

Μια Ανάλυση των Πανελλαδικών εξετάσεων στην Φυσική Θετικής Κατεύθυνσης του έτους 2005

Ανδρέας Δήμος¹, Δημήτριος Σταμοβλάσης^{2*}, Γεώργιος Παγανιάς³

¹ 9^ο Γυμνάσιο Ιωαννίνων, me00730@cc.uoi.gr

² Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας stadi@cc.uoi.gr

³ 5^ο Ενιαίο Λύκειο Ιωαννίνων

Περίληψη. Στην παρούσα εργασία γίνεται μια στατιστική ανάλυση δείγματος των αποτελεσμάτων των πανελλαδικών εξετάσεων του 2005 στο μάθημα της φυσικής κατεύθυνσης. Ελέγχονται οι δείκτες εγκυρότητας, διακριτικής ικανότητας και δυσκολίας των ερωτήσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι από τους δείκτες αυτούς έχουν τιμές εκτός των κανονικών ορίων. Επιπλέον επιχειρείται μια ερμηνεία των δεικτών με βάση την επιλογή των ερωτήσεων και γίνεται ποιοτικός σχολιασμός κάποιων θεμάτων, τα οποία δείχνουν να επηρεάζουν περισσότερο την εγκυρότητα των εξετάσεων. Οι ερωτήσεις αυτές συνδέονται με την διδασκαλία του περιεχομένου και δίνουν την ευκαιρία για περαιτέρω συζήτηση για τον ρόλο των κρίσιμων λεπτομερειών στην διδασκαλία.

Εισαγωγή

Η σημασία των πανελλαδικών εξετάσεων δικαιολογεί τον έντονο προβληματισμό όλων εμπλεκόμενων φορέων, μαθητών, γονέων και καθηγητών κάθε φορά που δημιουργείται κλίμα αμφισβήτησης. Έντονη κριτική εδέχθησαν τα θέματα των πανελλαδικών εξετάσεων του 2005 στο μάθημα της φυσικής κατεύθυνσης. Στο μάθημα αυτό, το οποίο είναι αυξημένης βαρύτητας για την εισαγωγή των μαθητών σε πολλά τμήματα σχολών, διαγωνίζονται υποψήφιοι, θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης. Ερευνητικές εργασίες με ανάλυση θεμάτων πανελλαδικών εξετάσεων είναι ελάχιστες (Ραβάνης, 2003, Δημητράσκος, 2006). Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια να αναλυθούν τα αποτελέσματα των εξετάσεων, να γίνουν περισσότερο κατανοητές οι αδυναμίες των και να αρχίσει διάλογος με βάση την επιστημονική γνώση και την θεωρία της αξιολόγησης. Η εργασία περιέχει στατιστική ανάλυση δείγματος των αποτελεσμάτων καθώς και ποιοτικό-κριτικό σχολιασμό κάποιων θεμάτων τα οποία κρίθηκαν σημαντικά.

Στο επίπεδο της σύνταξης των θεμάτων, οι εξετάσεις επιβάλλεται να διαθέτουν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά, που θεωρούνται αναγκαία για την εξασφάλιση ενός «σωστού αποτελέσματος». Κάποια από τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η κατασκευαστική εγκυρότητα, διακριτική ικανότητα και η δυσκολία των ερωτήσεων.

Ένα τεστ εξετάσεων θεωρείται έγκυρο, όταν είναι σε θέση να μετρήσει αυτό για το οποίο κατασκευάστηκε. Για παράδειγμα μπορεί ο σκοπός των πανελλαδικών εξετάσεων στο μάθημα της φυσικής κατεύθυνσης είναι να μετρήσει ορισμένα γνωστικά χαρακτηριστικά των υποψηφίων, όπως την γνώση σε έννοιες φυσικής, την κριτική σκέψη, την βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση ή την αλγοριθμική τους ικανότητα σε προβλήματα.

Η κατασκευαστική εγκυρότητα των διαγνωστικών τεστ βασίζεται στην γνώση και εμπειρία των «επαϊόντων» και είναι δυνατόν να ελεγχθεί εκ των υστέρων με προχωρημένες στατιστικές μεθόδους (π.χ. ανάλυση παραγόντων). Οι ερωτήσεις της εξέτασης επιβάλλεται

να είναι κατάλληλα διατυπωμένες, ώστε να ελέγχουν την ικανότητα που σκοπεύουμε να μετρήσουμε και να είναι απαλλαγμένες από θόρυβο που μπορεί να προκαλέσει παρανοήσεις. Συνεπώς, μια ερώτηση διαθέτει κατασκευαστική εγκυρότητα, αν η δεξιότητα που ελέγχει εκφράζεται από την επίδοση των υποψηφίων. Ένα τύπος εγκυρότητας ενός τεστ είναι η εσωτερική του συνέπεια, ο έλεγχος της οποίας επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των δεικτών συσχέτισης /συνάφειας κάθε ερώτησης με την συνολική επίδοση. (Δημητρόπουλος, 2003). Η κατανομή των συντελεστών αναμένεται στην περίπτωση ενός τεστ με καλή εσωτερική συνέπεια να περιλαμβάνει τιμές που συγκεντρώνονται σε μια περιοχή. Η κατανομή των συντελεστών συσχέτισης αυτοί μας δείχνουν την ομοιογένεια και τη συνοχή της εξέτασης.

