

## ΕΚΘΕΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ / ΜΑΘΗΜΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΥΠΟΕΡΓΟΥ: «Ανάλυση των λαθών των μαθητών του Γυμνασίου-Λυκείου»

Μάθημα: **ΦΥΣΙΚΗ** Α' ΛΥΚΕΙΟΥ

### 1. Εισαγωγή

Το μάθημα της Φυσικής Γενικής Παιδείας στην τάξη Α Λυκείου διδάσκεται σε παιδιά 16 ετών είναι μάθημα γενικών γνώσεων που διδάσκεται 2 ώρες εβδομαδιαίως και με κύριο χαρακτηριστικό την πειραματική /εργαστηριακή ανάπτυξη της ύλης (αυτό ισχύει και για Β και Γ Λυκείου). Το μάθημα διδάσκεται από καθηγητές του κλάδου ΠΕ4 (Φυσικούς, Χημικούς ή Βιολόγους).

Η ύλη περιλαμβάνει τις παρακάτω ενότητες:

- ✓ Ευθύγραμμη κίνηση (Α).  
Βασικές έννοιες: *κίνηση, ταχύτητα, επιτάχυνση.*
- ✓ Δυναμική σε μια διάσταση (Β).  
Βασικές έννοιες: *Δύναμη, αδράνεια*
- ✓ Δυναμική στο επίπεδο (Γ).  
Βασικές έννοιες: *Δράση-αντίδραση, τριβή, κυκλική κίνηση.*
- ✓ Βαρύτητα (Δ).  
Βασικές έννοιες: *Πεδίο βαρύτητας*
- ✓ Διατήρηση ορμής (Ε).  
Βασικές έννοιες: *Ορμή, εξωτερικές –εσωτερικές δυνάμεις.*
- ✓ Διατήρηση μηχανικής ενέργειας (ΣΤ).  
Βασικές έννοιες: *Έργο, ενέργεια, ισχύς.*
- ✓ Διατήρηση ολικής ενέργειας και υποβάθμιση της (Ζ).  
Βασικές έννοιες: *Θερμοκρασία, θερμότητα.*

Η κάθε ενότητα περιλαμβάνει έναν αριθμό εννοιών για την κατανόηση των οποίων απαιτείται σημαντικός χρόνος. Η πρόταση του ΠΙ για τον διαθέσιμο χρόνο ανά ενότητα εμφανίζεται στο Διάγραμμα 1.



**Διάγραμμα 1.** Ποσοστιαίος διαθέσιμος χρόνο ανά ενότητα (πρόταση του ΠΙ 1999).ο

Οι σκοποί του μαθήματος συνοψίζονται στα παρακάτω (όπως δηλώνονται στο αναλυτικό πρόγραμμα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (ΠΙ/ΥΠΕΠΘ, 1999). Η ανάπτυξη της ύλης έγινε με σκοπό οι μαθητές:

- Να προσεγγίσουν ποιοτικά, ποσοτικά και πειραματικά βασικές έννοιες και νόμους της Φυσικής, οι οποίοι θα τους επιτρέψουν να κατανοήσουν πως λειτουργούν πολλές συσκευές και μηχανές από την καθημερινή ζωή, καθώς επίσης και μερικά τυπικά φαινόμενα που συναντούν στην ζωή τους.
- Να ασκηθούν στην παρατήρηση, περιγραφή και ερμηνεία και πρόβλεψη των φυσικών φαινομένων.
- Να καλλιεργήσουν πρακτικές δεξιότητες με τον χειρισμό οργάνων, διατάξεων και συσκευών.
- Να καλλιεργήσουν νοητικές δεξιότητες για την αντιμετώπιση προβλημάτων, αναπτύσσοντας κριτική σκέψη, δημιουργική φαντασία και ικανότητα επικοινωνίας.
- Να κατανοήσουν το νόημα του καταμερισμού του έργου κατά την ομαδική εργασία και να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και αμοιβαίου σεβασμού.

- Να κατανοήσουν τον κεντρικό ρόλο της Φυσικής Επιστήμης στην ανάπτυξη της τεχνολογίας, η οποία με παράλληλο σεβασμό στο περιβάλλον, έχει ως συνέπεια την βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ανθρώπων.
- Να εκτιμήσει την συμβολή των μεγάλων επιστημόνων και εφευρετών στην πρόοδο της Φυσικής και στην ανάπτυξη της αντίστοιχης τεχνολογίας που αυτή συνεπάγεται.
- Να αντιληφθούν την αλληλεπίδραση μεταξύ της εξέλιξης της Φυσικής και των αντιστοιχών κοινωνικο-οικονομικών αλλαγών.

Οι επιμέρους στόχοι και οι προτεινόμενες δραστηριότητες από περιέχονται στο αναλυτικό πρόγραμμα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (1999) δίδονται παρακάτω.

**Πίνακας 1.** Οι επιμέρους στόχοι και οι προτεινόμενες δραστηριότητες από περιέχονται στο αναλυτικό πρόγραμμα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (1999) δίδονται παρακάτω.

### 1<sup>η</sup> γενική ενότητα: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ

Εισαγωγικό ένθετο. Μονάδες μήκους, χρόνου, μάζας και δύναμης. Μέση ταχύτητα.		
ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ	ΣΤΟΧΟΙ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ
<p><b>1.1 ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΚΙΝΗΣΗ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Προσδιορισμός θέσης σώματος-σημείου σε άξονα ( αρχή, φορά και μοναδιαίο μήκος σε άξονα).</li> <li>▪ Μετατοπίσεις σε άξονα.</li> <li>▪ Ομαλή κίνηση και ταχύτητα</li> <li>▪ Ομοιόμορφα μεταβαλλόμενη κίνηση και επιτάχυνση.</li> </ul> <p>[Μαθ: Γραφική παράσταση ευθείας και η κλίση της. Γενίκευση σε καμπύλες] (7 ώρες)</p>	<p><b>S10</b> μαθητής να μπορεί :</p> <p><b>S1.1</b>–Να προσδιορίζει τη θέση ενός Σώματος και τη χρονική στιγμή Ενός συμβάντος, και να αναφέρει Σχετικά παραδείγματα από την Καθημερινή ζωή. S1</p> <p><b>S1.2</b>–Από έναν πίνακα πειραματικών Τιμών (x-t) ομαλής κίνησης να Σχεδιάζει το διάγραμμα (x-t) και να Υπολογίζει τη ταχύτητα.</p> <p><b>S1.3</b>– Να αποδίδει γραφικά τα μεγέθη Θέση, ταχύτητα και επιτάχυνση Στην ομοιόμορφα μεταβαλλόμενη Κίνηση.</p> <p><b>S1.4</b>– Να εφαρμόζει τους “ νόμους ” της Κίνησης σε φαινόμενα καθημερινής Ζωής ( πχ οδική κυκλοφορία).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Πείραμα ομαλής κίνησης με χρήση χρονομετρητή.</li> <li>– Επεξεργασία στροβοσκοπικών δεδομένων ομοιόμορφα επιταχυνόμενης κίνησης.</li> <li>– Συνθετική εργασία με προσπέρασμα αυτοκινήτων και απόσταση ασφαλείας αντίδρασης οδηγού (2 sec).</li> </ul>

	<b>S1.5</b> – Να χρησιμοποιεί με ευχέρεια τις Μονάδες.	
<b>1.2 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΕ ΜΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗ</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Δύναμη και μέτρησή της.</li> <li>▪ Πρόσθεση συγγραμμικών δυνάμεων.</li> <li>▪ Θεμελιώδης νόμος Νεύτωνα.</li> <li>▪ Μάζα αδράνειας.</li> <li>▪ Ελεύθερη πτώση.</li> </ul> <p>[ Τεχν.: Η χρησιμότητα της ζώνης ασφαλείας και του αερόσακου]  [Μαθ.: εμβαδόν διαγράμματος γραφικής παράστασης]  (7 ώρες)</p>	<b>S2</b> Ο μαθητής να μπορεί : <b>S2.1</b> –Να μετρά δυνάμεις. <b>S2.2</b> –Να διατυπώνει με σύμβολα και με Λόγια το νόμο του Νεύτωνα και να Τον εφαρμόζει σε φυσικά Φαινόμενα καθημερινής ζωής. <b>S2.3</b> –Να προσδιορίζει την αδρανειακή Μάζα ενός σώματος και να γνωρίζει ότι σταθερή ολική δύναμη προκαλεί ομοιόμορφα μεταβαλλόμενη κίνηση. <b>S2.4</b> –Να διακρίνει τις αρχικές συνθήκες Μιας κίνησης, πώς αυτές Επηρεάζουν την κίνηση ενός Σώματος και να αναφέρει κινήσεις Καθημερινής ζωής με την ίδια Δύναμη αλλά με διαφορετικές Αρχικές συνθήκες. <b>S2.5</b> –Να εφαρμόζει το νόμο του Νεύτωνα στην ελεύθερη πτώση. <b>S2.6</b> –Να χρησιμοποιεί με ευχέρεια τις Μονάδες. <b>S2.7</b> –Να σχεδιάζει και να εκτελεί απλά πειράματα για τον προσδιορισμό κινηματικών φυσικών μεγεθών.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Πείραμα πρόσθεσης δυνάμεων με συγγραμμικά δυναμόμετρα.</li> <li>– Πείραμα με καροτσάκι επιταχυνόμενο με βαρίδια και αποτύπωση της κίνησής του σε χαρτοταινία. α) Σταθερή δύναμη προκαλεί σταθερή επιτάχυνση. β) Μελέτη με σταθερή δύναμη.</li> <li>–Πειράματα με τον αδρανειακό ζυγό.</li> </ul>
<b>1.3 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Αλληλεπίδραση σωμάτων (δράση-αντίδραση), δυνάμεις επαφής και δυνάμεις από απόσταση.</li> <li>▪ Πρόσθεση δυνάμεων στο επίπεδο και πολλαπλάσια δύναμης.</li> <li>▪ Ο νόμος της τριβής.</li> <li>▪ Οριζόντια βολή.</li> <li>▪ Ορθογώνιο σύστημα αναφοράς και ανάλυση μετατόπισης, ταχύτητας και δύναμης σε συντεταγμένες.</li> <li>▪ Νόμος Νεύτωνα σε διανυσματική μορφή και σε αλγεβρική μορφή ανά συνιστώσα.</li> <li>▪ Ομαλή κυκλική κίνηση και χαρακτηριστικά της μεγέθη.</li> </ul>	<b>S3.</b> Ο μαθητής να μπορεί : <b>S3.1</b> –Να οριοθετεί και να κατονομάζει το Σύστημα σε σχέση με το εκάστοτε Περιβάλλον. <b>S3.2</b> –Να σχεδιάζει τις δυνάμεις που Ασκούνται σε ένα σώμα από το Περιβάλλον. <b>S3.3</b> –Να αντιστοιχεί σε κάθε δράση την Αντίδραση η οποία έχει ίση Τιμή, αντίθετη φορά και σε Διαφορετικό σημείο εφαρμοζόμενη Αντίδραση . <b>S3.4</b> –Να αναφέρει φαινόμενα Καθημερινής ζωής, στα οποία η Τριβή παίζει καθοριστικό ρόλο. <b>S3.5</b> –Να υπολογίζει την τριβή. <b>S3.6</b> –Να προσθέτει και να αναλύει σε	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Πείραμα πρόσθεσης συν-τρεχουσών δυνάμης με δυναμόμετρα.</li> <li>–Πείραμα εφαρμογής σταθερής δύναμης σε διαφορετικές διευθύνσεις για απόδειξη του διανυσματικού χαρακτήρα του νόμου του Νεύτωνα.</li> <li>–Πείραμα οριζόντιας βολής.</li> <li>–Πειραματική επαλήθευση του νόμου της κεντρομόλου δύναμης με την ομώνυμη συσκευή.</li> <li>–Πείραμα επιδείξης με τη συσκευή σύγχρονων κινήσεων τύπου Β.</li> <li>–Συνθετικές εργασίες (πχ “ Η σημασία της τριβής στην καθημερινή ζωή” ).</li> </ul>

