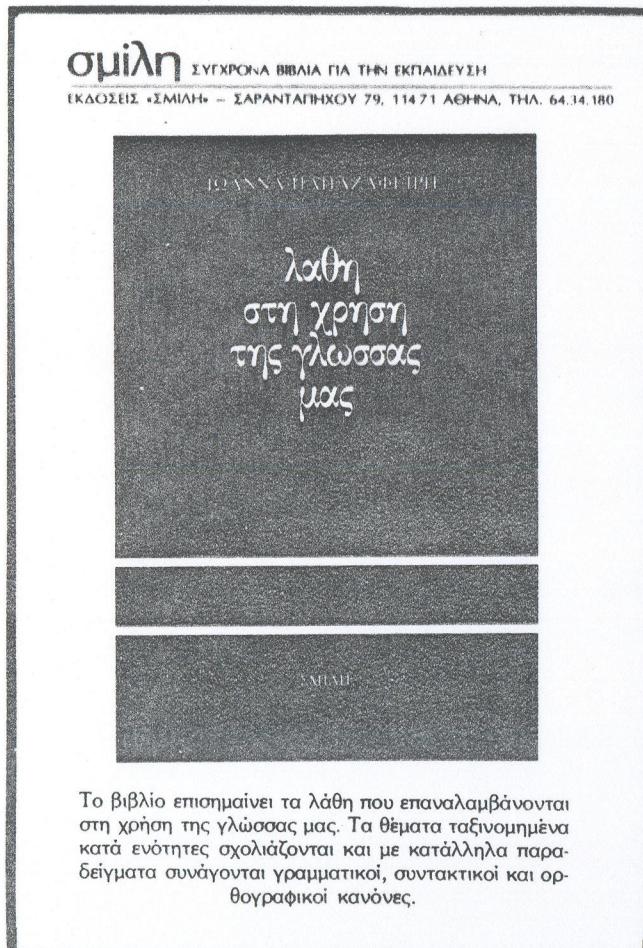


6. Περισσότερες πληροφορίες για μελοποιημένα ποιήματα του Παλαμά μπορεί να βρει ο αναγνώστης στο άρθρο του Μαν. Καλομοίρη: Ο Παλαμάς και η Μουσική, στο αφιέρωμα της «Νέας Εστίας», Χριστούγεννα 1943, σ. 278-284. Πρέπει να σημειωθεί πως ο Μαν. Καλομοίρης μελοποίησε αρκετά έργα του Παλαμά, τα οποία εκδόθηκαν τα τελευταία χρόνια με τις φροντίδες του συλλόγου «Μαν. Καλομοίρης». Ο Καλομοίρης μελοποίησε επίσης τους «Βραδυνούς Θρύλους» του Κ. Χατζόπουλου και «Το Δαχτυλίδι της μάνας» του Γ. Καμπύση.



ΦΥΣΙΚΑ

Δ. Κολιόπουλου, Β. Θεοδωρόπουλου, Ν. Κανδεράκη
Π. Καριωτόγλου, Δ. Σπυράκου

ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

Περίληψη

Το άρθρο αυτό βασίστηκε στην τριετή συνεργασία φυσικών, εκπαιδευτικών στη Μέση Εκπαίδευση και ερευνητών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Το αντικείμενο της μελέτης είναι οι ασκήσεις φυσικής, η λύση των οποίων αποτελεί μια από τις βασικές δραστηριότητες στα πλαίσια της μάθησης και της διδασκαλίας της φυσικής. Συγκεκριμένα, επιχειρείται μια συστηματική ανάλυση και ταξινόμηση του περιεχομένου των ασκήσεων που απαντώνται συνήθως σε σχολικά εγχειρίδια, σχολιάζονται οι επιπτώσεις της προτεινόμενης ταξινόμησης στη λύση ασκήσεων από τους μαθητές και διατυπώνονται σχέδια διδακτικών προτάσεων. Ειδικότερα, στο πρώτο μέρος γίνεται αναφορά στις διαφορετικές οπτικές γωνίες μελέτης της άσκησης φυσικής ως αυτόνομου αντικειμένου διερεύνησης, στο δεύτερο μέρος προτείνεται και αναλύεται η έννοια της άσκησης φυσικής με «ποιοτικά» χαρακτηριστικά με τη βοήθεια εννοιολογικών εργαλείων της Γνωστικής Ψυχολογίας, κυρίως, στο τρίτο μέρος διαμορφώνεται ένα σχέδιο ταξινόμησης του περιεχομένου των ασκήσεων και γίνεται εφαρμογή του στις ασκήσεις των σχολικών εγχειριδίων της Α' Λυκείου, ενώ στο τέταρτο μέρος διερευνώνται οι γνωστικές επιπτώσεις που έχει στους μαθητές η λύση ασκήσεων που ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες της προτεινόμενης ταξινόμησης. Τέλος, προτείνονται πλαίσια διδακτικών προτάσεων με βάση τις προηγούμενες αναλύσεις.

1. Μελέτη της άσκησης φυσικής

1.1 Μια πρώτη προσέγγιση στη βιβλιογραφία

Αν ρίξουμε μια πρόχειρη ματιά στην ελληνική βιβλιογραφία θα δούμε ότι, σπάνια, η άσκηση φυσικής αποτελεί αυτόνομο αντικείμενο διερεύνησης. Και

όμως, σχεδόν κάθε χρόνο, βρίσκεται στο επίκεντρο συζητήσεων και διαμαχών, κύρια, σε σχέση με τα θέματα των πανελλήνιων εξετάσεων^{1,2}. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των συζητήσεων είναι η απουσία ενός παιδαγωγικού και, ειδικότερα, διδακτικού πλαισίου αναφοράς, που προϋποθέτει, βέβαια, θεωρητικές θέσεις και εμπειρικές μελέτες σχετικά με τη μάθηση και τη διδασκαλία της φυσικής. Έτσι, ο «διάλογος των εφημερίδων» διεξάγεται και συρρικνώνεται σ' ένα επίπεδο διαισθητικών ή δογματικών θέσεων.

Η άσκηση φυσικής συζητήθηκε, τα τελευταία χρόνια, στα πλαίσια της διαμόρφωσης καινούριων βιβλίων φυσικής για το γενικό και το ενιαίο πολυκλαδικό λύκειο. Κάτω από το βάρος της «σχολής θεοποίησης της άσκησης» που διαμορφώθηκε μέσα από το φροντιστηριακό βιβλίο³, γίνεται προσπάθεια να εισαχθούν νέοι τύποι ασκήσεων με χαρακτηριστικά, ποιοτικά, διαφορετικά από εκείνα των φροντιστηριακών βιβλίων ή του σχολικού εγχειρίδιου του Α. Μάζη, που αγγίζουν τόσο το περιεχόμενο όσο και τη μορφή της άσκησης. Ένα σημαντικό στοιχείο των συζητήσεων, εδώ, είναι η προσπάθεια ένταξης των ασκήσεων μέσα σε μια συνολική αντίληψη για τη φύση και τη λειτουργία του σχολικού εγχειρίδιου^{4,5,6}. Η φύση και λειτουργία, όμως, της ίδιας της άσκησης διερευνάται ελάχιστα.

Προς τη τελευταία αυτή κατεύθυνση, το άρθρο του Ν. Δαπόντε «Η συμβολή της γνωστικής ψυχολογίας στην έρευνα για τη λύση προβλημάτων. Προς μια διδασκαλία λύσης προβλημάτων»⁷ είναι η μοναδική σε μας γνωστή παρέμβαση. Ο συγγραφέας συζητά και αναλύει δεδομένα που προσφέρει η Γνωστική Ψυχολογία με στόχο την «οικοδόμηση ενός συστήματος γνώσεων που στα χέρια του δάσκαλου-φυσικού να καταστεί εργαλείο χρήσιμο για μια διδασκαλία λύσης προβλημάτων φυσικής». Η μελέτη της άσκησης τοποθετείται, εδώ, στα πλαίσια του αναπτυσσόμενου κλάδου της ψυχολογίας και διδακτικής περί λύσεως προβλημάτων (*problem-solving*).

1.2 Διαφορετικές οπτικές στη μελέτη της άσκησης φυσικής

Στη διεθνή βιβλιογραφία, όπου έγινε δυνατό να ανατρέξουμε, φαίνεται ότι η άσκηση φυσικής έχει γίνει αντικείμενο μελέτης από ομάδες ερευνητών ή/και εκπαιδευτικών με διαφορετικά ενδιαφέροντα και διαφορετικούς στόχους.

