ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΕΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΕ ΒΑΣΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΑ ΠΕΤΡΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΛΟΥΚΑΣ ΒΛΑΧΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010

«Κάθε διδασκαλία και κάθε διανοητική μάθηση, ξεκινά από τη γνώση που προϋπάρχει.»
Αριστοτέλης

I. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η στατιστική μελέτη των εναλλακτικών ιδεών των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης σε βασικά θέματα Αστρονομίας, που αναδεικνύονται με τη βοήθεια ενός διαγνωστικού εργαλείου, του Διαγνωστικού Τεστ στην Αστρονομία, είναι ο βασικός άξονας της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Η διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών σε βασικά θέματα Αστρονομίας, αποκαλύπτει τις πτυχές της προσωπικής τους κοσμολογικής θεωρίας - τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τη θέση μας στο Σύμπαν, τις σκέψεις τους για τον Κόσμο στον οποίο ανήκουμε, επιβεβαιώνει την παγκοσμιότητα και τη διαχρονικότητα του χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών και δίνει ενδείξεις για τα πιθανά εννοιολογικά εμπόδια στη διδασκαλία θεμάτων Αστρονομίας.

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον σχεδιασμό και προγραμματισμό της διδασκαλίας μαθημάτων Αστρονομίας. Η επανάληψη της στατιστικής έρευνας στις ιδέες των φοιτητών με τη χρήση του Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας σε μελλοντικό στάδιο – μετά την παρακολούθηση μαθημάτων Αστρονομίας, θα δώσει το μέτρο της εννοιολογικής αλλαγής των ιδεών των φοιτητών και στοιχεία για την αποτελεσματικότητα μεθόδων διδασκαλίας.

ΛΕΞΕΙΣ- ΚΛΕΙΔΙΑ: Εναλλακτικές ιδέες στην Αστρονομία, Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας

II. ABSTRACT

The main purpose of this thesis is the statistical study of alternative ideas and misconceptions in Astronomy, carried by first-year students who attend Physics at the Aristotle University of Thessaloniki, shown by means of a diagnostic tool: the Diagnostic Test in Astronomy.

The results of this study reveal aspects of students' personal cosmological theory: their understanding of our position in the Universe and their thoughts of the Cosmos where we belong, confirm that students all over the world hold the same ideas and give indications for potential conceptual barriers in teaching basic astronomy concepts.

The findings of this study can be used for planning and programming astronomy courses. The repetition of the statistical survey on students' ideas in basic astronomy concepts using Astronomy Diagnostic Test in a future stage – after students' attendance in an Astronomy Course, will give a measure of conceptual change and information about the efficiency of various teaching methods.

KEYWORDS: Alternative ideas in Astronomy, Astronomy misconceptions, Diagnostic Test in Astronomy

III. ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις ως μέρος της προϋπάρχουσας γνώσης των φοιτητών, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην οικοδόμηση της ορθής επιστημονικώς γνώσης και γενικά στη μάθηση, και αυτό αποτελεί κοινό πόρισμα πολλών ερευνών στο πεδίο της εκπαίδευσης γενικά, αλλά και ειδικά στο πεδίο της εκπαίδευσης στην Αστρονομία. Το πόρισμα αυτό είναι το σημείο αφετηρίας και έναυσμα της παρούσας διπλωματικής μελέτης.

Η ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, σε βασικά θέματα Αστρονομίας και η αναγνώριση των σημείων στη διδασκαλία του μαθήματος της Αστρονομίας, στα οποία οι φοιτητές παρουσιάζουν αδυναμία ή βρίσκουν δυσκολία στην κατανόηση είναι οι βασικός στόχος της μελέτης αυτής. Ένας δεύτερος στόχος είναι η σύγκριση - όποτε αυτή είναι εφικτή- των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης με τα αποτελέσματα άλλων διεθνών ερευνών, ως επιβεβαίωση της παγκοσμιότητας και διαχρονικότητας του χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών.

Για την περάτωση των στόχων της μελέτης αυτής , πραγματοποιήθηκε μια στατιστική έρευνα με τη χρήση ενός διαγνωστικού εργαλείου, του Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας- ενός ερωτηματολογίου με 21 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Οι κύριοι εννοιολογικοί άξονες των ερωτήσεων που περιλαμβάνονται στο διαγνωστικό τεστ, περί των οποίων αναπτύσσονται τα νοητικά μοντέλα των φοιτητών και οι εναλλακτικές ιδέες που τα πλαισιώνουν, αφορούν την ερμηνεία αστρονομικών φαινομένων - τις εκφάνσεις των οποίων αντιλαμβανόμαστε μέσα από την καθημερινή μας εμπειρία, την κατανόηση βασικών εννοιών της Φυσικής και τη γνώση τους για τη φύση και τις ιδιότητες αστρονομικών σωμάτων και συστημάτων.

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας οικοδομείται σε τρία βασικά επίπεδα:

- Τη βιβλιογραφική επισκόπηση του θέματος των εναλλακτικών ιδεών γενικά και των εναλλακτικών ιδεών στην Αστρονομία ειδικά
- Την περιγραφή της μεθοδολογίας της στατιστικής επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων που συλλέγονται μέσω της έρευνας αυτής
- Την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων.

Πιο αναλυτικά η διπλωματική εργασία χωρίζεται στα εξής κεφάλαια (περιληπτική παρουσίαση):

Στο πρώτο κεφάλαιο διερευνάται η σχέση διδασκαλίας και μάθησης και παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της ψυχολογίας για τη μάθηση. Ανάμεσα σε αυτές, περιλαμβάνεται και η προτροπή να λαμβάνονται υπόψη στη διδασκαλία οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στη θεωρία των νοητικών μοντέλων, καθώς και των εναλλακτικών ιδεών που τα πλαισιώνουν. Επισημαίνονται τα γενικά τους χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες και γίνεται αναφορά στις πηγές από τις οποίες προέρχονται οι εναλλακτικές ιδέες γενικά, αλλά ειδικά στην Αστρονομία.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα επιλεγμένων ερευνητικών μελετών που έγιναν παγκοσμίως που αφορούν τις εναλλακτικές ιδέες μαθητών και φοιτητών σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων Αστρονομίας, με αναφορά στη μεθοδολογία και σε ορισμένα χαρακτηριστικά των δειγμάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή του τύπου του διαγνωστικού εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της στατιστικής έρευνας της παρούσας μελέτης και της μεθοδολογίας της έρευνας αυτής, όσον αφορά την προετοιμασία και το σχεδιασμό του διαγνωστικού τεστ. Ακόμη,

περιγράφεται η διαδικασία διανομής του τεστ στο δείγμα, καθώς και η μεθοδολογία στατιστικής επεξεργασίας και ανάλυσης των απαντήσεων των φοιτητών που έλαβαν μέρος στο τεστ.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας και ανάλυσης των απαντήσεων των φοιτητών στο Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας, η οποία πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS. Η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει:

- Ανάλυση αξιοπιστίας
- Υπολογισμός του μέσου όρου σωστών απαντήσεων των φοιτητών στο τεστ
- Έλεγχος επίδρασης των παραγόντων:
    - Παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Λύκειο
    - Παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Πανεπιστήμιο
    - Αριθμός των εξαμήνων φοίτησης στο τμήμα Φυσικής
- Ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών ερώτηση-προς-ερώτηση
- Ανάλυση Διασταύρωσης Μεταβλητών – εύρεση των χαρακτηριστικών των νοητικών μοντέλων με κοινούς εννοιολογικούς άξονες

Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα γενικά συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τα οποία περιλαμβάνουν:

- Αναφορά στα γενικά χαρακτηριστικά των νοητικών μοντέλων των φοιτητών
- Συνοπτική περιγραφή των κύριων νοητικών μοντέλων των φοιτητών με κοινούς εννοιολογικούς άξονες: βασικά αστρονομικά φαινόμενα και σώματα και έννοιες της Φυσικής
- Προτάσεις για μελλοντική χρήση των ευρημάτων της διπλωματικής εργασίας αυτής

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Λ. Βλάχο, επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την άψογη συνεργασία μας, τις πολύτιμες συμβουλές και τη βοήθεια που μου προσέφερε, καθώς επίσης για τη διάθεση χρόνου από το μάθημα του (Ανάλυση Ι), για τη διεξαγωγή του Διαγνωστικού Τεστ στην Αστρονομία.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Χ. Τσάγκα που επίσης μου παραχώρησε χρόνο από το μάθημα του (Ανάλυση Ι), για την διεξαγωγή του Διαγνωστικού Τεστ στην Αστρονομία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη διεύθυνση του Λυκείου Πόλης Χρυσοχούς που επέτρεψε την διεξαγωγή του δοκιμαστικού τεστ σε δείγμα τελειοφοίτων μαθητών Λυκείου.

Θεσσαλονίκη, 2010

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

I. ΠΕΡΙΛΗΨΗ iv

II. ΠΡΟΛΟΓΟΣ v

1. Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ Η ΜΑΘΗΣΗ 1

1.1. Εισαγωγή 1

1.2. Οι σύγχρονες απόψεις της ψυχολογίας για τη μάθηση 2

1.3. Προϋπάρχουσα γνώση: Σύνδεση του καινούριου με το παλαίο και αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών. .. 2

2. ΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ 4

2.1. Εισαγωγή 4

2.2. Οι εναλλακτικές ιδέες και οι θεωρία των νοητικών μοντέλων 4

2.3. Η προέλευση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (γενικά) 6

2.4. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στην Αστρονομία 6

2.5. Η διδασκαλία της Αστρονομίας και η αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών 8

3. ΜΙΑ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΕΘΝΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ 10

3.1. Εισαγωγή – Η εκπαιδευτική έρευνα στον τομέα της Αστρονομίας 10

3.2. Οι ιδέες μαθητών και φοιτητών στην Αστρονομία σύμφωνα με διεθνείς έρευνες 10

3.2.1. Κατηγοριοποίηση των ερευνητικών μελετών ανάλογα με το εύρος των θεμάτων που εξετάζουν 10

3.2.2. Ερευνητικές μελέτες στις ιδέες των μαθητών και φοιτητών σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων Αστρονομίας 11

3.2.3. Μια σύνοψη των ερευνητικών μελετών για την ανάδειξη και μελέτη των εναλλακτικών ιδεών στην Αστρονομία με τη χρήση διαγνωστικών τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 11

3.2.4. Το Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας 2.0. (Astronomy Diagnostic Test, Version 2.0.) 13

3.3. Γενικά συμπεράσματα και πορίσματα από τις διεθνής έρευνες στις εναλλακτικές ιδέες στην Αστρονομία . 15

4. Η ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΙΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΕΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ ΑΠΘ ΣΕ ΒΑΣΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ 16

4.1. Εισαγωγή 16

4.2. Το γραπτό τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ως διαγνωστικό εργαλείο εναλλακτικών ιδεών 16

4.2.1. Τα χαρακτηριστικά του διαγνωστικού τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 17

4.2.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του διαγνωστικού τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 17

4.2.3. Ενδεικτικοί τρόποι χρήσης του διαγνωστικού τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 18

4.3. Προετοιμασία και σχεδίαση του Διαγνωστικού Τεστ στην Αστρονομία 18

4.4. Διανομή του Διαγνωστικού Τεστ στην Αστρονομία και συλλογή των δεδομένων 20
4.5. Μεθοδολογία της επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων 20
4.5.1. Το περιβάλλον του προγράμματος SPSS – Περιληπτική παρουσίαση 21
4.5.2. Ανάλυση αξιοπιστίας 22
4.5.2.1. Ανάλυση αξιοπιστίας και συντελεστής άλφα του Cronbach 22
4.5.2.2. Αρνητική κωδικοποίηση ή βαθμολόγηση μιας κλίμακας – Συνέπειες στην αξιοπιστία της κλίμακας – Μέθοδος αντιμετώπισης 23
4.5.3. Υπολογισμός μέσου όρου σωστών απαντήσεων 25
4.5.4. Έλεγχος υποθέσεων: T-test και F-test 27
4.5.5. Κατανομή συχνοτήτων 29
4.5.6. Διασταύρωση μεταβλητών (Cross tabulation), Πίνακες συνάφειας (Contingency Tables) 31

5. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας 32

5.1. Εισαγωγή 32
5.2. Ανάλυση αξιοπιστίας 32
5.3. Μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των φοιτητών 33
5.3.1. Μέσος όρος των σωστών απαντήσεων για το σύνολο όλων των φοιτητών 33
5.3.2. Περιγραφή των υποσυνόλων των φοιτητών με βάση τις ερωτήσεις υποβάθρου – Μέσος όρος σωστών απαντήσεων για κάθε τέτοιο υποσύνολο 33
5.3.3. Παρατηρήσεις 34
5.4. Έλεγχος υποθέσεων 34
5.4.1. Παράγοντας: Παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Λύκειο 34
5.4.2. Παράγοντας: Παρακολούθηση του μαθήματος «Εισαγωγή στην Αστρονομία» στο Πανεπιστήμιο 36
5.4.3. Παράγοντας: Εξάμηνο 37
5.5. Ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών ερώτηση προς ερώτηση 38
5.5.1. Ερώτηση 1 39
5.5.2. Ερώτηση 2 40
5.5.3. Ερώτηση 3 41
5.5.4. Ερώτηση 4 44
5.5.5. Ερώτηση 5 45
5.5.6. Ερώτηση 6 47
5.5.7. Ερώτηση 7 48
5.5.8. Ερώτηση 8 50
5.5.9. Ερώτηση 9 52
5.5.10. Ερώτηση 10 54
5.5.11. Ερώτηση 11 56
5.5.12. Ερώτηση 12 58

5.5.13. Ερώτηση 13 ... 59
5.5.14. Ερώτηση 14 ... 61
5.5.15. Ερώτηση 15 ... 63
5.5.16. Ερώτηση 16 ... 66
5.5.17. Ερώτηση 17 ... 67
5.5.18. Ερώτηση 18 ... 69
5.5.19. Ερώτηση 19 ... 71
5.5.20. Ερώτηση 20 ... 73
5.5.21. Ερώτηση 21 ... 75
5.6. Διασταύρωση μεταβλητών (Cross Tabulation) – Νοητικά μοντέλα των φοιτητών γύρω από κύριους εννοιολογικούς άξονες ... 77
5.6.1. Εννοιολογικός άξονας 1 – Οι κινήσεις της Γης ... 77
5.6.2. Εννοιολογικός άξονας 2 – Κλίση του άξονα περιστροφής της Γης ... 78
5.6.3. Εννοιολογικός άξονας 3- Οι κινήσεις της Σελήνης ... 79
5.6.4. Εννοιολογικός άξονας 4 - Βαρύτητα ... 79
5.6.5. Εννοιολογικός άξονας 5 - Αστέρια I : Φύση ... 80
5.6.6. Εννοιολογικός άξονας 6– Αστέρια II: Μέγεθος του ήλιου και των άλλων αστέρων ... 81
5.6.7. Εννοιολογικός άξονας 7 - Αστέρια III – Σχετική θέση και απόσταση των αστέρων ... 81
5.6.8. Εννοιολογικός άξονας 8 – Αστέρια IV –Σχηματισμοί αστέρων (Αστερισμοί) ... 82
5.6.9. Εννοιολογικός άξονας 9 - Το Σύμπαν ... 83

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ... 84

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ ... 88

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΠΙΝΑΚΕΣ ... 94

9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ... 139

10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΣΧΗΜΑΤΑ ... 152

11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΕΙΚΟΝΕΣ ... 156

12. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε – ΤΟ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΤΕΣΤ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ ... 168

1

Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ Η ΜΑΘΗΣΗ

1.1. Εισαγωγή

«*Κανείς άνθρωπος και κανείς λαός, σε καμιά εποχή, σε καμιά βαθμίδα του πολιτισμού δεν υπήρξε και δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς διδασκαλία και μάθηση».* – Krieg[1]

Η διδασκαλία και η μάθηση είναι μηχανισμοί τόσο παλαιοί όσο και ο άνθρωπος. Συνεπώς ερωτήματα του τύπου «πώς μαθαίνει ο άνθρωπος», και «ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος διδασκαλίας του εκάστοτε αντικειμένου», έχουν απασχολήσει τον άνθρωπο από πολύ νωρίς στην ιστορία του. Ανατρέχοντας κανείς στο διαδίκτυο για την διερεύνηση των ερωτημάτων αυτών, μπορεί να βρει ποικίλες αναφορές, που προέρχονται από ένα πλέγμα διαφορετικών επιστημονικών πεδίων – της Γενικής Διδακτικής, της Παιδαγωγικής, της Ψυχολογίας, της Κοινωνιολογίας, της Βιολογίας. Βλέπουμε λοιπόν ότι οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά, δεν είναι ούτε απλές, ούτε μονοδιάστατες.

Σήμερα, γνωρίζουμε ότι η μάθηση είναι μια νοητική λειτουργία του εγκεφάλου που επηρεάζεται από νευροφυσιολογικούς παράγοντες. Ωστόσο, δεν αντιλαμβανόμαστε άμεσα την διαδικασία της λειτουργίας αυτής, παρά μόνο τα αποτελέσματα της – την απόκτηση γνώσεων, αντιλήψεων, δεξιοτήτων και ικανοτήτων, γενικά την τροποποίηση της συμπεριφοράς του ατόμου. Επίσης είναι γενικά αποδεκτό ότι η διαδικασία της μάθησης, εξαρτάται από το ίδιο το υποκείμενο που μαθαίνει, αλλά και από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα η μάθηση.

Στην ερώτηση για τη σχέση της διδασκαλίας με τη μάθηση, η αναμενόμενη απάντηση θα ήταν, ότι είναι σχέση αιτίας και αποτελέσματος. Άλλωστε αυτό συμπεραίνουμε και από τον ορισμό της διδασκαλίας- κατά την λεγόμενη «σύνθετη ή μεικτή προσέγγιση»[2] που είναι η πιο αποδεκτή σήμερα- σαν την «συστηματική παιδευτική διαδικασία, με την οποία πραγματώνεται (με λόγια, μέσα και πράξεις) μορφωτική επίδραση, επέρχεται μάθηση». Ωστόσο, μάθηση μπορεί να έχουμε και χωρίς της μεσολάβηση της διδασκαλίας (εμπειρική – βιωματική μάθηση), όπως επίσης διδασκαλία μπορεί να έχουμε, αλλά να μην προκύπτει η μάθηση. Κατά το Ντιούι βέβαια «θα ήταν γελοίος ένας έμπορος που θα έλεγε ότι πούλησε πολλά προϊόντα, αν κανείς δεν αγόραζε από αυτά. Αλλά ίσως υπάρχουν δάσκαλοι που σκέφτηκαν ότι εργάσθηκαν καλά, ανεξάρτητα από όσα οι μαθητές έμαθαν» Όμως και ο Κιλπάτρικ επισημαίνει «δεν έχουμε διδάξει εφόσον ο μαθητής δεν έμαθε τίποτα» (Φράγκου, 1999:268).[3]

---

[1] Μαυρομιχάλης, Γ. *Αναλυτικά Προγράμματα και (καμία σήμερα) μάθηση*. Δημοκρατική Συσπείρωση και Παρέμβαση [online][x.x.] Available from: <http://users.sch.gr/nikasleon/arthra.htm>

[2] Υπάρχουν δύο ακόμη προσεγγίσεις στην διδασκαλία, η δασκαλοκεντρική και η μαθητοκεντρική, από τις οποίες προκύπτουν διαφορετικοί ορισμοί για την διδασκαλία. Σύμφωνα με την πρώτη, η διδασκαλία είναι μια συστηματική και συνειδητή προσπάθεια, με την οποία επιδιώκεται η μεταβίβαση ποικίλων γνώσεων και δεξιοτήτων από το διδάσκοντα στο διδασκόμενο. Ο ρόλος του δασκάλου είναι κυρίαρχος και ενεργητικός ενώ του μαθητή παθητικός. Σύμφωνα με τη δεύτερη, ο ρόλος του δασκάλου είναι καθοδηγητικός μάλλον παρά διδακτικός. Ο δάσκαλος καλείται να βοηθήσει κυρίως το μαθητή για να μάθει.

[3] Πραπά, Π. *Η ιστορική εξέλιξη της αγωγής στην Ελλάδα*. Πτυχιακή μελέτη. Αθήνα, 2003.

Είναι γενικά παραδεκτό ότι ο βασικός στόχος της διδασκαλίας στην συνείδηση του κάθε εκπαιδευτικού είναι, και οφείλει να είναι, η μάθηση. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, κρίνεται απαραίτητο ο διδάσκοντας να λαμβάνει υπόψη τις σύγχρονες απόψεις της ψυχολογίας περί μαθήσεως, και γενικά να διδάσκει με μεθοδικότητα.

1.2. Οι σύγχρονες απόψεις της ψυχολογίας για την μάθηση

Η μαθησιακή διαδικασία και η εξέλιξη της γνώσης είναι αντικείμενο έρευνας σε πολλούς τομείς της ψυχολογίας, μεταξύ των οποίων της εκπαιδευτικής, εξελικτικής, κοινωνικής, γνωστικής και κλινικής ψυχολογίας. Από τις έρευνες αυτές έχει προκύψει ένα σύνολο αρχών [4,5], οι οποίες προτείνονται για το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και μεθόδων διδασκαλίας.

Οι τρεις πρώτες αρχές στις οποίες συγκλίνουν οι σύγχρονες απόψεις της ψυχολογίας, αφορούν την διαμόρφωση του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος στο οποίο πραγματοποιείται η μαθησιακή διαδικασία, και είναι οι εξής:

- Ενθάρρυνση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών
- Ενθάρρυνση της συνεργατικής μάθησης
- Προγραμματισμός χρήσιμων δραστηριοτήτων για τους μαθητές

Οι επόμενες έξι αρχές έχουν σχέση με τα χαρακτηριστικά της μάθησης ως διεργασίας εσωτερικής και τους εξωτερικούς – περιβαλλοντικούς παράγοντες με τους οποίους αλληλεπιδρούν. Οι αρχές αυτές είναι:

- Η ανάπτυξη στρατηγικών,
- Η ανάπτυξη της αυτορρύθμισης [6]
- Η καλλιέργεια του στόχου κατανόηση- όχι απομνημόνευση
- Η παροχή ευκαιριών για εφαρμογή των γνώσεων
- Η παροχή χρόνου για επεξεργασία και εξάσκηση
- Δημιουργία κινήτρων
- Να λαμβάνεται υπόψη στη διδασκαλία η αναπτυξιακή διαφορετικότητα και η ατομικότητα του μαθητή
- Να λαμβάνεται υπόψη στη διδασκαλία η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών και οι εναλλακτικές τους ιδέες.

1.3. Προϋπάρχουσα γνώση: Σύνδεση του καινούριου με το παλιό και αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών

Η τελευταία στη «λίστα» αλλά παράλληλα πρωταρχικής σημασίας αρχή της σύγχρονης ψυχολογίας για τη μάθηση, αφορά την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών που οι ίδιοι φέρουν πριν τη διδασκαλία ενός αντικειμένου και την προτροπή να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό της διδασκαλίας.

---

[4] Βοσνιάδου, Σ. *Πώς μαθαίνουν οι μαθητές*. Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης και Διεθνές Γραφείο Εκπαίδευσης UNESCO [online],2001.
Available from: < http://www.ibe.unesko.org>

[5] Brophy, J. *Teaching*. Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης και Διεθνές Γραφείο Εκπαίδευσης UNESCO [online],[x.x.]
Available from: < http://www.ibe.unesko.org>

[6] . Η «αυτορύθμιση» είναι η ικανότητα των μαθητών να παρακολουθούν την ίδια τους την μάθηση, να αναγνωρίζουν τα λάθη τους και να αναπτύσσουν στρατηγικές ώστε να τα διορθώσουν.

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται έντονη δραστηριότητα σε παγκόσμια κλίμακα, στο πεδίο ερευνών της επιστήμης της Διδακτικής και ιδιαίτερα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, στο αντικείμενο της επίδρασης της προϋπάρχουσας γνώσης στην διδασκαλία και τη μάθηση.

Η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών περιλαμβάνει τις γνώσεις που έχουν λάβει στο σχολείο αλλά και τις ιδέες – αντιλήψεις που σχηματίζουν οι μαθητές διαισθητικά και μέσω της αλληλεπίδρασης τους με το κοινωνικό και πολιτισμικό τους περιβάλλον.

Όσον αφορά το κομμάτι της γνώσης των μαθητών –με την προϋπόθεση ότι συμβαδίζει με την επιστημονική γνώση- μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν η βάση πάνω στην οποία θα στηριχθεί το καινούριο μάθημα – ένα νέο σύνολο γνωστικών στοιχείων. Οι μαθητές δέχονται πιο εύκολα τα νέα γνωστικά στοιχεία εάν μπορούν να τα συνδέσουν με αυτά που ήδη γνωρίζουν. Το πόρισμα αυτό παραπέμπει στην θεωρία του Αριστοτέλη – μια συνεισφορά του στην Γενική Διδακτική- της «πορείας από το γνωστό στο άγνωστο», σύμφωνα με την οποία υποδεικνύει την σημαντικότητα της προετοιμασίας της βάσεως στην οποία θα στηριχθούν τα νέα στοιχεία γνώσης που θα αποκτήσει ο μαθητής, ώστε να παραμείνουν στη συνείδηση του.

Η χρήση της προϋπάρχουσας γνώσης ως σημείο αφετηρίας για τη διδασκαλία ενός νέου γνωστικού αντικειμένου, χρήζει προσοχής, αφού πολλές φορές οι ιδέες των μαθητών δεν συμβαδίζουν με το επιστημονικό πρότυπο. Οι ιδέες αυτές στην διεθνή και εγχώρια βιβλιογραφία ονομάζονται και «εναλλακτικές» ή «προϋπάρχουσες», «αυθόρμητες αντιλήψεις» ή «διαισθητικές ιδέες», ακόμη και «επιστήμη των παιδιών». Δεν είναι δε απλές παρανοήσεις λόγω κακής ή ελλιπούς πληροφόρησης. Είναι μέρος των νοητικών μοντέλων που σχηματίζουν οι μαθητές για να ερμηνεύσουν τον κόσμο όπως οι ίδιοι τον βιώνουν και τον αντιλαμβάνονται. Για το λόγο αυτό, είναι εδραιωμένες στο μυαλό των μαθητών και δύσκολα αλλάζουν.

Σύμφωνα με έρευνες που έγιναν σε διαφορετικά χωροχρονικά πλαίσια, οι ιδέες των μαθητών μπορούν να ομαδοποιηθούν, έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ, παρόλο που μερικές από αυτές διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή ή την επίδραση της διδασκαλίας.

Η διδασκαλία δομημένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχονται οι ευκαιρίες ανάδειξης και αναδόμησης των εναλλακτικών – εσφαλμένων ιδεών, αποδεικνύεται ότι συμβάλει σημαντικά στην διαδικασία της μάθησης.

2

ΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

2.1. Εισαγωγή

Τι είναι οι «εναλλακτικές ιδέες» και τα «νοητικά μοντέλα»; Ποιες ιδιότητες παρουσιάζουν, από πού προέρχονται και πώς επηρεάζουν την αντίληψη των ανθρώπων για τον Κόσμο; Πώς η φύση της επιστήμης της Αστρονομίας διαφοροποιεί τα δεδομένα;

Στο κεφάλαιο αυτό, απαντώνται τα πιο πάνω ερωτήματα, παρουσιάζοντας την θεωρία των εναλλακτικών ιδεών και των νοητικών μοντέλων γενικά, αλλά και ειδικά στον τομέα της Αστρονομίας.

2.2. Οι εναλλακτικές ιδέες και η θεωρία των νοητικών μοντέλων

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του ΄80 τα εκπαιδευτικά συστήματα αγνοούσαν το ρόλο της προϋπάρχουσας γνώσης στη μαθησιακή διαδικασία. Το αποτέλεσμα ήταν αυτή η γνώση να επηρεάζεται ελάχιστα από τη διδασκαλία ή να επηρεάζεται κατά τρόπο ανεπιθύμητο, και η τελική γνώση που αποκτούν οι μαθητές να αποκλίνει κατά πολύ από την επιστημονική . Η έρευνα στον τομέα της Διδακτικής και Γνωστικής Ψυχολογίας, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη διδακτικών προσεγγίσεων εποικοδομητικού τύπου, που έχουν ως βάση εκκίνησης την προϋπάρχουσα γνώση και στόχο την αυτόβουλη μετατόπιση του διδασκόμενου προς την επιστημονική γνώση (Κόκκοτας 1998).[7]

Οι εποικοδομητικού τύπου διδακτικές προσεγγίσεις έχουν σαν βασικό χαρακτηριστικό ότι λαμβάνουν υπόψη τους τις εναλλακτικές ιδέες του μαθητή και προβαίνουν στη διδακτική τους αξιοποίηση.

Η έννοια – πυρήνας της εποικοδομητικής προσέγγισης είναι το *νοητικό μοντέλο*. Σύμφωνα με τον καθηγητή Ε. Redish του Πανεπιστημίου του Maryland, ο όρος αυτός αντιστοιχεί στο «σύνολο των νοητικών σχηματισμών που οι άνθρωποι οικοδομούν για να οργανώνουν τις εμπειρίες τους αναφορικά με ένα ειδικό τομέα». Ο «ειδικός τομέας» αυτός είναι ο *εννοιολογικός άξονας* του μοντέλου, περί του οποίου αναπτύσσονται τα λεγόμενα *γνωστικά σχήματα*, μια συλλογή στενά συνδεδεμένων δεδομένων μαζί με τους «κανόνες» για την χρήση τους – πού και πότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Τα νοητικά μοντέλα τίθενται σε λειτουργία, «τρέχουν», όταν το απαιτήσουν οι περιστάσεις – για την ερμηνεία ενός φαινομένου, την επίλυση ενός προβλήματος, την απάντηση παραγωγικών[8] ερωτήσεων, την πραγματοποίηση μιας πρόβλεψης.

Σύμφωνα με έρευνα της Σ. Βοσνιάδου, τα νοητικά μοντέλα έχουν τρεις σημαντικές λειτουργίες:

---

[7] Καρανίκας, Γ. (1993). Οργανώνοντας της Διδακτική Πράξη: παιδαγωγικές μεταβλητές, αποφάσεις. Εκπαιδευτική Πύλη Νοτίου Αιγαίου [online]
Available from: <www.epyna.gr/show/karanikas.doc>

[8] Παραγωγικές ερωτήσεις είναι οι ερωτήσεις που δεν μπορούν να απαντηθούν βάση γεγονότων ή εξηγήσεων που ήδη γνωρίζουμε.

- Μπορούν να λειτουργήσουν σαν *αρωγοί για το σχηματισμό εξηγήσεων*, δηλαδή να κωδικοποιήσουν τα ήδη υπάρχοντα γνωστικά σχήματα για την παραγωγή εξηγήσεων.
- Επίσης λειτουργούν ως *διαμεσολαβητές στην ερμηνεία των νέων πληροφοριών και της μάθησης*, δηλαδή θέτουν περιορισμούς βάση προηγούμενων πεποιθήσεων και γνώσεων.
- Συμβάλλουν στον *πειραματισμό* και στην *αναθεώρηση θεωριών.*

Ο καθηγητής E. Redish κωδικοποιεί συμπερασματικά όλα τα προηγούμενα, σε τέσσερις βασικές αρχές[9] που αφορούν τη φύση και χρήση των νοητικών μοντέλων στην διαδικασία της μάθησης:

- *Αρχή της οικοδόμησης των νοητικών μοντέλων*:
  Οι άνθρωποι έχουν την τάση να οργανώνουν τις εμπειρίες και τις παρατηρήσεις τους σε "νοητικά μοντέλα" (mental models).

- *Αρχή του πλαισίου (τροποποίηση και επέκταση των νοητικών μοντέλων)*
  Είναι πολύ πιο εύκολο να μάθουμε κάτι που ταιριάζει ή επεκτείνει ένα προϋπάρχον "νοητικό μοντέλο".

- *Αρχή της αλλαγής των νοητικών μοντέλων*
  Είναι εξαιρετικά δύσκολο να αλλάξουμε ένα καλά εδραιωμένο "νοητικό μοντέλο".

- *Αρχή της ατομικότητας των νοητικών μοντέλων*
  Επειδή ο καθένας οικοδομεί τα δικά του "νοητικά μοντέλα", διαφορετικοί μαθητές έχουν διαφορετικά νοητικά μοντέλα για τα φυσικά φαινόμενα και διαφορετικά μοντέλα για τη μάθηση.

Επιδιώκοντας μια αναλογία του νοητικού μοντέλου – φύσης και χρήσης- επιχειρούμε να το παρομοιάσουμε με ένα «οικοδόμημα», το *οικοδόμημα των γνώσεων.* Άλλωστε ο όρος «εποικοδομητική προσέγγιση διδασκαλίας» ωθεί στην επιλογή της αναλογίας αυτής. Ακόμη, ο τρόπος που κάθε νέα ιδέα συνδέεται με όσα γνωρίζει ήδη ο μαθητής, παραπέμπει στην κατασκευή ενός τέτοιου οικοδομήματος. Τα δομικά στοιχεία που στηρίζουν το οικοδόμημα αυτό, θα είναι βέβαια τα γνωστικά σχήματα. Κάθε εισερχόμενο γνωστικό σχήμα είτε θα υποστεί τροποποίηση ώστε να ταιριάζει με τα προϋπάρχοντα, είτε θα υποστεί απόρριψη. Σε κάθε περίπτωση όμως, θα υποστεί ένα «φιλτράρισμα» μέσα από του υπάρχων νοητικό μοντέλο.

Η αναλογία που επιλέξαμε, μας επιτρέπει να κατανοήσουμε την δυσκολία αλλαγής του υπάρχοντος νοητικού μοντέλου: είναι ευκολότερο να αλλάξει ένα δομικό στοιχείο για να μπορεί να τοποθετηθεί στο οικοδόμημα, ή απλά να μην τοποθετηθεί καθόλου, παρά να αλλάξει το ήδη υπάρχων οικοδόμημα. Εξάλλου, τα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές, είναι δοκιμασμένα μέσα από την καθημερινή τους εμπειρία και έχουν αποδείξει την αντοχή τους. Έτσι, οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται κάποια αναγκαιότητα *πραγματικής* αντικατάστασης τους από το επιστημονικό πρότυπο. Το επίθετο «πραγματικής» τονίζεται, γιατί οι μαθητές έχουν την τάση να εφαρμόζουν τις σχολικές γνώσεις, μόνο εντός του σχολείου και όχι σε πραγματικές καταστάσεις.