<p>[Μαθ.: Πράξεις και ιδιότητες διανυσμάτων].  [Ιστ.: Από τον Αριστοτέλη στο Νεύτωνα].  [Φαιν.: Μήκος φρεναρίσματος και απόσταση ασφαλείας]  ( 12 ώρες )</p>	<p>Ορθογώνιους άξονες διανυσματικά Μεγέθη, πειραματιζόμενος με το Φαινόμενο της οριζόντιας βολής.  <b>S3.7</b>–Να εφαρμόζει την τεχνική Ανάλυσης μιας κίνησης σε Ορθογώνιους άξονες ( αρχή Ανεξαρτησίας κινήσεων ), για να Προσδιορίζει τις εξισώσεις κίνησης και την εξίσωση της τροχιάς.  <b>S3.8</b>–Να διακρίνει το διανυσματικό χαρακτήρα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης στην ομαλή κυκλική κίνηση και να γνωρίζει τη σχέση τους.  <b>S3.9</b>–Να συνδυάζει την κυκλική κίνηση και την τριβή για να κατανοεί και να σέβεται κανόνες οδικής κυκλοφορίας.  <b>S3.10</b>–Να σχεδιάζει και να εκτελεί Συγκεκριμένα πειράματα για τον προσδιορισμό κινηματικών φυσικών μεγεθών.</p>	
<p><b>1.4 ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΚΙΝΗΣΗ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Νόμος της παγκόσμιας έλξης και πεδίο βαρύτητας.</li> <li>▪ Το πεδίο βαρύτητας κοντά στη γη (προσέγγιση).</li> <li>▪ Η κίνηση τεχνητών δορυφόρων και σελήνης.</li> </ul> <p>[Τεχν.: Η εξερεύνηση του διαστήματος].  [Φαιν.: Η παλιρροϊκή κίνηση των νερών του Ευρίπου]  [Ιστ.: Ιστορική εξέλιξη των ιδεών για τη βαρύτητα].  ( 3 ώρες )</p>	<p><b>S4.</b> Ο μαθητής να μπορεί :</p> <p><b>S4.1</b>–Να διατυπώνει με σύμβολα και με λόγια το νόμο της παγκόσμιας έλξης και την προσεγγιστική του μορφή κοντά στη γη.  <b>S4.2</b>–Χρησιμοποιώντας αυτό το νόμο, να περιγράφει τις (προσεγγιστικά κυκλικές) κινήσεις τεχνητών δορυφόρων, σελήνης και πλανητών.  <b>S4.3</b>–Να γνωρίζει γιατί τα αντικείμενα δεν “ φεύγουν ” από τη γη και γιατί η σελήνη δεν πέφτει στη γη.</p>	<p>–Συνθετικές εργασίες (πχ “ γεωστατικοί δορυφόροι και η χρησιμότητά τους ”).</p>

**Πίνακας 2.** Οι επιμέρους στόχοι και οι προτεινόμενες δραστηριότητες από περιέχονται στο αναλυτικό πρόγραμμα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (1999) δίδονται παρακάτω (συνέχεια).

**2<sup>η</sup> γενική ενότητα: ΜΕΓΕΘΗ ΠΟΥ ΔΙΑΤΗΡΟΥΝΤΑΙ**

<b>ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ</b>	<b>ΣΤΟΧΟΙ</b>	<b>ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b>
<p><b>2.1 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΟΡΜΗΣ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Εσωτερικές και εσωτερικές δυνάμεις σε ένα σύστημα</li> <li>▪ Διατήρηση ορμής σε κλειστά συστήματα δύο σωμάτων σε μία διάσταση.</li> </ul> <p>(5 ώρες)</p>	<p><b>S5.</b> Ο μαθητής να μπορεί :</p> <p><b>S5.1</b>–Να διακρίνει τις εσωτερικές από τις εξωτερικές δυνάμεις σε ένα σύστημα σωμάτων.</p> <p><b>S5. 2</b>–Να γνωρίζει την ορμή ως μια διατηρήσιμη ποσότητα σε κλειστά συστήματα .</p> <p><b>S5.3</b>– Να συνδυάζει το επιστημονικό ενδιαφέρον για την ορμή με τη διατήρησή της, και να τη διακρίνει από άλλες ποσότητες (πχ άθροισμα ταχυτήτων) που δε διατηρούνται.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Πείραμα με καροτσάκια σε μία διάσταση (έκρηξη).</li> <li>–Πείραμα επίδειξης με μπαλόνι.</li> </ul>
<p><b>2.2 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Στην ελεύθερη πτώση υπάρχει μια ποσότητα που διατηρείται (Μηχανική ενέργεια ως άθροισμα δύο όρων ).</li> <li>▪ Έργο βάρους και μεταβολή κινητικής ενέργειας.</li> <li>▪ Δυναμική ενέργεια σώματος-γης.</li> <li>▪ Έργο δύναμης και ισχύς.</li> <li>▪ Μονάδες έργου και ισχύος.</li> <li>▪ Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή.</li> <li>▪ Η τριβή δε διατηρεί τη μηχανική ενέργεια.</li> </ul> <p>(10 ώρες)</p>	<p><b>S6.</b> Ο μαθητής να μπορεί :</p> <p><b>S6. 1</b>–Να αναγνωρίζει τη μηχανική ενέργεια ως μια διατηρήσιμη ποσότητα και να διακρίνει το κινητικό από το δυναμικό όρο.</p> <p><b>S6. 2</b>–Να συνδυάζει το επιστημονικό ενδιαφέρον για τη μηχανική ενέργεια με τη διατήρησή της, και να τη διακρίνει από τις άλλες ποσότητες που δεν διατηρούνται.</p> <p><b>S6. 3</b>–Να περιγράφει ποιοτικά και ποσοτικά τη σχέση έργου και κινητικής ενέργειας.</p> <p><b>S6. 4</b>–Να συγκρίνει τις συνθήκες για τη διατήρηση της ορμής και τη διατήρηση της ενέργειας.</p> <p><b>S6. 5</b>–Να χρησιμοποιεί τις μονάδες έργου, ισχύος.</p> <p><b>S6. 6</b>–Να χρησιμοποιεί τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας ως εναλλακτικό (εύκολο) τρόπον λύσης ορισμένων μηχανικών προβλημάτων, με έμφαση σε φυσικά φαινόμενα καθημερινής ζωής.</p> <p><b>S6.7</b>–Να αποδεικνύει πειραματικά</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Πειράματα με κατακόρυφα ελατήρια.</li> <li>– Πείραμα επίδειξης με αμαξίδιο διατήρησης της μηχανικής ενέργειας.</li> </ul>

	και φορμαλιστικά ότι η μηχανική ενέργεια δε διατηρείται όταν υπάρχει τριβή.	
--	---	--

Εισαγωγικό ένθετο. Θερμόμετρο, τρόποι θέρμανσης και γραμμική θερμική διαστολή. Τήξη, πήξη, βρασμός και υγροποίηση ( συμπίκνωση ). Πίεση. Μονάδες θερμοκρασίας και πίεσης.

<p><b>2.3 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Σχέση μοριακής κίνησης με πίεση και θερμοκρασία στα (ιδανικά ) αέρια.</li> <li>▪ Εσωτερική ενέργεια στα (ιδανικά ) αέρια.</li> <li>▪ Θερμότητα και διατήρηση ολικής ενέργειας.</li> <li>▪ Κατάσταση θερμικής ισορροπίας.</li> <li>▪ Μετατροπές ενέργειας και ποιοτική γνωριμία με τις μηχανές.</li> <li>▪ Υποβάθμιση ενέργειας.</li> </ul> <p>[Φαιν.:Εσωτερική ενέργεια και καιρός ] [Ιστ.: Το αεικίνητο]. [Τεχν.: Ποιοτική περιγραφή της λειτουργίας της μηχανής του αυτοκινήτου].</p> <p>( 6 ώρες )</p>	<p><b>S7.</b> Ο μαθητής να μπορεί :</p> <p><b>S7.1</b>–Να συνδέει ποιοτικά τη μοριακή κίνηση με την πίεση και τη θερμοκρασία.</p> <p><b>S7. 2</b>–Να διακρίνει την εσωτερική ενέργεια από τη θερμότητα και να διατυπώνει το νόμο διατήρησης της ολικής ενέργειας.</p> <p><b>S7. 3</b>–Να διακρίνει ότι, κατά τις ενεργειακές μετατροπές, ένα μέρος της ενέργειας αποβάλλεται πάντοτε στο περιβάλλον ως θερμότητα.</p> <p><b>S7. 4</b>–Να διακρίνει ότι έργο και θερμότητα αποτελούν δύο τρόπους ανταλλαγής ενέργειας.</p> <p><b>S7. 5</b>–Να προσδιορίζει ποιοτικά τι σημαίνει ισχύς και τι απόδοση σε συνήθειες μηχανές (αυτοκινήτου κτλ ).</p> <p><b>S7. 6</b>–Να αναφέρει φαινόμενα υποβάθμισης της ενέργειας.</p>	<p>–Μηχανικό πείραμα Joule.</p> <p>–Μηχανικό ανάλογο με μπαλάκι πινγκ-πονγκ.</p> <p>–Πείραμα θερμικής ισορροπίας δύο υγρών σε επαφή μέσω μεταλλικών ελασμάτων.</p>
--	---	--

**Τρόπος εξέτασης:** Το μάθημα εξετάζεται σε τέσσερα θέματα εκ των οποίων τα δύο αντιστοιχούν σε θεωρία και τα άλλα δύο σε ασκήσεις. Τα θέματα της θεωρίας διατυπώνονται με διαφορετικούς τρόπους (format), όπως πολλαπλής επιλογής, σωστού/λάθους, ερωτήσεις αντιστοίχισης και ερωτήσεις συμπληρωσης (βλέπε παρακάτω).

## 2. Συλλογή πρωτογενούς υλικού για τα «λάθη» των μαθητών

Στη δεύτερη φάση συλλογής πρωτογενούς υλικού, πραγματοποιήθηκε η συλλογή γραπτών μαθητών Α΄ τάξης Λυκείου από 30 Λύκεια της χώρας. Η επιλογή του δείγματος έγινε με βάση το μαθητικό πληθυσμό της Α΄ τάξης Λυκείου ανά Δήμο της χώρας κατά το σχολικό έτος 2003-2004. Ειδικά για την Αττική, κατά μικρή παρέκκλιση όσον αφορά στο προηγούμενο κριτήριο, επελέγη τουλάχιστον ένα σχολείο ανά εκπαιδευτική περιφέρεια και προτιμήθηκαν σχολεία με τους μεγαλύτερους πληθυσμούς. Το συνολικό δείγμα για την Φυσική Α λυκείου ανήλθε σε 932 περιπτώσεις. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε 1,21% του μαθητικού πληθυσμού (77099 μαθητές το 2003-04).

## 3. Αποτύπωση λαθών

Για την **Φυσική** της Α΄ Λυκείου η βάση δεδομένων σχεδιάστηκε λαμβάνοντας υπόψη το αναλυτικό πρόγραμμα, το σχολικό εγχειρίδιο και τα εξεταζόμενα θέματα. Στην Φυσική του Λυκείου, εξετάζονται θέματα θεωρίας και προβλήματα. Η αναλογία των θεμάτων είναι δύο θέματα θεωρίας και 2 θέματα προβλημάτων. Θεωρία λαμβάνονται τα θέματα που απαιτούν απλή ανάκληση και διατύπωση ορισμών, νόμων ή απλή κατανόηση διαγραμμάτων.