Στα πλαίσια της Γνωστικής Ψυχολογίας, το ενδιαφέρον εντοπίζεται στη περιγραφή των γενικότερων γνωστικών διαδικασιών που χρησιμοποιούν οι λύτες προβλημάτων. Η άσκηση φυσικής αντιμετωπίζεται, εδώ, ως μεθοδολογικό εργαλείο για τη μελέτη των γνωστικών δομών των μαθητών. Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα έρευνας είναι αυτό όπου συγκρίνονται οι διαδικασίες λύσης προβλημάτων ενός πεπειραμένου λύτη ασκήσεων (*expert*) και ενός αρχάριου (*novice*). Για παράδειγμα, έχει επισημανθεί από πολλούς ερευνητές η παρουσία μιας φάσης στη λύση των ασκήσεων φυσικής από πεπειραμένους λύτες η οποία δεν υπάρχει, εν γένει, στις λύσεις που προτείνουν οι αρχάριοι. Πρόκειται για

ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

μια ποιοτική ανάλυση του φυσικού φαινομένου όπου λαμβάνεται υπ' όψη το σύνολο της φυσικής κατάστασης που περιγράφεται στην άσκηση και η οποία προηγείται των ειδικότερων διαδικασιών (εφαρμογή αρχών και νόμων φυσικής) που απαιτούνται κατά τη λύση^{7,8,9}.

Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών είναι μια άλλη αναφορά για την άσκηση φυσικής. Το πεδίο αυτό είναι διεπιστημονικό και επιτρέπει τη μελέτη του αντικειμένου μέσα από πολλές οπτικές γωνίες. Η άσκηση φυσικής μπορεί να μελετηθεί στα πλαίσια ενός γενικότερου σχεδιασμού του αναλυτικού προγράμματος (ιδεολογικός ρόλος της άσκησης, συσχέτισή της με τους γενικότερους σκοπούς του προγράμματος, ...). Πιο ειδικές μελέτες αναφέρονται στην ανάλυση του περιεχομένου των ασκήσεων¹⁰ με στόχο να μπορούν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί να κατασκευάζουν τις κατάλληλες ασκήσεις για κάθε επίπεδο διδασκαλίας ή στη σύνδεση της λύσης ασκήσεων φυσικής με τις απαιτούμενες από τους μαθητές γνωστικές διαδικασίες^{9,11,12}. Οι τελευταίες αυτές μελέτες καταλήγουν, συνήθως, στη κατασκευή βοηθητικών διδακτικών εργαλείων τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς όταν η λύση ασκήσεων αποτελεί τη βασική δραστηριότητα μέσα στη τάξη. Αναφέρουμε, εδώ, ενδεικτικά, τη κατασκευή από γάλλους ερευνητές ενός διδακτικού μοντέλου-εργαλείου για τη λύση ασκήσεων το οποίο περιέχει τις διάφορες φάσεις που είναι δυνατόν να ακολουθούνται κατά τη διάρκεια της λύσης, τις απαιτούμενες ενέργειες και γνωστικές διαδικασίες του λύτη, τις απαιτούμενες γνώσεις που πρέπει να χρησιμοποιηθούν και τα πιθανά γνωστικά προϊόντα που προκύπτουν σε κάθε φάση.

1.3 Η οπτική της ομάδας εργασίας

Η ομάδα εργασίας αποτελείται από εκπαιδευτικούς και ερευνητές στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αντιλαμβανόμαστε την εργασία αυτή, όχι σαν μια έρευνα με την αυστηρή έννοια του όρου, αλλά σαν μια παραγωγική δραστηριότητα στα πλαίσια της ουσιαστικοποίησης των στόχων και της βελτίωσης των μέσων και μεθόδων διδασκαλίας της φυσικής. Η αντιπαραγωγική δομή και λειτουργία του σημερινού σχολείου δεν επιτρέπει την οργανωχή ένταξη τέτοιων δραστηριοτήτων μέσα στο σχολικό χώρο. Πρόκειται, συνεπώς, για μια συνεργασία επί εθελοντικής βάσεως.

Η συστηματική ανάλυση του περιεχομένου της άσκησης φυσικής με στόχο τη διατύπωση διδακτικών υποθέσεων για την ένταξή της στη διδασκαλία του μαθήματος είναι η βάση ανάπτυξης του προβληματισμού μας. Ειδικότερα, επιλέξαμε να διερευνήσουμε ασκήσεις που, συνήθως, χαρακτηρίζονται με αρκετά νεφελώδη τρόπο: ασκήσεις που ξεφεύγουν από τις συνηθισμένες και καλλιεργούν τη «φυσική σκέψη» των μαθητών¹⁴, νέου τύπου προβλημάτων όπου θα απαιτείται από τους μαθητές η διαμόρφωση ενός λογικού συστήματος που θ' αντικαθιστά έναν αυτόνομο τύπο φυσικής¹⁵, ασκήσεις όπου το φυσικό φαινόμενο δεν θ' αποτελεί, απλά, το σκηνικό μέσα στο οποίο θα «εκτιλίσσεται» η

μαθηματική επεξεργασία των απαιτούμενων φυσικών μεγεθών, αλλά θα παίζει συγχριμένο λειτουργικό ρόλο στη διάρκεια της λύσης τους. Τον ειδικό αυτό τύπο άσκησης ονομάσαμε άσκηση με «ποιοτικά» χαρακτηριστικά.

Συγχριμένα, γίνεται προσπάθεια:

- (α) να προσεγγιστούν η φύση και η λειτουργία της άσκησης με ποιοτικά χαρακτηριστικά,
- (β) να επιλεγούν κριτήρια αναγνώρισης της άσκησης αυτής και με βάση τα κριτήρια αυτά να ταξινομηθούν προτεινόμενες ασκήσεις σε σχολικά εγχειρίδια,
- (γ) να αναλυθούν ορισμένα πρωτογενή δεδομένα για τη γνωστική συμπεριφορά των μαθητών που έλυσαν άσκηση με ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η αναλυτική αυτή εργασία συμπληρώνεται με τη διαμόρφωση σύντομων προτάσεων για τη διδακτική εκμετάλλευση των ασκήσεων φυσικής αυτού του είδους.

2. Άσκηση με ποιοτικά χαρακτηριστικά

2.1 Το ποιοτικό στοιχείο στη φυσική και τη διδασκαλία της φυσικής

Κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων σχετικών με τις φυσικές είμαστε, συνήθως, υποχρεωμένοι να εισάγουμε μαθηματικά εργαλεία για να περιγράψουμε, ερμηνεύσουμε και προβλέψουμε φυσικά φαινόμενα. Όταν δύος δεν διαθέτουμε αυτά τα εργαλεία ή δύον δεν γνωρίζουμε πώς να τα χειριστούμε, τότε θα καταλήξουμε στη χρήση εννοιών με ποιοτικά στοιχεία. Έχουν επισημανθεί τρία επίπεδα «ποιοτικής» φυσικής¹⁶:

- (α) Οι χρησιμοποιούμενες ποιοτικές έννοιες στην σύγχρονη φυσική δύος αυτές της «διατήρησης» ορισμένων φυσικών ποσοτήτων και της «συμμετρίας» οι οποίες, δύμας, χαρακτηρίζονται και ως «μετα-ποσοτικές» έννοιες αφού προϋποθέτουν τη γνώση πολύπλοκων, ορισμένες φορές, μαθηματικών εργαλείων,
- (β) η ποιοτική γλώσσα που χρησιμοποιείται στην εκλαίκευση των επιστημονικών αντικειμένων και διαδικασιών και που δεν είναι δυνατόν να εκφράσει την «νοηματική αυτονομία» της επιστημονικής γλώσσας που καθορίζεται, κυρίως, από το πειραματικά ελεγχόμενο και μαθηματικά εκφραζόμενο πλαίσιο συσχετίσεων της επιστήμης¹⁷,

(γ) ορισμένες έννοιες και σχέσεις τους οι οποίες αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια μιας «πρώτης» επαφής με ένα επιστημονικό αντικείμενο ή, ειδικότερα, με τη λύση προβλημάτων και αντανακλούν ένα πρώτο επίπεδο λογικών συλλογισμών. Οι έννοιες αυτές λειτουργούν μέσα από σχέσεις ταυτότητας, ισοδυναμίας ή διάταξης χωρίς, δύμας, να παραπέμπουν ευθέως σε μαθηματικοποιημένα φυσικά μεγέθη και σχέσεις τους¹⁸. Η τελευταία αυτή περίπτωση «ποιοτικής» φυσικής, που ενδιαφέρει ιδιαίτερα τον εκπαιδευτικό, έχει επισημανθεί σε διάφορα επίπεδα: στη φιλοσοφία της επιστήμης από τον G. Bachelard με επίκεντρο την έννοια του «επιστημολογικού εμποδίου»¹⁹, στη διδακτική της φυσικής

ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

με έμφαση στην οργάνωση διδασκαλιών, κυρίως, στο επίπεδο του γυμνασίου^{20,21} και στο χώρο της «λύσης προβλημάτων» στον οποίο θα αναπτυχθούμε εκτενέστερα στη συνέχεια.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι έρευνες, σχετικά με τη λύση προβλημάτων που αναγνωρίζουν την ύπαρξη ενός σταδίου, κατά τη διάρκεια της λύσης, δύον γίνεται μια προκαταρκτική ανάλυση του φυσικού φαινομένου. Η ανάλυση αυτή είναι ποιοτική και δεν απαιτεί κανένα μαθηματικό φορμαλισμό¹², προηγείται δε του σταδίου της λήψης αποφάσεων για το τρόπο λύσης και αυτού της «εκτέλεσης» της λύσης, του τυπικού, δηλαδή, σταδίου που εκτίθεται και στα σχολικά εγχειρίδια.