Η διακριτική ικανότητα ενός διαγνωστικού εργαλείου χαρακτηρίζει κατά πόσον αυτό μπορεί να ξεχωρίζει τις επιδόσεις των υποκειμένων σε αντιστοιχία με τον πραγματικό βαθμό των ικανοτήτων που μετρώνται και σε σχέση πάντα με την επίτευξη των στόχων που τέθηκαν. Όταν ο βαθμός δυσκολίας του τεστ είναι ο αποδεκτός (σύμβαση), τότε η διασπορά είναι τέτοια που δίνει κανονικές κατανομές (Gaussian) των επιδόσεων. Αν οι ερωτήσεις είναι πολύ εύκολες τότε η διασπορά είναι πολύ μικρή και παρατηρούμε εκφυλισμό των ικανοτήτων στην κλίμακα μέτρησης. Από την άλλη, αν οι ερωτήσεις είναι πολύ δύσκολες οδηγούμαστε σε πεπλατυσμένες κατανομές ή ακόμα σε κατανομές με δύο κορυφές. Αυτό δυσχεραίνει την χρήση στατιστικής επεξεργασίας. Ένα τεστ με άριστη διακριτική ικανότητα δίνει μια διασπορά επιδόσεων που είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί σε μια διαδικασία κατάταξης ή επιλογής, ενώ σε ένα τεστ με μικρή διακριτική ικανότητα οι επιδόσεις των υποκειμένων συσσωρεύονται σε κάποιους βαθμούς και δεν διευκολύνεται η επιλογή εν προκειμένω των μαθητών στην Ανωτάτη Εκπαίδευση με βάση τις μετρούμενες δεξιότητες.

Η διακριτική ικανότητα μιας ερώτησης εκφράζεται με τον δείκτη διακριτικότητας (ΔΙ). Ο δείκτης διακριτικότητας υπολογίζεται από τη διαφορά των σωστών απαντήσεων που πέτυχαν οι υποψήφιοι της ανώτερης και της κατώτερης ομάδας στην ερώτηση (βλέπε Μεθοδολογία). Οι αποδεκτές τιμές του δείκτη ΔΙ από την βιβλιογραφία είναι $\Delta I > 0,40$ (Κασσωτάκης, 1981).

Ο δείκτης δυσκολίας (ΔΔ) μιας ερώτησης και μας δείχνει πόσο εύκολη ή δύσκολη είναι μια ερώτηση και ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση προς τον αριθμό των μαθητών που πήραν μέρος στην εξέταση αυτή. Ο ΔΔ παίρνει τιμές από 0,0 έως 1,0. Οι αποδεκτές τιμές του ΔΔ από την βιβλιογραφία είναι στην περιοχή $0,70 > \Delta \Delta > 0,30$ (Κασσωτάκης, 1981).

Ερωτήματα και στόχοι της έρευνας

Το βασικό ερώτημα της παρούσας έρευνας είναι αν οι Πανελλαδικές Εξετάσεις στο μάθημα της Φυσικής θετικής κατεύθυνσης έχουν δείκτες κατασκευαστικής εγκυρότητας, διακριτικής ικανότητας και δυσκολίας των ερωτήσεων, οι οποίοι βρίσκονται μέσα στα κανονικά όρια που θέτει η θεωρία αξιολόγησης και η βιβλιογραφία. Επιπλέον αναζητούνται ερμηνείες των αποτελεσμάτων και οι πηγές των πιθανών αποκλίσεων και επιπλέον προτάσεις τόσο για την βελτίωση της αντικειμενικότητας των εξετάσεων όσο και για την διδασκαλία του μαθήματος.

Μεθοδολογία

Το δείγμα: Το υλικό της έρευνας συγκεντρώθηκε από το εξεταστικό κέντρο Ιωαννίνων στο οποίο βαθμολογούνταν γραπτά από Ενιαία Λύκεια περιοχών της πρωτεύουσας. Το 100% των σχολείων αυτών προερχόταν από τη δημόσια εκπαίδευση. Από τα σχολεία αυτά επιλέξαμε τυχαία 745 γραπτά Φυσικής κατεύθυνσης Γ' Λυκείου. Το δείγμα αυτό αντιστοιχεί στο 42% των υποψηφίων των παραπάνω Λυκείων και στο 1,3% των μαθητών που διαγωνίσθηκαν σε Πανελλαδική κλίμακα. Η βαθμολογία βασίστηκε στις οδηγίες της

Κεντρικής Επιτροπής των Πανελλαδικών Εξετάσεων. Οι διορθωτές κατά τη διάρκεια της διόρθωσης καταχωρούσαν σε ειδικό έντυπο, τον βαθμό με τον οποίο βαθμολογούσε τις απαντήσεις των επιμέρους ερωτήσεων κάθε γραπτού. Τα έντυπα. Τα συμπληρωμένα έντυπα, τα οποία δεν αντιστοιχούσαν σε αναβαθμολόγηση, αποτέλεσαν τα δεδομένα για παραπέρα επεξεργασία. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν οι ισοσταθμικοί μέσοι όροι, δηλαδή δεν ελήφθησαν υπόψη τα αντίστοιχα βάρη που έχει θέσει η εξεταστική επιτροπή πανελλαδικών εξετάσεων.