Με βάση τις οδηγίες του ΠΙ τα θέματα της θεωρία δίδονται σε τέσσερες διαφορετικούς τύπους (Format):

- 1) Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής,
- 2) Ερωτήσεις αντιστοίχισης,
- 3) Ερωτήσεις συμπήρωσης, και
- 4) Ερωτήσεις Σωστού/ Λάθους.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών του ΥΠΕΠΘ/ΠΙ (1999) σε κάθε διδακτική ενότητα περιγράφονται τα βασικά στοιχεία του περιεχομένου και ορίζονται συγκεκριμένοι μαθησιακοί στόχοι για το μαθητή. Για παράδειγμα, “να είναι σε θέση ο μαθητής να αποδίδει γραφικά τα μεγέθη θέση, ταχύτητα και επιτάχυνση στην ομοιόμορφα μεταβαλλόμενη κίνηση” ή “να χρησιμοποιεί ευχέρεια τις μονάδες” (ΥΠΕΠΘ/ΠΙ 1999, σελ. 45). Στο τμήμα της θεωρίας οι μεταβλητές της βάσης των λαθών ορίστηκαν με βάση κάθε διδακτική ενότητα και με τρόπο που



κάθε μεταβλητή να αντιστοιχεί σε ένα φαινόμενο. ή νόμο. Για παράδειγμα “Μεταβαλλόμενη κίνηση”, “Διατήρηση ορμής” ή «Νόμοι του Νεύτωνα». Κάθε μεταβλητή παίρνει τιμές (κατηγορική κλίμακα) που κωδικοποιούν συγκεκριμένα λάθη / ελλείψεις κατανόησης ή παρανόησης σε κάποιο φυσικό μέγεθος ή νόμο. Η κωδικοποίηση των λαθών έγινε με τρόπο που υποδηλώνει την επίτευξη ή μη των μαθησιακών στόχων. Για παράδειγμα η κατηγορία “γραφική παράσταση της ταχύτητας συναστήσει του χρόνου” αναφέρεται σε λάθος που αντιστοιχεί είτε στην αδυναμία απόδοσης της εν λόγω γραφικής παράστασης, είτε σε αδυναμία κατανόησης ή ερμηνείας της. Η κωδικοποίηση που έγινε στηρίχθηκε επίσης και σε σύγχρονες έρευνες διδακτικής των φυσικών επιστημών που καταγράφουν τις δυσκολίες κατανόησης, τις αντιλήψεις, αναπαραστάσεις ή παρανοήσεις των μαθητών. Για την θεωρία η βάση περιλαμβάνει 15 μεταβλητές..

**Πίνακας 3.** Μεταβλητές για το θεωρητικό μέρος.

Μεταβλητές (θεωρητικό μέρος)		Έγκυρα	Συχνότητα %	Άκυρα*
1	ΜΟΝΑΔΕΣ	932	100	0
2	ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ	331	35.5	601
3	ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ	551	59.1	381
4	ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ	752	80.7	180
5	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΕ ΜΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗ	420	45.1	512
6	ΝΟΜΟΙ ΝΕΥΤΩΝΑ	657	70.5	275
7	ΒΑΡΟΣ-ΜΑΖΑ	155	16.6	777
8	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	512	54.9	420
9	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	282	30.3	650
10	ΤΡΙΒΗ	367	39.4	565
11	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΒΟΛΗ	73	7.8	859
12	ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	272	29.2	660
13	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	120	12.9	812
14	ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΟΡΜΗΣ	585	62.8	347
15	ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	602	64.6	330

\*τα Άκυρα αναφέρονται στις περιπτώσεις που δεν ερωτήθηκαν.

**Πίνακας 4.** Κατηγορικές τιμές των μεταβλητών.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ
	ΣΩΣΤΗ ΧΡΗΣΗ
	ΜΕΡΙΚΩΣ ΣΩΣΤΗ ΧΡΗΣΗ

ΜΟΝΑΔΕΣ	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΑ
	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΧΡΗΣΗ
	ΣΥΓΧΥΣΗ ΜΟΝΑΔΕΣ-ΜΕΓΕΘΟΣ
	ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΟΝΟΜΕΤΡΟ- ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ
	ΔΙΑΣΤΗΜΑ-ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΝΟΜΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ
	Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΣΕ ΑΞΟΝΑ
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (ομαλή κίνηση)
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (μεταβαλλόμενη)
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΜΕ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ (μεταβαλλόμενη)
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΙΝΗΣΗ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ-ΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΗΣ
	ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΣΥΓΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ
ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΕ ΜΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗ	ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ
	ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ-ΑΝΥΣΜΑΤΩΝ
	ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ F/t
	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ-ΦΟΡΑ F/u (ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ)
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΕΝΝΟΙΑ ΣF=0
	ΕΝΝΟΙΑ ΣF=ma :ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ
ΝΟΜΟΙ ΝΕΥΤΩΝΑ	ΔΡΑΣΗ-ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ
	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΟΜΩΝ ΝΕΥΤΩΝΑ
	ΑΔΡΑΝΕΙΑ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
ΒΑΡΟΣ-ΜΑΖΑ	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ

	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΠΤΩΣΗ ΣΕ ΚΕΝΟ-ΝΕΥΤΩΝΑΣ
	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ-ΕΡΜΗΝΕΙΑ
	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ-ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΕ ΣΩΜΑ
	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ
ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΑΠΟ ΕΠΑΦΗ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΑΣΗ
	ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ
	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ
	ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΤΡΙΒΗ ΩΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΚΙΝΗΣΗ
	$T = \mu N$
ΤΡΙΒΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ $\mu$
	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΡΙΒΗ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΕΞΙΣΩΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ-ΑΡΧΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑΣ ΚΙΝΗΣΕΩΝ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΒΟΛΗ	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ $v, \alpha$
	ΣΧΕΣΗ $v(\kappa), \alpha(\kappa)$
ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	ΣΥΓΧΥΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ-
	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ $u, R, T$
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	Total
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΝΟΜΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΗΣ
	ΙΔΕΑ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

ΒΑΡΥΤΗΤΑ	g(h) ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ-ΜΕΤΡΟ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΜΟΝΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
	ΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΜΗΣ
ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΟΡΜΗΣ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ-ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΟΡΜΗΣ
	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Α.Δ.Ο.
	ΜΕΤΑΒΟΛΗ $E_{κιν}$ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΡΟΥΣΗ
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
	ΕΡΜΗΝΕΙΑ +W, -W, ΜΗΔΕΝΙΚΟ W - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
	ΣΧΕΣΗ W-ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΔΙΑΚΡΙΣΗ $E_{δυν}$ , $E_{κιν}$
	ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
	ΑΔΜΕ
	ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΩΝ-ΜΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ
	ΟΡΜΗ & ΜΗ ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ
	ΣΧΕΣΗ $E_{κιν}/u$
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ

### Οι μεταβλητές των προβλημάτων

Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές μεταβλητές για τα θέματα της θεωρίας και άλλες μεταβλητές για τα θέματα των προβλημάτων. Τα θέματα που αντιστοιχούν σε προβλήματα, απαιτούν ανάκληση κάποιων φυσικών νόμων ή μαθηματικών τύπων, ακολούθως αλγεβρική επίλυση των εξισώσεων ως προς το άγνωστο φυσικό μέγεθος και αριθμητική αντικατάσταση για την τελική εξαγωγή του αποτελέσματος. Για τα προβλήματα, η κάθε μεταβλητή χαρακτηρίστηκε από το συγκεκριμένο φυσικό μέγεθος που πρέπει να υπολογισθεί, αλλά και στο φαινόμενο που αναφέρεται το εκάστοτε πρόβλημα. Για παράδειγμα, μία μεταβλητή για τον υπολογισμό της ταχύτητας στην επιταχυνόμενη κίνηση, άλλη μεταβλητή για τον υπολογισμό της ταχύτητας στην ομαλή κίνηση, και άλλη μεταβλητή για τον υπολογισμό της ταχύτητας στην κρούση.

Η κάθε μεταβλητή (ενός προβλήματος) μετράται ποσοτικά σε μια 6-βαθμια κλίμακα:

- 0-Δεν απαντά,
- 1-λάθος επιλογή τύπου,
- 2-λάθος αρχική επιλογή τύπου αλλά σωστή περαιτέρω διαδικασία,
- 3- Σωστή επιλογή τύπου,
- 4- Σωστή επιλογή τύπου και σωστή επίλυση (χωρίς αριθμητικό αποτέλεσμα),
- 5- Σωστή επιλογή τύπου, σωστή επίλυση με σωστό αριθμητικό αποτέλεσμα.

Μία μεταβλητή καταγράφει τυχόν πρωτότυπες λύσεις που μπορεί να ακολουθήσει ένας μαθητής. Για τα προβλήματα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 45 μεταβλητές.

Ειδικές μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν για τον τρόπο με το οποίον οι μαθητές διαχειρίζονται τα σχήματα (σχεδίαση των δυνάμεων ή των ανυσμάτων των ταχυτήτων) που περιγράφουν το φαινόμενο του προβλήματος. Οι μεταβλητές αυτές είναι διπλές: Το ένα σκέλος αξιολογεί είναι ποσοτικά τα σχήματα σε μια 5-βάθμια κλίμακα:

- 0- Δεν απαντά,
- 1- λάθος και ελλιπές,
- 2- λάθος αλλά (σχετικά) πλήρες,
- 3- σωστό και ελλιπές,
- 4- σωστό και πλήρες,

Το άλλο σκέλος αξιολογεί ποιοτικά καταγράφοντας το είδος των λαθών (κλίμακα σχεδίου, παράληψη διανυσμάτων, λάθος σημείο εφαρμογής κλπ).

### Πίνακας 5. Κατηγορίες Λαθών στον σχεδιασμό δυνάμεων και ανυσμάτων.

ΕΙΔΟΣ ΛΑΘΩΝ	
<i>ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ</i>	<i>ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΥΣΜΑΤΩΝ</i>
ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΕ ΑΞΟΝΕΣ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ
ΜΕΤΡΟ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ	ΣΗΜΕΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΙΔΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΣΩΣΤΑ ΜΕΤΡΑ
ΜΕΤΡΟ, ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ, ΦΟΡΑ	ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΔΙΟΥ
ΖΕΥΓΗ ΑΝΤΙΘΕΤΩΝ ΙΣΑ	ΣΗΜΕΙΟ & ΚΛΙΜΑΚΑ
ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΔΙΟΥ	ΛΕΙΠΟΥΝ ΑΝΥΣΜΑΤΑ
ΣΗΜΕΙΟ & ΚΛΙΜΑΚΑ	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΙΚΕ
ΛΕΙΠΟΥΝ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ
ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	
ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	
ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	
ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	

## 5. Πίνακες αποτελεσμάτων Θεωρίας

### Πίνακας 6

ΜΟΝΑΔΕΣ		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΣΩΣΤΗ ΧΡΗΣΗ	222	23.8	23.8	23.8
	ΜΕΡΙΚΩΣ ΣΩΣΤΗ ΧΡΗΣΗ	68	7.3	7.3	31.1
	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΑ	266	28.5	28.5	59.7
	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΧΡΗΣΗ	209	22.4	22.4	82.1
	ΣΥΓΧΥΣΗ ΜΟΝΑΔΕΣ-ΜΕΓΕΘΟΣ	33	3.5	3.5	85.6
	ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΟΝΟΜΕΤΡΟ-ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ	5	0.5	0.5	86.2
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	23	2.5	2.5	88.6

	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	106	11.4	11.4	100
	Σύνολο	932	100	100	

ΜΟΝΑΔΕΣ: Η χρήση των μονάδων θεωρείται απαραίτητη στην Φυσική. Τα δεδομένα της έρευνας έδειξαν ότι 13.9% των μαθητών του δείγματος δεν απάντησαν σχετικά θέματα ή έχουν ελλιπή γνώση σε θέματα μονάδων. Μόνο το 31.1 % των περιπτώσεων που εξετάστηκαν κάνει σωστή ή μερικώς σωστή χρήση των μονάδων. Το 28.5% δεν χρησιμοποιεί τις μονάδες συστηματικά και το 22.4% κάνει ανεπαρκή χρήση των μονάδων. Ένα μικρό ποσοστό (3.5%) συγχέει το μέγεθος με τις μονάδες.

### Πίνακας 7

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ	90	9.7	68.7	68.7
	ΔΙΑΣΤΗΜΑ-ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ	18	1.9	13.7	82.4
	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΝΟΜΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ	14	1.5	10.7	93.1
	Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	5	0.5	3.8	96.9
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	4	0.43	3.05	100
	Total	131	14.1	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	200	21.5		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	601	64.5		
	Σύνολο	801	85.9		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ: Από το μικρό ποσοστό των ερωτήσεων που αφορούν την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, τα λάθη σχετίζονται κυρίως με τον ορισμό (68.7%) της ομαλής κίνησης και την αναλογική σχέση του διαστήματος με τον χρόνο (13.7%).

