



ΜΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ

ΔΠΜΣ Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και την Τεχνολογία

ΕΦΠΤ4. Μαθησιακά-Διδακτικά Περιβάλλοντα στη Φυσική -Χημεία-Βιολογία: σχεδιασμός, ανάπτυξη, αξιολόγηση, βελτίωση

Πηνελόπη Παπαδοπούλου, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΠΤΝ-ΠΔΜ

Η ταυτότητα της ΔΜΑ

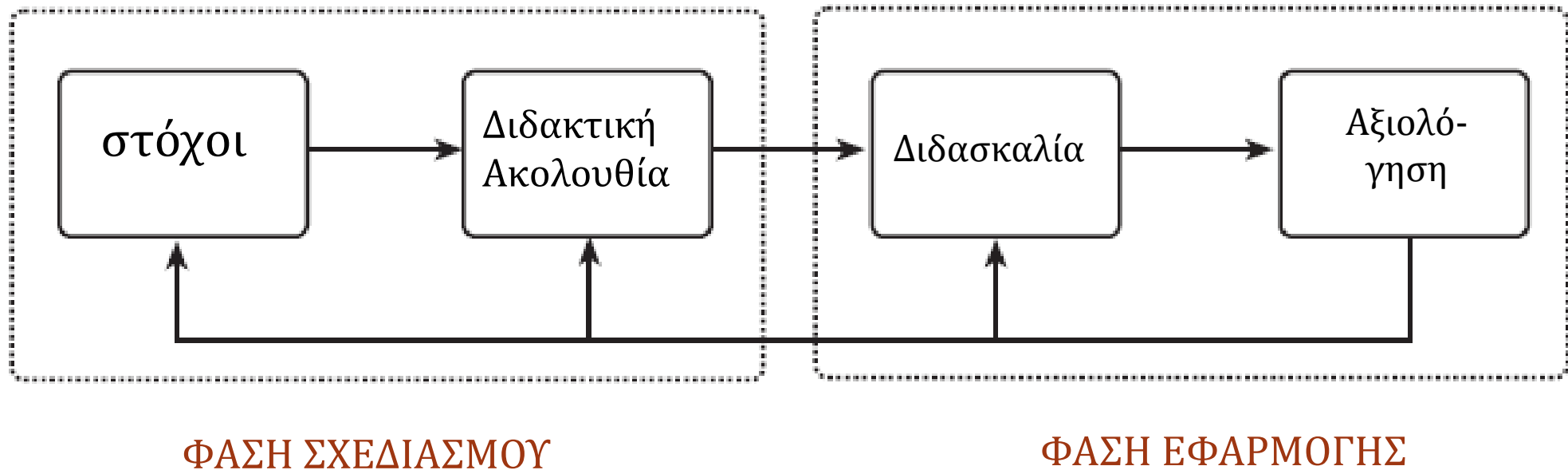
- **Anita Wallin**
- Senior lecturer, Director of Studies
- **Department of Pedagogical, Curricular and Professional Studies**



- Doctoral Thesis' (2004)
- **The theory of evolution in the classroom. Towards a domain specific theory for teaching biological evolution**



Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της ΔΜΑ



Οι επιστημονικές ιδέες – εννοιολογική ανάλυση (1)

Τρεις κεντρικές (μεγάλες) ιδέες

- Η υπάρχουσα ποικιλομορφία
- Η κληρονομικότητα
- Η φυσική επιλογή



Οι επιστημονικές ιδέες – Εννοιολογική ανάλυση (2)

1. Ποικιλομορφία στα άτομα (ποικιλομορφία)
2. Διαφοροποίηση των ποσοστών επιβίωσης (επιβίωση)
3. Γενετικά καθορισμένη κληρονομισιμότητα των χαρακτήρων (κληρονομικότητα)
4. Διαφοροποιημένοι αναπαραγωγικοί ρυθμοί (αναπαραγωγή)
5. Συσσώρευση των αλλαγών (συσσώρευση)
6. Μετάλλαξη (πηγή της ποικιλομορφίας)
7. Κοινή καταγωγή (το φυλογενετικό δέντρο)
8. Πληθυσμιακή οπτική (η εξέλιξη ως αλλαγή στη γονιδιακή συχνότητα)



Οι συνηθέστερες εναλλακτικές αντιλήψεις (ιδέες) των μαθητευόμενων (**alternative ideas, alternative conceptions**) στην εξέλιξη (1)