Η διαδικασία αλλαγής των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και των νοητικών μοντέλων τα οποία πλαισιώνουν, ονομάζεται «εννοιολογική αλλαγή». Είναι μια μέθοδος – συνεπακόλουθο της εποικοδομητικής προσέγγισης διδασκαλίας, η οποία αντιστοιχεί στην δημιουργία κατάλληλου κλίματος ανάδειξης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και χρήσης κατάλληλων στρατηγικών για την αποικοδόμηση τους και την οικοδόμηση νοητικών μοντέλων συμβατών με το επιστημονικό πρότυπο.

---

[9] Redish, E. *The implications of cognitive studies for teaching Physics*. Journal of Physics, **62** (6), 796-803. 1994

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες στρατηγικές εννοιολογικής αλλαγής, με κύριους «εκπροσώπους», τις *στρατηγικές της γνωστικής σύγκρουσης*[10] και τις *στρατηγικές της μη ρήξης*[11]. Τα δύο είδη στρατηγικών διαθέτουν και πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα, άλλωστε καμία διδακτική μέθοδος δεν είναι πανάκεια. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή της στρατηγικής εννοιολογικής αλλαγής πρέπει να γίνεται προσεχτικά και η ίδια η διδασκαλία να συντελείται εντός παιδαγωγικού κλίματος, όπου ενθαρρύνεται η ενεργός συμμετοχή του μαθητή, στοιχείο – κλειδί στην εποικοδομητική μάθηση.

2.3. Η προέλευση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (γενικά)

Στην προηγούμενη ενότητα είδαμε πως οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών πλαισιώνουν τα νοητικά μοντέλα, που παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο στη μάθηση. Ποιοι είναι όμως οι παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη των νοητικών αυτών μοντέλων, επηρεάζουν και καθορίζουν τον τρόπο που οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τον κόσμο καθώς και τον τρόπο που οι ίδιοι μαθαίνουν;

Η ίδια η φύση και οι ιδιότητες των νοητικών μοντέλων προσδιορίζουν τον τρόπο ανάπτυξης τους και κατ' επέκταση καθορίζουν την αντίληψη των ανθρώπων για το κόσμο και τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτό. Σύμφωνα με τον E. Redish, τα νοητικά μοντέλα έχουν τα εξής γενικές ιδιότητες (Redish, E. 1994)[9]:

- Μπορεί να περιέχουν αντικρουόμενα στοιχεία
- Μπορεί να είναι ατελή
- Μπορεί να μη γνωρίζουμε πώς να «τρέξουμε» τις διαδικασίες που είναι παρούσες στο νοητικό μοντέλο
- Παρόμοια στοιχεία ενός νοητικού μοντέλου μπορεί να συγχέονται μεταξύ τους
- Τα νοητικά μοντέλα τείνουν να ελαχιστοποιούν την κατανάλωση νοητικής ενέργειας.

Οι ιδιότητες αυτές έχουν την ευθύνη για την διαφοροποίηση των νοητικών μοντέλων -ιδιαίτερα των πρώιμων- από τα επιστημονικά και τελικά τη δημιουργία εναλλακτικών ιδεών. Πειράματα στη γνωσιακή νευροεπιστήμη έχουν παράσχει νευρολογικές ενδείξεις για τις ιδιότητες των νοητικών μοντέλων, ωστόσο κάποιες από αυτές φαίνεται να έχουν τις καταβολές τους στην επίδραση του κοινωνικού, πολιτισμικού και φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο εκτίθενται οι άνθρωποι.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 1 (βλ. Παράρτημα Δ –Εικόνες) παρουσιάζονται παραστατικά οι παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη εναλλακτικών ιδεών από τους μαθητές, δηλαδή οι πηγές μέσα από τις οποίες διαμορφώνει τα δικά του νοητικά μοντέλα για να δώσει την προσωπική του ερμηνεία για το τι συμβαίνει γύρω του.

2.4. Η προέλευση των εναλλακτικών ιδεών στην Αστρονομία

Η Αστρονομία είναι μια επιστήμη που ασχολείται με την εξερεύνηση και τη μελέτη του Σύμπαντος. Το Σύμπαν είναι ένας απέραντος χώρος, χωρίς αρχή και τέλος, που περιέχει αντικείμενα και διαδικασίες που δεν συναντάμε στον πλανήτη που μας φιλοξενεί. Ταυτόχρονα, διέπεται από φυσικούς νόμους που μας επιτρέπουν να εξερευνήσουμε και να μελετήσουμε τις πολύπλοκες πλην πανέμορφες και ενδιαφέρουσες πτυχές του.

---

[10] Κατά τη μέθοδο αυτή, ο διδάσκοντας καθοδηγεί τους μαθητές ώστε να φέρουν στο προσκήνιο τις υπάρχουσες ιδέες τους επί του αντικειμένου μαθήσεως, και με διάφορες τεχνικές και μέσα να τις αντιπαραθέσουν με τις επιστημονικές.)[10]. Μέσα από την αντιπαράθεση θα προκύψουν οι αδυναμίες των ιδεών τους και τα προτερήματα των επιστημονικών, κυρίως σε επίπεδο ερμηνείας και πρόβλεψης γεγονότων.

[11] Η μέθοδος αυτή δεν φέρνει τους μαθητές στην «δύσκολη θέση» να αντιπαραθέσουν τις δικές τους ιδέες με τις επιστημονικές αλλά χρησιμοποιούνται άλλες τεχνικές διδακτικής αξιοποίησης των ιδεών των μαθητών.

Η μελέτη των αστρονομικών φαινομένων αντλεί γνώση μέσα από ένα σύμπλεγμα πολλών επιστημών. Η Φυσική παρέχει ανάμεσα σε άλλα, έννοιες όπως η βαρύτητα. Ο Ηλεκτρομαγνητισμός ως επιμέρους κλάδος της, εξηγεί μια πλειάδα φαινομένων από τη φύση του φωτός και την ύπαρξη του μαγνητικού πεδίου των πλανητών και αστέρων, μέχρι την εμφάνιση των ηλιακών κηλίδων και των θεαματικών «jets» ή «πιδάκων» που εκτοξεύονται από ορισμένου τύπου μελανές οπές. Η Πυρηνική Φυσική εξηγεί το μετασχηματισμό της ύλης σε ενέργεια μέσα από το φαινόμενο της σύντηξης, ενώ η Ατομική Φυσική εξηγεί τη φύση των δυνάμεων μεταξύ των ατόμων, και η Φυσική του Πλάσματος τη συμπεριφορά της ύλης όταν είναι μερικώς ή ολικώς ιονισμένη. Η Χημεία από την άλλη μπορεί να περιγράψει τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο διάστημα. Η Βιολογία δίνει εξηγήσεις για την –τουλάχιστον φαινομενική – απουσία ζωής σε άλλους πλανήτες εκτός από τη Γη, αλλά και την παρουσία βιολογικών μορίων όπως αμινοξέων σε τμήματα μετεωριτών. Η Γεωλογία που εξειδικεύεται στις ιδιότητες της Γης - δομή, σύσταση, εξέλιξη- επεκτείνεται για να εξηγήσει τις ιδιότητες άλλων πλανητών και δορυφόρων στο Ηλιακό μας Σύστημα. Και τα Μαθηματικά φυσικά έχουν ενεργό ρόλο στην Αστρονομία, αφού παρέχουν τα εργαλεία της ανάλυσης, επεξεργασίας και γενίκευσης των δεδομένων που συλλέγονται από τους ερευνητές.

Η πολυπλοκότητα και το ευρύ φάσμα των επιστημών υποβάθρου της Αστρονομίας μας οδηγεί στην βάσιμη υπόθεση ότι ορισμένες από τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σε βασικά θέματα Αστρονομίας μπορεί να οφείλονται σε παρανοήσεις ή έλλειψη γνώσεων που αφορούν τις επιστήμες αυτές.

Βέβαια, η ίδια η φύση των ουράνιων σωμάτων και φαινομένων που εξετάζει η Αστρονομία, τα οποία βρίσκονται σε αποστάσεις και έχουν διαστάσεις ασύλληπτες για τα ανθρώπινα μεγέθη αποτελεί τροχοπέδη στην διαδικασία της μάθησης στην Αστρονομία. Όλες οι πληροφορίες για τα ουράνια σώματα και φαινόμενα λαμβάνονται «από μακριά», μέσω των αστρονομικών παρατηρήσεων και των διαφόρων τεχνικών επεξεργασίας των δεδομένων. Οι μαθητές δεν μπορούν να έχουν άμεση, προσωπική πρόσβαση στις πληροφορίες αυτές, ώστε να επιβεβαιώσουν αυτά που διδάσκονται. Επιπλέον δε γνωρίζουν τα της επιστημονικής μεθόδου και δεν κατανοούν πώς συλλέγονται τα δεδομένα και πώς εξάγονται συμπεράσματα στην Αστρονομία. Αυτός είναι ο λόγος που ενίοτε διακατέχονται από δυσπιστία απέναντι στην αυθεντικότητα και την αλήθεια αυτών που διδάσκονται.

Εξάλλου, όλοι οι άνθρωποι, πολύ πριν την πρώτη τους «επίσημη» επαφή με την Αστρονομία στην αίθουσα διδασκαλίας του μαθήματος αυτού, έχουν ήδη διαμορφώσει κάποια νοητικά μοντέλα για την ερμηνεία των διαφόρων φαινομένων ,την ύπαρξη και τις ιδιότητες των ουρανίων σωμάτων. Έχουν ήδη τις δικές τους, προσωπικές, κοσμολογικές θεωρίες για το πώς λειτουργεί ο Κόσμος, για την προέλευση και την ηλικία του Σύμπαντος και για την ύπαρξη της ίδιας της ζωής.

Ωστόσο η ασυμβατότητα των μοντέλων αυτών με το επιστημονικό πρότυπο είναι συχνά αναπόφευκτη. Και αυτό γιατί τις περισσότερες φορές στηρίζονται σε ατελείς συλλογισμούς λόγω του περιορισμένου αριθμού δεδομένων – γνώσεων και σε λανθασμένες ερμηνευτικές προσεγγίσεις που γίνονται με τη χρήση της κοινής λογικής, η οποία αν και ανταποκρίνεται πολύ καλά στα προβλήματα της καθημερινής ζωής και στις ανθρώπινες σχέσεις, δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων, όπου απαιτούνται πιο λεπτοί, πιο σύνθετοι και πιο πειθαρχημένοι συλλογισμοί και κυρίως συλλογισμοί που δεν συγκρούονται με τα πειραματικά δεδομένα ή τις παρατηρήσεις, όσον αφορά την Αστρονομία.

Επιπλέον, οι άνθρωποι έχουν την τάση να εμπιστεύονται υπερβολικά τις αισθήσεις τους και τις πληροφορίες που λαμβάνουν μέσω αυτών, παρόλο που η αντικειμενικότητα τους αμφισβητείται,

καθώς η διακριτικότητα και η ευαισθησία των ανθρώπινων αισθήσεων (π.χ. της όρασης μας) δεν θεωρούνται ούτε τέλειες, ούτε ιδανικές.[12]

Και άλλοι παράγοντες όμως παίζουν ρόλο στη δημιουργία των εναλλακτικών ιδεών που πλαισιώνουν τα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία φαινομένων του Μεγάκοσμου. Ορισμένοι αποτελούν εσωτερικούς μηχανισμούς, όπως η πραγματοποίηση γενικεύσεων[13] και η παρερμηνεία της ορολογίας που χρησιμοποιείται στην Αστρονομία, λόγω της διαφορετικής σημασίας που μπορεί να έχει στην καθημερινή γλώσσα. Άλλοι παράγοντες αποτελούν προσωπικές πεποιθήσεις, όπως η πίστη στη μοναδικότητα[14] της Γης, του Ήλιου, της Σελήνης (σαν δορυφόρου της Γης), του Ηλιακού μας Συστήματος κοκ., και η πίστη στη μονιμότητα ή στην αιώνια ύπαρξη τους[15]. Σημαντικό ρόλο βέβαια παίζουν και οι ιδέες που προέρχονται από εξωτερικές πηγές και την επίδραση του ευρύτερου κοινωνικοπολιτισμικού περιβάλλοντος. Τέτοιες πηγές είναι η θεολογία[16], οι ταινίες επιστημονικής φαντασίας και τα κινούμενα σχέδια όπου οι νόμοι της φύσης παραβιάζονται συστηματικά, ο μινιμαλισμός των μέσων μαζικής ενημέρωσης και τέλος η παραπληροφόρηση και η παροχή «ξεπερασμένης» γνώσης, λόγω έλλειψης ενημέρωσης για τις επιστημονικές εξελίξεις.

2.5. Η διδασκαλία της Αστρονομίας και η αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών

Όπως αναφέρει και ο Philip Sadler στο άρθρο του «Astronomy's Conceptual Hierarchy»[17], δύο είναι οι παράγοντες που αυξάνουν το βαθμό δυσκολίας του εισαγωγικού μαθήματος της Αστρονομίας στα Πανεπιστήμια: πρώτον η εξάρτηση της επιστήμης αυτής από ένα ευρύ φάσμα επιστημών υποβάθρου, και δεύτερον οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών επί του αντικειμένου αυτού.

Ο Philip Sadler ήταν από τους πρώτους που ασχολήθηκαν ερευνητικά, με το ζήτημα της κατανόησης της Αστρονομίας από τους φοιτητές. Το παράδειγμα του κινητοποίησε ένα ρεύμα ερευνητικής δραστηριότητας στον τομέα της Εκπαίδευσης στην Αστρονομία, με μεγάλο μέρος των

---

[12] Για παράδειγμα, οι φωτουποδοχείς – αισθητήρες στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού μας, δεν είναι το ίδιο ευαίσθητοι σε όλα τα μήκη κύματος. Ανταποκρίνονται περισσότερο στο κίτρινο χρώμα. Έτσι, τα χρώματα που αποκτούν οι εικόνες - εσωτερικές μας αναπαραστάσεις για τα διάφορα αντικείμενα που παρατηρούμε, δεν είναι αυτά που εκπέμπουν στην πραγματικότητα τα αντικείμενα αυτά, αφού τα ίδια μας τα μάτια «αλλάζουν τα χρώματα» πριν καν εισέλθουν οι πληροφορίες σαν ηλεκτρικά σήματα στο οπτικό νεύρο.

[13] Στην περίπτωση που κατέχουμε κάποιες στοιχειώδεις – βασικές γνώσεις στην Αστρονομία, οι περισσότεροι από εμάς τείνουμε να «συμπληρώνουμε» τις λεπτομέρειες που δεν γνωρίζουμε, ανάλογα με αυτά που ήδη γνωρίζουμε, πραγματοποιώντας δηλαδή γενικεύσεις.

[14] Η εσφαλμένη εντύπωση ότι η Γη, ή η Σελήνη, ή ο Ήλιος είναι κάτι το μοναδικό και ξεχωριστό στο Σύμπαν. Η εντύπωση αυτή έχει τις ρίζες της στην παιδική ηλικία, αλλά εξακολουθεί να υπάρχει στο υποσυνείδητο όλων των ανθρώπων σαν μια εδραιωμένη αρχή - ακόμα και αν μορφωθούμε και καταλάβουμε ότι είναι λανθασμένη – ίσως γιατί με αυτό τον τρόπο και ο άνθρωπος νιώθει ότι κατέχει μια προνομιακή θέση στο Σύμπαν.

[15] Η ιδέα της μονιμότητας ή της αιώνιας ύπαρξης της ανθρωπότητας και του πλανήτη μας, πηγάζει από το αρχέγονο ένστικτο της επιβίωσης του ανθρώπου. Φαίνεται να κυριαρχεί στην παιδική ηλικία, όπου αφορά και τον ίδιο τον άνθρωπο (τα παιδιά δεν μπορούν να εξοικειωθούν με την έννοια του θανάτου εύκολα, αν και μπορεί να συμβεί σε σπάνιες περιπτώσεις) , ενώ αργότερα στην ενηλικίωση ο άνθρωπος έχει αποδεχτεί την θνησιμότητα του είδους του, αλλά επεκτείνει - μετατοπίζει την ιδέα της μονιμότητας ή της αιώνιας ύπαρξης στα ουράνια σώματα, όπως η Γη, ο Ήλιος και τα αστέρια.

[16] Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο χαρακτηρισμός αυτός έγινε από τους ίδιους τους κατόχους των ιδεών σε διάφορες συνεντεύξεις μαθητών που έγιναν επί αυτού του σκοπού.

[17] Sadler, P. M. Astronomy's Conceptual Hierarchy. *Astronomy education: current developments, future coordination Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, Volume 89, Proceedings of an ASP symposium held in College Park, MD, 24-25 June 1994, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific (ASP), |c1996, edited by John A. Percy, p.46

προσπαθειών αυτών να επικεντρώνεται στη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών σε βασικά θέματα Αστρονομίας.

Κοινό πόρισμα όλων αυτών των ερευνητικών μελετών είναι ότι, η διδασκαλία της Αστρονομίας για να είναι αποτελεσματική, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις εναλλακτικές ιδέες των διδασκομένων. Διαφορετικά, οι διδασκόμενοι δεν θα μπορέσουν να φέρουν εις πέρας το ταξίδι τους από τις πρώιμες ιδέες και αντιλήψεις τους σε απόψεις που πλησιάζουν, όσο το δυνατόν περισσότερο, την επιστημονική αλήθεια.

3

ΜΙΑ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΕΘΝΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

3.1. Εισαγωγή – Η εκπαιδευτική έρευνα στον τομέα της Αστρονομίας

Η Εκπαίδευση στην Αστρονομία (Astronomy Education) είναι ένα σχετικά καινούριο ερευνητικό πεδίο. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ραγδαία, με μελέτες να πραγματοποιούνται σε ολόκληρο τον κόσμο.

Οι ερευνητικές μελέτες του πεδίου αυτού, έχουν βασικό στόχο την συστηματική ανάλυση θεμάτων όπως:

- Οι ιδέες των μαθητών σε έννοιες και φαινόμενα της Αστρονομίας.
- Η αποτελεσματικότητα μιας διδακτικής μεθόδου.
- Η βελτίωση των αναλυτικών προγραμμάτων.

Κρίνεται σκόπιμο, για την εξυπηρέτηση των σκοπών της μελέτης αυτής, να γίνει μια παράθεση των αποτελεσμάτων επιλεγμένων ερευνητικών μελετών που έγιναν παγκοσμίως, και αφορούν τις εναλλακτικές ιδέες προπτυχιακών φοιτητών διαφορετικών Πανεπιστημίων του εξωτερικού με αναφορά στη μεθοδολογία και σε ορισμένα χαρακτηριστικά του δείγματος.

3.2. Οι ιδέες μαθητών και φοιτητών στην Αστρονομία σύμφωνα με διεθνείς έρευνες

3.2.1. Κατηγοριοποίηση των ερευνητικών μελετών ανάλογα με το εύρος των θεμάτων που εξετάζουν

Οι διάφορες έρευνες για τις ιδέες παιδιών και ενηλίκων από διάφορα μέρη του κόσμου σχετικά με βασικά θέματα Αστρονομίας, μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το εύρος τους φάσματος των θεμάτων που καλύπτουν.

Στην πρώτη κατηγορία μπορούν να συμπεριληφθούν οι μελέτες που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών θεμάτων, στις οποίες αναγκαστικά δεν διερευνώνται όλες οι πτυχές του κάθε θέματος εις βάθος . Με την μελέτη των αποτελεσμάτων τους όμως, μπορεί να σχηματίσει κανείς μια γενική εικόνα των ιδεών παιδιών και ενηλίκων, και να βρει τις ομοιότητες και διαφορές που παρουσιάζουν σε κάθε περιοχή του κόσμου, εκπαιδευτικό σύστημα και ηλικία.

Στην δεύτερη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται οι μελέτες που διερευνούν σε βάθος συγκεκριμένα θέματα. Δεν μπορεί κανείς να αποκτήσει μια γενική εικόνα για τις ιδέες των μαθητών ή φοιτητών, αλλά μπορεί να αποκτήσει μια πιο πλήρη εικόνα για τα συγκεκριμένα θέματα που διερευνώνται.

Ένας από τους στόχους της παρούσας μελέτης είναι η πραγματοποίηση μιας σύγκρισης μεταξύ των αποτελεσμάτων της δικής μας έρευνας - που εξετάζει τις ιδέες των φοιτητών ένα ευρύ πεδίο θεμάτων Αστρονομίας- και των αποτελεσμάτων παρόμοιου τύπου ερευνών που έγιναν στο εξωτερικό. Για το

σκοπό αυτό, θα παρουσιάσουμε μόνο τα αποτελέσματα των ερευνών στις ιδέες μαθητών μεγαλύτερης ηλικίας και φοιτητών σε ένα ευρύ πεδίο θεμάτων Αστρονομίας (πρώτη κατηγορία ερευνών).

3.2.2. Ερευνητικές μελέτες στις ιδέες των μαθητών και φοιτητών σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων Αστρονομίας

Οι ερευνητικές μελέτες αυτής της κατηγορίας, αντιστοιχούν στην πραγματοποίηση και ανάλυση γραπτών διαγνωστικών τεστ (ερωτηματολογίων) με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Αυτός ο τύπος διαγνωστικού εργαλείου επιτρέπει την εξαγωγή όχι μόνο ποιοτικών αλλά και ποσοτικών αποτελεσμάτων.

Οι απαντήσεις των ερωτήσεων του διαγνωστικού τεστ, περιλαμβάνουν τις πιο συχνές εναλλακτικές ιδέες πάνω στο θέμα που εξετάζει η κάθε ερώτηση - οι οποίες έχουν ήδη καταγραφεί από προηγούμενες μελέτες και βρίσκονται σε διάφορες βάσεις δεδομένων- και φυσικά δίνεται ως επιλογή και η ορθή επιστημονικώς άποψη.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται ο συγκεκριμένος τύπος διαγνωστικού εργαλείου, τα χαρακτηριστικά του οποίου παρουσιάζονται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

3.2.3. Μια σύνοψη των ερευνητικών μελετών για την ανάδειξη και μελέτη των εναλλακτικών ιδεών στην Αστρονομία με τη χρήση διαγνωστικών τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Ο Philip Sadler στα πλαίσια της διατριβής του, πραγματοποίησε το 1992 την πρώτη μεγάλης κλίμακας ποσοτική μελέτη των εναλλακτικών ιδεών στην Αστρονομία σε δείγμα 1400 μαθητών Λυκείου, όπου και υπολόγισε μέσο όρο σωστών απαντήσεων 34%. Ακόμη βρήκε ότι 19 από τις 51 εναλλακτικές ιδέες προτιμούνταν από τους μαθητές έναντι των σωστών απαντήσεων.

Το έργο του Sadler, και ιδιαίτερα το διαγνωστικό εργαλείο που χρησιμοποίησε στη διατριβή του αλλά σε μια αναθεωρημένη του έκδοση, συνετέλεσε στην ανάπτυξη του «Project STAR»[18], ενός προγράμματος χρηματοδοτημένου από το Harvard – Smithsonian Center of Astrophysics σε συνεργασία με το National Science Foundation (Η.Π.Α.). Βασικός στόχος του προγράμματος αυτού ήταν η διδασκαλία βασικών νόμων της Φυσικής και των Μαθηματικών μέσω της Αστρονομίας. Το πρόγραμμα που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και πολλές hands – on δραστηριότητες, παρακολούθησαν περισσότεροι από 2500 μαθητές. Στα αποτελέσματα του παρουσιάζονται οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών πριν, και η εννοιολογική αλλαγή που παρατηρήθηκε μετά την παρακολούθηση του προγράμματος. Ο ίδιος ο Sadler, σε άρθρο του, για το οποίο είχε λάβει το «Outstanding Paper Award» από την NARST[19], σχολιάζει τα αποτελέσματα του Project Star και καυτηριάζει την αντίθεση μεταξύ των αποτελεσματικών εκπαιδευτικών hands –on δραστηριοτήτων που παρουσιάζονται από το Project Star, και των παραδοσιακών δασκαλοκεντρικών μεθόδων διδασκαλίας της Αστρονομίας. Ακόμη, σχετικά με τα σχολικά συγγράμματα αναφέρει: «*Η ύλη των σχολικών συγγραμμάτων που προτείνεται από το αναλυτικό πρόγραμμα στη χώρα μας* (εννοεί προφανώς τις Η.Π.Α.) *είναι εντελώς παράταιρη με τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής* (του Project Star). *Μερικά θέματα είναι συχνά ακατάλληλα για την ηλικία των μαθητών στους οποίους προορίζονται, και δεν αντιστοιχούν σε αυτά που ήδη γνωρίζουν οι μαθητές και σε αυτά που μπορούν να μάθουν*». (Sadler 1998, p.285)[20]

Αργότερα πραγματοποιήθηκαν και άλλες ποσοτικές μελέτες με θέμα τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών ή φοιτητών στην Αστρονομία, από ερευνητές που εντάσσονται στο δυναμικό διαφόρων

[18] Το ακρωνύμιο «STAR», προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων: Science Teaching through its Astronomical Roots .
[19] Το ακρωνύμιο «NARST» προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων: National Association for Research in Science Teaching.
[20] Bailey, J. M., Slater, T. F. *A Review of Astronomy Education Research*. Astronomy Education Review, **2** (2), 2004, pp. 20-45.

Πανεπιστημίων του εξωτερικού. Ένας από αυτούς ήταν και ο Trumper[21] του Πανεπιστημίου της Haifa στο Ισραήλ, ο οποίος σχεδίασε το δικό του διαγνωστικό τεστ, συνδυάζοντας και τροποποιώντας ερωτήσεις από προηγούμενα διαγνωστικά τεστ Αστρονομίας και Φυσικής. Το 2000 πραγματοποίησε το πρώτο του διαγνωστικό τεστ, σε δείγμα 76 φοιτητών που ακολουθούσαν διαφορετικά αντικείμενα σπουδών- μόνο το 30% των φοιτητών προσανατολιζόταν στις θετικές επιστήμες . Στα αποτελέσματα του αναφέρει ότι η συχνότητα εμφάνισης συγκεκριμένων εναλλακτικών ιδεών στις απαντήσεις των μαθητών, είναι παρόμοια με αυτήν που βρέθηκε σε προηγούμενες μελέτες (από τις οποίες προήλθαν οι ερωτήσεις που συμπεριέλαβε στο τεστ του ο Trumper), ενώ ο μέσος όρος σωστών απαντήσεων, 48,5%, προσεγγίζει επίσης τον μέσο όρο που υπολογίσθηκε στη μελέτη του Bisart et al. (1994) [21]. Τα αποτελέσματα αυτά (μέσος όρος σωστών απαντήσεων ερώτηση προς ερώτηση & επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα σε διάφορα θέματα Αστρονομίας) παρατίθενται συνοπτικά στον Πίνακα 1 του Παραρτήματος Α.

Το 2001 ο Trumper επανέλαβε την έρευνα του σε δείγματα τριών διαφορετικών πληθυσμών: δασκάλων στο στάδιο της προ-ϋπηρεσιακής τους κατάρτισης[22], μαθητών Γυμνασίου[23], και μαθητών Λυκείου[24], οι οποίες παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα με την πρώτη του έρευνα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Trumper σε κάθε του μελέτη, παρείχε ανάλυση των αποτελεσμάτων ερώτηση-προς-ερώτηση (question - by question analysis). Τα αποτελέσματα όσον αφορά τους μαθητές Λυκείου, αναγράφονται συνοπτικά στον Πίνακα 2 του Παραρτήματος Α.

Το 2008 δημοσιεύτηκαν τα αποτελέσματα μιας άλλης ερευνητικής μελέτης [25], του «πειράματος» όπως χαρακτηρίζεται από την ερευνητική ομάδα των Jacobi, Ian C.· Newberg, Heidi Jo· Broder, Darren· Finn, Rose A.· Milano, Anthony J.· Newberg, Lee A.· Weatherwax, Allan T. και Whittet, Douglas C. B., που είχε σκοπό τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των νυχτερινών εργαστηρίων Αστρονομίας στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Το «πείραμα» αυτό περιελάμβανε τη διεξαγωγή ενός αριθμού νυχτερινών εργαστηρίων με διάφορες hands-on δραστηριότητες, όπως η παρατήρηση με τηλεσκόπια. Το 2006 παρακολούθησαν το εργαστήριο 82 φοιτητές και 68 φοιτητές το 2007. Πριν και μετά την παρακολούθηση των εργαστηρίων αυτών οι φοιτητές απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο (διαγνωστικό τεστ) που αποτελούνταν από 25 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, με περιεχόμενο ανάλογο με τα θέματα που διδάσκονταν στα εργαστήρια (θέματα παρατηρησιακής Αστρονομίας) αλλά και με το αντίστοιχο θεωρητικό μάθημα της Αστρονομίας. Τα αποτελέσματα τους αναδεικνύουν ότι οι φοιτητές κατείχαν εναλλακτικές ιδέες σε διάφορα θέματα Αστρονομίας, από τις οποίες μερικές δεν άλλαξαν ακόμη και μετά την παρακολούθηση των εργαστηρίων. Τα ποσοστά σωστών απαντήσεων για κάθε ερώτηση παρατίθενται στον Πίνακα 3 του Παραρτήματος Α.

Τα διαγνωστικά εργαλεία – τεστ που εντάσσονταν στις ερευνητικές μελέτες αυτές αλλά και σε άλλες που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα μέρη του κόσμου από το 1992 και μετά, δεν αποτελούνταν από τυποποιημένες ερωτήσεις θεμάτων Αστρονομίας. Σε γενικές γραμμές κάθε ερευνητής ή ερευνητική ομάδα, δημιουργούσε κάθε φορά το δικό της τεστ.

Επιπλέον, οι απαραίτητες διαδικασίες για την διασφάλιση των παραγόντων της αξιοπιστίας (reliability) και της ισχύος (validity) των διαγνωστικών τεστ δεν πραγματοποιούνταν σε όλες τις

[21] Trumper, R. *University Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts*. Physics Education, **35**(1), 2000, pp. 9-15.
[22] Trumper, R. A cross-college age study of science and non science students' conceptions of basic astronomy concepts in Preservise training for high school teachers. Journal of Science Education and Technology, **10** (2), 2001a, pp. 189–195
[23] Trumper, R. A Cross Age Study of Junior High School Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts. International Journal of Science Education, **23**(11), 2001b, pp. 1111-1123.
[24] Trumper, R. A Cross Age Study of Senior High School Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts. Research in Science and Technological Education, **19**(1), 2001c, pp. 97-109.
[25] Jacobi, I. C.· Newberg, H. J. · Broder, D.· Finn, R. A.· Milano, A. J.· Newberg, L. A.· Weatherwax, A. T.· Whittet, D. C. B. Effect of Night Laboratories on Learning Objectives for a Nonmajor Astronomy Class. Astronomy Education Review, 7(2), 2008, pp. 66-73. [online] Available from: <http://scitation.aip.org/journals/doc/AERSCZ-ft/vol_7/iss_2/66_1.html>

περιπτώσεις, παρόλο που οι παράγοντες αυτοί θεωρούνται πολύ σημαντικοί στην εκπαιδευτική έρευνα. Σύμφωνα με την G. Deming, η αξιοπιστία σχετίζεται με την εσωτερική συνέπεια των δεδομένων που συλλέγονται με τη βοήθεια του διαγνωστικού τεστ, ενώ η ισχύς με το κατά πόσον συλλέγονται τα επιθυμητά αποτελέσματα. Συνεπώς η διασφάλιση ενός ικανοποιητικού βαθμού αξιοπιστίας θα σημαίνει ότι τα αποτελέσματα του τεστ μεταξύ παρόμοιων πληθυσμών θα έχουν μια εσωτερική συνέπεια, ενώ η διασφάλιση της ισχύος θα σημαίνει ότι υπάρχει συμφωνία μεταξύ των ειδικών για τις σωστές απαντήσεις, αλλά επίσης σημαίνει ότι όταν ένας μαθητής απαντήσει λάθος σε μια ερώτηση τότε δεν κατανοεί το θέμα της ερώτησης.[26]

3.2.4. Το *Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας 2.0.* (Astronomy Diagnostic Test, Version 2.0.)

Το *Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας*, έκδοσης 2.0. (ADT 2.0.) εντάσσεται σε μια πολύ μεγάλης κλίμακας ερευνητική μελέτη, και αξίζει να αποτελεί ξεχωριστή κατηγορία. Στηρίζεται στο έργο του Michael Zeilik και των συνεργατών του, μιας ομάδας επιστημόνων από διάφορα πανεπιστήμια της Αμερικής, με τα ερευνητικά τους ενδιαφέροντα να προσανατολίζονται στον τομέα της Εκπαίδευσης στην Αστρονομία. Το ADT 2.0. είναι το πιο γνωστό τυποποιημένο διαγνωστικό τεστ Αστρονομίας με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Βασικός σκοπός της δημιουργίας του είναι η ποσοτική μελέτη της κατανόησης βασικών θεμάτων Αστρονομίας.

Ένα από τα χαρακτηριστικά του ADT 2.0. είναι ότι χρησιμοποιεί απλή, εκλαϊκευμένη ορολογία και όχι επιστημονική. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις περιπτώσεις που ο πληθυσμός που εξετάζεται δεν έχει επιστημονική κατάρτιση στο αντικείμενο της Αστρονομίας.

Το ADT 2.0. έχει περάσει μέσα από όλες τις διαδικασίες και ελέγχους ώστε να διασφαλιστεί η αξιοπιστία (reliability) και ισχύς (validity) του και θεωρείται ένα σοβαρό διαγνωστικό εργαλείο εκπαιδευτικής έρευνας.

