

Αξιολόγηση των γνωστικών δυσκολιών του μαθήματος της Φυσικής από τους ίδιους τους μαθητές

Δημήτρης Αλμής

Εισαγωγή

Ήδη από τη δεκαετία του '70 το πρόβλημα των δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές στο μάθημα της Φυσικής στη σχολική δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχει απασχολήσει τις εκπαιδευτικές αρχές και έχει γίνει αντικείμενο έρευνας διεθνώς. Η σχετική έρευνα μέχρι σήμερα έχει ασχοληθεί ιδιαίτερα με την ανίχνευση των προ-εννοιών (preconceptions) και των «λαθεμένων» ιδεών (misconceptions) των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα της Φυσικής (π.χ. McDermott 1984, Driver κ.ά. 1985) και με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην επίλυση προβλημάτων (π.χ. Reif 1986, Gil Perez και Martinez-Torregrosa 1983). Άλλες κατευθύνσεις έρευνας έχουν ασχοληθεί με την αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών στη Φυσική με ειδικά τεστ (π.χ. Combert και Keeves 1973, Rosier και Long 1991) και την εύρεση σχολικών και εξωσχολικών επιρροών στην επίδοση των μαθητών και στη στάση τους προς τη Φυσική (π.χ. Combert και Keeves 1973, Rosier και Long 1991). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εξετάζονται σε τέτοιου είδους έρευνες θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες όπως το κοινωνικό και μορφωτικό περιβάλλον προέλευσης του μαθητή, η σχολική τάξη (ποιότητα και ποσότητα εκπαίδευσης στη Φυσική) και τα προσωπικά χαρακτηριστικά και οι δεξιότητες του μαθητή.

Παρά το εύρος στη θεματολογία της προαναφερθείσας σχετικής έρευνας, λίγες μόνο μελέτες έχουν εξετάσει το πρόβλημα μέσα από τα μάτια των μαθητών, δηλαδή πώς αντιλαμβάνονται οι ίδιοι οι μαθητές τις δυσκολίες της Φυσικής (Johnstone και Mughol 1976, Okpala και Onocha 1988, Cinquini et al. 1994). Αυτήν, ακριβώς, την οπτική γωνία διαλέξαμε στα πλαίσια της έρευνας αυτής για την μελέτη των γνωστικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι Έλληνες μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο μάθημα της Φυσικής τόσο στη σχολική τάξη όσο και κατά τη μελέτη στο σπίτι.

Η ερευνητική προσέγγιση

Στον καθορισμό της ερευνητικής προσέγγισης που ακολουθήσαμε, ξεκινήσαμε από την αρχή ότι κάθε επιστημονική έρευνα οφείλει να δημιουργεί για τον εαυτό της μια δική της λογική προσέγγισης του προβλήματος που ερευνά, που η γενικότητά της είτε η καθολικότητά της βρίσκεται μόνο στο ότι είναι σύμφωνη με τους σκοπούς της. Όταν η έρευνα στο χώρο της εκπαιδευτικής αξιολόγησης και της διδακτικής έχει να αντιμετωπίσει προβλήματα αξιολόγησης εκπαιδευτικών μεγεθών, φαινομένων και διαδικασιών, υπάρχει παραδοσιακά η τάση μεταξύ των ερευνητών να προσφεύγουν στην αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών με διάφορες εξεταστικές δοκιμασίες ή να χρησιμοποιούν τη σχολική επίδοση των μαθητών, όπως αυτή καταγράφεται από τις σχολικές βαθμολογίες (Giddings και Fraser 1988). Υπάρχει ακόμη η τάση να χρησιμοποιούνται εξωτερικοί παρατηρητές για την καταγραφή των χαρακτηριστικών της διδασκαλίας, του μορφωτικού περιβάλλοντος της σχολικής τάξης, των αντιδράσεων των μαθητών κ.λπ.

Οι τυπικές διαδικασίες αξιολόγησης, που συνήθως εφαρμόζονται στη σχολική τάξη, με την παραδοσιακή εστίαση στην παραγωγή από μέρους του μαθητή "συνοπών" απαντήσεων, φαίνονται ανεπαρκείς για την ανακάλυψη των δυσκολιών των μαθητών, γιατί δεν αποκαλύπτουν τι πραγματικά σκέπτονται οι μαθητές, πώς ερμηνεύουν όσα διδάσκονται στη σχολική τάξη, ποιες είναι οι προσωπικές τους εμπειρίες από την διδασκαλία και μελέτη της Φυσικής στο σχολείο ή στο σπίτι, ποιες συγκεκριμένες δυσκολίες αντιμετωπίζουν και ποιους στόχους αδυνατούν να επιτύχουν.

Χωρίς, βεβαίως, να αμφισβητούμε την αξία τέτοιων μετρήσεων, θεωρούμε ότι για την ανίχνευση των γνωστικών δυσκολιών των μαθητών μια τέτοια προσέγγιση δεν μπορεί να δώσει μια πλήρη εικόνα ενός φαινομένου ιδιαίτερα ατομικού και προσωπικού, αφού σήμερα είναι πλατιά αποδεκτό από την παιδαγωγική ότι η μάθηση συνιστά μια προσωπική διανοητική «περιπέτεια» για τον κάθε μαθητή χωριστά και ο πιο αρμόδιος να μιλήσει γι' αυτήν είναι ο ίδιος ο μαθητής που μπορεί να καταγράψει και να αξιολογήσει τις δυσκολίες του στηριζόμενος στις προσωπικές του εμπειρίες μιας μεγάλης διδακτικής περιόδου. Γι' αυτό και η απλή καταγραφή της επίδοσης των μαθητών με κάποιο τεστ, όσο χρήσιμη κι αν είναι σε άλλες περιπτώσεις, στην περίπτωση της έρευνάς μας θα παρείχε μια μάλλον περιορισμένη και στατική θεώρηση του προβλήματος γιατί θα περιοριζόταν στην αξιολόγηση της επίδοσης του μαθητή σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και σ' ένα αναγκαστικά περιορισμένο θεματολόγιο, σε σύγκριση με την ευρύτητα των στόχων και απαιτή-

σεων που καθημερινά αντιμετωπίζει ο μαθητής στα πλαίσια των σχολικών μαθημάτων.

