

Π. Γ. Μιχαηλίδης, 'Πολυμορφικές Ασκήσεις Φυσικής', 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 29-31 Μαΐου 1998, πρακτικά σ. 399-405.

Πολυμορφικές Ασκήσεις Φυσικής

Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής
στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης
GR-741 00 Ρέθυμνο-Κρήτης
Τηλ. 0831-77627, Fax 0831-77596, e-mail: michael@cc.ucl.ac.uk

Περίληψη

Οι "πολυμορφικές" ασκήσεις (μετρήσεις, πειράματα, ...) ξεκινούν με βάση μια κοινή ψυχοκινητική δραστηριότητα (εκτέλεση μετρήσεων, πειραμάτων, ...), και διαμορφώνονται στη συνέχεια σε πολλαπλά επίπεδα ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο και/ή την διανοητική ανάπτυξη των μαθητών. Μοιάζουν λοιπόν με πολυεπίπεδη διδασκαλία (multilevel teaching), δηλαδή με διδασκαλία που αποσκοπεί στην επιδίωξη σκοπών σε περισσότερα από ένα επίπεδα και τομείς μάθησης. Η ανάγκη για πολυμορφική διδασκαλία παρουσιάζεται συχνά κατά την εκπαίδευση δασκάλων σε γνωστικά αντικείμενα (μάθημα) του σχολείου στο οποίο θα διδάξουν, οπότε απαιτείται:

- διδασκαλία σε πιο προχωρημένο επίπεδο για τους ίδιους τους δασκάλους,
- διδασκαλία σε επίπεδο πιο προσιτό για τους μαθητές.

Η διαφορά επιπέδων διδασκαλίας δεν αφορά μόνο υποδείξεις διδακτικής αλλά και διαφορετική επιλογή ύλης και επίπεδο διδασκαλίας.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τέτοιες πολυμορφικές ασκήσεις φυσικής από μάθημα του προγράμματος σπουδών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης και αποτελέσματα από τη διδασκαλία τους για περίπου πέντε εξάμηνα. Οι πολυμορφικές αυτές ασκήσεις, που μπορούν να διδαχθούν και στο Δημοτικό, περιλαμβάνουν:

- Εύρεση γεωγραφικών συντεταγμένων ενός τόπου και των ωρών του έτους,
- Μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας, g ,
- Εύρεση απόστασης με τριγωνισμό,
- Κατασκευή ζυγού,
- Λειτουργία θερμομέτρου,
- Αριθμητική εποπτεία της διάθλασης,
- Διάφορες πειραματικές επιδείξεις.

Polymorphic Practice in Science

P. G. Michaelides, Associate Professor
in the Department for Elementary Teachers Education, the University of Crete
GR-741 00 Rethymno-Crete, Greece
Tel. 0831-77627, Fax 0831-77596, e-mail: michael@cc.ucl.ac.uk

Summary

Polymorphic practice (measurements, experiments...) in Science includes a common psychomotive activity (doing measurements, experimentation...) which consequently is morphed into different levels depending on the (previous) cognitive attainment and/or the mentality of the students. They resemble multilevel teaching i.e. teaching pursuing more than one sectors and levels of learning. The need for polymorphic practice teaching arises usually in the training of teachers to the subjects they are going to teach where there is a requirement of:

- teaching in an advanced level for the teachers themselves,
- teaching in a level more accessible for the pupils.

The difference in the teaching levels is not only on the didactics but also on the subject matter and the attainment level.

In this work we present such polymorphic practice from the curriculum of the Department for Elementary Teachers Education of the University of Crete and some results after five semesters of teaching. These polymorphic practices can also be taught in the elementary school and include:

- finding the geographical coordinates of a place,
- measuring the acceleration of gravity g ,
- distance finding using triangulation,
- scale construction,
- thermometer operation,
- numerical overview of refraction,
- various experimental demonstrations