### Πίνακας 8

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΣΕ ΑΞΟΝΑ	3	0.3	0.7	0.7
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (ομαλή κίνηση)	53	5.7	11.6	12.3
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (μεταβαλλόμενη)	113	12.1	24.8	37.1
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΜΕ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ	15	1.6	3.3	40.4
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ (μεταβαλλόμενη)	14	1.5	3.1	43.5
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΙΝΗΣΗ	112	12.0	24.6	68.1
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	92	9.9	20.2	88.4
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	53	5.7	11.6	100

	Total	455	48.8	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	297	31.9		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	180	19.3		
	Σύνολο	477	51.2		
Γενικό Σύνολο		932	100		

**ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ:** Μεγάλες αδυναμίες παρατηρούνται στην κατανόηση γραφικών παραστάσεων που δείχνουν την μεταβολή φυσικών μεγεθών με τον χρόνο. Σε μεγαλύτερο ποσοστό (24.8%) παρατηρούνται λάθη στην ανάγνωση και κατανόηση διαγραμμάτων της ταχύτητας στην μεταβαλλόμενη κίνηση, ενώ εξίσου μεγάλο ποσοστό (24.6%) λαθών παρατηρούνται στην κατανόηση διαγραμμάτων σύνθετης κίνησης, όπου δηλαδή το κινητό κάνει διαδοχικά ομαλή και μεταβαλλόμενη κίνηση ή σταματά ενδιάμεσως.

### Πίνακας 9

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΕ ΜΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ-ΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΗΣ	3	0.3	1.2	1.2
	ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΣΥΓΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ	22	2.4	9.0	10.2
	ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	12	1.3	4.9	15.1
	ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ-ΑΝΥΣΜΑΤΩΝ	25	2.7	10.2	25.3
	ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ F/t	67	7.2	27.3	52.7
	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ-ΦΟΡΑ F/u (ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ)	9	1.0	3.7	56.3
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	81	8.7	33.1	89.4
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	26	2.8	10.6	100
	Total	245	26.3	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	175	18.8		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	512	54.9		
	Σύνολο	687	73.7		
Γενικό Σύνολο		932	100		

**ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΕ ΜΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗ:** Σε ποσοστό 33.1% εμφανίζεται ελλιπής γνώση στα θέματα δυναμικής, ενώ συνολικά με το ποσοστό που δεν απαντά στα αντίστοιχα ερωτήματα ανέρχεται σε 43.7%. Λάθη (27.3%) εμφανίζονται στην κατανόηση γραφημάτων της δύναμης σε συνάρτηση με τον χρόνο, ενώ ένα μικρό ποσοστό (10.2%) παρουσιάζει δυσκολίες στην πρόσθεση δυνάμεων.

**Πίνακας 10**

ΝΟΜΟΙ ΝΕΥΤΩΝΑ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΕΝΝΟΙΑ ΣF=0	49	5.3	14.9	14.9
	ΕΝΝΟΙΑ ΣF=ma :ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ	55	5.9	16.8	31.7
	ΔΡΑΣΗ-ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ	55	5.9	16.8	48.5
	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΟΜΩΝ ΝΕΥΤΩΝΑ	46	4.9	14.0	62.5
	ΑΔΡΑΝΕΙΑ	45	4.8	13.7	76.2
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	61	6.5	18.6	94.8
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	17	1.8	5.2	100
	Total	328	35.2	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	329	35.3		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	275	29.5		
	Σύνολο	604	64.8		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΝΟΜΟΙ ΝΕΥΤΩΝΑ: Τα λάθη που αφορούν τους νόμους του Νεύτωνα απαντώνται σχεδόν σε ίσια ποσοστά σε όλες τις κατηγορίες. Το 18.6% έχει ελλιπή γνώση της σχετικής ύλης, ενώ το 5.2% δεν απαντά σε σχετικά θέματα. Το 31.7% δεν γνωρίζει το 1<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα και το 16.8% δεν γνωρίζει τον νόμο δράσης – αντίδρασης. Σε ποσοστό 13.7% δεν γνωρίζει τον δρόμο της αδράνειας, ενώ το 14.3% δεν απαντά σε ερωτήσεις που αντιστοιχούν σε εφαρμογές των νόμων του Νεύτωνα.

**Πίνακας 11.**

ΒΑΡΟΣ-ΜΑΖΑ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ	28	3.0	73.7	73.7
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	5	0.5	13.2	86.8
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	5	0.5	13.2	100
	Total	38	4.1	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	117	12.6		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	777	83.4		
	Σύνολο	894	95.9		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΒΑΡΟΣ-ΜΑΖΑ: Το 73.7% των λαθών γίνεται σε ερωτήσεις που σχετίζονται με την έννοια του βάρους. Το 13.2 % των λανθασμένων απαντήσεων δείχνει ελλιπή γνώση στο θέμα, ενώ σε ίδιο ποσοστό οι μαθητές δεν απαντούν.



**Πίνακας 12.**

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΠΤΩΣΗ ΣΕ ΚΕΝΟ-ΝΕΥΤΩΝΑΣ	30	3.2	15.5	15.5
	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ	65	7.0	33.5	49.0
	ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ-ΕΡΜΗΝΕΙΑ	34	3.6	17.5	66.5
	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ-ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ	9	1.0	4.6	71.1
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	30	3.2	15.5	86.6
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	26	2.8	13.4	100
	Total	194	20.8	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	318	34.1		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	420	45.1		
	Σύνολο	738	79.2		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ: Το ένα τρίτο των λαθών (33.5%) σχετίζεται με την επιτάχυνση της βαρύτητας, ενώ το 17.5% δεν γνωρίζουν το τις εξισώσεις της ελεύθερης πτώσης. Το 15.5 % απαντά λανθασμένα σε ερωτήσεις που αναφέρονται σε πτώση στο κενό, ένα ποσοστό 15.5 % επίσης έχει ελλιπή γνώση, ενώ το 13.4% δεν απαντά σε σχετικά θέματα. Ένα μικρό ποσοστό (4.6%) δεν γνωρίζει την μετατροπή της ενέργειας (δυναμική σε κινητική).

**Πίνακας 13. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ:** Το 30.1% έχει ελλιπείς γνώσεις στο θέμα αυτό, ενώ το 21% δεν απαντά. Το 21.0% κάνει λάθη στον σχεδιασμό δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα. Σε μικρότερα ποσοστά (κάτω του 10%), παρατηρούνται λάθη που αναφέρονται σε ισορροπία δυνάμεων, σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων.

**Πίνακας 14.**

ΤΡΙΒΗ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΤΡΙΒΗ ΩΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΚΙΝΗΣΗ	10	1.1	5.1	5.1
	$T=\mu N$	80	8.6	41.0	46.2
	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ $\mu$	8	0.9	4.1	50.3
	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΡΙΒΗ	19	2.0	9.7	60.0
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	41	4.4	21.0	81.0
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	37	4.0	19.0	100

	Total	195	20.9	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	172	18.5		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	565	60.6		
	Σύνολο	737	79.1		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΤΡΙΒΗ: Το 40% δεν απαντά (19%) ή έχει ελλιπή γνώση (21%) για το θέμα της τριβής. Το 41% δεν γνωρίζει την εξίσωση της τριβής και το 9.7 % δεν γνωρίζει τους παράγοντες που επηρεάζουν την τριβή. 4.1% κάνει λάθη στον υπολογισμό του συντελεστή τριβής και το 5.1% δεν κατανοούν την τριβή ως αντίσταση στην κίνηση.

### Πίνακας 15.

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΒΟΛΗ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Valid	ΕΞΙΣΩΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ-ΑΡΧΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑΣ ΚΙΝΗΣΕΩΝ	10	1.1	41.7	41.7
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	14	1.5	58.3	100
	Total	24	2.6	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	49	5.3		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	859	92.2		
	Σύνολο	908	97.4		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΒΟΛΗ: Το 58.3% έχει ελλιπή γνώση στο θέμα της οριζόντιας βολής. Το 41.7% κάνει λάθη στις εξισώσεις της κίνησης ή/ και δεν γνωρίζει την αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων.

### Πίνακας 16

ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ $v, a$	15	1.6	9.3	9.3
	ΣΧΕΣΗ $v(\kappa), a(\kappa)$	54	5.8	33.5	42.9
	ΣΥΓΧΥΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ-	19	2.0	11.8	54.7
	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ $u, R, T$	23	2.5	14.3	68.9
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	37	4.0	23.0	91.9
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	13	1.4	8.1	100
	Total	161	17.3	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	111	11.9		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	660	70.8		

	Σύνολο	771	82.7		
	Γενικό Σύνολο	932	100		

**ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ:** Το 33.5 % των λαθών αναφέρονται στην σχέση γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας, ενώ σε ποσοστό 23.0% εμφανίζεται ελλιπής γνώση. Επίσης εμφανίζονται λάθη (9.3%) στον διανυσματικό χαρακτήρα των μεγεθών της γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας και σε ποσοστό 11.8% σύγχυση μονάδων –μεγεθών. Ένα μικρό ποσοστό 8.1% δεν απαντά σε θέματα κυκλικής κίνησης.

### Πίνακας 17.

ΒΑΡΥΤΗΤΑ		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΝΟΜΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΗΣ	18	1.9	28.1	28.1
	ΙΔΕΑ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	2	0.2	3.1	31.3
	g(h) ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ-ΜΕΤΡΟ	32	3.4	50.0	81.3
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	6	0.6	9.4	90.6
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	6	0.6	9.4	100
	Total	64	6.9	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	56	6.0		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	812	87.1		
	Σύνολο	868	93.1		
	Γενικό Σύνολο	932	100		

**ΒΑΡΥΤΗΤΑ:** Το 50% των λαθών σχετίζεται με τον καθορισμό των διανυσματικών χαρακτηριστικών της επιτάχυνσης της βαρύτητας, ενώ το 28.1% με τον νόμο της παγκόσμιας έλξης. Σε ποσοστό 9.4% εμφανίζεται ελλιπής γνώση, ενώ κατά το ίδιο ποσοστό οι μαθητές δεν απαντούν στα σχετικά θέματα.

### Πίνακας 18.

ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΟΡΜΗΣ		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΜΟΝΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	15	1.6	5.0	5.0
	ΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΜΗΣ	47	5.0	15.8	20.8
	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ-ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΟΡΜΗΣ	56	6.0	18.8	39.6
	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Α.Δ.Ο.	50	5.4	16.8	56.4
	ΜΕΤΑΒΟΛΗ Εκiv ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΡΟΥΣΗ	23	2.5	7.7	64.1
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	40	4.3	13.4	77.5
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	67	7.2	22.5	100

	Total	298	32.0	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	287	30.8		
	ΔΕ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	347	37.2		
	Σύνολο	634	68.0		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΟΡΜΗΣ: Το 13.4 % των μαθητών έχουν ελλιπή γνώση ενώ το 22.5% δεν απαντούν σε θέματα που σχετίζονται με την διατήρηση της ορμής. Το 16.8% δεν γνωρίζει τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ορμής, ενώ το 18.8% δεν σχετίζει την δύναμη με την μεταβολή της ορμής. Το 15.8 % των λαθών αναφέρονται στον ορισμό της ορμής.

### Πίνακας 19.

ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΕΡΜΗΝΕΙΑ +W, -W, ΜΗΔΕΝΙΚΟ W - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	49	5.3	13.5	13.5
	ΣΧΕΣΗ W-ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	11	1.2	3.0	16.5
	ΔΙΑΚΡΙΣΗ Εδυν, Εκiv	29	3.1	8.0	24.5
	ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	58	6.2	15.9	40.4
	ΑΔΜΕ	76	8.2	20.9	61.3
	ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΩΝ-ΜΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ	47	5.0	12.9	74.2
	ΟΡΜΗ & ΜΗ ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	10	1.1	2.7	76.9
	ΣΧΕΣΗ Εκiv/u	11	1.2	3.0	79.9
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	49	5.3	13.5	93.4
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	24	2.6	6.6	100
	Total	364	39.1	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	238	25.5		
	ΔΕ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	330	35.4		
	Σύνολο	568	60.9		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: Το 13.5 % των μαθητών έχουν ελλιπή γνώση ενώ το 6.6% δεν απαντούν σε θέματα που σχετίζονται με την διατήρηση της μηχανικής ενέργειας. Το 12.9% δεν κάνει διάκριση μεταξύ συντηρητικών και μη συντηρητικών δυνάμεων, ενώ το 20.9% δεν γνωρίζει την αρχή της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας. Το 15.9% δεν γνωρίζει τις μετατροπές στην ενέργεια και το 13.5% δεν γνωρίζει την ερμηνεία του αρνητικού / θετικού έργου.