Θεωρώντας, λοιπόν, ότι η εκπαιδευτική έρευνα και αξιολόγηση πρέπει να έχει ένα δυναμικό χαρακτήρα και να μην περιορίζεται στην απλή καταγραφή των γεγονότων, «τι έγινε και τι δεν έγινε», ακολουθήσαμε μιαν άλλη προσέγγιση που στηρίχτηκε στις αξιολογήσεις, τις απόψεις και τις αντιλήψεις των ίδιων των μαθητών για τις δυσκολίες που συναντούν στην καθημερινή σχεδόν τριβή τους με το μάθημα της Φυσικής.

Θεωρούμε ότι θα είναι πιο χρήσιμη και αποδοτική μια τέτοια ερευνητική προσέγγιση, γιατί έχει το πλεονέκτημα ότι ερευνά το φαινόμενο μέσα από τα μάτια των πραγματικών πρωταγωνιστών του, δηλαδή των ίδιων των μαθητών, που έχουν διαθέσει εκατοντάδες διδακτικές ώρες στο σχολείο και στην κατ' οίκον μελέτη της Φυσικής και έχουν δεχτεί πολλές και διαφορετικές μαθησιακές εμπειρίες, ώστε να σχηματίζουν ακριβείς εντυπώσεις. Έτσι είναι δυνατόν να κερδίσει κανείς δεδομένα που ένας εξωτερικός παρατηρητής θα μπορούσε να παραλείψει ή να θεωρήσει ως μη σημαντικά (Giddings και Fraser 1988).

Η μέθοδος αυτή αξιολόγησης των μαθητικών δυσκολιών, όταν ελέγχθηκε σε κάποιες από τις έρευνες στις οποίες εφαρμόστηκε, βρέθηκε αντικειμενική και αξιόπιστη. Συγκεκριμένα οι αξιολογήσεις των μαθητών συγκρίθηκαν με την επίδοσή τους σε αντικειμενικά τεστ. Εκλήθησαν δηλαδή οι μαθητές να αποδώσουν βαθμούς δυσκολίας σε διάφορα θέματα που είχαν μελετήσει και παράλληλα αξιολογήθηκε η επίδοσή τους με παραδοσιακά τεστ επίδοσης. Η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης και της αξιολόγησης των μαθητών κρίθηκε σαν ιδιαίτερα εντυπωσιακή, γεγονός που αποδεικνύει ότι οι αξιολογήσεις των μαθητών είναι στην πραγματικότητα πολύ αντικειμενικές και αξιόπιστες (Johnstone και Mughol 1976, Arzi κ.ά. 1984).

Η μέθοδος εργασίας

Με μια προκαταρκτική έρευνα βρήκαμε ποιες γνωστικές δραστηριότητες αναμένεται συνήθως να αναπτύξουν οι μαθητές στο μάθημα της Φυσικής ως προς τη γνώση της θεωρίας της Φυσικής και ως προς την επίλυση προβλημάτων. Η έρευνα αυτή περιέλαβε την επίδοση 200 ανοιχτών ερωτηματολογίων σε μαθητές («ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζεις στο μάθημα της Φυσικής;»), προφορικές συνεντεύξεις με 30 μαθητές σχετικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στη Φυσική. Από την ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων των μαθητών στο γραπτό ερωτηματολόγιο και στην προφορική συνέν-

ντεια προέκυψαν μια σειρά από δυσκολίες που αφορούσαν διάφορες πλευρές του μαθήματος της Φυσικής (γνωστικό και συναισθηματικό τομέα, σχέσεις με το δάσκαλο της Φυσικής, υλικοτεχνική υποδομή κ. ά. Από αυτές επιλέξαμε και καταγράψαμε όσες αφορούσαν γνωστικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής («γνωστικές δυσκολίες»). Οι γνωστικές δραστηριότητες στη συνέχεια ταξινομήθηκαν σε 12 ευρείες κατηγορίες με κριτήρια:

- τη γνωστική δεξιότητα που απαιτούσαν από το μαθητή να αναπτύξει (π.χ. απλή αναπαράγωγή, περιγραφή, ερμηνεία κ.ά.)
- το γνωστικό περιεχόμενο της δραστηριότητας (ορισμοί, φυσικοί νόμοι, τύποι κ. εξισώσεις κ. ά.)

Έτσι προέκυψε ένας κατάλογος από 12 κατηγορίες γνωστικών δραστηριοτήτων, που περιελάμβαναν τον ορισμό και την εξήγηση εννοιών, νόμων και φαινομένων, την ερμηνεία γραφικών παραστάσεων, την περιγραφή πειραμάτων, την ερμηνεία τύπων και εξισώσεων και την εφαρμογή τους στην επίλυση προβλημάτων, τη σχεδιαστική αναπαράσταση μιας Φυσικής κατάστασης που περιγράφεται σε ένα πρόβλημα και τέλος τη γνώση και χρήση μονάδων και συμβόλων.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι στην εργασία αυτή επιχειρήσαμε να καταγράψουμε τις δυσκολίες των μαθητών ως προς τις πραγματικές γνωστικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην καθημερινή σχολική πραγματικότητα της ελληνικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης χωρίς να υπεισελθούμε στη συζήτηση σχετικά με το είδος, την ποιότητα και την εκπαιδευτική σκοπιμότητα των δραστηριοτήτων αυτών. Με άλλα λόγια η έρευνά μας εστιάζει την προσοχή της στην αξιολόγηση (από τους μαθητές) των δυσκολιών του μαθήματος της Φυσικής όπως αυτό διδάσκεται στις σχολικές τάξεις και όχι όπως ίσως θα θέλαμε εμείς να διδάσκεται.