Με βάση τον προβληματισμό αυτό γίνεται προσπάθεια να αποσαφηνισθεί το ποιοτικό στοιχείο στο περιεχόμενο της άσκησης φυσικής. Στην ανάλυση που ακολουθεί θα περιοριστούμε σε ασκήσεις που προτείνονται σε σχολικά εγχειρίδια και που δεν είναι σχεδιασμένες, ειδικά, για τη μελέτη πειραματικών διαδικασιών (προετοιμασία, οργάνωση και επεξεργασία πειραματικών δεδομένων).

2.2 Επιλογή κριτήριων αναγνώρισης της άσκησης με ποιοτικά χαρακτηριστικά

Θα συνδέσουμε την ανάλυση του περιεχομένου μιας άσκησης με τις εσωτερικές νοητικές λειτουργίες που απαιτούνται για τη λύση της. Σύμφωνα με το ψυχολογικό μοντέλο «επεξεργασίας πληροφοριών», η λύση μιας άσκησης φυσικής απαιτεί δύο είδη γνώσης¹¹:

- (α) αποθηκευμένες στη μνήμη πληροφορίες και
- (β) διαδικασίες επεξεργασίας των αποθηκευμένων και προσλαμβανόμενων πληροφοριών.

Στο πρώτο είδος μπορούμε να διαχρίνουμε τις κατηγορίες:

- τις έννοιες φυσικής και τις ποιοτικές σχέσεις μεταξύ των εννοιών
- τις ποσοτικές σχέσεις μεταξύ φυσικών μεγεθών (τύπους)
- τις βοηθητικές αλγορίθμικές διαδικασίες (τεχνικές υπολογισμού, γραφικών παραστάσεων, ...)
- ειδικές τεχνικές γνώσεις για φυσικά ή τεχνολογικά φαινόμενα.

Στο δεύτερο είδος περιλαμβάνονται νοητικές δραστηριότητες όπως:

- ανάλυση των πληροφοριών
- ταυτοποίηση των ζητούμενων πληροφοριών με φυσικά μεγέθη
- μετάφραση της εκφώνησης σε όρους της φυσικής
- επεξεργασία δεδομένων
- ερμηνεία αποτελεσμάτων.

Η ανάλυση πληροφοριών που παρέχει μια εκφώνηση άσκησης μπορεί να αφορά την περιγραφή ενός φαινομένου, φυσικά μεγέθη, νόμους, αρχές, τη περιγραφή πειραματικών συσκευών, σχημάτων και γραφικών παραστάσεων, όπως επίσης, αν οι πληροφορίες είναι επαρκείς και αναγκαίες για τη λύση. Η δεύτερη δρα-

στηριζότα αφορά τις ζητούμενες πληροφορίες που μπορεί να είναι αυτές που περιγράψαμε αμέσως πιο πάνω. Μπορεί, επίσης, οι πληροφορίες αυτές να απαιτούν μια «μετάφραση» σε όρους φυσικής, να μη ζητείται, δηλαδή, άμεσα το φυσικό μέγεθος ή η σχέση φυσικών μεγεθών. Στην άσκηση που ακολουθεί,

«Δυο αυτοκίνητα ξεκινούν συγχρόνως από τη πόλη Α και κατευθύνονται στη Β, που απέχει 144 Km από την Α. Το πρώτο αυτοκίνητο κινείται συνέχεια με ταχύτητα 90 Km/h. Το δεύτερο κινείται με ταχύτητα 108 Km/h αλλά ο οδηγός σταμάτησε για 10 min όταν οδήγησε επί μισή ώρα.

α. Να γίνει το διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου για κάθε αυτοκίνητο.

β. Ποιο αυτοκίνητο θα φθάσει πρώτο στη πόλη Β;»

σε όρους φυσικής, το πραγματικό ερώτημα β είναι: «Να συγχριθούν τα χρονικά διαστήματα Δt μέσα στα οποία τα δυο αυτοκίνητα διήνυσαν την απόσταση AB». Στις περιπτώσεις αυτές η νοητική λειτουργία του μαθητή-λύτη είναι συνθετότερη. Μπορούμε να θεωρήσουμε τέτοιες «έμμεσες» ζητούμενες πληροφορίες ως ποιοτικά στοιχεία της άσκησης, με την έννοια που δώσαμε, εδώ, και συνεπώς να χαρακτηρίσουμε τη κατηγορία αυτή ως κριτήριο επιλογής της «ποιοτικής» άσκησης. Η τρίτη κατηγορία νοητικών δραστηριοτήτων αφορά ολόκληρο το κείμενο της άσκησης και λειτουργεί σε δυο διαδοχικά στάδια: το πρώτο έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μιας «γενικής ιδέας» για το σχετικό φυσικό φαινόμενο (να «καταλάβουμε» την εκφώνηση) και το δεύτερο καταλήγει σε μια περιγραφή του φαινομένου σε όρους φυσικής (φυσικών μεγεθών και σχέσεών τους). Η κατασκευή μιας περιγραφής σε όρους φυσικής μπορεί να είναι λιγότερο ή περισσότερο δύσκολη ανάλογα με τη περιγραφή (λεκτική ή σχηματική) που προτείνεται στην εκφώνηση της άσκησης. Όταν ο μετασχηματισμός της περιγραφής της εκφώνησης είναι αναγκαίος, τότε θεωρούμε ότι έχουμε να κάνουμε με μια άσκηση με ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η γνωστή έκφραση: «θεωρήστε το λείο επίπεδο, ...», που συναντάμε σε ασκήσεις μηχανικής αντιστοιχεί στην περιγραφή με όρους φυσικής: «το φυσικό μέγεθος της τριβής παίρνει τιμή μηδέν». Η συγκεκριμένη αυτή φράση αποτελεί μια από τις σπάνιες περιπτώσεις διδασκαλίας της «μετάφρασης» του περιεχομένου των ασκήσεων. Γιάρχουν ασκήσεις οι οποίες περιέχουν στην εκφώνησή τους στοιχεία μετάφρασης. Η επόμενη άσκηση είναι ενδεικτική:

«Αφού πήρε τη μαγική του δόση, ο Αστερίξ ρίχνει μια γροθιά στο πηγούνι του λεγεωνάριου. Το χέρι του Αστερίξ έχει μάζα $m = 4 \text{ Kg}$. Τη στιγμή του χτυπήματος έχει ταχύτητα κατακόρυφη προς τα πάνω με μέτρο 60 m/sec . Αν δεχθούμε ότι δόλη η κινητική ενέργεια μεταβιβάζεται στο λεγεωνάριο, του οποίου η μάζα είναι 60 Kg , μπορείτε να υπολογίσετε α) την ταχύτητα με την οποία εκτοξεύεται και β) το κατακόρυφο ύψος στο

οποίο θα ανεβεί το κέντρο βάρους του λεγεωνάριου; Θεωρήστε το χέρι του Αστερίξ ως ράβδο μήκους l , η οποία εκτελεί στροφική κίνηση. Για τη ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα περιστροφής ισχύει $I = 1/3ml^2$.

Είναι φανέρω ότι επιχειρείται η μετατροπή της περιγραφής με όρους «γεγονότων» (σχήμα) σε περιγραφή με όρους φυσικής (θεωρήστε το χέρι του Αστερίξ ως ράβδο μήκους l). Με το τρόπο αυτό οι κατασκευαστές της άσκησης την αποστέρουν από τα ποιοτικά στοιχεία που, εκ πρώτης όψεως, φαίνεται ότι περιέχονται στην εκφώνηση. Οι απαιτούμενες νοητικές λειτουργίες για τον μαθητή μειώνονται. Θεωρούμε ότι η περιγραφή της φυσικής κατάστασης και του φυσικού φαινομένου, εδώ, δεν έχει παρά «διακοσμητικό» χαρακτήρα.

Οι χρονικές δυνατότητες της ομάδας εργασίας δεν επέτρεψαν μια αναλυτικότερη περιγραφή των λειτουργικών δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια της λύσης μιας άσκησης με στόχο, πάντοτε, τον καθορισμό κριτήριων επιλογής μιας ποιοτικής άσκησης. Στα επόμενα, ασχολούμεθα με θέματα διδακτικής εκμετάλλευσης της ποιοτικής άσκησης από τον εκπαιδευτικό.

