

## Διαμορφωτική αξιολόγηση διδασκαλίας και μαθητών σε πραγματικό χρόνο στην ψηφιακή τάξη

Θεόδωρος Πιερράτος, MSc, Υπ. Διδάκτορας Τμ. Φυσικής ΑΠΘ,  
Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης, [pierratos@gmail.com](mailto:pierratos@gmail.com)  
Ευάγγελος Κολτσάκης, MSc, MEd, Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης,  
[ekoltsakis@gmail.com](mailto:ekoltsakis@gmail.com)  
Χαρίτων Πολάτογλου, Αν. Καθηγητής Τμήματος Φυσικής, ΑΠΘ,  
[hariton@auth.gr](mailto:hariton@auth.gr)

### Περίληψη

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η χρήση των συστημάτων τηλεκαταγραφής εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων (Classroom Response Systems - CRS) ως εργαλείων τα οποία παρέχουν αποτελεσματική διαμορφωτική αξιολόγηση της διδασκαλίας. Τα CRS παρέχουν ανάδραση τόσο στο διδάσκοντα όσο και σε όλους τους μαθητές, σε πραγματικό χρόνο, δίνοντας τη δυνατότητα αναπροσαρμογής της διδακτικής προσέγγισης του διδάσκοντα, αλλά και ενισχύοντας τους μεταγνωστικούς μηχανισμούς μάθησης των μαθητών. Τα CRS μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλα σχεδόν τα μαθήματα του αναλυτικού προγράμματος. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται, ως μελέτη περίπτωσης, μια εφαρμογή στη διδασκαλία του 1ου νόμου του Νεύτωνα στη Φυσικής της Β' Γυμνασίου, και παρουσιάζονται δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσα στην τάξη, τα οποία αναδεικνύουν τη δυναμική της μεθόδου.

### 1. Εισαγωγή

Οι παραδοσιακές διαλέξεις, οι οποίες συνηθίζονται από την πλειονότητα των διδασκόντων στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση, βασίζονται συνήθως στη μονόδρομη επικοινωνία διδάσκοντος–διδασκόμενου. Αυτή η διδακτική προσέγγιση βασίζεται στην παραδοχή ότι οι μαθητές είναι ικανοί να προσλάβουν την παρεχόμενη πληροφορία και να την ενσωματώσουν στο σύνολο των γνώσεών τους, υπερβαίνοντας τις γνωστικές συγκρούσεις μεταξύ όσων καταλαβαίνουν και πιστεύουν και των νέων γνώσεων στις οποίες εκτίθενται. Ελάχιστοι ωστόσο μαθητές είναι ικανοί να κάνουν κάτι τέτοιο (Bransford, Brown & Cocking, 1999).

Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη διδακτικών προσεγγίσεων που αυξάνουν τη συχνότητα και την ποιότητα των αλληλεπιδράσεων κατά τη διάρκεια του μαθήματος, εγκαθιδρύοντας αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ διδάσκοντος – διδασκόμενου. Η ανάδραση που παρέχεται με τον τρόπο αυτό τόσο στο μαθητή όσο και στο δάσκαλο έχει αναγνωριστεί ως θεμελιώδες χαρακτηριστικό της σύγχρονης διδασκαλίας (Black et al., 2002). Μέσω αυτής ο διδάσκων και οι διδασκόμενοι ενημερώνονται για το βαθμό κατανόησης κάθε έννοιας από τους μαθητές (διαμορφωτική αξιολόγηση), χωρίς να βαθμολογούνται, επιτρέποντας τη λήψη αποφάσεων για την επιλογή της προσφορότερης διδακτικής μεθοδολογίας που θα οδηγήσει στην επίτευξη των διδακτικών στόχων που τίθενται στην αρχή της διδασκαλίας.

Σε μια παραδοσιακή τάξη ανάδραση μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους: π.χ. ο διδάσκων ζητά από τους μαθητές που συμφωνούν ή όχι με μια πρόταση να «σηκώσουν το χέρι τους», τίθεται ερώτηση και μερικοί μαθητές απαντούν εθελοντικά, χρησιμοποιούνται μαυροπίνακες για να καταγραφούν απαντήσεις ή χρησιμοποιούνται έγχρωμες κάρτες για να αναπαραστήσουν απαντήσεις πολλαπλών επιλογών (Abrahamson, 2006; Draper, Cargill, & Cutts, 2002; McCabe, 2006; Pelton & Pelton, 2006). Πιο συχνά, ο διδάσκων θέτει μία ερώτηση, μερικοί μαθητές δηλώνουν την πρόθεσή τους να απαντήσουν σηκώνοντας το χέρι και κάποιος τελικά απαντά.

Αυτές οι μέθοδοι όμως έχουν σημαντικά μειονεκτήματα. Το να σηκώσουν τα χέρια τους οι μαθητές, για παράδειγμα, είναι περιοριστικό καθώς είναι δύσκολο να παράσχει μια γρήγορη και ακριβή αίσθηση της κατανόησης της τάξης. Επιπλέον, μερικοί μαθητές τείνουν να αντιγράφουν τις απαντήσεις των άλλων, ενώ με το που κατεβαίνουν τα χέρια τα δεδομένα χάνονται (Abrahamson, 2006; Pelton & Pelton, 2006). Επίσης, συνήθως σηκώνουν το χέρι μόνο οι μαθητές που είναι βέβαιοι για τις γνώσεις τους (Slain et al., 2004), ενώ σηκώνοντας το χέρι του ένας μαθητής η απάντησή του παύει να είναι ανώνυμη.

Λύση σε αυτά τα προβλήματα καλούνται να δώσουν οι δοκιμασίες ελέγχου (τεστ) που δίνει ο διδάσκων στους μαθητές στο τέλος του μαθήματος ή, συνηθέστερα, στην αρχή του επόμενου μαθήματος. Με τον τρόπο αυτό, όμως, ο χρόνος που απαιτείται για τις διορθωτικές κινήσεις και την αναπροσαρμογή της διδακτικής προσέγγισης είναι ιδιαίτερα μεγάλος, έχοντας ως συνέπεια την κατάρρευση ουσιαστικά του καναλιού ανατροφοδότησης διδάσκοντος-διδασκόμενων.

## **2. Τα συστήματα τηλεκαταγραφής εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων (CRS)**

Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας και ιδιαίτερα η εξάπλωση των φορητών ασύρματων συσκευών (κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές, υπολογιστές παλάμης), φαίνεται ότι μπορεί να επιλύσει αποτελεσματικότερα τα περισσότερα από τα προβλήματα που περιγράφηκαν παραπάνω.