**Πίνακας 20.**

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ -ΠΟΙΟΤΙΚΑ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικ ό %
Έγκυρα	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	201	21.6	34.8	34.8
	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΕ ΑΞΟΝΕΣ	16	1.7	2.8	37.6
	ΜΕΤΡΟ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ	26	2.8	4.5	42.1
	ΙΔΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	25	2.7	4.3	46.4
	ΜΕΤΡΟ, ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ, ΦΟΡΑ	71	7.6	12.3	58.8
	ΖΕΥΓΗ ΑΝΤΙΘΕΤΩΝ ΙΣΑ	19	2.0	3.3	62.0
	ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΔΙΟΥ	44	4.7	7.6	69.7
	ΣΗΜΕΙΟ & ΚΛΙΜΑΚΑ	28	3.0	4.9	74.5
	ΛΕΙΠΟΥΝ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	137	14.7	23.7	98.3
	ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	3	0.3	0.5	98.8
	ΕΛΛΙΠΗΣ ΓΝΩΣΗ	7	0.8	1.2	100
	Total	577	61.9	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΕ	232	24.9		
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	123	13.2		
	Σύνολο	355	38.1		
Γενικό Σύνολο		932	100		

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ -ΠΟΙΟΤΙΚΑ: Το 34.8 δεν απαντά σε θέματα που απαντούν σχεδιασμό δυνάμεων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των λαθών 23.7%, αντιστοιχεί στην παράλειψη δυνάμεων, ενώ το 12.3% των περιπτώσεων δίδεται λάθος μέτρο, διεύθυνση και το 7.6% αντιστοιχεί σε λάθη κλίμακας του σχεδίου.

**Πίνακας 21.**

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΛΙΜΑΚΑ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικ ό %
Έγκυρα	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	212	22.7	26.2	26.2
	ΛΑΘΟΣ & ΕΛΛΕΙΠΕΣ	126	13.5	15.6	41.8
	ΛΑΘΟΣ ΑΛΛΑ ΠΛΗΡΕΣ	24	2.6	3.0	44.8
	ΣΩΣΤΟ & ΕΛΛΕΙΠΕΣ	226	24.2	28.0	72.8
	ΣΩΣΤΟ & ΠΛΗΡΕΣ	220	23.6	27.2	100
	Total	808	86.7	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	124	13.3		
Σύνολο		932	100		

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΛΙΜΑΚΑ: Μόνο το 27.2% δίδει πλήρη σχεδιασμό δυνάμεων. Το 44.8% αποτυγχάνει να παρουσιάσει αποδεκτό σχεδιασμό δυνάμεων στα διαγράμματα.

**Πίνακας 22.**

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΥΣΜΑΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΑ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕ	243	26.1	52.8	52.8
	ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	12	1.3	2.6	55.4
	ΣΗΜΕΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	67	7.2	14.6	70.0
	ΣΩΣΤΑ ΜΕΤΡΑ	1	0.1	0.2	70.2
	ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΔΙΟΥ	8	0.9	1.7	72.0
	ΣΗΜΕΙΟ & ΚΛΙΜΑΚΑ	30	3.2	6.5	78.5
	ΛΕΙΠΟΥΝ ΑΝΥΣΜΑΤΑ	99	10.6	21.5	100
	Total	460	49.4	100	
	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	446	47.9		
Άκυρα	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΙΚΕ	26	2.8		
	Συνολο	472	50.6		
		932	100		

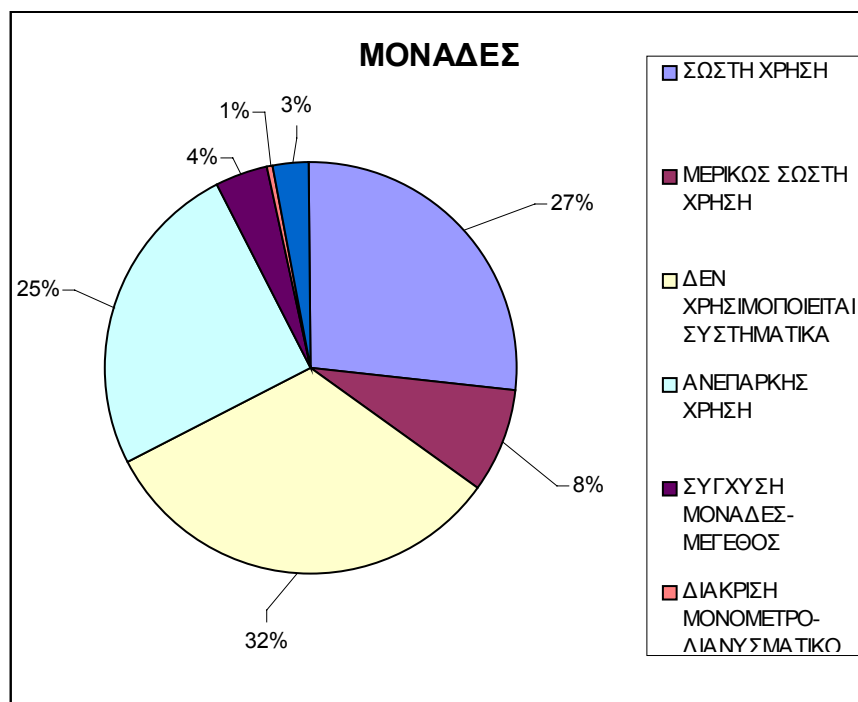
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΥΣΜΑΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΑ: Το 52.8% δεν απαντά σε θέματα που απαντούν σχεδιασμό ανυσμάτων (εκτός δυνάμεων). Το 21.5%, αντιστοιχεί στην παράλειψη δυνάμεων, ενώ στο 14.6% των περιπτώσεων δεν δίδεται σωστό σημείο εφαρμογής.

**Πίνακας 23.**

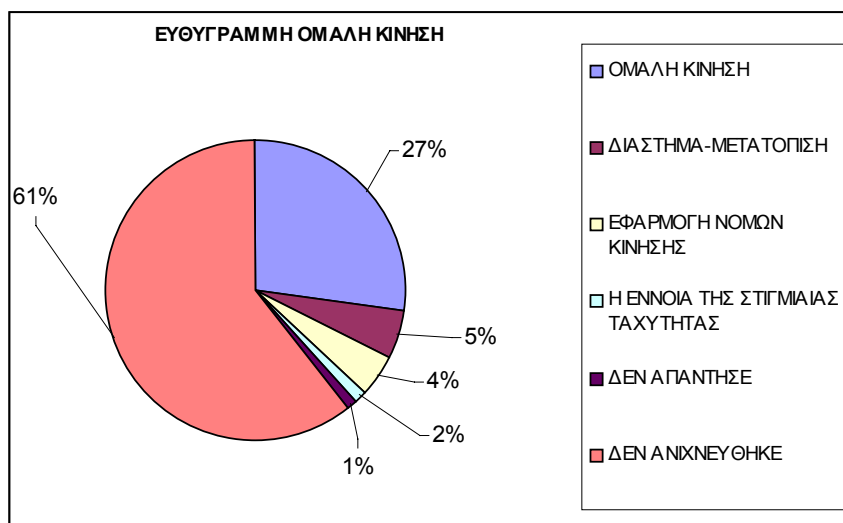
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΥΣΜΑΤΩΝ - ΚΛΙΜΑΚΑ					
		Συχνότητα	%	Έγκυρα %	Αθροιστικό %
Έγκυρα	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	230	24.67811	50.21834	50.21834
	ΛΑΘΟΣ & ΕΛΛΕΙΠΕΣ	106	11.37339	23.1441	73.36245
	ΣΩΣΤΟ & ΕΛΛΕΙΠΕΣ	97	10.40773	21.17904	94.54148
	ΣΩΣΤΟ & ΠΛΗΡΕΣ	25	2.682403	5.458515	100
	Total	458	49.14163	100	
Άκυρα	ΔΕΝ ΡΩΤΗΘΗΚΕ	474	50.85837		
Συνολο		932	100		

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΥΣΜΑΤΩΝ - ΚΛΙΜΑΚΑ: Μόνο το 5.5% δίδει πλήρη σχεδιασμό ανυσμάτων. Το 73.4% αποτυγχάνει να παρουσιάσει αποδεκτό σχεδιασμό ανυσμάτων.

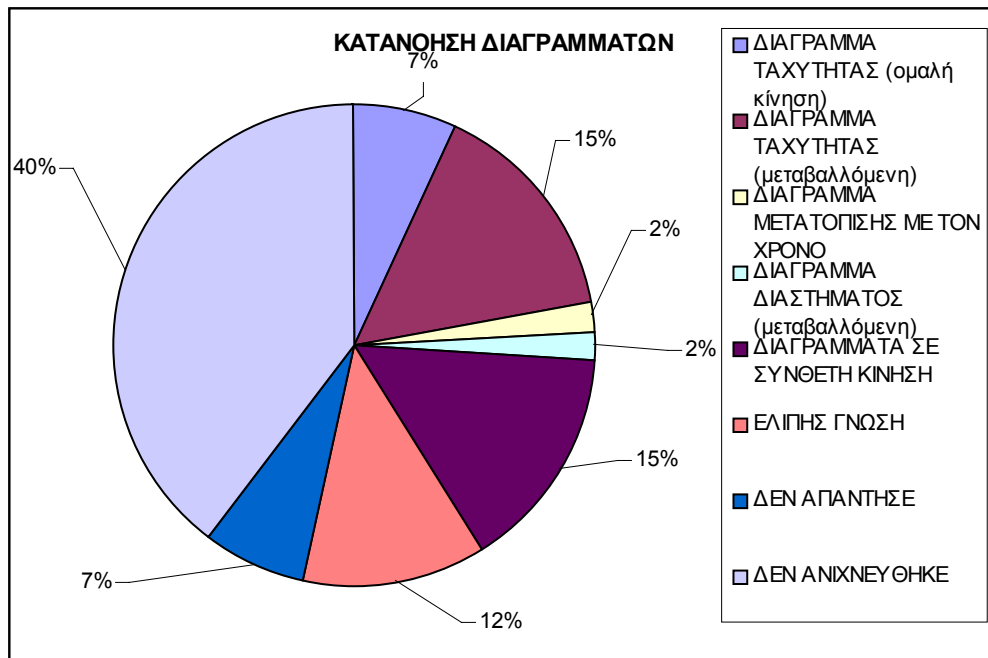
## Γραφήματα : Λάθη στο τμήμα της Θεωρίας



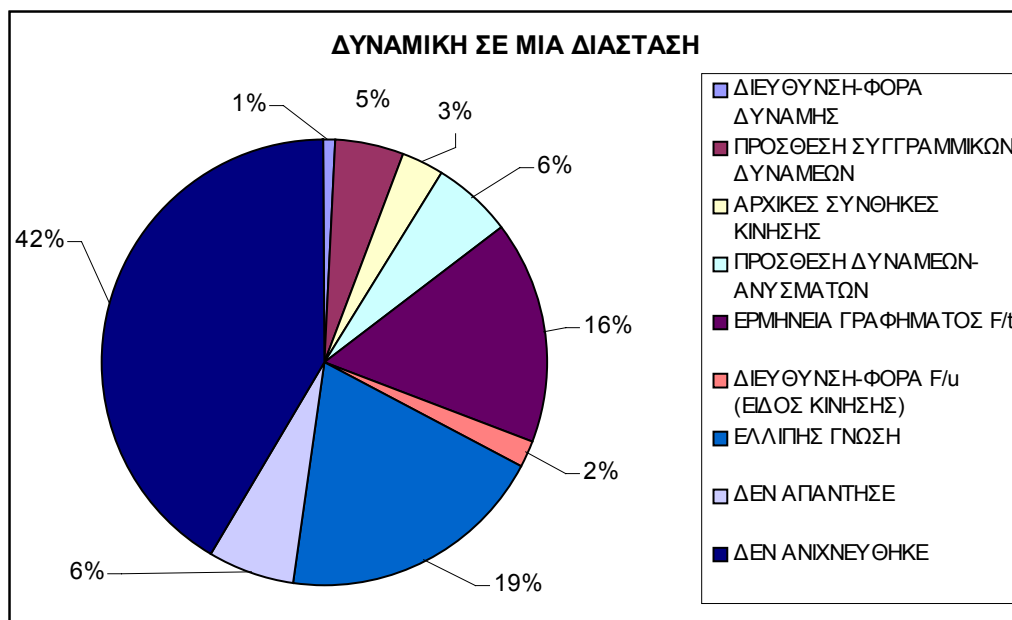
Διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 3.