3. Ένα σχέδιο ταξινόμησης του περιεχομένου των ασκήσεων. Εφαρμογή του σχεδίου στις ασκήσεις σχολικών εγχειριδίων της Α' Λυκείου

Η ανάπτυξη της έννοιας της «άσκησης με ποιοτικά χαρακτηριστικά» μας δίνει τη δυνατότητα να διαμορφώσουμε ένα καινούριο σχέδιο ταξινόμησης του περιεχομένου των ασκήσεων, αποσαφηνίζοντας, συγχρόνως, τα κριτήρια ταξινόμησης. Στις υπάρχουσες ταξινομήσεις που συναντάμε κυρίως σε φροντιστηριακά βιβλία, τα κριτήρια αυτά είναι είτε υπονοούμενα είτε/και ασαφή^{22,23}. Κανένα από αυτά δε συνδέεται, άμεσα, με τις διαδικασίες λύσης ασκήσεων.

Η άσκηση φυσικής περιέχει, συνήθως, τη περιγραφή συγκεκριμένων αντικειμένων και γεγονότων (φυσικών φαινομένων). Η περιγραφή αυτή είτε παραμένει σε επίπεδο γεγονότων, είτε περιέχει σχέσεις εννοιών σε ποιοτικό επίπεδο, που χρειάζονται «μετάφραση», είτε αναφέρεται σε φυσικά μεγέθη και σχέσεις τους που παραπέμπουν σε μαθηματικά μοντέλα. Οι ζητούμενες πληροφορίες σε μια άσκηση αντιστοιχούν, προφανώς, στα τρία αυτά επίπεδα περιγραφής που αναφέραμε. Αν οι ζητούμενες ή/και παρεχόμενες πληροφορίες απαιτούν «μετάφραση» της περιγραφής σε όρους φυσικής ή/και την ταυτοποίηση ζητούμενων φυσικών μεγεθών (βλ. παράγρ. 2.2), τότε θεωρούμε ότι έχουμε να κάνουμε με μια ποιοτική άσκηση.²⁴

Αν η περιγραφή των συγκεκριμένων αντικειμένων και φυσικών γεγονότων δε συνοδεύεται από τις παραπάνω απαιτήσεις, τότε μιλάμε για διακοσμημένη άσκηση, όπως ήδη αναλύσαμε πιο πάνω.

Τέλος, αν η περιγραφή του φυσικού φαινομένου γίνεται με όρους αφηρημένους που θεωρούνται συστατικοί του μαθηματικοποιημένου μοντέλου φυσικής

στο οποίο αναφέρεται η άσκηση (χινητό, υλικό σημείο, στιγμιαία ταχύτητα, ...) ή απουσιάζει εντελώς μια τέτοια περιγραφή και συγχρόνως δεν τηρούνται τα κριτήρια περί ποιοτικών ασκήσεων, τότε ονομάζουμε την άσκηση μαθηματικο-ποιημένη.

Ο πίνακας 1 που ακολουθεί συγκεντρώνει τα κριτήρια στη βάση των οποίων διαμορφώθηκε το σχέδιο ταξινόμησης ασκήσεων που προτείνουμε. Ένα απόσπασμα του σχεδίου, όπως ακριβώς εφαρμόστηκε στην ανάλυση συγκεκριμένων ασκήσεων σχολικών εγχειριδίων, παρατίθεται στο παράρτημα 1.

Με το εργαλείο αυτό έγινε η ταξινόμηση 134 ασκήσεων που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια της Α' τάξης Γενικού και Πολυκλαδικού Λυκείου. Πρόκειται για ασκήσεις που εντάσσονται στην ενότητα της Μηχανικής η οποία από τη φύση της προσφέρει μεγάλη ποικιλία περιγραφών φυσικών φαινομένων. Η ταξινόμηση ασκήσεων και άλλων ενοτήτων βρίσκεται σε εξέλιξη. Δεν είναι στις προθέσεις μας να συζητηθούν, εδώ, εκτενώς, τα συμπεράσματα της ταξινόμησης αυτής, ούτε να προσεγγισθούν θέματα αξιολόγησης των συγκεκριμένων εγχειριδίων ή του αναλυτικού προγράμματος. Θεωρούμε, όμως, ότι η ανάλυση που επιχειρούμε καθώς και ορισμένα πρώτα δεδομένα που παρουσιάζουμε αποτελούν πλαίσιο για τη διαμόρφωση υποθέσεων εργασίας, σε θέματα οργάνωσης και αξιολόγησης της διδασκαλίας της φυσικής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Είδος άσκησης	Κριτήρια ταξινόμησης
Ποιοτική άσκηση	α. Περιγραφή φυσικού φαινομένου με όρους «γεγονότων» ή και με όρους «φυσικής» β. Απαιτείται «μετάφραση» της περιγραφής με όρους «γεγονότων» σε περιγραφή με όρους «φυσικής» γ. Απαιτείται «μετάφραση» των ζητούμενων πληροφοριών σε όρους «φυσικών μεγεθών»
Διακοσμημένη άσκηση	α. Περιγραφή φυσικού φαινομένου με όρους «γεγονότων» και με όρους «φυσικής» β. Δεν απαιτείται «μετάφραση» της περιγραφής με όρους «γεγονότων» σε περιγραφή με όρους «φυσικής» γ. Δεν απαιτείται «μετάφραση» των ζητούμενων πληροφοριών σε όρους «φυσικών μεγεθών»
Μαθηματικοποιημένη	α. Περιγραφή φυσικού φαινομένου με όρους «φυσικής» άσκηση

Στο παράρτημα 2 παρατίθεται ο πίνακας που περιλαμβάνει την ταξινόμηση όλων των ασκήσεων των οποίων το περιεχόμενο εξετάσαμε. Εκεί φαίνεται ότι:

ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

— Το ποσοστό των ποιοτικών ασκήσεων είναι της τάξεως του 33% για το βιβλίο του Γενικού Λυκείου²⁴ και του 34% γι' αυτό του Πολυκλαδικού Λυκείου²⁵.

— Οι μαθηματικοποιημένες ασκήσεις είναι περισσότερες στο βιβλίο του Γενικού Λυκείου (35%) από αυτές του Πολυκλαδικού (23%).

— Οι ασκήσεις με διακοσμητικά χαρακτηριστικά αποτελούν τη πλειοψηφία στο εγχειρίδιο του ΕΠΑ (43%) ενώ το ποσοστό τους στο βιβλίο του Γενικού είναι 32%.

Η μικρή αυτή έρευνα φαίνεται να επιβεβαιώνει τον μαθηματικό προσανατολισμό της διδασκαλίας της φυσικής, αλλά συγχρόνως να αναδεικνύει τις προσπάθειες που καταβάλλονται να επενδυθεί με ποιοτικά στοιχεία και να συνδεθεί έως ένα βαθμό με τη φυσική και τεχνολογική πραγματικότητα.¹⁶ Στο επίπεδο των ασκήσεων αυτό επιχειρείται, κυρίως μέσα από τη διακοσμημένη άσκηση, την οποία θα μπορούσαμε να ονομάσουμε και «ψευδο-ποιοτική». Αν και τα δρια μεταξύ ποιοτικής και διακοσμημένης άσκησης δε φαίνεται να είναι πάντοτε ευκρινή, δεν προχωρήσαμε σε βαθύτερη ανάλυση των διαφορών τους. Αντίθετα, έγινε προσπάθεια να επεκταθεί η διερεύνηση μας για την άσκηση με ποιοτικά χαρακτηριστικά και προς άλλες κατευθύνσεις, με στόχο τη διαμόρφωση μιας, όσο το δυνατό, πιο ολοκληρωμένης αντίληψης για αυτού του είδους την άσκηση.

4. Λύνοντας ασκήσεις με ποιοτικά χαρακτηριστικά — Μια μικρή εμπειρική έρευνα

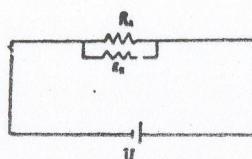
Ένα βασικό ερώτημα που τίθεται σε σχέση με τη χρήση της ποιοτικής άσκησης είναι το εξής: ποιες είναι οι επιπτώσεις για τους μαθητές που λύνουν μια τέτοια άσκηση; Ειδικότερα, ποια είναι η γνωστική συμπεριφορά του λύτη και ποια είναι τα αποτελέσματα της λύσης; Δηλώνουμε, ευθύς εξ αρχής, ότι δεν ενδιαφέρομαστε, εδώ, για τις γενικότερες γνωστικές διαδικασίες και γενικούς μεθοδολογικούς δρόμους που ακολουθούν οι λύτες, ποιοτικών ή μη, ασκήσεων φυσικής. Έχουμε, ήδη, αναφερθεί στα ερευνητικά πλαίσια μέσα στα οποία μελετώνται οι διαδικασίες αυτές^{8,9}. Το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται στο να εντοπίσουμε, αν υπάρχουν, ορισμένες διαφορές στην αντιμετώπιση από τους μαθητές των ποιοτικών ασκήσεων σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες ασκήσεων, οι οποίες να οφελούνται, ακριβώς, στο χαρακτήρα αυτών των ασκήσεων. Η ανάδειξη τέτοιων διαφορών μπορεί να μας οδηγήσει στη διατύπωση άμεσων προτάσεων για τη διδακτική εκμετάλλευση των ασκήσεων.