- Η εξέλιξη καθοδηγείται από την ανάγκη (e.g. Engel Clough & Wood-Robinson, 1985; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Demastes, Good & Peebles, 1995).
- Αν διαφύγει της προσοχής η ποικιλομορφία μέσα στο είδος, τότε οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούν συχνά την ανάγκη για να αιτιολογήσουν τις εξελικτικές διαδικασίες (Greene, 1990). **Τυπολογική αντίληψη για την εξέλιξη.**
- Η προσαρμογή ως δύναμη που καθοδηγεί την εξέλιξη (e.g. Brumby, 1984; Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Baalman & Kattman, 2001). **Μια απλή διαδικασία αλλαγής των χαρακτηριστικών ενός είδους.**
- Οι εξελικτικές αλλαγές είναι το αποτέλεσμα της χρήσης ή της αχρησίας ενός οργάνου, δομής, κλπ (e.g. Brumby, 1984; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Ferrari & Chi, 1998).
- Οι εξελικτικές αλλαγές είναι το αποτέλεσμα της κληρονόμησης των επίκτητων χαρακτηριστικών (e.g. Kargbo, Hobbs & Erickson, 1980; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985b; Bishop & Anderson, 1990; Wood-Robinson, 1994; Ramorogo & Wood-Robinson, 1995; Thomas 2000).

Λαμαρκιανές αντιλήψεις: το άτομο προσαρμόζεται στο περιβάλλον του



Οι συνηθέστερες εναλλακτικές αντιλήψεις στην εξέλιξη και η καθημερινή γλώσσα (2)

- Η προσαρμογή (adaptation) και η αρμοστικότητα (fitness) έχουν διαφορετικές σημασίες στον καθημερινό λόγο.
- Σημασία που ενισχύει την ατομική προσαρμογή
- Επιβίωση του ισχυρότερου



Η ΔΜΑ – Σκοποί και στόχοι

- Να αφήσουμε τους μαθητές να οικοδομήσουν επαρκή κατανόηση της εξελικτικής θεωρίας. Αυτό σημαίνει να κατανοούν με βάση την επιστημονική οπτική (Κύριος στόχος).
- Να κατανοούν την διαφορά των επιστημονικών και των εναλλακτικών αντιλήψεων
- Να χρησιμοποιούν την εξελικτική θεωρία ως ερμηνευτικό πλαίσιο σε νέες καταστάσεις
- Έμφαση στην εξελικτική θεωρία ως μοντέλο το οποίο να χρησιμοποιείται σε διάφορες καταστάσεις.



Στόχοι - έμφαση

▪ Στη συζήτηση στις ομάδες

Για δύο λόγους

- 1) Για να μπορέσουν οι μαθητές να ενσωματώσουν στον δικό τους καθημερινό λόγο την επιστημονική γλώσσα και να μπορούν να κινούνται με άνεση μεταξύ αυτών των δύο διαφορετικών λόγων (μακροχρόνια διατήρηση της γνώσης) – **Κοινωνικό – πολιτισμική θεώρηση της μάθησης.**
- 2) Να αποκτήσουν επίγνωση των προϋπαρχουσών αντιλήψεων – των δικών τους και των συμμαθητών τους – και να τις συγκρίνουν με τις επιστημονικές (προσδοκία η αποδυνάμωση του κύρους των εναλλακτικών αντιλήψεων και η ενδυνάμωση των επιστημονικών) – **Θεωρία της Εννοιολογική αλλαγής.**

▪ Ενίσχυση της μεταγνώσης

Π.Χ. Δραστηριότητα σε υπολογιστή στην οποία οι μαθητές προχωρώντας βήμα – βήμα θα έπρεπε να επανεξετάσουν τις προηγούμενες επιλογές τους (άρα και σκέψεις τους)



Η ΔΜΑ – Δομή (1)

1^ο Μάθημα

Ιστορική ανασκόπηση των εξελικτικών αντιλήψεων (Διάλεξη)
Βασικές έννοιες της γενετικής. DNA, κληρονομικότητα και μεταλλάξεις (Διάλεξη)
Η προέλευση της ποικιλομορφίας (Συζήτηση σε ομάδες)

120 min

2^ο Μάθημα

Ο χρόνος. Αναλογίες. (Διάλεξη)
Ιστοριογραμμή στο διάδρομο του σχολείου (Δραστηριότητα)

80 min

3^ο Μάθημα

Κοινή καταγωγή, ειδογένεση, εξαφάνιση (Διάλεξη)
Η προέλευση της ζωής (Συζήτηση σε ομάδες και δραστηριότητα με υπολογιστές)
Ο μακρύς λαιμός της καμηλοπάρδαλης (Συζήτηση σε ομάδες)

90 min

4^ο Μάθημα

Παιχνίδι ρόλων με ιστορικά κείμενα (Δραστηριότητα)
Οι νυχτοπεταλούδες στην Αγγλία (παράδειγμα δράσης της φυσικής επιλογής -
Διάλεξη)
Το παιχνίδι της φυσικής επιλογής (Δραστηριότητα)