Μια πρώιμη μορφή του ADT 2.0. είχε ονομαστεί από τους εισηγητές του τεστ Zeilik, Schau και Mattern, *Misconceptions Measure* (Μέτρο Εναλλακτικών Ιδεών) [27]. Αρχικά περιελάμβανε ερωτήσεις από το *Project Star*, στις οποίες προστέθηκαν από τους εισηγητές και άλλες ερωτήσεις, προσαρμοσμένες στην ύλη του εισαγωγικού μαθήματος της Αστρονομίας το οποίο προσφέρεται σε διάφορα τμήματα του Πανεπιστημίου του New Mexico. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα σύνολο 15 ερωτήσεων, οι οποίες δόθηκαν σε 251 φοιτητές πριν και μετά την παρακολούθηση του εισαγωγικού μαθήματος της Αστρονομίας. Ο μέσος όρος σωστών απαντήσεων του τεστ πριν και μετά την παρακολούθηση, ήταν 40% και 60% αντίστοιχα, οπότε και το ποσοστό μέσης εννοιολογικής αλλαγής (gain = διαφορά μέσου όρου πριν και μετά) ήταν 20%. Τα αναλυτικά αποτελέσματα (μέσος όρος σωστών απαντήσεων ερώτηση προς ερώτηση & η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα για κάθε ερώτηση) παρατίθενται στον Πίνακα 4 του παραρτήματος Α. Μια αξιοσημείωτη παρατήρηση των Zeilik, Schau και Mattern [27] σχετικά με τα αποτελέσματα αυτά, είναι ότι σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες επί του θέματος, οι φοιτητές φαίνεται να έχουν τη Νευτώνεια οπτική των φυσικών νόμων, και όχι την Αριστοτελική. Ωστόσο, οι γνώσεις τους για τη φύση του φωτός και τα φάσματα, φαίνονται να είναι περιορισμένες.

Αργότερα πραγματοποιήθηκαν και άλλες έρευνες με διαγνωστικό εργαλείο το *Misconceptions Measure*, σε φοιτητές με κύριο μάθημα ειδίκευσης (major degree) την Αστρονομία αλλά και σε φοιτητές του Πανεπιστημίου του Central Michigan που δεν έχουν το μάθημα αυτό σαν κύριο (non major). Τα

[26] Deming, G. L. *Results from the Astronomy Diagnostic Test National Project*. The Astronomy Education Review, **1**(1), 2002, pp. 52-57 [online] Available from: <http://aer.noao.edu/figures/v01i01/01-01-01-05.pdf>.
[27] Zeilik, M., Schau,C., Mattern, N., *Misconceptions and Their Change in University - Level Astronomy Courses*, The Physics Teacher, **36**, 1998. Pp. 104-107

αποτελέσματα όσον αφορά το ποσοστό μέσης εννοιολογικής αλλαγής, ήταν παρόμοια σε όλες τις περιπτώσεις. Οι εισηγητές του *Misconceptions Measure* απέδωσαν την εννοιολογική αλλαγή που σημειώθηκε στο συνδυασμό συνεργατικής μάθησης σε ομάδες και στη χρήση διδακτικών εργαλείων όπως είναι οι *εννοιολογικοί χάρτες*.[28]

Το *Misconceptions Measure* εξελίχθηκε τελικά στο ADT, το οποίο μέσα από μια σειρά εκτεταμένων συνεντεύξεων σε δείγμα φοιτητών, αναθεωρήθηκε, και τελικά δημιουργήθηκε το ADT έκδοσης 2.0.

Οι πρώιμες μορφές του ADT (1.X) αποτέλεσαν υλικό για το σχεδιασμό διαγνωστικών εργαλείων και την πραγματοποίηση ερευνών που αφορούσαν την εννοιολογική αλλαγή των ιδεών των φοιτητών που παρακολουθούσαν εισαγωγικά μαθήματα Αστρονομίας σε διάφορα Πανεπιστήμια και Κολλέγια (πραγματοποίηση pre- και post-test). Μια από αυτές τις έρευνας έγινε στο Πανεπιστήμιο του New Mexico (1996 – 1997). Τα δείγματα αποτελούνταν από φοιτητές που είχαν επιλέξει το μάθημα Astronomy 270 που διδάσκεται στο χειμερινό εξάμηνο και το Astronomy 271 που διδάσκεται στο εαρινό εξάμηνο. Το τεστ πραγματοποιήθηκε από τα δείγματα των φοιτητών πριν και μετά την παρακολούθηση των αντίστοιχων μαθημάτων. Τα αποτελέσματα των φοιτητών στο τεστ πριν και μετά την παρακολούθηση του Astronomy 270, και Astronomy 271 παρατίθενται στους πίνακες 5 και 6 του Παραρτήματος Α.

Η τελευταία έκδοση του ADT, έκδοση 2.0., χρησιμοποιήθηκε σε ένα εθνικό πρόγραμμα, το ADT National Project, στο οποίο συμμετείχαν πολλά Πανεπιστήμια και Κολλέγια της Αμερικής - τα Πανεπιστήμια και Κολλέγια που συμμετείχαν, εκπροσωπούσαν 31 Πολιτείες της Αμερικής) με τη βοήθεια 68 καθηγητών Αστρονομίας. Συγκεκριμένα το δείγμα των φοιτητών που συμμετείχαν στο πρόγραμμα αποτελούνταν από 5346 φοιτητές που απάντησαν στο τεστ πριν (pre-test) και 3846 φοιτητές που απάντησαν στο τεστ μετά (post-test) την παρακολούθηση του εισαγωγικού μαθήματος στην Αστρονομία. Οι φοιτητές που συμμετείχαν προέρχονταν από 97 διαφορετικές τάξεις (50, 25, και 22 τάξεις Πανεπιστημίων, Κολλεγίων τεταρτοετούς φοίτησης, και Κολλεγίων διετούς φοίτησης, αντίστοιχα) μέσα από, με αριθμούς φοιτητών από 4 έως 320. Ο μέσος όρος σωστών απαντήσεων των φοιτητών στο pre-test βρέθηκε ίσος με 32,4% και στο post-test 47,3%.[26]

Η ανάλυση για τον έλεγχο της αξιοπιστίας (reliability) του ADT 2.0., πραγματοποιήθηκε στο *Ontario Institute for Studies in Education (OISE).* Το *OISE* υπολόγισε τις τιμές του συντελεστή άλφα του Cronbach (συντελεστής που μετρά εσωτερική συνέπεια και άρα την αξιοπιστία) για το pre και post-test, και οι τιμές βρέθηκαν ικανοποιητικές. Όσον αφορά την ισχύ του τεστ (validity), η συμφωνία της τάξης του 98% των 44 καθηγητών που απάντησαν στις ερωτήσεις του τεστ το 2001, είναι αρκετή ώστε να τη διασφαλίσει. [26]

Τα αποτελέσματα του ADT National Project και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών πληθυσμών που εξετάστηκαν, καθώς και αντίγραφο του ADT 2.0., βρίσκονται σε βάση δεδομένων που είναι στη διάθεση κάθε ενδιαφερομένου σε ανάλογη ιστοσελίδα που έχει δημιουργηθεί.[29]

Το ADT 2.0. συστήνεται από τους εισηγητές του για να χρησιμοποιηθεί ως ένα διαγνωστικό εργαλείο με το οποίο μπορεί να εξαχθούν συμπεράσματα για τις πιο κοινές εναλλακτικές ιδέες εντός ενός πληθυσμού, καθώς επίσης και για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας μιας διδακτικής μεθόδου ή προσέγγισης και ακόμη για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ πληθυσμών με παρόμοια

---

[28] *Ο «εννοιολογικός χάρτης» (concept map) είναι ένα γνωστικό εργαλείο που αναπαριστά τις σχέσεις - συνδέσεις μεταξύ εννοιών με ένα ολοκληρωμένο και ιεραρχικό τρόπο.* (Γρηγοριάδου, Γουλή ,& Γογόλου, 2003, [online] Available from < http://hermes.di.uoa.gr/lab/cvs/papers/gogoulou/ggg-ODL-2003.pdf>). Είναι στην ουσία *μια εικονική αναπαράσταση της γνωστικής δομής για μια συγκεκριμένη έννοια.*(Κόκκοτας, 2002, [online] Available from <http://www.primedu.uoa.gr/sciedu/new_ant/new_ergal.htm>) Λειτουργεί ταυτόχρονα σαν διδακτικό εργαλείο, μαθησιακό έργο ενώ εξυπηρετεί και στην αυτό-αξιολόγηση.

[29] <http://solar.physics.montana.edu/aae/adt/>

δημογραφικά χαρακτηριστικά. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όμως ως εργαλείο αξιολόγησης μεμονωμένων ατόμων ξεχωριστά, αφού λόγω του εύρους του φάσματος των θεμάτων που καλύπτει το τεστ, δεν είναι εφικτό να αγγίξει σε βάθος την κατανόηση των φοιτητών για όλες τις πτυχές του κάθε θέματος.

Στο Παράρτημα Α, παραθέτουμε τα στοιχεία για τα pre-test – αποτελέσματα που περιέχονται στη βάση δεδομένων που έχουμε προαναφέρει, καθώς και ορισμένα από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά της κάθε τάξης. (Πίνακας 7) Ακολουθεί το γράφημα του μέσου όρου σωστών απαντήσεων συναρτήσει του αριθμού των φοιτητών κάθε τάξης (Γράφημα 1).

3.3. Γενικά συμπεράσματα και πορίσματα από τις διεθνείς έρευνες στις εναλλακτικές ιδέες στην Αστρονομία

Το βασικό συμπέρασμα όλων των ερευνητικών μελετών που περιγράφονται στο παρόν κεφάλαιο είναι ότι οι μαθητές διαθέτουν ένα φάσμα εναλλακτικών ιδεών σε βασικά θέματα Αστρονομίας. Πολλές από τις ιδέες αυτές, είναι βαθιά «ριζωμένες» γιατί εντάσσονται στα νοητικά μοντέλα ερμηνείας του φυσικού κόσμου και κατ’ επέκταση του «Μεγάκοσμου», και έτσι η εννοιολογική αλλαγή δεν επιτυγχάνεται εύκολα.

Συνοπτικά, τα κύρια σημεία – συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη των αποτελεσμάτων των ερευνών που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο, είναι τα εξής:

1. Οι ιδέες/ νοητικά μοντέλα των ενηλίκων είναι συνήθως ένας συνδυασμός των πρώιμων εναλλακτικών τους ιδεών/ μοντέλων και σχολικών –επιστημονικών γνώσεων.
2. Για τα θέματα Αστρονομίας με κύριο εννοιολογικό άξονα τις αστρονομικές κλίμακες μεγεθών και αποστάσεων, παρουσιάζεται μεγάλο ποσοστό εναλλακτικών ιδεών όπως δείχνουν τα αποτελέσματα των ερευνών στους διάφορους πληθυσμούς.
3. Εναλλακτικές ιδέες σχετικά με θέματα Φυσικής, παίζουν αρνητικό ρόλο στη δημιουργία σωστών επιστημονικά νοητικών μοντέλων που αφορούν θέματα Αστρονομίας.
4. Οι εναλλακτικές ιδέες μαθητών και φοιτητών όπως αναδείχθηκαν από τις έρευνες αυτές, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν μέσα σε διαφορετικά χωρο-χρονικά πλαίσια, παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά, κάτι που παρέχει μια ισχυρή ένδειξη για την παγκοσμιότητα και τη διαχρονικότητα του χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση της έρευνας (προετοιμασία του Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομία, μεθοδολογία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων του Τεστ) που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας, σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής του Α.Π.Θ. σε βασικά θέματα Αστρονομίας.

4

Η ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΙΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΕΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ Α.Π.Θ. ΣΕ ΒΑΣΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

4.1. Εισαγωγή – Στόχοι της έρευνας

Ο βασικός στόχος της μελέτης αυτής είναι η ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης σε βασικά θέματα Αστρονομίας, με τη χρήση ενός διαγνωστικού εργαλείου, και συγκεκριμένα ενός ερωτηματολογίου με 21 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.[30,31] Ένας δεύτερος στόχος είναι η σύγκριση - όποτε αυτή είναι εφικτή- των αποτελεσμάτων μας με τα αποτελέσματα άλλων διεθνών ερευνών, ως επιβεβαίωση της παγκοσμιότητας και διαχρονικότητας του χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών.

Οι εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις ως μέρος της προϋπάρχουσας γνώσης των φοιτητών, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην οικοδόμηση της ορθής επιστημονικώς γνώσης και γενικά στη μάθηση, και αυτό αποτελεί κοινό πόρισμα πολλών ερευνών στο πεδίο της εκπαίδευσης γενικά, αλλά και ειδικά στο πεδίο της εκπαίδευσης στην Αστρονομία. Το πόρισμα αυτό, είναι το σημείο αφετηρίας αυτής της μελέτης - μια σταθερά που θεωρείται δεδομένη, και ταυτόχρονα το έναυσμα της.

Ένα δεύτερο σημείο – σταθερά, που επιβάλλεται λόγω της επιλογής χρήσης του συγκεκριμένου τύπου διαγνωστικού εργαλείου, είναι ότι οι εναλλακτικές ιδέες που αναδεικνύονται μέσα στο δείγμα, είναι ένα υποσύνολο των ιδεών που έχουν ήδη αναδειχθεί σε παλαιότερες ερευνητικές μελέτες σε παρόμοιους πληθυσμούς, και οι οποίες θεωρούνται οι πιο συνηθισμένες και διαδεδομένες.

Στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου αυτού, γίνεται μια περιγραφή του τύπου του γραπτού τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ως διαγνωστικό εργαλείο. (χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα, σκοποί χρήσης). Στη συνέχεια περιγράφεται η μεθοδολογία της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της μελέτης αυτής, όσον αφορά την προετοιμασία και το σχεδιασμό του διαγνωστικού τεστ. Ακολουθεί η περιγραφή της διαδικασίας διανομής του τεστ στο δείγμα και της μεθοδολογίας επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων που συλλέχθηκαν μετά την πραγματοποίηση του τεστ από το δείγμα.

4.2. Το γραπτό τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ως διαγνωστικό εργαλείο εναλλακτικών ιδεών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο τύπος διαγνωστικού εργαλείου που επιλέχθηκε για να χρησιμοποιηθεί στην παρούσα μελέτη είναι το γραπτό διαγνωστικό τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Για κάθε ερώτηση προτείνονται από τον εισηγητή ένας αριθμός εναλλακτικών απαντήσεων –

[30] Για κάθε ερώτηση υπάρχει μόνο μία σωστή απάντηση που περιλαμβάνεται στις επιλογές που προτείνονται από τον εισηγητή κάτω από κάθε ερώτηση. Οι υπόλοιπες επιλογές είναι επιστημονικώς λανθασμένες ως απαντήσεις του εκάστοτε ερωτήματος.
[31] Το Διαγνωστικό Τεστ στην Αστρονομία, δηλαδή το διαγνωστικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

επιλογών, από τις οποίες ο φοιτητής μπορεί να επιλέξει μόνο μία ως την ορθή απάντηση της ερώτησης. Ανάμεσα στις επιλογές που προτείνονται ως απαντήσεις κάθε ερώτησης, μόνο η μία είναι η ορθή επιστημονικώς. Οι υπόλοιπες απαντήσεις – επιλογές είναι λανθασμένες και αποτελούν εναλλακτικές ιδέες που προέρχονται από τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών.

Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου διαγνωστικού εργαλείου δικαιολογείται λόγω ορισμένων χαρακτηριστικών και πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει το διαγνωστικό αυτό εργαλείο σε σύγκριση με άλλα, τα οποία το καθιστούν κατάλληλο για την εξυπηρέτηση των σκοπών της μελέτης αυτής.

4.2.1. Χαρακτηριστικά του διαγνωστικού τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Το γραπτό διαγνωστικό τεστ (ερωτηματολόγιο) με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Οι ερωτήσεις που περιέχει δεν είναι γενικές, αλλά εξειδικευμένες.
- Είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο που να αναδεικνύει συγκεκριμένες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών – φοιτητών. Οι ιδέες αυτές έχουν ήδη καταγραφεί μέσα από προηγούμενες ερευνητικές μελέτες και βρίσκονται σε διάφορες ερευνητικές βάσεις δεδομένων.
- Ο μαθητής/φοιτητής πρέπει να έχει ξεκάθαρη εικόνα – γνώση ενός θέματος που εξετάζει η κάθε ερώτηση του διαγνωστικού τεστ, ούτως ώστε να επιλέξει τη σωστή απάντηση.

4.2.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του διαγνωστικού τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα του διαγνωστικού τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, είναι τα εξής:

- Μπορεί να απαντηθεί από μεγάλο αριθμό φοιτητών/μαθητών.
- Οι φοιτητές/μαθητές μπορούν να απαντήσουν όλες τις ερωτήσεις σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα (30 λεπτά το μέγιστο).
- Μπορούν να διερευνηθούν οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών/μαθητών για ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών θεμάτων.
- Ο τύπος αυτός του τεστ είναι εύκολος στη διόρθωση και ανάλυση αποτελεσμάτων – εφόσον κάθε λανθασμένη επιλογή αναδεικνύει συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα, και κάθε σωστή επιλογή σημαίνει ότι ο φοιτητής/μαθητής κατέχει την ορθή επιστημονικώς γνώση του θέματος.

Βέβαια υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα που συνοδεύουν την επιλογή χρήσης του συγκεκριμένου διαγνωστικού εργαλείου. Αυτά είναι τα εξής:

- Χρειάζεται να πιστοποιηθεί η αξιοπιστία και ισχύς του τεστ (reliability and validity), δηλαδή να επιβεβαιωθεί ότι οι λανθασμένες επιλογές που προτείνονται σε κάθε ερώτηση αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες εναλλακτικές ιδέες – νοητικά μοντέλα, και ότι αν ο φοιτητής/μαθητής κατέχει την ορθή επιστημονικώς γνώση στο θέμα της ερώτησης, τότε θα επιλέξει τη σωστή απάντηση.

- Δυστυχώς δεν έχει πραγματοποιηθεί μεγάλος αριθμός διαγνωστικών τεστ στο αντικείμενο της Αστρονομίας με πιστοποιημένη ισχύ και αξιοπιστία, ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν ή να συνδυαστούν με τέτοιο τρόπο που να αντιστοιχούν στην ύλη των θεμάτων Αστρονομίας που ο εκάστοτε εισηγητής θέλει να συμπεριλάβει. (Το πιο γνωστό πιστοποιημένο διαγνωστικό τεστ στην Αστρονομία είναι το Astronomy Diagnostic Test 2.0.)

- Εξαιτίας του εύρους των διαφορετικών θεμάτων που το διαγνωστικό τεστ αυτού του τύπου περιλαμβάνει, δεν αγγίζονται όλα τα θέματα σε βάθος και δεν εξετάζονται όλες τους οι πτυχές. Αυτό περιορίζει τους σκοπούς για τους οποίους θα χρησιμοποιηθεί το τεστ αυτό.

4.2.3. Ενδεικτικοί σκοποί χρήσης του διαγνωστικού τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Δεδομένων των χαρακτηριστικών που παρουσιάζει το διαγνωστικό αυτό εργαλείο καθώς και των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του, κρίνεται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό ορισμένες προϋποθέσεις – που αφορούν την διασφάλιση της αξιοπιστίας και ισχύος των ερωτήσεων – για να εξυπηρετήσει του εξής σκοπούς:

- **Ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών/ μαθητών σε ένα αντικείμενο, τις οποίες φέρουν ως προϋπάρχουσα γνώση.**

- **Αναγνώριση των σημείων στη διδασκαλία του υπό διερεύνηση αντικειμένου, στα οποία οι φοιτητές/μαθητές παρουσιάζουν αδυναμία ή βρίσκουν δυσκολία στην κατανόηση.**

- **Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ παρόμοιων δειγμάτων πληθυσμού που προέρχονται από διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα – διαφορετική κουλτούρα - πολιτισμό, για τον έλεγχο της επίδρασης του παράγοντα αυτού στην ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών σε ένα αντικείμενο μάθησης. Επιβεβαίωση της παγκοσμιότητας και διαχρονικότητας του χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών γενικά**.

- Μέτρηση του ποσοστού των φοιτητών που παρουσιάζουν εννοιολογική αλλαγή, με τη χρήση του τεστ πριν και μετά την πραγματοποίηση ενός αριθμού μαθημάτων.

- Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ παρόμοιων δειγμάτων πληθυσμού στα οποία χρησιμοποιείται η ίδια (ή παρόμοια) διδακτική μέθοδος, σαν μια πρακτική αυτό-αξιολόγησης του διδάσκοντος.

Οι τρεις πρώτοι στόχοι (που γράφονται με το έντονο στυλ γραμματοσειράς) μπορούν να πραγματοποιηθούν στα πλαίσια αυτής της μελέτης. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ο τρίτος στόχος – σύγκριση αποτελεσμάτων παρόμοιων δειγμάτων πληθυσμού που προέρχονται από διαφορετικό εκπαιδευτικό σύστημα - κουλτούρα – πολιτισμό, πραγματοποιείται μόνο για τις ερωτήσεις του διαγνωστικού τεστ της παρούσας μελέτης, οι οποίες είναι κοινές με άλλων διαγνωστικών τεστ παλαιότερων ερευνητικών μελετών, και για τις οποίες είναι διαθέσιμα (διατίθενται ελεύθερα στη δημοσιότητα) τα αποτελέσματα τους (ερώτηση προς ερώτηση).

4.3. Προετοιμασία και σχεδίαση του Διαγνωστικού Τεστ στην Αστρονομία

Οι κύριοι εννοιολογικοί άξονες των ερωτήσεων που περιλαμβάνονται στο διαγνωστικό τεστ, περί των οποίων αναπτύσσονται τα νοητικά μοντέλα των φοιτητών (και οι εναλλακτικές ιδέες που αυτά περιλαμβάνουν) που είναι το αντικείμενο διερεύνησης της παρούσας μελέτης, αφορούν:

- Φαινόμενα που σχετίζονται με τις βασικές κινήσεις της Γης
- Φαινόμενα που σχετίζονται με τις κινήσεις της Σελήνης
- Η φύση των αστέρων και η εξέλιξη τους (προέλευση της ενέργειας τους, δημιουργία, θάνατος)
- Κλίμακα αποστάσεων και μεγεθών στο Σύμπαν
- Βαρύτητα (Φύση, μέτρο, εμβέλεια)
- Σύμπαν – Κοσμολογικές θεωρήσεις (κέντρο του Σύμπαντος – δημιουργία)
- Οπτική αντίληψη του ουρανού (έννοιες της οπτικής γωνίας – οπτικού πεδίου κτλ)

Ορισμένες ερωτήσεις έχουν περισσότερους από ένα εννοιολογικούς άξονες, ενώ κάποιες από αυτές συνδέονται μεταξύ τους μέσω κάποιου κοινού εννοιολογικού άξονα.

Η επιλογή των ερωτήσεων που συμπεριλαμβάνονται στο διαγνωστικό τεστ και σχετίζονται με τα θέματα αυτά, πραγματοποιήθηκε μετά από μελέτη παλαιότερων ερευνών με αντικείμενο τις εναλλακτικές ιδέες στην Αστρονομία.[32] Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν 18 (από τις 21) ερωτήσεις που προέρχονται από εξωτερικές πηγές - παρόμοιου τύπου διαγνωστικά εργαλεία, όπως για παράδειγμα το *Astronomy Diagnostic Test, Version 2.0* [33], και το *Questionnaire-The Earth and the Universe*[34], που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια παλαιότερων ερευνών (οι περισσότερες ερωτήσεις χρησιμοποιήθηκαν αυτούσιες και άλλες ελαφρώς τροποποιημένες - όλες βέβαια μεταφρασμένες από τα αγγλικά στα ελληνικά). Μόνο 3 ερωτήσεις του διαγνωστικού τεστ σχεδιάστηκαν εξαρχής από τον εισηγητή του τεστ με τη συμβολή του επιβλέποντος καθηγητή της παρούσας μελέτης και δεν προέρχονται από εξωτερική πηγή. Αναλυτικά οι πηγές και οι αντίστοιχες βιβλιογραφικές αναφορές κάθε ερώτησης που περιλαμβάνεται στο διαγνωστικό τεστ παρατίθενται στη βιβλιογραφία (βλ. Βιβλιογραφία, Βιβλιογραφικές αναφορές Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας)

Αξίζει να αναφερθεί ότι της πραγματοποίησης του τεστ στο δείγμα των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής, προηγήθηκε ένα δοκιμαστικό τεστ σε μικρό αριθμό τελειόφοιτων Λυκείου της Κύπρου[35] με σκοπό την διασφάλιση της σαφήνειας των ερωτήσεων και απαντήσεων. Εξαιτίας του μικρού αριθμού μαθητών που περιλάμβανε το δείγμα (9) δεν μπορούν να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα του τεστ για περεταίρω ανάλυση και εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Ωστόσο, ο σκοπός του τεστ αυτού- ο έλεγχος της σαφήνειας- συντελέστηκε και έγιναν μικρές διορθώσεις στις ερωτήσεις- απαντήσεις πριν την πραγματοποίηση του τελικού τεστ από το δείγμα των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής του Α.Π.Θ.

Ακόμη, όσον αφορά τη διασφάλιση της ισχύος του τεστ (validity), για τις 18 από τις 21 ερωτήσεις οι οποίες προέρχονται από παλαιότερα διαγνωστικά εργαλεία, πραγματοποιήθηκε σύγκριση ανάμεσα στις σωστές απαντήσεις των εισηγητών του τεστ και του επιβλέποντος καθηγητή της παρούσας εργασίας κ. Λ. Βλάχου, όπου παρατηρήθηκε απόλυτη συμφωνία. Για τις υπόλοιπες 3 ερωτήσεις που δεν προέρχονται από παλαιότερα διαγνωστικά εργαλεία, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα σε έγκυρες πηγές και σύγκριση των ευρημάτων με τις απαντήσεις του κ. Βλάχου στις ερωτήσεις αυτές, όπου επίσης παρατηρήθηκε συμφωνία. Σύμφωνα με την G. Deming, η συμφωνία στις σωστές απαντήσεις μεταξύ ειδικών είναι προϋπόθεση της διασφάλισης της ισχύος του τεστ.[36] Με βάση τη θέση αυτή και τα αποτελέσματα των προαναφερθέντων διαβημάτων, η ισχύς του τεστ θεωρείται ότι έχει διασφαλισθεί.

Σχετικά με τη διασφάλιση της αξιοπιστίας, δεν μπορούν να γίνουν πολλά εκ των προτέρων, αφού για την ανάλυση αυτή χρειάζονται δεδομένα – αποτελέσματα. Ωστόσο, επειδή ο δείκτης άλφα του Cronbach – ο οποίος μετρά την εσωτερική συνέπεια άρα και την αξιοπιστία – είναι ανάλογος με τον αριθμό των ερωτήσεων, το διαγνωστικό τεστ σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε ο αριθμός των ερωτήσεων που περιλαμβάνει να μην είναι πολύ μικρός. Πράγματι, κατά την πραγματοποίηση της ανάλυσης αξιοπιστίας αργότερα, προέκυψε μια πολύ ικανοποιητική τιμή του συντελεστή Cronbach. Περισσότερες λεπτομέρειες για το συντελεστή Cronbach και την ανάλυση αξιοπιστίας δίνονται στην ενότητα 5.6. και τα αναλυτικά αποτελέσματα στο κεφάλαιο 6.

---

[32] Τα αποτελέσματα και πορίσματα ορισμένων από αυτών παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4 της παρούσας μελέτης.
[33] Astronomy Diagnostic Test (ADT) Version 2.0. [online] Available from: <http://solar.physics.montana.edu/aae/adt/>
[34] Trumper, R. *University Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts*. Physics Education, **35**(1), 2000, pp. 9-15.

[36] Deming, G. L. *Results from the Astronomy Diagnostic Test National Project*. The Astronomy Education Review, **1**(1), 2002, pp. 52-57 [online]
Available from: <http://aer.noao.edu/figures/v01i01/01-01-01-05.pdf>.

4.4. Διανομή του Διαγνωστικού Τεστ και συλλογή των δεδομένων

Το δείγμα στο οποίο διανεμήθηκε το Διαγνωστικό Τεστ στην Αστρονομία αποτελούνταν από 97 πρωτοετείς φοιτητές Φυσικής των οποίων οι ιδέες διερευνώνται μέσα από τη μελέτη αυτή. Αντίτυπα του ερωτηματολογίου – διαγνωστικού τεστ μοιράστηκαν σε όλους τους φοιτητές, στα πλαίσια παρακολούθησης του μαθήματος Ανάλυση Ι κατά τη διάρκεια του χρόνου που μου διατέθηκε από τους διδάσκοντες του μαθήματος.[37] Μετά τη διανομή των ερωτηματολογίων δόθηκαν στους φοιτητές συνοπτικές εξηγήσεις για το σκοπό της έρευνας και οδηγίες για τη συμπλήρωση τους. Επισημάνθηκε δε ότι το τεστ ήταν καθαρά διαγνωστικό, και οι απαντήσεις των φοιτητών δεν θα χρησιμοποιούνταν για σκοπούς αξιολόγησης- γι' αυτό άλλωστε και ήταν ανώνυμα. Στη συνέχεια τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια συλλέχθηκαν ώστε να αναλυθούν αργότερα για τους σκοπούς της μελέτης αυτής. Αξίζει να αναφερθεί ότι μετά τη συλλογή των ερωτηματολογίων, αρκετοί φοιτητές απηύθυναν ερωτήσεις αναδεικνύοντας ενδιαφέρον για την έρευνα αυτή καθ' αυτή αλλά κυρίως για ορισμένα από τα θέματα Αστρονομίας που περιλαμβάνονταν στο ερωτηματολόγιο.

4.5. Μεθοδολογία της επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων

Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν αφού πραγματοποιήθηκε το Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας από το δείγμα των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής έγινε με το λογισμικό SPSS [38].

Το SPSS, είναι ένα λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας ερευνητικών δεδομένων, με τη βοήθεια του οποίου μπορούν να πραγματοποιηθεί *σχεδόν οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων σε ένα χρηστικό παραθυρικό περιβάλλον.*[39] Χρησιμοποιώντας το λογισμικό αυτό, πραγματοποιήθηκαν οι εξής στατιστικές αναλύσεις:

- Ανάλυση Αξιοπιστίας (Reliability Analysis) – Υπολογισμός του συντελεστή άλφα του Cronbach (Cronbach's alpha) του συνόλου των ερωτήσεων και της διαφοροποίησης αυτού με τη διαγραφή μίας κάθε φορά διαφορετικής ερώτησης (Cronbach's alpha if item deleted).
- Υπολογισμός του μέσου όρου σωστών απαντήσεων του δείγματος και του μέσου επί τοις εκατό ποσοστού σωστών απαντήσεων.
- Έλεγχος επίδρασης των παραγόντων (έλεγχος υποθέσεων:t-test και F-test)
    - παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Λύκειο,
    - παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Πανεπιστήμιο[40],
    - εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης,

στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων των φοιτητών στο Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας.

- Ανάλυση Κατανομής Συχνοτήτων για ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (Multiple Response Frequency Analysis)- Δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων συχνοτήτων.
- Ανάλυση Διασταύρωσης Μεταβλητών (Cross tabulation Analysis) – Δημιουργία πινάκων συνάφειας, και υπολογισμός του συντελεστή συνάφειας (Contingency Coefficient)

---

[37] Οι διδάσκοντες του μαθήματος Ανάλυση Ι, στα τμήματα των οποίων διανεμήθηκε το τεστ, ήταν οι κύριοι Βλάχος Λουκάς και Τσάγκας Χρήστος, τους οποίους ευχαριστώ πολύ.

[38] SPSS: Ακρωνύμιο που αντιστοιχεί στα αρχικά των λέξεων: Statistical Package for the Social Sciences. (μτφ. Στατιστικό Πακέτο για τις Κοινωνικές Επιστήμες)

[39] Ρούσσος, Π. *Σύντομο Εγχειρίδιο Χρήσης του Λογισμικού Στατιστικής Επεξεργασίας SPSS for Windows v. 8.0.*, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας & Θεωρίας της Επιστήμης, Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη», Αθήνα, Εαρινό Εξάμηνο 2001

[40] Ο έλεγχος της επίδρασης του παράγοντα αυτού δεν ήταν τελικά εφικτός λόγω ανεπάρκειας δεδομένων (μόνο ένας φοιτητής δήλωσε ότι είχε παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Πανεπιστήμιο)

Στις επόμενες ενότητες γίνεται μια περιληπτική παρουσίαση του περιβάλλοντος του προγράμματος SPSS και του τρόπου κωδικοποίησης των δεδομένων, και στη συνέχεια μια πιο αναλυτική παρουσίαση των διάφορων στατιστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του SPSS.

4.5.1. Το περιβάλλον του προγράμματος SPSS – Περιληπτική Παρουσίαση

Το περιβάλλον του προγράμματος SPSS αποτελείται από δύο κύρια παράθυρα: το *Παράθυρο Επεξεργασίας Δεδομένων* (Data Editor) και το *Παράθυρο Επεξεργασίας Αποτελεσμάτων* (Output Navigator).