Ένα σύστημα τηλεκαταγραφής εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων (CRS) είναι ένα ασύρματο δίκτυο υπολογιστών παλάμης. Σε κάθε διδασκόμενο διατίθεται μία τέτοια συσκευή με την οποία μπορεί να απαντά με διάφορους τρόπους σε ερωτήσεις που θέτει ο διδάσκων. Κάθε συσκευή (ονομαζόμενη και κλίκερ) αναγνωρίζεται από το σύστημα μέσω ενός αριθμού ταυτότητας που της αντιστοιχεί. Ανάλογα με τον τύπο της συσκευής, κάθε μαθητής ή ομάδα μαθητών ή/και όλοι οι μαθητές μπορούν να δέχονται συγκεκριμένες ερωτήσεις (τις ίδιες ή διαφορετικές ανά μαθητή ή ανά ομάδα) στην οθόνη της συσκευής του, να απαντούν στέλνοντας κείμενο (με λατινικούς χαρακτήρες), αριθμητικά αποτελέσματα, απαντήσεις σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, απαντήσεις τύπου Σωστό – Λάθος και απαντήσεις ακολουθίας («να βάλετε στη σωστή σειρά»). Οι μαθητές πληροφορούνται ότι η απάντησή τους καταχωρίστηκε, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να ενημερώνονται αν έχουν απαντήσει σωστά ή λανθασμένα (ανάδραση μαθητών). Μέσω λογισμικού, που συνεργάζεται με εμπορικά πακέτα παρουσιάσεων, είναι δυνατό αμέσως μετά την αποστολή των απαντήσεων από όλους τους μαθητές να παρουσιαστούν στατιστικά στοιχεία για τις απαντήσεις που δόθηκαν. Τα στοιχεία αυτά είναι δυνατό να προβάλλονται σε όλη την τάξη με τη βοήθεια προβολικού συστήματος.

Με την παροχή της ανάδρασης στην τάξη, προβάλλοντας την κατανομή των απαντήσεων όλων των διδασκόμενων σε κάποια ερώτηση, οι μαθητές μπορούν να συγκρίνουν το βαθμό κατανόησής τους με αυτό των συμμαθητών τους. Συνειδητοποιούν έτσι, ότι δεν είναι μόνο αυτοί που έχουν, ενδεχομένως, παρερμηνεύσει κάποιες έννοιες, ή από την άλλη αντιλαμβάνονται ότι δεν έχουν κατακτήσει τις έννοιες στο βαθμό που ίσως πίστευαν, αναπτύσσοντας έτσι ισχυρούς μεταγνωστικούς μηχανισμούς.

Ταυτόχρονα, η χρήση των CRS παρέχει ταχύτατη ανάδραση στο διδάσκοντα ως προς το τρέχον επίπεδο κατανόησης των εννοιών εκ μέρους των μαθητών. Ένας πεπειραμένος εκπαιδευτικός μπορεί γρήγορα να παράσχει εξηγήσεις ή να μεταβάλλει την πορεία της διδακτικής αλληλεπίδρασης, επιδιώκοντας οι μαθητές να συζητήσουν τις αντιλήψεις

τους με τους συμμαθητές τους, είτε σε επίπεδο ομάδων είτε σε επίπεδο τάξης, προκειμένου να φέρει στην επιφάνεια τον τρόπο σκέψης τους.

Εκτεταμένες έρευνες υποστηρίζουν ότι η χρήση των CRS παρέχει ως εκ τούτου αποτελεσματική διαμορφωτική αξιολόγηση (Beatty, 2004; Bergtrom, 2006; Brewer, 2004; Bullock et al., 2002; Caldwell, 2007; Draper & Brown, 2004; Dufresne & Gerace, 2004; Greer & Heaney, 2004; Hatch et al., 2005; Jackson et al., 2005; Siau et al., 2006; Simpson & Oliver, 2007).

### **3. Οι παιδαγωγικές μέθοδοι**

Τα CRS αποτελούν μια εκπαιδευτική τεχνολογία αιχμής η οποία μπορεί να εμπλέξει ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία το σύνολο των μαθητών. Όπως κάθε τεχνολογία όμως, είναι αδύναμη να παράσχει ουσιαστικά μαθησιακά οφέλη αν δεν αξιοποιηθεί παιδαγωγικά ορθά. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν αναπτυχθεί τρεις κυρίως παιδαγωγικές διδακτικές μέθοδοι, οι οποίες στηρίζονται στη χρήση των CRS, οι οποίες μοιράζονται αρκετά κοινά στοιχεία: α. η διδασκαλία μεταξύ ομότιμων (Mazur, 1997), β. η διδασκαλία που καθοδηγείται από ερωτήσεις (Beatty et al., 2006; Dufresne, 2000) και γ. η διδασκαλία που στηρίζεται σε ένα σύνολο ερωτήσεων αυξανόμενης δυσκολίας (Reay et al., 2006, 2008). Η πιο διαδομένη μέθοδος είναι η πρώτη από αυτές.

#### **3.1 Διδασκαλία μεταξύ ομότιμων (Peer instruction)**

Η διδακτική μεθοδολογία που είναι γνωστή ως διδασκαλία μεταξύ ομότιμων αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ και έχει εφαρμοστεί με επιτυχία τόσο σε Πανεπιστήμια των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής όσο και άλλων χωρών του εξωτερικού (Crouch & Mazur, 2001; Fagan, Crouch & Mazur 2002), συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας (Πιερράτος κ.α., 2010.)

Σύμφωνα με αυτή τη διδακτική προσέγγιση, ο διδάσκων θέτει μία ερώτηση εννοιολογικού περιεχομένου την οποία απαντά κάθε μαθητής μόνος του. Ο διδάσκων προβάλλει την κατανομή των απαντήσεων των μαθητών αμέσως μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αποστολής των απαντήσεων από τους μαθητές (παροχή ανάδρασης) και στη συνέχεια ζητείται από τους μαθητές να συσκεφθούν σε ομάδες των 3-4 ατόμων, προσπαθώντας να υπερασπιστούν την άποψή τους και να πείσουν για την ορθότητά της τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας. Μετά από μερικά λεπτά οι μαθητές απαντούν και πάλι στην ίδια ερώτηση. Ο διδάσκων αποκαλύπτει την κατανομή των απαντήσεων των μαθητών και ζητά από εκπροσώπους των διάφορων απαντήσεων να τεκμηριώσουν τις απόψεις τους και να τεκμηριώσουν την

επιλογή τους. Στο τέλος αποκαλύπτεται από το διδάσκοντα η σωστή απάντηση και η διαδικασία συνεχίζεται με την επόμενη ερώτηση. Με αυτόν τον τρόπο καταργείται ουσιαστικά η κλασική δασκαλοκεντρική διδασκαλία υπό μορφή διαλέξεων και εφαρμόζεται μια μαθητοκεντρική διδακτική μεθοδολογία που προάγει την ενεργή μάθηση (Bruff, 2009).

#### **4. Μια μελέτη περίπτωσης: διδάσκοντας Φυσική στη Β' Γυμνασίου**

Τα CRS έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται διεθνώς σε όλα τα μαθήματα. Προκειμένου να γίνει σαφής ο τρόπος χρήσης τους που προσφέρει στη διαμορφωτική αξιολόγηση της διδασκαλίας, θα παρουσιαστεί ένα εκπαιδευτικό σενάριο εφαρμογής τους στη Φυσική της Β' Γυμνασίου για τη διδασκαλία του 1ου νόμου του Νεύτωνα.

Το συγκεκριμένο σενάριο (Κολτσάκης & Πιερράτος, 2010), αποτελώντας εφαρμογή της μεθόδου διδασκαλίας μεταξύ ομότιμων, επιχειρεί την επιδίωξη διδακτικών στόχων της Φυσικής Β' Γυμνασίου καθώς και, με τις κατάλληλες τροποποιήσεις, του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών της Φυσικής Α' Λυκείου. Επιχειρεί, με τη βοήθεια Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας και της αλληλεπίδρασης των μαθητών, να εστιάσει στη μελέτη του 1ου νόμου του Νεύτωνα και να βοηθήσει στην προσπάθεια για τη μετάβαση των μαθητών από την αριστοτελική θεώρηση για την κίνηση με σταθερή ταχύτητα, στη Νευτώνεια θεώρηση. Αξιοποιεί δε, μέσω βίντεο, εργαστηριακές δραστηριότητες που δεν θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στο σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών και στην επιφάνεια της Γης (Πιερράτος & Πολάτογλου, 2009).