Πολυμορφικές Ασκήσεις Φυσικής

1.-Εισαγωγή. Ένα από τα αντικείμενα που καλείται να διδάξει ο δάσκαλος του Δημοτικού Σχολείου, είναι οι Φυσικές Επιστήμες, οι οποίες καλύπτουν σημαντικό ποσοστό του σχολικού προγράμματος και απαιτούν πολύ καλή κατάρτιση του δασκάλου¹. Το τι όμως αποτελεί καλή κατάρτιση του δασκάλου στις φυσικές επιστήμες επιδέχεται διαφορετικές προσεγγίσεις². Μελετώντας το Αναλυτικό Πρόγραμμα για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο προκύπτει πως η κατάρτιση του δασκάλου στις φυσικές επιστήμες πρέπει να αποβλέπει στην κατανόηση των γενικών αρχών και εννοιών των φυσικών επιστημών, να εμπεριέχει δραστηριότητες με σκοπό την ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων στους μελλοντικούς δασκάλους και να εμπεριέχει δραστηριότητες από το πρόγραμμα του δημοτικού. Η εξειδικευμένη κατάρτιση του δασκάλου στα αντικείμενα που διδάσκει παρουσιάζεται ως επιθυμητή λύση. Παρουσιάζει όμως το μειονέκτημα πως οι αντίστοιχες σπουδές του δασκάλου δεν είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμες αλλά απαιτούν μετασχηματισμό προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στο δημοτικό. Ο μετασχηματισμός αυτός απαιτεί πολύ καλή κατάρτιση του δασκάλου κάτι που με τους υπάρχοντες περιορισμούς δεν είναι πάντοτε δυνατό με συνέπεια να δημιουργείται συχνά η αντίληψη πως οι αντίστοιχες σπουδές δεν είναι χρήσιμες στον μελλοντικό δάσκαλο. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη πειραματικών διαδικασιών, οι οποίες με κατάλληλη διαμόρφωση θα μπορούν να χρησιμεύουν και στην εκπαίδευση των μελλοντικών δασκάλων και στη διδασκαλία στο δημοτικό σχολείο αποκτά έτσι μια μεγάλη σημασία. Οι πειραματικές αυτές διαδικασίες, με τη χαρακτηριστική ονομασία “πολυμορφικές ασκήσεις” ξεκινούν με μια κοινή (συνήθως ψυχοκινητική) δραστηριότητα (πείραμα, κατασκευή, μέτρηση, ...) από την οποία αντλούνται δεδομένα τα οποία στη συνέχεια επεξεργάζονται ανάλογα με το επίπεδο εκπαίδευσης, στο οποίο προσαρμόζεται και το επίπεδο καθοδήγησης της κοινής αυτής δραστηριότητας. Η εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες με ύλη “πολυμορφικού” χαρακτήρα επιτρέπει ταυτόχρονα και την άσκηση σε ενέργειες (π.χ. πειράματα) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα (εφόσον γίνει κατάλληλη επιλογή της ύλης) στο σχολείο. Οι πολυμορφικές ασκήσεις μοιάζουν με τις διδακτικές ενέργειες με τις οποίες επιδιώκεται μάθηση σε περισσότερα από ένα επίπεδα και τομείς μάθησης για το ίδιο όμως, κατά κανόνα, επίπεδο εκπαίδευσης και οι οποίες είναι γνωστές ως διδασκαλία σε πολλά επίπεδα. Οι πολυμορφικές ασκήσεις όμως μπορούν να διαμορφωθούν και για διδασκαλία σε διαφορετικά επίπεδα εκπαίδευσης πέρα από τη διαμόρφωση τους για επιδίωξη πολλαπλών επιπέδων και τομέων μάθησης για το ίδιο επίπεδο εκπαίδευσης. Στα επόμενα αναφέρονται κάποια παραδείγματα πολυμορφικών ασκήσεων από ένα μάθημα του προγράμματος σπουδών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης. Το μάθημα έχει τίτλο Ε02Σ 06 - Μετρήσεις και Πειράματα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, γίνεται με μορφή σεμιναρίου³ και προϋποθέτει επιτυχή παρακολούθηση του (υποχρεωτικού) μαθήματος

¹ Η καλή κατάρτιση είναι, φυσικά, απαραίτητη για όλα τα γνωστικά αντικείμενα που καλείται να διδάξει ο δάσκαλος στο σχολείο. Επειδή όμως η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών πρέπει να γίνεται με άμεσες παρατηρήσεις και χρήση πειραμάτων, οι Φυσικές Επιστήμες απαιτούν, σε σχέση με τα άλλα γνωστικά αντικείμενα, αυξημένες δεξιότητες από τον δάσκαλο.