80 min

Διαλέξεις όχι περισσότερο από 20 min



Η ΔΜΑ – Δομή (2)

5^ο Μάθημα

Η φύση της Επιστήμης: ειδικότερα πεποιθήσεις και επιστήμη (Διάλεξη)
Οι κύριοι κλάδοι της θεωρίας της εξέλιξης (Διάλεξη)
Τύχη: Yatzy (Δραστηριότητα) και «το μάτι» (Διάλεξη)
Συνεξέλιξη (Διάλεξη και συζήτηση σε ομάδες)

80 min

6^ο Μάθημα

Στο επίπεδο του οργανισμού, παράδειγμα: δρεπανοκυτταρική αναιμία. (Διάλεξη)
Η ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά (Συζήτηση σε ομάδες).
Τα πόδια των τaráνδων (Δραστηριότητα με υπολογιστές)

90 min

7^ο Μάθημα

Η μαρτυρία των απολιθωμάτων (Διάλεξη)
Αναδόμηση απολιθωμάτων (Δραστηριότητα)

80 min

8^ο Μάθημα

Αλλοπατρική και συμπατρική ειδογένεση (Διάλεξη)
Η ειδογένεση στις σαλαμάνδρες *Ensatina* (Δραστηριότητα)

90 min

9^ο Μάθημα

Η σημασία της συμπεριφοράς των ζώων για την επιβίωση και την αναπαραγωγική επιτυχία: Αρμοστικότητα, συμπεριφορά των ζώων και φυλετική επιλογή (Διάλεξη)
Σε ποιο επίπεδο της οργάνωσης της ζωής γίνεται η εξέλιξη (Συζήτηση σε ομάδες)

80 min



Το πλαίσιο εφαρμογής και αξιολόγησης της ΔΜΑ

- 2 πιλοτικές πριν την κύρια εφαρμογή (EXP1, EXP2, EXP3)

Κύρια εφαρμογή

- 18 (24) Μαθητές λυκείου (11th grade, 17 χρόνων, 13 αγόρια – 5 κορίτσια), με μεγάλο ενδιαφέρον και υψηλή επίδοση
- 16 ώρες (σε ένα υποχρεωτικό μάθημα φυσικών επιστημών συνολικής διάρκειας 50 ωρών)
 - 9 μαθήματα και 3 ώρες εξετάσεων
- Μετά τις εξετάσεις συζήτηση αξιολόγησης με τους μαθητές για την ΔΜΑ



Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΔΜΑ

Βιντεοσκόπηση της διδασκαλίας
Παρατήρηση της διδασκαλίας (field notes)

Αξιολόγηση της μάθησης

Το **pre-test**

9 γραπτά προβλήματα, με απαντήσεις πολλαπλής επιλογής και μερικά ανοιχτά

Το **post-test**

Τα ίδια έργα και ένα επιπλέον

Εξετάσεις

Sept. 2000	Nov. - Dec. 2000		Dec. 2001
Pre-test	Teaching sequence	Exam	Delayed post-test

Ημερολόγια των μαθητών:
Ελεύθερη έκφραση και διατύπωση
Ανατροφοδότηση από την εκπαιδευτικό στο επόμενο μάθημα



Τα έργα αξιολόγησης της ΔΜΑ (παραδείγματα από pre και post tests)

▪ Πρόβλημα 2

Τα τσιτάχ, όταν κυνηγούν τρέχουν πολύ γρήγορα, περίπου 100km/h. Πώς θα εξηγούσε ένας βιολόγος την εξέλιξη της ικανότητάς τους να τρέχουν γρήγορα, δεδομένου ότι οι πρόγονοί τους μπορούσαν να τρέξουν μόνο με 30km/h;

▪ Πρόβλημα 4

Ορισμένοι σύγχρονοι πληθυσμοί των κουνουπιών είναι ανθεκτικοί στο DDT και κατά συνέπεια το DDT δεν είναι και τόσο αποτελεσματικό όσο ήταν στο παρελθόν. Οι βιολόγοι θεωρούν ότι η ανθεκτικότητα στο DDT εξελίχθηκε γιατί:

1. Τα χαρακτηριστικά εμφανίζονται όταν είναι αναγκαία. **2.** Εξ αιτίας τυχαίων αλλαγών στα γονίδια των οργανισμών. **3.** Οι οργανισμοί προσπαθούν να εξελιχθούν. **4.** Η ποικιλομορφία είναι αναγκαία για την διατήρηση της ποικιλομορφίας στη φύση.