- Το Παράθυρο Επεξεργασίας Δεδομένων αποτελείται από δύο επιμέρους παράθυρα:
    - Το *Παράθυρο Προβολής Δεδομένων* (*Data View*) όπου καταχωρούνται τα στατιστικά δεδομένα. Έχει τη μορφή λογιστικού φύλλου, με στήλες στις οποίες καταχωρούνται οι μεταβλητές και γραμμές στις οποίες καταχωρούνται οι τιμές τους. Πιο αναλυτικά, κάθε στήλη είναι μια *μεταβλητή*, δηλαδή ένα μετρούμενο χαρακτηριστικό, π.χ. κάθε ερώτηση ενός ερωτηματολογίου είναι μια μεταβλητή. Κάθε γραμμή είναι μια *εγγραφή* (case) που αφορά ένα άτομο του δείγματος, π.χ. το σύνολο των απαντήσεων ενός φοιτητή αποτελεί μια εγγραφή.
    - Το *Παράθυρο Προβολής Μεταβλητών* (*Variable View*): Εδώ καταχωρούνται πληροφορίες για την δομή των στατιστικών δεδομένων. Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε μια μεταβλητή και κάθε στήλη σε ένα χαρακτηριστικό της. Υπάρχουν δέκα χαρακτηριστικά που ορίζουν μια μεταβλητή (Όνομα, Τύπος, Εύρος στήλης, Δεκαδικά, Επιγραφή, Τιμές, Κενά, Στήλες, Ευθυγράμμιση και Μέτρηση).
- Στο Παράθυρο Επεξεργασίας Αποτελεσμάτων εμφανίζονται όλα τα αποτελέσματα (πίνακες, γραφικά κλπ) της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων όπου και διατίθενται για περεταίρω επεξεργασία και διαφύλαξη.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι καταχώρησης δεδομένων, που εξαρτώνται από τη μορφή των ερωτήσεων και των απαντήσεων που περιέχει το ερωτηματολόγιο. Για την ιδιαίτερη περίπτωση των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής, επιλέχθηκε ο εξής τρόπος καταχώρησης-κωδικοποίησης των δεδομένων:

Ως *μεταβλητές* ορίζονται όλες οι διαθέσιμες απαντήσεις – επιλογές κάθε ερώτησης του ερωτηματολογίου (εκ των οποίων βέβαια ο φοιτητής μπορεί να επιλέξει μόνο τη μία ως ορθή) και οι αντίστοιχες *τιμές* που μπορούν να πάρουν είναι οι αριθμοί 1 και 0 (ή την μία ή την άλλη) [41],[42] που μεταφράζονται ως εξής: Το «1» σημαίνει «ναι» (δηλαδή ο φοιτητής θεωρεί την απάντηση – επιλογή – μεταβλητή ως ορθή και σημειώνει √ στο κουτάκι δίπλα από την αντίστοιχη απάντηση) και το «0» σημαίνει «όχι» (ο φοιτητής δεν θεωρεί ορθή την επιλογή-απάντηση-μεταβλητή αυτή, οπότε δεν σημειώνει ένα √ στο κουτάκι δίπλα από την απάντηση).

[41] Οι μεταβλητές αυτού του τύπου ονομάζονται *διχοτομικές* (dichotomy method) γιατί μπορούν να πάρουν μόνο τη μία από τις δύο διαθέσιμες δυνατές τιμές, οι οποίες ορίζονται κάθε φορά από το χρήστη, συνήθως δε επιλέγονται οι τιμές «0» και «1».

[42] Υπάρχει μια ακόμη εφικτή τιμή που μπορεί να πάρει μια μεταβλητή - απάντηση ερώτησης, η τιμή «99». Την τιμή αυτή παίρνουν όλες οι διαθέσιμες επιλογές - μεταβλητές μιας ερώτησης, στις περιπτώσεις που κάποιος φοιτητής δεν απαντήσει καθόλου στην ερώτηση αυτή, ή επιλέξει παραπάνω από μια επιλογές-απαντήσεις ως ορθές. Η τιμή «99» ορίζεται από το χρήστη σαν «χαμένη τιμή» (missed value)- το αντίστοιχο μιας «άκυρης ψήφου»- και δεν συνυπολογίζεται από το σύστημα σε περεταίρω υπολογισμούς ή στατιστικές αναλύσεις.

4.5.2. Ανάλυση αξιοπιστίας (reliability analysis)

Η ανάλυση της *αξιοπιστίας (reliability)* ή *εσωτερικής συνέπειας (internal consistency)* ενός διαγνωστικού εργαλείου (κλίμακας μέτρησης) είναι μια διαδικασία που αναφέρθηκε αρκετές φορές σε στο παρόν πόνημα ως πολύ σημαντική στην εκπαιδευτική έρευνα.

4.5.2.1. Ανάλυση αξιοπιστίας και συντελεστής άλφα του Cronbach (Cronbach's alpha)

Ο σκοπός ενός διαγνωστικού εργαλείου είναι ο προσδιορισμός του επιπέδου γνώσης ή κατανόησης του δείγματος σχετικά με ένα γνωστικό αντικείμενο. Έτσι, ένα διαγνωστικό εργαλείο μπορεί να παραλληλιστεί με μια *κλίμακα μέτρησης (scale)* η οποία μετρά ή προσδιορίζει το βαθμό ή την τιμή ενός λανθάνοντος μεγέθους – μιας ποιοτικής μεταβλητής (latent underlying construct). Στην παρούσα περίπτωση το λανθάνων μέγεθος ή ποιοτική μεταβλητή που προσδιορίζεται με τη βοήθεια του διαγνωστικού εργαλείου που χρησιμοποιήσαμε είναι η *κατανόηση βασικών θεμάτων Αστρονομίας.*

Η *αξιοπιστία* ενός διαγνωστικού εργαλείου έγκειται στο ότι όλα τα στοιχεία – τμήματα από τα οποία αποτελείται η κλίμακα αυτή (items) -π.χ. οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου- *θα πρέπει να μετρούν το ίδιο λανθάνων μέγεθος με τον ίδιο τρόπο*, η τιμή του οποίου προσδιορίζεται από το τελικό βαθμό (score). Με αυτό τον τρόπο, για να θεωρείται ένα διαγνωστικό εργαλείο αξιόπιστο, θα πρέπει τα άτομα που έχουν το ίδιο επίπεδο-βαθμό της ποιοτικής μεταβλητής η οποία εξετάζεται με το εργαλείο αυτό, να επιτυγχάνουν τον ίδιο τελικό βαθμό (score).

Όπως έχει αναφερθεί, στην παρούσα μελέτη, το λανθάνων μέγεθος που μετριέται - προσδιορίζεται με τη χρήση του διαγνωστικού τεστ στην Αστρονομία, είναι η *κατανόηση των βασικών θεμάτων Αστρονομίας* που εξετάζονται στο τεστ. Αν δύο φοιτητές κατανοούν τα ίδια βασικά θέματα Αστρονομίας στον ίδιο βαθμό, θα πρέπει να απαντήσουν σωστά στις ίδιες ερωτήσεις και να πάρουν τον ίδιο τελικό βαθμό. Και το αντίθετο, αν δεν απαντήσουν σωστά σε ορισμένες ερωτήσεις, αυτό θα σημαίνει ότι δεν κατανοούν τα θέματα που αυτές εξετάζουν. Βέβαια έτσι θα ισχύει και το αντίστροφο των δύο περιπτώσεων: Χαμηλός βαθμός αντιστοιχεί σε χαμηλό επίπεδο κατανόησης και υψηλός βαθμός αντιστοιχεί σε υψηλό επίπεδο κατανόησης.

Ο βαθμός αξιοπιστίας ή εσωτερικής συνέπειας ενός διαγνωστικού εργαλείου, ή γενικότερα μιας κλίμακας, μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια ενός συντελεστή: του *άλφα του Cronbach* (Cronbach's alpha).

Όταν όλα τα στοιχεία-τμήματα μιας κλίμακας (μεταβλητές) μετράνε με τον ίδιο τρόπο το ίδιο μέγεθος - η κλίμακα τότε ονομάζεται μονοδιάστατη- το άλφα του Cronbach είναι υψηλό. Αντίθετα όταν η κλίμακα των μεταβλητών είναι πολυδιάστατη αυτό σημαίνει ότι οι μεταβλητές μετράνε διαφορετικά μεγέθη και τότε το άλφα του Cronbach είναι χαμηλό.

Το άλφα του Cronbach ορίζεται σαν:

$$\alpha = \frac{N}{N-1}\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2}\right)$$

Όπου *N* είναι ο αριθμός των στοιχείων από το οποία αποτελείται το διαγνωστικό εργαλείο- τεστ, σ_X^2 είναι η διακύμανση της παρατηρούμενης τελικής βαθμολογίας του τεστ και $\sigma_{Y_i}^2$ είναι η διακύμανση του στοιχείου i.

Εναλλακτικά, ορίζεται ως εξής:

$$\alpha = \frac{N \cdot \bar{c}}{(\bar{v} + (N-1) \cdot \bar{c})}$$[43]

Όπου *N* είναι ο αριθμός των στοιχείων από το οποία αποτελείται το τεστ, $\bar{v}$ ο μέσος όρος διακύμανσης (average variance) και $\bar{c}$ ο μέσος όρος όλων των συνδιακυμάνσεων (average inter-item covariance) μεταξύ των στοιχείων.

Η συνδιακύμανση **c** (ή διαφορετικά σ_{xy}) συνδέεται με την έννοια της συσχέτισης των στοιχείων **ρ** (correlation) μέσω της σχέσης $\sigma_{xy} = \rho\sigma_x\sigma_y$[44], έτσι το άλφα του Cronbach είναι συνάρτηση του μέσου όρου συσχέτισης των στοιχείων από τα οποία αποτελείται το διαγνωστικό εργαλείο – τεστ.

Από τον ορισμό του άλφα του Cronbach, φαίνεται ότι με την προσθήκη περισσοτέρων στοιχείων-μεταβλητών στο τεστ, το άλφα αυξάνεται. Επιπρόσθετα, αν αυξηθεί και η συσχέτιση των στοιχείων (inter-item correlation) το άλφα θα αυξηθεί επίσης. Και το αντίθετο ισχύει, αν η συσχέτιση είναι χαμηλή, το άλφα θα είναι και αυτό χαμηλό. Όντως, η υψηλή συσχέτιση των στοιχείων του τεστ – μεταβλητών είναι ένδειξη ότι οι μεταβλητές μετράνε το ίδιο λανθάνων μέγεθος , άρα και ένδειξη υψηλής αξιοπιστίας.

Αν το άλφα του Cronbach είναι χαμηλό (ή ακόμη και αρνητικό) αυτό είναι ένδειξη ότι τα τμήματα που αποτελούν την κλίμακα μέτρησης – διαγνωστικό εργαλείο δεν μετρούν το ίδιο λανθάνων μέγεθος, άρα η κλίμακα αυτή είναι πολυδιάστατη. Αν συμβεί αυτό, θα πρέπει κανείς να χωρίσει την κλίμακα σε υποκλίμακες – κάθε μια από αυτές μετράει διαφορετικό λανθάνων μέγεθος - και να υπολογίσει το άλφα για κάθε υποκλίμακα ξεχωριστά.

Υπάρχουν ωστόσο περιπτώσεις που μια χαμηλή τιμή του άλφα του Cronbach είναι ένδειξη ότι ορισμένες από τις μεταβλητές του τεστ μπορεί να είναι *αρνητικά κωδικοποιημένες ή βαθμολογημένες η μια σε σχέση με την άλλη* (negatively worded variables).[45] Το πρόβλημα αυτό εμφανίστηκε και στην περίπτωση της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων του διαγνωστικού τεστ της παρούσας μελέτης λόγω της φύσης των ερωτήσεων που περιείχε (πολλαπλής επιλογής – μόνο μια επιλογή είναι ορθή επιστημονικά). Ο τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού έγινε με την εκτέλεση μιας ορισμένης διαδικασίας που προβλέπεται για τις περιπτώσεις αυτές. Ακολουθεί μια μικρή ανάλυση αυτού καθ' εαυτού του προβλήματος αλλά της διαδικασίας επίλυσης του.

4.5.2.2. Αρνητική κωδικοποίηση ή βαθμολόγηση μιας κλίμακας – Συνέπειες στην αξιοπιστία της κλίμακας – Μέθοδος αντιμετώπισης

Ας δούμε αρχικά πώς συσχετίζονται οι τιμές που παίρνουν οι μεταβλητές που αποτελούν τμήματα της κλίμακας μέτρησης με τη διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους που μετριέται-προσδιορίζεται με τη βοήθεια του ερωτηματολογίου.

---

[43] Introduction to SAS. UCLA: Academic Technology Services, Statistical Consulting Group. [online]

Available from <http://www.ats.ucla.edu/stat/spss/faq/alpha.html> (accessed August 8, 2009).

[44] Skiena, S. S. *Covariance and Correlation*, Lecture 7: Linear Time Series Analysis, CSE 691: Computational Finance, Spring 2007, Department of Computer Science, State University of New York at Stony Brook, USA [online] , Available from: <http://www.cs.sunysb.edu/~skiena/691/lectures/lecture7/lecture7.html> (assessed August 8, 2009)

[45] Field, A. *Reliability Analysis*. Discovering Statistics Using SPSS (2nd Edition) London, Sage, 2005. Handout: Abridged Version of Chapter 15 of Field (2005). [online] Available from: <http://www.sussex.ac.uk/Users/andyf/reliability.pdf >. (assessed August 8, 2009)

Εξαιτίας της φύσεως των ερωτήσεων (γνωστικές ερωτήσεις) μόνο μια από τις απαντήσεις που διατίθενται ως επιλογές μιας ερώτησης είναι η ορθή επιστημονικά. Όλες οι υπόλοιπες επιλογές δεν είναι ορθές επιστημονικά και αποτελούν εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών που προέρχονται από προηγούμενες μελέτες. Όπως είναι φυσικό, οι απαντήσεις που επιλέγουν οι φοιτητές ως ορθές, δεν συμπίπτουν πάντα με τις επιστημονικά ορθές.

Ας μελετήσουμε ξεχωριστά την αντιστοιχία των τιμών που παίρνουν οι μεταβλητές σε σχέση με την διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους «κατανόηση», για τις δύο διαφορετικές περιπτώσεις – κατηγορίες μεταβλητών: Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι απαντήσεις- μεταβλητές που αντιστοιχούν σε ορθές επιστημονικά απαντήσεις στα ερωτήματα και την δεύτερη κατηγορία αυτές που αντιστοιχούν σε λάθος επιστημονικά απαντήσεις άρα και σε εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών.

- *Α' κατηγορία μεταβλητών (Ορθές επιστημονικά απαντήσεις):* Εάν ένας φοιτητής επιλέξει ως ορθή την ορθή επιστημονικώς απάντηση, δηλαδή εάν καταχωρηθεί ο αριθμός «1» στην ορθή επιστημονικώς απάντηση μιας ερώτησης, αυτό σημαίνει ότι *κατέχει τη γνώση* άρα και *κατανοεί* το περιεχόμενο της ερώτησης. Εάν αντίθετα καταχωρηθεί στην μεταβλητή αυτή ο αριθμός «0» τότε αυτό σημαίνει ότι *δεν κατέχει τη γνώση* άρα και *δεν κατανοεί* το περιεχόμενο της ερώτησης. Συμπερασματικά, η τιμή «1» στην περίπτωση αυτή σημαίνει «κατανόηση» ενώ η τιμή «0» σημαίνει «μη κατανόηση».

- *Β' κατηγορία μεταβλητών (Λάθος επιστημονικά απαντήσεις – εναλλακτικές ιδέες):* Εάν ένας φοιτητής επιλέξει ως ορθή την λάθος επιστημονικώς απάντηση, δηλαδή εάν καταχωρηθεί ο αριθμός «1» στην λάθος επιστημονικώς απάντηση μιας ερώτησης αυτό σημαίνει ότι *δεν κατέχει τη γνώση* επομένως *δεν κατανοεί* το περιεχόμενο της ερώτησης. Εάν αντίθετα καταχωρηθεί στην μεταβλητή αυτή ο αριθμός «0» τότε αυτό σημαίνει ότι *κατέχει τη γνώση* άρα και *κατανοεί* το περιεχόμενο της ερώτησης. Συμπερασματικά, η τιμή «1» στην περίπτωση αυτή σημαίνει «μη κατανόηση» ενώ η τιμή «0» σημαίνει «κατανόηση».

Συγκρίνοντας τα συμπεράσματα αυτής της μικρής ανάλυσης, παρατηρούμε ότι οι τιμές «1» και «0», στην Α' και Β' κατηγορία μεταβλητών, αντιστοιχούν σε διαφορετική διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους που μετρούμε-προσδιορίζουμε με το διαγνωστικό αυτό εργαλείο, και μάλιστα οι τιμές αυτές δίνουν την αντίστροφη διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους, η μία σε σχέση με την άλλη τιμή. Εάν λοιπόν το εργαλείο αυτό αποτελεί μια κλίμακα μέτρησης που αποτελείται από ένα πλήθος τμημάτων - μεταβλητών, τότε σύμφωνα με την τελευταία αυτή παρατήρηση, οι μεταβλητές χωρίζουν την κλίμακα σε δύο διαφορετικές υπό-κλίμακες (Α' και Β' κατηγορία μεταβλητών) που μετρούν διαφορετικά μεγέθη, αφού οι «μονάδες μέτρησης» δηλαδή οι τιμές των μεταβλητών κάθε μιας υπό-κλίμακας αντιστοιχούν σε διαφορετική διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους «κατανόηση». Το γεγονός αυτό έρχεται σε αντίθεση με τον ορισμό της αξιόπιστης κλίμακας μέτρησης, σύμφωνα με τον οποίο θα πρέπει, όλα τα μέρη από τα οποία αποτελείται , να μετρούν το ίδιο μέγεθος με τον ίδιο τρόπο, να είναι δηλαδή μονοδιάστατη.

Όταν μια κλίμακα περιέχει τμήματα- μεταβλητές που παίρνουν τιμές που αντιστοιχούν στην αντίστροφη διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους , τότε λέμε ότι τα τμήματα αυτά (στην περίπτωση μας θεωρούμε τα τμήματα της Β' κατηγορίας σε σχέση με αυτά της Α') είναι «αρνητικά κωδικοποιημένα» ή «αρνητικά βαθμολογημένα» (negatively worded items) με την έννοια ότι η Β' κατηγορία μεταβλητών βαθμολογείται «αρνητικά» σε σχέση με την πρώτη. Η λύση του προβλήματος γίνεται με την *επανακωδικοποίηση των αρνητικά βαθμολογημένων τμημάτων – μεταβλητών* (recoding negatively worded items)[46] . Κατά την διαδικασία αυτή αντιστρέφουμε όλες τις τιμές των μεταβλητών της δεύτερης υπό-κλίμακας (που περιγράφεται πιο πάνω ως Β' κατηγορία μεταβλητών) ενώ ταυτόχρονα αντιστρέφουμε και τις σημασίες - αντιστοιχίες των τιμών αυτών σε σχέση με τη διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους «κατανόηση». Πιο αναλυτικά, για την Β' κατηγορία μεταβλητών, δηλαδή για τις

[46] Konicki Di Iorio, C. , *Measurement in Health Behavior. Methods of Research and Education*. Jossey-Bass, 2005. [Limited preview online] Available from: http://books.google.com/books?id=JXv2z6NflR4C&printsec=frontcover&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=false

μεταβλητές της δεύτερης υπό-κλίμακας, όπου υπάρχει καταχωρημένη η τιμή «1» αντικαθίσταται από την τιμή «0» αλλά και το αντίστροφο, δηλαδή όπου υπάρχει η τιμή «0» αντικαθίσταται από την τιμή «1». Και ενώ προηγουμένως το «1» στις λάθος απαντήσεις σήμαινε *μη κατανόηση,* τώρα θα σημαίνει *κατανόηση* (αφού πριν την αντιστροφή το «1» ήταν «0» πράγμα που σημαίνει ότι δεν επέλεξαν την λάθος απάντηση άρα κατανοούν) και το «0» θα σημαίνει *μη κατανόηση* (αφού πριν την αντιστροφή το «0» ήταν το «1» πράγμα που σημαίνει ότι είχαν επιλέξει την λάθος απάντηση άρα δεν κατανοούν). Μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής, δημιουργείται μια νέα κατηγορία μεταβλητών, οι τιμές των οποίων αντιστοιχούν στην ίδια διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους «κατανόηση» όπως και της Α' κατηγορίας. Πρέπει να επισημανθεί στο σημείο αυτό ότι επειδή η αντιστροφή των τιμών και της αντιστοιχίας τους με τη διαβάθμιση του λανθάνοντος μεγέθους γίνεται ταυτόχρονα, δεν επιτελείται καμία αλλοίωση των δεδομένων. [47] Έτσι, αν πραγματοποιηθεί ανάλυση αξιοπιστίας για το σύνολο των μεταβλητών της Α' κατηγορίας και της νέας κατηγορίας μεταβλητών που δημιουργήθηκε, τότε δε θα υπάρχει κανένα πρόβλημα γιατί όλα τα μέρη της νέας κλίμακας – ερωτηματολογίου γίνεται πλέον μονοδιάστατη, θα παίρνουν τιμές που θα αντιστοιχούν στην ίδια διαβάθμιση του υπό μέτρηση λανθάνοντος μεγέθους, ή με πιο απλά λόγια όλα τα μέρη της κλίμακας θα μετρούν το ίδιο μέγεθος με τον ίδιο τρόπο.

Ο υπολογισμός του συντελεστή άλφα του Cronbach της μονοδιάστατης κλίμακας που έχει δημιουργηθεί πραγματοποιείται με τις εξής εντολές του SPSS (βλ. Εικόνα 2. Παράρτημα Δ):

- Analyze
  - Scale
    - Reliability Analysis

Εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 3 (Παράρτημα Δ). Επιλέγουμε τις μεταβλητές από τις οποίες αποτελείται η κλίμακα (της οποίας την αξιοπιστία θέλουμε να ελέγξουμε) από την στήλη στα αριστερά και τις μεταφέρουμε στη στήλη δεξιά: *Items*.

Επιλέγουμε *Statistics* και ανοίγει το παράθυρο της Εικόνας 4 (Παράρτημα Δ). Στο πλαίσιο Descriptives for επιλέγουμε Scale if item deleted και μετά επιλέγουμε Continue και OK. Τελικά στο παράθυρο Output εμφανίζονται τα αποτελέσματα (πίνακες) για το Cronbach's alpha και το Cronbach's alpha if item deleted (βλ. Πίνακας 9 και Πίνακας 10, Παράρτημα Α[48])

4.5.3. Υπολογισμός μέσου όρου σωστών απαντήσεων

Για να υπολογίσουμε το μέσο όρο των σωστών απαντήσεων των φοιτητών στο τεστ, πρέπει πρώτα να υπολογισθεί ο τελικός βαθμός (score) του κάθε φοιτητή δηλαδή να βρεθεί ο συνολικός αριθμός των σωστών απαντήσεων για κάθε φοιτητή ξεχωριστά.

Οι εντολές του SPSS για την εκτέλεση της παραπάνω διαδικασίας είναι οι εξής (βλ. Εικόνα 5, Παράρτημα Δ):

- Transform
  - Count values within Cases

---

[47] Είναι κάτι ανάλογο με μια διαδικασία που ακολουθείται στα μαθηματικά, και συγκεκριμένα στις στα αθροίσματα του τύπου: $\sum_{n=1}^{3} n^2 = \sum_{j=1}^{3} j^2 = 14$, όπου αν εναλλαχτεί το σύμβολο n με το j που βρίσκεται κάτω από το σύμβολο της άθροισης και ταυτόχρονα εναλλαχτεί το σύμβολο n με το j της συνάρτησης μέσα στο άθροισμα, το τελικό αριθμητικό αποτέλεσμα θα είναι το ίδιο.

[48] Οι πίνακες 6 και 7, "Ανάλυση αξιοπιστίας-Αλφα του Cronbach" και "Ανάλυση αξιοπιστίας - Άλφα του Cronbach if item deleted" του παραρτήματος Α, παρουσιάζονται με διαφορετική μορφοποίηση από ότι οι συνηθισμένοι πίνακες που εμφανίζονται στο Output του SPSS. Η μορφοποίηση αυτή έχει επιλεχθεί κυρίως για «αισθητικούς» σκοπούς.

Με την επιλογή των πιο πάνω εντολών ανοίγει το παράθυρο *Count Occurrences of Values within Cases* που φαίνεται στην Εικόνα 6 (βλ. Παράρτημα Δ).

Επειδή το SPSS θα τοποθετήσει τον τελικό βαθμό κάθε φοιτητή (δηλαδή τον αριθμό των σωστών απαντήσεων) σε μια νέα στήλη , θα δημιουργήσει δηλαδή μια νέα μεταβλητή της οποίας οι τιμές περιλαμβάνουν τους βαθμούς των φοιτητών, χρειάζεται να δώσουμε ένα όνομα (μια ετικέτα) σε αυτή τη μεταβλητή το οποίο πρέπει να γράψουμε στο κενό πλαίσιο κάτω από την ένδειξη: *Target Label*. Μπορούμε να την ονομάσουμε π.χ. *Total score for all students.* Κάτω από την αντίστοιχη ένδειξη *Target Variable* γράφουμε μια συντομογραφία του ονόματος αυτού, π.χ. *Totscallstudents.*

Στη συνέχεια επιλέγουμε σαν μεταβλητές (από την στήλη στα αριστερά του παραθύρου) μόνο τις σωστές επιστημονικά απαντήσεις/επιλογές των ερωτήσεων του τεστ, αφού μόνο αυτές θέλουμε να καταμετρήσουμε (βλ. Εικόνα 7, Παράρτημα Δ).

Ακολούθως, δηλώνουμε στο SPSS ότι θέλουμε να καταμετρήσει την συχνότητα της τιμής «1» μεταξύ των μεταβλητών (σωστών απαντήσεων) που έχουμε επιλέξει για κάθε φοιτητή ξεχωριστά. (Η τιμή «1» δείχνει ότι ο φοιτητής έχει επιλέξει ως ορθή την εκάστοτε επιλογή/απάντηση, και εφόσον οι μεταβλητές που έχουμε επιλέξει περιλαμβάνουν μόνο τις σωστές απαντήσεις, η τιμή «1» δείχνει επίσης ότι έχει απαντήσει σωστά στην αντίστοιχη ερώτηση.) Η δήλωση της τιμής που θέλουμε να καταμετρήσει μεταξύ των μεταβλητών που ορίσαμε, γίνεται με την επιλογή *Define Values* του παραθύρου *Count Values within Cases.* Αυτόματα ανοίγει νέο παράθυρο με όνομα *Count Occurrences of Values within Cases: Values to Count* (βλ. Εικόνα 8, Παράρτημα Δ), στο οποίο αφού επιλέξουμε την ένδειξη *Value,* σημειώνουμε τον αριθμό «1» στο κενό πλαίσιο κάτω από αυτήν. Επιλέγουμε *Add* και μετά *Continue,* και αυτόματα επιστρέφουμε στο παράθυρο *Count Occurrences of Values within Cases.*

Στην περίπτωση που θέλουμε το SPSS να καταμετρήσει τις σωστές απαντήσεις μόνο μιας ομάδας φοιτητών που έχουν ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, π.χ. των φοιτητών που έχουν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο, και να δημιουργήσει μια στήλη-μεταβλητή με τους βαθμούς της συγκεκριμένης ομάδας (η οποία φυσικά πρέπει να ονομαστεί διαφορετικά, δηλαδή πρέπει να αλλάξουμε το *Target Variable* και το *Target Label*) χρειάζεται να γίνει μια επιπρόσθετη ρύθμιση μέσα από το παράθυρο αυτό *(Count Occurrences of Values within Cases)*. Συγκεκριμένα πρέπει να επιλέξουμε την εντολή *If* και μετά στο νέο παράθυρο που ανοίγει (*Count Occurrences: If cases)επιλέγουμε Include if case satisfies condition*.

Επιλέγουμε από τη στήλη στα αριστερά του παραθύρου τη μεταβλητή που δίνει στην ομάδα το αντίστοιχο χαρακτηριστικό, π.χ. επιλέγουμε τη μεταβλητή «Έχει παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο.» ή «Δεν έχεις παρακολουθήσει την Αστρονομία στο Λύκειο»[49] και αφού τη μεταφέρουμε με το τόξο στο κενό πλαίσιο του παραθύρου, δίνουμε το περιορισμό που θέλουμε. Π.χ. Αν δηλώσουμε «Έχεις παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο»=1 (που αναγράφεται στο SPSS σαν A1a=1) (βλ. Εικόνα 9, Παράρτημα Δ), και μετά επιλέξουμε *Continue* και *OK*, το SPSS θα καταμετρήσει και θα τοποθετήσει σε νέα στήλη μόνο τους βαθμούς των φοιτητών που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο. (βλ. εικόνα 10, Παράρτημα Δ)

[49] Οι δύο αυτές εκφράσεις (Variable labels) είναι εκφάνσεις του ίδιου χαρακτηριστικού (το *ναι* και το *όχι* στην ίδια ερώτηση), αλλά έχουν ορισθεί σαν διαφορετικές μεταβλητές (Variable's name: A1a και A1b αντίστοιχα) αφού αποτελούν τις επιλογές που διατίθενται στο ως απαντήσεις στο ίδιο ερώτημα «Έχεις παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο;» Στο παράθυρο *Count Occurrences: if Cases* πρέπει να επιλεχθεί μια εκ των δύο μεταβλητών ανάλογα με τον περιορισμό που θέλουμε να θέσουμε στις περιπτώσεις των οποίων οι σωστές απαντήσεις θα καταμετρηθούν, γιατί η τιμή «1» σε κάθε μία εκ των δύο μεταβλητών έχει διαφορετική σημασία. Ανάλογα λοιπόν με τον ζητούμενο χαρακτηριστικό που θέλουμε να έχουν οι περιπτώσεις μας επιλέγουμε τη μία ή την άλλη μεταβλητή.

Στη συνέχεια, για τον υπολογισμό του μέσου όρου των σωστών απαντήσεων όλων των φοιτητών (ή και για κάθε ομάδα φοιτητών που περιέχονται σε διαφορετική στήλη-μεταβλητή) επιλέγουμε τις εξής εντολές του SPSS (βλ. εικόνα 11, Παράρτημα Δ):

- Analyze
  - Descriptive Statistics
    - Descriptives

Στο νέο παράθυρο που ανοίγει (Descriptives, βλ. Εικόνα 12, Παράρτημα Δ) επιλέγουμε τη μεταβλητή που περιέχει τους βαθμούς των φοιτητών των οποίων το μέσο όρο θέλουμε να υπολογίσουμε, π.χ. τη μεταβλητή *Totscallstudents*, και στη συνέχεια επιλέγουμε *Options* που είναι η εντολή για να ανοίξει το παράθυρο *Descriptives: Options*. Επιλέγουμε τις εξής ενδείξεις (βλ. Εικόνα 13, Παράρτημα Δ):

- Mean
- Std. Deviation
- Minimum
- Maximum

Και στη συνέχεια επιλέγουμε *Continue* και OK.

Το παράθυρο κλείνει και στο *Output* του SPSS εμφανίζεται ο πίνακας *Descriptive Statistics* που περιέχει πληροφορίες για το μέσο όρο των σωστών απαντήσεων όλων των φοιτητών (το μέσο όρο του βαθμού), το μεγαλύτερο και το μικρότερο βαθμό και την τυπική απόκλιση του μέσου όρου(βλ. Πίνακα 11).[50]

4.5.4. Έλεγχος Υποθέσεων: T-Test και F-test

Ο έλεγχος υποθέσεων είναι μια εκ των στατιστικών αναλύσεων που περιλαμβάνει η Επαγωγική Στατιστική[51] και χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση ερευνητικών ερωτημάτων όπως:

- Υπάρχει καμιά διαφορά στο μέσο όρο των σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και αυτών που δεν είχαν παρακολουθήσει;
- Υπάρχει καμιά σχέση μεταξύ του μέσου όρου σωστών απαντήσεων των φοιτητών και του εξαμήνου φοίτησης τους στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ.;

Για τη διερεύνηση τέτοιων ερωτημάτων, δηλαδή του τύπου: «υπάρχει διαφορά;», «υπάρχει σχέση;», «υπάρχει επίδραση;», διατυπώνονται οι λεγόμενες *μηδενικές υποθέσεις.* Οι υποθέσεις αυτές δηλώνουν ότι στον πληθυσμό «δεν υπάρχει διαφορά», «δεν υπάρχει σχέση», «δεν υπάρχει επίδραση» απαντούν δηλαδή αρνητικά στα ερευνητικά ερωτήματα.

Για να ελέγξουμε τις μηδενικές υποθέσεις συλλέγουμε δεδομένα από ένα δείγμα πιθανοτήτων και υπολογίζουμε τη διαφορά, τη σχέση, την επίδραση. Αν στο δείγμα βρούμε ότι υπάρχει διαφορά, σχέση, επίδραση, αυτό έχει τις εξής δύο ερμηνείες:

- Είτε ισχύει η μηδενική υπόθεση και η διαφορά, η σχέση ή η επίδραση έχει βρεθεί τυχαία (συμπτωματικά, κατά λάθος)
- Είτε η διαφορά, η σχέση ή η επίδραση δεν έχει βρεθεί τυχαία (συμπτωματικά, κατά λάθος) και άρα δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση και την απορρίπτουμε.

[50] Το 100% των σωστών απαντήσεων στο τεστ αντιστοιχεί στην τιμή 21 γιατί 21 είναι το σύνολο των ερωτήσεων Αστρονομίας που περιλαμβάνονται στο τεστ.

[51] Η Επαγωγική Στατιστική περιλαμβάνει στατιστικά και τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση γενικεύσεων από το δείγμα στον πληθυσμό. Γίνεται δηλαδή υπολογισμός διαφόρων στατιστικών για το δείγμα και μετά δι' επαγωγής διατυπώνονται συμπεράσματα για τον πληθυσμό.

Για να αποφασίσουμε λοιπόν αν θα απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση, υπολογίζουμε την πιθανότητα (που συμβολίζεται με p) να έχουμε βρει την διαφορά, τη σχέση, ή την επίδραση αυτή κατά τύχη, δηλαδή την πιθανότητα το δείγμα μας να προέρχεται από ένα πληθυσμό όπου ισχύει η μηδενική υπόθεση. Αν η πιθανότητα p είναι μικρή, τότε συμπεραίνουμε ότι το δείγμα μας δεν προέρχεται από ένα τέτοιο πληθυσμό, αλλά ένα άλλο στον οποίο δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση και άρα δεν υπάρχει διαφορά, σχέση ή επίδραση.