Ο κατάλογος αυτός δόθηκε σε 26 καθηγητές Φυσικής της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και τους ζητήθηκε με τη μορφή κλειστού ερωτηματολογίου να δηλώσουν πόσο συχνά («σε κάθε μάθημα; πολύ συχνά; σε μερικά μόνο μαθήματα; ποτέ;») ζητούν από τους μαθητές τους να υλοποιήσουν κάθε μια από τις προαναφερθείσες γνωστικές δραστηριότητες στο μάθημα της Φυσικής και να αναφέρουν άλλες τυχόν δραστηριότητες του γνωστικού τομέα που απαιτούνται από τους μαθητές τους και που δεν περιλαμβάνονταν στον κατάλογο που τους δόθηκε. Από τις απαντήσεις των 26 εκπαιδευτικών προέκυψε ότι οι 12 κατηγορίες δυσκολιών που ανέφεραν οι μαθητές αντιστοιχούσαν σε υπαρκτές δραστηριότητες που συχνά αναπτύσσονται στη

χές που κατοικούνται από εύπορα κατά τεκμήριο στρώματα όπως είναι τα βόρεια προάστια της Αθήνας (π.χ. Ψυχικό), από περιοχές με έντονο το εργατικό στοιχείο στη σύνθεσή τους όπως είναι π.χ. ο δήμος Περιστερίου στην Αττική και των Αμπελοκήπων Θεσσαλονίκης, από αγροτικές περιοχές (κωμοπόλεις και χωριά Αρκαδίας, Λακωνίας), περιοχές με «μεσαία» αστικά στρώματα (π.χ. δήμου Ζωγράφου) και επαρχιακές πόλεις (Σπάρτη, Τρίπολη).

Από κάθε σχολείο επιλέχθηκαν στην τήχη ολόκληρα τμήματα σχολικών τάξεων. Τελικά το δείγμα περιέλαβε όλους τους μαθητές/τριες των τμημάτων αυτών που βρισκόνταν στην αίθουσα διδασκαλίας κατά την προγραμματισμένη επίσκεψή μας στο σχολείο. Έτσι προέκυψε ένα δείγμα 1899 μαθητών (878 της Γ΄ γυμνασίου και 1021 της Β΄ λυκείου), που αντιπροσώπευε στο μέτρο του δυνατού τα διαφορετικά κοινωνικο-οικονομικά στρώματα του ελληνικού πληθυσμού.

Η σύλλογή των δεδομένων έγινε με γραπτά ανώνυμα ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους μαθητές με προσωπικές επισκέψεις στις σχολικές τάξεις κατόπιν σχετικής άδειας που μας δόθηκε από το ΥΠΕΙΘ. Έτσι εξασφαλίστηκε ένας υψηλός βαθμός απόκρισης στα ερωτηματολόγια (0.99).

Η μέθοδος στατιστικής ανάλυσης

Για την ανάλυση των δεδομένων εφαρμόστηκαν τεχνικές της περιγραφικής στατιστικής για τον υπολογισμό:

1. του εκατοστιαίου ποσοστού των μαθητών που αξιολογούν ως «αρκετή» ή «πολύ μεγάλη» τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν με κάθε μια κατηγορία γνωστικών δραστηριοτήτων (πίνακας 1)
2. της μέσης τιμής της αξιολογούμενης δυσκολίας (πίνακες 2, 3, 4). Για τον υπολογισμό της μέσης τιμής της δυσκολίας ανά κατηγορία γνωστικής δραστηριότητας όπως αξιολογήθηκε και από τους δύο μαθητικούς πληθυσμούς που ερευνήθηκαν έγινε η εξής κωδικοποίηση των αξιολογήσεων των μαθητών: καμία δυσκολία = 0, μικρή δυσκολία = 1, αρκετή δυσκολία = 2, πολύ μεγάλη δυσκολία = 3.

Εφαρμόστηκαν ακόμη τεχνικές της επαγωγικής στατιστικής για τον έλεγχο της σημαντικότητας των παρατηρούμενων διαφορών και τον υπολογισμό της συσχέτισης μεγεθών. Συγκεκριμένα η σημαντικότητα της διαφοράς των αξιολογήσεων μεταξύ των μαθητών της Γ΄ γυμνασίου - Β΄ λυκείου καθώς και μεταξύ αγοριών - κοριτσιών ελέγχθηκε με το στατιστικό κριτήριο F-τεστ. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται (πίνακες 2, 3, 4) με αναφορά των

βαθμών ελευθερίας σε παρένθεση, της τιμής του F και του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας p . Εφαρμόστηκε, τέλος, έλεγχος συσχέτισης (correlation) μεταξύ των αξιολογήσεων (κωδικοποιημένων με τον τρόπο που προαναφέρθηκε) των δώδεκα κατηγοριών δυσκολιών ανά δύο λαμβανομένων. Όλες οι αναλύσεις έγιναν με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και προγράμματος στατιστικής ανάλυσης δεδομένων.

Παρουσίαση και σχολιασμός των ευρημάτων της έρευνας

Α. Αξιολόγηση των δυσκολιών

Κατ' αρχήν είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε (πίνακας 1) ότι οι δυσκολίες των μαθητών που ανιχνεύτηκαν από αυτή την έρευνα αφορούν σημαντικά ποσοστά των Ελλήνων μαθητών. Είναι για παράδειγμα εντυπωσιακό (και ταυτόχρονα ανησυχητικό) το φαινόμενο οι μισοί περίπου μαθητές της Β' λυκείου να δηλώνουν ότι αντιμετωπίζουν «αρκετή» ή «πολύ μεγάλη» δυσκολία στην ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων και στην εφαρμογή των νόμων και τύπων της Φυσικής κατά την επίλυση προβλημάτων. Ενώ ένας περίπου στους τρεις μαθητές της Γ' γυμνασίου φαίνεται πως συναντά δυσκολίες με τους φυσικούς νόμους, τις γραφικές παραστάσεις και την επίλυση των προβλημάτων. Τα στοιχεία αυτά δείχνουν την έκταση του προβλήματος και φαίνεται να επιβεβαιώνουν την πλατιά διαδεδομένη μεταξύ των μαθητών αντίληψη ότι η Φυσική είναι ένα «δύσκολο» μάθημα.

Στον ίδιο πίνακα παρατίθεται και η μέση τιμή δυσκολίας που προκύπτει για κάθε μια κατηγορία από τις ερευνώμενες γνωστικές δραστηριότητες του μαθήματος της Φυσικής σύμφωνα πάντα με τις αξιολογήσεις των μαθητών. Η μέση τιμή μας παρέχει έναν ακόμη δείκτη για το μέγεθος της δυσκολίας κάθε μιας γνωστικής δραστηριότητας. Ο δείκτης αυτός λαμβάνει υπ' όψη του τις αξιολογήσεις όλων των μαθητών του δείγματος (δηλαδή και αυτών που δήλωσαν «καμία» ή «μικρή» δυσκολία). Και οι δύο δείκτες (ποσοστό % και μέση τιμή) μας επιτρέπουν επίσης να κατατάξουμε τις δυσκολίες των μαθητών ως προς το μέγεθός τους από τις σοβαρότερες και πιο διαδεδομένες (π.χ. το «να εξηγάς με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των γραφικών παραστάσεων») στις μικρότερες και λιγότερο διαδεδομένες (όπως φαίνεται να είναι το «να γνωρίζεις τι πυριτσάνουν τα διάφορα σύμβολα των φυσικών μεγεθών»).