▪ Πρόβλημα 6

A) Η νηκτική μεμβράνη στα πόδια των προγόνων της πάπιας εμφανίστηκε γιατί:

Ζούσαν στο νερό και την

χρειαζόταν για να κολυμπούν

1

2

3

4

5

Από τυχαία μετάλλαξη

B) Γιατί επέλεξες αυτήν την απάντηση.



Η ανάλυση των έργων αξιολόγησης

- Υπολογίσθηκε ένα συνολικό σκορ για 8 από τα 9 έργα (1 παραλήφθηκε).
 - Τα έργα πολλαπλής επιλογής από 1-4
 - Τα έργα μορφής **Likert** από 1-8
 - Τα ανοιχτά έργα επίσης από 1-8.
- Συνολικό σκορ: **Min=8, Max=52**



Η ανάλυση των ανοιχτών έργων – Παράδειγμα: Η ταχύτητα στα τσιτάχ

- Οι απαντήσεις αναλύθηκαν με την ένταξη σε 4 βασικές κατηγορίες:
γενική ανάπτυξη, ανάγκη, επίκτητα χαρακτηριστικά και φυσική επιλογή.
- Ποσοτικοποιήθηκαν:
 - 1: Δεν υπάρχει απάντηση
 - 2: Δεν γνωρίζω/Μη σχετικές απαντήσεις
 - 3: Γενική ανάπτυξη/ανάγκη κλπ
 - 4: Γενική ανάπτυξη/ανάγκη κλπ + μια επιπλέον αρχή ή επιστημονική έννοια
 - 5: Ποικιλομορφία + Επιβίωση
 - 6: Ποικιλομορφία + Επιβίωση + 1 επιπλέον αρχή
 - 7: Ποικιλομορφία + Επιβίωση + 2 επιπλέον αρχή
 - 8: Ποικιλομορφία + Επιβίωση + κληρονομικότητα + αναπαραγωγή + συσσώρευση



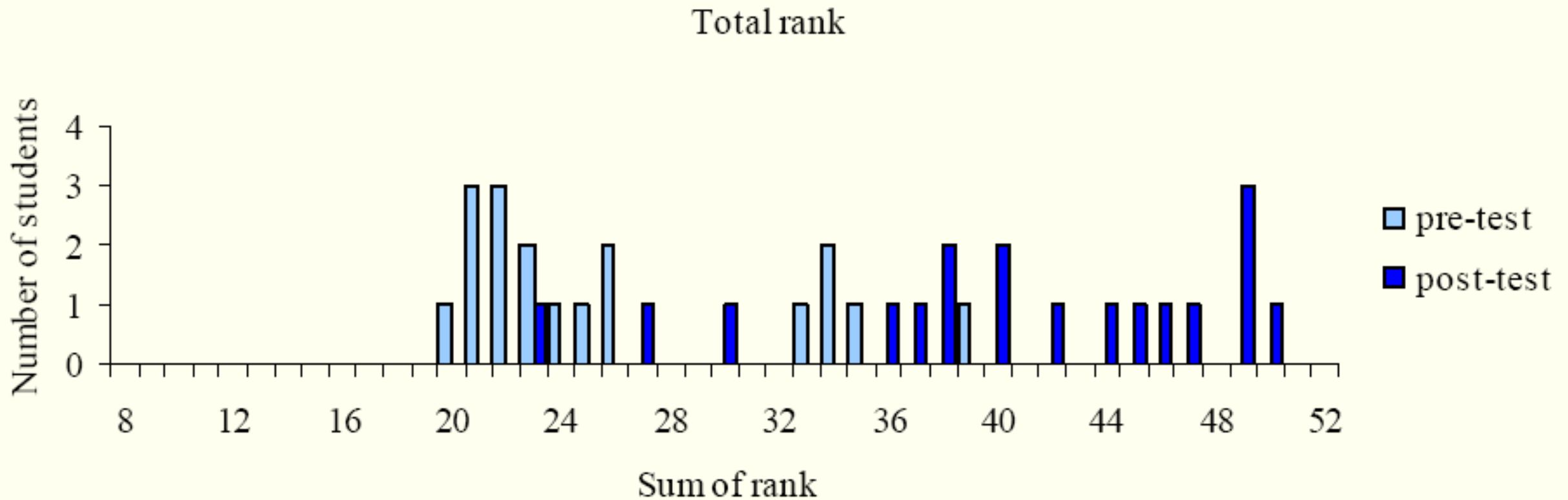
Μαθησιακά αποτελέσματα (1)

Πρόβλημα 2: Η εξέλιξη της ταχύτητας στα τσιτάχ

Κατηγορία	Pre-test	Post-test
Χωρίς/μη σχετική απάντηση	1	0
Γενική ανάπτυξη	4	0
Ανάγκη	7	2
Επίκτητα χαρακτηριστικά	1	0
Φυσική επιλογή	5	16



