιτίου – αποτελέσματος.** Μία άλλη πιθανότητα είναι να μην εμφανιστεί το νέο αυτό γνώρισμα, με αποτέλεσμα τα παιδιά στο μέλλον να γεννιούνται σχεδόν αποκλειστικά με καισαρική τομή!

Επίσης ο χρόνος που εμφανίζεται ένα χαρακτηριστικό έχει τη σημασία του. Είναι πχ πιθανό ένα θετικό χαρακτηριστικό για ένα πληθυσμό σε δεδομένες συνθήκες, να εμφανιστεί



όταν οι συνθήκες έχουν αλλάξει οπότε το γνώρισμα αυτό έχει πάψει πλέον να παίζει ρόλο στην επιβίωση. Είναι επομένως πρακτικά αδύνατο κάποιος να μπορεί να περιγράψει με σχετική ακρίβεια, το πώς θα είναι ένας πληθυσμός μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Φυσικά οι αλλαγές στους πληθυσμούς γίνεται πολύ αργά, σε μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η μετάβαση των προγόνων των κητωδών θηλαστικών (δελφίνοι, φάλαινα κλπ) στη θάλασσα από τη στεριά, και η αύξηση του μεγέθους τους ήταν μία εξελικτική διαδικασία που διήρκεσε εκατομμύρια χρόνια, και εξακολουθεί να διαρκεί «ατενίζοντας προς το μέλλον»!

### **Συμπέρασμα**

Συνεπώς η διαδικασία της εξέλιξης υπό το πρίσμα της φυσικής επιλογής είναι μία συνεχής διαδικασία, που πραγματοποιείται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα, χωρίς ξεκάθαρα χρονολογικά όρια αρχής, μέσης και τέλους. Επιπλέον, είναι ένα φαινόμενο πολυπαραγοντικό, που εξαρτάται από το συνδυασμό των χαρακτηριστικών που εμφανίζονται σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Είναι ένα αναδυόμενο φαινόμενο, με μη γνωστή έκβαση εκ των προτέρων, με πορεία και κατεύθυνση που μπορεί να τροποποιηθεί, καθώς αλλάζουν όλοι οι παράγοντες που αλληλεπιδρούν και την καθορίζουν.

*Σημ.:* Το τμήμα του κειμένου που έχει επισημανθεί με κόκκινο χρώμα αποτελεί το επιπλέον κείμενο που περιέχονταν στο ανατρεπτικό κείμενο. Στο απλό επεξηγηματικό κείμενο (μη ανατρεπτικό) το τμήμα αυτό είχε παραληφθεί.

**Ερωτηματολόγια****Ερωτηματολόγιο 1.1 - Ερωτήσεις ανοιχτού τύπου.**

- Διάβασε προσεκτικά την κάθε ερώτηση. Καθεμία περιλαμβάνει ένα βιολογικό πρόβλημα στο οποίο καλείσαι να δώσεις μία εξήγηση, με βάση την άποψή σου ή / και τις γνώσεις σου.
- Είναι σημαντικό να εκφράσεις ελεύθερα τη σκέψη σου, ακόμα κι αν δεν είσαι σίγουρος/η για το αν είναι απολύτως σωστή. Μία ή περισσότερες ερωτήσεις ίσως έχουν όχι μία αλλά πιο πολλές σωστές απαντήσεις. Οι απαντήσεις σου δεν μετράνε στη βαθμολογία σου.
- Η έκταση κάθε απάντησης είναι δική σου απόφαση. Ο στόχος είναι να εξηγήσεις τη γνώμη σου όσο πιο καλά μπορείς. Αν ο χώρος που σου δίνεται δεν επαρκεί, ζήτησε να συνεχίσεις την απάντηση σε άλλη κόλλα.
- Αν θέλεις διευκρίνιση σε κάποια ερώτηση, μη διστάσεις να τη ζητήσεις. Θα γίνει προσπάθεια να βοηθηθείς αλλά όχι να σου υποδειχθεί μία απάντηση.

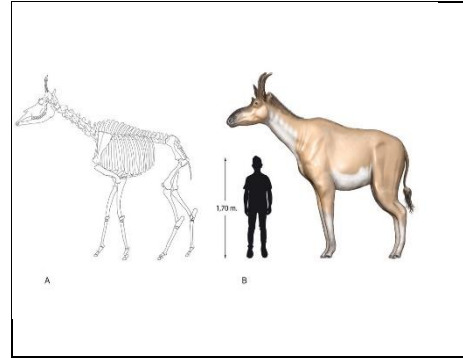
1. Η εικόνα δείχνει δύο σπίνους με διαφορετικό σχήμα ράμφους. Ο ένας έχει χοντρό και κυρτό ράμφος ενώ ο άλλος λεπτό και μακρύ. Πώς κατά τη γνώμη σου ερμηνεύεται η ύπαρξη διαφορετικού σχήματος ράμφους των δύο σπίνων;



.....

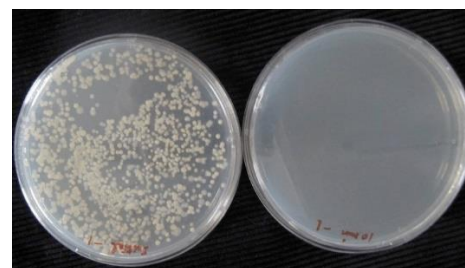
2. Τα απολιθώματα αποδεικνύουν ότι πριν εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια η καμηλοπάρδαλη ήταν ένα φυτοφάγο ζώο με κοντό, συνηθισμένο λαιμό (βλέπε εικόνα). Σήμερα γνωρίζουμε ότι το ζώο αυτό έχει μακρύ λαιμό. Η τροφή της είναι τα φύλλα της ακακίας, ένα δένδρο που μπορεί να ξεπεράσει τα 10 μέτρα σε ύψος. Πώς κατά τη γνώμη σου εξηγείται το ότι η

καμηλοπάρδαλη σήμερα έχει ψηλό λαιμό ενώ κάποτε είχε κοντό;



3. Στην εικόνα παρατηρούμε καλλιέργειες δύο στελεχών του ίδιου είδους μικροβίου, που προκαλεί στον άνθρωπο ουρολοίμωξη. Και στις δύο καλλιέργειες έχει προστεθεί το ίδιο αντιβιοτικό, η στρεπτομυκίνη, για να δούμε την ικανότητα του αντιβιοτικού να εμποδίζει την ανάπτυξη του βακτηρίου. Στην αριστερή εικόνα το στέλεχος I πολλαπλασιάστηκε κανονικά δημιουργώντας αποικίες (οι