² Βλέπε και τα προγράμματα σπουδών των Παιδαγωγικών Τμημάτων. Μια σύνοψη υπάρχει π.χ. στο "Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία στην Α'θμια Εκπαίδευση, Πρακτικά Διημερίδας 7-8 Φεβρουαρίου 1997, Πανεπιστήμιο Αθηνών σελ. 166-208. Βλέπε επίσης στην ίδια έκδοση και τα: [στη σελ. 224 το Γ. Θ. Καλκάνης, Π. Τσάκωνας "Η μετ'εκπαίδευση των Εκπαιδευτικών στις Φυσικές Επιστήμες (Φυσική) - Μια πρόταση"], [στη σελ. 40 το Π. Μίχας & Δ. Αγγελίδης "Εμπειρίες από την Εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής στο ΠΤΔΕ του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης"], [στη σελ. 52 το Β. Παπαδημητρίου, Χ. Σολομωνίδου & Ε. Σταυρίδου "Διδακτικές Προσεγγίσεις για τη σύνδεση θεωρίας και διδακτικής Πράξης κατά την εκπαίδευση φοιτητών/τριών - υποψηφίων δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες"], [στη σελ.57 το Κ. Χαλκιά & Δ.Κωστόπουλος "Στάσεις και Απόψεις των Εκπαιδευτικών της Α'θμιας Εκπαίδευσης ως προς τον τρόπο που καλύπτονται τα θέματα της Φυσικής από το Αναλυτικό Πρόγραμμα και τα Σχολικά Εγχειρίδια"].

³ Περισσότερες πληροφορίες βλέπε στον οδηγό σπουδών, μια σύνοψη του οποίου υπάρχει στα πρακτικά της προηγούμενης παραπομπής.

“Ε02Π 06 Μεθοδολογία της Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών”⁴. Στο σεμινάριο αυτό δίνεται έμφαση στην πειραματική διαδικασία, στις μετρήσεις και στην επεξεργασία τους⁵ καθώς και στον σχηματισμό και πειραματικό έλεγχο υποθέσεων, στη διαμόρφωση θεωριών καθώς και στην έννοια της επαγωγής γενικότερων συμπερασμάτων από τα πειραματικά δεδομένα και τις παρατηρήσεις καθώς και στην αναζήτηση και τον εντοπισμό των βασικών παραμέτρων ενός πειράματος και των ιδιοτήτων των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν. Στα επόμενα παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα τέτοιων πολυμορφικών ασκήσεων.

2.1.-Εύρεση γεωγραφικών συντεταγμένων ενός τόπου και των ωρών του έτους. Μετρώντας το μήκος και τη διεύθυνση της σκιάς ενός κατακόρυφου στύλου σε ένα οριζόντιο επίπεδο σε διάφορες χρονικές στιγμές μιας ημέρας μπορούμε να υπολογίσουμε, την διεύθυνση βορρά-νότου, τον χρόνο της τοπικής (αστρικής) μεσημβρίας, το γεωγραφικό μήκος του τόπου και το ύψος του ήλιου τη στιγμή της τοπικής μεσημβρίας. Μετρώντας το ύψος του ήλιου κατά τη διάρκεια πολλών ημερών που καλύπτουν χρονικό διάστημα ενός (τουλάχιστον) έτους μπορούμε να προσδιορίσουμε τις ημέρες των ηλιοστασίων και των ισημεριών (άρα και τις ώρες του έτους) καθώς επίσης και το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και την λόξωση της εκλειπτικής. Πέρα από την εκτέλεση της, η άσκηση παρέχει υλικό για επεξεργασία σε πολλαπλά επίπεδα εκπαίδευσης. Στο επίπεδο του Δημοτικού⁶ η άσκηση συνίσταται σε οδηγίες για την κατασκευή, για τη λήψη των μετρήσεων και για τη (γραφική) επεξεργασία τους. Σε πιο προχωρημένο επίπεδο, η ίδια η κατασκευή για τις μετρήσεις, παρά την απλότητα της, παρέχει σημαντικό πεδίο μελέτης σχετικά με την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων μέτρησης που υπεισέρχονται και αποτελεί από μόνη της σημαντική εμπειρία (ακρίβεια της τάξης κλάσματος της μοίρας είναι εφικτή). Σε θεωρητικό επίσης επίπεδο, η συσχέτιση με τις κινήσεις (περιφορά και περιστροφή) της Γης και το γεωγραφικό πλάτος του τόπου των μετρήσεων παρέχει πλούσιο υλικό μελέτης.