Ποια είναι όμως εκείνη η κρίσιμη τιμή, ώστε για τιμές της πιθανότητας p μικρότερες από αυτήν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση και για τιμές μεγαλύτερες από αυτή δε μπορούμε να την απορρίψουμε; Η τιμή αυτή είναι προκαθορισμένη και είναι γνωστή ως *επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας,* συμβολίζεται με α (άλφα) και για τις κοινωνικές επιστήμες και την εκπαίδευση είναι ίση με 0,05 (ή 5%). Έτσι έχουμε:

- Αν p≤α: Απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση (Αποφαινόμαστε ότι υπάρχει διαφορά, σχέση ή επίδραση)
- Αν p≥α: Δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση (Αποφαινόμαστε ότι δεν υπάρχει διαφορά, σχέση ή επίδραση)

Ο υπολογισμός της πιθανότητας p εξαρτάται από το στατιστικό μέγεθος που διερευνούμε και από τη δειγματοληπτική κατανομή που ακολουθεί.[52]

Για τη διερεύνηση ερωτημάτων που αφορούν τη διαφορά του στατιστικού μεγέθους *αριθμητικός μέσος όρος*[53] δύο διαφορετικών ομάδων και τον υπολογισμό της πιθανότητας p χρησιμοποιείται ο έλεγχος t. Υπάρχουν ωστόσο κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται ώστε να μπορεί να γίνει ο έλεγχος t: Πρέπει οι δύο κατανομές τις οποίες συγκρίνουμε να αποτελούν ανεξάρτητα τυχαία δείγματα, να είναι κανονικές και να έχουν ομοιογένεια διασποράς (να υπάρχει η ισότητα των διακυμάνσεων).

Το test για την κανονικότητα της κατανομής των δύο ομάδων γίνεται με το Kolmogorov-Smirnov Test, δηλαδή με τις εξής εντολές:

- Analyze
  - Non-Parametric Tests
    - 1-Sample K-S

Το test για την ομοιογένεια της διασποράς (ισότητας των διακυμάνσεων) γίνεται με το Levene's Test το οποίο γίνεται ταυτόχρονα με το t-test (αυτόματα).

Ο έλεγχος t μπορεί να πραγματοποιηθεί με τις εξής εντολές του SPSS (βλ. Εικόνα 14, Παράρτημα Δ):

- Analyze
  - Compare Means
    - Independent Samples t-test

Με τις πιο πάνω εντολές ανοίγει το παράθυρο *Independent Samples T-Test* (βλ. Εικόνα 15, Παράρτημα Δ). Για να προχωρήσουμε, επιλέγουμε τη μεταβλητή που περιέχει όλες τις τιμές (π.χ. τη

[52] Τα πιο διαδεδομένα στατιστικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση και στις κοινωνικές επιστήμες ακολουθούν τις κατανομές:

- Κανονική (z)
- Κατανομή t (t Distribution)
- Κατανομή F (F Distribution)
- Κατανομή x^2 (CHI SQUARE Distribution)

[53] Το στατιστικό μέγεθος «Αριθμητικός Μέσος Όρος $\bar{X}$» ακολουθεί τη δειγματοληπτική κατανομή t.

μεταβλητή «Total score for all students») και τη μεταφέρουμε στο κενό πλαίσιο κάτω από την ένδειξη *Test Variable(s).* Ακολούθως επιλέγουμε τη μεταβλητή που διαχωρίζει την προηγούμενη σε δύο ομάδες (π.χ. την μεταβλητή «Έχεις παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο»), τη μεταφέρουμε στο κενό πλαίσιο κάτω από την ένδειξη *Grouping Variable* και τέλος, δηλώνουμε στο *Define Groups* τις τιμές που μπορεί να πάρει η *Grouping Variable* (π.χ. 0 και 1). Επιλέγοντας OK, εμφανίζονται στο Output του SPSS δύο πίνακες. Ο πρώτος περιέχει πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των δύο ομάδων που συγκρίνουμε (το μέγεθος (N) των δύο ομάδων, το μέσο όρο, τυπική απόκλιση) και ο δεύτερος δίνει τα αποτελέσματα του τεστ ισότητας διακυμάνσεων (Levene's Test of Equality of Variances) και του t-test (πιθανότητα p η διαφορά των μέσων όρων να είναι τυχαία). Συγκρίνοντας την πιθανότητα p αποφαινόμαστε αν θα απορρίψουμε ή όχι την μηδενική υπόθεση. (βλ. Πίνακες 13 και 14, Παράρτημα Α)

Για τη διερεύνηση της διαφοράς δύο ή περισσοτέρων αριθμητικών μέσων όρων[54] χρησιμοποιείται ο έλεγχος F (ANOVA). Οι προϋποθέσεις του ελέγχου F (ANOVA) είναι ίδιες με του ελέγχου t. Οι αντίστοιχες εντολές για τον έλεγχο αυτό είναι (βλ. Εικόνα 16, Παράρτημα Δ):

- Analyze
  - Compare Means
    - One-Way ANOVA

Στη συνέχεια στο παράθυρο *One-Way ANOVA* (βλ. Εικόνα 17, Παράρτημα Δ) επιλέγουμε τη μεταβλητή που περιέχει το σύνολο των τιμών που διερευνούμε (π.χ. τους βαθμούς όλων των φοιτητών δηλαδή τη μεταβλητή «Total score for all students») και τη μεταφέρουμε στο κενό πλαίσιο κάτω από την ένδειξη *Dependent List*. Ακολούθως επιλέγουμε τον παράγοντα-μεταβλητή που διαχωρίζει το σύνολο των τιμών σε περισσότερες των δύο διαφορετικές ομάδες (π.χ. τη μεταβλητή «εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα Φυσική Α.Π.Θ.»). Με την επιλογή *Options* και στη συνέχεια *Homogeneity of variance test (*και στη συνέχεια *Continue)*, το SPSS θα πραγματοποιήσει έλεγχο για την ομοιογένεια της διασποράς (που είναι στις προϋποθέσεις του ελέγχου ANOVA).

Ακολούθως (ξανά πίσω στο παράθυρο *One-Way ANOVA*) επιλέγουμε *Post Hoc,* που έχει ως αποτέλεσμα να ανοίξει το παράθυρο *One-Way ANOVA: Post Hoc Multiple Comparisons* (βλ. Εικόνα 18, Παράρτημα Δ). Στο πλαίσιο κάτω από την ένδειξη *Equal Variances Assumed* (αν μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι διακυμάνσεις των μέσων όρων είναι ίσες) επιλέγουμε *Bonferroni* και στο πλαίσιο κάτω από την ένδειξη *Equal Variances Not Assumed* (αν δε μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι διακυμάνσεις είναι ίσες) επιλέγουμε *Temhane's T2*. Ακόμα σημειώνουμε στα δεξιά της ένδειξης *Significance level* την τιμή: 0.05 (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας) και μετά επιλέγουμε *Continue* και *OK*.

Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται το τεστ ANOVA και παίρνουμε στο Output του SPSS τους πίνακες 16 και 17 (βλ. Παράρτημα Α) στους οποίους παρέχονται πληροφορίες για την ομοιογένεια της διασποράς, την ισότητα των διακυμάνσεων και την πιθανότητα p να είναι η διαφορά των μέσων όρων των ομάδων που μελετάμε τυχαία. Έτσι μπορούμε να συγκρίνουμε την πιθανότητα p με το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας και αποφαινόμαστε για το αν θα απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση.

4.5.5. Κατανομή Συχνοτήτων

Για τη διευκόλυνση του υπολογισμού των χαρακτηριστικών μεγεθών ενός δείγματος ή των τιμών διαφόρων στατιστικών μέτρων, τα δεδομένα μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες ή κλάσεις ή τάξεις, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις τιμές (ή τα εύρη τιμών) που μπορεί να πάρει η κάθε μεταβλητή. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάζεται ο *Πίνακας Κατανομής Συχνοτήτων*.

[54] Το στατιστικό «διαφορά περισσοτέρων των δύο αριθμητικών μέσων» αυτό ακολουθεί την κατανομή F.

Για να εκτελέσει το πρόγραμμα τη διαδικασία κατασκευής Πίνακα Κατανομής Συχνοτήτων, εφόσον τα δεδομένα μας (απαντήσεις φοιτητών) προέρχονται από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, πρέπει πρώτα να δηλώσουμε στο SPSS ποιες μεταβλητές (επιλογές/απαντήσεις)[55] αποτελούν μαζί μια ομάδα (κάθε ομάδα είναι μια διαφορετική ερώτηση), δηλαδή ποιες απαντήσεις μαζί αποτελούν τις επιλογές της κάθε διαφορετικής ερώτησης, ώστε το SPSS να δημιουργήσει ένα πίνακα κατανομής συχνοτήτων για κάθε ομάδα/ερώτηση ξεχωριστά.

Οι εντολές του SPSS που απαιτούνται για τη δήλωση των ομάδων είναι οι εξής (βλ. Εικόνα 5):

- Analyze
    - Multiple Response
        - Define Variable Sets

Στη συνέχεια εμφανίζεται το παράθυρο *Define Multiple Response Sets*. Επιλέγουμε τις μεταβλητές που θέλουμε (από το πλαίσιο/στήλη στα αριστερά που περιέχει όλες τις μεταβλητές) και με το τόξο τις μεταφέρουμε στο πλαίσιο *Variables in Set.* Επιλέγουμε την κωδικοποίηση των μεταβλητών σαν *Dichotomies* και *Counted Value*: 1. Στο κενό πλαίσιο *Name* γράφουμε το όνομα του σετ/ομάδας (π.χ. Question B2), ενώ στο κενό πλαίσιο *Label* γράφουμε την εκφώνηση της ερώτησης (π.χ. Πού οφείλεται το φαινόμενο εναλλαγής μέρας-νύχτας). Επιλέγουμε *add* και η πρώτη ομάδα μεταβλητών έχει δημιουργηθεί και φαίνεται πλέον μέσα στο πλαίσιο *Multiple Response Sets* στα δεξιά του παραθύρου. Συνεχίζουμε με τις υπόλοιπες ομάδες και όταν έχουμε τελειώσει κλείνουμε το παράθυρο. (βλ. εικόνα 18 και 19)

Στη συνέχεια για την εκτέλεση της διαδικασίας της κατασκευής πίνακα συχνοτήτων επιλέγουμε τις εξής εντολές του SPSS (βλ. Εικόνα 20.):

- Analyze
    - Multiple Response Sets
        - Frequencies

Ακολούθως στο παράθυρο *Multiple Response Frequencies* (βλ. Εικόνα 21, Παράρτημα Δ) επιλέγουμε από την αριστερή στήλη: *Multiple Response Sets,* την ομάδα ή τις ομάδες που θέλουμε, τις μεταφέρουμε στη δεξιά στήλη: *Table(s) for,* και πατάμε OK.

Αμέσως στο παράθυρο Output εμφανίζεται/εμφανίζονται ο πίνακας/πίνακες συχνοτήτων που ήταν το ζητούμενο μας. (βλ. Εικόνα 22, Παράρτημα Δ)

Στον Πίνακα Κατανομής Συχνοτήτων που κατασκευάζει το SPSS (όπως φαίνεται στην Εικόνα 22) καταγράφονται σε διαδοχικές στήλες (με τη σειρά):

- όλες οι τιμές - κατηγορίες της μεταβλητής *(values)*,
- οι συχνότητες εμφάνισης των τιμών *(frequencies)*,
- τα ποσοστά των τιμών στο σύνολο *όλων* των παρατηρήσεων *(percents)*,
- τα έγκυρα ποσοστά, δηλαδή τα ποσοστά στο σύνολο των *έγκυρων* παρατηρήσεων, που μένουν μετά από απόρριψη των χαμένων τιμών *(valid percents)* και τέλος
- τα αθροιστικά ποσοστά *(Cummulative percents)*.

Το *Διάγραμμα* ή η *Γραφική Παράσταση της Κατανομής Συχνοτήτων*, δίνει στην ανεξάρτητη μεταβλητή (άξονα x) τις τιμές-κατηγορίες της μεταβλητής και στην εξαρτημένη μεταβλητή (άξονα y) τη συχνότητα εμφάνισης της κάθε τιμής-κατηγορίας. Μπορεί να παρασταθεί σαν ένα ιστόγραμμα ή ένα ραβδόγραμμα ή και κυκλικό διάγραμμα ανάλογα με το αν οι τιμές που παίρνει η μεταβλητή είναι συνεχείς ή διακριτές.

[55] Ως *μεταβλητές* ορίζονται όλες οι διαθέσιμες απαντήσεις - επιλογές κάθε ερώτησης πολλαπλής επιλογής του ερωτηματολογίου.

Οι εντολές του SPSS για τη δημιουργία διαγράμματος συχνοτήτων είναι οι εξής:

- Επιλέγουμε τον πίνακα με right click του mouse
    - Edit content
        - In Viewer
            - Ξαναεπιλέγουμε με right click του mouse τον πίνακα
                - Create Graph
                - Bar

Έτσι δημιουργείται το διάγραμμα συχνοτήτων της Εικόνας 23 (βλ. Παράρτημα Δ).

4.5.6 Διασταύρωση μεταβλητών (Cross tabulation), Πίνακες Συνάφειας (Contingency Tables)

Σε πολλές περιπτώσεις μας ενδιαφέρει να δούμε την κοινή κατανομή συχνοτήτων δύο μεταβλητών και να ελέγξουμε αν οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Ο πίνακας που δίνει τις πληροφορίες αυτές λέγεται *Πίνακας Συνάφειας*.

Για παράδειγμα αν υποθέσουμε ότι στα δεδομένα μας υπάρχουν δύο ποιοτικές μεταβλητές Α και Β των οποίων οι τιμές είναι οι κατηγορίες A_1, A_2, ..., A_R και B_1, B_2, ..., B_C αντίστοιχα, τότε ο πίνακας συνάφειας των δύο μεταβλητών θα έχει την γενική μορφή της Εικόνας 24 (βλ. Παράρτημα Δ) .

Στον πίνακα συνάφειας οι κατηγορίες (τιμές) της μεταβλητής Α γράφονται στις γραμμές (*rows*) του πίνακα, οι κατηγορίες (τιμές) της μεταβλητής Β στις στήλες *(columns)* και κάθε συνδυασμός των τιμών A_i και B_j σχηματίζει ένα κελί *(cell)*. Στα κελιά αυτά καταγράφονται οι κοινές συχνότητες των τιμών A_i και B_j, δηλαδή πόσες φορές εμφανίζονται στα δεδομένα οι τιμές A_i και B_j μαζί. Η τελευταία στήλη του πίνακα με τίτλο *Σύνολα γραμμών* περιέχει τα αθροίσματα των συχνοτήτων κάθε γραμμής και παριστά την κατανομή συχνοτήτων μόνο της μεταβλητής Α. Αντίστοιχα, η τελευταία γραμμή με τίτλο "*Σύνολα στηλών*" δίνει την κατανομή συχνοτήτων της μεταβλητής Β. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η επιλογή της μεταβλητής που θα παρασταθεί στις γραμμές είναι αυθαίρετη.

Η διαδικασία *Διασταύρωσης μεταβλητών* (Cross tabulation) του SPSS δίνει πίνακες συνάφειας για ζεύγη ποιοτικών μεταβλητών.

5

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

5.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων – απαντήσεων των φοιτητών στο Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας η οποία πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS.

Στην ενότητα 5.2. παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης αξιοπιστίας του Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας.

Στην ενότητα 5.3. δίδεται ο μέσος όρος σωστών απαντήσεων του συνόλου των φοιτητών και στην ενότητα 5.4. μελετάται η επίδραση των παραγόντων:

- Παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Λύκειο
- Παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Πανεπιστήμιο
- Αριθμός εξαμήνων φοίτησης στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ.

στο τελική βαθμολογία (αριθμό σωστών απαντήσεων) των φοιτητών στο τεστ.

Στην ενότητα 5.5. παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις του Διαγνωστικού Τεστ ερώτηση προς ερώτηση. Παρατίθενται πίνακες και διαγράμματα συχνοτήτων και ποσοστών των απαντήσεων των φοιτητών σε κάθε ερώτηση. Ακόμη, για όσες από τις ερωτήσεις είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα των απαντήσεων φοιτητών/μαθητών παλαιότερων ερευνητικών μελετών, γίνεται μια σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με τα δικά μας αποτελέσματα.

Τέλος, στη ενότητα 5.6. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας Διασταύρωσης Μεταβλητών και αναλύονται τα κύρια νοητικά μοντέλα των φοιτητών με κοινούς εννοιολογικούς άξονες.

5.2. Ανάλυση Αξιοπιστίας

Μετά τη διαδικασία της επανακωδικοποίησης των αρνητικά βαθμολογημένων μεταβλητών (βλ. ενότητα 4.5.2.2.) η κλίμακα που αναπαριστά το ερωτηματολόγιο γίνεται μονοδιάστατη και έτσι μπορεί να πραγματοποιηθεί η ανάλυση αξιοπιστίας. Ο συντελεστής Άλφα του Cronbach που μετρά την αξιοπιστία ή την εσωτερική συνέπεια μιας κλίμακας βρέθηκε ίσος με 0,943. Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει ο συντελεστής αυτός είναι το 1, ενώ η αποδεκτή τιμή του όσον αφορά την εκπαιδευτική έρευνα και τις κοινωνικές επιστήμες, είναι 0,7. Συνεπώς η τιμή α=0.943 που υπολογίσαμε κρίνεται απολύτως ικανοποιητική. Στον πίνακα 9 του Παραρτήματος Α παρατίθενται τα αποτελέσματα του SPSS για το συντελεστή Άλφα του Cronbach στο σύνολο των 96 μεταβλητών[56].

[56] Ως *μεταβλητές* ορίζονται όλες οι διαθέσιμες απαντήσεις – επιλογές κάθε ερώτησης πολλαπλής επιλογής του ερωτηματολογίου.

Στον πίνακα 10 φαίνονται τα αποτελέσματα του SPSS για το άλφα του Cronbach υπολογισμένα για το σύνολο όλων των μεταβλητών πλην μιας, κάθε φορά διαφορετικής μεταβλητής. Παρατηρούμε ότι δεν εμφανίζεται σημαντική μεταβολή στην τιμή του άλφα αφαιρούμενης κάθε φορά μιας διαφορετικής μεταβλητής.

5.3. Μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των φοιτητών

Ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων (βαθμολογίας) καθώς και άλλες πληροφορίες (η τυπική απόκλιση του μέσου όρου, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της βαθμολογίας) του συνόλου των φοιτητών αλλά και των υποσυνόλων στα οποία μπορεί να χωριστεί με βάση τις ερωτήσεις υποβάθρου (Α' μέρος ερωτηματολογίου) αναγράφονται στον Πίνακα 11 (Παράρτημα Α).

5.3.1. Μέσος όρος σωστών απαντήσεων για το σύνολο όλων των φοιτητών

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 11, ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων όπως υπολογίστηκε με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS (με άριστα το 21-γιατί 21 είναι το σύνολο των ερωτήσεων), για το σύνολο όλων των φοιτητών (N= 97) που έλαβαν μέρος στο Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας, βρέθηκε ίσος με 10,0.

5.3.2. Περιγραφή Υποσυνόλων των φοιτητών με βάση τις ερωτήσεις υποβάθρου - Μέσος όρος σωστών απαντήσεων για κάθε τέτοιο υποσύνολο

Όπως έχει αναφερθεί, ανάλογα με τις ερωτήσεις υποβάθρου δημιουργούνται κάποια υποσύνολα τα οποία διαφοροποιούνται λόγω ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού τους (αν οι φοιτητές έχουν ή όχι παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο ή αν έχουν ή όχι παρακολουθήσει το μάθημα «Εισαγωγή στην Αστρονομία» στο Πανεπιστήμιο, ή αν βρίσκονται σε διαφορετικό εξάμηνο), για το καθένα από τα οποία υπολογίσθηκε ο μέσος όρος σωστών απαντήσεων ξεχωριστά.

Ανάλογα με τις απαντήσεις των φοιτητών στην **πρώτη ερώτηση του Α' μέρους**, δηλαδή τις απαντήσεις που έχουν δώσει οι φοιτητές στην ερώτηση **αν έχουν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο**, το σύνολο όλων των φοιτητών μπορεί να χωριστεί σε δύο υποσύνολα (βλ. Γράφημα 23, Παράρτημα Β). Το πρώτο υποσύνολο, οι «Φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο», αποτελείται από 25 άτομα (N=25) ενώ το δεύτερο υποσύνολο, οι «Φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο», αποτελείται από 71 άτομα (N=71). Υπήρξε 1 άτομο που δεν απάντησε καθόλου στην ερώτηση αυτή.

Για το υποσύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο (N=25), **ο μέσος όρος** βρέθηκε ίσος με **11,9** ενώ για το υποσύνολο των 71 φοιτητών που δήλωσαν ότι **δεν** είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό (N=71), βρέθηκε ίσος με **9,3.**

Ανάλογα με τις απαντήσεις των φοιτητών στην **δεύτερη ερώτηση του Α' μέρους**, δηλαδή τις απαντήσεις που έχουν δώσει οι φοιτητές στην ερώτηση **αν έχουν παρακολουθήσει το μάθημα Εισαγωγή στην Αστρονομία στο Πανεπιστήμιο** (που διδάσκεται στο $5^{ο}$ εξάμηνο), το σύνολο όλων των φοιτητών μπορεί να χωριστεί σε δύο υποσύνολα (βλ. Γράφημα 24, Παράρτημα Β) . Το πρώτο υποσύνολο, οι «Φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα Εισαγωγή στην Αστρονομία στο Πανεπιστήμιο», αποτελείται από 1 άτομο (N=1) ενώ το δεύτερο υποσύνολο, οι «Φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα Εισαγωγή στην Αστρονομία στο Πανεπιστήμιο», αποτελείται από 95 άτομα (N=95). Υπήρξε 1 άτομο (N=1) που δεν απάντησε καθόλου στην ερώτηση αυτή.

Για το υποσύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα Εισαγωγή στην Αστρονομία στο Πανεπιστήμιο(N=1), ο **μέσος όρος** βρέθηκε ίσος με **18** ενώ για το υποσύνολο των φοιτητών που **δεν** είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Πανεπιστήμιο (N=95), βρέθηκε ίσος με **9,9**.

Ανάλογα με τις απαντήσεις των φοιτητών στην **τρίτη ερώτηση του Α' μέρους**, δηλαδή ανάλογα με τον **αριθμό των εξαμήνων φοίτησης** στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ., το σύνολο των φοιτητών μπορεί να χωριστεί σε 4 υποσύνολα (βλ. Γράφημα 25, Παράρτημα Β). Το πρώτο υποσύνολο, «Φοιτητές 1^{ου} εξαμήνου», αποτελείται από 83 άτομα (N=83). Το δεύτερο υποσύνολο, «Φοιτητές 3^{ου} εξαμήνου», αποτελείται από 6 άτομα (N=6). Το τρίτο υποσύνολο, «Φοιτητές 5^{ου} εξαμήνου», αποτελείται από 3 άτομα (N=3). Το τέταρτο υποσύνολο αποτελείται από 2 άτομα (N=2). Υπήρξαν 4 φοιτητές που δεν έδωσαν καμία απάντηση στην ερώτηση αυτή.

Για το υποσύνολο των φοιτητών που βρίσκονταν στο **1^{ο} εξάμηνο** φοίτησης στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. (N=83) ο **μέσος όρος** βρέθηκε ίσος με **10**. Για το υποσύνολο των φοιτητών που βρίσκονταν στο **3^{ο} εξάμηνο** φοίτησης στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. (N=6) βρέθηκε ίσος με **10,7.** Για το υποσύνολο των φοιτητών που βρίσκονταν στο **5^{ο} εξάμηνο** φοίτησης στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. (N=3) βρέθηκε ίσος με **8,7**. Για το υποσύνολο των φοιτητών που βρίσκονταν στο **7^{ο} εξάμηνο** φοίτησης στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. (N=2) βρέθηκε ίσος με **9,5.**

5.3.3. Παρατηρήσεις

Παρατηρούμε ότι τα υποσύνολα που διαφέρουν κατά ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό (παράγοντα) μεταξύ τους (π.χ. τα υποσύνολα που διαφοροποιούνται ανάλογα με το εάν είχαν ή όχι παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο οι φοιτητές) παρουσιάζουν κάποια διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων.

5.4. Έλεγχος υποθέσεων

Με τον έλεγχο υποθέσεων θα απαντήσουμε στο ερώτημα αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους σωστών απαντήσεων των διαφόρων υποσυνόλων που μεταξύ τους διαφέρουν κατά ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό – παράγοντα, δηλαδή θα ελέγξουμε αν η επίδραση του κάθε παράγοντα ξεχωριστά είναι στατιστικά σημαντική στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων.

5.4.1. Παράγοντας: Παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Λύκειο.

Επιλογή Στατιστικού Ελέγχου: t-test

Επειδή οι μέσοι όροι που θέλουμε να συγκρίνουμε - να αποφανθούμε κατά πόσον η διαφορά τους είναι στατιστικά σημαντική- είναι μόνο δύο (δύο υποσύνολα συγκρίνουμε), για τον έλεγχο υποθέσεων χρησιμοποιούμε τον έλεγχο t-test (Independent Samples t-test).

Προϋποθέσεις του t-test

Οι δύο κατανομές των οποίων τους μέσους όρους σωστών απαντήσεων συγκρίνουμε, πρέπει να αποτελούν ανεξάρτητα τυχαία δείγματα, να είναι κανονικές και να έχουν ομοιογένεια διασποράς ή ομοσκεδαστικότητα (που εξασφαλίζεται με την ισότητα των διακυμάνσεων).

Η **ανεξαρτησία των δειγμάτων** μπορεί να υποτεθεί.

Η **κανονικότητα των κατανομών** των δύο υποσυνόλων μπορεί να υποτεθεί εκ των προτέρων, σύμφωνα με το κεντρικό οριακό θεώρημα[57] μόνο αν το μέγεθος του κάθε δείγματος (υποσυνόλου) είναι μεγαλύτερο από 30 (N>30). Επειδή το πρώτο υποσύνολο αποτελείται από 25 άτομα (N<30), δε μπορούμε να υποθέσουμε εκ των προτέρων την κανονικότητα για αυτή την κατανομή, γι' αυτό θα πρέπει να πραγματοποιηθεί έλεγχος κανονικότητας με το «One-Sample Kolmogorov – Smirnov Test.

Τα αποτελέσματα του «One-Sample Kolmogorov – Smirnov Test» και για τα δύο υποσύνολα παρουσιάζονται στους πίνακες 12 και 13 του Παραρτήματος Α.

Ο έλεγχος της κανονικότητας, είναι ένας ακόμη έλεγχος υποθέσεως. Στην περίπτωση αυτή όμως, η μηδενική υπόθεση H_o που ελέγχουμε είναι:

H_o=Η κατανομή μας δε διαφέρει από την κανονική κατανομή,

ενώ η εναλλακτική υπόθεση H_α -που θα ισχύει αν απορριφθεί η μηδενική- είναι:

H_α = Η κατανομή μας διαφέρει από την κανονική.

Για να μπορούμε να αποφανθούμε αν θα απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση, ελέγχουμε την πιθανότητα p η διαφορά από την κανονική κατανομή να είναι τυχαία. Αν η τιμή της πιθανότητας αυτής είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (p>0.05) τότε δε μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση και η κατανομή μας μπορεί να θεωρηθεί κανονική.

Ελέγχουμε το p-value στους πίνακες 12 και 13, δηλαδή το Asymp. Sig. (2-tailed). Στην περίπτωση του υποσυνόλου των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο, το p=0.868 >0.05 άρα η κατανομή είναι κανονική. Επίσης και για το υποσύνολο των 71 φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο, είναι p=0.158>0.05, οπότε και αυτή η κατανομή είναι κανονική.

Όσο για την **ομοιογένεια της διασποράς (ομοσκεδαστικότητα)** ο έλεγχος γίνεται με το Levene's Test for Equality of Variances, τα αποτελέσματα του οποίου παρατίθενται στον Πίνακα 14 του παραρτήματος Α, μαζί με τα αποτελέσματα του t-test.

Όπως τον έλεγχο της κανονικότητας, και ο έλεγχος της ομοιογένειας της διασποράς είναι ένας έλεγχος υποθέσεως. Η μηδενική υπόθεση H_o είναι:

H_o=Δεν υπάρχει διαφορά στις διακυμάνσεις ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$), δηλαδή υπάρχει ομοιογένεια της διασποράς), ενώ η εναλλακτική υπόθεση H_α είναι:

H_α=Υπάρχει διαφορά στις διακυμάνσεις ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$), δηλαδή δεν υπάρχει ομοιογένεια της διασποράς.

Για να μπορούμε να αποφανθούμε αν θα απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση, ελέγχουμε την πιθανότητα p η διαφορά στις διακυμάνσεις να είναι τυχαία. Αν η τιμή της πιθανότητας αυτής είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (p>0.05) τότε δε μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι δύο κατανομές έχουν ομοιογένεια διασποράς.

Ελέγχουμε το p-value στον Πίνακα 14 (Levene's Test for Equality of Variances), δηλαδή το Sig. , και το βρίσκουμε ίσο με 0,086>0,05. Έτσι δε μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση, και άρα οι δύο κατανομές έχουν ομοιογένεια διασποράς.

Αφού έχει επιβεβαιωθεί η πληρότητα των προϋποθέσεων του t-test, μπορούμε να προχωρήσουμε στην εκτέλεση του. Πρώτα όμως διατυπώνουμε το ερευνητικό ερώτημα που εξετάζουμε και ακολούθως

[57] Τσαγκρής, Μ. *Στατιστική με τη χρήση του πακέτου SPSS 15*. Αθήνα 2008. [online]
Available from:
< http://7.nsa-virtualeducation.com/images/l.notes1.pdf>

διατυπώνουμε τη μηδενική υπόθεση (που είναι η αρνητική απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα) και την εναλλακτική υπόθεση (που είναι η καταφατική απάντηση στο ερώτημα).

Ερευνητικό ερώτημα:

«Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και αυτών που δεν είχαν;»

Μηδενική Υπόθεση (H_o: $\mu_1=\mu_2$)

H_o: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και αυτών που δεν είχαν.

Εναλλακτική Υπόθεση (H_α: $\mu_1\neq\mu_2$)

H_α: Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και αυτών που δεν είχαν.

Ακολούθως βρίσκουμε την πιθανότητα p η διαφορά των μέσων όρων να είναι τυχαία (δηλαδή να είναι οι μέσοι όροι διαφορετικοί «κατά τύχη») και ελέγχουμε αν είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας α=0,05.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του t-test[58] που φαίνονται στον πίνακα 14 (Παράρτημα Α), p=0.00<0.05. Επειδή η πιθανότητα p (η διαφορά των μέσων όρων να είναι τυχαία) είναι μικρότερη από το επίπεδο σημαντικότητας, μπορούμε να αποφανθούμε ότι η **μηδενική υπόθεση (H_o) απορρίπτεται**.

Συμπέρασμα

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και αυτών που δεν είχαν, επομένως ο παράγοντας «Παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Λύκειο» παίζει ρόλο στην τελική βαθμολογία των φοιτητών (αριθμό των σωστών απαντήσεων).

5.4.2. Παράγοντας: Παρακολούθηση του μαθήματος «Εισαγωγή στην Αστρονομία» στο Πανεπιστήμιο

Επιλογή Στατιστικού Ελέγχου: t-test

Επειδή οι μέσοι όροι που θέλουμε να συγκρίνουμε - να αποφανθούμε κατά πόσον η διαφορά τους είναι στατιστικά σημαντική- είναι μόνο δύο (δύο υποσύνολα συγκρίνουμε), για τον έλεγχο υποθέσεων χρησιμοποιούμε τον έλεγχο t-test (Independent Samples t-test).

Προϋποθέσεις του t-test

Επειδή το ένα από τα δύο υποσύνολα («Φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα Εισαγωγή στην Αστρονομία στο Πανεπιστήμιο») εκπροσωπείται μόνο από ένα άτομο (N=1), οι προϋποθέσεις του t-test **δεν μπορεί να πληρούνται** και έτσι το t-test δεν θα πραγματοποιηθεί.

Ερευνητικό ερώτημα

«Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα Εισαγωγή στην Αστρονομία στο Πανεπιστήμιο και αυτών που δεν είχαν;»

[58] Ελέγχουμε την τιμή p (Sig (2-tailed)) για «Equal Variances Assumed», γιατί σύμφωνα με το Levene's test (έλεγχος ομοιογένειας διασποράς) οι διακυμάνσεις μπορούν να θεωρηθούν ίσες.

Συμπέρασμα

Το ερευνητικό ερώτημα **δε μπορεί να απαντηθεί** λόγω ανεπαρκών μετρήσεων (το ένα από τα δύο δείγματα που συγκρίνουμε αποτελείται μόνο από μία μέτρηση).

5.4.3. Παράγοντας: Αριθμός εξαμήνων φοίτησης

Επιλογή Στατιστικού Ελέγχου: F-test (ONE-WAY ANOVA Test)

Επειδή οι μέσοι όροι που θέλουμε να συγκρίνουμε - να αποφανθούμε κατά πόσον η διαφορά τους είναι στατιστικά σημαντική- είναι περισσότεροι από δύο (συγκρίνουμε 4 υποσύνολα), για τον έλεγχο υποθέσεων χρησιμοποιούμε τον έλεγχο F-test (ONE-WAY ANOVA Test).

Προϋποθέσεις του F-test (ONE-WAY ANOVA Test)

Οι κατανομές των οποίων τους μέσους όρους σωστών απαντήσεων θέλουμε να συγκρίνουμε, πρέπει να αποτελούν ανεξάρτητα τυχαία δείγματα, να είναι κανονικές και να υπάρχει ομοιογένεια της διασποράς ή ομοσκεδαστικότητα (που εξασφαλίζεται με την ισότητα των διακυμάνσεων).

Η **ανεξαρτησία των δειγμάτων** μπορεί να υποτεθεί.

Η **κανονικότητα των κατανομών** των υποσυνόλων μπορεί να υποτεθεί εκ των προτέρων, σύμφωνα με το κεντρικό οριακό θεώρημα[59] μόνο αν το μέγεθος του κάθε δείγματος (υποσυνόλου) είναι μεγαλύτερο από 30 (N>30). Επειδή αυτό δεν ισχύει για τα τρία από τα τέσσερα υποσύνολα δε μπορούμε να υποθέσουμε εκ των προτέρων την κανονικότητα των κατανομών, γι' αυτό θα πρέπει να πραγματοποιηθεί έλεγχος κανονικότητας με το «One-Sample Kolmogorov – Smirnov Test.

Τα αποτελέσματα του «One-Sample Kolmogorov – Smirnov Test» και για τα τέσσερα υποσύνολα παρουσιάζονται στον Πίνακα 15 του Παραρτήματος Α.