λευκές «τελείες» που βλέπεις), ενώ στη δεξιά εικόνα, το στέλεχος II δεν κατάφερε να αναπτυχθεί. Έτσι το στέλεχος I το λέμε «ανθεκτικό» ενώ το στέλεχος II «ευαίσθητο». Κατά τη γνώμη σου είναι πιθανό ένα στέλεχος τύπου II να αλλάξει σε τύπο I και πώς;



4. Σε ένα δάσος ζουν δύο ομάδες σκαθαριών. Ο ένας έχει πράσινο χρώμα και ζει στα φύλλα των δένδρων και ο άλλος έχει καφέ χρώμα και ζει στο χώμα. Έτσι κρυπτανταρίζονται και προστατεύονται από τους θηρευτές τους. Ο πληθυσμός έχει από 50% από κάθε ομάδα. Οι δύο ομάδες ανήκουν στο ίδιο είδος και αναπαράγονται μεταξύ τους. Από το ζευγάρι προκύπτουν είτε πράσινα είτε καφέ σκαθάκια. Στο δάσος όμως που βρίσκεται δίπλα από μία βιομηχανική περιοχή, λόγω ρύπανσης ή βροχής που πέφτει είναι όξινη που έχει ως αποτέλεσμα να

καίγεται το φύλλωμα των δένδρων. Τα κλαδιά πλέον δεν είναι πράσινα, τα φύλλα πέφτουν από τα δένδρα. Σταδιακά στον πληθυσμό επικρατούν τα καφέ σκαθάκια, ενώ τα πράσινα έχουν λιγοστέψει. Να εξηγήσεις τη μεταβολή που παρατηρήθηκε.



5. Το αμερικανικό λαβράκι που ζει σε γλυκά νερά εμφανίζει δύο παραλλαγές: μία με μεγάλο άνοιγμα στόματος που τρέφεται με άλλα ψάρια και μία με μικρό άνοιγμα στόματος που προτιμά μικρότερα θηράματα, όπως ασπόνδυλα (μαλάκια και γαρίδες).

Ας υποθέσουμε ότι σε μία λίμνη, λόγω μίας ασθένειας, τα ασπόνδυλα (τροφή για το λαβράκι με το μικρό άνοιγμα στόματος) μειώνονται και τελικά εξαφανίζονται. Ποια πρόβλεψη μπορείς να κάνεις για το τι θα συμβεί με τον πληθυσμό των λαβρακιών, ως προς το χαρακτηριστικό που εξετάζουμε (μικρό ή μεγάλο άνοιγμα στόματος) μετά από μερικά χρόνια; Αν υπάρξει κάποια αλλαγή, προσπάθησε να εξηγήσεις το πώς αυτή κατά την άποψή σου θα συμβεί.

.....

.....

6. Οι επιστήμονες θέλουν να ερευνήσουν αν ένα γνώρισμα που αποκτά κάποιο ον στη διάρκεια της ζωής του μεταβιβάζεται στους απογόνους του. Για το λόγο αυτό πήραν ποντίκια με μακριά ουρά, τους έκοψαν την ουρά και μετά τα διασταύρωσαν. Στους απογόνους που προέκυψαν επανέλαβαν τη διαδικασία (κόψιμο ουράς και ζευγάρωμα). Μετά από πολλές γενιές, ποιο κατά τη γνώμη σου θα είναι το παρατηρούμενο αποτέλεσμα στους απογόνους, ως προς το μήκος της ουράς;
- .....
- .....
- .....

### **Ερωτηματολόγιο 1.2 - Ερωτήσεις κλειστού τύπου.**

Ακολουθούν τα ίδια βιολογικά προβλήματα και πρέπει να επιλέξεις την εξήγηση που ταιριάζει καλύτερα με αυτό που πιστεύεις. Αν καμία εξήγηση δεν σε καλύπτει ούτε κατά προσέγγιση, επίλεξε την Ε και στη συνέχεια επιχείρησε να παραθέσεις τη γνώμη σου.

1. Η εικόνα δείχνει δύο σπίνους με διαφορετικό σχήμα ράμφους. Ο ένας έχει χοντρό και κυρτό ράμφος ενώ ο άλλος λεπτό και μακρύ. Πώς κατά τη γνώμη σου ερμηνεύεται η ύπαρξη διαφορετικού σχήματος ράμφους των δύο σπίνων;



A. Το διαφορετικό σχήμα διαμορφώθηκε σε κάθε άτομο εξαιτίας του τρόπου ζωής του και της διατροφής του. Αν ένας σπίνος συνηθίσει να τρέφεται με μικρά έντομα, που κρύβονται μέσα σε τρύπες στο έδαφος ή στα δέντρα, το ράμφος του λεπταίνει λόγω της τριβής και μεγαλώνει σε μήκος για να φτάνει την τροφή του. Αντίστοιχα αν μάθει να τρέφεται με σπόρους, οι οποίοι πρέπει να ξεφλουδιστούν, σταδιακά το ράμφος γίνεται κυρτό και σκληρό, ώστε να χτυπάει το σπόρο και να τον ανοίγει.

B. Κάθε σπίνος γεννιέται με συγκεκριμένο σχήμα ράμφους, το οποίο ελέγχεται γενετικά και δε μπορεί να μεταβληθεί φυσιολογικά κατά τη διάρκεια της ζωής του. Τα άτομα με διαφορετικό ράμφος συγκροτούν διαφορετικούς πληθυσμούς, που έχουν διαφορετικό ρόλο και θέση στο οικοσύστημα και τρέφονται διαφορετικά. Ο πληθυσμός με το λεπτό ράμφος, μπορεί να τραφεί μόνο με μικρά έντομα και μαθαίνει να τα αναγνωρίζει και να τα εντοπίζει. Αντίστοιχα ο άλλος πληθυσμός με το κυρτό ράμφος τρέφεται με σπόρους. Αν ένα άτομο γεννηθεί με ακατάλληλο ράμφος μέσα στον πληθυσμό που ανήκει, δεν θα επιβιώσει καθώς δεν θα μπορεί να τραφεί με τη διαθέσιμη τροφή την οποία χρησιμοποιεί όλος ο πληθυσμός.

Γ. Κάθε σπίνος γεννιέται με ράμφος είτε κυρτό είτε λεπτό. Αν έχει κυρτό ράμφος, θα αναγκαστεί να τρέφεται με σπόρους ενώ αν γεννηθεί με λεπτό θα στηρίξει τη διατροφή του σχεδόν αποκλειστικά σε έντομα. Αν δε βρίσκει την αντίστοιχη τροφή, μετακινείται σε άλλο περιβάλλον όπου υπάρχει διαθέσιμη (έντομα ή σπόροι, ανάλογα).

Δ. Εφόσον και τα δύο άτομα είναι σπίνι, θα έπρεπε να έχουν το ίδιο ράμφος. Η διαφορά μπορεί να οφείλεται σε κάποιο μη φυσιολογικό γνώρισμα, μία μετάλλαξη ή μία ανωμαλία.