Πίνακας 1: αξιολόγηση των δυσκολιών του μαθήματος της Φυσικής από τους μαθητές της Γ' γυμνασίου (N=878) και της Β' λυκείου (N=1021)

Κατηγορίες γνωστικών δραστηριοτήτων η ερώτηση: «Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα πράγματα που οφείλεις συνήθως να κάνεις στο μάθημα της Φυσικής. Παρακαλούμε να μας πεις πόση δυσκολία συναντάς με κάθε ένα από αυτά»	Ποσοστό % μαθητών που αξιολογούν ως «ερεκτική» ή «πολύ μεγάλη» τη δυσκολία		Μέση τιμή δυσκολίας (καμιά=0, πολύ μεγάλη= 3)	
Να γνωρίζεις τους ορισμούς των φυσικών μεγεθών	20.3	20.5	0.90	0.90
Να εξηγείς με δικά σου λόγια ή με ένα παράδειγμα τους ορισμούς των φυσικών μεγεθών	30.3	32.5	1.06	1.12
Να γνωρίζεις τους φυσικούς νόμους	36.6	26.4	1.21	0.98
Να εξηγείς με δικά σου λόγια ή με ένα παράδειγμα τους φυσικούς νόμους.	33.4	35.1	1.14	1.16
Να γνωρίζεις τις μονάδες των φυσικών μεγεθών	17.5	12.1	0.69	0.59
Να γνωρίζεις τι παριστάνουν τα διάφορα σύμβολα των φυσικών μεγεθών	13.7	38.9	0.63	0.46
Να εξηγείς με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των γραφικών παραστάσεων	32.7	50.3	1.11	1.46
Να εξηγείς με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των τύπων και εξισώσεων της Φυσικής	28.1	32.3	1.04	1.11
Να περιγράφεις με δικά σου λόγια τα πειράματα με τα οποία αποδεικνύονται οι φυσικοί νόμοι	27.9	31.7	1.02	1.10
Όταν προσπαθείς να λύσεις ένα άγνωστο πρόβλημα Φυσικής, πόση δυσκολία συναντάς με καθένα από τα παρακάτω; Να μπορείς να κάνεις ένα σχήμα, που να δείχνει τη Φυσική κατάσταση και τα φυσικά μεγέθη (δυνάμεις, ταχύτητες κλπ.), όπως περιγράφονται στο πρόβλημα.	37.2	35.5	1.23	1.17
Να μπορείς να διαλέγεις τους σωστούς νόμους και τύπους, που θα πρέπει να εφαρμόσεις για να λύσεις το πρόβλημα.	29.7	44.3	1.04	1.37
Να λύνεις τους τύπους και τις εξισώσεις και να κάνεις τις αριθμητικές πράξεις και τους υπολογισμούς για να βρεις το τελικό αποτέλεσμα του προβλήματος.	23.2	23.9	0.83	0.86

Η ικανότητα της ερμηνείας ενός γραφικού είναι ουσιώδης για την ανάπτυξη βασικών εννοιών και σχέσεων μεταξύ των φυσικών μεγεθών που υπεισέρχονται σε ένα φυσικό νόμο. Αλλά ένα γραφικό είναι μια αφηρημένη και συμβολική αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ δυο φυσικών μεταβλητών. Έτσι η κατανόησή του απαιτεί από τους μαθητές νοητικές δεξιότητες που χαρακτηρίζουν το στάδιο ανάπτυξης της «τυπικής λογικής» (formal reasoning) και που δεν έχουν κατακτηθεί από τους μαθητές μερικώς ή στο σύνολό τους.

Επιπλέον, η κατανόηση των γραφικών απαιτεί ένα ορισμένο μαθηματικό υπόβαθρο. Για παράδειγμα οι μαθητές χρειάζεται να μπορούν να υπολογίζουν την κλίση μιας καμπύλης και να αντιλαμβάνονται τι αυτή αντιπροσωπεύει ή να γνωρίζουν τη διαφορά μεταξύ μιας ευθείας και μιας καμπύλης γραμμής σε ένα διάγραμμα θέσης – χρόνου στην κινηματική. Αλλά έχουν οι μαθητές μας διδαχτεί τα σχετικά θέματα και έχουν αναπτύξει τις ανάλογες δεξιότητες όταν αρχίζουν να μελετούν τη Φυσική στη Γ' γυμνασίου ή στη Β' λυκείου; Μια προσεχτική επανεξέταση των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών στα μαθηματικά και στη Φυσική γυμνασίου και λυκείου φαίνεται να είναι αναγκαία προκειμένου να απαντηθεί το ερώτημα αυτό και ενδεχομένως να γίνουν οι αναγκαίες αναθεωρήσεις για την καλύτερη δυνατή υποστήριξη του μαθηματικού υποβάθρου των μαθητών στο μάθημα της Φυσικής.

Μια δεύτερη κατηγορία δραστηριοτήτων που αξιολογείται ως δύσκολη από πολλούς μαθητές είναι η **εξήγηση των ορισμών φυσικών εννοιών και των νόμων**. Για τον πληθυσμό της Β' λυκείου, η δραστηριότητα αυτή αξιολογήθηκε σαν σημαντικά δυσκολότερη από την απλή αναπαράγωγή των ορισμών και των νόμων, όπως αυτοί αναφέρονται στα σχολικά εγχειρίδια. Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι για τους μαθητές αυτούς η σχετική δυσκολία εντοπίζεται κυρίως στην «εξήγηση» και λιγότερο στην απλή αναπαράγωγή των ορισμών και των νόμων.