Έγινε περιγραφική στατιστική ανάλυση (μέσοι όροι και την τυπική απόκλιση), ανάλυση συσχέτισης, και υπολογισμός των βαθμών δυσκολίας και διακριτικότητας κάθε ερώτησης. Υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης Kendall's tau_b και Spearman's rho μεταξύ του βαθμού των υποψηφίων σε κάθε ερώτηση και της συνολικής επίδοσης. Οι συντελεστές αυτοί προτιμήθηκαν έναντι του συντελεστή Pearson, ο οποίος προϋποθέτει γραμμικές σχέσεις και κανονικές κατανομές (Sirkin, 1995).

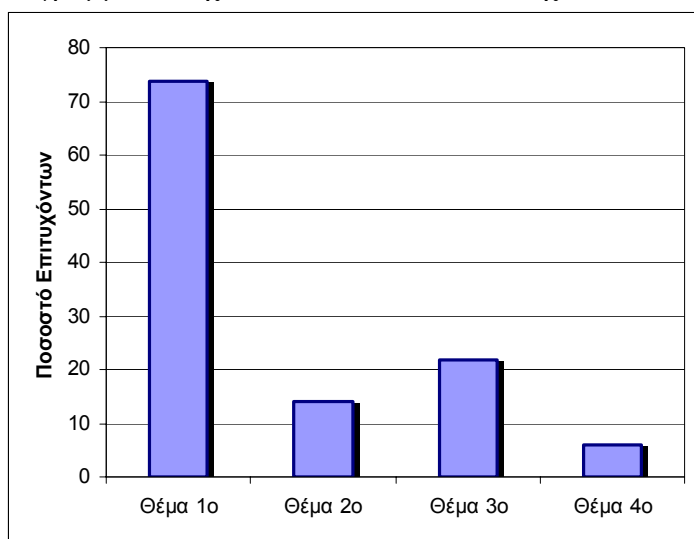
Στην παρούσα έρευνα ο δείκτης δυσκολίας (ΔΔ) υπολογίστηκε με βάση τον τύπο $\Delta\Delta = \text{Nλάθος} / \text{Nολικό}$, ώστε να μεγαλώνει ο δείκτης όταν μεγαλώνει η δυσκολία. Ο ΔΔ παίρνει τιμές από 0 έως 1. Ο Δείκτης Διακριτικότητας υπολογίζεται ως ο λόγος:

$\Delta I = [n \times (\Sigma B_a) - n \times (\Sigma B_c)] / N_o \times B_{max}$, όπου N_o είναι ο αριθμός του δείγματος n είναι ο αριθμός των υποκειμένων στο 30% του δείγματος, ΣB_a και ΣB_c το άθροισμα των επιδόσεων της υψηλότερης και της κατώτερης ομάδας αντίστοιχα και B_{max} η μέγιστη δυνατή βαθμολογία από την κάθε ομάδα (Δημητρόπουλος, 2003).

Επιπλέον, οι επιμέρους ερωτήσεις κατηγοριοποιήθηκαν σε 4 κατηγορίες (Πίνακας 1): α) ανάκληση γνώσης, β) εννοιολογικής κατανόησης, γ) εφαρμογή (αλγοριθμικές- Άσκηση), και 4) πρόβλημα (δύσκολη άσκηση που απαιτεί αλγοριθμική ικανότητα και εννοιολογική κατανόηση). Εφαρμόστηκε ανάλυση παραγόντων για να ελεγχθεί αν η κατηγοριοποίηση υποστηρίζεται στατιστικά από τα δεδομένα. Τα θέματα μπορούν να βρεθούν από την ιστοσελίδα <<http://www.yrepth.gr>>.

Αποτελέσματα

Ο μέσος όρος των βαθμών που πέτυχαν οι υποψήφιοι του δείγματος ανήλθε στο 34,4/100 (τυπική απόκλιση 18,28), βαθμός που αντιστοιχεί στο 6,88 της εικοσαβάθμιας κλίμακας. Η κατανομή των βαθμολογιών στα επιμέρους θέματα αποκλίνει πολύ από την κανονική, ενώ στο σύνολο έχουμε μια θετική κύρτωση προς τις χαμηλότερες βαθμολογίες. Το Διάγραμμα 1 δείχνει το ποσοστό των επιτυχόντων κατά θέμα.



Διάγραμμα 1: Ποσοστό των επιτυχόντων κατά θέμα.

Ο Πίνακας 1 δείχνει την κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων και το ποσοστό (%) των επιτυχόντων ανά ερώτηση και θέμα. Οι υπολογισμοί των βαθμολογιών έδειξαν ότι το 82% του δείγματος πέτυχε βαθμολογία κάτω από τη βάση και το 18% πάνω από τη βάση και μόνο το 4,35% πέτυχε το άριστα. Γενικά παρατηρούμε ότι οι υποψήφιοι απέτυχαν να απαντήσουν στις ερωτήσεις αιτιολόγησης του 2^{ου} θέματος και στις ερωτήσεις β και γ του 4^{ου} θέματος, ενώ μεγάλη δυσκολία συνάντησαν και στις ερωτήσεις του 3^{ου} θέματος.