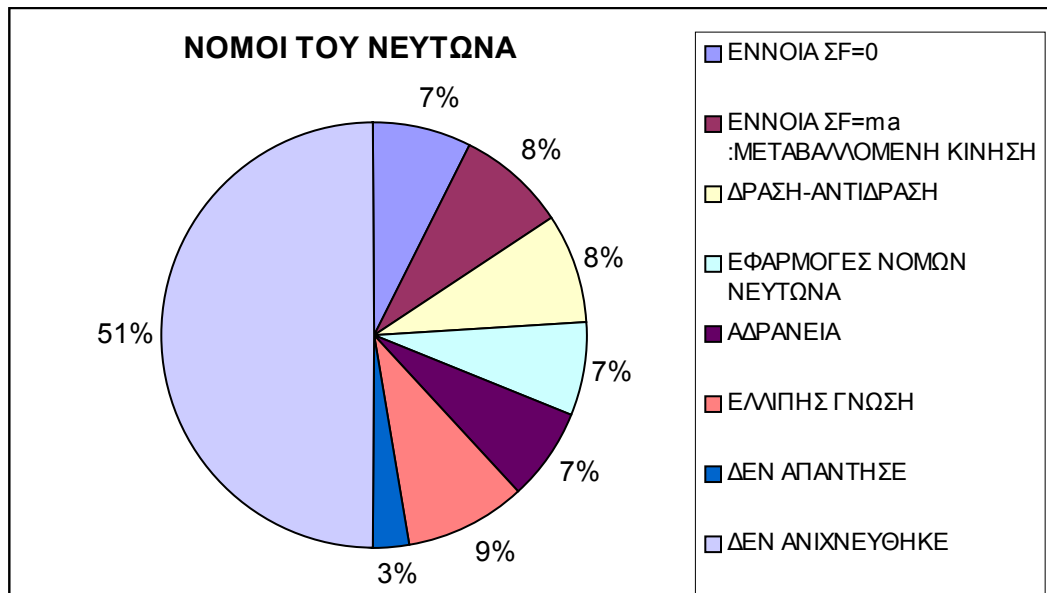


**Διάγραμμα 4.**

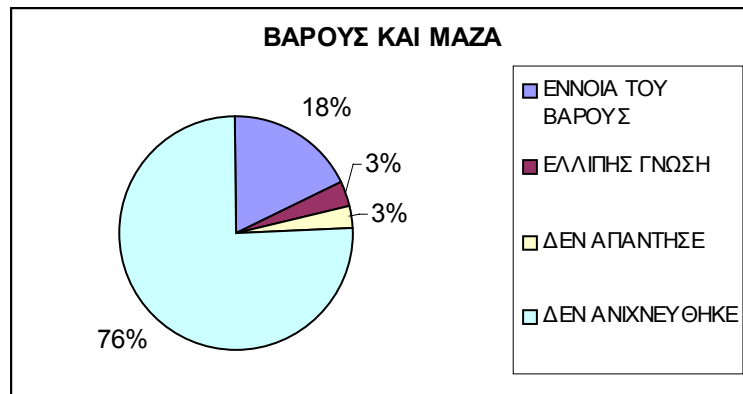


**Διάγραμμα 5.**

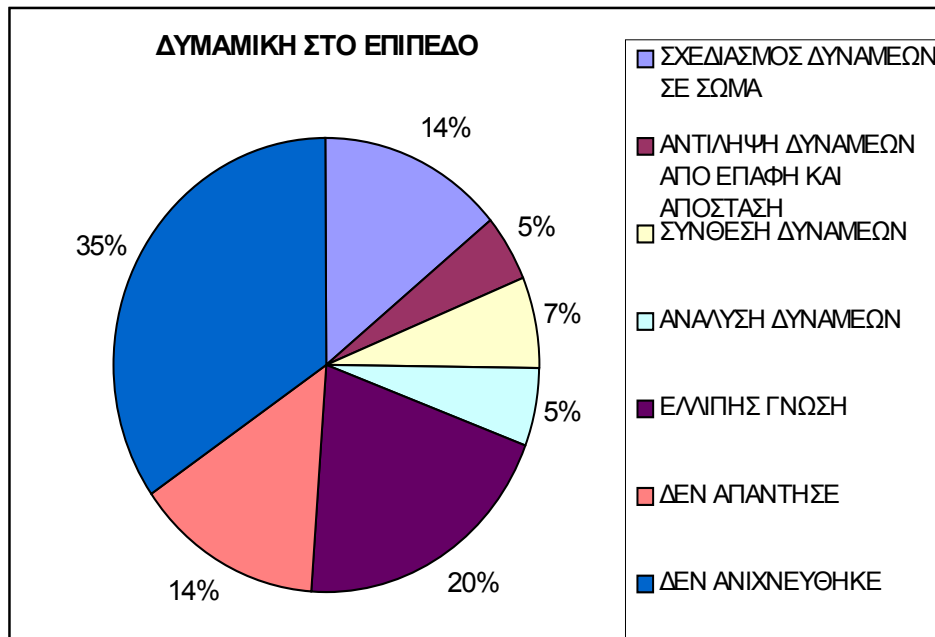




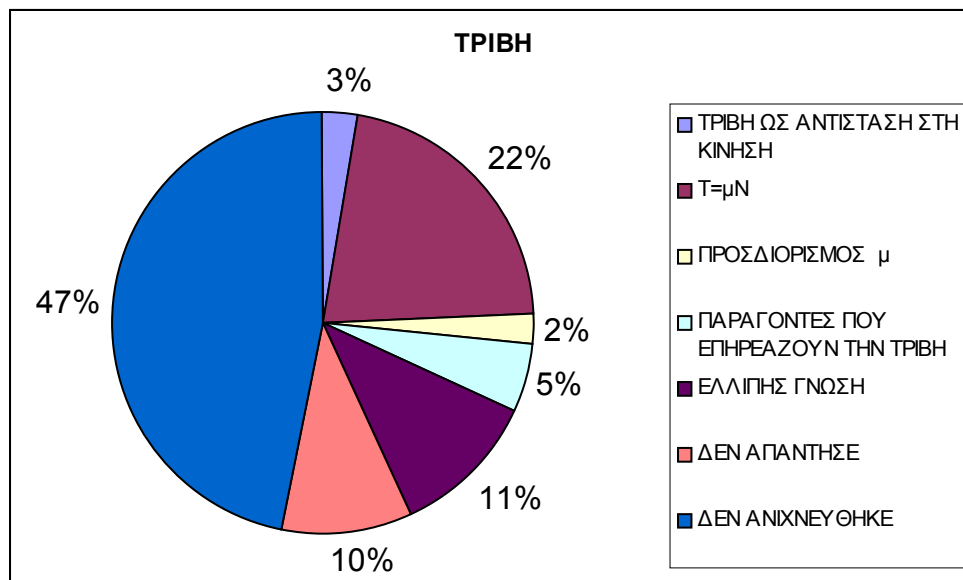
**Διάγραμμα 6.**



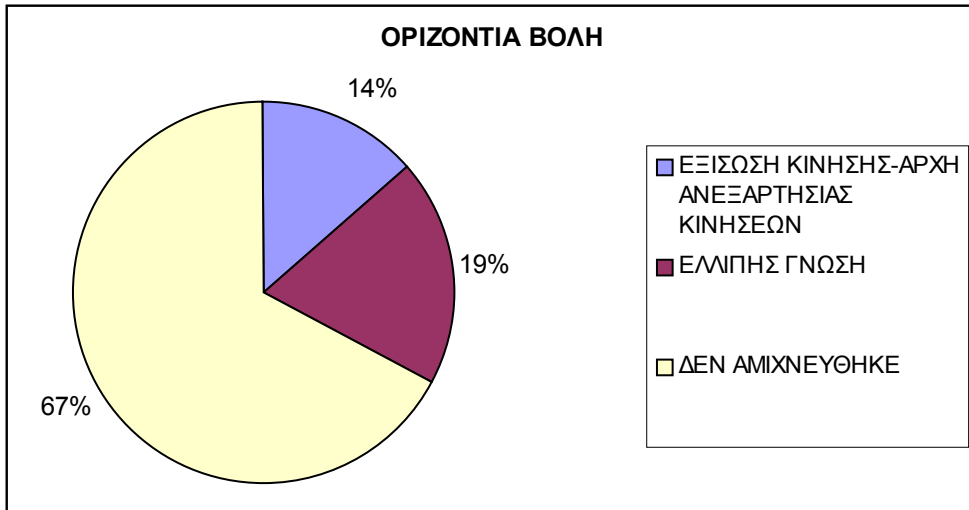
**Διάγραμμα 7.**



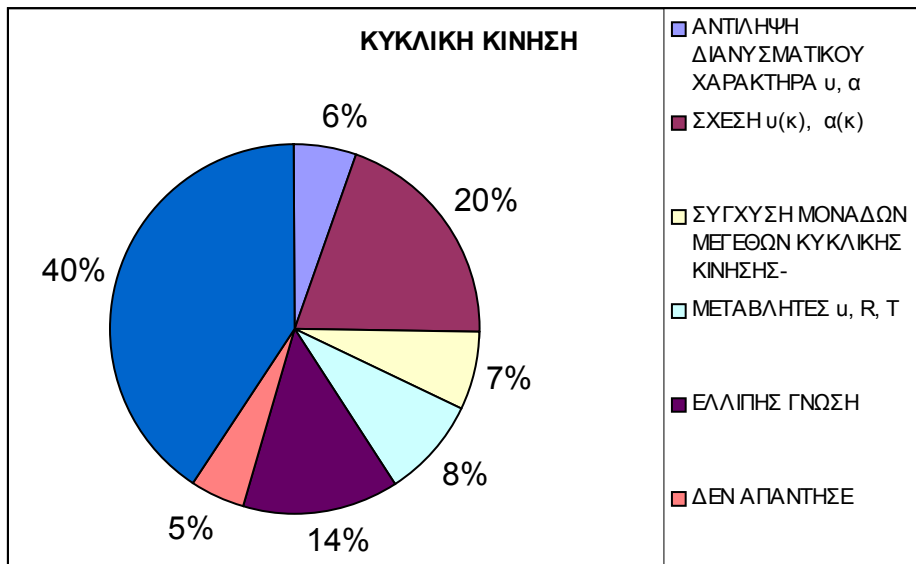
**Διάγραμμα 8.**



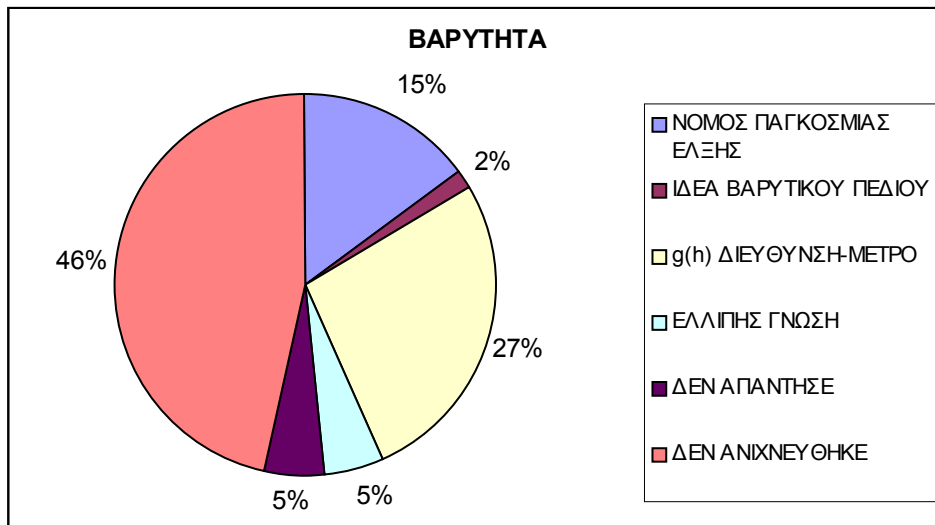
**Διάγραμμα 9.**



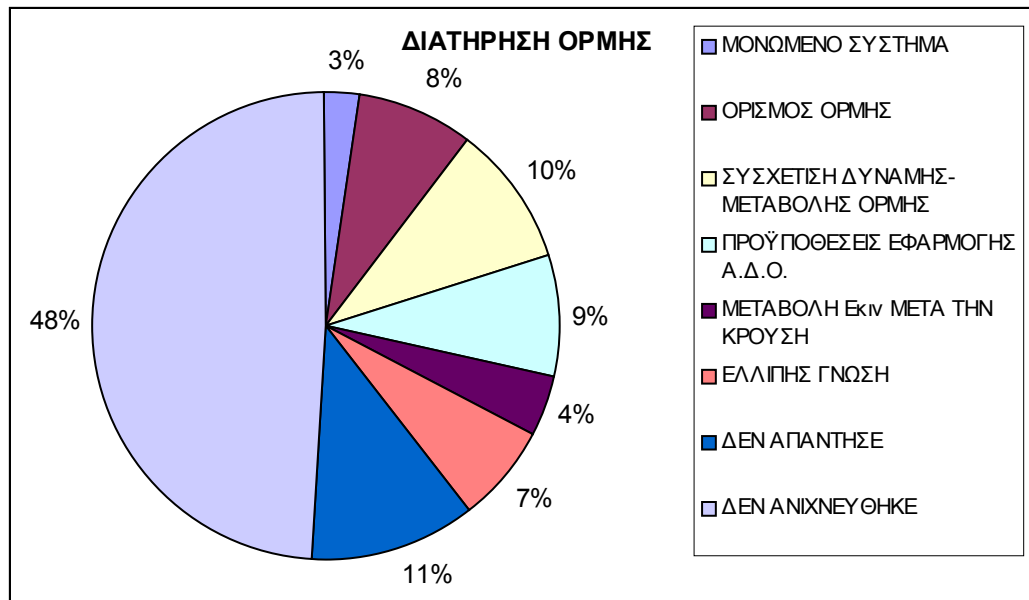
**Διάγραμμα 10.**



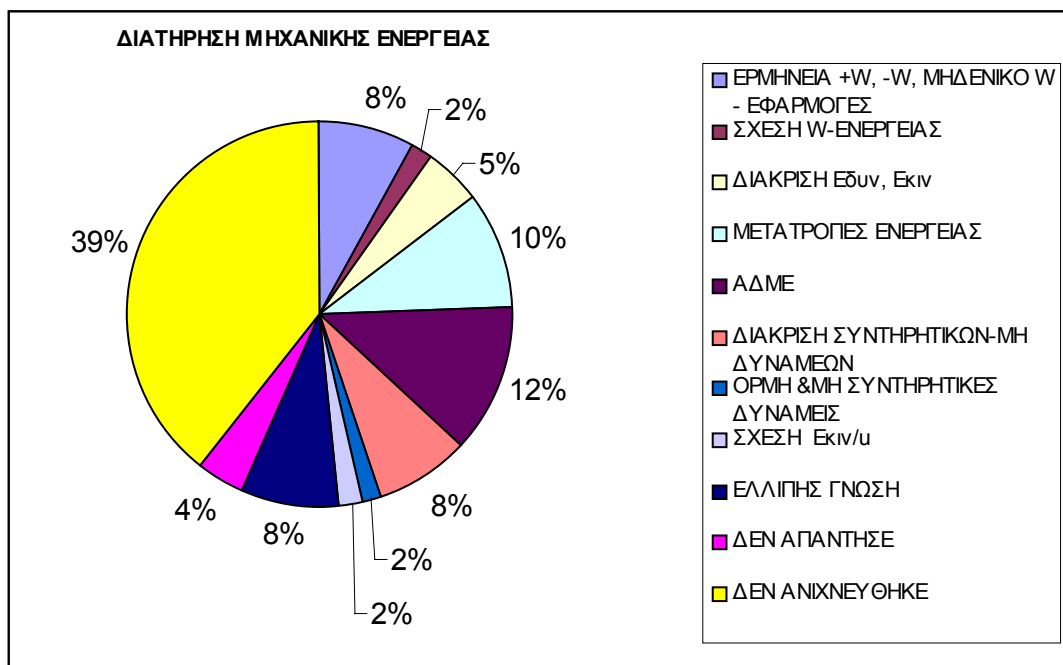
**Διάγραμμα 11.**



**Διάγραμμα 12.**



**Διάγραμμα 13.**



**Διάγραμμα 14.**

### **Θέματα και στόχοι του Προγράμματος Σπουδών.**

Με βάση ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο, το οποίο συντάχθηκε από την ομάδα εργασίας, έγινε κατηγοριοποίηση και καταγραφή των λαθών. Δημιουργήθηκε έτσι μια βάση δεδομένων με μεταβλητές τις κατηγορίες λαθών ανά θέμα (ΚΕΕ, 2006). Με την βάση αυτή των δεδομένων υπάρχει η δυνατότητα στατιστικής επεξεργασίας και ελέγχου υποθέσεων για την ανάδειξης συσχετίσεων μεταξύ διαφόρων μεταβλητών. Στην παρούσα εργασία ερευνάται η φύση των θεμάτων των εξετάσεων σε σχέση με τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος. Οι στόχοι του οποίους θέτει το αναλυτικό πρόγραμμα (ΠΙ, 2000) κωδικοποιήθηκαν με σύμβολα  $S(i,j)$ , όπου  $i$  η θεματική ενότητα και  $j$  ο διδακτικός/ μαθησιακός στόχος του αναλυτικού προγράμματος. Όλα τα θέματα των εξετάσεων που συλλέχθηκαν κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με τους στόχους που εξυπηρετούν. Για παράδειγμα ένα θέμα που ζητά « Να διατυπώσετε τον 1<sup>ο</sup> Νόμο του

Νεύτωνα» ανήκει στην κατηγορία S2.2, η αντιστοιχεί στον στόχο S2.2, ο οποίος ρητά διατυπώνεται από το αναλυτικό πρόγραμμα ως: «Να διατυπώνει με σύμβολα και με λόγια τον Νόμο του Νεύτωνα...». Στα ερωτήματα θεωρίας (1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> θέμα), κάθε υποερώτημα αντιστοιχεί σε ένα – σπάνια σε δύο- στόχους, ενώ στην επίλυση προβλημάτων οι μαθητές καλούνται να αποδείξουν τις