Ο «διδακτικός» προσανατολισμός μας υπαγόρευσε και τη μέθοδο με την οποία προσπαθήσαμε να προσεγγίσουμε τα παραπάνω ερωτήματα. Πρόκειται για μια από τις πολλές τεχνικές που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει κανείς για

να δώσει ορισμένες «πρώτες» απαντήσεις. Η παράγραφος αυτή πρέπει να ειδωθεί ως τμήμα της συνολικής εργασίας μας και όχι ως αυτόνομη διερεύνηση με αυστηρά μεθοδολογικά κριτήρια.

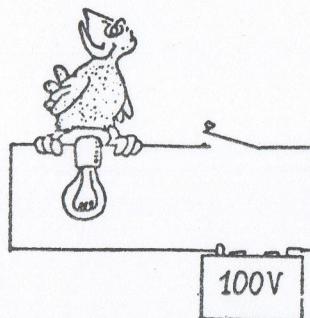
Η βασική μας υπόθεση διατυπώθηκε ως εξής: επειδή, ακριβώς, η ποιοτική άσκηση απαιτεί ειδικές νοητικές διαδικασίες σε σχέση με τις μαθηματικοποιημένες ή τις διακοσμημένες ασκήσεις, η γνωστική συμπεριφορά «όμοιων» πληθυσμών μαθητών θα εμφανίσει συγκεκριμένες διαφορές στη λύση και το τελικό αποτέλεσμα παρόμοιων στη δομή ασκήσεων αλλά διαφορετικών ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η περιγραφή των αναμενόμενων αυτών διαφορών και οι συνέπειές τους για τη διδασκαλία θα αποτελούσε τη βασική μας αιχμή. Γι' αυτό κατασκευάστηκαν οι εξής δύο ασκήσεις:

ΑΣΚΗΣΗ Δ



«Η αντίσταση R_1 που φαίνεται στο σχήμα καταστρέφεται αν περάσει από αυτή ηλεκτρικό ρεύμα με ένταση μεγαλύτερη από 0.05A . Αν $U = 200\text{V}$ και $R_1 = 1000\Omega$ θα καταστραφεί ή όχι η αντίσταση;»

ΑΣΚΗΣΗ Π



«Έναι γνωστό ότι οι ζωντανοί οργανισμοί όταν έρχονται σε επαφή με γυμνά καλώδια που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, μπορεί να πάθουν ηλεκτροπληξία. Στο σχήμα βλέπετε μια παρόμοια περίπτωση. Το πουλί στο σχήμα μας παθαίνει ηλεκτροπληξία όταν περάσει από αυτό ρεύμα με ένταση μεγαλύτερη από 0.05A . Ξέροντας ότι η αντίσταση του πουλιού είναι 1000Ω και ότι η μπαταρία δίνει τάση 100V , εξετάστε αν το πουλί θα επιζήσει όταν κλείσει ο διακόπτης.»

ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

Σύμφωνα με την ταξινόμηση μας η άσκηση Δ ανήκει στις διακοσμημένες ή φευδο-ποιοτικές ασκήσεις, ενώ η άσκηση Π στις ποιοτικές ασκήσεις. Το στοιχείο διακόπτης της άσκησης Δ είναι η φράση «η αντίσταση καταστρέφεται» η οποία όμως, συγχρόνως, μεταφράζεται σε όρους φυσικής: $i > 0.05\text{A}$. Οι υπόλοιπες πληροφορίες είναι το σχήμα και τιμές φυσικών μεγεθών που αντιστοιχούν στο μαθηματικοποιημένο τεχνολογικό μοντέλο της Ηλεκτροδυναμικής. Το ζητούμενο «θά καταστραφεί ή όχι η αντίσταση;» πρέπει να μορφοποιηθεί, μεν, σε όρους φυσικής αλλά η μετάφραση αποτελεί οργανικό στοιχείο της εκφώνησης. Ο ποιοτικός χαρακτήρας της άσκησης Π εντοπίζεται στην ερμηνεία του σχήματος. Ο λύτης πρέπει να αντιστοιχήσει το σχήμα σε ένα «συμβολικό» ηλεκτρικό κύκλωμα όπου η μπαταρία πρέπει να ειδωθεί σαν πηγή σταθερής διαφοράς δυναμικού και το πουλί με το λαμπτήρα σαν σύστημα δύο αντιστάσεων σε παράλληλη σύνδεση. Δίδονται, βέβαια, ορισμένα βοηθητικά «μεταφραστικά» στοιχεία (η αντίσταση του πουλιού) αλλά ο βασικός μετασχηματισμός πρέπει να επιχειρηθεί από τον λύτη. Η μετάφραση της έννοιας της ηλεκτροπληξίας παρέχεται από την εκφώνηση. Έτσι, περιορίζονται οι διαφορές ανάμεσα στις ασκήσεις Δ και Π σε μια μόνο διαδικασία με ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Οι ασκήσεις δόθηκαν σε 95 μαθητές της Γ' Γυμνασίου και σε 101 μαθητές της Β' Λυκείου σε σχολεία της Νίκαιας, του Κερατσινού, του Περάματος και του Βύρωνα, στην Αθήνα και τον Πειραιά. Έγινε προσπάθεια να τηρηθούν οι κανόνες «τυχαιοπόλησης» του δείγματος μαθητών που έλαβαν μέρος στην έρευνα. Ο νόμος του ΟΗΜ είχε διδαχθεί αρκετό καιρό πριν δοθούν οι ασκήσεις. Η συζήτηση των αποτελεσμάτων γίνεται μέσα από δύο διαφορετικές οπτικές: (α) Η οπτική «σωστές απαντήσεις - λανθασμένες απαντήσεις». Αρχικά, οι απαντήσεις χωρίστηκαν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες με κριτήριο τη σωστή ή λανθασμένη απάντηση στην άσκηση: κατηγορία «σωστή απάντηση», κατηγορία «λανθασμένη απάντηση», κατηγορία «χωρίς απάντηση». Καθεμιά από τις κατηγορίες αυτές αναλύθηκε στην επί μέρους κατηγορία: «σωστή ή λανθασμένη αιτιολόγηση». Τα αποτελέσματα φάνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Οι σωστές απαντήσεις δεν αντιστοιχούν, βέβαια, πάντοτε σε σωστή αιτιολόγηση ούτε σε πλήρεις μαθηματικούς χειρισμούς των φυσικών μεγεθών και των σχέσεών τους. Ο επόμενος πίνακας αναφέρεται στους μαθητές που απάντησαν και αιτιολόγησαν πλήρως και σωστά την απάντησή τους.

* Η άσκηση Δ δόθηκε σε 47 μαθητές Γυμνασίου και 51 μαθητές Λυκείου, ενώ η άσκηση Π σε 48 μαθητές Γυμνασίου και 50 Λυκείου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Κατηγορία απαντήσεων	'Ασκηση Δ (%)			'Ασκηση ΙΙ (%)		
	Σύνολο	Γυμνάσιο	Λύκειο	Σύνολο	Γυμνάσιο	Λύκειο
Σωστές	61,2	57,4	64,7	53,1	60,4	46,0
Λανθασμένες	16,4	17,0	15,7	19,4	18,8	20,0
Χωρίς απάντηση	22,4	25,6	19,6	27,5	20,8	34,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

	Γυμνάσιο (%)	Λύκειο (%)	Σύνολο (%)
'Ασκηση Δ	27,6	39,2	33,6
'Ασκηση ΙΙ	31,3	16,0	23,4

Η γενική εκτίμηση είναι πως η ποιοτική άσκηση έχει μεγαλύτερη επιτυχία στο γυμνασιακό δείγμα, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τη διακοσμημένη άσκηση. Μια προφανής ερμηνεία του φαινομένου αυτού είναι η επικράτηση της μαθηματικοπιμένης διδασκαλίας της φυσικής στο λυκειακό επίπεδο. Πέρα όμως από ορισμένες τέτοιους είδους γενικές εκτιμήσεις που είναι δυνατόν να γίνουν σε σχέση με τους παραπάνω πίνακες, δε φάνεται να έχουμε συγκεκριμένες απαντήσεις στα ερωτήματα που θέσαμε για τη χρήση της ποιοτικής άσκησης από τους μαθητές. Είναι φανερό ότι μια άλλη οπτική γωνία ανάλυσης των δεδομένων πρέπει να αναπτυχθεί.