Μαθησιακά αποτελέσματα (2)



Μέσο σκορ:

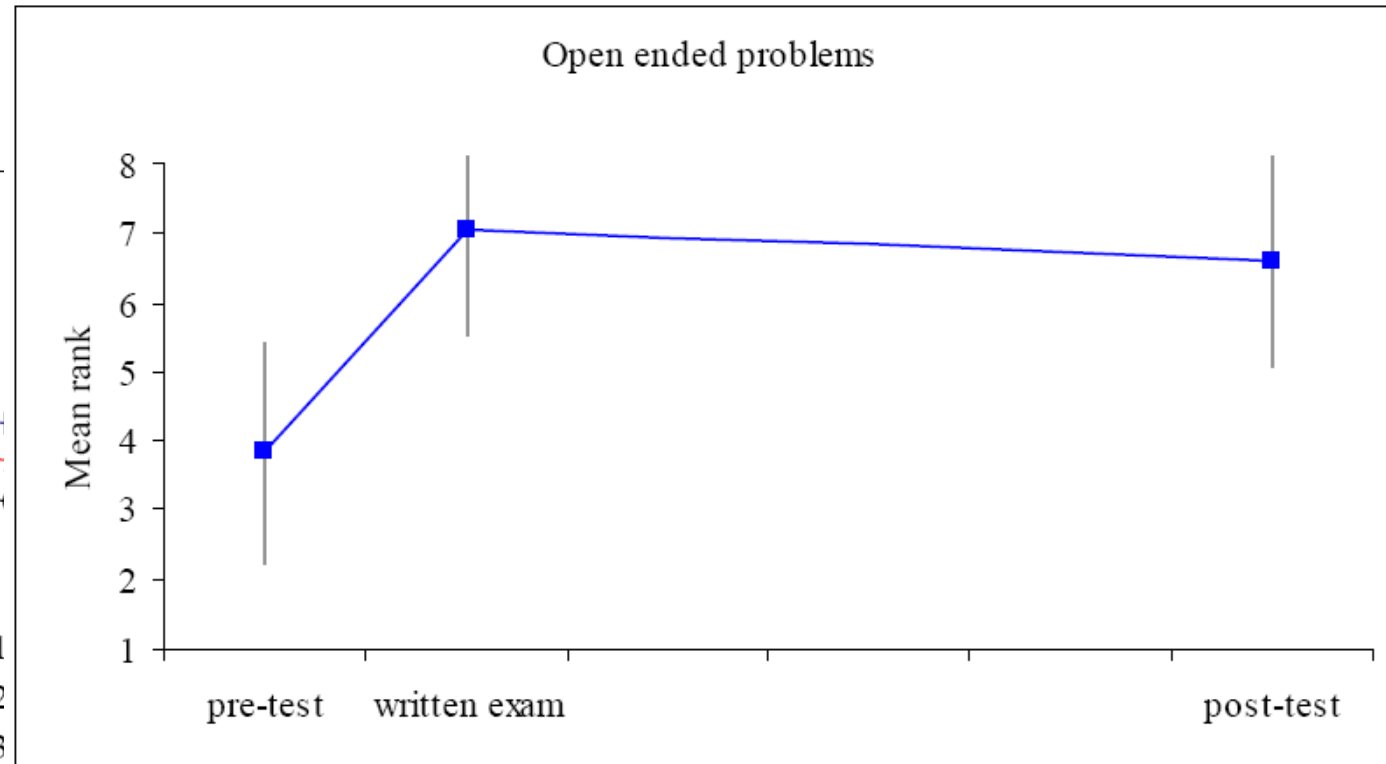
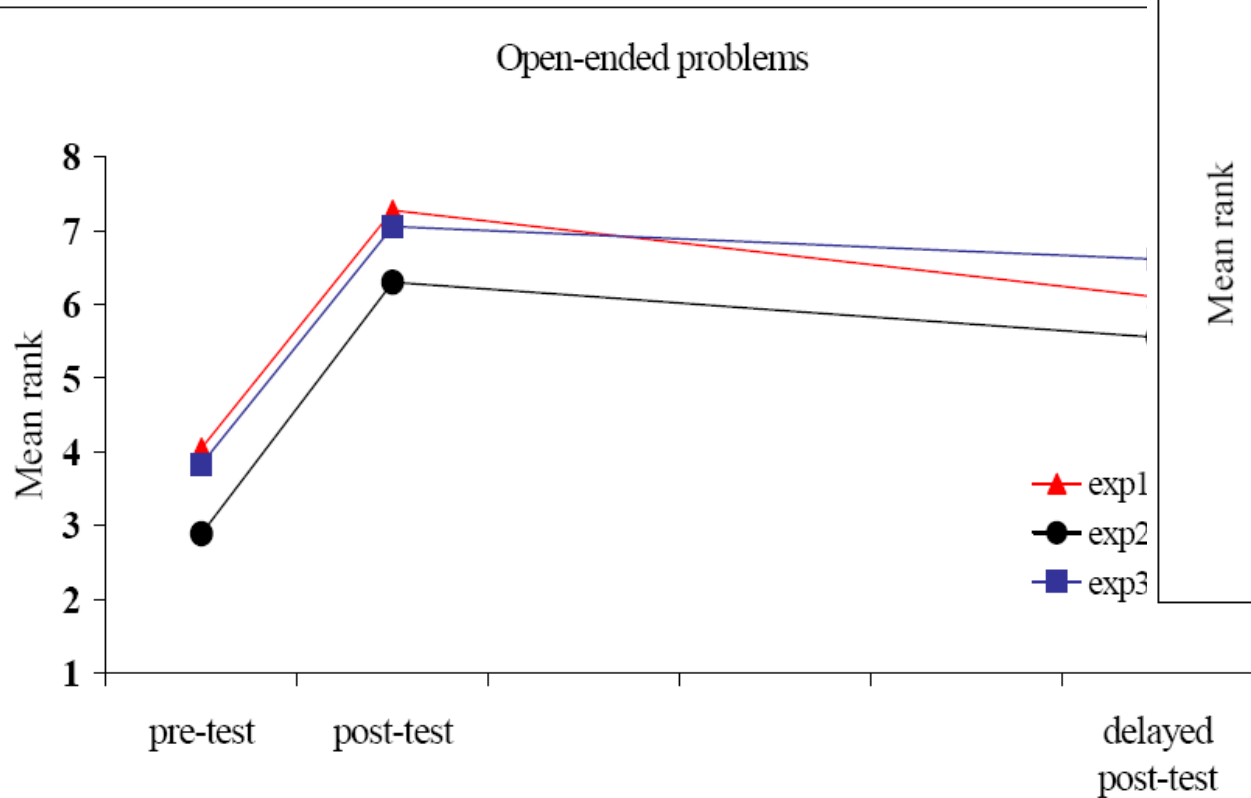
Pre-test: 26.2 ± 6.0 , Post-test: 40.6 ± 7.9 , t-test 9.5, DF=17, $p < < 0.001$