Όπως επιστημαίνει και ο Agons (1984), τα κείμενα των σχολικών εγχειρίδιων ή οι δάσκαλοι της Φυσικής μπορεί να έχουν δώσει περιγραφές των εννοιών και των φαινομένων σε παθητικούς αναγνώστες ή ακροατές αλλά αυτό είναι πολύ διαφορετικό από το να σχηματίσουν οι μαθητές τις δικές τους προτάσεις χρησιμοποιώντας τη νέα (επιστημονική ή τεχνική) ορολογία σωστά και με σαφήνεια. Κατά τον Agons οι περισσότεροι μαθητές τα καταφέρνουν πολύ άσχημα σε αυτό το εγχείρημα, που ωστόσο κρίνεται από τον ίδιο σαν απαραίτητη διδακτική δραστηριότητα, κρίσιμη για την κατανόηση των εννοιών.

Η δυσκολία του μαθητή να «εξηγήσει με δικά του λόγια ή με ένα παράδειγμα» τους ορισμούς των φυσικών εννοιών και των νόμων συνδέεται κατά την άποψή μας και με την πραγματική δυσκολία του μαθητή να κατανοήσει τις ίδιες τις έννοιες και τους νόμους της Φυσικής. Η σχετική έρευνα των δυο τελευταίων δεκαετιών έχει αποκαλύψει τις σοβαρές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση των εννοιών της Φυσικής και που αποδίδονται στις «προένοιες» (preconceptions) που φέρνουν μαζί τους οι μαθητές στο μάθημα της Φυσικής από τις εμπειρίες και προκαταλήψεις της καθημερινής τους ζωής που συχνά είναι διαφορετικές ή και ριζικά αντίθετες από αυτές των επιστημόνων (misconceptions) (π.χ. McDermott 1984, Driver κ.ά. 1985).

Μια άλλη πηγή σοβαρών δυσκολιών για πολλούς μαθητές φαίνεται να αποτελεί η **επίλυση προβλημάτων (problem solving)**. Οι δυσκολίες φαίνεται να εντοπίζονται σε δύο δραστηριότητες που απαιτείται να αναπτύξουν οι μαθητές κατά την επίλυση ενός τυπικού προβλήματος Φυσικής «με μολύβι και χαρτί» από αυτά που συνήθως αντιμετωπίζουν στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής:

A. Να σχεδιάσουν ένα σχήμα που να αναπαριστά τη Φυσική κατάσταση που περιγράφεται στο πρόβλημα και τους παράγοντες που δρουν σε αυτή (δυνάμεις, ταχύτητες κ.ά.). Κατά την άποψή μας η δυσκολία αυτή των μαθητών αντανάκλα την αδυναμία τους να κατανοήσουν το πρόβλημα. Δύο σχετικά ερωτήματα προβάλλουν εδώ και χρήζουν περαιτέρω έρευνας:

- Αναφέρονται τα προβλήματα που συνήθως δίνονται στους μαθητές προς επίλυση σε πραγματικές καταστάσεις οικείες στους μαθητές από τις εμπειρίες της καθημερινής τους ζωής;
- Χρησιμοποιείται στη διατύπωση των προβλημάτων μια γλώσσα εύκολα κατανοητή από τους μαθητές;

B. Να διαλέγουν τους σωστούς νόμους και τύπους, που θα πρέπει να εφαρμόσουν για να λύσουν το πρόβλημα. Προφανώς οι μαθητές χρειάζεται να έχουν κατανοήσει επαρκώς τη Φυσική σημασία νόμων και τύπων, τις προϋποθέσεις και τα όρια μέσα στα οποία είναι έγκυρη η εφαρμογή τους για να μπορέσουν να επιλέξουν τους κατάλληλους σε κάθε περίπτωση και να τους εφαρμόσουν σωστά στην επίλυση του προβλήματος.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η συσχέτιση μεταξύ των μεγεθών της δυσκολίας στην εξήγηση των νόμων και της δυσκολίας στην εφαρμογή τους (όπως και μεταξύ όλων των άλλων δυσκολιών) βρέθηκε θετική (συντελεστής συσχέτισης $r=0.34$, $p<0.001$), γεγονός που δείχνει ότι οι μαθητές που αντιμετωπι-

ζουν δυσκολία στην κατανόηση των νόμων συναντούν συνήθως δυσκολία και στην εφαρμογή τους. Με άλλα λόγια η αδυναμία των μαθητών να επιλέξουν και να εφαρμόσουν σωστά τους νόμους στην επίλυση προβλημάτων φαίνεται να συνδέεται με την αδυναμία της προηγούμενης επαρκούς κατανόησης των νόμων.

Έχει κατά καιρούς επισημανθεί ότι η διδασκαλία της Φυσικής (και όχι μόνο) στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση αποδίδει ιδιαίτερη έμφαση στην απομνημόνευση μηχανιστικών «κανόνων» και τύπων και όχι στην κατανόηση και μάθηση σε βάθος των εννοιών που διδάσκονται, ενώ η ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η εφαρμογή, η ανάλυση και η δημιουργικότητα στη σύνθεση δεν βρίσκονται όσο συχνά θα έπρεπε στο ρεπερτόριο της διδακτικής στοχοθεσίας (Κασσωτάκης 1989).

Αλλά μια τέτοια διδακτική αντίληψη οδηγεί στο μάθημα της Φυσικής τους μαθητές, όταν έχουν να αντιμετωπίσουν την επίλυση προβλημάτων, να ψάχνουν από την πρώτη στιγμή για το σωστό τύπο που θα τους λύσει το πρόβλημα και δεν τους κατευθύνει προς την κατανόηση της Φυσικής κατάστασης που περιγράφεται στο πρόβλημα. Ένας τέτοιος προσανατολισμός της διδακτικής της επίλυσης προβλημάτων έχει κατηγορηθεί ως υπεύθυνος για τις πολλές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στον τομέα αυτό (Hammer 1989).

Β. Οι διαφορές στην αξιολόγηση των δυσκολιών μεταξύ των μαθητών της Γ΄ γυμνασίου και της Β΄ λυκείου

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές δυσκολίας ανά κατηγορία δραστηριοτήτων όπως αξιολογήθηκαν και από τους δύο μαθητικούς πληθυσμούς που ερευνήθηκαν. Οι μαθητές της Γ΄ γυμνασίου αξιολόγησαν ως σημαντικά δυσκολότερη σε σύγκριση με τους μαθητές της Β΄ λυκείου την παραγωγή των φυσικών νόμων, των μονάδων και των συμβόλων.