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων και το ποσοστό (%) των επιτυχόντων ανά Ερώτηση και Θέμα.

Θέμα	Τύπος	Ερώτηση	Κωδικός	Κατηγορία	Ποσοστό επιτυχόντων (%)
1 ^{ov}	Πολλαπλής Επιλογής	1 ⁿ	e1a	Ανάκληση	68,5
		2 ⁿ	e12g	Ανάκληση	76,5
		3 ⁿ	e13d	Ανάκληση	66,8
		4 ⁿ	e14g	Ανάκληση	69,5
1 ^o	ερωτήσεις «Σωστού Λάθους»	1 ⁿ	e1as	Ανάκληση	80,8
		2 ⁿ	e1bl	Ανάκληση	67,1
		3 ⁿ	e1gs	Ανάκληση	63,4
		4 ⁿ	e1ds	Ανάκληση	67,2
		5 ⁿ	e1es	Ανάκληση	73,8
2 ^o	Ερωτήσεις κατανόησης και εφαρμογής με αιτιολόγηση	1α	e21a	Κατανόηση	62,6
		1β	e21ex	Εφαρμογή	19,1
		2α	e22a	Κατανόηση	27,5
		2β	e22ex	Εφαρμογή	4,6
		3 ⁿ	e23	Εφαρμογή	17,3
3 ^o	Άσκηση	1 ⁿ	e3a	Εφαρμογή	25,2
		2 ⁿ	e3b	Εφαρμογή	29,8
		3 ⁿ	e3c	Εφαρμογή	32,5
		4 ⁿ	e3d	Κατανόηση	41,3
		5 ⁿ	e3e	Εφαρμογή	13,8
4 ^o	Άσκηση (Απαιτητική άσκηση)	1 ⁿ	p4a	Εφαρμογή & Κατανόηση	10,7
		2 ⁿ	p4b	Εφαρμογή	5,7
		3 ⁿ	p4c	Εφαρμογή	3,1

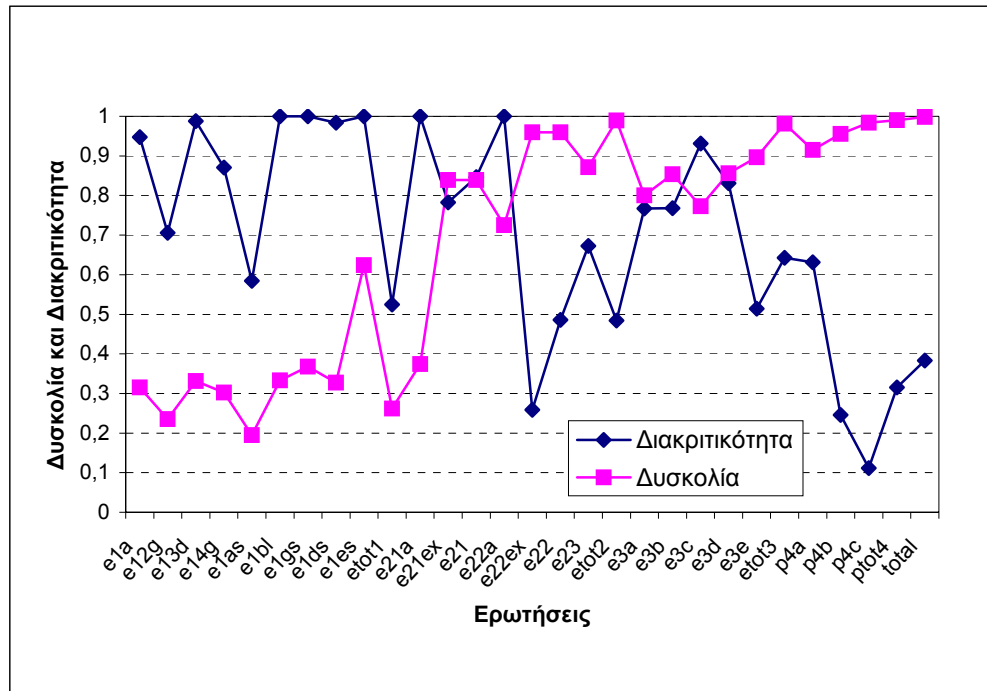
Δυσκολία και Διακριτικότητα

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 1 ευκολότερες είναι οι ερωτήσεις ανάκλησης του 1^{ου} θέματος, ενώ ο δείκτης δυσκολίας αυξάνεται καθώς προχωρούμε στα άλλα θέματα που απαιτούν αλγοριθμική ικανότητα και εννοιολογική κατανόηση. Ευκολότερη ήταν η ερώτηση 5α του 1^{ου} θέματος που αναφέρεται στη απόσβεση των ηλεκτρικών ταλαντώσεων από την ωμική αντίσταση του κυκλώματος. Από το Διάγραμμα 2 διαπιστώνουμε ότι ο δείκτης δυσκολίας για τις ερωτήσεις του πρώτου θέματος είναι χαμηλός και κυμαίνεται μεταξύ 0.2 και 0.4.