Το 1/3 της ποικιλότητας στα post-test μπορεί να αποδοθεί στα pre-tests
(regression analysis: $F=9.1$, $p=0.008$, $R^2=0,36$)



Μαθησιακά αποτελέσματα (3) – Η διατήρηση της γνώσης

Ανοιχτά προβλήματα: Η εξέλιξη της ταχύτητας στα τσιτάχ και η διάρκεια της αναπνοής στις φώκιες



Μαθησιακά αποτελέσματα (4) – Η στάση και οι εμπειρίες των μαθητών - **Ημερολόγια**

15 από τους 18 μαθητές ήταν ξεκάθαρα θετικοί απέναντι στη διδασκαλία ως σύνολο και 3 δεν εξέφρασαν άποψη.

Οι κύριοι λόγοι της θετικής εκτίμησης:

- 1) ευχαριστήθηκαν την διδασκαλία καθ' αυτή
- 2) Εκτίμησαν κυρίως το αποτέλεσμα της διδασκαλίας (π.χ. αισθάνθηκαν ότι έμαθαν κάτι εις βάθος)

«Έντιμα, γνώμη μου είναι ότι τα μαθήματα της εξέλιξης ήταν ενδιαφέρονται και ευχάριστα. Επιπλέον έμαθα ένα σωρό καινούργια πράγματα. Νομίζω ότι είναι κάτι που θα θυμάμαι μέχρι τα 80 μου»

Οι περισσότεροι εκτίμησαν ως ανοικτό και φιλικό το κλίμα στην τάξη και καθώς επίσης και ότι η διδασκαλία ήταν αποτελεσματικότερη από την παραδοσιακή.