2.2.-Μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας, g. Η άσκηση συνίσταται στον υπολογισμό της επιτάχυνσης της βαρύτητας από μετρήσεις του μήκους και της περιόδου ενός (φυσικού) εκκρεμούς χρησιμοποιώντας τις προσεγγίσεις για το απλό εκκρεμές και (μετά) για μικρά πλάτη αιώρησης⁷. Η άσκηση περιλαμβάνει συζήτηση - εκτίμηση για το τι σημαίνει μικρή γωνία αιώρησης, καθώς και την εκτίμηση της θέσης του κέντρου μάζας του φυσικού εκκρεμούς από διάγραμμα $T^2 - L$ (T =περίοδος, L =μήκος), μεταξύ ενός σημείου του νήματος κοντά στο αιωρούμενο σώμα και του σημείου ανάρτησης. Το πρακτικό επίπεδο αφορά την κατασκευή του

⁴Περισσότερες πληροφορίες για το μάθημα αυτό που έχει επίσης χαρακτηριστικά πολυμορφικής διδασκαλίας υπάρχουν στο "Π. Γ. Μιχαηλίδης, Οι Φυσικές Επιστήμες στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης", εργασία που θα παρουσιαστεί στο Πανελλήνιο συνέδριο της Παιδαγωγικής Εταιρίας Ελλάδος με τίτλο "Ελληνική Παιδαγωγική και Εκπαιδευτική Έρευνα", Ναύπακτος 13-15 Νοεμβρίου 1998.

⁵Εισάγονται η έννοια της μεροληπτικής και αμερόληπτης μέτρησης, η έννοια του τυχαίου και συστηματικού πειραματικού σφάλματος και αναπτύσσεται η θεωρία επεξεργασίας των μετρήσεων για την ελαχιστοποίηση του τυχαίου σφάλματος. Η θεωρία αναπτύσσεται σε επίπεδο γενικών αρχών ενώ οι προηγμένες αριθμητικές μέθοδοι υποκαθίστανται από αντίστοιχες διαδικασίες σε γραφικές παραστάσεις. Οι γραφικές παραστάσεις χρησιμοποιούνται εκτεταμένα στο Δημοτικό.

⁶Η άσκηση έχει πραγματοποιηθεί στο Ηράκλειο από ομάδα παιδιών του Δημοτικού με επιτυχία. Η καθοδήγηση τους συνίστατο στην παροχή οδηγιών για τις μετρήσεις (χωρίς όμως συμμετοχή σαντζές), στον προσδιορισμό του χρόνου και της τιμής του ελαχιστού μήκους της σκιάς (από τον πίνακα και από την γραφική παράσταση) και στον υπολογισμό του γεωγραφικού πλάτους (γραφικά με μοιρογνωμόνιο – οι μετρήσεις έγιναν ημέρα ισημερίας) και του γεωγραφικού μήκους με απλή μέθοδο των τριών. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων τα παιδιά φαίνονταν να διασκεδάζουν, έδειξαν αξιοθαύμαστη συνεργατικότητα και, όταν τους ζητήθηκε να συγκρίνουν τις τιμές που βρήκαν με τις τιμές που υπήρχαν σε έναν γεωγραφικό άτλαντα, κυριολεκτικά κραύγασαν "βρήκανε και αυτοί ότι βρήκαμε εμείς".

⁷Η άσκηση ξεκινά με δεδομένη την σχέση για την περίοδο ενός απλού εκκρεμούς:

$$T = 2 * \pi * \sqrt{\frac{l}{g}} * \left(1 - \frac{1}{2} \sin^2 \left(\frac{A}{2} \right) + \frac{1 * 3}{2 * 4} \sin^4 \left(\frac{A}{2} \right) - \dots \right)$$

εκκρεμούς⁸, τον τρόπο λήψης των μετρήσεων, την έννοια της προσέγγισης μεγεθών (μέσω των διαφορετικών εκτιμήσεων για τη θέση του κέντρου βάρους του φυσικού εκκρεμούς), τρόπους μέτρησης με ακρίβεια μικρών τιμών ενός μεγέθους⁹ (εδώ της περιόδου του εκκρεμούς) κ.ά. Σε πιο προχωρημένο επίπεδο, η απόδειξη του τύπου, οι προσεγγίσεις της θεωρίας για μικρές γωνίες, οι έννοιες συστηματικού και τυχαίου σφάλματος βρίσκουν πρόσφορο έδαφος. Για το Δημοτικό η κατασκευή διαγράμματος και η εύρεση στοιχείων από αυτό (του κέντρου μάζας του αιωρούμενου σώματος) είναι μέσα στις δυνατότητες των παιδιών¹⁰.