Και πάλι στον έλεγχο της κανονικότητας, για κάθε κατανομή – υποσύνολο, η μηδενική υπόθεση H_o που ελέγχουμε είναι:

H_o=Η κατανομή μας δε διαφέρει από την κανονική κατανομή,

ενώ η εναλλακτική υπόθεση H_α -που θα ισχύει αν απορριφθεί η μηδενική- είναι:

H_α = Η κατανομή μας διαφέρει από την κανονική.

Για να μπορούμε να αποφανθούμε αν θα απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση, ελέγχουμε την πιθανότητα p η διαφορά από την κανονική κατανομή να είναι τυχαία. Αν η τιμή της πιθανότητας αυτής είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ($p>0.05$) τότε δε μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση και η κατανομή μας μπορεί να θεωρηθεί κανονική.

Ελέγχουμε το p-value στον Πίνακα 15, δηλαδή το Asymp. Sig. (2-tailed). Στην περίπτωση του υποσυνόλου των φοιτητών που δήλωσαν ότι βρίσκονται στο $1^{ο}$ εξάμηνο, το $p_1=0.167>0.05$. Αντίστοιχα για τους φοιτητές του $3^{ου}$ εξαμήνου,$p_3=861$, του $5^{ου}$ εξαμήνου $p_5=0.766$, και τέλος, του $7^{ου}$ εξαμήνου, $p_7=0.99$. Επομένως όλες οι κατανομές είναι κανονικές.

Ο έλεγχος της **ομοιογένειας της διασποράς** για το F-test**,** όπως και το t-test, γίνεται με το Levene's Test for Equality of Variances, τα αποτελέσματα του οποίου παρατίθενται στον Πίνακα 16 (Παράρτημα Α).

Η μηδενική υπόθεση H_o που εξετάζουμε αν θα απορρίψουμε είναι:

---

[59] Τσαγκρής, Μ. *Στατιστική με τη χρήση του πακέτου SPSS 15*. Αθήνα 2008. [online] Available from: < http://7.nsa-virtualeducation.com/images/l.notes1.pdf>

H_o=Δεν υπάρχει διαφορά στις διακυμάνσεις ($\sigma_1^2 = \sigma_3^2 = \sigma_5^2 = \sigma_7^2$), δηλαδή υπάρχει ομοιογένεια της διασποράς, ενώ η εναλλακτική υπόθεση H_α είναι:

H_α=Υπάρχει διαφορά στις διακυμάνσεις, ($\sigma_1^2 \neq \sigma_3^2 \neq \sigma_5^2 \neq \sigma_7^2$), δηλαδή δεν υπάρχει ομοιογένεια της διασποράς.

Ελέγχουμε το p-value (πιθανότητα η διαφορά στις διακυμάνσεις να είναι τυχαία) στον Πίνακα 16 (Levene's Test for Equality of Variances), δηλαδή το Sig. , και το βρίσκουμε ίσο με 0,457>0,05. Έτσι δε μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση, και άρα οι δύο κατανομές έχουν ομοιογένεια διασποράς.

Αφού έχει επιβεβαιωθεί η πληρότητα των προϋποθέσεων του F-test, μπορούμε να προχωρήσουμε στην εκτέλεση του. Γράφουμε το ερευνητικό ερώτημα και τη μηδενική και εναλλακτική υπόθεση:

Ερευνητικό ερώτημα:

«Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών με διαφορετικό εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ.;»

Μηδενική Υπόθεση (H_o: $\mu_1=\mu_3=\mu_5=\mu_7$)

H_o: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και αυτών που δεν είχαν.

Εναλλακτική Υπόθεση (H_α: $\mu_1\neq\mu_3\neq\mu_5\neq\mu_7$)

H_α: Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και αυτών που δεν είχαν.

Βρίσκουμε την πιθανότητα p (Sig.) η διαφορά των μέσων όρων να είναι τυχαία (δηλαδή να είναι οι μέσοι όροι διαφορετικοί «κατά τύχη») στον Πίνακα 14 (Παράρτημα Α) και ελέγχουμε αν είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας α=0,05. Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα του ONE-WAY ANOVA Test που φαίνονται στον Πίνακα 17, p=0.860>0.05. Επειδή η πιθανότητα p (η διαφορά των μέσων όρων να είναι τυχαία) είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο σημαντικότητας, αποφαινόμαστε ότι η **μηδενική υπόθεση δε μπορεί να απορριφθεί**.

Συμπέρασμα

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο σωστών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών με διαφορετικό εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ., επομένως ο παράγοντας «Αριθμός εξαμήνων φοίτησης» δεν παίζει ρόλο στην τελική βαθμολογία των φοιτητών (αριθμό των σωστών απαντήσεων).

5.5. Ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών ερώτηση προς ερώτηση

Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών σε κάθε ερώτηση περιλαμβάνει:

- Περίληψη των περιπτώσεων (έγκυρες και χαμένες απαντήσεις) στο σύνολο των φοιτητών αλλά και ξεχωριστά στα υποσύνολα των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και των φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό.
- Παρατηρήσεις σχετικά με τον αριθμό και το επί τοις εκατό ποσοστό σωστών και λανθασμένων απαντήσεων του συνόλου των φοιτητών που είχαν απαντήσει στην ερώτηση αλλά και ξεχωριστά για τα υποσύνολα των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και των φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό.

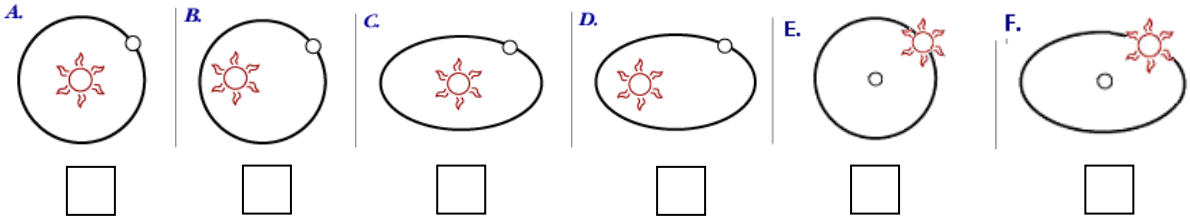
- Συγκριτικά αποτελέσματα φοιτητών (ή μαθητών Λυκείου) –για όσες από τις ερωτήσεις υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία- από παρόμοιες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο εξωτερικό (στις οποίες είχαμε αναφερθεί στο κεφάλαιο 4)
- Ερμηνεία αποτελεσμάτων: ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών με έμφαση στις λανθασμένες απαντήσεις που αποτελούν εναλλακτικές ιδέες - ερμηνεία για την προέλευση των ιδεών αυτών.

Οι πίνακες και τα διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών σε κάθε ερώτηση του τεστ παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Γραφήματα (Πίνακες 18-80, Γραφήματα 2-23).

Ο συνοπτικός συγκριτικός πίνακας των αποτελεσμάτων (αριθμός σωστών απαντήσεων) των φοιτητών της παρούσας μελέτης σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα φοιτητών ή μαθητών που συμμετείχαν σε άλλες ερευνητικές μελέτες που έγιναν στο εξωτερικό για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, παρατίθεται στο Παράρτημα Α (βλ. Πίνακας 8, Παράρτημα Α) και το αντίστοιχο γράφημα στο Παράρτημα Β (βλ. Γράφημα 26, Παράρτημα Β).

5.5.1. Ερώτηση 1

Ποιο από τα πιο κάτω διαγράμματα απεικονίζει με περισσότερη ακρίβεια τη σχετική κίνηση Γης - Ήλιου;



Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 18-20, Γράφημα 2)

Παρατηρήσεις

Από τους 97 φοιτητές που απάντησαν στην ερώτηση αυτή, οι 48 (49,5%) έδωσαν σωστή απάντηση, επιλέγοντας το διάγραμμα που απεικονίζει τη Γη να κινείται σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τον Ήλιο με τον Ήλιο να βρίσκεται στην εστία της έλλειψης.

Παρατηρούμε ότι το επί τοις εκατό ποσοστό των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και είχαν απαντήσει σωστά, είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των φοιτητών που δεν το είχαν παρακολουθήσει. Συγκεκριμένα το 68% των 25 φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα απάντησαν σωστά (δηλαδή οι 17 από τους 25), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό

σωστών απαντήσεων των 71 φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό ήταν 43,7% (οι 31 από τους 71 απάντησαν σωστά).

Ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες – απαντήσεις των φοιτητών, η πιο συχνά εμφανιζόμενη - με 45 φοιτητές (46,4% του συνόλου των φοιτητών) να την επιλέγουν, από αυτούς οι 7 φοιτητές είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία (28% αυτών) και οι υπόλοιποι 37 όχι (52,1% αυτών) – παρουσιάζεται στο τρίτο διάγραμμα όπου η Γη κινείται σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τον Ήλιο ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο της έλλειψης.

Οι εναλλακτικές ιδέες για τη σχετική κίνηση Ηλίου - Γης που απεικονίζονται στα υπόλοιπα διαγράμματα είναι πολύ λιγότερο διαδομένες ανάμεσα στους φοιτητές.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα της κατανομής των απαντήσεων φοιτητών ή μαθητών Λυκείου όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Οι 96 από τους 97 φοιτητές, έδειξαν ότι κατέχουν την ηλιοκεντρική θεώρηση του Ηλιακού Συστήματος (μόνο ένας τη γεωκεντρική), 94 από τους 97 γνωρίζουν ότι η Γη κινείται σε ελλειπτική τροχιά ωστόσο εμφανίζεται μια διχογνωμία σχετικά με τη θέση του Ήλιου (48 πιστεύουν ορθά ότι βρίσκεται στην εστία της έλλειψης και 45 στο κέντρο της), 2 μόνο πιστεύουν ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο σε κυκλική τροχιά και 1 φαίνεται να κατέχει τη γεωκεντρική θεώρηση του κόσμου.

5.5.2. Ερώτηση 2

Πού οφείλεται κατά τη γνώμη σας το φαινόμενο της εναλλαγής μέρας και νύχτας;

α) Στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της. ☐

β) Στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. ☐

γ) Σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα που έχουν ως αποτέλεσμα το μπλοκάρισμα του φωτός του Ήλιου. ☐

δ) Στην ημερήσια πορεία του Ήλιου από την Ανατολή στην Δύση ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 21-23, Γράφημα 3)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν και οι 97 φοιτητές. 86 από τους 97 φοιτητές, (88,7%) απάντησαν σωστά στην ερώτηση αυτή, θεωρώντας ότι το φαινόμενο της εναλλαγής μέρας – νύχτας οφείλεται στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της.

Το 96% των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο επέλεξαν τη σωστή απάντηση (24 από τους 25 φοιτητές), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό των φοιτητών που δεν το είχαν παρακολουθήσει ήταν 85,9% (61 από τους 71 φοιτητές), δηλαδή μικρότερο από των φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό.

Οι υπόλοιποι 11 από τους 97 φοιτητές απάντησαν ότι το φαινόμενο οφείλεται στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, που είναι και η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα, με ποσοστό 11,3%. Από τους 11, μόνο 1 φοιτητής είχε παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και 10 όχι.

Κανένας φοιτητής δεν επέλεξε τις απαντήσεις γ και δ.

Συγκρίσεις

Η ίδια ερώτηση περιλαμβανόταν στο διαγνωστικό τεστ που πραγματοποιήθηκε από τον R. Trumper το 2000, σε δείγμα 76 φοιτητών του Πανεπιστημίου της Haifa στο Ισραήλ. Οι φοιτητές ακολουθούσαν διαφορετικά αντικείμενα σπουδών, με μόνο το 30% αυτών να προσανατολίζεται στις θετικές επιστήμες (μαθηματικά, φυσική, πληροφορική κτλ). Στα αποτελέσματα της έρευνας αυτής αναφέρεται πως στην ερώτηση αυτή απάντησε σωστά το 62% των φοιτητών, ενώ η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών ήταν και σε αυτή την περίπτωση μελέτης ότι το φαινόμενο οφείλεται στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. (βλ. Παράρτημα Α, Πίνακας 1).

Το 2001 η έρευνα του Trumper επαναλήφθηκε σε δείγμα μαθητών Λυκείου. Τα αποτελέσματα των μαθητών για αυτή την ερώτηση είναι παρόμοια με την προηγούμενη έρευνα του Trumper, με ποσοστό σωστών απαντήσεων 64% και επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα – εξήγηση για την εναλλαγή μέρας – νύχτας, την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. Ο Trumper σημειώνει ότι σε αυτή την ερώτηση ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά ανάμεσα στους μαθητές που είχαν παρακολουθήσει μαθήματα Φυσικής (82% επιτυχία) και σε αυτούς που δεν είχαν (56% επιτυχία).

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Το νοητικό μοντέλο που περιλαμβάνει την πιο διαδεδομένη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών, δηλαδή την ιδέα ότι το φαινόμενο της εναλλαγής μέρας-νύχτα οφείλεται στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, μπορεί να περιλαμβάνει και την ιδέα ότι κατά την περιφορά της αυτή κάτι παρεμβάλλεται μεταξύ Ήλιου και Γης (πιθανότατα η Σελήνη) έτσι ώστε να εμποδίζεται η ηλιακή ακτινοβολία, οπότε και να έχουμε νύχτα, ενώ όταν δεν παρεμβάλλεται να έχουμε μέρα. Στην περίπτωση αυτή, οι φοιτητές συγχέουν το φαινόμενο της νύχτας με το φαινόμενο της έκλειψης του Ήλιου.

5.5.3. Ερώτηση 3

Συμπληρώστε τη φράση: Όπως φαίνεται από τη Θεσσαλονίκη, ο Ήλιος έρχεται σε κατακόρυφη θέση στον ουρανό, έτσι ώστε να μην σχηματίζονται καθόλου σκιές, στις 12 το μεσημέρι,_____.

α) κάθε μέρα. ☐

β) την ημέρα του έτους που αντιστοιχεί στο χειμερινό ηλιοστάσιο. ☐

γ) την ημέρα του έτους που αντιστοιχεί στο θερινό ηλιοστάσιο. ☐

δ) τις ημέρες του έτους που αντιστοιχούν στην φθινοπωρινή και εαρινή ισημερία. ☐

ε) καμίας ημέρας του έτους. Το φαινόμενο αυτό δεν συμβαίνει ποτέ σε αυτό το γεωγραφικό πλάτος. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 96 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 70 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 24-26, Γράφημα 4)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν οι 96 από τους 97 φοιτητές. (96 έγκυρες απαντήσεις). Οι 35 από τους 96 φοιτητές (το 36,5%) που απάντησαν σε αυτή την ερώτηση, επέλεξαν τη σωστή απάντηση, θεωρώντας ότι το φαινόμενο κατά το οποίο ο Ήλιος βρίσκεται σε κατακόρυφη θέση στις 12 το μεσημέρι, έτσι ώστε να μη σχηματίζονται καθόλου σκιές, δεν συμβαίνει ποτέ στο γεωγραφικό πλάτος της Θεσσαλονίκης.

Το 40% των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο απάντησαν σωστά (10 από τους 25 φοιτητές), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό των φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό ήταν 37,5% (24 από τους 70 φοιτητές).

Οι 27 από το σύνολο των 96 φοιτητών (28,1%) απάντησαν ότι το φαινόμενο αυτό συμβαίνει στο γεωγραφικό αυτό πλάτος κατά την ημέρα του έτους που αντιστοιχεί στο θερινό ηλιοστάσιο, 23 (24,0%) απάντησαν ότι συμβαίνει κατά τις ημέρες του έτους που αντιστοιχούν στην φθινοπωρινή και εαρινή ισημερία, 8 απάντησαν ότι συμβαίνει κάθε μέρα και 3 ότι συμβαίνει την ημέρα του έτους που αντιστοιχεί στο χειμερινό ηλιοστάσιο. Συνεπώς η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών με ποσοστό 28,1%, είναι η άποψη ότι το φαινόμενο της κατακόρυφης θέσης του Ήλιου στον ουρανό της Θεσσαλονίκης ώστε να μη σχηματίζονται καθόλου σκιές στις 12 το μεσημέρι, συμβαίνει κατά το θερινό ηλιοστάσιο.

Η επικρατέστερη μεταξύ των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών εκπροσωπείται από το 28% των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (7 από τους 25) και από το 31,2% (20 από τους 70) που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό (καθώς και από 1 φοιτητή που δεν είχε δηλώσει αν παρακολούθησε ή όχι Αστρονομία στο Λύκειο).

Συγκρίσεις

Η ερώτηση αυτή περιλαμβάνεται και στο διαγνωστικό τεστ (Misconceptions Measure) που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της έρευνας των Michael Zeilik, Candace Schau, Nancy Mattern (New Mexico,1998). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα (βλ. Πίνακας 4, Παράρτημα Α), το ποσοστό των σωστών

απαντήσεων που στην ερώτηση αυτή ήταν 23%. Ωστόσο, δεν διατίθενται περισσότερα στοιχεία αναφορικά με την επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα που είχαν οι φοιτητές που έλαβαν μέρος στην έρευνα.

Η ερώτηση περιλαμβάνεται και στο ADT 1.5. σε δείγμα φοιτητών με προσανατολισμό σπουδών τις θετικές επιστήμες, που παρακολουθούσαν το εισαγωγικό μάθημα Astronomy 270 (Χειμερινό εξάμηνο 1996 – 1997). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τους το 42% απάντησε σωστά. (βλ. Πίνακας 5, Παράρτημα Α)

Επίσης περιλαμβάνεται και στο τεστ που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της έρευνας του R. Trumper (Haifa, 2000) με δείγμα 76 φοιτητές του Πανεπιστημίου της Haifa, αλλά και στην αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε δείγμα μαθητών Λυκείου (Haifa, 2001). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα(βλ. Πίνακες 1 & 2, Παράρτημα Α), τα ποσοστά σωστών απαντήσεων είναι αντίστοιχα 32,9% και 36% ενώ η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα και στις δύο περιπτώσεις ήταν ότι το εν λόγω φαινόμενο συμβαίνει κάθε μέρα.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Το χαμηλό ποσοστό σωστών απαντήσεων των φοιτητών/ μαθητών στην ερώτηση 3 δείχνει την πιθανή αδυναμία των φοιτητών/μαθητών να απαντήσουν σε μια σειρά επιμέρους ερωτήσεις στις οποίες μπορεί να αναλυθεί η ερώτηση αυτή:

- Τι εννοούμε όταν λέμε μεσημέρι; Είναι το μεσημέρι ο ήλιος πάνω από το κεφάλι μας; Είναι μεσημέρι όταν το ρολόι μας δείχνει 12; Αν όχι πότε είναι;
- Το φως του Ήλιου σχηματίζει σκιά όταν πέφτει σε μια κατακόρυφη ράβδο; Το μήκος της σκιάς μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της μέρας; Αν ναι, ποια στιγμή της μέρας η σκιά της ράβδου είναι η μικρότερη;
- Είναι το μήκος της μικρότερης σκιάς κάθε μέρα το ίδιο; Αν το μήκος της μικρότερης σκιάς μεταβάλλεται από μέρα σε μέρα, ποιες μέρες έχουμε τη μεγαλύτερη σκιά και ποιες μέρες τη μικρότερη;
- Το μήκος της μικρότερης σκιάς είναι το ίδιο σε όλη τη Γη; Σε ποιο μέρος της Γης η σκιά έχει μηδενικό μήκος;

Όμως τι θα έπρεπε να γνωρίζουν οι φοιτητές για να απαντήσουν σωστά στις πιο πάνω ερωτήσεις και κατ' επέκταση στην ερώτηση 3 και πώς δημιουργούνται οι εναλλακτικές ιδέες που ωθούν τους φοιτητές στην επιλογή λανθασμένων απαντήσεων στην ερώτηση αυτή;

Οι δύο παράγοντες που παίζουν ρόλο στον τρόπο πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στη Γη και στο σχηματισμό της σκιάς είναι από τη μία η σφαιρικότητα της Γης (το γεωγραφικό πλάτος) και από την άλλη το φαινόμενο της λόξωσης της εκλειπτικής. Η επιλογή των λανθασμένων απαντήσεων (στην ερώτηση 3) υποδηλώνει την ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών σχετικά με τους δύο αυτούς παράγοντες ή/και τον συνδυασμό τους. Οι εναλλακτικές αυτές ιδέες μπορεί να δημιουργούνται από την πραγματοποίηση συλλογισμών (ατελών, λανθασμένων) βασισμένων σε περιορισμένο αριθμό δεδομένων (έλλειψη βασικών γνώσεων) ή λανθασμένων πληροφοριών (ένα μέσο μετάδοσης τους μπορεί να είναι τα media, κυρίως το internet. Για παράδειγμα, κυκλοφορούν σε διάφορες ιστοσελίδες και blogs πληροφορίες που δίνουν ένα «μυστηριακό ύφος» στο φαινόμενο του θερινού ηλιοστασίου ενώ ταυτόχρονα παρέχουν λανθασμένες ή ανακριβείς πληροφορίες για την εξήγηση του φαινομένου οι οποίες αποκλίνουν από την επιστημονική άποψη). Τέλος οι ιδέες αυτές ενισχύονται και από τον λανθασμένο τρόπο παρατήρησης του φαινομένου αυτού καθεαυτού, που εξετάζεται από την ερώτηση.[60]

[60] Ένα μικρό πείραμα που περιλαμβάνει μέτρηση της μικρότερης σκιάς που σχηματίζει το φως του Ήλιου προσπίπτοντας σε μια κατακόρυφη ράβδο και σημείωση της ακριβούς ώρας της μέρας που συμβαίνει αυτό επαναλαμβανόμενο σε διάφορες μέρες καθόλη τη διάρκεια του έτους, μπορεί να βοηθήσει στο να απαντηθούν τα ερωτήματα αυτά και στην ανοικοδόμηση των πιο πάνω εναλλακτικών ιδέων.

5.5.4. Ερώτηση 4

Το πρώτο από τα πιο κάτω διαγράμματα δείχνει πώς φαίνεται η Σελήνη σε μια νύχτα του έτους. Η δεύτερη εικόνα δείχνει πώς φαίνεται η Σελήνη λίγες νύχτες μετά. Ποιος νομίζετε ότι είναι ο λόγος για την αλλαγή στην εμφάνιση της Σελήνης;

Εικόνα 1 **Εικόνα 2**

α) Η Σελήνη μπαίνει στη σκιά της Γης. ☐

β) Η Σελήνη μπαίνει στη σκιά του Ήλιου. ☐

γ) Η Σελήνη είναι λευκή από τη μία πλευρά, μαύρη από την άλλη και περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της δημιουργώντας αυτές τις όψεις. ☐

δ) Η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases)

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 27-29, Γράφημα 5)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν και οι 97 φοιτητές που έλαβαν μέρος στο τεστ. Από αυτούς απάντησαν σωστά οι 42 (το 43,3%).

Από τους 25 φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο οι 12 απάντησαν σωστά (δηλαδή το 48%). Από τους 71 που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό απάντησαν σωστά οι 29 (το 40,8% αυτών).

Η επικρατέστερη μεταξύ των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών, με ποσοστό 36,1% στο σύνολο των 97 φοιτητών, ήταν η απάντηση α), σύμφωνα με την οποία η εναλλαγή των φάσεων της Σελήνης οφείλεται στο ότι η Σελήνη μπαίνει στη σκιά της Γης. Η ιδέα αυτή ήταν και η επικρατέστερη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες και των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο, αλλά και σε αυτών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό.

Συγκρίσεις

Η ερώτηση αυτή είχε περιληφθεί στο Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας του Michael Zeilik "Misconceptions Measure" το 1999 καθώς και στο Διαγνωστικό Τεστ του R. Trumper το 2000 (το οποίο απευθυνόταν σε φοιτητές) και το 2001 (που απευθυνόταν σε μαθητές Λυκείου). Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων στην ερώτηση αυτή ήταν αντίστοιχα: 31%, 51% και 53,3% αντίστοιχα (βλ. Πίνακας 4, Παράρτημα Α).

Η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αναφορικά με το θέμα της ερώτησης αυτής, όπως αναδείχθηκε από τις έρευνες του R. Trumper, συμπίπτει με την ιδέα των φοιτητών της παρούσας μελέτης με ποσοστό 51,3% το 2000, και 53% το 2001. Στα δημοσιευμένα αποτελέσματα της έρευνας του Michael Zeilik (Misconceptions Measure) δεν αναφέρεται η πιο συχνή εναλλακτική ιδέα των φοιτητών που συμμετείχαν στο τεστ.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Από τις απαντήσεις των φοιτητών που συμμετείχαν στο διαγνωστικό τεστ της παρούσας μελέτης αλλά τις απαντήσεις των μαθητών και φοιτητών που συμμετείχαν στις έρευνες των R. Trumper (2000 και 2001) και M. Zeilik (1999), είναι φανερό ότι οι φοιτητές -οι μαθητές γενικά- συγχέουν το φαινόμενο της εναλλαγής των φάσεων της Σελήνης, με το φαινόμενο της έκλειψης της Σελήνης.

Η σύγχυση των δύο φαινομένων από τους φοιτητές μπορεί να ερμηνευθεί ως εξής: Οι φοιτητές έχοντας κάποιες γνώσεις για το φαινόμενο της έκλειψης της Σελήνης, έχουν διαμορφώσει ένα νοητικό μοντέλο για την ερμηνεία αυτού. Το μοντέλο αυτό όμως το χρησιμοποιούν και για την ερμηνεία της εναλλαγής των φάσεων της Σελήνης. Το μοντέλο αυτό ωστόσο δε μπορεί να ερμηνεύσει το εν λόγω φαινόμενο, γιατί δεν λαμβάνει υπόψη του το γεγονός ότι η τροχιά της Σελήνης γύρω από τη Γη δε βρίσκεται επάνω στο επίπεδο της εκλειπτικής, αλλά έχει κλίση περίπου 5° ως προς αυτό. Το γνωστικό αυτό στοιχείο είναι απαραίτητο για το νοητικό διαχωρισμό των δύο μοντέλων, επιστημονικού και εναλλακτικού, και έλλειψη αυτού (ή αδυναμία να αντιληφθούν τις φυσικές συνέπειες του γεγονότος αυτού), οδηγεί τελικά στην σύγχυση των φαινομένων της εναλλαγής των φάσεων και της έκλειψης της Σελήνης.

Ένα μικρότερο ποσοστό των φοιτητών (19,6%) –που ωστόσο δε μπορεί να αγνοηθεί- επέλεξε ως την αιτία του φαινομένου της εναλλαγής των φάσεων της Σελήνης το ότι «η Σελήνη μπαίνει στη σκιά του Ήλιου». Η επιλογή τους αυτή δείχνει ότι στο νοητικό μοντέλο που χρησιμοποιούν για την ερμηνεία του φαινομένου δεν λαμβάνουν υπόψη τους την επιστημονική άποψη για τις σχετικές κινήσεις Σελήνης- Γης - Ήλιου.

5.5.5. Ερώτηση 5

Η φωτεινότητα της επιφάνειας της Σελήνης οφείλεται:

α) Στο φως μακρινών αστεριών που ανακλάται στην επιφάνεια της ☐

β) Στο φως του Ήλιου που ανακλάται στην επιφάνεια της. ☐

γ) Στο φως της Γης που ανακλάται στην επιφάνεια της. ☐

δ) Στην ικανότητα της Σελήνης να εκπέμπει το δικό της φως. ☐

ε) Στο συμβολή του φωτός που προέρχεται από κοντινούς πλανήτες ☐

του Ηλιακού Συστήματος.

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 96 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing case).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 24 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α-Πίνακες (βλ. Πίνακες 30-32) και Παράρτημα Β- Γραφήματα (βλ. Γράφημα 6)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν οι 96 από τους 97 φοιτητές που έλαβαν μέρος στο τεστ. Η πλειοψηφία των φοιτητών, συγκεκριμένα οι 86 (ή το 89,6%) επέλεξαν τη σωστή απάντηση για την ερμηνεία του φαινομένου της φωτεινότητας της Σελήνης αποδίδοντας την στο φως του Ήλιου που ανακλάται στην επιφάνεια της.

Από τους 24 φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν σε αυτή την ερώτηση, οι 21 απάντησαν σωστά (δηλαδή το 87,5%). Από τους 71 που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό και απάντησαν σε αυτή την ερώτηση, έδωσαν τη σωστή απάντηση οι 64 (το 90,1% αυτών).

Οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών κυμαίνονταν περίπου στα ίδια επίπεδα (<4%). Η επικρατέστερη ανάμεσα σε αυτές με ποσοστό 4,2% στο σύνολο των 96 φοιτητών, ήταν ότι η φωτεινότητα της Σελήνης οφείλεται στη συμβολή του φωτός που προέρχεται από κοντινούς πλανήτες του Ηλιακού Συστήματος (επιλογή ε). Η αμέσως επόμενη σε συχνότητα εναλλακτική ιδέα ήταν ότι η φωτεινότητα της Σελήνης οφείλεται στο φως της Γης που ανακλάται στη επιφάνεια της, με ποσοστό 3,1% (επιλογή γ). Ακολουθεί η ιδέα ότι η φωτεινότητα της Σελήνης οφείλεται στην ικανότητα της Σελήνης να εκπέμπει το δικό της φως με ποσοστό 2,1% (επιλογή δ) και τέλος, ότι οφείλεται στο φως των μακρινών αστεριών που ανακλάται στην επιφάνεια της Σελήνης με 1% (επιλογή α).

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα της κατανομής των απαντήσεων φοιτητών ή μαθητών Λυκείου όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Οι περισσότεροι φοιτητές έχουν διαμορφώσει επιστημονικώς αποδεκτά νοητικά μοντέλα για την ερμηνεία του φαινομένου της φωτεινότητας της Σελήνης, αναγνωρίζοντας ότι είναι ετερόφωτο σώμα και ότι το φως της προέρχεται από το φως του Ήλιου που ανακλάται στην επιφάνεια της.

Οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών στο μεγαλύτερο τους μέρος αφορούν την απόδοση της φωτεινότητας της Σελήνης στο φως που ανακλάται στην επιφάνεια της το οποίο προέρχεται από διαφορετικές από τον Ήλιο «πηγές» φωτός. Με άλλα λόγια, τα νοητικά μοντέλα που απαρτίζονται από

αυτού του τύπου εναλλακτικές ιδέες, αναγνωρίζουν τη Σελήνη ως ετερόφωτο σώμα, αλλά δεν αναγνωρίζουν τη σωστή πηγή του φωτός που ανακλάται στην επιφάνεια της, δηλαδή τον Ήλιο. Μόνο δύο φοιτητές θεωρούν τη Σελήνη αυτόφωτο σώμα και απαντούν ότι η φωτεινότητα της οφείλεται στην ικανότητα της να παράγει δικό της φως.

5.5.6. Ερώτηση 6

Όταν παρατηρούμε τη Σελήνη από τη Γη, πάντα βλέπουμε την ίδια πλευρά της Σελήνης. Αυτό σημαίνει ότι:

α) Η Σελήνη δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της. ☐

β) Η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της μια φορά την ημέρα. ☐

γ) Η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της μια φορά το μήνα. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 33-35, Γράφημα 7)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν και οι 97 φοιτητές. Μόνο οι 28 από τους 97 φοιτητές (28,9%), απάντησαν σωστά στην ερώτηση αυτή, θεωρώντας ότι το φαινόμενο της θέασης μόνο της μιας πλευράς της Σελήνης από τη Γη οφείλεται στην περιστροφή της Σελήνης μια φορά το μήνα, δηλαδή στον ίδιο χρόνο που κάνει μια περιφορά γύρω από τη Γη.

Το 48% των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο επέλεξαν τη σωστή απάντηση (12 από τους 25 φοιτητές), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό των φοιτητών που δεν το είχαν παρακολουθήσει ήταν 21,1% (15 από τους 71 φοιτητές), δηλαδή πολύ μικρότερο από των φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό.

Η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα με ποσοστό 37,1% (36 από τους 97 φοιτητές την έχουν επιλέξει) είναι ότι η Σελήνη δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της. Η ιδέα αυτή είναι η επικρατέστερη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες και του υποσυνόλου των φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (45,1%).

Η επόμενη σε συχνότητα εναλλακτική ιδέα των φοιτητών, με ποσοστό 34% (33 φοιτητές την έχουν επιλέξει) είναι ότι η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της μια φορά την ημέρα. Η ιδέα αυτή

ήταν η συχνότερη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (36%).

Συγκρίσεις

Η ερώτηση αυτή είχε περιληφθεί στο Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας του Michael Zeilik "Misconceptions Measure" το 1999 καθώς και στο Διαγνωστικό Τεστ του R. Trumper το 2000 (το οποίο απευθυνόταν σε φοιτητές) και το 2001 (που απευθυνόταν σε μαθητές Λυκείου). Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων στην ερώτηση αυτή ήταν αντίστοιχα: 10%, 22,4% και 20% αντίστοιχα (βλ. Πίνακας 4, Παράρτημα Α).