«Δεν νομίζω ότι θα είχα καταλάβει τόσα απλά ακούγοντας και κρατώντας σημειώσεις. Νομίζω το ότι μάθαμε είναι αποτέλεσμα όλων αυτών των δραστηριοτήτων»

Αλλά και:

«Μάλλον για μένα ήταν εξ ίσου καλή με την παράδοση, αλλά μάλλον ήταν καλύτερο για την πλειοψηφία»



Μαθησιακά αποτελέσματα (5) – **Η παρατήρηση** (τα κύρια σημεία της πορείας μάθησης)

1^ο Μάθημα:
Κληρονομικότητα
- Γενετική



Μια ομάδα στις μεταξύ τους συζητήσεις εγκατέλειψε την «προσπάθεια» και τον «σκοπό» και υιοθέτησε την «ανάγκη» και την «μετάλλαξη»

3^ο Μάθημα τέλος:
Προέλευση της
ζωής – Εξελικτικές
οπτικές



Στις συζητήσεις στις ομάδες ενισχύθηκε το κύρος της «μετάλλαξης». Υπερβολικό βάρος για την σημασία της εξέλιξης στην δημιουργία βιοποικιλότητας, αλλά τουλάχιστον εγκατέλειψαν άλλες εναλλακτικές εξηγήσεις

5^ο Μάθημα και
μετά: Φυσική
Επιλογή



Οι μαθητές αντιλήφθηκαν τον τυχαίο χαρακτήρα της εξέλιξης και στην συνέχεια είχαν πολλές ευκαιρίες να επεξεργαστούν σε βάθος αυτήν την ιδέα



Αντίληψη κλειδί: Η εξέλιξη
δεν είναι μόνο μια
διαδικασία, αλλά δύο



Οι σημαντικοί παράγοντες της μάθησης

- **Η εκπαιδευτικός** (σε ποιο βαθμό επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα – εφαρμογή της ΔΜΑ και με άλλους εκπαιδευτικούς)
- **Η γενική διδακτική προσέγγιση** (συνεισφορά ιδεών από εκπαιδευτικό και μαθητές – συζήτηση και κριτική αντιμετώπιση)
- **Η ΔΜΑ**

Πιθανόν η επίγνωση της συμμετοχής σε έρευνα να ενθουσίασε τους μαθητές



Θεωρίες διδασκαλίας και μάθησης προσανατολισμένες στο περιεχόμενο



Anderson & Wallin 2006
Wallin & West 2013



ΕΞΕΛΙΞΗ: σχεδιαστικές Αρχές που σχετίζονται με το περιεχόμενο

1. ... σαφηνίζεται ο **εξελικτικός χρόνος** και συζητούνται οι διάφορες υποθέσεις για την προέλευση της ζωής
2. Η διδασκαλία της εξέλιξης χωρίζεται στη διδασκαλία **δύο διαδικασιών** – προέλευση της **γενετικής ποικιλομορφίας** και **φυσική επιλογή**.
3. Επικεντρωνόμαστε στο ότι μόνο η πρώτη είναι τυχαία, η δεύτερη είναι η συνέπεια της αλληλεπίδρασης της ποικιλότητας με το περιβάλλον.
4. Η **ποικιλότητα στους πληθυσμούς**. Η Γενετική ως η ιδέα που εξηγεί ομοιότητες και διαφορές. Η γνώση για την υπάρχουσα ποικιλότητα σε κληρονομικά χαρακτηριστικά θεωρείται ως προαπαιτούμενο για την προσέγγιση της φυσικής επιλογής, και έτσι διαχειριζόμαστε εναλλακτικές ιδέες όπως **η εξέλιξη είναι αποτέλεσμα ανάγκης, προσπάθειας, θέλησης** κλπ.
5. Η **φυσική επιλογή** αποτελείται από δύο μέρη: **διαφορικός ρυθμός επιβίωσης** και **διαφορικός αναπαραγωγικός ρυθμός**.
6. Γίνεται εμφανές ότι οι διαφορές στην δυνατότητα επιβίωσης δεν αρκούν για να εξηγήσουν τις εξελικτικές αλλαγές. **Ο σημαντικός παράγοντας είναι η αναπαραγωγική επιτυχία**.
7. Η **συσσώρευση** εισάγεται ως όρος που αντιστοιχεί στην αυξανόμενη αναλογία ατόμων με κάποιο κληρονομικό χαρακτηριστικό λόγω της φυσικής επιλογής. Μετά από αυτό συζητιέται η εξελικτική σημασία της **αναπαραγωγής**.
8. Γίνονται σαφή **τα πολλαπλά επίπεδα οργάνωσης** που χρησιμοποιούνται στην συζήτηση της εξέλιξης.
9. Η **εξέλιξη με φυσική επιλογή** χρησιμοποιείται **ως ερμηνευτικό πλαίσιο** για την ανάπτυξη των οργανισμών, την βιοποικιλότητα, την φυλετική επιλογή, τη συνεξέλιξη, την ειδογένεση, την συμπεριφορική οικολογία, την ηθολογία κλπ