(β) Η οπτική «επιλογή» κριτηρίων ανάλυσης με βάση κατηγορίες ιδεών των ίδιων των μαθητών^{26,27,28}. Προηγουμένως, η εξέταση των απαντήσεων των μαθητών έγινε με κριτήριο μια, a priori, παραδεκτή από τον ειδικό (εδώ, τον εκπαιδευτικό ή ομάδα εκπαιδευτικών) λύση της άσκησης. Κοιτάζοντας το σύνολο των απαντήσεων από τη νέα οπτική γωνία, τις κατηγοριοποιούμε, εκ των υστέρων, με κριτήριο κοινές ομάδες λύσεων, κοινούς τρόπους λύσεων που αναδεικνύονται μέσα από τις ίδιες τις απαντήσεις και αιτιολογήσεις των μαθητών. Με τη μέθοδο αυτή έχουμε τη δυνατότητα να μελετήσουμε τόσο τις απαντήσεις που δίνονται, όσο και τις διαδικασίες λύσης που χρησιμοποιούνται από τους μαθητές. Αυτές, ακριβώς, οι διαδικασίες είναι οι πιο ενδιαφέρουσες στις συγκρίσεις που επιχειρούμε ανάμεσα στις λύσεις που προτείνονται για την άσκηση Δ και σ' αυτές που προτείνονται για την άσκηση ΙΙ.

Μια πρώτη προσέγγιση των δεδομένων κάτω από αυτό το πρίσμα ανέδειξε δυο κύρια σημεία που αφορούν άμεσα τη φύση των ασκήσεων:

— Η ποιοτική άσκηση οδηγεί σε μεγαλύτερη ποικιλομορφία απαντήσεων και συνεπώς φαίνεται να διανοίγει περισσότερα κανάλια σκέψης για τον μαθητή.

Συγκεκριμένα, εντοπίσθηκαν τρεις τρόποι λύσης που οδηγούν στη σωστή απάντηση: ορισμένοι μαθητές υπολόγισαν ή αποπειράθηκαν να υπολογίσουν την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση ή το πουλί και τη συνέ-

ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

κριναν με τη δεδομένη οριακή ένταση. Η λύση αυτή που θα προτείναμε και εμείς οι ίδιοι στους μαθητές μας, εμφάνισε και τη μεγαλύτερη συχνότητα. Υπήρξαν, όμως, και μαθητές που υπολόγισαν ή/και συνέκριναν ή αποπειράθηκαν να συγκρίνουν και υπολογίσουν διαφορές δυναμικού ή αντιστάσεις. Αναφέρουμε μια χαρακτηριστική απάντηση που ανήκει σ' αυτές, τις λιγότερο συχνές, κατηγορίες:

« $R = U/i$, $R = 100/0.05 = 2000\Omega$. Για να πάθει ηλεκτροπληξία πρέπει η αντίσταση να είναι μικρότερη από 2000Ω . Η αντίσταση του πουλιού είναι 1000Ω , οπότε όταν ο διακόπτης κλείσει, το πουλί θα πάθει ηλεκτροπληξία».

Η εμφάνιση των δύο κατηγοριών αυτών στη λύση της διακοσμημένης άσκησης είναι λιγότερο συχνή (5 μαθητές) από την εμφάνισή τους στη λύση της ποιοτικής άσκησης (17 μαθητές).

— Η ποιοτική άσκηση αναδεικνύει τις ειδικότερες αντιλήψεις που έχουν σχηματίσει οι μαθητές για ορισμένες έννοιες ή σχέσεις εννοιών. Οι αντιλήψεις αυτές δεν είναι, συνήθως, συμβατές με τις παραδεκτές από τη φυσική αντιλήψεις και πρόερχονται, κυρίως, από τις προσωπικές εμπειρίες που αποκτούν από την αλληλεπίδρασή τους με το φυσικό και τεχνολογικό περιβάλλον. Αναφέρουμε μερικές απ' αυτές τις αντιλήψεις όπως διατυπώθηκαν από τους μαθητές: «...θα δημιουργηθεί με το κλείσιμο του διακόπτη ρεύμα $100V$ ».

«...επιζεί γιατί έχει μεγαλύτερη αντίσταση το πουλί. Αφήνοντας όμως ώρα το διακόπτη ανοικτό πεθαίνει, γιατί θα δεχθεί μεγάλη ένταση ρεύματος». «επιζεί γιατί σηκώνει $100V$ ο οργανισμός του πουλιού».

«για να πάθει ηλεκτροπληξία, πρέπει να ακουμπήσει και κάποιο από τα φτερά του στο σύρμα για να δημιουργήσει κλειστό κύκλωμα...».

Εντοπίσθηκαν 12 τέτοιες «ποιοτικές» αντιλήψεις (βλ. και παράγρ. 2.1) στις απαντήσεις για τη διακοσμημένη άσκηση και 21 στις απαντήσεις για την ποιοτική. 'Ενα ποσοστό απ' αυτές τις αντιλήψεις αναφέρονται άμεσα στην καθημερινή εμπειρία. Το ποσοστό αυτό το συναντάμε μόνο στις απαντήσεις για τη ποιοτική άσκηση.

Είναι προφανές ότι οι υποθέσεις οι οποίες διατυπώνονται στη παράγραφο αυτή πρέπει να διερευνηθούν και επαληθευθούν με δεδομένα μεγαλύτερης κλίμακας, τόσο σχετικά με τον αριθμό των ασκήσεων όσο και με τον αριθμό των μαθητών. Ωστόσο, θεωρούμε πώς, σε μια πρώτη φάση, τα συμπεράσματά μας ενισχύουν την προσπάθειά μας για μια ταξινόμηση των ασκήσεων φυσικής με βάση ποιοτικά χαρακτηριστικά και με αυτή την πεποίθηση χαρακτηρίζουμε την ταξινόμηση αυτή ως βασικό διδακτικό εργαλείο ή διδακτικό πλαίσιο αναφοράς των, σχετικών με τη χρήση της άσκησης φυσικής, δραστηριοτήτων των εκπαιδευτικών. Στις ποικίλες αυτές δραστηριότητες είναι αφιερωμένο το τελευταίο μέρος της εργασίας μας.

5. Πώς ο εκπαιδευτικός μπορεί να χειριστεί μια άσκηση με ποιοτικά χαρακτηριστικά: διδακτικές προτάσεις

Η λύση ασκήσεων είναι μια δραστηριότητα που κατέχει εξέχουσα θέση στη διδασκαλία της φυσικής. Ο ρόλος που μπορεί να παίξει είναι πολλαπλός. Η συνηθέστερη διδακτική της χρήση μέσα στη σχολική τάξη είναι η αξιολόγηση, ιδιαίτερα στο λυκειακό επίπεδο. Οι μαθητές λύνουν ασκήσεις ώστε να εκτιμήσει ο εκπαιδευτικός αν «κατανοήθηκε» και «εμπεδώθηκε» η θεωρία. Στα πλαίσια, μάλιστα, του σημερινού σχολείου που η αξιολόγηση έχει το χαρακτήρα επιλογής, συρρικνώνεται ακόμη περισσότερο η διδακτική αξία της λύσης ασκήσεων στο παιχνίδι της μάθησης¹¹: η λύση ασκήσεων φυσικής είναι ένα αναγκαίο κακό. Θεωρούμε ότι η έννοια της άσκησης με ποιοτικά χαρακτηριστικά, αφ' ενός συμβάλλει στην αποσαφήνιση των διαφόρων διδακτικών δυνατοτήτων που προσφέρονται στον εκπαιδευτικό και αφ' ετέρου συντελεί στη διαμόρφωση προτάσεων που αναγκαστικά οδηγούν στην αναβάθμιση του μαθησιακού της ρόλου, ακόμα και μέσα στις σημερινές συνθήκες. Ακολουθούν μερικές, σχηματικά διατυπωμένες, από αυτές τις προτάσεις.

— Η ποιοτική άσκηση ως εργαλείο αξιολόγησης.

Τα δυο βασικά συμπεράσματα που ανέκυψαν κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των προτεινόμενων από τους μαθητές λύσεων στις ασκήσεις Δ και Π (βλ. παράγγ. 3) παραπέμπουν στην έννοια της διαγνωστικής αξιολόγησης. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να αποκτήσει πληροφορίες σχετικά με τις γενικότερες διαδικασίες επίλυσης που χρησιμοποιούν οι μαθητές του καθώς και με τις ειδικότερες αντιλήψεις τους για συγχεκτικά θέματα φυσικής. Η ποιοτική άσκηση φαίνεται πως συμβάλλει στην έκφραση και των δύο. Αν αυτό συμβαίνει σε μόνιμη βάση, τότε η συλλογή αυτών των πληροφοριών είναι δυνατό να οδηγήσει στον εντοπισμό της εξέλιξης ή της στασιμότητας της κατανόησης του μαθητή και ακόμα πιο πέρα στον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό των επόμενων διδακτικών ενοτήτων²⁹.

— Η ποιοτική άσκηση ως εργαλείο για την εισαγωγή ή επεξεργασία εννοιών φυσικής.