Επίσης είχε περιληφθεί και στο ADT 1.5. σε έρευνα του Πανεπιστημίου του New Mexico, με δείγμα φοιτητές με προσανατολισμό σπουδών τις θετικές επιστήμες, που παρακολουθούσαν το εισαγωγικό μάθημα Astronomy 270 (Χειμερινό εξάμηνο 1996 – 1997). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τους το 33% απάντησε σωστά. (βλ. Πίνακας 5, Παράρτημα Α)

Η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αναφορικά με το θέμα της ερώτησης αυτής, όπως αναδείχθηκε από τις έρευνες του R. Trumper, συμπίπτει με την ιδέα των φοιτητών της παρούσας μελέτης με ποσοστό 46% το 2000, και 57% το 2001. Η ιδέα αυτή ήταν και η επικρατέστερη ανάμεσα στις ιδέες των φοιτητών που συμμετείχαν στο ADT 1.5. Στα δημοσιευμένα αποτελέσματα της έρευνας του Michael Zeilik (Misconceptions Measure) δεν αναφέρεται η πιο συχνή εναλλακτική ιδέα των φοιτητών που συμμετείχαν στο τεστ.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η πιο συχνή ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών της παρούσας μελέτης (με το 37,1% των φοιτητών να την επιλέγουν) αλλά και των φοιτητών και μαθητών που έλαβαν μέρος στην έρευνα του R. Trumper (2000 & 2001) είναι ότι η Σελήνη δεν περιστρέφεται – με αυτό τον τρόπο ερμηνεύουν το γεγονός ότι από Γη βλέπουμε πάντα την ίδια πλευρά της Σελήνης. Το νοητικό μοντέλο της «μη περιστρεφόμενης Σελήνης» είναι το πιο απλό και «εύπεπτο» μοντέλο για να υιοθετηθεί και ταυτόχρονα υπακούει και στην «κοινή λογική», ενώ είναι πιο δύσκολο να διαμορφωθεί και να υιοθετηθεί το επιστημονικό μοντέλο ερμηνείας του φαινομένου ή έστω ένα μοντέλο που να πλησιάζει σε αυτό, είναι πιο δύσκολο δηλαδή να συλλάβουν και να αποδεχτούν ως αιτία του φαινομένου την περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη που γίνεται στον ίδιο χρόνο με την περιστροφή της γύρω από τον άξονα της (ο χρόνος περιστροφής και περιφοράς είναι ίδιος – περίπου ένας γήινος 1 μήνας)

Η επόμενη πιο συχνή εναλλακτική ιδέα των φοιτητών (28,9% του συνόλου των φοιτητών την έχουν επιλέξει) είναι ότι η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της μια φορά την ημέρα, όπως ακριβώς και η Γη. Η πεποίθηση ότι η Γη και η Σελήνη περιστρέφονται σε συμφωνία (σε 24 ώρες πραγματοποιούν μια περιστροφή) μπορεί να οφείλεται στην τάση των ανθρώπων να πραγματοποιούν γενικεύσεις στις περιπτώσεις που δε διαθέτουν επαρκείς γνώσεις.

5.5.7. Ερώτηση 7

Η Γη ασκεί μια βαρυτική δύναμη στη Σελήνη. Ασκεί και η Σελήνη βαρυτική δύναμη στη Γη;

α) Ναι, αλλά είναι μικρότερη από την δύναμη που ασκεί η Γη στη Σελήνη. ☐

β) Ναι, και είναι ίση με τη δύναμη που ασκεί η Γη στη Σελήνη. ☐

γ) Ναι, αλλά είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη που ασκεί η Γη ☐

στη Σελήνη.

δ) Όχι, η Σελήνη δεν έχει βαρύτητα ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 96 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 70 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 36-38, Γράφημα 8)

Παρατηρήσεις

Από τους 96 φοιτητές που απάντησαν σε αυτή την ερώτηση (στο σύνολο των 97 που συμμετείχαν στο τεστ) οι 49 (δηλαδή το 51%) απάντησαν σωστά.

Από τους 25 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν σε αυτή την ερώτηση, οι 12 απάντησαν σωστά (δηλαδή το 48% του υποσυνόλου αυτού)

Από τους 71 φοιτητές που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο, στην ερώτηση αυτή απάντησαν οι 70, και από αυτούς οι 36 σωστά (δηλαδή το 51,4% των 70 φοιτητών)

Η πιο συνηθισμένη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες που κατείχαν οι φοιτητές σχετικά με το θέμα της ερώτησης αυτής, ήταν η άποψη ότι η Σελήνη ασκεί μικρότερη βαρυτική δύναμη στη Γη, από ότι η Γη στη Σελήνη. Την απάντηση αυτή επέλεξε το 41,7% του συνόλου των 96 φοιτητών που απάντησαν στην ερώτηση. Πιο αναλυτικά, επιλέχθηκε από το 52% του συνόλου των 25 φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν στην ερώτηση, και από το 38,6% του συνόλου των 70 φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν στην ερώτηση.

Συγκρίσεις

Η ερώτηση αυτή είχε περιληφθεί στο τεστ του M. Zeilik, “Misconceptions’ Measure” (1999). Μόνο το 12% των φοιτητών που συμμετείχαν στο τεστ (και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή) έδωσαν τη σωστή απάντηση, ποσοστό πολύ μικρότερο από το αντίστοιχο των φοιτητών που συμμετείχαν στο τεστ της παρούσας μελέτης (12% < 51%).

Επίσης είχε περιληφθεί και στο ADT 1.5. το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως διαγνωστικό εργαλείο σε έρευνα με δείγμα φοιτητές του Πανεπιστημίου του New Mexico με προσανατολισμό σπουδών τις θετικές επιστήμες, που παρακολουθούσαν το εισαγωγικό μάθημα Astronomy 270 (Χειμερινό εξάμηνο 1996 – 1997). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τους το 25% απάντησε σωστά, ποσοστό επίσης μικρότερο από το αντίστοιχο της παρούσας μελέτης. (βλ. Πίνακας 5, Παράρτημα Α)

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Το μεγάλο ποσοστό λανθασμένων απαντήσεων στην ερώτηση αυτή (49%) αποκαλύπτει ένα φάσμα εναλλακτικών ιδεών για τον Τρίτο Νόμο του Νεύτωνα, αλλά και την ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών για τη φύση της βαρύτητας.

Καταρχήν φανερώνεται μια συνηθισμένη παρανόηση - οι άνθρωποι δε θεωρούν πως οι ίδιοι φυσικοί νόμοι που ισχύουν στη Γη, θα ισχύουν και στο Διάστημα, επομένως ακόμη και στην περίπτωση που γνωρίζουν τον Τρίτο Νόμο του Νεύτωνα (Αξίωμα Δράσης-Αντίδρασης) – τον έχουν διδαχθεί, δεν τον εφαρμόζουν στο Διάστημα. Έτσι, 41 φοιτητές πιστεύουν ότι η Σελήνη ασκεί βαρυτική δύναμη στη Γη αλλά είναι διαφορετική από αυτή που ασκεί η Γη στη Σελήνη (επιλογές α και γ) και 6 φοιτητές πιστεύουν ότι η Σελήνη δεν ασκεί καμία βαρυτική δύναμη στη Γη (επιλογή δ, «η Σελήνη δεν έχει βαρύτητα»).

Ακόμη, φαίνεται ότι δεν είναι απολύτως κατανοητή η φύση των βαρυτικών δυνάμεων- και γενικά όλων των δυνάμεων της φύσης- ως δυνάμεις αλληλεπίδρασης, για τις οποίες ισχύει ο Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα. Συγκεκριμένα, δεν είναι απολύτως κατανοητό ότι οι δυνάμεις στη φύση – έτσι και οι βαρυτικές- υφίστανται μόνο σαν αλληλεπιδράσεις, με άλλα λόγια εμφανίζονται μόνο ανά ζεύγη, και σα ζεύγη έχουν το ίδιο μέτρο και αντίθετη κατεύθυνση (κάτι το οποίο εκφράζει ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα).

Η διαφορά των δύο μαζών φαίνεται να μπερδεύει τους φοιτητές όσον αφορά το ρόλο τον οποίο παίζει – 40 φοιτητές θεωρούν ότι το σώμα μικρότερης μάζας (η Σελήνη) θα ασκεί μικρότερη δύναμη σε ένα σώμα μεγαλύτερης μάζας (στη Γη) και ένας φοιτητής θεωρεί ότι το σώμα μικρότερης μάζας θα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο σώμα μεγαλύτερης μάζας. Δεν φαίνεται να είναι ξεκάθαρο ότι ανάλογα με τη μάζα του σώματος, το μέγεθος έχει διαφορετική μέτρο για τα δύο σώματα είναι η επιτάχυνση που υφίσταται το κάθε σώμα, και όχι η δύναμη – η δύναμη έχει το ίδιο μέτρο και για τα δύο σώματα. Ειδικά για την βαρυτική δύναμη, σύμφωνα με το Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης, η τιμή της δύναμης η οποία είναι ίδια και για τα δύο σώματα, δεν εξαρτάται από τη μάζα του ενός σώματος αλλά από το γινόμενο των δύο μαζών. Έτσι, αφενός είναι πιθανόν να έχουμε μια περίπτωση σύγχυσης των εννοιών της επιτάχυνσης και δύναμης και αφετέρου είναι φανερό ότι τουλάχιστον οι φοιτητές που επέλεξαν τις απαντήσεις α) και γ), είτε δεν γνωρίζουν καθόλου το Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης, είτε δεν τον έχουν κατανοήσει ώστε να μπορούν να τον εφαρμόσουν στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Κάτι που αξίζει να σχολιαστεί περεταίρω, είναι η προέλευση της ιδέας ότι στη Σελήνη δεν υπάρχει βαρύτητα, ιδέα που υποστηρίζεται από ένα μικρό ποσοστό φοιτητών που συμμετείχαν στο τεστ. Η ιδέα αυτή είναι πιθανόν η λανθασμένη ερμηνεία που έχουν δώσει στα videos των αστροναυτών που πραγματοποιούν εντυπωσιακά άλματα στην επιφάνεια της Σελήνης, τέτοια που δε θα ήταν δυνατό να πραγματοποιηθούν στην επιφάνεια της Γης. Μια ακόμη πιθανή προέλευση της ιδέας αυτής , η οποία ωστόσο συναντάται συχνότερα σε μικρότερες ηλικίες, είναι η σύνδεση της ύπαρξης βαρύτητας με την ύπαρξη ατμόσφαιρας, και η θεώρηση ότι επειδή στη Σελήνη δεν υπάρχει ατμόσφαιρα, δε θα υπάρχει ούτε βαρυτικό πεδίο.

5.5.8. Ερώτηση 8

Ποια από τις ακόλουθες καταστάσεις ΔΕΝ εμπεριέχει την έννοια επιτάχυνσης;

α) Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα σε ευθεία γραμμή. ☐

β) Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα σε μια στροφή του δρόμου. ☐

☐

γ) Ένας πλανήτης κινείται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο.

δ) Ένα αυτοκίνητο ελαττώνει την ταχύτητα του καθώς κινείται σε ευθεία γραμμή. ☐

ε) Ένα ηλεκτρόνιο κινείται γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 39-41, Γράφημα 9)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν σωστά οι 88 από τους 97 φοιτητές (δηλαδή το 90,7%).

Όλοι οι φοιτητές (και οι 25, δηλαδή το 100% των φοιτητών) που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο απάντησαν σωστά στην ερώτηση αυτή.

Από τους 71 φοιτητές που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, οι 62 απάντησαν σωστά (δηλαδή το 87,3% αυτών).

Ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών που δεν είχαν απαντήσει σωστά - 6 φοιτητές την έχουν επιλέξει- ήταν ότι η κατάσταση που δεν εμπεριείχε την έννοια της επιτάχυνσης είναι η κίνηση ενός πλανήτη σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα της κατανομής των απαντήσεων φοιτητών ή μαθητών Λυκείου όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η ερμηνεία που δίδεται για την προέλευση των εναλλακτικών ιδεών (που περιγράφονται από τις επιλογές β,γ και ε) τις οποίες κατείχε έστω και ένα μικρό ποσοστό φοιτητών, είναι στο νοητικό μοντέλο που χρησιμοποιούν για να απαντήσουν στην ερώτηση αυτή, ορίζουν την επιτάχυνση σαν το ρυθμό μεταβολής μόνο του μέτρου της ταχύτητας και όχι του μέτρου και της κατεύθυνσης της ταχύτητας, δηλαδή δε λαμβάνουν υπόψη το διανυσματικό χαρακτήρα της ταχύτητας και κατ' επέκταση της επιτάχυνσης.

Ειδικά για τους φοιτητές που έχουν επιλέξει ως την κατάσταση που δεν εμπεριέχει επιτάχυνση, την κίνηση ενός πλανήτη σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο, μπορούμε να προεκτείνουμε την ιδέα τους αυτή

ως εξής: Εφόσον θεωρούν ότι οι πλανήτες δεν επιταχύνονται κατά την κίνηση τους, εκτός από το γεγονός ότι δεν λαμβάνουν υπόψη τους τη μεταβολή της κατεύθυνσης της ταχύτητας, δεν λαμβάνουν υπόψη ούτε το γεγονός ότι κατά την κίνηση των πλανητών σε ελλειπτικές τροχιές μεταβάλλεται -εκτός από την κατεύθυνση- και το μέτρο της ταχύτητας. Άρα οδηγούμαστε μέσω του συλλογισμού αυτού στο συμπέρασμα ότι, είτε δε γνωρίζουν ότι οι πλανήτες κινούνται σε ελλειπτικές τροχιές (δηλαδή θεωρούν ότι κινούνται σε κυκλικές στις οποίες το μέτρο της ταχύτητας δε μεταβάλλεται), είτε ακόμη και αν γνωρίζουν ότι οι πλανήτες κινούνται σε ελλειπτικές τροχιές τότε δε γνωρίζουν αυτή καθ' εαυτή την ιδιότητα της ελλειπτικής κίνησης, κατά την οποία μεταβάλλεται και το μέτρο της ταχύτητας και η κατεύθυνση της (να σημειώσουμε ότι αναφερόμαστε στην εφαπτομενική ταχύτητα και όχι στην ισεμβαδική).

Παρόμοιο συλλογισμό μπορούμε να αναπτύξουμε και για τους φοιτητές που έχουν επιλέξει ως την κατάσταση που δεν εμπεριέχει επιτάχυνση την κίνηση ενός ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου, στην περίπτωση που θεωρήσουμε ότι οι φοιτητές έχουν υπόψη τους, ως το ατομικό μοντέλο, το μοντέλο του ατόμου του Bohr, δηλαδή το πλανητικό μοντέλο.

5.5.9. Ερώτηση 9

Ένα φανταστικό φεγγάρι, η Luna Minor, με μάζα ίση με το 1/3 της μάζας της Σελήνης βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη, σε απόσταση ίση με την απόσταση Γης – Σελήνης. Τότε η βαρυτική δύναμη μεταξύ της Γης και της Luna Minor θα είναι:

α) Τρεις φορές μεγαλύτερη από τη βαρυτική δύναμη μεταξύ Γης και Σελήνης ☐

β) Εννέα φορές μεγαλύτερη από τη βαρυτική δύναμη μεταξύ Γης και Σελήνης ☐

γ) Το 1/3 της βαρυτικής δύναμης μεταξύ Γης και Σελήνης ☐

δ) Το 1/9 της βαρυτικής δύναμης μεταξύ Γης και Σελήνης ☐

ε) Η ίδια με τη βαρυτική δύναμη Γης - Σελήνης . ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 96 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 70 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 42-44, Γράφημα 10)

Παρατηρήσεις

Από τους 96 φοιτητές που είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, οι 62 απάντησαν σωστά (το 64,6% των 96).

Από τους 25 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, οι 19 (το 76%) έδωσαν σωστή απάντηση.

Από τους 70 φοιτητές που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, οι 42 (το 60%). έδωσαν σωστή απάντηση.

Η επικρατέστερη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών (με ποσοστό 16,7% των φοιτητών να την επιλέγουν) ήταν ότι η βαρυτική δύναμη μεταξύ της Luna Minor (με μάζα το 1/3 της Σελήνης και η οποία βρίσκεται σε ίση απόσταση με την απόσταση Γης-Σελήνης) και της Γης, είναι το 1/9 της βαρυτικής δύναμης Γης-Σελήνης. Το 12% των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν στην ερώτηση, και το 18,6% αυτών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό και απάντησαν στην ερώτηση, υποστήριξαν την ιδέα αυτή.

Η επόμενη πιο συχνή εναλλακτική ιδέα θέλει την εν λόγω βαρυτική δύναμη να είναι 3 φορές μεγαλύτερη από αυτή μεταξύ Γης-Σελήνης. Η ιδέα αυτή υποστηρίχθηκε από το 4% των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν στην ερώτηση, και το 14,3% των φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό και απάντησαν στην ερώτηση.

Συγκρίσεις

Η ερώτηση περιλαμβάνεται και στο ADT 1.5. το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως διαγνωστικό εργαλείο σε έρευνα με δείγμα φοιτητές του Πανεπιστημίου του New Mexico, με προσανατολισμό σπουδών τις θετικές επιστήμες, που παρακολουθούσαν το εισαγωγικό μάθημα Astronomy 270 (Χειμερινό εξάμηνο 1996 – 1997). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τους το 51% απάντησε σωστά, ποσοστό μικρότερο από το αντίστοιχο της παρούσας μελέτης. (βλ. Πίνακας 5, Παράρτημα Α)

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η επιλογή της σωστής απάντησης στην ερώτηση αυτή, προϋποθέτει την γνώση του Νόμου της Παγκόσμιας Έλξης, σύμφωνα με τον οποίο η βαρυτική δύναμη μεταξύ οποιονδήποτε δύο σωμάτων στο Σύμπαν είναι ανάλογη του γινομένου των μαζών των δύο σωμάτων και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης.

Η επιλογή της εναλλακτικής ιδέας που περιγράφεται από την επιλογή δ (που είναι η πιο συχνή ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών), σύμφωνα με την οποία η βαρυτική δύναμη μεταξύ Luna Minor και Γης είναι το 1/9 της βαρυτικής δύναμης Γης-Σελήνης, δείχνει ότι η γνώση του Νόμου της Παγκόσμιας Έλξης δεν είναι ξεκάθαρη στο νοητικό μοντέλο που χρησιμοποιούν οι φοιτητές για να ερμηνεύσουν και να επεξεργαστούν το φαινόμενο που περιγράφει η ερώτηση. Το τετράγωνο της απόστασης στον παρονομαστή του τύπου που δίνει την βαρυτική δύναμη (σύμφωνα με το Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης) είναι πιθανόν να μπερδεύει τους φοιτητές – οι οποίοι όπως φαίνεται υψώνουν τη μάζα της Luna Minor στο τετράγωνο.

Όσον αφορά τους φοιτητές που επέλεξαν την απάντηση ότι η βαρυτική δύναμη Γης-Luna Minor είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από τη βαρυτική δύναμη Γης-Σελήνης, εκτός από το προφανές – στο νοητικό μοντέλο που χρησιμοποιούν δεν περιέχεται ο Νόμος της Παγκόσμιας Έλξης, φαίνεται ότι θεωρούν ότι όσο πιο μικρή είναι η μάζα ενός σώματος (η μάζα της Luna Minor είναι τρεις φορές μικρότερη από τη μάζα της Σελήνης) με τόσο μεγαλύτερη δύναμη έλκεται από ένα άλλο σώμα. Σύμφωνα με αυτή τη λογική βέβαια και το σώμα μεγαλύτερης μάζας θα έλκεται από το σώμα μικρότερης μάζας με

μικρότερη δύναμη. Αυτό βέβαια έρχεται σε αντίθεση με τον Τρίτο Νόμο του Νεύτωνα (Δράση – Αντίδραση) και επιπλέον δείχνει μια πιθανή σύγχυση των εννοιών δύναμης και επιτάχυνσης.

5.5.10. Ερώτηση 10

Ποια από τις παρακάτω ακολουθίες περιγράφει την απόσταση των διαφόρων ουρανίων σωμάτων από την Γη; (από τη μικρότερη στην μεγαλύτερη)

α) Αστέρια, Σελήνη, Ήλιος, Πλούτωνας ☐

β) Ήλιος, Σελήνη, Πλούτωνας, Αστέρια ☐

γ) Σελήνη, Ήλιος, Πλούτωνας, Αστέρια ☐

δ) Σελήνη, Ήλιος, Αστέρια, Πλούτωνας ☐

ε) Σελήνη, Πλούτωνας, Ήλιος, Αστέρια ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases)

Πίνακες και Διάγραμμα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 45-47, Γράφημα 11)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση 10 απάντησαν και οι 97 φοιτητές, από τους οποίους οι 57 σωστά (δηλαδή το 58,8%).

Από τους 25 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, οι 20 (το 80%) έδωσαν σωστή απάντηση.

Από τους 71 φοιτητές που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, οι 36 (το 50,7%) έδωσαν σωστή απάντηση.

Η πιο συχνή ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες του συνόλου των 97 φοιτητών (με ποσοστό 15,5% των φοιτητών να την επιλέγουν) ήταν ότι πιο κοντά στη Γη βρίσκεται η Σελήνη, μετά ο Ήλιος, μετά τα αστέρια και μετά ο Πλούτωνας. Το 12% των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν στην ερώτηση, και το 16,9% αυτών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό και απάντησαν στην ερώτηση, υποστήριξαν την ιδέα αυτή.

Η επόμενη πιο συχνή εναλλακτική ιδέα στο σύνολο των 97 φοιτητών που απάντησαν στην ερώτηση αυτή, θέλει την Σελήνη να βρίσκεται πιο κοντά στη Γη, μετά τον Πλούτωνα, μετά τον Ήλιο και μετά τα αστέρια. Η ιδέα αυτή υποστηρίχθηκε από το 4% των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν στην ερώτηση, και το 16,9% των φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό και απάντησαν στην ερώτηση.

Οι επόμενες δύο εναλλακτικές ιδέες – παρατηρήθηκαν σε ίση αλλά και στη μικρότερη συχνότητα μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών (σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές ιδέες) δηλαδή 6,2%. Η πρώτη εκ των δύο θέλει τον Ήλιο να βρίσκεται πιο κοντά στη Γη, μετά τη Σελήνη, μετά τον Πλούτωνα και μετά τα αστέρια. Η δεύτερη ιδέα είναι ότι τα αστέρια είναι πλησιέστερα στη Γη, μετά η Σελήνη, μετά ο Ήλιος και μετά ο Πλούτωνας.

Συγκρίσεις

Παραλλαγή της ερώτησης αυτή είχε περιληφθεί στο Διαγνωστικό Τεστ του R. Trumper το 2000 (το οποίο απευθυνόταν σε φοιτητές) και το 2001 (που απευθυνόταν σε μαθητές Λυκείου). Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων στην ερώτηση αυτή ήταν αντίστοιχα: 50% και 49% αντίστοιχα (βλ. πίνακες 1 & 2, Παράρτημα Α).

Η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αναφορικά με το θέμα της ερώτησης αυτής, όπως αναδείχθηκε από τις έρευνες του R. Trumper, με ποσοστά 46,1% το 2000, και 32% το 2001, είναι ότι τα αστέρια είναι πιο κοντά στη Γη σε σχέση με τον Πλούτωνα – συμπίπτει με την επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών της παρούσας μελέτης.

Ερμηνεία απαντήσεων

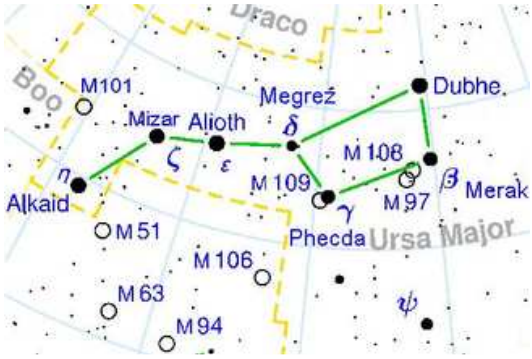
Η ερμηνεία που δίδεται για την επικρατέστερη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών - σύμφωνα με την οποία η ακολουθία που περιγράφει την απόσταση διαφόρων ουρανίων σωμάτων από τη Γη (από τη μικρότερη στη μεγαλύτερη) είναι: Σελήνη, Ήλιος, αστέρια, Πλούτωνας- είναι η εξής: πιθανότατα οι φοιτητές πιστεύουν ότι τα αστέρια είναι πιο κοντά στη Γη από ότι ο Πλούτωνας, γιατί μπορούν να τα βλέπουν με γυμνό οφθαλμό, ενώ τον Πλούτωνα όχι. Βεβαίως, αγνοούν το γεγονός ότι μπορούμε να βλέπουμε τα αστέρια (όχι όλα) με γυμνό οφθαλμό όχι επειδή είναι πιο κοντά στη Γη αλλά λόγω της λαμπρότητας τους.

Η δεύτερη πιο συχνά εμφανιζόμενη εναλλακτική ιδέα, σύμφωνα με την οποία ο Πλούτωνας είναι πιο κοντά στη Γη από ότι ο Ήλιος, ανταποκρίνεται σε ένα μοντέλο του Ηλιακού Συστήματος στο οποίο όλοι οι πλανήτες έχουν σχετικά μικρές αποστάσεις μεταξύ τους αλλά σαν σύνολο όλοι οι πλανήτες βρίσκονται σε σχετικά μακριά από τον Ήλιο. Η ερμηνεία που δίδεται για τη δημιουργία του μοντέλου αυτού είναι η χρήση της κοινής λογικής: Οι πλανήτες πρέπει να είναι πολύ μακριά από τον Ήλιο γιατί αλλιώς θα είχαν καεί. Άλλωστε, αυτό είναι κάτι γνωρίζουν βιωματικά – ότι είναι πολύ κοντά στη φωτιά μπορεί να καεί – έτσι υποθέτουν πως συμβαίνει και με τους πλανήτες.

Οι λιγότερο συχνά επιλεγμένες απαντήσεις – εναλλακτικές ιδέες από τους φοιτητές – σύμφωνα με την πρώτη ο Ήλιος είναι πιο κοντά στη Γη από ότι η Σελήνη, ενώ σύμφωνα με τη δεύτερη τα αστέρια είναι πιο κοντά στη Γη σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα ουράνια σώματα – ανταποκρίνονται σε νοητικά μοντέλα στα οποία δεν περιέχεται η γνώση για τη δομή του Ηλιακού Συστήματος και για τα ουράνια σώματα από τα οποία αποτελείται.

5.5.11. Ερώτηση 11

Όπως φαίνεται από τη Θεσσαλονίκη, τα αστέρια του Μεγάλου Κυπέλλου (Big Dipper) μπορούν να ενωθούν με φανταστικές γραμμές για να σχηματίσουν το σχήμα ενός κυπέλλου με εκτεινόμενη χειρολαβή , όπως φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα (Big Dipper - με πράσινο χρώμα). Μέχρι πού θα έπρεπε να ταξιδέψετε για να παρατηρήσετε μια σημαντική αλλαγή στο σχήμα του Μεγάλου Κυπέλλου;



α) Stη Χαλκιδική. ☐

β) Σε ένα μακρινό αστέρι κοντά στον αστερισμό του Μεγάλου Κυπέλλου. ☐

γ) Στην Αμερική. ☐

δ) Στη Σελήνη. ☐

ε) Στον Πλούτωνα. ☐

στ) Το σχήμα των αστρικών σχηματισμών δεν αλλάζει. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 95 έγκυρες (valid cases) και 2 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 69 έγκυρες (valid cases) και 2 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 48-50, Γράφημα 12)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή που αφορά την αντίληψη των φοιτητών για τους αστερισμούς απάντησαν οι 95 από τους 97. Από αυτούς, μόνο οι 22 απάντησαν σωστά (22,3%).

Από τους 25 φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο μόνο 6 απάντησαν σωστά, δηλαδή το 24% του υποσυνόλου αυτού.

Από τους 69 φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, απάντησαν σωστά οι 16 (το 23,2%).

Η πιο συχνά εμφανιζόμενη εναλλακτική ιδέα – απάντηση των φοιτητών, είναι ότι το σχήμα των αστρικών σχηματισμών δεν αλλάζει ανεξαρτήτως της θέσης από την οποία γίνεται η παρατήρηση τους. Η ιδέα αυτή υποστηρίχθηκε από 60 φοιτητές ή το 63,2% του συνόλου των 95 φοιτητών.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα της κατανομής των απαντήσεων φοιτητών ή μαθητών Λυκείου όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η μεγάλη πλειοψηφία των φοιτητών απάντησε ότι το σχήμα των αστρικών σχηματισμών (όπως το βλέπουμε από τη Γη, π.χ. το σχήμα του Μεγάλου Κυπέλλου) όπου και αν ταξιδέψουμε για να πραγματοποιήσουμε την παρατήρηση του, δε θα αλλάξει.

Κατ’ αρχήν, η απάντηση αυτή δείχνει ότι οι φοιτητές δεν αντιλαμβάνονται ότι το σχήμα των αστρικών σχηματισμών όπως τους βλέπουμε από τη Γη, δεν είναι παρά μια **προβολή** πάνω στον ουράνιο θόλο που είναι μια δισδιάστατη επιφάνεια. Όμως τα άστρα που περιλαμβάνει ο κάθε αστρικός σχηματισμός ανήκουν στον τρισδιάστατο χώρο και έτσι η «αφαίρεση» της μιας διάστασης έχει ως αποτέλεσμα την ταυτόχρονη αφαίρεση πληροφοριών για την πραγματική τους όψη, την πραγματική τους κατανομή στο χώρο.

Για παράδειγμα, βλέπουμε τους αστρικούς σχηματισμούς να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους, επειδή προβάλλονται στην ίδια περιοχή του ουράνιου θόλου, ενώ στην πραγματικότητα τα άστρα ενός σχηματισμού μπορεί να απέχουν τεράστιες αποστάσεις μεταξύ τους και να μη βρίσκονται καν στο ίδιο επίπεδο. Το πώς βλέπουμε τους αστερισμούς λοιπόν, είναι καθαρά αποτέλεσμα της οπτικής γωνίας από την οποία πραγματοποιούμε την παρατήρηση τους. Εάν άλλαζε η οπτική γωνία της παρατήρησης, το σχήμα των αστρικών σχηματισμών ή των αστερισμών θα ήταν διαφορετικό.

Το δεύτερο σημείο το οποίο εξετάζει η ερώτηση αυτή – στην περίπτωση που οι φοιτητές αντιλαμβάνονται ότι είναι δυνατόν να αλλάξει το σχήμα των αστρικών σχηματισμών αναλόγως της θέσης από την οποία πραγματοποιείται η παρατήρηση τους (δηλαδή αν αντιλαμβάνονται την εικόνα των αστερισμών ως προβολή και όχι ως την πραγματική τους όψη-κατανομή στο χώρο) είναι το κατά πόσον μπορούν να αντιληφθούν τις τεράστιες αποστάσεις που χωρίζουν τα άστρα μεταξύ τους και εμάς από αυτά, αφού ο παράγοντας της απόστασης παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του σχήματος ενός αστερισμού.

Κανένας φοιτητής δεν απάντησε ότι αν η παρατήρηση γίνει στην Χαλκιδική – μια περιοχή κοντά στη πόλη της Θεσσαλονίκης. Προφανώς οι φοιτητές είτε έχουν βρεθεί στη Χαλκιδική και δεν έχουν παρατηρήσει κάποια αλλαγή στο σχήμα των αστρικών σχηματισμών (των αστερισμών γενικά), είτε απλώς θεωρούν την απόσταση Θεσσαλονίκης – Χαλκιδικής υπερβολικά μικρή ώστε να παρατηρήσουν κάποια αλλαγή στο σχήμα του Μεγάλου Κυπέλλου.

Την Αμερική ως το σημείο από το οποίο θα παρατηρούσαν κάποια αλλαγή στο σχήμα του Μεγάλου Κυπέλλου, επέλεξαν 6 φοιτητές. 2 φοιτητές επέλεξαν για τον ίδιο σκοπό τη Σελήνη και 5 τον Πλούτωνα. Βλέπουμε λοιπόν ποιες αποστάσεις από την τωρινή τους θέση θεωρούν οι φοιτητές ανάλογες με τις αποστάσεις που απέχουμε από τα αστέρια των αστερισμών ή και με τις αποστάσεις που τα αστέρια των αστερισμών απέχουν μεταξύ τους.

Μόνο 22 φοιτητές υπολόγισαν (αναλογικά) σωστά τις αποστάσεις αυτές και επέλεξαν ως το σημείο από το οποίο θα παρατηρούσαν κάποια σημαντική αλλαγή στο σχήμα του αστερισμού, ένα αστέρι κοντά στον αστερισμό.

5.5.12. Ερώτηση 12

Αν φανταστείτε τον Ήλιο σαν μια μπάλα του μπάσκετ, ένα υπό κλίμακα μοντέλο της Γης, θα έπρεπε να τοποθετηθεί σε απόσταση_____από τον Ήλιο.

α) 30 cm μακριά ☐

β) 3 m μακριά ☐

γ) 7.5 m μακριά ☐

δ) 30 m μακριά ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 95 έγκυρες (valid cases) και 2 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 24 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 70 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 51-53, Γράφημα 13)

Παρατηρήσεις

Από τους 95 φοιτητές που είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, οι 37 έδωσαν σωστή απάντηση (το 38,9%).

Οι 11 από τους 24 φοιτητές (δηλαδή το 45,8% του υποσυνόλου αυτού) που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, έδωσαν τη σωστή απάντηση.

Οι 25 από τους 70 φοιτητές (δηλαδή το35,7% του υποσυνόλου αυτού) που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή, έδωσαν τη σωστή απάντηση.

Η πιο συχνά εμφανιζόμενη εναλλακτική ιδέα (26 από τους 95 φοιτητές την έχουν επιλέξει, ή το 27,4%) ήταν ότι αν ο Ήλιος είχε το μέγεθος μιας μπάλας του μπάσκετ, τότε ένα υπό κλίμακα μοντέλο της Γης θα απείχε από τον Ήλιο 3m.

Η επόμενη πιο συχνά εμφανιζόμενη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών (21 από τους 95 φοιτητές την έχουν επιλέξει ή το 22,1%) είναι ότι η απόσταση του υπό κλίμακα μοντέλου της Γης από τον Ήλιο που έχει μέγεθος μπάλας του μπάσκετ είναι 7,5 m.

Η ιδέα που είχε επιλεχθεί λιγότερο από τους φοιτητές (11 από τους 95 φοιτητές την έχουν επιλέξει ή 11,6% αυτών) ήταν ότι η παραπάνω απόσταση θα έχει μήκος 30 cm.

Συγκρίσεις

Η ερώτηση αυτή είχε περιληφθεί στο Διαγνωστικό Τεστ του R. Trumper το 2000 (το οποίο απευθυνόταν σε φοιτητές) και το 2001 (που απευθυνόταν σε μαθητές Λυκείου). Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων στην ερώτηση αυτή ήταν αντίστοιχα: 35,5% και 25% αντίστοιχα (βλ. πίνακες 1 & 2, Παράρτημα Α).