##### **4.1 Το εκπαιδευτικό σενάριο**

Αρχικά τίθενται δύο ερωτήσεις για να καταγραφεί η γνωστική αφετηρία και οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Οι ερωτήσεις είναι οι εξής:

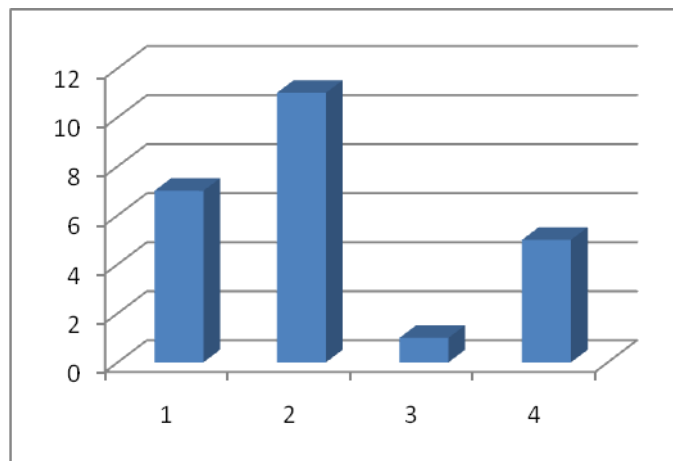
*Η διαστημική συσκευή Pioneer ταξιδεύει ήδη από το 2000 έξω από τα όρια του ηλιακού μας συστήματος, με ταχύτητα 40.000 km/h. Πώς μπορεί και κινείται με τόσο μεγάλη ταχύτητα;*

1. Χρησιμοποιεί πυρηνικά καύσιμα
2. Χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια
3. Χρησιμοποιεί πετρέλαιο
4. Τίποτα από τα παραπάνω

Οι μαθητές αφού σκεφτούν για 1-2 λεπτά, απαντούν ο καθένας μόνος του. Ο διδάσκων προβάλλει άμεσα την κατανομή των απαντήσεων των

μαθητών, η οποία ενδεικτικά σε κάποιο τμήμα στο οποίο εφαρμόστηκε, έχει τη μορφή της Εικόνας 1 (παρόμοιες εμφανίζονται σε όλα τμήματα μαθητών, με μικρές διαφοροποιήσεις).

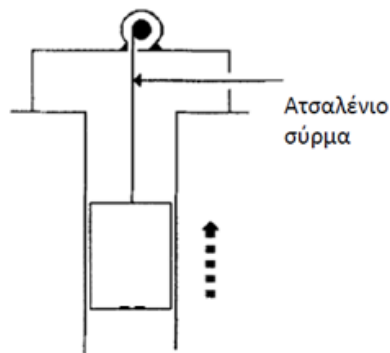
Από αυτήν προκύπτει ότι ο περισσότεροι μαθητές πιστεύουν ότι το Pioneer ταξιδεύει χρησιμοποιώντας ηλιακή ή πυρηνική ενέργεια. Ζητείται από μερικούς μαθητές που απάντησαν «Τίποτα από τα παραπάνω», να διατυπώσουν τις σκέψεις τους. Με τον τρόπο αυτό ο διδάσκων πληροφορείται για τις ιδέες των μαθητών ενώ ταυτόχρονα τους δίνει τη δυνατότητα να εκφραστούν προσπαθώντας να αρθρώσουν επιστημονικές έννοιες με το δικό τους τρόπο.



Εικόνα 1.

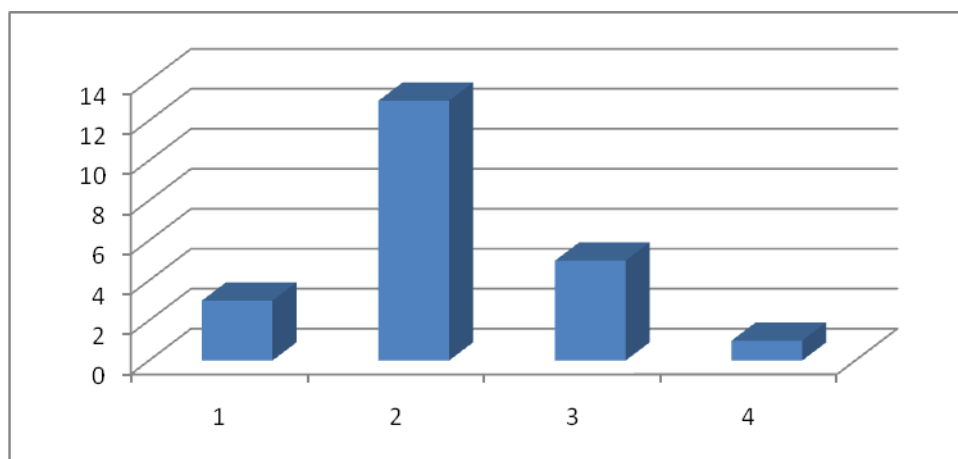
Τίθεται η δεύτερη ερώτηση:

*Ένας ανελκυστήρας κινείται προς τα πάνω προσδεμένος από ένα ατσαλένιο σύρμα. Ο ανελκυστήρας ανεβαίνει με σταθερή ταχύτητα. Άρα:*



- (Α) Η προς τα πάνω δύναμη που ασκεί το σύρμα στον ανελκυστήρα είναι μεγαλύτερη κατά μέτρο από την προς τα κάτω δύναμη του βάρους του.
- (Β) Το μέτρο της δύναμης που ασκεί το σύρμα είναι ίσο με το μέτρο της δύναμης του βάρους του ανελκυστήρα.
- (Γ) Το μέτρο της δύναμης που ασκεί το σύρμα είναι μικρότερο από το μέτρο της δύναμης του βάρους του ανελκυστήρα.
- (Δ) Ο ανελκυστήρας ανεβαίνει επειδή το μήκος του σύρματος διαρκώς ελαττώνεται και όχι εξαιτίας της δύναμης που ασκείται από το σύρμα

Οι μαθητές αφού σκεφτούν για 1-2 λεπτά, απαντούν ο καθένας μόνος του. Ο διδάσκων προβάλλει άμεσα την κατανομή των απαντήσεων των μαθητών, η οποία, στο ίδιο τμήμα, έχει τη μορφή της Εικόνας 2.



Εικόνα 2.