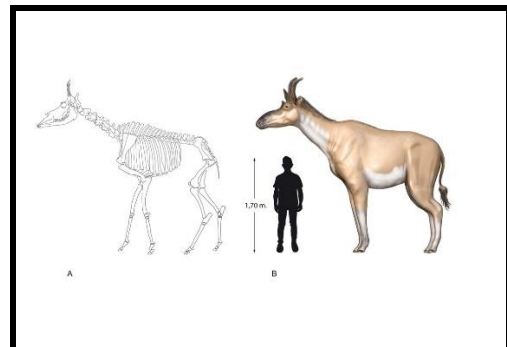
Ε. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

.....  
 .....  
 .....

2. Τα απολιθώματα αποδεικνύουν ότι πριν εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια η καμηλοπάρδαλη ήταν ένα φυτοφάγο ζώο με κοντό, συνηθισμένο λαιμό (βλέπε εικόνα).

Σήμερα γνωρίζουμε ότι το ζώο αυτό έχει μακρύ λαιμό. Η τροφή της είναι τα φύλλα της ακακίας, ένα δένδρο που μπορεί να ξεπεράσει τα 10 μέτρα σε ύψος. Πώς κατά τη γνώμη

σου εξηγείται το ότι η καμηλοπάρδαλη σήμερα έχει ψηλό λαιμό ενώ κάποτε είχε κοντό;



A. Πρόκειται για εντελώς άλλο ζώο. Κάθε είδος έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που μπορούμε εύκολα να αναγνωρίσουμε. Το ζώο που ζούσε κάποτε και είχε κοντό λαιμό, ίσως εξαφανίστηκε, ενώ αυτό που ζει σήμερα είναι η γνωστή καμηλοπάρδαλη.

B. Η καμηλοπάρδαλη του παρελθόντος τρεφόταν με τα φύλλα της ακακίας αλλά ίσως η τροφή δεν έφτανε για όλα τα άτομα. Αναγκάστηκαν επομένως τα ζώα εκείνα να τεντώνουν το λαιμό τους για να φτάσουν τα φύλλα που βρίσκονταν στα πιο ψηλά κλαδιά. Επειδή αυτό γινόταν για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι απόγονοι που γεννούσαν είχαν σταδιακά όλο και

πιο ψηλό λαιμό. Με την πάροδο χιλιάδων ετών τα άτομα που σήμερα ζουν έχουν το χαρακτηριστικό ψηλό λαιμό που γνωρίζουμε.

Γ. Η καμηλοπάρδαλη είναι φυτοφάγο ζώο. Η αύξηση του μεγέθους του λαιμού της έγινε επειδή η τροφή που τρώει είναι πολύ θρεπτική και της προσέφερε αυτό το αξιοσημείωτο ύψος που έχει σήμερα.

Δ. Μεταξύ των ατόμων ενός είδους φυσιολογικά παρατηρείται ποικιλότητα σε κάποιους χαρακτήρες. Πχ δεν έχουν όλα τα άτομα το ίδιο μήκος λαιμού. Μεταξύ των ατόμων αναπτύσσεται ανταγωνισμός για την τροφή. Τα άτομα που έχουν γεννηθεί με κοντό λαιμό μειονεκτούν, γιατί πρέπει να τραφούν υποχρεωτικά με φύλλα ακακίας που βρίσκονται σε χαμηλά κλαδιά. Τα άτομα με ψηλό λαιμό έχουν το προτέρημα ότι μπορούν να επιλέξουν φύλλα από οποιοδήποτε σημείο του δένδρου. Επομένως έχοντας επάρκεια τροφής, επιβιώνουν και αναπαράγονται αφήνοντας πίσω τους ζώα με ψηλό κατά κανόνα λαιμό. Τα ζώα με κοντό λαιμό έχοντας έλλειψη τροφής μπορεί να μην επιβιώσουν και να μην διαιωνίσουν τα γονίδια του κοντού λαιμού. Επομένως μετά από χιλιάδες χρόνια τα άτομα που θα έχουν επιβιώσει θα έχουν το ευνοϊκό χαρακτηριστικό του ψηλού λαιμού.

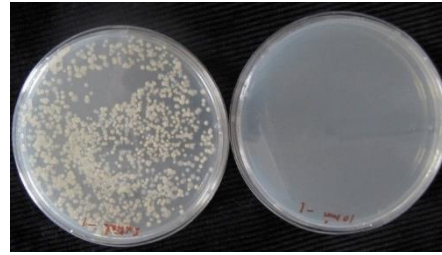
Ε. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

.....  
.....

3. Στην εικόνα παρατηρούμε του αντιβιοτικού να εμποδίζει την ανάπτυξη καλλιέργειες δύο στελεχών του ίδιου είδους του βακτηρίου. Στην αριστερή εικόνα το μικροβίου, που προκαλεί στον άνθρωπο ουρολοίμωξη. Και στις δύο καλλιέργειες δημιουργώντας αποικίες (οι λευκές έχει προστεθεί το ίδιο αντιβιοτικό, η «τελείες» που βλέπεις), ενώ στη δεξιά στρεπτομυκίνη, για να δούμε την ικανότητα εικόνα, το στέλεχος II δεν κατάφερε να



αναπτυχθεί. Έτσι το στέλεχος I το λέμε «ανθεκτικό» ενώ το στέλεχος II «ευαίσθητο». Κατά τη γνώμη σου είναι πιθανό ένα στέλεχος τύπου II να αλλάξει σε τύπο I και πώς;



A. Τα βακτήρια όπως και οι ανώτεροι οργανισμοί αλλάζουν, προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους, ανάλογα με τις συνθήκες. Έτσι αν τα βακτήρια τύπου II (ευαίσθητα) αναπτυχθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα παρουσία αντιβιοτικού, τα βακτήρια θα αποκτήσουν «ανοσία» στο αντιβιοτικό, θα συνηθίσουν και θα γίνουν ανθεκτικά (τύπου I).

B. Η μετατροπή του ενός τύπου στον άλλο είναι αδύνατη. Κάθε βακτηριακός τύπος έχει συγκεκριμένα και αμετάβλητα χαρακτηριστικά.

Γ. Τα βακτήρια παθαίνουν μεταλλάξεις, που είναι τυχαίες αλλαγές του γενετικού υλικού. Η ανθεκτικότητα ή η ευαισθησία σε ένα αντιβιοτικό είναι ένα γενετικό γνώρισμα. Επομένως κάποια βακτήρια τύπου II μπορεί να μετατραπούν σε τύπο I και αυτό θα φανεί γιατί θα αρχίσουν κάποια στιγμή να αναπτύσσονται αποικίες παρουσία αντιβιοτικού. Και το αντίστροφο μπορεί να γίνει, δηλαδή βακτήρια τύπου I (ανθεκτικά) να γίνουν ευαίσθητα (τύπος II) τα οποία όμως δεν θα παρατηρηθούν, γιατί θα πεθαίνουν μέσα στο θρεπτικό υλικό λόγω του αντιβιοτικού.