2.3.-Εύρεση απόστασης με τριγωνισμό. Η άσκηση είναι πολύ απλή στην περιγραφή της και δεν απαιτεί ιδιαίτερα όργανα. Χρησιμοποιώντας ως βάση τη μια πλευρά ενός τραπεζιού (κάνει επίσης το κατώφλι μιας πόρτας ή ενός παραθύρου) σημειώνονται με μαρκαδόρο δύο σημεία, Α και Β, και μετριέται η απόσταση τους $AB=\gamma$. Σε ένα φύλλο χαρτί τραβάμε μια ευθεία γραμμή και τοποθετούμε το χαρτί έτσι ώστε η γραμμή να είναι πάνω στην ευθεία ΑΒ. Με έναν χάρακα σκοπεύουμε από το σημείο Α ένα σημείο Γ, π.χ. στον απέναντι τοίχο (ή στο απέναντι κτίριο) και γράφουμε την ευθεία από το Α προς το Γ (δηλ. την διεύθυνση που έχει ο χάρακας) οπότε έχουμε αποτύπωμα της γωνίας ΒΑΓ. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο από το σημείο Β προς το σημείο Γ και σχηματίζουμε το αποτύπωμα της γωνίας ΑΒΓ. Κατασκευάζουμε με μια απλή κλίμακα (π.χ. 1:10) το τρίγωνο ΑΒΓ από το μήκος ΑΒ και τις γωνίες Α και Β οπότε είναι πια δυνατός ο υπολογισμός της απόστασης μέχρι το Γ. Μια επέκταση της μεθόδου, χρησιμοποιώντας με γραφικό τρόπο τις αναλογίες τριγώνων, επιτρέπει να υπολογίσουμε το ύψος ενός κτιρίου από κάποια απόσταση (αφού πρώτα βρεθεί η απόσταση μέχρι τη βάση του κτιρίου). Εξετάζοντας τις συνθήκες ελαχιστοποίησης του σφάλματος δόθηκε αφορμή να αναφερθεί η μονάδα μήκους parsec και η τάξη μεγέθους των αποστάσεων για τις οποίες χρησιμοποιήθηκε. Στο Δημοτικό, πέρα από την ευκαιρία για εφαρμογή σχεδίων με κλίμακα, δόθηκε η ευκαιρία να μιλήσουμε (με απλά λόγια χωρίς ορολογία) για “κλιμακωτά μεγέθη 0 (γωνίες), 1 (μήκη), 2 (επιφάνειες) κλπ. βαθμού” δηλαδή για μεγέθη, όπως οι γωνίες, που οι τιμές τους μένουν ίδιες και όταν σχεδιάζονται υπό κλίμακα για μεγέθη που οι τιμές τους όταν σχεδιάζονται υπό κλίμακα διαιρούνται μια φορά (όπως οι αποστάσεις) ή δύο φορές (όπως οι επιφάνειες) με την κλίμακα και να δεχτούμε συμπερασματικά πως για τους όγκους οι τιμές τους θα διαιρούνται τρεις φορές με την κλίμακα¹¹.