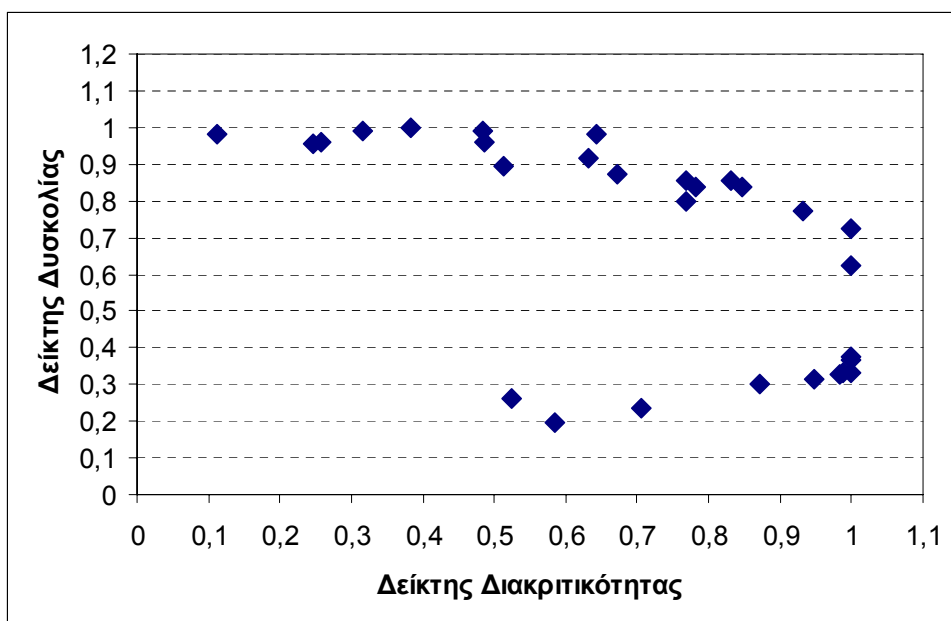
Στο δεύτερο θέμα ο δείκτης δυσκολίας κυμαίνεται μεταξύ 0.3 και 0.9 με δυσκολότερη ερώτηση τη δεύτερη ερώτηση του 2^{ου} θέματος στην οποία οι υποψήφιοι δεν κατόρθωσαν να αιτιολογήσουν επαρκώς το χρόνο ολίσθησης των δύο δίσκων όταν σε αυτούς ασκείται ίδια και σταθερή δύναμη σε διαφορετικά όμως σημεία. Στο τρίτο θέμα ο βαθμός δυσκολίας για όλες τις ερωτήσεις βρίσκεται πλησίον του 0.8 με μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας την 5ⁿ

ερώτηση. Στο τέταρτο θέμα ο βαθμός δυσκολίας κυμαίνεται μεταξύ 0.9 και 1.0 με δυσκολότερη ερώτηση την 3η ερώτηση η οποία ζητά από του υποψηφίους να βρουν την τιμή του λόγου m/M έτσι ώστε το βλήμα να σφηνώνεται ολόκληρο στο σώμα Σ. Το χαρακτηριστικό είναι ότι εκτός τριών ερωτήσεων όλες οι άλλες είναι εκτός των ορίων του 0,3-0,7 που χαρακτηρίζει το δείκτη δυσκολίας κάθε ερώτησης. Από το ίδιο διάγραμμα βλέπουμε ότι η Διακριτικότητα μειώνεται όσο προχωρούμε στις περισσότερο πολύπλοκες ερωτήσεις.

Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζεται ο Δείκτης Διακριτικότητας σε συνάρτηση με τον Δείκτη Δυσκολίας. Μόνο οκτώ από τις είκοσι δύο ερωτήσεις έχουν και τους δύο δείκτες εντός των κανονικών τιμών.



Διάγραμμα 2: Δείκτης Διακριτικότητας και Δείκτης Δυσκολίας στις επιμέρους ερωτήσεις των Θεμάτων.



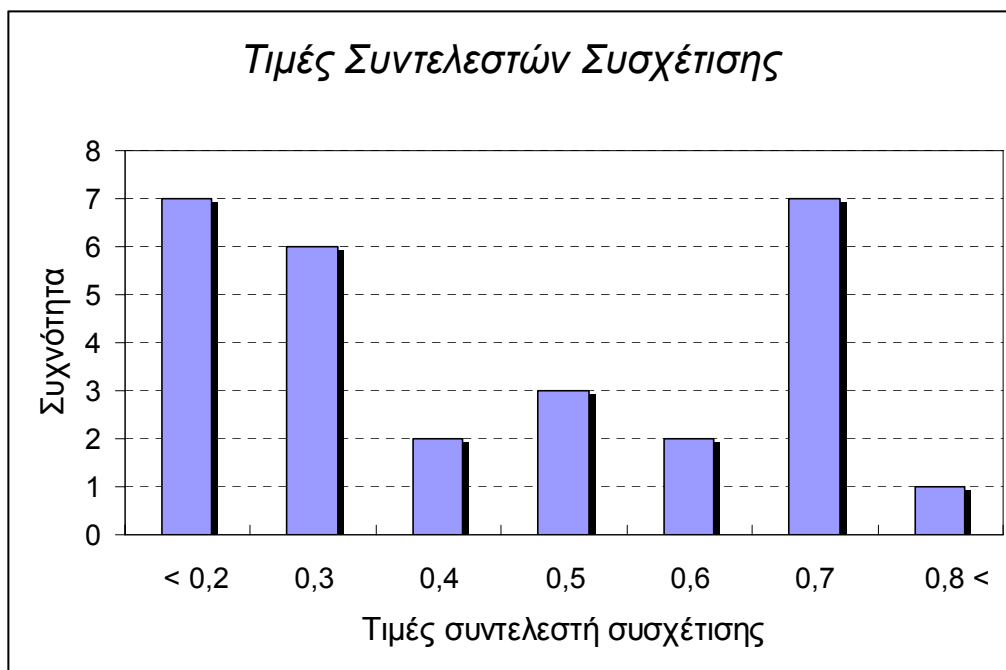
Διάγραμμα 3: Δείκτης Διακριτικότητας σε συνάρτηση με τον Δείκτη Δυσκολίας,