Δ. Όταν ένα βακτήριο εκτεθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ένα αντιβιοτικό, η υψηλή δόση του αντιβιοτικού προκαλεί αλλαγές σε αυτό, ώστε να το διδάξει το πώς θα επιβιώσει. Στον τύπο I δεν υπάρχει αντιβιοτικό άρα δεν γίνεται κάποια αλλαγή ενώ στο τύπο II το ίδιο το αντιβιοτικό θα προκαλέσει τη μετατροπή τους σε ανθεκτικά.

E. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

4. Σε ένα δάσος ζουν δύο ομάδες σκαθαριών. Ο ένας έχει πράσινο χρώμα και ζει στα φύλλα των δένδρων και ο άλλος έχει καφέ χρώμα και ζει στο χώμα. Έτσι καμουφλάρονται και προστατεύονται από τους θηρευτές τους. Ο πληθυσμός έχει από 50% από κάθε ομάδα. Οι δύο ομάδες ανήκουν στο ίδιο είδος και αναπαράγονται μεταξύ τους. Από το ζευγάριωμα προκύπτουν είτε πράσινα είτε καφέ σκαθάρια. Στο δάσος όμως που βρίσκεται δίπλα από μία βιομηχανική περιοχή, λόγω ρύπανσης η βροχή που πέφτει είναι όξινη που έχει ως αποτέλεσμα να καίγεται το φύλλωμα των δένδρων. Τα κλαδιά πλέον δεν είναι πράσινα, τα φύλλα πέφτουν από τα δένδρα. Σταδιακά στον πληθυσμό επικρατούν τα καφέ σκαθάρια, ενώ τα πράσινα έχουν λιγοστέψει. Να εξηγήσεις τη μεταβολή που παρατηρήθηκε.



A. Μετά την καταστροφή των φύλλων λόγω της όξινης βροχής, τα πράσινα σκαθάρια δεν είχαν τρόπο να καμουφλάρονται, οπότε μειονεκτούν. Είναι πλέον ορατά από τα εντομοφάγα πουλιά, τα οποία εύκολα τα εντοπίζουν και τα τρώνε. Άρα δυσκολεύονται να μεταβιβάσουν το γνώρισμα του χρώματός τους στους απογόνους. Με άλλα λόγια, τα περισσότερα ζευγαρώματα θα είναι μεταξύ καφέ σκαθαριών και όχι μεταξύ πράσινων. Αντίθετα τα καφέ μπορούν να κρύβονται στο χόμα, άρα να επιβιώνουν και να αναπαράγονται γεννώντας όλο και περισσότερα καφέ σκαθάρια.

B. Η όξινη βροχή πέφτει πάνω στα φύλλα και τα καίει αλλά και πάνω στα σκαθάρια. Το οξύ που περιέχουν οι σταγόνες του νερού επιδρά πάνω στις χρωστικές ουσίες των σκαθαριών. Το καφέ χρώμα δεν αλλάζει αλλά το πράσινο οξειδώνεται και στη θέση του δημιουργείται μία καφετί απόχρωση. Έτσι τα πιο πολλά σκαθάρια πλέον θα είναι καφέ.

Γ. Τα σκαθάρια που είναι πράσινα αναγκάζονται να αλλάξουν χρώμα διότι πλέον δεν είναι προστατευμένα από τα φύλλα των δένδρων, που πέφτουν στο έδαφος. Ενεργοποιούν τους κατάλληλους αδένες που εκκρίνουν τη νέα καφέ χρωστική και μεταβάλλουν το χρώμα τους. Παράλληλα αλλάζουν και θέση, μετακινούμενα στο χόμα, ώστε να μην είναι ορατά. Έτσι προσαρμόζονται στις καινούργιες συνθήκες.

Δ. Τα σκαθάρια όπως και τα άλλα είδη έχουν σταθερά γνωρίσματα. Τα δύο είδη σκαθαριών δε σχετίζονται μεταξύ τους. Οι όποιες αλλαγές δεν έχουν σχέση με το χρώμα τους αλλά είναι εποχιακές, προσωρινές ή τυχαίες.

E. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

.....  
.....  
.....

5. Το αμερικανικό λαβράκι που ζει σε γλυκά νερά εμφανίζει δύο παραλλαγές: μία με μεγάλο άνοιγμα στόματος που τρέφεται με άλλα ψάρια και μία με μικρό άνοιγμα στόματος που προτιμά μικρότερα θηράματα, όπως ασπόνδυλα (μαλάκια και γαρίδες). Ας υποθέσουμε ότι σε μία λίμνη λόγω μίας ασθένειας τα ασπόνδυλα (τροφή για το λαβράκι με το μικρό άνοιγμα στόματος) μειώνονται και τελικά εξαφανίζονται. Ποια πρόβλεψη μπορείτε να κάνετε για το τι θα συμβεί με τον πληθυσμό των λαβρακιών, ως προς το χαρακτηριστικό που εξετάζουμε (μικρό ή μεγάλο άνοιγμα στόματος) μετά από μερικά χρόνια; Αν υπάρξει κάποια αλλαγή, προσπάθησε να εξηγήσεις το πώς αυτή κατά την άποψή σου θα συμβεί.

A. Δεν θα παρατηρηθεί καμία αλλαγή. Κάθε είδος λαβρακιού διατηρεί τα χαρακτηριστικά του στη διάρκεια ακόμα και μεγάλων περιόδων.

B. Τα λαβράκια με το μικρό άνοιγμα θα μειωθούν και θα κινδυνεύουν να εξαφανιστούν, διότι εφόσον δεν υπάρχει γι' αυτά επάρκεια τροφής, θα δυσκολεύονται να αναπαραχθούν και άρα να μεταβιβάσουν το γνώρισμά τους στους απογόνους τους. Αντίθετα τα λαβράκια που τρέφονται με ψάρια θα επιβιώνουν ευκολότερα και θα κληροδοτούν αυτό το χαρακτηριστικό τους στους δικούς τους απόγονους, για αυτό σταδιακά θα κυριαρχήσουν στον πληθυσμό.

Γ. Τα λαβράκια με το μικρό στόμα, μην έχοντας ασπόνδυλα να τραφούν θα αναγκαστούν να αλλάξουν διατροφή. Στην προσπάθειά τους να τραφούν με ψάρια θα ανοίγουν περισσότερο το στόμα τους. Σταδιακά με την εξάσκηση θα καταφέρουν να αποκτήσουν όλο και μεγαλύτερο στόμα. Οι απόγονοί τους τελικά μετά από αρκετό χρόνο θα έχουν μεγάλο στόμα, όπως τα υπόλοιπα λαβράκια.