Η άσκηση φυσικής μπορεί να ενταχθεί οργανικά στην εννοιολογική επεξεργασία ενός γνωστικού αντικειμένου, μέσα στη τάξη, με τη μορφή της ποιοτικής άσκησης. Η μέθοδος αυτή φαίνεται να είναι κατάλληλη για το επίπεδο του Λυκείου, όπου και είναι δύσκολη η εισαγωγή και επεξεργασία εννοιών με πειράματα και, συγχρόνως, η λύση ασκήσεων αποτελεί για τους μαθητές μια οικεία δραστηριότητα. Απλές παρατηρήσεις στη τάξη ορισμένων μελών της ομάδας εργασίας που επιχείρησαν μια τέτοια προσέγγιση σε λυκειακό και μεταλυκειακό επίπεδο (Μεταλυκειακό Κέντρο) έδειξαν, το λιγότερο, την απόκτηση θετικών στάσεων από τους μαθητές απέναντι στη διδασκαλία του σχετικού αντικειμένου.

Οι διαδικασίες λύσης των ασκήσεων πρέπει να συζητιούνται, εκτενώς, στη τάξη ώστε να «δημοσιευτούνται» τα διαφορετικά κανόνια σκέψης και τα εννοιολογικά πρότυπα των μαθητών, που την έκφρασή τους προκαλεί η λύση της ποιοτικής άσκησης. Έχει επισημανθεί ότι οι συζητήσεις στη τάξη γύρω από αυτά τα διαφορετικά πρότυπα, συμβάλλουν, ως ένα βαθμό, στην αναγνώριση, διευκρίνιση, ακόμα και την κατανόηση εννοιών από τους μαθητές^{21,26}.

— Η ποιοτική άσκηση ως αυτόνομο αντικείμενο διδασκαλίας.

Τελευταία, γίνονται προσπάθειες για την ανάπτυξη και εισαγωγή στη διδασκαλία της φυσικής μεθοδολογιών λύσης ασκήσεων. Η λύση ασκήσεων φυσικής μετατρέπεται, συγχρόνως, και σε αντικείμενο μάθησης¹². Συγκεκριμένα, αναπτύσσονται νοητικά εργαλεία για τους μαθητές, όπως βοηθήματα για να περιγράφουν με ποιοτικό τρόπο τις εκφωνήσεις των ασκήσεων ή τρόποι κατασκευής σχεδίων λύσης και λήψης αποφάσεων για την απαιτούμενη λύση. Η φύση της ποιοτικής άσκησης (ανάγκη για μετασχηματισμό της περιγραφής με όρους φαινομενολογίας σε περιγραφή με όρους φυσικής) θέτει επιτακτικά το ζήτημα της προώθησης τέτοιου είδους συστημάτων μεθοδολογιών λύσης ασκήσεων οι οποίες είναι, μάλιστα, βασισμένες σε πορίσματα της γνωστικής ψυχολογίας.

Κλείνοντας θα θέλαμε να επισημάνουμε πώς ο όρος «διδακτική πρόταση» αναφέρεται, συνήθως, σε διαδικασίες και εργαλεία που συνδέονται άμεσα με την εκπαιδευτική διαδικασία. Η επισήμανση αυτή περιέχει, ακόμα συνηθέστερα, την υπονοούμενη αντίληψη πως η διδακτική πρόταση είναι «έτοιμη» προς εφαρμογή από τον εκπαιδευτικό³⁰. Ο ιδεολογικός αυτός επικαθορισμός της «διδακτικής πρότασης» έχει τη βάση του στη θέση πως οι διδακτικές προτάσεις πρέπει να διατυπώνονται από ειδικούς και να εφαρμόζονται από τους εκπαιδευτικούς. Η ομάδα εργασίας απορρίπτει τη θέση αυτή.

Θεωρούμε πως η οργανική ένταξη του εκπαιδευτικού στις διαδικασίες γέννησης των διδακτικών προτάσεων προσδίδουν ένα ευρύτερο νόημα στον όρο αυτό. Η διδακτική πρόταση, τώρα, περιέχει όχι μόνο τα εργαλεία εφαρμογής της αλλά και τη μεθοδολογία παραγωγής τους.

Κλείνοντας, επισημαίνουμε ότι οι διδακτικές προτάσεις που διαμορφώνονται εδώ αποτελούν εύκαμπτα πλαίσια καθοδήγησης του εκπαιδευτικού, το περιεχόμενο των οποίων θα διαμορφωθεί μέσα από διαδικασίες έρευνας και εφαρμογής από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό ή σε συνεργασία με ειδικούς ερευνητές της διδακτικής της φυσικής. Πολλά θέματα παραμένουν ανοικτά στην ανάλυσή μας:

- η βαθύτερη διερεύνηση του γνωστικού και συναισθηματικού ρόλου της άσκησης με διακοσμητικά χαρακτηριστικά, στη διάρκεια της διδασκαλίας
- η εφαρμογή των κριτηρίων ταξινόμησης και σε άλλες ενότητες της φυσικής
- η σύνδεση των τριών κατηγοριών ασκήσεων με το βαθμό δυσκολίας στη λύση ασκήσεων

— η βαθύτερη ανάλυση των κριτηρίων που αφορούν την ίδια την ποιοτική άσκηση και άλλα.

Όλα αυτά τα θέματα αποτελούν μέρος της διαδικασίας παραγωγής διδακτικών προτάσεων. Θέση της ομάδας εργασίας είναι πως ο εκπαιδευτικός πρέπει να ενταχθεί οργανικά στην ερευνητική αυτή διαδικασία ώστε η διαδικασία εφαρμογής των προτάσεων να μην καταλήγει, ως συνήθως, σε διεκπεραίωση εντολών.

γνωστή στην Ελλάδα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Απόσπασμα αναλυτικού σχεδίου ταξινόμησης ασκήσεων
(Εφαρμογή σε ασκήσεις του βιβλίου Α' τάξης Γενικού Λυκείου)

ΑΣΚΗΣΗ	4.24	4.1
ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	A. Ανέβασμα κιβωτίου από έναν Δεν υπάρχει	
A. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ	εργάτη, με τη βοήθεια μιας σανίδας	
B. ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ	— το σχήμα	
G. ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΖΗΤΟΥ-ΜΕΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ	— η φράση: «...ευχολότερον ανεβάσει ο εργάτης...»	
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Γ. Σύγκριση δυνάμεων	
ΤΥΠΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ	Ποιοτική	Μαθηματικοποιημένη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Τύπος άσκησης	Βιβλίο Α' τάξης Γενικού Λυκείου	Βιβλίο Α' τάξης Πολυχλαδικού Λυκείου
Μαθηματικοποιημένη Άσκηση	1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 1.12, 1.6, 1.10, 2.24, 2.29, 2.30, 1.14, 1.21, 4.1, 4.2, 4.10, 4.11, 2.31, 3.25, 3.26, 3.30, 3.32, 4.13, 4.14, 4.20, 4.21, 4.28, 3.34, 3.37, 4.19, 4.21, 4.29 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 6.7	

ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διακοσμημένη Άσκηση	1.9, 1.11, 1.18, 1.19, 1.20, 2.4, 2.18, 2.35, 2.38, 3.27, 3.28, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 3.35, 3.36, 3.38, 3.40, 3.41, 4.12, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 3.43, 3.44, 3.45, 4.20, 4.22, 4.19, 4.30, 4.31, 6.5, 6.9 4.24, 4.25, 4.27, 4.30, 4.32, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.39, 4.40, 4.41, 4.42
Ποιοτική Άσκηση	1.4, 1.7, 1.13, 1.15, 2.1, 2.2, 1.8, 1.9, 1.11, 2.22, 2.23, 2.25, 2.3, 2.5, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 2.26, 2.27, 2.32, 2.33, 2.34, 4.27, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.6, 6.8, 2.36, 2.37, 3.29, 3.31, 3.33, 6.10, 6.11 3.39, 3.42, 4.18, 4.23, 4.26, 4.31