δεξιότητες τους σε συνδυασμό διδακτικών στόχων. Στην Φυσική υπήρχαν θέματα για τα οποία δεν υπήρχε άμεση αντιστοιχία με τους στόχους έτσι όπως διατυπώνονται στο αναλυτικό πρόγραμμα. Σε αυτά αποδόθηκε ο κωδικός S(i,0). Τα θέματα αυτά ανήκουν σε δύο κατηγορίες, σε εκείνα που περιέχουν θεωρητικές ερωτήσεις [S(i,0.A)] και σε εκείνα που αντιστοιχούν σε πολύ δύσκολα προβλήματα [S(i,0.B)].

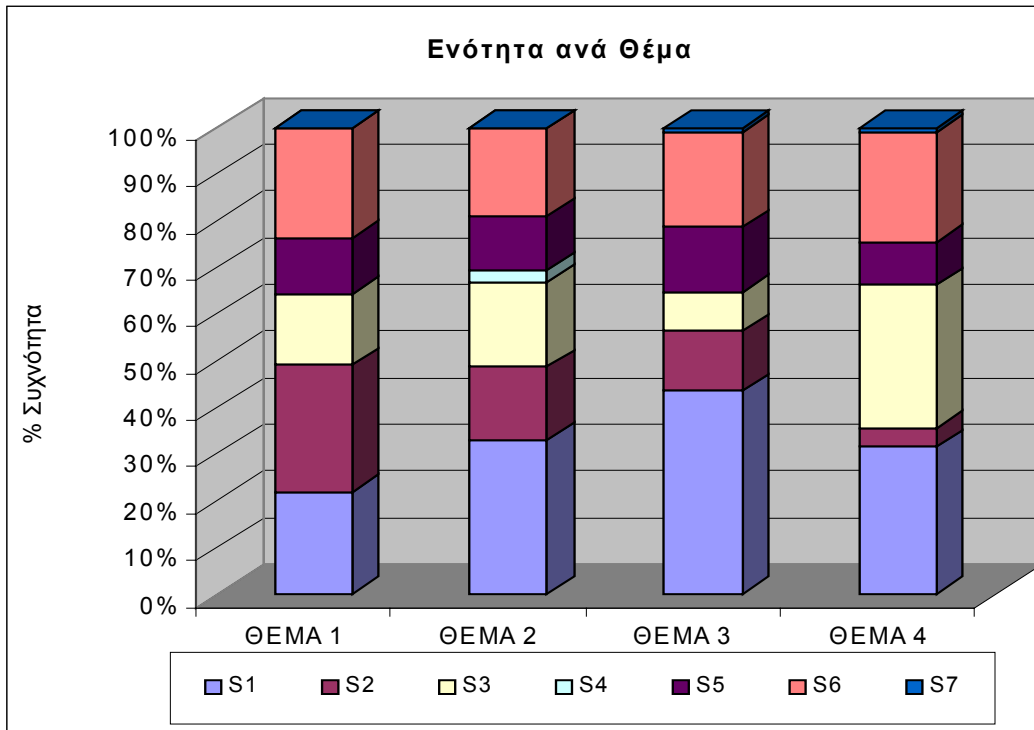
Στον Πίνακα 24 δίνεται η κατανομή των στόχων του ΠΣ. που απαντούν στα θέματα που εξετάστηκαν.

Τα Σχήματα 15 και 16 δείχνουν την συχνότητα εμφάνισης των στόχων στο σύνολο των θεμάτων για την Φυσική. Τα Σχήμα 17 δείχνει την συχνότητα εμφάνισης των στόχων σε σχέση με το Θέμα (1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, και 4<sup>ο</sup>) για τη Φυσική. Σημειώστε ότι σύμφωνα με τις οδηγίες του ΠΙ, τα θέματα από το πρώτο μέχρι το τέταρτο χαρακτηρίζονται από κλιμακούμενη δυσκολία, το δύο πρώτα αντιστοιχούν σε ερωτήσεις θεωρίας, ενώ το 3 και 4<sup>ο</sup> αντιστοιχούν σε ασκήσεις, και το τελευταίο περιέχει την περισσότερο δύσκολη.

Για την Φυσική, το 49,5% των ερωτήσεων ανήκουν στην κατηγορία S(i,0), δηλαδή δεν αντιστοιχούν άμεσα σε συγκεκριμένους στόχους έτσι όπως διατυπώνονται στο αναλυτικό πρόγραμμα. Από το ποσοστό αυτό το 60,2% αντιστοιχεί σε ερωτήσεις θεωρίας και το 31,8% σε σύνθετα προβλήματα. Κατά κανόνα, οι περισσότερες θεματικές ενότητες περιέχονται στα θέματα των εξετάσεων. Παρατηρείται όμως μια προτίμηση ορισμένων κεφαλαίων που εξετάζονται στα τέσσερα θέματα. Για παράδειγμα στο 1ο Θέμα των εξετάσεων υπάρχει μια προτίμηση να εξετάζεται η θεματική ενότητα «Δυναμική σε μια Διάσταση», στο 2ο Θέμα των εξετάσεων υπάρχει μια προτίμηση να εξετάζεται η θεματική ενότητα «Ευθύγραμμη Κίνηση», στο 3ο Θέμα των εξετάσεων υπάρχει μια προτίμηση να εξετάζεται επίσης η θεματική ενότητα «Ευθύγραμμη Κίνηση» και στο 4ο Θέμα των εξετάσεων υπάρχει μια προτίμηση να εξετάζονται περισσότερο οι θεματικές ενότητες «Ευθύγραμμη Κίνηση» και «Δυναμική στο επίπεδο».