Δ. Το μεγάλο και το μικρό άνοιγμα του στόματος οφείλονται στην ίδια την τροφή των λαβρακιών. Τα ψάρια είναι πιο θρεπτικά από τα ασπόνδυλα οπότε ευνοούν το μεγαλύτερο μέγεθος τόσο του ψαριού όσο και του στόματος που έχει. Έτσι αν τα λαβράκια με το μικρό άνοιγμα στόματος αρχίσουν να καταναλώνουν ψάρια αντί για ασπόνδυλα, ξεκινώντας από τα

μικρά ψάρια, θα παίρνουν πιο θρεπτική τροφή και σταδιακά θα μεγαλώνουν. Με αυτό τον τρόπο θα αποκτήσουν τελικά όλο και πιο μεγάλο μέγεθος, ίδιο με τα άλλα λαβράκια.

Ε. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

.....  
.....  
.....

**6.** Οι επιστήμονες θέλουν να ερευνήσουν αν ένα γνώρισμα που αποκτά κάποιο ον στη διάρκεια της ζωής του μεταβιβάζεται στους απογόνους του. Για το λόγο αυτό πήραν ποντίκια με μακριά ουρά, τους έκοψαν την ουρά και μετά τα διασταύρωσαν. Στους απογόνους που προέκυψαν επανέλαβαν τη διαδικασία (κόψιμο ουράς και ζευγάρωμα). Μετά από πολλές γενιές, ποιο κατά τη γνώμη σου θα είναι το παρατηρούμενο αποτέλεσμα στους απογόνους, ως προς το μήκος της ουράς;

Α. Δεν θα παρατηρηθεί καμία αλλαγή γιατί όπως κάθε γνώρισμα, είναι κάτι έμφυτο στο κάθε άτομο και δεν μπορεί να τροποποιηθεί.

Β. Δεν θα παρατηρηθεί αλλαγή του μήκους της ουράς, γιατί το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό εξαρτάται από το γενετικό υλικό του οργανισμού, κάτι το οποίο αλλάζει τυχαία πχ λόγω μετάλλαξης αλλά όχι εξαιτίας συγκεκριμένης επίδρασης όπως περιγράφεται στο πείραμα.

Γ. Οι ουρές των ποντικών θα μειωθούν σταδιακά διότι τα ποντίκια προκειμένου να αποφύγουν το επώδυνο κόψιμο της ουράς, θα καταφέρουν να μειώσουν το μήκος της οικειοθελώς, ώστε να προσαρμοστούν στις συνθήκες του πειράματος.

Δ. Το μήκος της ουράς θα μειωθεί διότι η αλλαγή που προκαλεί το κόψιμο της ουράς θα επιδράσει στο μήκος της. Η αλλαγή του μήκους προκαλείται από το γεγονός ότι κόβεται και άρα δεν μπορεί να διατηρηθεί και όχι από την αλλαγή στη συμπεριφορά του ποντικού.

Ε. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

.....  
.....

### ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ Πρόσθετες ερωτήσεις κλειστού τύπου

Ακολουθούν τρία ακόμη βιολογικά προβλήματα για τα οποία καλείσαι να επιλέξεις την πιο κατάλληλη εξήγηση από αυτές που περιγράφονται. Αν διαφωνείς με όλες τις επιλογές, μπορείς να επιλέξεις την Ε και να προσθέσεις τη δική σου ερμηνεία.

1. Στους ανθρώπινους πληθυσμούς παρατηρείται διαφορά ως προς το χρώμα δέρματος και μάλιστα σε σχέση με την περιοχή που ζουν. Πληθυσμοί που ζουν σε τροπικές περιοχές όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ έντονη, εμφανίζουν σκούρο χρώμα δέρματος (μαύρη φυλή), ενώ οι πληθυσμοί περιοχών με μικρή ηλιοφάνεια (πχ Βόρεια Ευρώπη) έχουν ανοιχτό χρώμα δέρματος. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις αποτελεί κατά τη γνώμη σου πιο σωστή ερμηνεία για τα διαφορετικά αυτά χαρακτηριστικά στους ανθρώπινους πληθυσμούς;

Α. Η ακτινοβολία προκαλεί αύξηση της μελανίνης, επομένως κάθε άτομο που ζει σε τροπική περιοχή, επειδή εκτίθεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα στην ακτινοβολία, συσσωρεύει μελανίνη και μεταβιβάζει τελικά στους απογόνους του το χαρακτηριστικό της σκουρόχρωμης επιδερμίδας, σε αντίθεση με άτομα που ζουν σε περιοχές με συννεφιά και μικρή ηλιοφάνεια.

Β. Σε κάθε πληθυσμό στο παρελθόν ή και σήμερα μπορεί να γεννιούνται άτομα με διαφορετική ποσότητα μελανίνης, γνώρισμα που ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό γενετικά. Αν

ένα άτομο όμως έχει μικρή ποσότητα μελανίνης (ανοιχτόχρωμο δέρμα), δεν προστατεύεται από την ακτινοβολία και εμφανίζει κίνδυνο νοσημάτων πχ καρκίνος δέρματος. Τα άτομα αυτά επομένως μειονεκτούν ως προς την απόκτηση απογόνων, έχουν μικρότερες πιθανότητες μεταβίβασης του χαρακτηριστικού τους στην επόμενη γενιά, σε αντίθεση με τα άτομα με σκουρότερη επιδερμίδα.

Γ. Σε κάθε πληθυσμό στο παρελθόν γεννιούνταν άτομα με διάφορες παραλλαγές ως προς το χρώμα δέρματος. Κάθε άτομο ανάλογα με την επιδερμίδα που είχε μετακινούνταν σε περιοχές του πλανήτη όπου θα έχει καλύτερη προστασία. Έτσι τελικά διαμορφώθηκαν οι πληθυσμοί με τους χρωματισμούς που παρατηρούμε σήμερα.

Δ. Το γνώρισμα του χρώματος του δέρματος είναι εγγενές χαρακτηριστικό που δε μπορεί να μεταβληθεί. Κάθε πληθυσμός έχει το δικό του χρώμα δέρματος που δε συσχετίζεται με την περιοχή που ζει.

Ε. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

.....  
.....