Εδώ η πλειονότητα των μαθητών απαντά σωστά (απάντηση 2). Οι ίδιοι όμως μαθητές απάντησαν λανθασμένα στην πρώτη ερώτηση η οποία απαιτούσε την ίδια αρχή της Φυσικής. Αντιλαμβάνονται επομένως οι μαθητές πραγματικά τις φυσικές έννοιες που περιγράφουν το φαινόμενο; Πώς τους επηρεάζει το πλαίσιο στο οποίο εντάσσεται κάθε ερώτηση/πρόβλημα; Τα ερωτήματα αυτά που προκύπτουν από τις απαντήσεις των μαθητών, παρέχουν ανάδραση στο διδάσκοντα ο οποίος συνειδητοποιεί ότι οι δύο κατανομές είναι αντιφατικές. Οι μαθητές κατανοούν μάλλον αποσπασματικά τις έννοιες. Απαιτείται, επομένως, προσεκτική διαχείρισή τους κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Στη συνέχεια ξεκινά η προβολή της ταινίας *Project: Zero Gravity. Newton in space*, της ESA (ESA, 2008). Στην οθόνη προβολής οι μαθητές βλέπουν τον αστροναύτη Pedro Duque να βρίσκεται μπροστά σε μια μπάλα του πινγκ πονγκ η οποία αιωρείται, λόγω της συνθήκης έλλειψης βαρύτητας που επικρατεί στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ΔΔΣ).

Τονίζεται στους μαθητές ότι λόγω της κίνησης που κάνει ο ΔΔΣ τα πράγματα μέσα σε αυτόν συμπεριφέρονται σαν να μην υπάρχει βαρύτητα. Άρα το συγκεκριμένο περιβάλλον δίνει μια μοναδική ευκαιρία να δει κανείς πώς κινούνται τα σώματα όταν δεν υπάρχει βαρύτητα. Επίσης, ζητείται να θεωρήσουν ότι, λόγω του αεροδυναμικού σχήματος της μπάλας και της κίνησής της στον αέρα και όχι πάνω σε μία επιφάνεια, οι δυνάμεις τριβής που ασκούνται στη μπάλα είναι αμελητέες. Για να επιδειχθεί η πραγματικά μικρή επίδραση του αέρα στις ταχύτητες που αναπτύσσει η μπάλα, χρησιμοποιείται στην τάξη το *hover ball*, ένα παιδικό παιχνίδι που κινείται σε στρώμα αέρα που το ίδιο δημιουργεί με ένα μικρό μοτέρ.

Ο αστροναύτης φυσά για μικρό χρονικό διάστημα τη μπάλα και αυτή αρχίζει να κινείται. Ο εκπαιδευτικός «παγώνει» το βίντεο και ζητάει από τους μαθητές να προβλέψουν την κίνηση που θα κάνει η μπάλα. Ακούγονται διάφορες απόψεις. Προβάλλεται η παρακάτω ερώτηση, στην οποία ουσιαστικά ομαδοποιούνται οι απόψεις που έχουν ακουστεί, και όλοι οι μαθητές απαντούν χρησιμοποιώντας το κλίκερ τους.

*Τι είδους κίνηση θα κάνει η μπάλα, ως προς το πάτωμα, από τη στιγμή που θα σταματήσει να τη φυσάει ο αστροναύτης;*

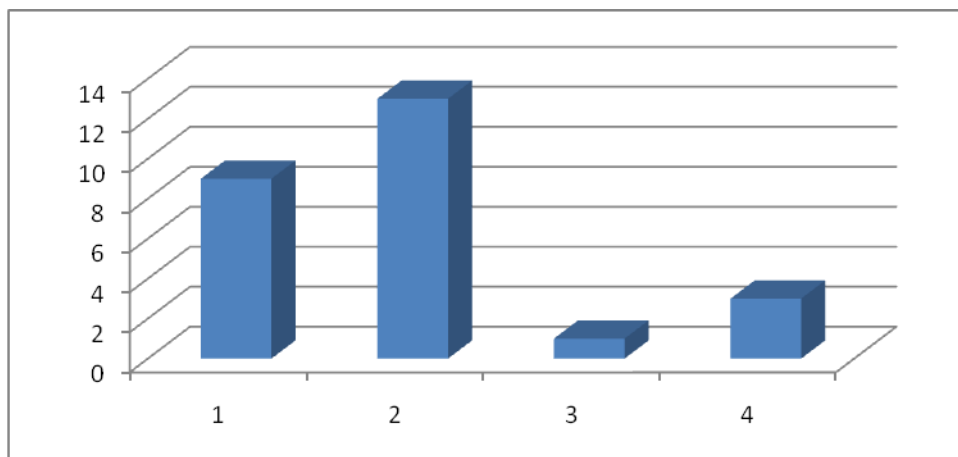
1. Θα κινηθεί για λίγο χρόνο ευθύγραμμα («ίσια») και τελικά θα σταματήσει
2. Θα κινηθεί ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα
3. Θα κάνει καμπύλη τροχιά προς τα κάτω
4. Τίποτα από τα παραπάνω
5. Δε γνωρίζω

Οι μαθητές αφού σκεφτούν για 1-2 λεπτά, απαντούν ο καθένας μόνος του. Ο διδάσκων προβάλλει άμεσα την κατανομή των απαντήσεων των μαθητών, η οποία, στο ίδιο τμήμα, έχει τη μορφή της Εικόνας 3.

Η κατανομή προβάλλεται χωρίς να γίνει κάποιο σχόλιο. Ήδη οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να δουν ότι υπάρχουν διάφορες απόψεις μέσα στην τάξη. Ακόμη κι αν κάνουν λάθος, δεν είναι οι μόνοι. Αντιλαμβάνονται την ανάγκη να εμβαθύνουν στο θέμα. Ο διδάσκων βλέπει ότι αρκετοί μαθητές απαντούν σωστά και αρκετοί όχι. Αντιλαμβάνεται ότι όσοι απαντούν το «1»

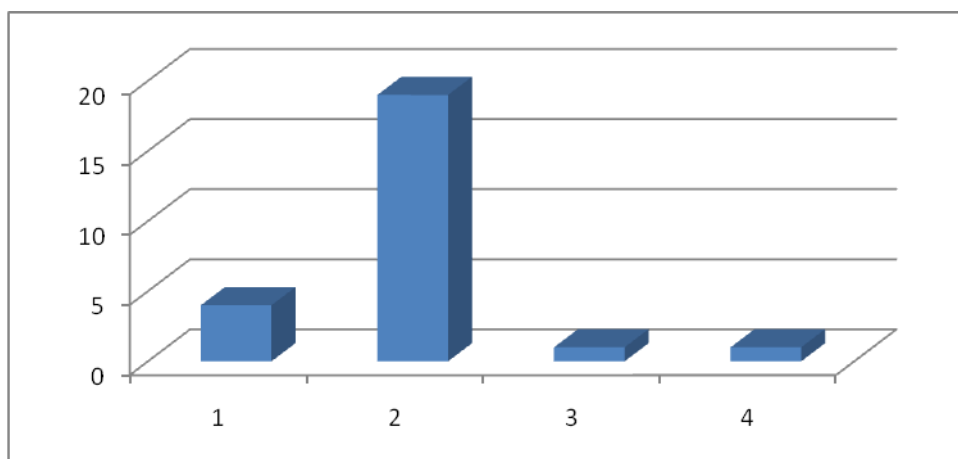


είναι προσκολλημένοι στην Αριστοτελική θεώρηση της φύσης. Άραγε αυτοί που απαντούν σωστά πώς είχαν απαντήσει στις δύο πρώτες ερωτήσεις;



Εικόνα 3.

Ζητείται από τους μαθητές να συζητήσουν μέσα στις ομάδες τους προσπαθώντας να υπερασπιστούν την άποψή τους. Μετά από 2 -3 λεπτά τους ζητείται να απαντήσουν ξανά. Η κατανομή των απαντήσεών τους έχει πλέον τη μορφή της Εικόνας 4.