2.4.-Κατασκευή ζυγού-Κατασκευή θερμομέτρου. Η κατασκευή απλού ζυγού παρουσιάζει προβλήματα, ιδιαίτερα όσον αφορά την επιλογή των υλικών κατασκευής, το σημείο στήριξης της ζυγαριάς, σε σχέση με την ευθεία μεταξύ των σημείων ανάρτησης των δίσκων της ζυγαριάς. Παρουσιάζει ευκαιρίες για συζήτηση σχετικά με τη βαθμονόμηση οργάνων και τον έλεγχο της αξιοπιστίας των μετρήσεων. Επισημαίνεται πως τα μεγέθη που συγκρίνονται δεν είναι οι μάζες (των σταθμών και του σώματος που ζυγίζεται) αλλά οι αντίστοιχες ροπές ως προς τον άξονα στήριξης της ζυγαριάς. Η συζήτηση επεκτείνεται σε άλλα όργανα μέτρησης με σκοπό να επισημανθούν τα μεγέθη που συγκρίνονται, τα μεγέθη που μετρούνται καθώς και η “θεωρία” (τύποι της Φυσικής) που συνδέει τα μεγέθη αυτά. Η διάκριση μεταξύ οργάνων μέτρησης μάζας και οργάνων μέτρησης βάρους αποτελεί πια προσιτό συμπέρασμα. Στο επίπεδο του Δημοτικού η άσκηση αποτελεί ευχάριστη και δημιουργική απασχόληση δίνει δε την ευκαιρία για προβληματισμό και αναζήτηση τρόπων μέτρησης πολύ μικρών ή πολύ μεγάλων μαζών. Στην

⁸Κατά την κατασκευή του εκκρεμούς παρατηρήθηκε πως η απαίτηση για σταθερό το σημείο ανάρτησης και για νήμα μη ελαστικό “ανακαλύφθηκε” από τους φοιτητές φοιτήτριες μετά την πρώτη - δεύτερη προσπάθεια.

⁹Σε μια δοκιμή σε δημοτικό σχολείο ζητήθηκε από μαθητές της Ε’ τάξης ενός σχολείου να υπολογίσουν το πάχος ενός φύλλου χαρτιού Α4 φωτοτυπικού με ένα χάρακα – υποδεκάμετρο. Μετά από διαλογισμό και συζήτηση δύο από τα 19 παιδιά της τάξης πρότειναν τη λύση να μετρήσουν πολλά φύλλα χαρτιού μαζί. Ζητήθηκε το ίδιο και από την τάξη που δοκιμάστηκε η άσκηση αυτή μετά το τέλος της άσκησης. Αυτή τη φορά, χωρίς συζήτηση 10 από τα 16 παιδιά πρότειναν να μετρήσουν πολλά φύλλα χαρτιού μαζί.

¹⁰Η σύνδεση μεταξύ του “πόσο γρήγορα πέφτουν τα σώματα όταν τα αφήσουμε” (έκφραση των παιδιών) και της τιμής g που υπολογίζουν μάλλον δεν γίνεται κατανοητή (όπου επιχειρήθηκε είχε φτωχά αποτελέσματα).

¹¹Για τον όγκο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για καλύτερη εποπτεία, μια τρισδιάστατη κατασκευή.

κατασκευή θερμομέτρου σχεδόν πάντα η προσπάθεια των φοιτητών - φοιτητριών ξεκινά χρησιμοποιώντας νερό. Η συζήτηση εντοπίζει τα αίτια της αποτυχίας και τα χαρακτηριστικά που πρέπει να αναζητηθούν για την κατασκευή ενός αποτελεσματικού θερμομέτρου. Χρησιμοποιώντας πίνακα με τις ειδικές θερμότητες οινοπνεύματος και υδραργύρου και κάνοντας κάποιες “λογικές” εκτιμήσεις ως προς τα άλλα μεγέθη, ζητείται να εκτιμήσουν την τάξη μεγέθους της διατομής του σωλήνα των θερμομέτρων σώματος και δωματίου. Χρησιμοποιώντας μια απλή κατασκευή, (μικρού όγκου φιάλη και μακρύς γυάλινος σωλήνας με σταγόνα λαδιού) εισάγεται η έννοια του θερμομέτρου αερίου. Η άσκηση αποτελεί καλή αφορμή για διδασκαλία αποσαφήνισης εννοιών όπως θερμοκρασία, θερμομετρο, θερμοχωρητικότητα, συντελεστή θερμικής αγωγής, κλπ. Και οι δύο ασκήσεις ολοκληρώνονται με αναζήτηση στη βιβλιοθήκη και συγγραφή σχετικής πραγματείας, με σκοπό τον εθισμό στη χρήση της βιβλιοθήκης.