2. Οι αρκούδες των δασών της Ευρώπης και της Αμερικής έχουν καφετί χρώμα ενώ οι γνωστές πολικές αρκούδες λευκό χρώμα τριχώματος. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις μπορεί να εξηγήσει καλύτερα τη διαφορά χρώματος σε αυτά τα είδη αρκούδας;

Α. Ο πληθυσμός αρκούδων που ζούσε σε πολικές περιοχές πριν πολλά χρόνια μπορεί να περιλάμβανε άτομα με διάφορα χρώματα. Όσα άτομα είχαν ανοιχτά χρώματα μπορούσαν να επιβιώσουν σε αυτό το περιβάλλον, γιατί καμουφλάρονται στο λευκό τοπίο και δεν είναι ορατές από τα θηράματά τους, όπως οι φώκιες ή τα ψάρια, καθώς κολυμπούν. Έτσι μεταβιβάζουν το γνώρισμα που έχουν στους απογόνους τους, σε αντίθεση με αρκούδες με

πιο σκούρα χρώματα, που επειδή είναι ευδιάκριτες, δυσκολεύονται να βρουν τροφή και δεν έχουν την ίδια ευκολία να κληροδοτήσουν το χρώμα τους στους δικούς τους απογόνους.

Β. Αρχικά μπορεί να υπήρχαν διάφορες παραλλαγές ως προς το χρώμα των ατόμων. Όμως σταδιακά όλα τα άτομα του πληθυσμού απέκτησαν το ίδιο λευκό χρώμα, ως αποτέλεσμα της επίδρασης του περιβάλλοντος των πολικών περιοχών και της τροφής που καταλάωναν.

Γ. Τα άτομα που είχαν διαφορετικό χρώμα τριχώματος από το λευκό, αναγκάστηκαν να μεταναστεύσουν σε άλλες περιοχές γιατί έχοντας σκούρο χρώμα δεν ήταν καλά προσαρμοσμένα σε αυτό το περιβάλλον, επομένως έπρεπε να ζήσουν σε άλλες περιοχές. Έτσι τελικά απέμειναν μόνο οι αρκούδες με το λευκό τρίχωμα.

Δ. Οι αρκούδες με το λευκό χρώμα είναι άσχετες με τις αρκούδες με το καφέ χρώμα. Κάθε πληθυσμός έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, τα οποία δε μεταβάλλονται.

Ε. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

.....  
.....  
.....

**3.** Είναι γνωστό ότι σε σκοτεινές σπηλιές, τα τρωκτικά που συναντάμε είναι συνήθως τυφλά (πχ ο κοινός τυφλοπόντικας ή ο τυφλοπόντικας με μύτη αστερία). Ποια από τις παρακάτω προτάσεις εξηγεί καλύτερα κατά τη γνώμη σου την ύπαρξη αυτού του τύπου ζώου σε αυτό το περιβάλλον;

Α. Κάθε οργανισμός επιλέγει το καταλληλότερο για αυτόν περιβάλλον, ώστε να μπορεί να επιβιώσει. Έτσι ένας ποντικός με καλή όραση θα επιλέξει ένα φωτεινό περιβάλλον, ώστε να



χρησιμοποιήσει αυτό το χαρακτηριστικό του. Αντίθετα ο τυφλοπόντικας θα προτιμήσει ένα σκοτεινό περιβάλλον, διότι το φως θα τον ενοχλούσε αφού δεν έχει όραση.

Β. Στη σκοτεινή σπηλιά ενδέχεται στο παρελθόν τα τρωκτικά να είχαν φυσιολογική όραση. Η μη ύπαρξη φωτός ωστόσο, επηρέασε αυτή τους την ικανότητα. Τα μάτια τους σταμάτησαν να δουλεύουν, οπότε όταν ζευγάρωναν σταδιακά μεταβίβαζαν το γνώρισμα της μη λειτουργικής όρασης στους απογόνους τους. Όσο περισσότερο δεν εξασκούνταν στη χρήση των ματιών, τόσο η όραση ατροφούσε. Έτσι η πλειοψηφία των ζώων αυτών σήμερα έχει το χαρακτηριστικό της τυφλότητας.

Γ. Οι πρόγονοι των ποντικών που ζούσαν στη σκοτεινή σπηλιά είχαν διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς την όραση, άλλοι έβλεπαν καλά και άλλοι όχι. Τα άτομα με την κανονική όραση ωστόσο μέσα στη σπηλιά μειονεκτούν γιατί καταναλώνουν ενέργεια για ένα γνώρισμα που δεν τους είναι χρήσιμο. Τα άτομα που έχουν το γνώρισμα της τυφλότητας, μπορούν να αναπαράγονται και να μεταβιβάζουν το γνώρισμα αυτό στους απογόνους τους πλεονεκτώντας γιατί εξοικονομούν ενέργεια. Τα άτομα με την κανονική όραση ξοδεύοντας ενέργεια μειονεκτούν, άρα αποκτούν λιγότερους απογόνους. Σταδιακά στον πληθυσμό απέμειναν μόνο τα τυφλά άτομα, ενώ τα άτομα με κανονική όραση εξαφανίστηκαν.

Δ. Τα γνωρίσματα κάθε είδους είναι σταθερά και αναλλοίωτα. Η ύπαρξή τους δεν έχει σχέση με το περιβάλλον που ζει.

Ε. Καμία από τις παραπάνω θεωρίες δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φαινόμενα που περιγράφονται.

.....  
.....  
.....

**Ερωτηματολόγιο κατηγοριοποίησης.**

1. Χώρισε τα φαινόμενα της Στήλης Β σε κατηγορίες (όσες νομίζεις ότι μπορείς να δημιουργήσεις). Δίπλα σε κάθε κατηγορία γράψε τον αριθμό που αντιστοιχεί στην περιγραφή κάθε φαινομένου και εξήγησε γιατί χώρισες όπως χώρισες τα φαινόμενα; Τι κοινό έχουν τα φαινόμενα που έβαλες στην ίδια κατηγορία;