Εικόνα 4.

Η συζήτηση μέσα στις ομάδες φαίνεται να δίνει καρπούς. Πρέπει όμως να διαπιστωθεί το πώς σκέφτονται οι μαθητές. Καλούνται όσοι απάντησαν έτσι

ή αλλιώς να τεκμηριώσουν την άποψή τους. Αναδεικνύονται διάφορες απόψεις, άλλες σωστές και άλλες λανθασμένες, που οδηγούν τελικά στη σωστή απάντηση. Γίνεται προσπάθεια να γίνει σύνδεση με τις προηγούμενες καταστάσεις και να εκμαιευτεί η σωστή απάντηση χωρίς ωστόσο να διατυπωθεί ρητά από τον εκπαιδευτικό.

Η ροή του βίντεο συνεχίζεται, και διαπιστώνεται ότι η μπάλα κινείται σε ευθύγραμμη τροχιά, μολονότι η τροχιά αυτή δεν είναι οριζόντια ως προς το κάδρο της εικόνας. Τονίζεται ποια ήταν η σωστή απάντηση με βάση την παρατήρηση.

Το βίντεο συνεχίζεται και εμφανίζεται ένα πλέγμα συντεταγμένων με τη βοήθεια του οποίου οι μαθητές μπορούν να διαπιστώσουν ότι η κίνηση της μπάλας είναι πρακτικά ισοταχής. *(Στην πραγματικότητα, λόγω της τεχνητής ατμόσφαιρας μέσα στον ΔΔΣ στην μπάλα ασκείται η αντίσταση του αέρα, όμως το μικρό μήκος της διαδρομής που ακολουθεί η μπάλα καθιστά αμελητέα την επίδραση της αντίστασης).*

Ζητείται από τους μαθητές να προσπαθήσουν να περιγράψουν το φαινόμενο που παρατήρησαν με όρους φυσικής. Δεν επιχειρούνται διορθώσεις τυχόν λανθασμένων, επιστημονικά, διατυπώσεων και επιδιώκεται στη συγκεκριμένη φάση η ανταλλαγή απόψεων και επιχειρημάτων μεταξύ των μαθητών καθώς και η υιοθέτηση επιστημονικών όρων.

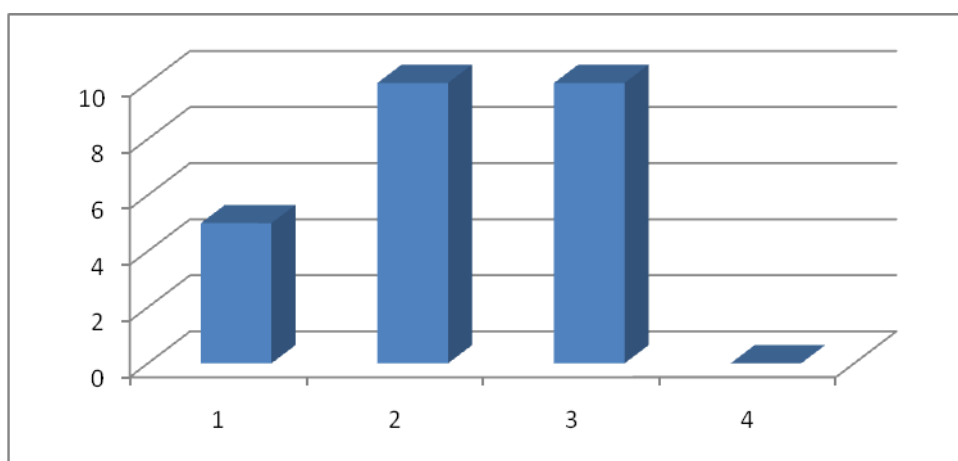
Ζητείται από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συνέβαινε αν η ατμόσφαιρα ήταν πιο πυκνή ή αν το σχήμα της μπάλας ήταν διαφορετικό (όπως αυτό ενός φύλλου χαρτιού). Γιατί; Στο πλαίσιο αυτό εισάγεται ο όρος “κινητική κατάσταση”.

Τίθεται η ερώτηση «τι θα έπρεπε να συμβεί για να αλλάξει “κινητική κατάσταση” η μπάλα»; Αφού μερικοί μαθητές διατυπώσουν απόψεις, ζητείται να απαντήσουν με τα κλίκερς στην επόμενη ερώτηση:

*Φαντάσου ότι ο ΔΔΣ έχει πάρα πολύ μεγάλο μήκος. Ο αστροναύτης σπρώχνει τη μπάλα όπως στο βίντεο. Τι θα πρέπει να συμβεί, κατά τη γνώμη σου, για να αλλάξει η κινητική κατάσταση της μπάλας;*

- 1. Τίποτα, έτσι κι αλλιώς η μπάλα θα σταματήσει κάποια στιγμή από μόνη της.*
- 2. Δε νομίζω ότι μπορεί να αλλάξει η κινητική κατάσταση της μπάλας με οποιοδήποτε τρόπο.*
- 3. Κάτι άλλο.*
- 4. Δε γνωρίζω.*

Η κατανομή των απαντήσεων, στο ίδιο τμήμα, αποτυπώνεται στην Εικόνα 5. Παρά τη συζήτηση που έχει προηγηθεί 5 μαθητές ακόμη πιστεύουν ότι η μπάλα θα σταματήσει μόνη της, ενώ 10 πιστεύουν ότι η μπάλα δεν μπορεί να αλλάξει κινητική κατάσταση. Άρα, οι μαθητές είτε δεν κατάλαβαν την έννοια «κινητική κατάσταση» είτε τα επιχειρήματα, και το πείραμα στο Διαστημικό Σταθμό, δεν τους έχουν πείσει. Απαιτείται από το διδάσκοντα επιπλέον διαπραγμάτευση των εννοιών ή επαναπροσδιορισμός της διδακτικής προσέγγισης. Η κατανομή προβάλλεται στην τάξη και τονίζεται ιδιαίτερα το γεγονός ότι δεν υπάρχει κάποια απάντηση την οποία να υιοθετούν οι περισσότεροι μαθητές.



Εικόνα 5.

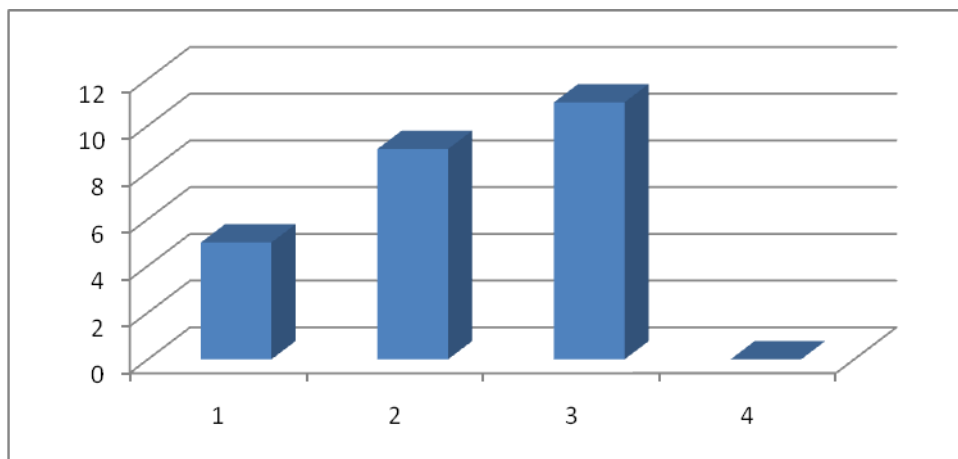
Ζητείται από τους μαθητές να συζητήσουν μέσα στις ομάδες τους προσπαθώντας να υπερασπιστούν την άποψή τους. Μετά από 2 -3 λεπτά τους ζητείται να απαντήσουν ξανά. Η κατανομή των απαντήσεών τους έχει πλέον τη μορφή της Εικόνας 6.