2.5.-Αριθμητική εποπτεία της διάθλασης. Υπολογίζεται η διαδρομή ελάχιστου χρόνου για ένα κινητό που ξεκινά από την Α σε ένα μέσο που τρέχει με ταχύτητα v_1 και φτάνει στη θέση Β σε ένα μέσο που τρέχει με ταχύτητα v_2 . Η άσκηση γίνεται με αριθμητικές τιμές που αντιστοιχούν π.χ. σε έναν ναυαγοσώστη που πρέπει να φτάσει σε λουόμενο που χρειάζεται βοήθεια και επιλύεται γραφικά. Η άσκηση έχει γίνει και με παιδιά Δημοτικού (Στ' τάξη και Γ' τάξη) με επιτυχία (χρησιμοποιήθηκε αριθμομηχανή για ταχύτητα στις πράξεις). Η γραφική επίλυση με διαφορετικό βαθμό ακριβείας (\rightarrow διαφορετική επιλογή κλίμακας) δίνει καλή αφορμή για την εισαγωγή και διάκριση των εννοιών της ακρίβειας και της ευαισθησίας μιας διάταξης. Σε πιο προχωρημένο επίπεδο η άσκηση αποτελεί έναυσμα για αποσαφήνιση των εννοιών της διάθλασης, εισαγωγή στην αρχή ελάχιστου χρόνου και επέκταση στην αρχή της ελάχιστης δράσης.

2.6.-Διάφορες πειραματικές επιδείξεις. Αφορούν το στήσιμο και την εκτέλεση απλών πειραμάτων από την ύλη του Δημοτικού¹². Αποσκοπεί στην αυτενέργεια των φοιτητών-φοιτητριών προκειμένου να συνηθίσουν στο στήσιμο απλών εργαστηριακών ασκήσεων, τις οποίες παρουσιάζουν και συζητούν στην τάξη. Καθοδήγηση υπάρχει μόνο με τη μορφή απαντήσεων σε συγκεκριμένες ερωτήσεις. Κατά τη συζήτηση που ακολουθεί την επίδειξη των αντίστοιχων πειραμάτων, εξετάζονται οι πρακτικές δυσκολίες που αντιμετώπισαν, πως τις έλυσαν, εναλλακτικά υλικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, θέματα ασφαλείας κατά την εκτέλεση τους, άλλες συναφείς πειραματικές ασκήσεις, πως θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διδασκαλία στο Δημοτικό κ.ά. Ο εντοπισμός των βασικών παραμέτρων ενός πειράματος και των βασικών ιδιοτήτων των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν αποτελεί επίσης βασικό στόχο.

3.-Αποτίμηση. Στο τέλος του εξαμήνου και αφού έχει προηγηθεί η αξιολόγηση των φοιτητών-φοιτητριών γίνεται μια ανασκόπηση του μαθήματος κατά την οποία όσοι-όσες το παρακολούθησαν σχολιάζουν το περιεχόμενο, τη μορφή της διδασκαλίας, τη χρησιμότητα του, τρόπους βελτίωσης κ.ά. Η ανασκόπηση αυτή γίνεται με συζήτηση μεταξύ διδάσκοντα και όσων είχαν εγγραφεί στο μάθημα¹³. Στο μάθημα εγγράφονται συνήθως περίπου 20 πρόσωπα. Ένα σημαντικό ποσοστό όμως, σχεδόν οι μισοί το εγκαταλείπουν, συνήθως κατά το στάδιο που πρέπει να αρχίσουν τις (απλές) κατασκευές για τις μετρήσεις. Ως λόγοι της εγκατάλειψης εικάζονται οι απαιτήσεις του μαθήματος είτε σε ποσοστό χρόνου που απαιτείται για τις κατασκευές (αναζήτηση υλικών, συναρμολόγηση, στήσιμο,...)¹⁴ είτε σε ανάληψη πρωτοβουλιών για την επίλυση των

¹²Για περισσότερα βλέπε στο Π. Γ. Μιχαηλίδη, Λ. Τζιανουδάκη, Σ. Παπαγιαννάκη “Γνωριμία με τις Φυσικές Επιστήμες”, εκδόσεις Έλλην.

¹³Στην πράξη συμμετέχουν μόνο όσοι παρακολούθησαν το μάθημα μέχρι τέλος. Παρόλο που η αποτίμηση αυτή δεν γίνεται με τη μορφή ανώνυμου ερωτηματολογίου, τα σχόλια των φοιτητών - φοιτητριών θεωρούνται πως αντικατοπτρίζουν τις στάσεις τους έναντι του μαθήματος. Τούτο επειδή ο τρόπος διεξαγωγής του μαθήματος (σεμινάριο) κοινός προβληματισμός επίλυσης πρακτικών θεμάτων εκτέλεσης των μετρήσεων και των πειραμάτων, ...) βοηθά στο να αναπτυχθεί μια σχέση αμοιβαίας εμπιστοσύνης μεταξύ φοιτητών και διδάσκοντος.