A	B
1	Ο γερανός που σήκωνε το πιάνο έσπασε και έτσι το πιάνο κατέληξε στο έδαφος, κομμάτια.
2	Μου αρέσει πολύ να ανεβάζω βίντεο στο tik-tok και χαίρομαι πολύ όταν παίρνουν πολλά like. Κάθε μέρα θα ανεβάσω τουλάχιστον ένα.
3	Οι πρόγονοι των δελφινιών ζούσαν κάποτε στην ξηρά, είχαν άκρα και οστά λεκάνης.
4	Μόλις το νερό βράσει μέσα στο βραστήρα το καταλαβαίνουμε από τον ήχο που κάνει ο διακόπτης που κλείνει.
5	Το άλογο πριν εκατομμύρια χρόνια ήταν κοντό όσο ένα πρόβατο. Επίσης είχε 4 δάκτυλα αντί ένα.
6	Ο ήρωας της ιστορίας στο βιβλίο που διαβάζω όταν έπρεπε να αντιμετωπίσει ληστές που μπήκαν στο σπίτι του κάλεσε αμέσως την αστυνομία και ευτυχώς σώθηκε κι εκείνος και η οικογένειά του.
7	Μου αρέσει όταν γεμίσει η μπανιέρα με νερό, να κουνάω μέσα σε αυτό τα χέρια μου και να δημιουργώ διάφορα σχήματα.
8	Σταδιακά το μέγεθος του ανθρώπινου κρανίου και εγκεφάλου μεγαλώνει. Έτσι υπολογίζεται ότι μετά από μερικούς αιώνες, όλα τα παιδιά θα γεννιούνται με καισαρική.
9	Το ρολόι της εκκλησίας είναι προγραμματισμένο να χτυπάει τις μισές και τις ολόκληρες ώρες.
10	Μετά από τόσο περπάτημα ζεστάθηκα, οπότε έβγαλα το μπουφάν μου.
11	Πολλά είδη που ζούσαν στο παρελθόν, όπως οι δεινόσαυροι, έχουν εξαφανιστεί. Κάθε χρόνο εξαφανίζονται εκατοντάδες είδη φυτών και ζώων.
12	Όταν πλησιάζω την είσοδο του πολυκαταστήματος, οι πόρτες ανοίγουν αυτόματα.

Κατηγορία 1 : .....

Γιατί έβαλες αυτά τα φαινόμενα μαζί;

.....  
 .....

Κατηγορία 2 : .....

Γιατί έβαλες αυτά τα φαινόμενα μαζί;

.....  
 .....

Κατηγορία ....: .....

Γιατί έβαλες αυτά τα φαινόμενα μαζί;

.....  
 .....  
 Κατηγορία ...: .....

Γιατί έβαλες αυτά τα φαινόμενα μαζί;

.....  
 .....  
 Κατηγορία ...: .....

Γιατί έβαλες αυτά τα φαινόμενα μαζί;

2. Αντιστοίχισε τα φαινόμενα της Στήλης Α με τις κατηγορίες φαινομένων της Στήλης Β. Αν κάποιο φαινόμενο δεν σου ταιριάζει σε κάποια από τις 3 κατηγορίες φαινομένων που υπάρχουν βάλτο στην τέταρτη ομάδα και δώσε ένα όνομα σε αυτή. Στη συνέχεια εξήγησε γιατί χώρισες τα φαινόμενα όπως τα χώρισες; Τι κοινό έχουν τα φαινόμενα που έβαλες στην ίδια κατηγορία;

Στήλη Α

Στήλη Β

1.Ο γερανός που σήκωνε το πιάνο έσπασε και έτσι το πιάνο κατέληξε στο έδαφος, κομμάτια. ●

2.Μου αρέσει πολύ να ανεβάζω βίντεο στο tik-tok και χαίρομαι πολύ όταν παίρνουν πολλά like. Κάθε μέρα θα ανεβάσω τουλάχιστον ένα. ●

3.Οι πρόγονοι των δελφινιών ζούσαν κάποτε στην ξηρά, είχαν άκρα και οστά λεκάνης. ●

4.Μόλις το νερό βράσει μέσα στο βραστήρα το καταλαβαίνουμε από τον ήχο που κάνει ο διακόπτης που κλείνει. ●

5.Το άλογο πριν εκατομμύρια χρόνια ήταν κοντό όσο ένα πρόβατο. Επίσης είχε 4 δάκτυλα αντί ένα. ●

6.Ο ήρωας της ιστορίας στο βιβλίο που διαβάζω όταν έπρεπε να αντιμετωπίσει ληστές που μπήκαν στο σπίτι του κάλεσε αμέσως την αστυνομία και ευτυχώς σώθηκε κι εκείνος και η οικογένειά του. ●

● 1. Φαινόμενα σχέσης αιτίου-αποτελέσματος

● 2. Φαινόμενα σκοπιμότητας

7.Μου αρέσει όταν γεμίσει η μπανιέρα με νερό, να κουνάω μέσα σε αυτό τα χέρια μου και να δημιουργώ διάφορα σχήματα.

8.Σταδιακά το μέγεθος του ανθρώπινου κρανίου και εγκεφάλου μεγαλώνει. Έτσι υπολογίζεται ότι μετά από μερικούς αιώνες, όλα τα παιδιά θα γεννιούνται με καισαρική.

9.Το ρολόι της εκκλησίας είναι προγραμματισμένο να χτυπάει τις μισές και τις ολόκληρες ώρες.

10.Μετά από τόσο περπάτημα ζεστάθηκα, οπότε έβγαλα το μπουφάν μου.

11.Πολλά είδη που ζούσαν στο παρελθόν, όπως οι δεινόσαυροι, έχουν εξαφανιστεί. Κάθε χρόνο εξαφανίζονται εκατοντάδες είδη φυτών και ζώων.

12.Όταν πλησιάζω την είσοδο του πολυκαταστήματος, οι πόρτες ανοίγουν αυτόματα.

3. Φαινόμενα αναδυόμενα

4. Άλλο (δώσε όνομα στην κατηγορία)

.....  
.....

Εξήγησε γιατί έβαλες τα φαινόμενα που έβαλες μαζί;

Κατηγορία 1 :

.....  
.....  
.....  
.....

Κατηγορία 2 :

.....  
.....  
.....  
.....

Κατηγορία 3:

.....  
.....  
.....  
.....

Κατηγορία 4:

.....

.....

.....

.....

3. Αντιστοίχισε τα φαινόμενα της Στήλης Α με τις κατηγορίες φαινομένων της Στήλης Β. Αν κάποιο φαινόμενο δεν σου ταιριάζει σε κάποια από τις 2 κατηγορίες φαινομένων που υπάρχουν βάλτο στην τρίτη ομάδα και δώσε ένα όνομα σε αυτή. Στη συνέχεια εξήγησε γιατί χώρισες τα φαινόμενα όπως τα χώρισες; Τι κοινό έχουν τα φαινόμενα που έβαλες στην ίδια κατηγορία;

Στήλη Α

Στήλη Β

1.Ο γερανός που σήκωνε το πιάνο έσπασε και έτσι το πιάνο κατέληξε στο έδαφος, κομμάτια. •

2.Μου αρέσει πολύ να ανεβάζω βίντεο στο tik-tok και χαίρομαι πολύ όταν παίρνουν πολλά like. Κάθε μέρα θα ανεβάσω τουλάχιστον ένα. •

3.Οι πρόγονοι των δελφινιών ζούσαν κάποτε στην ξηρά, είχαν άκρα και οστά λεκάνης. •

4.Μόλις το νερό βράσει μέσα στο βραστήρα το καταλαβαίνουμε από τον ήχο που κάνει ο διακόπτης που κλείνει. •

5.Το άλογο πριν εκατομμύρια χρόνια ήταν κοντό όσο ένα πρόβατο. Επίσης είχε 4 δάκτυλα αντί ένα. •