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Εφημερίδα Ελευθεροτυπία, τ. 3564, 1987.
2. Εφημερίδα Ελευθεροτυπία, τ. 3565, 1987.
3. Α. Κασσέτα, «Εμβόλια φαντασίας — Το σχολικό βιβλίο Φυσικής σήμερα και αύριο», Αργώ, έκδοση της ΟΙΕΛΕ, 1, 1981.
4. Π. Κόκκοτα, «Τα Φυσικά στο Λύκειο», Νέα Παιδεία, 16, 1981.
5. Ν. Δαπόντε, «Οι οδηγίες για τη Διδασκαλία της Φυσικής στην Α' τάξη του Γενικού Λυκείου», Σύγχρονη Εκπαίδευση, 25, 1985.
6. Ν. Δαπόντε, «Μια άλλη αντίληψη για τη δομή και λειτουργία του βιβλίου Φυσικής», Πρακτικά Α' Κοινού Συνεδρίου της 'Ενωσης Ελλήνων Φυσικών και της 'Ενωσης Κυπρίων Φυσικών, Λευκωσία, 1982.
7. Ν. Δαπόντε, «Η συμβολή της γνωστικής ψυχολογίας στην έρευνα για τη λύση προβλημάτων. Προς μια διδασκαλία λύσης προβλημάτων Φυσικής», Σύγχρονη Εκπαίδευση, 19, 21, 1984-85.
8. J. H. Larkin, «Spatial reasoning in solving physics problems», μονογραφία, Carnegie-Mellon University, 1983.
9. J. Larkin, F. Reif, «Understanding and teaching problem-solving in physics», European Journal of Science Education, v. 1, 2, 1979.
10. A. Dumas-Carre, «Un reseau d' analyse pour des enonces d' exercices de physique», Bulletin de l' Union des Physiciens 623, 1980.
11. Groupe Chapham, «Controles de Sciences Physiques pour les classes de Seconde, Première et Terminale», ed. LIRESP, Université Paris 7, 1980-82.
12. M. Caillot, A. Dumas-Carre, «Prophy: Un enseignement d' une methodologie de resolution de problemes de physique», rapport final de la RCP Resolution de problemes en mathematiques et en physique, 1988.
13. F. Reif, «Teaching problem solving», The Physics Teacher, May 1981.
14. M. Δαπόντε, «Η δημιουργική φαντασία στη διδασκαλία της φυσικής ή πώς να σπάσουμε τα σχήματα της εμπειρίας, το φορμαλισμό και τη τυποποίηση», Σύγχρονη Εκπαίδευση, 34, 1987.
15. K. Ευταξία, «Ο τόπος της φυσικής... το όπιον του μαθητή», Φυσικός Κόσμος, 97, 1985.
16. J. L. Martinand, «A propos des Sciences Physiques au college», Laboratoire Interuniver-

- sitaire de Recherche sur l' Enseignement des Sciences Physiques et de la Technologie, Université Paris 7, 1987.
17. Α. Μπαλτά, «Η νοηματική αυτονομία των θεωριών της φυσικής και το πρόβλημα της εκλατ-κευσης», στο Αμητός στη μνήμη του Φώτη Αποστολόπουλου, εκδ. Κέντρο Μικρασιατικών Σπουδών, 1984.
 18. M. Antoine, «Le niveau qualitatif dans l'initiation aux Sciences Physiques», Bulletin de l' Union des Physiciens, 643, 1982.
 19. G. Bachelard, «La formation de l'esprit scientifique», ed. J. Vrin, 1980.
 20. Π. Καριώτογλου, Δ. Κολιόπουλου, Δ. Ψύλλου, «Το Κυκλικό Εργαστήριο και η εφαρμογή του στη Στατική των Ρευστών», Πρακτικά Β' Κοινού Συνεδρίου της 'Ενωσης Ελλήνων Φυσικών και 'Ένωσης Κυπρίων Φυσικών, Αθήνα 1986 (υπό ένδοση).
 21. D. Psillas, P. Koumaras, A. Tiberghien, «Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching on d.c. circuit», European Journal of Science Education (υπό ένδοση).
 22. I. Αθανασάκη, «Μεθοδολογία των ασκήσεων φυσικής», 3 τόμοι.
 23. A. και Σ. Σαββάλα, «Προβλήματα φυσικής», 3 τόμοι.
 24. Π. Κόκκοτα, Δ. Κρέμου, «Φυσική Α' τάξης Λυκείου», ΟΕΔΒ.
 25. N. Δαπόντε, A. Κασέτα, S. Μουρίκη, M. Σκιαδίτη, «Φυσική», Α' τάξη Πολυκλαδικού Λυκείου, ΟΕΔΒ.
 26. Π. Κουμαρά, «Πειραματική μελέτη της Διδασκαλίας και της Κατανόησης των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων Συνεχούς Ρεύματος από μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης», εσωτερική δημοσίευση, Τομέας Στερεάς Κατάστασης, Σχολή Θετικών Επιστημών του Α.Π. Θεσσαλονίκης, 1986.
 27. Π. Καριώτογλου, «Διερεύνηση των προβλημάτων που σχετίζονται με τη Διδασκαλία και Μάθηση των Ρευστών και Εννοιών που αναφέρονται σ' αυτά», εσωτερική δημοσίευση, Τομέας Στερεάς Κατάστασης, Σχολή Θετικών Επιστημών του Α.Π. Θεσσαλονίκης, 1987.
 28. D. Koliopoulos, P. Kariotoglou, D. Psillas, «La Force dans le contexte des Liquides: une première approche des conceptions des élèves sur la Mécanique des Liquides, au collège, en Grèce», Feuilles d'Epistemologie Appliquée et de Didactique des Sciences, Chamonix, no 8, 1986.
 29. UNESCO, «Οδηγός του Εκπαιδευτικού για τις Φυσικές Επιστήμες» επιμ. Γ. Αντωνίου, Δ. Κολιόπουλος, M. Μαυροπούλου, Γ. Μπαγάκης, εκδ. Εκπαιδευτικά Θέματα, 1985.

* Τα μέλη της ομάδας εργασίας που συνέβαλλαν στην μελέτη αυτή είναι: Β. Θεοδωρόπουλος, εκπαιδευτικός στο Β' Γυμνάσιο Κερατσίνιου, Ν. Κανδεράκης, εκπαιδευτικός στο Β' Γυμνάσιο Ν. Φιλαδέλφειας, Π. Καριώτογλου, εκπαιδευτικός στο 8ο Γυμνάσιο Ν. Λιοσίων και μέλος της ομάδας διδακτικής του Εργαστηρίου Μεθόδων και Μέσων Διδασκαλίας της Φυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Δ. Κολιόπουλος, εκπαιδευτικός και μέλος της ομάδας διδακτικής του Εργαστηρίου Μεθόδων και Μέσων Διδασκαλίας της Φυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Γ. Μπαγάκης, εκπαιδευτικός στο Α' Λύκειο Π. Φαλήρου και Λ. Φουντουλάκη, εκπαιδευτικός στο 6ο Γυμνάσιο Πειραιώς.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΑ

Αρτέμη Μ. Αθανασάκη
Σχολικού Συμβούλου Φυσικών

ΤΟ ΝΟΗΜΑ, ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΗΝΥΜΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

Η οικολογία, που ετυμολογικά προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις «οίκος» και «λόγος», σημαίνει «λόγος» για την κατοικία (οίκος) και μελετά τις σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς και το περιβάλλον τους. Το 1886 ο E. Haecckel (1834-1919) χαρακτήρισε την οικολογία σαν τη διδασκαλία της οικονομίας της φύσης, ορισμός που αναφέρεται και στο συγγραφικό έργο του C. Linné (1707-1778).

Ο Bernardin de St. Pierre (1737-1814) χρησιμοποιώντας την έννοια της «Φυσικής αρμονίας» διέκρινε τις σχέσεις αλληλεξάρτησης φυτών, ζώων, ανθρώπου και ανόργανου περιβάλλοντος και πρόσεξε τις καταστρεπτικές συνέπειες που μπορεί να έχουν στη φυσική αρμονία οι ανθρώπινες επεμβάσεις. Πέρα δώμας από την ιδέα της φυσικής αρμονίας, σημαντικότατη για την ενότητα της φύσης και την οικολογία υπήρξε η ιδέα της «αλυσίδας», κατά την οποία όλα τα στοιχεία της φύσης (φυτά, ζώα και ανόργανα υλικά) είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Αν καταστραφεί ένα μέλος, η αλυσίδα σπάει και η φυσική αρμονία χάνεται. Γιαυτό και ο άνθρωπος πρέπει να συμπεριφέρεται στα άλλα μέλη του συνόλου-αλυσίδας, με τέτοιο τρόπο που η αλυσίδα να μην καταστρέφεται σε κανένα σημείο της. Η ιδέα αυτή πρωτοεμφανίστηκε στο έργο του A. Pope (1688-1744), Βρετανού εκπροσώπου του λογοτεχνικού κλασικισμού. Ο Pope ασχολήθηκε με τη θέση του ανθρώπου στη φύση και στην κοινωνία, χρησιμοποιώντας την έννοια της «αλυσίδας των όντων». Αργότερα χρησιμοποιήθηκε η εικόνα του δικτύου (πλέγματος) από τον Donati το 1745, για την παράσταση των οικολογικών διασυνδέσεων. Κατά τον Lamarck (1744-1829), πρόδρομο της εξελικτικής θεωρίας και οπαδό της αλυσίδας των όντων, κανένα είδος δεν εξαφανίζεται χωρίς την ανθρώπινη επέμβαση. Ο Liel όμως, μεταγενέστερος παλαιοντολόγος, δέχεται ότι η εξαφάνιση ορισμένων ειδών οφείλεται αποκλειστικά σε σημαντικά γεγονότα της ιστορίας της γης, όπως είναι η αλλαγή του κλίματος. Την ίδια θέση πήρε και ο Owen (1804-1892), χωρίς να αρνηθεί μια