ΕΞΕΛΙΞΗ Σχεδιαστικές Αρχές που σχετίζονται με τη φύση της επιστήμης

1. Αποσαφηνίζεται η φύση της επιστήμης.
2. Συζητούνται οι διαφορές μεταξύ επιστημονικού και μη επιστημονικού (επιστήμης και πίστης).
3. Οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να συμμαριστούν τον τρόπο με τον οποίο η επιστήμη ερμηνεύει τα φαινόμενα. Ο σεβασμός στους εκπαιδευόμενους που ασπάζονται διαφορετικές αντιλήψεις (πεποιθήσεις) σε αυτό το θέμα είναι απαραίτητος.
4. Προσφέρονται πολλές ευκαιρίες στους εκπαιδευόμενους για τη χρήση μιας θεωρίας ως νοητικό εργαλείο.
5. Η διδασκαλία σχεδιάζεται και υλοποιείται έτσι ώστε η θεωρία να είναι το κύριο ενοποιητικό πλαίσιο.
6. Δίνονται ευκαιρίες αναστοχασμού των πλεονεκτημάτων και των ορίων των διαφόρων αναπαραστάσεων.



Γενικές Σχεδιαστικές Αρχές

1. Ο/η εκπαιδευτικός θεωρεί τον εαυτό του ως εκπρόσωπο της επιστημονικής κουλτούρας, ο οποίος παρουσιάζει έννοιες, δίνει επιστημονικές εξηγήσεις και δημιουργεί πλαίσιο εφαρμογών αυτών των εννοιών.
2. Ο/η εκπαιδευτικός είναι επαρκώς εξοικειωμένος με τις συνήθειες εναλλακτικές αντιλήψεις που σχετίζονται με το περιεχόμενο και είναι ευαίσθητοποιημένος απέναντι σε αυτές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Είναι προσεκτικός/ή και ενδιαφέρεται και για τις εναλλακτικές αντιλήψεις που είναι γνωστές από τη βιβλιογραφία και για πιθανές νέες.
3. Ο/η εκπαιδευτικός δημιουργεί κλίμα ανοχής στην τάξη του, έτσι ώστε οι μαθητές/τριες να μπορούν να εκθέτουν και να συζητούν τις ιδέες τους και να αναστοχάζονται.
4. Αφιερώνεται σημαντικό χρονικό διάστημα για την συζήτηση και την επίλυση προβλημάτων στα οποία οι μαθητές θα πρέπει να εφαρμόσουν το περιεχόμενο που διδάχτηκαν σε διάφορες περιστάσεις. Τους δίνονται ευκαιρίες να τοποθετηθούν σε καθημερινά ή επιστημονικά ζητήματα και να αναπτύσσουν επιχειρήματα.
5. Αναλώνεται άπλετος χρόνος στη συζήτηση και την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων που εξοικειώνει στην χρήση του περιεχομένου της διδασκαλίας.
6. Ενθαρρύνεται η κατανόηση εις βάθος.
7. Χρησιμοποιείται διαμορφωτική αξιολόγηση τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς.
8. Τα κίνητρα και το ενδιαφέρον είναι σημαντικά θα πρέπει να ενεργοποιούνται και να διατηρούνται.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andersson, B. & Wallin, A. (2006) On Developing Content-oriented Theories Taking Biological Evolution as an Example, *International Journal of Science Education*, 28(6,) 673-695. DOI: 10.1080/09500690500498385

Wallin, A (2004). The theory of evolution in the classroom. Towards a domain specific theory for teaching biological evolution. Doctoral Thesis. University of Getenborg (https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/9494/1/gupea_2077_9494_1.pdf)

Wallin, A. & Andersson, B. (2005). Learning biological evolution during assessment – exploring the use of an interactive database-driven internet application. In M. Ergazaki, J. Lewis & V. Zogza (Eds.) *Trends in biology education research in the new biology era*. Proceedings of the V Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB) (pp. 233-242). Patras, Greece: Patras University Press. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/19217/1/gupea_2077_19217_1.pdf

Wallin, A., Hagman, M. & Olander, C. (2001). Teaching and learning about the biological evolution: Conceptual understanding before, during and after teaching. In *Proceedings of the III Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)*, pp.127-139. Universidade de Santiago de Compostela, Spain. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/19219/1/gupea_2077_19219_1.pdf

Hagman, M., Olander, C. & Wallin, A. (2003) Research-based teaching about biological evolution. In Lewis, J., Margo, A., & Simonneaux, L. (Eds.) *Biology education for the real world. Student - Teacher – Citizen*. Proceedings of the IV Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB) (pp. 105-119) Toulouse – France: Ecole National de Formation Agronomique. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/19218/1/gupea_2077_19218_1.pdf

Wallin, A., & West, E. (2013). Design and validation of teaching-learning sequences: Content-oriented theories about transmission of sound and biological evolution. In T. Plomp, & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research – Part B: Illustrative cases* (pp. 179-198). Enschede, the Netherlands: SLO.