6.Ο ήρωας της ιστορίας στο βιβλίο που διαβάζω όταν έπρεπε να αντιμετωπίσει ληστές που μπήκαν στο σπίτι του κάλεσε αμέσως την αστυνομία και ευτυχώς σώθηκε κι εκείνος και η οικογένειά του. •

7.Μου αρέσει όταν γεμίσει η μπανιέρα με νερό, να κουνάω μέσα σε αυτό τα χέρια μου και να δημιουργώ διάφορα σχήματα. •

8.Σταδιακά το μέγεθος του ανθρώπινου κρανίου και εγκεφάλου μεγαλώνει. Έτσι υπολογίζεται ότι μετά από μερικούς αιώνες, όλα τα παιδιά θα γεννιούνται με καισαρική. •

9.Το ρολόι της εκκλησίας είναι προγραμματισμένο να χτυπάει τις μισές και τις ολόκληρες ώρες. •

10.Μετά από τόσο περπάτημα ζεστάθηκα, οπότε έβγαλα •

• 1. Διαδικασίες

• 2. Γεγονότα

• 3. Άλλο  
(δώσε όνομα)

---

το μπουφάν μου.

---

στην  
κατηγορία)

11. Πολλά είδη που ζούσαν στο παρελθόν, όπως οι δεινόσαυροι, έχουν εξαφανιστεί. Κάθε χρόνο •  
εξαφανίζονται εκατοντάδες είδη φυτών και ζώων.

---

.....  
.....

12. Όταν πλησιάζω την είσοδο του πολυκαταστήματος, οι πόρτες ανοίγουν αυτόματα. •

---

Εξήγησε γιατί έβαλες τα φαινόμενα που έβαλες μαζί;

Κατηγορία 1 :

.....  
.....  
.....

Κατηγορία 2 :

.....  
.....  
.....

Κατηγορία 3:

.....  
.....  
.....

**Παράρτημα Β****Στατιστικοί πίνακες****Μη παραμετρικά κριτήρια ξεχωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη.**

## Πίνακας Β1

*Σύγκριση απαντήσεων σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου (προέλεγχος – μεταέλεγχος)*

Τύπος κειμένου	Z	p
Μη ανατρεπτικό – πληροφορία εξέλιξης	-1.305	0.961
Ανατρεπτικό – πληροφορία εξέλιξης	-1.985	0.024
Μη ανατρεπτικό – πληροφορία κατηγοριοποίησης	-2.308	0.011
Ανατρεπτικό – πληροφορία κατηγοριοποίησης	-2,.650	0.004

## Πίνακας Β2

*Σύγκριση απαντήσεων σε ερωτήσεις κλειστού τύπου (προέλεγχος – μεταέλεγχος)*

Τύπος κειμένου	Z	p
Μη ανατρεπτικό – πληροφορία εξέλιξης	-1.749	0.04
Ανατρεπτικό – πληροφορία εξέλιξης	-0.544	0.294
Μη ανατρεπτικό – πληροφορία κατηγοριοποίησης	-0.221	0.413
Ανατρεπτικό – πληροφορία κατηγοριοποίησης	-1.229	0.110

## Πίνακας Β3

*Σύγκριση απαντήσεων σε ερωτήσεις κατηγοριοποίησης (προέλεγχος – μεταέλεγχος)*

Τύπος κειμένου	Z	p
Μη ανατρεπτικό – πληροφορία εξέλιξης	-0.187	0.426
Ανατρεπτικό – πληροφορία εξέλιξης	-1.429	0.770
Μη ανατρεπτικό – πληροφορία κατηγοριοποίησης	-3.028	0.001
Ανατρεπτικό – πληροφορία κατηγοριοποίησης	-1.854	0.032

**Μη παραμετρικά κριτήρια με ομαδοποίηση.**

## Πίνακας Β4

*Σύγκριση απαντήσεων σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου (προέλεγχος – μεταέλεγχος)*

Τύπος κειμένου	Z	p
Όλα	-4.004	0.000
Ανατρεπτικό – ανεξαρτήτως πληροφορίας	-3.145	0.001
Μη ανατρεπτικό – ανεξαρτήτως πληροφορίας	-2.465	0.007
Κατηγοριοποίησης ανεξαρτήτως δομής	-3.337	0.000
Εξέλιξης – ανεξαρτήτως δομής	-2.630	0.005

## Πίνακας Β5

Σύγκριση απαντήσεων σε ερωτήσεις κλειστού τύπου (προέλεγχος – μεταέλεγχος)

Τύπος κειμένου	Z	p
Όλα	-1.643	0.050
Ανατρεπτικό –ανεξαρτήτως πληροφορίας	-0.760	0.224
Μη ανατρεπτικό –ανεξαρτήτως πληροφορίας	-1.516	0.065
Κατηγοριοποίησης ανεξαρτήτως δομής	-1.185	0.118
Εξέλιξης – ανεξαρτήτως δομής	-1.193	0.117

## Πίνακας Β6

Σύγκριση απαντήσεων σε ερωτήσεις κατηγοριοποίησης (προέλεγχος – μεταέλεγχος)

Τύπος κειμένου	Z	p
Όλα	-2.467	0.007
Ανατρεπτικό –ανεξαρτήτως πληροφορίας	-1.290	0.099
Μη ανατρεπτικό –ανεξαρτήτως πληροφορίας	-2.357	0.009
Κατηγοριοποίησης ανεξαρτήτως δομής	-2.599	0.005
Εξέλιξης – ανεξαρτήτως δομής	-0.842	0.200

## Πίνακας Β7

Σύγκριση επιδόσεων σε όλα τα έργα (συνολική και ανά ερωτηματολόγιο) (προέλεγχος – μεταέλεγχος): έλεγχος δομής και πληροφορίας κειμένου

Δομή κειμένου	Πληροφορία κειμένου		Συνολική επίδοση	Ανοιχτές ερωτήσεις	Κλειστές ερωτήσεις	Ερωτήσεις κατηγοριοποίησης
Μη ανατρεπτικό	Εξέλιξη	Z	-1,366	-1,371	-1,152	-,816
		Asymp. Sig. (2-tailed)	,106	,170	,250	,414
	Κατηγοριοποίηση	Z	-2,142	-2,486	-1,037	-2,309
		Asymp. Sig. (2-tailed)	,032	,013	,300	,021
Ανατρεπτικό	Εξέλιξη	Z	-1,435	-2,269	-,516	-,486
		Asymp. Sig. (2-tailed)	,151	,023	,606	,627
	Κατηγοριοποίηση	Z	-2,055	-2,232	-,616	-1,387
		Asymp. Sig. (2-tailed)	,040	,026	,538	,166