Προβάλλονται οι απαντήσεις και ζητείται ιδιαίτερα από τους μαθητές της απάντησης «1» να τεκμηριώσουν τις απόψεις τους. Εφόσον επικαλεστούν την τριβή του αέρα, τους ζητείται να θεωρήσουν αμελητέα την επίδρασή του. Εξακολουθούν να απαντούν με τον ίδιο τρόπο;

Ζητείται από τους μαθητές που απάντησαν «κάτι άλλο» να πουν τι πιστεύουν.

Προβάλλεται η συνέχεια του βίντεο στο οποίο παρουσιάζονται δυο καταστάσεις:

1. Ο αστροναύτης φυσάει τη μπάλα, η οποία κινείται σε ευθύγραμμη τροχιά, μέχρι να τη σταματήσει ένας άλλος αστροναύτης με το χέρι.
2. Ο αστροναύτης φυσάει τη μπάλα, η οποία τίθεται σε κίνηση και στη συνέχεια μετακινείται κάθετα ως προς την αρχική του θέση και ξαναφυσάει τη μπάλα αλλάζοντας την κατεύθυνση της κίνησής της.



Εικόνα 6.

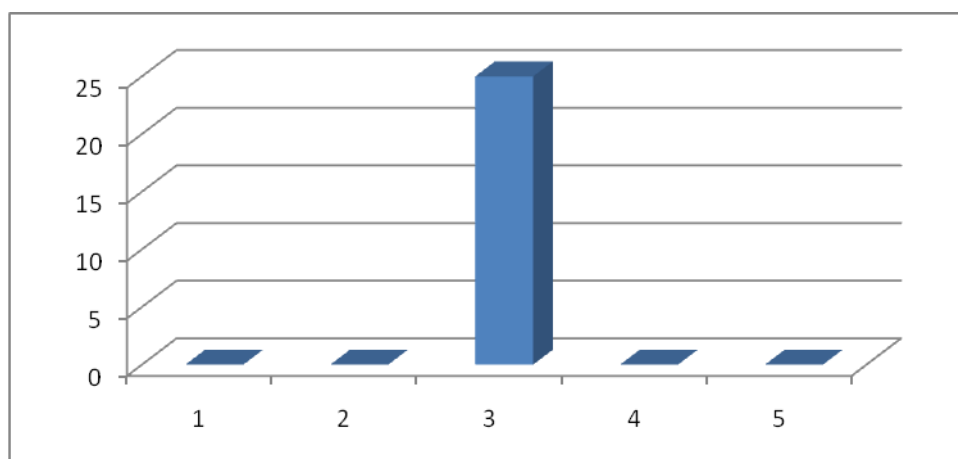
Οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν τις δυο καταστάσεις και να τις συγκρίνουν με όσα αυτοί πρότειναν στην παραπάνω ερώτηση. Επιχειρείται δηλαδή να προκληθεί γνωστική σύγκρουση. Στη συνέχεια, επαναδιατυπώνεται η τελευταία ερώτηση ως εξής:

*Φαντάσου ότι ο ΔΔΣ έχει πολύ μεγάλο μήκος. Ο αστροναύτης σπρώχνει τη μπάλα όπως στο βίντεο. Τι θα πρέπει να συμβεί, κατά τη γνώμη σου, για να αλλάξει η κινητική κατάσταση της μπάλας;*

1. Τίποτα, έτσι κι αλλιώς η μπάλα θα σταματήσει κάποια στιγμή από μόνη της.
2. Δε νομίζω ότι μπορεί να αλλάξει η κινητική κατάσταση της μπάλας με οποιοδήποτε τρόπο.
3. Πρέπει να ασκηθεί δύναμη στη μπάλα.
4. Κάτι άλλο.
5. Δε γνωρίζω

Προστέθηκε δηλαδή η απάντηση 3 για να διαπιστωθεί αν όσοι απαντούν «κάτι άλλο» έχουν στο μυαλό τους τη σωστή απάντηση: πρέπει να ασκηθεί δύναμη στη μπάλα.

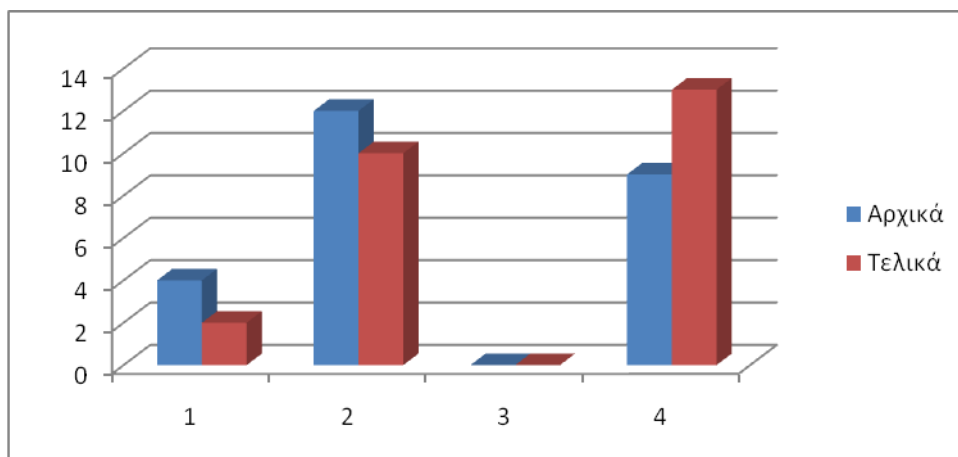
Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών φαίνεται στην Εικόνα 7. Φαίνεται ότι το βίντεο και η σαφέστερη διατύπωση οδήγησε τους μαθητές στη σωστή απάντηση. Στο σημείο αυτό, κρίνεται ότι μπορεί να διατυπωθεί από τον εκπαιδευτικό ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα ως μια αρχή που φαίνεται να περιγράφει «οικονομικά» όσα παρατηρήθηκαν. Οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν την αρχική κίνηση της μπάλας χρησιμοποιώντας το νεοεισαχθέντα πρώτο νόμο του Νεύτωνα. Από τις διατυπώσεις τους διαπιστώνεται ο βαθμός κατάκτησης της νέας γνώσης.