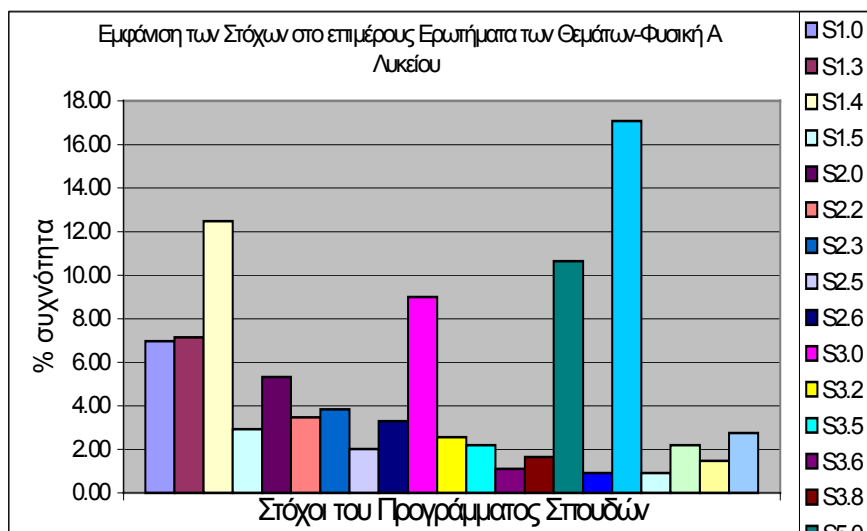
**Πίνακας 24. Κατανομή των στόχων του ΠΣ, που απαντούν στα θέματα που εξετάστησαν**

Στόχοι	ΘΕΜΑ 1	%	ΘΕΜΑ 2	%	ΘΕΜΑ 3	%	ΘΕΜΑ 4	%	Σύνολο	%
S1.0	26	11.21	6	4.96	4	4.26	2	2.04	38	6.97
S1.1	1	0.43	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.18
S1.2	0	0.00	1	0.83	0	0.00	0	0.00	1	0.18
S1.3	10	4.31	15	12.40	12	12.77	2	2.04	39	7.16
S1.4	4	1.72	14	11.57	23	24.47	27	27.55	68	12.48
S1.5	10	4.31	4	3.31	2	2.13	0	0.00	16	2.94
S2.0	21	9.05	5	4.13	1	1.06	2	2.04	29	5.32
S2.2	10	4.31	5	4.13	4	4.26	0	0.00	19	3.49
S2.3	16	6.90	5	4.13	0	0.00	0	0.00	21	3.85
S2.5	2	0.86	0	0.00	7	7.45	2	2.04	11	2.02
S2.6	14	6.03	4	3.31	0	0.00	0	0.00	18	3.30
S3.0	21	9.05	10	8.26	5	5.32	13	13.27	49	8.99
S3.1	2	0.86	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.37
S3.2	3	1.29	3	2.48	2	2.13	6	6.12	14	2.57
S3.3	1	0.43	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.18
S3.5	1	0.43	1	0.83	1	1.06	9	9.18	12	2.20
S3.6	2	0.86	4	3.31	0	0.00	0	0.00	6	1.10
S3.7	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	2.04	2	0.37
S3.8	5	2.16	4	3.31	0	0.00	0	0.00	9	1.65
S4.0	0	0.00	2	1.65	0	0.00	0	0.00	2	0.37
S4.1	0	0.00	1	0.83	0	0.00	0	0.00	1	0.18
S5.0	25	10.78	12	9.92	12	12.77	9	9.18	58	10.64
S5.1	3	1.29	2	1.65	0	0.00	0	0.00	5	0.92
S5.3	0	0.00	0	0.00	1	1.06	0	0.00	1	0.18
S6.0	38	16.38	18	14.88	17	18.09	20	20.41	93	17.06
S6.1	3	1.29	2	1.65	0	0.00	0	0.00	5	0.92
S6.3	1	0.43	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.18
S6.4	0	0.00	0	0.00	1	1.06	0	0.00	1	0.18
S6.5	10	4.31	2	1.65	0	0.00	0	0.00	12	2.20
S6.6	3	1.29	1	0.83	1	1.06	3	3.06	8	1.47
S7.0	0	0.00	0	0.00	1	1.06	0	0.00	1	0.18
S7.3	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	1.02	1	0.18

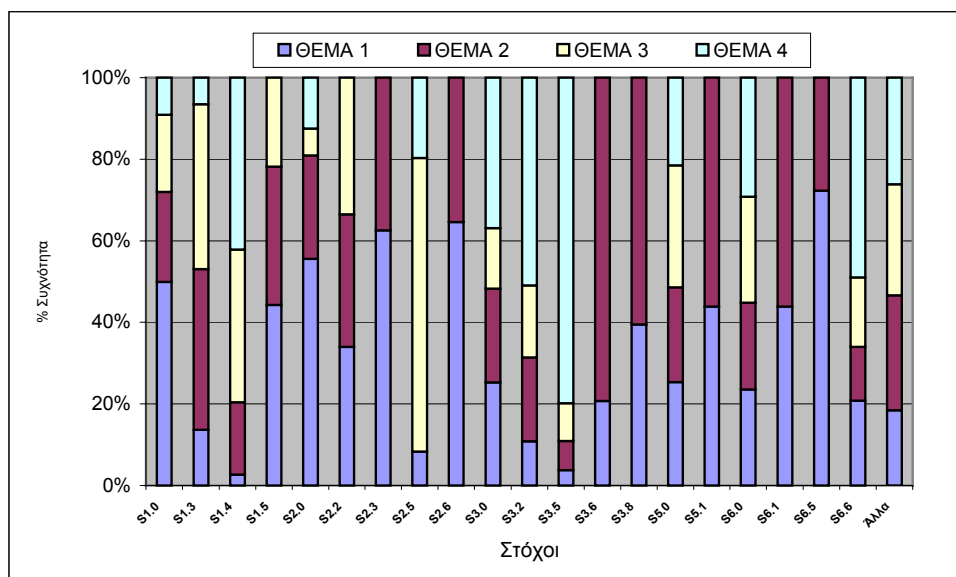


**Διάγραμμα 15.** Συχνότητα των στόχων ανά θεματική ενότητα (Si) και στο σύνολο των θεμάτων για την Φυσική Α΄ Λυκείου.

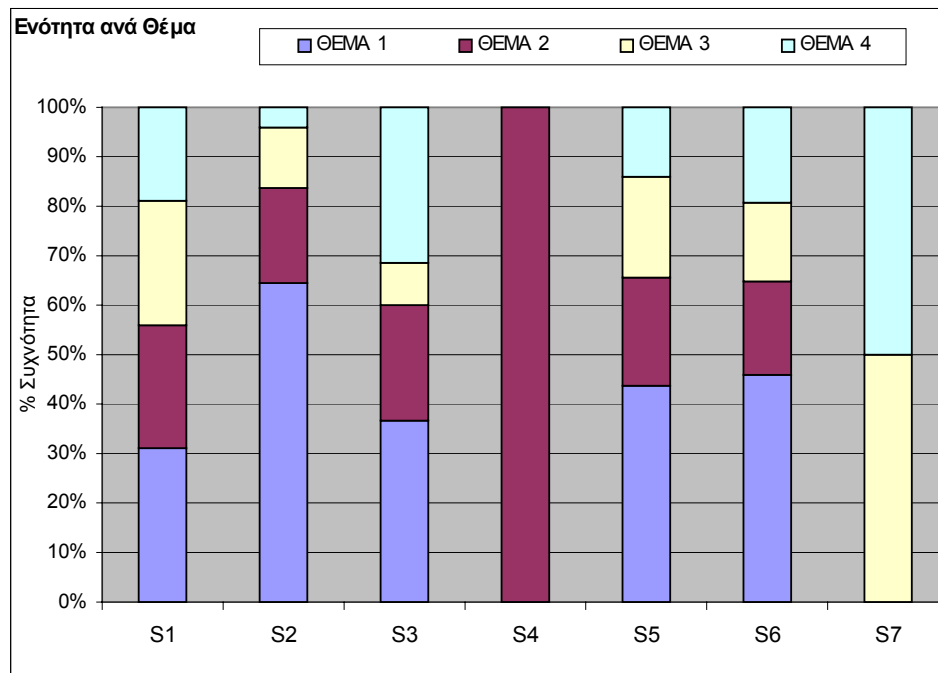




**Σχήμα 16.** Συχνότητα των στόχων στο σύνολο των θεμάτων για την Φυσική Α' Λυκείου.

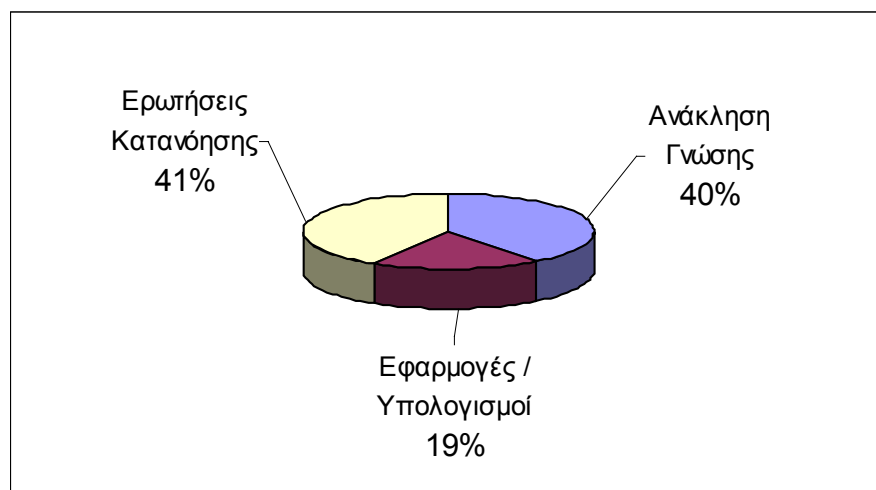


**Σχήμα 17.** Κατανομή συχνοτήτων των στόχων ανά Θέμα για την Φυσική Α' Λυκείου.

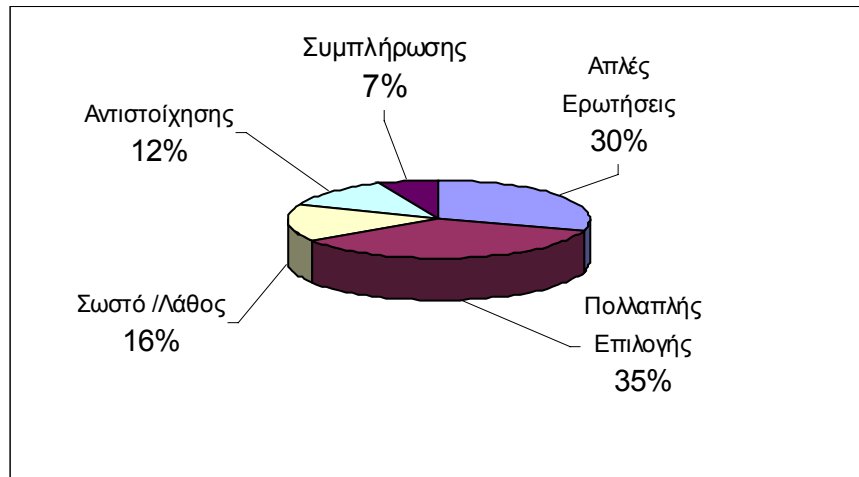


**Διάγραμμα 18.**

**Τύπος Ερωτήσεων στα Θέματα Θεωρίας (1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup>)**



**Διάγραμμα 19.**



**Διάγραμμα 20.**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Παρακάτω δίδονται οι κατανομές των επιδόσεων των μαθητών σε προβλήματα με ΤΡΙΒΗ. Η μορφή των κατανομών είναι χαρακτηριστική και συναντάται σε όλες τις περιπτώσεις των προβλημάτων.