Από την πλευρά τους οι μαθητές της Β΄ λυκείου απέδωσαν υψηλότερο μέγεθος δυσκολίας στην εξήγηση των γραφικών παραστάσεων στην περιγραφή πειραμάτων και στην εφαρμογή των φυσικών νόμων κατά την επίλυση προβλημάτων.

Μιαν εξήγηση που θα μπορούσε να δώσει κανείς για τις παρατηρούμενες διαφορές είναι ότι αυτές αντανακλούν τη διαφορετική έμφαση που αποδίδεται κατά τη διδασκαλία της Φυσικής στα διάφορα γνωστικά αντικείμενα και δραστηριότητες σε κάθε μίαν από τις σχολικές βαθμίδες που εξετάζονται εδώ.

Πίνακας 2: Διαφορές στις αξιολογήσεις των μαθητών της Γ' γυμνασίου και της Β' λυκείου για τις δυσκολίες της Φυσικής (***) $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$)

Κατηγορίες γνωστικών δομητηριοτήτων	Μέση τιμή δυσκολίας		Έλεγχος σημαντικότητας διαφορών με το F-τεστ
Να γνωρίζεις τους ορισμούς των φυσικών μεγεθών	0.90	0.90	Μη σημαντική
Να εξηγήεις με δικά σου λόγια ή με ένα παράδειγμα τους ορισμούς των φυσικών μεγεθών	1.06	1.12	Μη σημαντική
Να γνωρίζεις τους φυσικούς νόμους	1.21	0.98	$F(1)=34.67^{***}$
Να εξηγήεις με δικά σου λόγια ή με ένα παράδειγμα τους φυσικούς νόμους	1.14	1.16	Μη σημαντική
Να γνωρίζεις τις μονάδες των φυσικών μεγεθών	0.69	0.59	$F(1)=07.15^{**}$
Να γνωρίζεις τι παριστάνουν τα διάφορα σύμβολα των φυσικών μεγεθών	0.63	0.46	$F(1)=23.65^{***}$
Να εξηγήεις με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των γραμμάτων πορισμάτων	1.11	1.46	$F(1)=74.17^{***}$
Να εξηγήεις με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των τύπων και εξισώσεων της Φυσικής	1.04	1.11	Μη σημαντική
Να περιγραφεις με δικά σου λόγια τα παρήματα με τα οποία αποδεικνύονται οι φυσικοί νόμοι	1.02	1.10	$F(1)=04.78^*$
Όταν προσπαθείς να λύσεις ένα άγνωστο πρόβλημα Φυσικής, πόση δυσκολία συναντάς με καθένα από τα παρακάτω... Να μπορείς να κάνεις ένα σχήμα που να δείχνει τη Φυσική κατάσταση και τα φυσικά μεγέθη (δυνάμεις, ταχύτητες κλπ.), όπως περιγράφονται στο πρόβλημα.	1.23	1.17	Μη σημαντική
Να μπορείς να διαλέγεις τους σωστούς νόμους και τύπους που θα πρέπει να εφαρμόσεις για να λύσεις το πρόβλημα.	1.04	1.37	$F(1)=69.22^{***}$
Να λύνεις τους τύπους και τις εξισώσεις και να κάνεις τις αριθμητικές πράξεις και τους υπολογισμούς για να βρεις το τελικό αποτέλεσμα του προβλήματος.	0.83	0.86	Μη σημαντική

Έτσι φαίνεται ότι οι μαθητές της Γ' γυμνασίου καλούνται πιο συχνά να αναπαράγουν στη διάρκεια μιας προσεορικής ή γραπτής εξέτασης ορισμούς και νόμους. Πρέπει να μάθουν να χειρίζονται (για πρώτη φορά στη σχολική τους ζωή!) σύμβολα φυσικών μεγεθών και τις μονάδες τους και είναι ίσως αναμενόμενο να αξιολογούν με υψηλότερο δείκτη δικοκολίας αυτές τις δραστηριότητες σε σύγκριση με τους μαθητές της Β' λυκείου που έχουν ήδη αποκτήσει μεν ορισμένη εξοικείωση.

Με τη σειρά τους οι μαθητές της Β' λυκείου χρειάζεται να μάθουν να χειρίζονται γραφικές παραστάσεις και να εφαρμόζουν νόμους και τύπους στην επίλυση προβλημάτων πιο συχνά και σε υψηλότερο επίπεδο σε σχέση με τη Γ' γυμνασίου.

Γ. Οι διαφορές ως προς το φύλο

Όπως μπορεί κανείς να δει στους πίνακες 3 και 4, η εικόνα των παρατηρούμενων διαφορών μεταξύ αγοριών και κοριτσιών είναι διαφορετική στις

Πίνακας 3: Διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών της Γ' γυμνασίου ως προς τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στο μάθημα της Φυσικής (*)**
 $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$)

Κατηγορίες γνωστικών δραστηριοτήτων	Μέση τιμή δυσκολίας		Έλεγχος σημαντικότητας διαφορών με το F-test
	αγόρια	κορίτσια	
Να γνωρίζεις τους ορισμούς των φυσικών μεγεθών	1.00	0.81	$F(1)=13.78^{***}$
Να εξηγείς με δικά σου λόγια ή με ένα παράδειγμα τους ορισμούς των φυσικών μεγεθών	1.05	1.07	Μη σημαντική
Να γνωρίζεις τους φυσικούς νόμους	1.28	1.15	$F(1)=05.32^*$
Να εξηγείς με δικά σου λόγια ή με ένα παράδειγμα τους φυσικούς νόμους.	1.14	1.13	Μη σημαντική
Να γνωρίζεις τις μονάδες των φυσικών μεγεθών	0.69	0.69	Μη σημαντική
Να γνωρίζεις τι παριστάνουν τα διάφορα σύμβολα των φυσικών μεγεθών	0.69	0.57	$F(1)=04.48^*$
Να εξηγείς με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των γραφικών παραστάσεων	1.13	1.09	Μη σημαντική
Να εξηγείς με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των τύπων και εξισώσεων της Φυσικής	1.13	0.95	$F(1)=07.80^{**}$
Να περιγράφεις με δικά σου λόγια τα πειράματα με τα οποία αποδεικνύονται οι φυσικοί νόμοι	1.01	1.02	Μη σημαντική
Όταν προσπαθείς να λύσεις ένα άγνωστο πρόβλημα Φυσικής, πόση δυσκολία συναντάς με καθένα από τα παρακάτω... Να μπορείς να κάνεις ένα σχήμα, που να δείχνει τη Φυσική κατάσταση και τα φυσικά μεγέθη (δυνάμεις, ταχύτητες κλπ.), όπως περιγράφονται στο πρόβλημα.	1.17	1.29	$F(1)=04.48^*$
Να μπορείς να διαλέγεις τους σωστούς νόμους και τύπους, που θα πρέπει να εφαρμόσεις για να λύσεις το πρόβλημα.	1.05	1.04	Μη σημαντική
Να λύνεις τους τύπους και τις εξισώσεις και να κάνεις τις αριθμητικές πράξεις και τους υπολογισμούς για να βρεις το τελικό αποτέλεσμα του προβλήματος.	0.94	0.73	$F(1)=12.43^{***}$