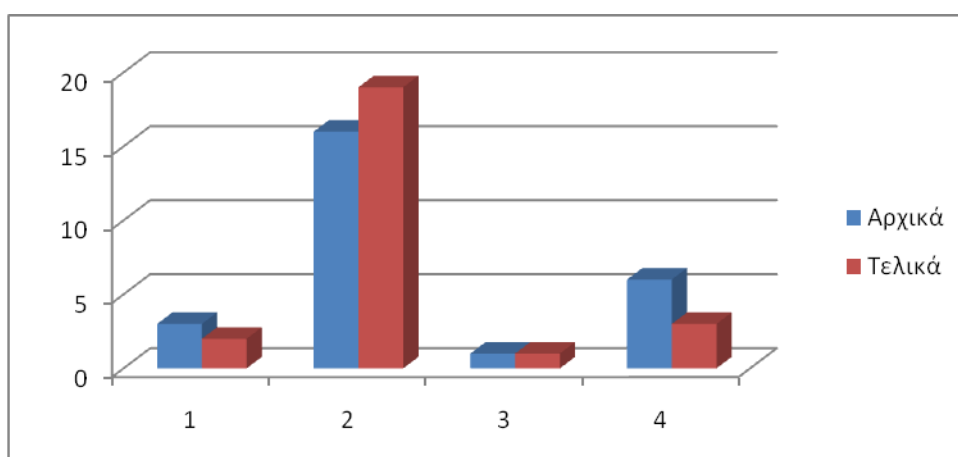
Εικόνα 7.

Κλείνοντας το μάθημα τίθενται ξανά οι δύο ερωτήσεις που είχαν τεθεί στην αρχή του μαθήματος (εναλλακτικά, αν δεν υπάρχει αρκετός χρόνος, τίθενται στην αρχή του επόμενου μαθήματος). Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών του παραπάνω τμήματος φαίνονται στις Εικόνες 8 (πρώτη ερώτηση) και 9 (δεύτερη ερώτηση), αντίστοιχα.

Αν και από τις δύο κατανομές προκύπτει ότι υπάρχει βελτίωση στις σωστές απαντήσεις των μαθητών, μετά από συζήτηση που έγινε στο επόμενο μάθημα διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές δεν απαντούν απλώς καλύτερα, αλλά τα επιχειρήματα που χρησιμοποιούν είναι ορθότερα ενώ κάνουν, σε ικανοποιητικό βαθμό οι περισσότεροι, και χρήση των βασικών αρχών που διδάχτηκαν.



Εικόνα 8.



Εικόνα 9.

### Συμπεράσματα

Η προβολή των διαγραμμάτων με τις κατανομές των απαντήσεων κατά τη διάρκεια εφαρμογής του εκπαιδευτικού σεναρίου, πρόσφερε σημαντικές πληροφορίες στον εκπαιδευτικό, οδηγώντας τον να επιμείνει σε κάποια σημεία, να επαναδιατυπώσει μία ερώτηση και γενικά, να κατευθύνει αποδοτικότερα την εκπαιδευτική διαδικασία.

Πέρα από τα ραβδογράμματα στα οποία αναπαριστάται η κατανομή των απαντήσεων όλων των μαθητών σε μία ερώτηση, το λογισμικό που συνοδεύει το CRS παρέχει επιπλέον στατιστικά δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της διδασκαλίας εκ μέρους των διδασκόντα

καθώς και για την καταγραφή της εξέλιξης των ιδεών κάθε μαθητή μεμονωμένα.

Στην Εικόνα 10 δίνεται η καταγραφή όλων των απαντήσεων μερικών μαθητών μιας τάξης σε ένα σύνολο 10 ερωτήσεων που τέθηκαν. Μέσα από την καταγραφή αυτή ο διδάσκων μπορεί να εντοπίσει για κάθε μαθητή πώς και πότε αλλάζει άποψη για κάποιο θέμα ή αν παραμένει προσκολλημένος σε κάποια από αυτές. Επομένως μπορεί να εντοπίσει ιδέες που ανθίστανται ισχυρά στην αλλαγή ή να προσδιορίσει ποια συγκεκριμένη διδακτική πρακτική οδήγησε σε αναδόμηση κάποιας ιδέας.

Standard Class Answer Report B												
Class Name:	Class_32	Teacher Name:	Teacher_32									
Test Name:	firstlawNewton 10Δεκ10 081838	Test Date:	10-Δεκ-2010									
Student Name	Grade	%	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Student_1		10	1	2	4	2	2	2	2	3	2	2
Student_2		10	1	4	2	2	2	2	2	3	4	2
Student_3		20	1	4	3	1	2	2	2	3	4	3
Student_4		0										
Student_5		10	2	2	2	1	2	2	2	3	4	2
Student_6		0	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2
Student_7		0		2	2	2	2	3	3	3	2	2
Student_8		0	3	2	2	2	2	3	2	3	2	2
Student_9		0										
Student_10		30	3	4	4	2	2	1	1	3	4	1
Student_11		0	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4
Student_12		0	3	4	2	2	2	3	3	3	4	2
Student_13		10	4	1	4	2	2	2	3	3	4	4
Student_14		30	4	2	2	1	2	1	1	3	2	2
Student_15		0	4	4	2	2	2	3	3	3	4	2
Student_16		10	4	2	1	4	2	2	3	3	2	2

Εικόνα 10.

Αντίστοιχα, στην Εικόνα 11 φαίνεται για κάποιον συγκεκριμένο μαθητή η εξέλιξη των απαντήσεων του καθώς και ο χρόνος απόκρισης σε δευτερόλεπτα. Από το χρόνο απόκρισης μπορεί να διαπιστωθεί η ευκολία ή η δυσκολία που συνάντησε ο μαθητής για να απαντήσει και ενδεχομένως η βεβαιότητα με την οποία απαντάει. Συγκρίνοντας τους χρόνους απόκρισης με αυτούς των υπολοίπων μαθητών μπορεί να προκύψει μία εικόνα για τις δυσκολίες που συναντά κάθε μαθητής ξεχωριστά. Ταυτόχρονα μπορούν να εντοπιστούν ερωτήσεις που θεωρούνται στο σύνολό τους άστοχες ή δύσκολες ή ασαφείς.

Student Number: 00010		Student Name: Student_10	
Handset ID: 10	Score: 3	%: 30	Grade:
Question	Response	Time	
1	3	5,91	
2	4	54,48	
3	4	95,89	
4	2	20,06	
5	2	16,36	
6	1	66,39	
7	1	23,06	
8	3	14,45	
9	4	9,03	
10	1	18,34	

Εικόνα 11.

Το σημαντικότερο ίσως χαρακτηριστικό αυτής της νέας τεχνολογίας, είναι η δυνατότητα ενεργοποίησης όλων των μαθητών και ιδιαίτερα των αποκαλούμενων «αδύναμων» μαθητών. Η ανωνυμία που προσφέρει αποτελεί, σύμφωνα με τους ίδιους τους μαθητές, ισχυρό κίνητρο για να εκφράσουν τις απόψεις τους σε κάποια ερώτηση, χωρίς το φόβο να χαρακτηριστούν ή να έχουν επίπτωση στη βαθμολογία τους.

Επομένως, μπορεί να υποστηριχθεί ότι τα στατιστικά στοιχεία που παρέχονται από το λογισμικό υποστήριξης του CRS, σε διάφορες μορφές και σε πραγματικό χρόνο, προάγουν τη διαμορφωτική αξιολόγηση και είναι δυνατό να αξιοποιηθούν για την επιτόπου στοχευμένη αναδόμηση εναλλακτικών ιδεών που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στην παραδοσιακή διδασκαλία.