Ανάλυση Συσχέτισης

Υπολογισμός των συντελεστών συσχέτισης των επιδόσεων στις επιμέρους ερωτήσεις με τον τελικό βαθμό δείχνεται στον Πίνακα 2. Παρατηρούμε χαμηλές τιμές στους συντελεστές Kendall's tau_b και Spearman's rho και επιπλέον στο Διάγραμμα 3 διακρίνουμε τρεις περιοχές των τιμών, κάτι που δεικνύει την μη ομοιόμορφη απόκριση των υποκειμένων και επηρεάζει αρνητικά την εγκυρότητα του διαγωνίσματος (Δημητρόπουλος, 2003).

Πίνακας 2: Συντελεστές συσχέτισης των επιμέρους ερωτήσεων με τον συνολικό βαθμό.

	e1a	e12g	e13d	e14g	e1as	e1bl	e1gs	e1ds	e1es	etot1
Kendall's tau_b	0,32	0,38	0,33	0,31	0,20	0,13	0,18	0,12	0,10	0,51
Spearman's rho	0,38	0,46	0,40	0,38	0,24	0,15	0,21	0,14	0,12	0,67
	e21a	e21ex	e21	e22a	e22ex	e22	e23	etot2		
Kendall's tau_b	0,31	0,53	0,47	0,14	0,25	0,19	0,56	0,57		
Spearman's rho	0,37	0,67	0,61	0,17	0,31	0,24	0,69	0,74		
	e3a	e3b	e3c	e3d	e3e	etot3				
Kendall's tau_b	0,30	0,54	0,57	0,51	0,42	0,66				
Spearman's rho	0,38	0,67	0,71	0,67	0,52	0,83				
	p4a	p4b	p4c	ptot4						
Kendall's tau_b	0,43	0,42	0,28	0,47						
Spearman's rho	0,54	0,51	0,34	0,59						



Διάγραμμα 4: Ιστόγραμμα συχνοτήτων των συντελεστών συσχέτισης Spearman's rho.

Ανάλυση παραγόντων

Με βάση την ποιοτική κατηγοριοποίηση του Πίνακα 1, εφαρμόστηκε ανάλυση παραγόντων με στόχο να ελεγχθεί αν η κατηγοριοποίηση αυτή υποστηρίζεται στατιστικά από τα δεδομένα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της παραγοντικής εγκυρότητας στην κατασκευή και στάθμιση διαγνωστικών ή/ και ψυχομετρικών τεστ, και έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στην κατηγοριοποίηση ερωτήσεων εννοιολογικής κατανόησης και αλγοριθμικής ικανότητας σε δεδομένα πανελληνίων εξετάσεων Χημείας (Stamovlasis, *et al.*, 2004). Η ανάλυση στα δεδομένα της Φυσικής δεν στηρίζει την κατηγοριοποίηση προφανώς διότι οι ερωτήσεις δεν είναι αμιγείς και απαιτούν και τις δύο ικανότητες. Όμως ένα ενδιαφέρον εύρημα είναι ότι η ερώτηση 2 του 2^{ου} Θέματος φορτώνει μόνη της έναν παράγοντα, κάτι που σηματοδοτεί την διαφορετικότητα της φύσης αυτής της ερώτησης. Η ερώτηση αυτή έχει γίνει αντικείμενο συζήτησης στο παρελθόν και επανεξετάζεται στην παρούσα εργασία (βλέπε αντίστοιχο τμήμα) λόγω το ξεχωριστού ενδιαφέροντος.

Επανεξέταση του ρόλου των κρίσιμων λεπτομερειών: Η περίπτωση του 2^{ου} νόμου του Νεύτωνα

Η εκ των υστέρων ανάλυση των βασικών χαρακτηριστικών της εξέτασης έδειξε ότι οι δείκτες εγκυρότητας, διακριτικότητας και ευκολίας δεν ικανοποιούνται. Η έλλειψη αυτών των κανονικών χαρακτηριστικών οφείλεται στην επιλογή των θεμάτων (φύση, διατύπωση) στα οποία ο μαθητικός πληθυσμός δεν ανταποκρίθηκε ομαλά.

Η εξέταση των επιμέρους κατανομών των θεμάτων δείχνει ότι υπάρχουν δύσκολες ερωτήσεις, ή τουλάχιστον ερωτήσεις που οι μαθητές δεν απαντούν με αναμενόμενο τρόπο ώστε να οδηγήσουν σε μια κανονική κατανομή αλλά δίνουν έντονα ασύμμετρες κατανομές. Η ερμηνεία που δίνουμε είναι ότι οι ερωτήσεις κρύβουν είτε ασυνήθιστη δυσκολία είτε μια παρανόηση που οδηγεί σε ομαδική αποτυχία.