¹⁴Σχετικό είναι και το σχόλιο "μα είναι σοβαρά πράγματα να πηγαίνομε στην παραλία ή στην πλατεία με ένα στύλο και να μετράμε τον ήλιο" ενός φοιτητή σχετικά με τη διαδικασία που ακολούθησε για τη μέτρηση των γεωγραφικών συντεταγμένων.

πολλών προβληματικών καταστάσεων που αντιμετωπίζουν για το στήσιμο των πειραμάτων είτε σε επίπεδο γνώσεων (νομιζόμενο ή πραγματικό). Η ύπαρξη άλλων (θεωρούμενων ως απλούστερων) εναλλακτικών επιλογών του προγράμματος σπουδών επίσης πρέπει επίσης να επιδρά. Όσοι συνεχίζουν επιτυγχάνουν υψηλή βαθμολογία. Δύο παρατηρήσεις που γίνονται από όλους είναι: α/έμαθαν πως μπορούν να οργανώνουν και να κάνουν μόνοι τους πειράματα, β/συνειδητοποίησαν πως και για το πιο απλό πείραμα πρέπει να επιλυθούν πολλά προβλήματα **15**.

Άλλα ενδεικτικά σχόλια **16** είναι:

- ό,τι και να κάναμε όσο καλά και να το κάναμε πάντοτε είχατε να κάνετε μια επιπλέον παρατήρηση βελτίωσης του (μειονέκτημα του διδάσκοντα),
- είδα πως αυτά που είχα μάθει στο σχολείο έχουν και άμεσες πρακτικές εφαρμογές (από φοιτητή της Α' δέσμης),
- τελικά να κάνεις πειράματα δεν είναι και τόσο δύσκολο όσο νόμιζα (από τριτοδεσμίτες),
- νόμιζα πως η φυσική ήθελε χωριστό εργαστήριο με ειδικά όργανα ενώ πολλά πράγματα μπορείς να τα κάνεις με απλά υλικά ή παρατηρώντας γύρω σου,
- είδα ότι άλλο παρατηρούμε και άλλο καταλαβαίνουμε (διευκρινίζοντας, φάνηκε πως εννοούσε τη διάκριση μεταξύ δεδομένων μιας παρατήρησης και τρόπου ερμηνείας των),
- στα διαγράμματα των βιβλίων όλα τα σημεία πέφτουν πάνω στη γραμμή ενώ τα δικά μας κάνανε ζιγκ-ζάγκ (σχετίζεται με τα σφάλματα των μετρήσεων),
- θέλαμε περισσότερο χρόνο για κάνουμε καλά όλες τις μετρήσεις (μειονέκτημα του μαθήματος η πολλή ύλη),
- καλό (μάθημα) ήτανε αλλά ήθελε πολύ χρόνο, θάβγαζα δύο άλλα μαθήματα,
- κουράστηκα αλλά έμαθα πράγματα που μπορώ να χρησιμοποιήσω και στο σχολείο,
- θάπρεπε να μας δίνετε περισσότερες οδηγίες για να μη χάνομε χρόνο κάνοντας λάθος κάτι που δεν τόχαμε ξανακάνει,
- ήθελα, τουλάχιστον στην αρχή περισσότερες οδηγίες, μετά δεν πείραζε,
- ήτανε διαφορετικός τρόπος από όσα είχαμε μάθει μέχρι τώρα (διευκρίνισε πως εννοούσε την πληθώρα των προβληματικών καταστάσεων που αντιμετώπισε),
- μου άρεσε που έμαθα να δουλεύω μόνη μου.

15 Αυτό μερικοί το θεωρούν ως προτέρημα του μαθήματος, γιατί τους δίνει την ευκαιρία για προβληματισμό, άλλοι ως μειονέκτημα του γιατί κάνει το μάθημα δύσκολο.

16 Η επιλογή των σχολίων εδώ έχει γίνει ώστε να καλύπτονται όλες οι διαφορετικές απόψεις μόνο και χωρίς αναφορά στην συχνότητα εμφάνισης τους.