δύο βαθμίδες. Στη Γ΄ γυμνασίου τα αγόρια αναφέρουν σημαντικά υψηλότερο μέγεθος δυσκολίας σε πέντε δραστηριότητες, τα κορίτσια σε μία ενώ στις υπόλοιπες έξι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.05$).

Αντίθετα η εικόνα στη Β΄ λυκείου είναι διαφορετική και εντελώς σαφής. Τα κορίτσια δηλώνουν υψηλότερο μέγεθος δυσκολίας σε όλες σχεδόν τις δραστηριότητες που εξετάστηκαν σε αυτή την έρευνα. Το εύρημα αυτό είναι συνεπές με τη σχετική ερευνητική βιβλιογραφία. Έρευνες που έχουν γίνει σε όλο τον κόσμο τις τελευταίες δεκαετίες δείχνουν ότι η επίδοση των αγοριών στη Φυσική είναι υψηλότερη από αυτή των κοριτσιών (Combert και Keeves 1973, Sjöberg 1990, Rosier και Long 1991). Υπάρχει μια πλατιά διαδομένη αντίληψη ότι η Φυσική (και τα Μαθηματικά) αποτελούν «αρσενική» περιωχή (Tobias 1985). Τα κορίτσια στη Φυσική έχουν να αντιπαλέψουν ιδεολογήματα και προκαταλήψεις που φαίνεται να είναι κυρίαρχα στους δασκάλους της Φυσικής, τους νονείς και το κοινωνικό περιβάλλον και που επηρεάζουν αρνητικά το αυτοσυναισθήμα και τη στάση τους προς το μάθημα της Φυσικής. Επιπλέον, η διδασκαλία της Φυσικής κατηγορείται ότι συχνά χτίζεται με βάση τις εμπειρίες των αγοριών και επομένως τα ευνοεί σε σχέση με τα κορίτσια (Sjöberg 1990).

Τα σχετικά ευρήματα της έρευνάς μας, όπως ήδη ειπώθηκε, φαίνεται να επιβεβαιώνουν τη διαφοροποίηση αυτή αγοριών και κοριτσιών στη Β΄ λυκείου αλλά όχι και στη Γ΄ γυμνασίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται κατά την άποψή μας στον τρόπο που διδάσκεται η Φυσική στο γυμνάσιο: με έμφαση, όπως προαναφέρθηκε, στην απομνημόνευση της «θεωρίας» (ορισμών και νόμων) χωρίς μαθηματικό φορμαλισμό ενώ και η επίλυση προβλημάτων, όταν γίνεται, συνήθως περιορίζεται στην επεξεργασία του ενός και μοναδικού τύπου που λύνει αμέσως το πρόβλημα.

Ουσιαστικά η διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής στο γυμνάσιο δεν φαίνεται να διαφέρει από τα άλλα σχολικά μαθήματα. Γι' αυτό ίσως και δεν εκδηλώνεται στη βαθμίδα αυτή η σε βάρος των κοριτσιών διαφοροποίηση. Αντίθετα στο λύκειο η διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής αποκτά άλλα χαρακτηριστικά που το κάνουν «διαφορετικό» από τα άλλα μαθήματα: οι μαθητές (και οι μαθήτριες!) πρέπει να μάθουν να χειρίζονται συμβολικές παραστάσεις (γραφικά, τύπους κι εξισώσεις), ασχολούνται πιο συστηματικά με την επίλυση πιο σύνθετων προβλημάτων και χρειάζεται να αναπτύξουν μαθηματικές δεξιότητες. Έτσι το μάθημα της Φυσικής προσεγγίζει το άλλο «αρσενικό» μάθημα: τα μαθηματικά.

Πίνακας 4: Διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών της Β' λυκείου ως προς τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στο μάθημα της Φυσικής (***) $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$)

Κατηγορίες γνωστικών δραστηριοτήτων	Μέση τιμή δυσκολίας		Έλεγχος σημαντικότητας διαφορών με το F-τεστ
	αγόρια	κορίτσια	
Να γνωρίζεις τους ορισμούς των φυσικών μεγεθών	0.90	0.90	Μη σημαντική
Να εξηγήεις με δικά σου λόγια ή με ένα παράδειγμα τους ορισμούς των φυσικών μεγεθών	0.97	1.24	$F(1)=26.29^{***}$
Να γνωρίζεις τους φυσικούς νόμους	0.90	1.05	$F(1)=07.72^{**}$
Να εξηγήεις με δικά σου λόγια ή με ένα παράδειγμα τους φυσικούς νόμους.	0.95	1.33	$F(1)=48.33^{***}$
Να γνωρίζεις τις μονάδες των φυσικών μεγεθών	0.58	0.60	Μη σημαντική
Να γνωρίζεις τι παριστάνουν τα διάφορα σύμβολα των φυσικών μεγεθών	0.45	0.47	Μη σημαντική
Να εξηγήεις με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των γραμμικών παραστάσεων	1.29	1.60	$F(1)=30.82^{***}$
Να εξηγήεις με δικά σου λόγια το φυσικό νόημα των τύπων και εξισώσεων της Φυσικής	0.97	1.22	$F(1)=19.38^{***}$
Να περιγράψεις με δικά σου λόγια τα πειράματα με τα οποία αποδεικνύονται οι φυσικοί νόμοι	0.96	1.22	$F(1)=23.92^{***}$
Όταν προσπαθείς να λύσεις ένα άγνωστο πρόβλημα Φυσικής, πόση δυσκολία συναντάς με καθένα από τα παρακάτω... Να μπορείς να κάνεις ένα σχήμα, που να δείχνει τη Φυσική κατάσταση και τα φυσικά μεγέθη (δυνάμεις, ταχύτητες κλπ.), όπως περιγράφονται στο πρόβλημα.	1.03	1.29	$F(1)=21.24^{***}$
Να μπορείς να διαλέγεις τους σωστούς νόμους και τύπους, που θα πρέπει να εφαρμόσεις για να λύσεις το πρόβλημα.	1.28	1.44	$F(1)=08.44^{**}$
Να λύνεις τους τύπους και τις εξισώσεις και να κάνεις τις αριθμητικές πράξεις και τους υπολογισμούς για να βρεις το τελικό αποτέλεσμα του προβλήματος.	0.80	0.88	Μη σημαντική