Μια χαρακτηριστική περίπτωση είναι το ερώτημα 2.2, του οποίου η φύση προδίδει μια σημαντική παρανόηση (ή αδυναμία) εκ μέρους των μαθητών, η οποία οδήγησε στην αποτυχία και η οποία οφείλεται σε αδυναμία των διδακτικών προσεγγίσεων (Τσαπαρλής, 2001). Το συγκεκριμένο θέμα είναι γνωστό από την διδακτική έρευνα γιατί έχει απασχολήσει τους ερευνητές στο παρελθόν. Η περίπτωση του αναφέρεται στον ρόλο των κρίσιμων λεπτομερειών κατά την διδασκαλία και αναλύεται παρακάτω (Viennot, 1978).

Η ερώτηση αυτή στην οποία οι υποψήφιοι δυσκολεύτηκαν να απαντήσουν δεν είναι ελληνικό φαινόμενο. Την ίδια ακριβώς δυσκολία αντιμετώπισαν και η Γάλλοι μαθητές όπως αναφέρεται σε ερευνητική εργασία (Menigaux, 1994) και οφείλεται όπως υποστηρίζει η Laurence Viennot (1978) στο ρόλο που παίζουν οι κρίσιμες λεπτομέρειες κατά την διδασκαλία του 2^{ου} νόμου του Νεύτωνα. Σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα η ολική δύναμη που ασκείται εξωτερικά σε ένα σώμα μάζας m συνδέεται με την επιτάχυνση του κέντρου μάζας του σώματος G , με την παρακάτω σχέση $\Sigma F = ma_G$

Μελέτες αναφέρουν ότι οι μαθητές συνδέουν την δύναμη με την ταχύτητα ή πιο γενικά τη δύναμη με την κίνηση αντί της δύναμης με την επιτάχυνση. Μια πλευρά του νόμου αυτού είναι ότι για να αναλύσουμε την κίνηση του κέντρου μάζας G δεν χρειάζεται να ξέρουμε το επιμέρους σημείο στο οποίο ασκούνται οι εξωτερικές δυνάμεις.

Στην έρευνα που πραγματοποίησε η Jacqueline Menigaux τέθηκε η παρακάτω ερώτηση σε μαθητές που ήξεραν καλά το νόμο και είχαν ασκηθεί να τον εφαρμόζουν για τη λύση κλασικών προβλημάτων.

Ένας κυκλικός δίσκος από ελαστικό υλικό κινείται πάνω σε ένα οριζόντιο τραπέζι χωρίς τριβές. Στην αρχή του χρόνου ο δίσκος ακουμπά στη μία άκρη του τραπεζιού. Μια ίδια σταθερή δύναμη ασκείται σε αυτόν σε δύο περιπτώσεις: α) Στην πρώτη περίπτωση ασκείται

πάντοτε σε ένα σημείο που είναι πλησιέστερα στην απέναντι άκρη και β) στην δεύτερη περίπτωση ασκείται σε σημείο που είναι στα πλάγια του δίσκου. Η ερώτηση είναι θα χρειασθεί ο δίσκος τον ίδιο χρόνο να φτάσει και να χτυπήσει στην απέναντι άκρη και στις δύο περιπτώσεις;

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 17 μαθητές της Α Λυκείου και 18 μαθητές της Γ Λυκείου από τη Γαλλία καθώς και 41 πρωτοετείς και 12 δευτεροετείς Γάλλοι φοιτητές. Τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Απαντήσεις των Γάλλων μαθητών

	Τον ίδιο χρόνο	Μεγαλύτερο χρόνο
Μαθητές Α Λυκείου	6%	83%
Μαθητές Γ Λυκείου	22%	61%
Πρωτοετείς και δευτεροετείς φοιτητές	24%	67%

Πηγή: Menigaux, 1994.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των Γάλλων μαθητών με αυτά των Ελλήνων υποψηφίων παρατηρούμε ότι οι 27,5% των Ελλήνων υποψηφίων απάντησαν σωστά ότι οι δύο δίσκοι θα κάνουν τον ίδιο χρόνο ενώ μόλις το 4,6% κατόρθωσε να δώσει σωστή αιτιολόγηση.

Πίνακας 4: Απαντήσεις των Γάλλων μαθητών

N=61	(α)	(β)	(γ)
Α' Λυκείου	73%	6%	13%
Γ' Λυκείου	63%	0%	36%
Φοιτητές	20%	20%	37%

Πηγή: Menigaux, 1994.

Οι αιτιολογήσεις των Γάλλων μαθητών ότι ο δίσκος θα κάνει περισσότερο χρόνο αιτιολογείται ως εξής:

- α) Πρώτα περιστρέφεται και μετά μεταφέρεται
- β) Ο χρόνος είναι μεγαλύτερος γιατί έχουμε ταυτόχρονα περιστροφή και μετατόπιση
- γ) Το σημείο Β έχει μεγαλύτερη μετατόπιση από το σημείο Α

Τα ποσοστά των απαντήσεων φαίνονται στον Πίνακα 4.