Η ανάπτυξη, βέβαια, κατάλληλων εκπαιδευτικών σεναρίων κρίνεται επιβεβλημένη. Προκειμένου τα σενάρια αυτά να είναι αποτελεσματικά θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις ευρέως διαδεδομένες διαισθητικές ιδέες των μαθητών στις οποίες εκτίθενται κατά τη γνωστική διαδικασία. Οι έμπειροι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν τα δεδομένα που συλλέγουν σε πραγματικό χρόνο για να αποτιμήσουν την πορεία επίτευξης των διδακτικών τους στόχων και ενδεχομένως να την τροποποιήσουν. Ταυτόχρονα, οι μαθητές έχουν τη μοναδική ευκαιρία να διαπιστώνουν σε κάθε διδακτικό βήμα την προσωπική τους πρόοδο, εντοπίζοντας τα σημεία εκείνα που τους δυσκολεύουν. Διαπιστώνοντας ότι δεν είναι οι μόνοι που αντιμετωπίζουν δυσκολίες, μεταβάλλουν τη στάση τους απέναντι στο μάθημα, γίνονται πιο θετικοί, αποκτούν κίνητρα και αναπτύσσουν τους



μεταγνωστικούς μηχανισμούς που είναι κατάλληλοι για να μάθουν πώς να μαθαίνουν.

### **Βιβλιογραφία**

1. Κολτσάκης Ε., Πιερράτος Θ., (2010). Διδασκαλία του 1ου νόμου του Νεύτωνα. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών για την Αξιοποίηση και Εφαρμογή των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη» του Ε.Π. «Εκπαίδευση και δια βίου μάθηση» «Ο Διαδραστικός Πίνακας στο Σχολείο: Παιδαγωγικές προσεγγίσεις - Διδακτικές Εφαρμογές», σελ. 60-69.
2. Πιερράτος Θ., Ευαγγελινός Δ., Πολάτογλου Χ., Βαλασιάδης Οδ., (2010). Αξιολόγηση Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων και διδασκαλία μεταξύ ομότιμων με χρήση συστημάτων τηλεκαταγραφής. Πρακτικά του 13ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΕΦ, ISBN 978-060-9457-00-2.
3. Πιερράτος, Θ., Πολάτογλου, Χ. (2009). Η διδασκαλία του πρώτου νόμου του Νεύτωνα με την αξιοποίηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που πραγματοποιήθηκαν στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, στο Καριώτογλου, Π. Σπύρτου, Α., Ζουπίδης, Α., Πρακτικά του 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών. Θεσσαλονίκη: Γράφημα.
4. Abrahamson, L. (2006). A brief history of networked classrooms: Effects, cases, pedagogy, and implications. In D. A. Banks (Ed.), Audience response systems in higher education (pp. 373–386). Hershey, PA: Information Science Publishing.
5. Beatty ID (2004) Transforming student learning with classroom communication systems (ECAR Research Bulletin ERB0403). Educause center for applied research. <http://bit.ly/beatty-2004tsl>.
6. Beatty ID, Leonard WJ, Gerace WJ, Dufresne RJ (2006) Question driven instruction: teaching science (well) with an audience response system. In: Banks DA (ed) Audience response systems in higher education: applications and cases. Idea Group Inc, Hershey, pp 96–115.
7. Bergtrom, G. (2006). Clicker sets as learning objects. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 2. <<http://ijklo.org/Volume2/v2p105-110Bergtrom.pdf>>.

8. Black P, Harrison C, Lee C, Marshall B, Wiliam D (2002) Working inside the black box: assessment for learning in the classroom. King's College, London.
9. Bransford JD, Brown AL, Cocking RR (1999). How people learn: brain, mind, experience, and school. National Academy Press, Washington, DC.
10. Brewer, C. A. (2004). Near real-time assessment of student learning and understanding in biology courses. *BioScience*, 54(11), 1034–1039.
11. Bruff, D. (2009). Teaching with classroom response systems. Creative active learning environments. San Francisco: Jossey-Bass.
12. Bullock, D. W., LaBella, V. P., Clinghan, T., Ding, Z., Stewart, G., & Thibado, P. M. (2002). Enhancing the student–instructor interaction frequency. *The Physics Teacher*, 40, 30–36.
13. Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips. *Life Sciences Education*, 6(1), 9–20.
14. Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977.
15. Draper, S. W., & Brown, M. I. (2004). Increasing interactivity in lectures using an electronic voting system. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(2), 81–94.
16. Draper, S. W., Cargill, J., & Cutts, Q. (2002). Electronically enhanced classroom interaction. *Australian Journal of Educational Technology*, 18, 13–23.
17. Dufresne RJ, Gerace WJ, Mestre JP, Leonard WJ (2000) ASK-IT/A2L: assessing student knowledge with instructional technology (Tech. Rep. dufresne-2000ask). University of Massachusetts Amherst Scientific Reasoning Research Institute.
18. Dufresne, R. J., & Gerace, W. J. (2004). Assessing-to-learn: Formative assessment in physics instruction. *The Physics Teacher*, 42, 428–433.
19. ESA (2008). Δικτυακός τόπος:  
[http://www.esa.int/esaHS/SEMGPXNVGJE\\_education\\_0.html](http://www.esa.int/esaHS/SEMGPXNVGJE_education_0.html)
20. Fagan, A. P., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2002). Peer instruction: Results from a range of classrooms. *The Physics Teacher*, 40(4), 206–209.
21. Greer, L., & Heaney, P. J. (2004). Real-time analysis of student comprehension: An assessment of electronic student response

- technology in an introductory earth science course. *Journal of Geoscience Education*, 52(4), 345–351.
22. Hatch, J., Jensen, M., & Moore, R. (2005). Manna from heaven or clickers from hell. *Journal of College Science Teaching*, 34(7), 36–39.
  23. Jackson, M., Ganger, A. Ac., Bridge, P. D., & Ginsburg, K. (2005). Wireless handheld computers in the undergraduate medical curriculum. *Medical Education Online*, 10(5). <http://www.med-ed-online.org/pdf/t0000062.pdf>.
  24. Mazur, E. (1997). *Peer instruction A Users Manual* Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
  25. McCabe, M. (2006). Live assessment by questioning in an interactive classroom. In D. A. Banks (Ed.), *Audience response systems in higher education* (pp. 276–288). Hershey, PA: Information Science Publishing.
  26. Pelton, L. F., & Pelton, T. (2006). Selected and constructed response systems in mathematics. In D. A. Banks (Ed.), *Audience response systems in higher education* (pp. 175–186). Hershey, PA: Information Science Publishing.
  27. Reay NW, Bao L, Warnakulasooriya R, Baugh G (2006) Toward the effective use of voting machines in physics lectures. *Am J Phys* 73(6):554–558.
  28. Reay NW, Li P, Bao L (2008) Testing a new voting machine question methodology. *Am J Phys* 76(2):171–178.
  29. Siau, K., Sheng, H., & Nah, F. (2006). Use of classroom response system to enhance classroom interactivity. *IEEE Transactions on Education*, 49(3), 398–403.
  30. Simpson, V., & Oliver, M. (2007). Electronic voting systems for lectures then and now: A comparison of research and practice. *Australasian Journal of Educational Technology*, 23(2), 187–208.
  31. Slain, D., Abate, M., Hidges, B. M., Stamatakis, M. K., & Wolak, S. (2004). An interactive response system to promote active learning in the doctor of pharmacy curriculum. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 68(5), 1–9.