Επιπλέον, οι μαθητές στη βαθμίδα της Β' λυκείου επιλέγουν την κατεύθυνση των σπουδών τους και αρχίζουν τη σχετική προετοιμασία για την εισαγωγή τους στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Είναι σε αυτή την χρονική περίοδο που τα ιδεολογήματα και οι προκαταλήψεις για «αρσενικά» και «θηλυκά» μαθήματα, σπουδές και επαγγέλματα λειτουργούν και διαμορφώνουν στάσεις και επιδόσεις στη Φυσική. Και είναι τότε που φαίνεται πως λαβαίνει χώρα η διαφοροποίηση μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Επίλογος

Κλείνοντας την παρουσίαση των αποτελεσμάτων αυτής της έρευνας θα λέγαμε ότι χρειαζόμαστε περισσότερη έρευνα για κάθε μια από τις κατηγορίες δυσκολιών που καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν εδώ για να μπορέσουμε να καταλάβουμε καλύτερα τις αιτίες τους και τους παράγοντες που κρύβονται πίσω από αυτές. Θα έπρεπε ακόμη στο παραπάνω πλαίσιο να συζητησθεί ο ρόλος των δασκάλων της Φυσικής, των διδακτικών μεθόδων και των διδακτικών βιβλίων που χρησιμοποιούνται στο ελληνικό σχολείο.

Τέλος, θα θέλαμε να τονίσουμε ότι η έρευνα που έχει δει το φως της δημοσιότητας στο χώρο της διδακτικής της Φυσικής τα τελευταία χρόνια έχει δώσει πλούσια και ενδιαφέροντα ευρήματα που όμως πολύ λίγο φαίνεται να έχουν αξιοποιηθεί στην καθημερινή εκπαιδευτική πράξη της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Θεωρούμε ότι σε καιρούς εκπαιδευτικών αλλαγών θα έπρεπε να υπάρξει μια συστηματικότερη και αποδοτικότερη αξιοποίηση των ερευνητικών δεδομένων για την υποστήριξη των επιχειρούμενων αλλαγών με στόχο τη βελτίωση της παρεχόμενης εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arons, A. (1984). "Student patterns of thinking and reasoning", Part 2, *The Physics Teacher*, January 1984, 21-26.
- Arz, H.J., Ben-Zvi R. and Ganiel U. (1984). "Can teachers speak for their students? A comparison between teachers' and students' evaluation of a school science course". *European Journal of Science Education*, 6(4), 379-386.
- Cinquini, V. Robutti, O. Vincenzi, A.B. and Violino, P. (1994). "An investigation on the effectiveness of physics teaching in Italy", *International Journal of Science Education*, 16(1), 45-61.
- Combert, L.C. and Keeves, J.P. (1973), *Science education in nineteen countries*. - Stockholm: Almqvist & Wiksell / New York: J.Wiley.
- Driver R.H., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. - England: Open University Press.
- Giddings, G. and Fraser, B. (1988). "Assessment of students' learning in science education". In Layton, D. (ed.) *Innovations in science and technology education*, vol.II.-Paris: UNESCO.
- Gil Perez, D. and Martinez-Torregrosa, J. (1983). "A model for problem-solving in accordance with scientific methodology", *European Journal of Science Education*, 5, 447-455.
- Hammer, D. (1989). "Two approaches to learning physics", *The Physics Teacher*, December 1989, 664-670.
- Johnstone, A.H. and Mughol, A.R. (1976). "Concepts of physics at secondary level", *Physics*

Education, 11(7), 466-469.

Κασιωτάκης, Μ. (1981). *Η αξιολόγηση της επιδόσεως των μαθητών*. - Αθήνα: εκδ. Γρηγόρης.

McDermott, L.C. (1984). "Research on conceptual understanding in mechanics" *Physics Today*, 37(7), 24-32.

Okpala, P. and Onocha, C. (1988). "Difficult physics topics in Nigerian secondary schools" *Physics Education*, 23, 168-172.

Reif, F. (1986). "Scientific approaches to science education" *Physics Today*, November 1986, 48-54.

Rosier, M. and Long, M. (1991). *The science achievement of year 12 students in Australia*. - Victoria: ACER.

Sjøberg, S. (1990). *Gender Quality in Science Classrooms*. -Perth: The Key Center for School Science and Mathematics, Curtin University of Technology.

Tobias, S. (1985). "Math anxiety and physics: Some thoughts on learning difficult subjects" *Physics Today*, June 1985, 61-68.

ABSTRACT

The results from an investigation about students' views of learning difficulties in the physics course of the Greek secondary education are reported in this paper. The investigation was carried out through self-evaluation questionnaires and concerns the cognitive domain of the physics course. The sample included 17 lower secondary schools (878 students) and 18 upper ones (1021 students). Students evaluated as major difficulties the interpretation of the graphs, the explanation of physical laws and concepts, the interpretation of formulas and equations and the use of physical laws in problem solving. Grade and gender differences are also examined. Females feel higher difficulty in the physics course than males do in the upper secondary education but not in the lower one.

Δημήτρης Αλιμήσης

ΣΕΛΕΤΕ, Ανθεμίου 2, 264 42 Πάτρα

Τηλ. 061-433664, 0731-24916,

Fax 061-433544,

e-mail pateslab@otenet.gr