Η τροχιά του επιμέρους σημείου στο οποίο ασκείται η δύναμη τραβά την προσοχή των μαθητών και παρεμβάλλεται πολλές φορές στην εξήγησή τους.

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι μια θεμελιώδη πλευρά του νόμου δεν τονίζεται συνήθως κατά την διδασκαλία των μαθητών στη Γαλλία, ενώ αντίθετα χρησιμοποιούνται παραδείγματα κινήσεως που είναι είτε μόνο γραμμικές είτε πολύπλοκες κινήσεις απλών συστημάτων (Menigaux, 1994).

Βέβαια και οι περιπτώσεις προσέγγισης που θα μπορούσε να κάνει ένας υποψήφιος μαθητής από την Ελλάδα σύμφωνα με την ύλη που διδάχτηκε είναι οι παρακάτω τρεις:

1. Να μελετήσει την κίνηση του κέντρου μάζας των δίσκων

2. Να διακρίνει τις δύο απλές κινήσεις του δίσκου Β, ώστε να εφαρμόσει την αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων που είχε ακούσει αλλά δεν έχει διδαχτεί τουλάχιστον αναλυτικά στην Α Λυκείου, και

3. Να μην προβληματιστεί καθόλου με τα προηγούμενα και να αντιμετωπίσει το ζήτημα με απλοϊκούς συλλογισμούς (ίσες δυνάμεις προκαλούν ίσες επιταχύνσεις), αγνοώντας παντελώς ότι πρόκειται για σώματα με διαστάσεις.

Μελετώντας τα πράγματα με την προηγούμενη σειρά, μπορούμε να κάνουμε τις ακόλουθες διαπιστώσεις:

1. Είναι αδύνατο ένας μαθητής να κάνει τη μελέτη του κέντρου μάζας των δίσκων, αφού η αντίστοιχη θεωρία που αναφέρεται στον ορισμό και στις ιδιότητες του κέντρου μάζας παράγραφος 5-7 του διδακτικού βιβλίου έχει αφαιρεθεί από τη διδακτέα ύλη.

2. Είναι πολύ δύσκολο ένας μαθητής να διακρίνει την περιστροφική κίνηση του δίσκου Β γύρω από ελεύθερο άξονα που περνάει από το κέντρο μάζας του, και που σύμφωνα με την αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων δεν επηρεάζει την μεταφορική κίνηση του κέντρου μάζας του, ώστε να συμπεράνει ότι και οι δύο δίσκοι κινούνται με την ίδια επιτάχυνση.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά καταλήγουμε στο ότι τα αποτελέσματα αυτά οδηγούν σε συγκεκριμένες προτάσεις, όπως έχουν διατυπωθεί και από άλλους ερευνητές: ίδρυση τράπεζας ερωτήσεων, αύξηση του αντικειμενικού τύπου ερωτήσεων, σαφέστεροι σκοποί του αναλυτικού προγράμματος για τις μετρούμενες δεξιότητες, προσθήκη ερευνητικών ικανοτήτων μέσα από εργαστηριακές ασκήσεις κλπ. (Δημητράσκος, 2006).

Επιπλέον γίνεται εμφανές ότι η διδασκαλία του περιεχομένου, οι πανελλήνιες εξετάσεις και η βιβλιογραφία της διδακτικής των φυσικών επιστημών είναι χώροι που θα έπρεπε να επικοινωνούν περισσότερο.

Παραπομπές

- Δημητρόπουλος, Ε. Γ. (2003), Εκπαιδευτική Αξιολόγηση - Η αξιολόγηση του Μαθητή, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Δημητράσκος, Κ. (2006), «Αδυναμίες και ατέλειες των Πανελλαδικών εξετάσεων 2005 στο Μάθημα της Φυσικής Γενικής Παιδείας στην Γ' τάξη των Ημερησίων Ενιαίων Λυκείων», Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, 16, 8-18.
- Κασσωτάκης, Μ. (1981), Η αξιολόγηση της επίδοσης των Μαθητών. Μέσα, προβλήματα, προοπτικές, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Ραβάνης, Κ. (2003), «Μια προσέγγιση στα θέματα φυσικής των εισαγωγικών εξετάσεων για την ανώτατη εκπαίδευση. Κριτικές επιστημονικές και παρατηρήσεις» στο Α. Δημαράς (εποπτ.)- Α. Βερέβη (Επιμ.). Εισαγωγικές Εξετάσεις για Τριτοβάθμια Εκπαίδευση (1961-2001), Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, 81-96.
- Τσαπαρλής, Γ. (2001), «Διδακτική Μεθοδολογία και Περιεχόμενο στις Φυσικές Επιστήμες Πάνε Μαζί. Ο ρόλος των 'κρισίμων λεπτομερειών' κατά την Laurence Viennot», Φυσικός Κόσμος, 62.
- Menigaux, J. (1994), «Students' Reasoning in solid mechanics», Physics Education, 29, 3-10.
- Sirkin, M. (1995), Statistics for Social Science, Sage Publication, London.
- Stamovlasis, D., Tsaparlis, G., Kamilatos, C., Zarotiadou, E., & Papaoikonomou, D. (2004), «Conceptual Understanding Versus Algorithmic Problem Solving: A Principal Component Analysis of a National Examination», Chemical Educator, 9, 398-405.
- Viennot, L. (1978). Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire, Paris, Herman.