Η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αναφορικά με το θέμα της ερώτησης αυτής, όπως αναδείχθηκε από τις έρευνες του R. Trumper, με ποσοστά 46,1% το 2000, και 32% το 2001, είναι ότι η απόσταση είναι πιο μικρή από την πραγματική– συμπίπτει με την επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών της παρούσας μελέτης.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Από τις απαντήσεις των φοιτητών της παρούσας μελέτης αλλά και των φοιτητών και μαθητών που συμμετείχαν στις έρευνες του R. Trumper, είναι φανερή μια τάση υποεκτίμησης της απόστασης Ηλίου-Γης η οποία πιθανότατα επεκτείνεται και για τις αποστάσεις μεταξύ όλων των ουρανίων σωμάτων στο Σύμπαν γενικότερα. Συνολικά 58 φοιτητές ή το 72,6% των 95 φοιτητών, υποεκτίμησαν λιγότερο ή περισσότερο την απόσταση Ηλίου – Γης.

Αυτή η αδυναμία της συνειδητοποίησης της τεράστιας απόστασης που μας χωρίζει από τον Ήλιο και γενικά των «απίστευτων» μεγεθών και αποστάσεων των ουρανίων σωμάτων στο Σύμπαν, πηγάζει από το γεγονός ότι η κλίμακα αυτή των μεγεθών στο Σύμπαν δε μπορεί να συγκριθεί με καμία άλλη κλίμακα μεγέθους ή οποιοδήποτε άλλο μέτρο αναφοράς πάνω στη Γη.

Ένας ακόμη παράγοντας ο οποίος συμβάλλει στη δημιουργία παρανοήσεων σχετικά με τα μεγέθη και τις αποστάσεις στο Σύμπαν, είναι ο τρόπος απεικόνισης των διαφόρων μοντέλων ή αναπαραστάσεων του Ηλιακού Συστήματος στα σχολικά συγγράμματα ή σε άλλα εκλαϊκευμένα βιβλία Αστρονομίας. Στις απεικονίσεις αυτές πολλές φορές χρησιμοποιείται λανθασμένη κλίμακα στις αποστάσεις ή/και στα μεγέθη των πλανητών και του Ήλιου, ή ακόμη μπορεί να χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές κλίμακες στην ίδια απεικόνιση.

5.5.13. Ερώτηση 13

Συγκριτικά με τον Ήλιο, τα περισσότερα αστέρια του Γαλαξία είναι:

α) τόσο μικρά σε σχέση με τον Ήλιο, όσο φαίνονται στον ουρανό. ☐

β) μικρότερα από τον Ήλιο. ☐

γ) περίπου του ίδιου μεγέθους με τον Ήλιο. ☐

δ) Πολύ μεγαλύτερα από τον Ήλιο. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 96 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 70 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 54-56, Γράφημα 14)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν οι 96 από τους 97 φοιτητές που συμμετείχαν στο τεστ. Μόνο οι 22 από τους 96 απάντησαν σωστά. (δηλαδή το 22,9%).

Και οι 25 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο απάντησαν σε αυτή την ερώτηση, αλλά μόνο οι 5 από αυτούς σωστά (το 20% των 25)

Από τους 71 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία απάντησαν στην ερώτηση αυτή οι 70. Από αυτούς μόνο οι 16 απάντησαν σωστά (το 22,9% των 70).

Η πιο συχνή ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες είναι ότι τα περισσότερα αστέρια του Γαλαξία είναι πολύ μεγαλύτερα από τον Ήλιο. Την ιδέα αυτή υποστήριξαν 39 από τους 96 φοιτητές που είχαν απαντήσει στην ερώτηση (το 40,6% του συνόλου των 96 φοιτητών). Από αυτούς οι 12 δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο ενώ οι 27 όχι.

Η επόμενη πιο συχνή εναλλακτική ιδέα, η οποία υποστηρίχθηκε από 33 φοιτητές (το 34,4% των 96 φοιτητών) είναι ότι τα περισσότερα αστέρια του Γαλαξία είναι μικρότερα από τον Ήλιο,

Μόνο 2 φοιτητές επέλεξαν την απάντηση ότι τα αστέρια του Γαλαξία μας είναι τόσο μικρά σε σχέση με τον Ήλιο όσο φαίνονται στον ουρανό.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα φοιτητών ή μαθητών Λυκείου που έλαβαν μέρος σε παλαιότερες έρευνες, όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η εναλλακτική ιδέα που κατείχε η πλειοψηφία των φοιτητών (40,6% των 96 φοιτητών), ότι ο Ήλιος είναι συγκριτικά με άλλα αστέρια του Γαλαξία μικρότερος, ερμηνεύεται ως εξής: Πιθανόν να έχουν ακούσει (μάθει – πληροφορηθεί) ότι ο Ήλιος μας δεν είναι κάποιο ιδιαίτερο αστέρι (όντως ο Ήλιος είναι

ένα αστέρι μεσαίου μεγέθους- υπάρχουν αστέρια πολύ μεγαλύτερα και άλλα πολύ μικρότερα από αυτό), και μη γνωρίζοντας πώς ακριβώς να ερμηνεύσουν την έλλειψη αυτή της ιδιαιτερότητας του ως αστέρι, στην προσπάθεια τους να συμβαδίσουν με το επιστημονικό πρότυπο, υποβιβάζουν ακόμη περισσότερο το μέγεθος του Ήλιου.

Η επόμενη σε συχνότητα εναλλακτική ιδέα των φοιτητών (34,4%), που θέλει τον Ήλιο να είναι μεγαλύτερος από τα περισσότερα αστέρια του Γαλαξία μας, υποδηλώνει μια τάση απόδοσης στον Ήλιο ξεχωριστών ιδιοτήτων (στην παρούσα περίπτωση σε σχέση με το μέγεθος του) συγκριτικά τα άλλα αστέρια του Γαλαξία. Η τάση αυτή τροφοδοτείται από την υποσυνείδητη ανάγκη του ανθρώπου για επιβεβαίωση της μοναδικότητας του, αφού αν ο δικός μας Ήλιος έχει κάποιες ξεχωριστές ιδιότητες ανάμεσα σε όλα τα άλλα αστέρια (έχει π.χ. μεγαλύτερο μέγεθος), τότε και ο ίδιος ο άνθρωπος γίνεται μοναδικός και αποκτά μια προνομιακή θέση στο Σύμπαν, όντας στο Ηλιακό Σύστημα ενός «ξεχωριστού» και «μοναδικού» Ήλιου.

5.5.14. Ερώτηση 14

Το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών που βιώνουμε στη Γη, οφείλεται:

α) Στη μεταβολή της απόστασης μεταξύ του Ήλιου και της Γης κατά την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. ☐

β) Στη μεταβολή της απόστασης Γης , Σελήνης και Ήλιου. ☐

γ) Στην κλίση του άξονα περιστροφής της Γης και την περιφορά της γύρω από τον Ήλιο. ☐

δ) Στα διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που μπλοκάρουν την ηλιακή ακτινοβολία. ☐

ε) Στη μεταβολή του ρυθμού παραγωγής και κατ' επέκταση εκπομπής ενέργειας από τον Ήλιο . ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 57-59, Γράφημα 15)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν και οι 97 φοιτητές που συμμετείχαν στο τεστ. Από αυτούς οι 53 (δηλαδή το 54,6%) απάντησαν σωστά.

Από τους 25 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο οι 13 απάντησαν σωστά (το 52%).

Από τους 71 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία οι 39 απάντησαν σωστά (το 54,9%).

Η επικρατέστερη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες του συνόλου των 97 φοιτητών αλλά και μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία καθώς και μεταξύ αυτών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό, είναι ότι το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών οφείλεται στη μεταβολή της απόστασης μεταξύ Ήλιου – Γης κατά την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, με αντίστοιχα ποσοστά: 42,3%, 44% και 42,3%.

Μόνο 2 φοιτητές (το 2,1% του συνόλου των 97 φοιτητών) επέλεξαν την απάντηση ότι το φαινόμενο οφείλεται στα διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που μπλοκάρουν την ηλιακή ακτινοβολία.

Συγκρίσεις

Η ερώτηση αυτή (αιτία εναλλαγής των εποχών)περιλαμβανόταν στο τεστ που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της έρευνας του R. Trumper το 2000 και το 2001. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα ποσοστά σωστών απαντήσεων είναι αντίστοιχα 67,1% μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών και 62% μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών.

Επίσης, η ερώτηση αυτή είχε περιληφθεί στο ADT 1.5. το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως διαγνωστικό εργαλείο σε έρευνα με δείγμα φοιτητές του Πανεπιστημίου του New Mexico, με προσανατολισμό σπουδών τις θετικές επιστήμες, που παρακολουθούσαν το εισαγωγικό μάθημα Astronomy 270 (Χειμερινό εξάμηνο 1996 – 1997). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τους το 39% απάντησε σωστά. (βλ. Πίνακας 5, Παράρτημα Α)

Σε μια άλλη ανάλογη ερώτηση που περιλαμβανόταν στο τεστ του R.Trumper (αιτία που το καλοκαίρι έχουμε περισσότερη ζέστη), το ποσοστό σωστών απαντήσεων βρέθηκε ίσο με 50% το 2000 (μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών), και 47% το 2001 (μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών). Η επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα και στις δύο περιπτώσεις ήταν ότι το καλοκαίρι η Γη είναι πιο κοντά στον Ήλιο (δηλαδή στην ουσία αναγνώρισαν ως την αιτία της εναλλαγής των εποχών τη μεταβολή της απόστασης Γης-Ήλιου).

Μια ακόμη ανάλογη ερώτηση σχετικά με την αιτία του φαινομένου, περιλαμβανόταν στο pre-test της έρευνας για την αποτελεσματικότητα των νυκτερινών εργαστηρίων ως μέσο εννοιολογικής αλλαγής που πραγματοποιήθηκε το 2006 σε δείγμα φοιτητών, και επαναλήφθηκε το 2007 σε δείγμα διαφορετικών φοιτητών. Τα αντίστοιχα ποσοστά των σωστών απαντήσεων ήταν 58,5% και 76,47%.

Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων στην ερώτηση αυτή στις ξένες ερευνητικές μελέτες που αναφέραμε, είναι πιο ψηλά συγκριτικά με τα αποτελέσματα των φοιτητών που συμμετείχαν στο τεστ της παρούσας μελέτης. Ωστόσο στις μελέτες του R. Trumper (το 2000 και το 2001) τα αντίστοιχα ποσοστά σωστών απαντήσεων στην ανάλογου περιεχομένου ερώτηση «γιατί έχουμε περισσότερη ζέστη το καλοκαίρι» είναι σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τους φοιτητές που συμμετείχαν στο τεστ της παρούσας μελέτης.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Το μεγάλο ποσοστό (42,3%) του συνόλου των φοιτητών που είχε επιλέξει ως την αιτία του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών που βιώνουμε στη Γη, την μεταβολή της απόστασης Γης-Ήλιο, δείχνει τα εξής:

- Η γνώση που αφορά την κλίση του άξονα περιστροφής της Γης ως προς τον άξονα που είναι κάθετος στο επίπεδο της εκλειπτικής, δηλαδή η γνώση ότι η τροχιά της Γης δε βρίσκεται πάνω στο επίπεδο της εκλειπτικής αλλά σε ένα επίπεδο που έχει μια ορισμένη κλίση ; ως προς αυτό της εκλειπτικής, δεν περιλαμβάνεται στα νοητικά μοντέλα των φοιτητών που είχαν την παραπάνω εναλλακτική ιδέα, και τα οποία αφορούν τη σχετική κίνηση-θέση της Γης ως προς τον Ήλιο και την ερμηνεία διαφόρων φαινομένων που σχετίζονται με τον τρόπο που ο Ήλιος επηρεάζει τη Γη.
- Η γνώση ότι η Γη βρίσκεται πιο κοντά στον Ήλιο όταν στο Βόρειο Ημισφαίριο έχουμε χειμώνα, και πιο μακριά όταν έχουμε καλοκαίρι – ένα γεγονός που θα αμφισβητούσε την άποψη τους για το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών- επίσης δεν περιλαμβανόταν στα νοητικά τους μοντέλα.
- Μη έχοντας επαρκείς γνώσεις για την ερμηνεία του φαινόμενου της εναλλαγής των εποχών, στηρίζονται στη χρήση της κοινής λογικής – ενός νοητικού «εργαλείου» του οποίου η αντοχή έχει δοκιμαστεί και έχει αποδείξει την αξία του στην ερμηνεία φαινομένων της καθημερινής ζωής- η οποία υπαγορεύει ότι όσο πιο κοντά βρισκόμαστε σε μια πηγή θερμότητας (όπως είναι ο Ήλιος), τόσο πιο πολύ ζεσταινόμαστε, γι' αυτό και καταλήγουν στην πιο πάνω εναλλακτική ιδέα.

Ένα ακόμη σημείο που αξίζει να σχολιαστεί είναι το γεγονός ότι το ποσοστό των φοιτητών που είχαν επιλέξει την απάντηση ότι η μεταβολή της απόστασης Γης-Ήλιου ευθύνεται για την εναλλαγή των εποχών, είναι στα ίδια υψηλά επίπεδα και μεταξύ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και μεταξύ αυτών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών και κατ'επέκταση οι κινήσεις της Γης γύρω από τον Ήλιο, παρουσιάζουν ψηλό βαθμό δυσκολίας για τους φοιτητές – και τους μαθητές γενικά – και η εννοιολογική αλλαγή του απλοϊκού μοντέλου κίνησης της Γης γύρω από τον Ήλιο σε συνδυασμό με τη χρήση της κοινής λογικής αποδεικνύεται δύσκολο να επιτευχθεί.

Κανένας φοιτητής δεν έχει επιλέξει την απάντηση ότι ο Ήλιος αλλάζει περιοδικά τον ρυθμό εκπομπής ακτινοβολίας. Η ιδέα αυτή δεν είναι δημοφιλής ούτε σε άλλες έρευνες.

Μόνο 2 φοιτητές έχουν επιλέξει την απάντηση ότι το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών οφείλεται στα διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που μπλοκάρουν την ηλιακή ακτινοβολία. Η ιδέα αυτή του «μπλοκαρίσματος της ηλιακής ακτινοβολίας – θερμότητας λόγω των διαφόρων φυσικών εμποδίων συναντάται κυρίως σε μικρότερες ηλικίες.

5.5.15. Ερώτηση 15

Η ενέργεια του Ήλιου προέρχεται από:

α) Πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης ελαφρών στοιχείων σε βαρύτερα στο εσωτερικό του. ☐

β) Πυρηνικές αντιδράσεις σχάσης βαρέων στοιχείων σε ελαφρύτερα στο εσωτερικό του. ☐

γ) Το λιώσιμο πετρωμάτων στον πυρήνα του. ☐

δ) Θερμότητα που έχει απομείνει από την Μεγάλη Έκρηξη ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 60-62, Γράφημα 16)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν και οι 97 φοιτητές που συμμετείχαν στο τεστ. Από αυτούς οι 49 (δηλαδή το 50,5%) απάντησαν σωστά.

Από τους 25 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο οι 17 απάντησαν σωστά (το 52%).

Από τους 71 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία οι 31 απάντησαν σωστά (το 43,7%).

Η πιο συχνή ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες του συνόλου των 97 φοιτητών με ποσοστό 42,3%, ήταν η ιδέα ότι στο εσωτερικό του Ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις σχάσης βαρέων στοιχείων σε ελαφρύτερα που απελευθερώνουν ενέργεια. Την ιδέα αυτή υποστήριξαν 8 από τους 25 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 32% αυτών) καθώς και οι 33 από τους 71 φοιτητές που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό (το 46,5% αυτών) δηλαδή περισσότεροι από αυτούς που είχαν απαντήσει σωστά στο υποσύνολο αυτό.

Οι υπόλοιπες απαντήσεις – εναλλακτικές ιδέες υποστηρίχθηκαν από πολύ μικρά ποσοστά φοιτητών. Το 4,1% των φοιτητών δήλωσε ότι η ενέργεια του Ήλιου προέρχεται από τη θερμότητα που έχει απομείνει από τη Μεγάλη Έκρηξη και το υπόλοιπο 3,1% δήλωσε ότι προέρχεται από το λιώσιμο πετρωμάτων στον Πυρήνα του Ήλιου.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα φοιτητών ή μαθητών Λυκείου που έλαβαν μέρος σε σχετικές έρευνες του εξωτερικού, όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία Παρατηρήσεων

Οι απαντήσεις των φοιτητών διχάζονται ανάμεσα σε δύο επιλογές. Σύμφωνα με την πρώτη, που είναι και η σωστή επιστημονικά, στο εσωτερικό των αστέρων (Ήλιου) πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης, ενώ σύμφωνα με τη δεύτερη, που είναι λάθος επιστημονικά και αποτελεί εναλλακτική ιδέα, στο εσωτερικό των αστέρων πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις σχάσης. Οι φοιτητές που έχουν επιλέξει τη λανθασμένη απάντηση, αναγνωρίζουν μεν ότι η ενέργεια του Ήλιου παράγεται λόγω πυρηνικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό του, αλλά αποτυγχάνουν να αναγνωρίσουν το είδος των πυρηνικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα. Έτσι, δημιουργείται ένα αμιγώς εναλλακτικό νοητικό μοντέλο που αν και περιέχει στοιχεία που είναι επιστημονικώς αποδεκτά, στο σύνολο του δεν συμβαδίζει με το επιστημονικό πρότυπο.

Η ερμηνεία που δίδεται για την δημιουργία του πιο πάνω νοητικού μοντέλου έχει ως εξής: Οι φοιτητές στηριζόμενοι σε αποσπασματικές γνώσεις ή πληροφορίες –γνωρίζουν ή έχουν πληροφορηθεί ότι

στο εσωτερικό του Ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις- που ωστόσο δεν τις κατανοούν σε βάθος και είναι ελλιπείς –δεν γνωρίζουν αρκετά για τα δύο είδη των πυρηνικών αντιδράσεων (σχάση και σύντηξη) μεταξύ των οποίων κλήθηκαν να επιλέξουν, δε γνωρίζουν ή δε λαμβάνουν υπόψη τους τη σύσταση των αστέρων (σαφώς δε γνωρίζουν ή δε λαμβάνουν υπόψη τους ότι αποτελούνται από ελαφρά στοιχεία, κυρίως υδρογόνο και ήλιο[61] – άρα δεν μπορεί να γίνει σχάση), πιθανότατα δε γνωρίζουν για τη διαδικασία που προηγείται και υποκινεί την έναρξη των αντιδράσεων στο εσωτερικό των αστέρων (δηλαδή για τη βαρυτική κατάρρευση που δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης). Έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το νοητικό μοντέλο που περιέχει την εναλλακτική ιδέα ότι στο εσωτερικό του Ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις σχάσης βαρέων πυρήνων, είναι τμήμα του ευρύτερου νοητικού μοντέλου που έχουν διαμορφώσει για τα άστρα (για τη φύση τους, τον τρόπο παραγωγής ενέργειας, πιθανότατα της εξέλιξης τους κτλ) το οποίο είναι ατελές και η έλλειψη γνώσεων υποκαθίσταται με υποθέσεις (πραγματοποίηση υποθέσεων "out of the blue", δηλαδή χωρίς βάση ή πραγματοποίηση γενικεύσεων) και με τη συμπλήρωση στοιχείων που τους είναι ως ένα βαθμό γνωστά, είτε μέσα από την καθημερινή τους ζωή (δηλαδή βιωματικά) είτε μέσα από το ευρύτερο τους κοινωνικό-πολιτιστικό-τεχνολογικό τους περιβάλλον (π.χ. κάποιες γνώσεις για τα ραδιενεργά υλικά στη Γη – ή για την ύπαρξη πυρηνικού αντιδραστήρα σχάσης κ.α.)

Η επιλογής της απάντησης ότι η ενέργεια του Ήλιου προέρχεται από τη θερμότητα που έχει απομείνει από τη Μεγάλη Έκρηξη, έστω και από μικρό ποσοστό φοιτητών, είναι ακόμα μια προσπάθεια εφαρμογής κάποιων αποσπασματικών γνώσεων που διαθέτουν – γνώσεις για τον τρόπο δημιουργίας του Σύμπαντος μέσω της Μεγάλης Έκρηξης και ίσως και το γεγονός της απελευθέρωσης τεράστιας ενέργειας κατά την στιγμή εκείνη- τις οποίες ωστόσο δεν κατανοούν πλήρως, για να ερμηνεύσουν ένα διαφορετικό φαινόμενο – την παραγωγή ενέργειας από τα αστέρια. Έτσι υποδηλώνεται η ύπαρξη ενός νοητικού μοντέλου για τη φύση και τη δημιουργία των αστεριών που δεν είναι συμβατό με το επιστημονικό πρότυπο. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό τα αστέρια ορίζονται ως ετερόφωτα σώματα (αφού δεν παράγουν την ενέργεια αλλά προέρχεται από κάπου αλλού) και ως εκ τούτου δεν μπορούν να διακριθούν από άλλα ουράνια σώματα όπως οι πλανήτες, ενώ όσον αφορά τη δημιουργία τους πιθανότατα θεωρούν ότι έχουν δημιουργηθεί σε ταυτόχρονα χρονικά πλαίσια με την δημιουργία του Σύμπαντος.

Όσο για την απάντηση που έχουν επιλέξει οι λιγότεροι φοιτητές, σύμφωνα με την οποία η ενέργεια του Ήλιου προέρχεται από το λιώσιμο πετρωμάτων στο εσωτερικό του, είναι μια εναλλακτική ιδέα που προέρχεται από την προσπάθεια των φοιτητών να κατανοήσουν το φαινόμενο συνδέοντας το με άλλα φαινόμενα περισσότερο οικεία και γνωστά, και έτσι ευκολότερα αποδεκτά. Το λιώσιμο των πετρωμάτων είναι μια πηγή θερμότητας που συνδέεται με το φαινόμενο της έκρηξης των ηφαιστείων – συγκεκριμένα με τη λάβα, ένα φαινόμενο που είναι γνωστό και οικείο στους φοιτητές γιατί συμβαίνει και στον πλανήτη μας.

Οι τελευταίες δύο ιδέες υποστηρίζονται μόνο από φοιτητές που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο. Επομένως η παρακολούθηση του μαθήματος αυτού στο Λύκειο έχει βοηθήσει τους φοιτητές να αποκτήσουν έστω και μια μερική εικόνα του φαινόμενου, έτσι ώστε όλοι οι φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό (αλλά όχι μόνο αυτοί – αλλά και 64 φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο) να γνωρίζουν ότι η ενέργεια του Ήλιου παράγεται μέσω πυρηνικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό των αστέρων. Δεν ήταν όμως η παρακολούθηση του μαθήματος αρκετά αποτελεσματική ώστε να μπορούν (όλοι όσοι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό) να επιλέξουν το σωστό είδος πυρηνικών αντιδράσεων που λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό των αστέρων, και αυτό σημαίνει ότι όσοι τουλάχιστον είχαν επιλέξει τη «σχάση», αν και είχαν διδαχθεί το φαινόμενο παραγωγής ενέργειας από τα αστέρια, δεν το είχαν κατανοήσει.

[61] Υπάρχουν και οι αστέρες δεύτερης γενεάς οι οποίοι περιέχουν μικρές ποσότητες βαρύτερων στοιχείων - ωστόσο το πιο βαρύ που μπορεί να περιέχεται στους αστέρες αυτούς είναι ο σίδηρος, που είναι το πιο σταθερό στοιχείο)

5.5.16. Ερώτηση 16

Πώς δημιουργήθηκε ο Ήλιος και τα άλλα αστέρια;

α) Δημιουργήθηκαν κατά την Μεγάλη Έκρηξη ☐

β) Από συμπυκνώσεις μεσοαστρικής ύλης στους γαλαξίες ☐

γ) Υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 97 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 71 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 63-65, Γράφημα 17)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή όλοι οι φοιτητές (και οι 97 που συμμετείχαν στο τεστ) είχαν δώσει μια απάντηση, αλλά μόνο οι 58 από αυτούς (το 59,8%) είχαν δώσει τη σωστή απάντηση, σύμφωνα με την οποία, οι αστέρες δημιουργήθηκαν από τυχαίες συμπυκνώσεις μεσοαστρικής ύλης στους γαλαξίες.

Οι υπόλοιποι 38 φοιτητές (39,2%) έδωσαν την απάντηση ότι οι αστέρες δημιουργήθηκαν κατά τη Μεγάλη Έκρηξη (επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα). Μόνο ένας φοιτητής απάντησε ότι οι αστέρες υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα.

Από τους 25 φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο οι 20 (80%) απάντησαν σωστά, ενώ οι 5 από αυτούς (το 20%) απάντησαν ότι η δημιουργία των αστέρων έγινε κατά τη Μεγάλη Έκρηξη.

Από τους 71 φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο οι 38 απάντησαν σωστά (53,5%) ενώ από τους υπόλοιπους οι 32 (45%) απάντησαν ότι η δημιουργία των αστέρων συνέβη κατά τη Μεγάλη Έκρηξη, και τέλος ένας φοιτητής ότι οι αστέρες υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα.

Παρατηρούμε ότι η κύρια εναλλακτική ιδέα τόσο στο σύνολο των φοιτητών όσο και στα δύο υποσύνολα (φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και φοιτητές που δεν είχαν) είναι ότι οι αστέρες δημιουργήθηκαν κατά τη Μεγάλη Έκρηξη. Ωστόσο το ποσοστό των φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και είχαν επιλέξει την ιδέα αυτή (45%) είναι σχετικά συγκρίσιμο με το ποσοστό σωστών απαντήσεων του υποσυνόλου αυτού (53,5%) και μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσοστό των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό στο Λύκειο και είχαν

επιλέξει την απάντηση αυτή (20%) το οποίο είναι πολύ μικρότερο από το ποσοστό σωστών απαντήσεων του υποσυνόλου αυτού (80%).

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα φοιτητών ή μαθητών Λυκείου που έλαβαν μέρος σε σχετικές έρευνες του εξωτερικού, όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η επιλογή της απάντησης – εναλλακτικής ιδέας, σύμφωνα με την οποία, οι αστέρες δημιουργήθηκαν κατά τη Μεγάλη Έκρηξη, υποδηλώνει ότι μεγάλη μερίδα των φοιτητών πιθανότατα θεωρεί ότι:

- Η Μεγάλη Έκρηξη (δημιουργία του Σύμπαντος) και τη δημιουργία των αστέρων έχει συμβεί στα ίδια χωρο-χρονικά πλαίσια
- Το Σύμπαν έχει δημιουργηθεί με τη σημερινή του μορφή σαν ολότητα την ίδια χρονική στιγμή στο παρελθόν – στιγμή Μεγάλης Έκρηξης, δηλαδή ότι δεν έχει μεσολαβήσει κάποιο χρονικό διάστημα (μεγάλο ή μικρό) από τη Μεγάλη Έκρηξη μέχρι τη δημιουργία των αστέρων
- Το Σύμπαν δεν έχει εξελιχθεί από την εποχή της Μεγάλης Έκρηξης, μια ιδέα – κατάλοιπο της πίστης στη μονιμότητα ή στην αιώνια ύπαρξη που συναντάται σε μικρότερες ηλικίες

Όσον αφορά την προέλευση του νοητικού μοντέλου που περιλαμβάνει τις πιο πάνω εναλλακτικές ιδέες για την δημιουργία του Σύμπαντος και των αστέρων, μπορούμε να υποθέσουμε τα εξής: Διαμορφώθηκε στη βάση κάποιων αποσπασματικών γνώσεων σχετικά με τη δημιουργία του Σύμπαντος και λόγω έλλειψης γνώσεων συμπληρώθηκε με υποθέσεις των φοιτητών. Ο μηχανισμός αυτός της συμπλήρωσης του νοητικού μοντέλου με υποθέσεις στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνει την πραγματοποίηση γενικεύσεων (π.χ. «όπως δημιουργήθηκε το Σύμπαν, έτσι και οι αστέρες...»), τροφοδότηση με εσωτερικές πεποιθήσεις (π.χ. πεποίθηση μονιμότητας ή αιώνιας ύπαρξης).

Η εσωτερική πεποίθηση – πίστη στη μονιμότητα ή αιώνια ύπαρξη εκφράζεται πιο ξεκάθαρα με στην απάντηση ότι οι αστέρες υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα, και υποκινείται από την υποσυνείδητη – ψυχολογική επιθυμία του ανθρώπου για αιώνια ύπαρξη – αν όχι του ίδιου (εφόσον έχει συμβιβαστεί με την ιδέα της θνητότητας του), τότε του Σύμπαντος που τον φιλοξενεί και κατ' επέκταση των διαφόρων ουράνιων σωμάτων όπως είναι τα αστέρια. Βέβαια, μέσα από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης για την ερώτηση αυτή, δεν υπάρχουν πολλοί υποστηρικτές της ιδέας της αιώνιας ύπαρξης των αστεριών, αφού μόνο ένας φοιτητής επέλεξε την απάντηση αυτή.

5.5.17. Ερώτηση 17.

Γιατί «πεθαίνουν» τα αστέρια;

α) Γιατί τους τελειώνουν τα καύσιμα. ☐

β) Γιατί αυτή είναι η κατάληξη κάθε φυσικού συστήματος. ☐

γ) Επειδή ακτινοβολούν όλη την ενέργεια που τους είχε απομείνει από την Μεγάλη Έκρηξη. ☐

δ) Τα αστέρια δεν πεθαίνουν, υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν ☐

για πάντα.

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 96 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 71 φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 70 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 66-68, Γράφημα 18)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν οι 96 από τους 97 που συμμετείχαν στο τεστ. Από αυτούς μόνο οι 34 από αυτούς (το 35,4%) είχαν δώσει τη σωστή απάντηση, σύμφωνα με την οποία, τα αστέρια «πεθαίνουν» γιατί τους τελειώνουν τα «καύσιμα» (δηλαδή τελειώνει το υλικό που υπόκειται πυρηνική σύντηξη απελευθερώνοντας ενέργεια). Οι 15 από τους 34 που απάντησαν σωστά είχαν δηλώσει ότι παρακολούθησαν το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο (το 60% των 25 φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο), ενώ οι υπόλοιποι 19 είχαν δηλώσει ότι δεν παρακολούθησαν το μάθημα αυτό στο Λύκειο (το 27,1% του υποσυνόλου αυτού).

Η πιο συχνή ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών ήταν ότι τα αστέρια «πεθαίνουν» γιατί ακτινοβολούν όλη την ενέργεια που τους έχει απομείνει από τη Μεγάλη Έκρηξη. Η ιδέα αυτή υποστηρίχθηκε από συνολικά 31 φοιτητές (δηλ. Το 32,3% των 96 φοιτητών). Από αυτούς οι 6 δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία (το 24% των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία) ενώ οι υπόλοιποι 25 που επέλεξαν την απάντηση αυτή, δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο.

Η επόμενη πιο συχνή εναλλακτική ιδέα των φοιτητών, σύμφωνα με την οποία ο λόγος που τα αστέρια πεθαίνουν είναι γιατί ο θάνατος είναι η κατάληξη κάθε φυσικού συστήματος. Την ιδέα αυτή υποστήριξαν συνολικά 28 φοιτητές – 4 από αυτούς είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 24% του υποσυνόλου των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο) και 24 φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 34,3% των 70 φοιτητών).

Η ιδέα που επέλεξαν λιγότερο οι φοιτητές (μόνο 3 φοιτητές την έχουν επιλέξει, δηλαδή το 3,1% των 96 φοιτητών) ήταν ότι τα αστέρια δεν «πεθαίνουν», υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα. Οι 2 από τους 3 φοιτητές, είχαν δηλώσει ότι δεν παρακολούθησαν το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο, ενώ ένας δεν είχε απαντήσει στην ερώτηση αν είχε ή όχι παρακολουθήσει το μάθημα αυτό στο Λύκειο.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα φοιτητών ή μαθητών Λυκείου που έλαβαν μέρος σε σχετικές έρευνες του εξωτερικού, όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η επιλογή γ, που είναι η κύρια εναλλακτική ιδέα των φοιτητών, εκφράζει την αντίληψη ότι οι αστέρες εκπέμπουν την ενέργεια που τους έχει απομείνει από τη Μεγάλη Έκρηξη και ότι όταν αυτή η ενέργεια τελειώσει τα αστέρια πεθαίνουν. Η απάντηση αυτή δηλώνει τι πιστεύουν οι φοιτητές σχετικά με τον τρόπο παραγωγής ενέργειας από τα αστέρια. Όπως έχει αναλυθεί και στην ερώτηση 15 -σχετικά με την προέλευση της ενέργειας του Ήλιου- οι φοιτητές που έχουν επιλέξει αυτή την απάντηση έχουν διαμορφώσει ένα εναλλακτικό νοητικό μοντέλο σχετικά με τη φύση και την δημιουργία των αστεριών που στηρίζεται σε αποσπασματικές γνώσεις και υποθέσεις, που δεν είναι φυσικά συμβατό με την επιστημονική γνώση. Ο ίδιος ο θάνατος των αστεριών, που είναι το θέμα της ερώτησης αυτής, είναι ένα συμπέρασμα που εξαγάγετε με βάση την αντίληψη που έχουν οι φοιτητές για την προέλευση της ενέργειας που εκπέμπουν οι αστέρες και γενικά βάση του νοητικού μοντέλου που έχουν διαμορφώσει για τη φύση των αστεριών. Επομένως, είναι φυσικό επακόλουθο οι φοιτητές που έχουν το παραπάνω εναλλακτικό νοητικό μοντέλο για τα αστέρια, να καταλήξουν σε ένα λανθασμένο συμπέρασμα για το θάνατο των αστεριών.

Η επιλογή β, δηλαδή η ιδέα ότι ο «θάνατος» είναι η κατάληξη κάθε φυσικού συστήματος, είναι μια μάλλον φιλοσοφική απάντηση στην ερώτηση «γιατί πεθαίνουν τα αστέρια», και δεν εξηγεί επιστημονικά τι συμβαίνει. Έρχεται δε σε αντίθεση με την ιδέα της μονιμότητας ή της αιώνιας ύπαρξης (επιλογή δ της ερώτησης αυτής και επιλογή γ της ερώτησης 16) που είναι δημοφιλής περισσότερο σε μικρότερες ηλικίες. Ωστόσο, καθώς ο άνθρωπος μεγαλώνει και εξοικειώνεται με την ιδέα του θανάτου, είτε του ίδιου του είδους του, είτε άλλων φυσικών-βιολογικών οργανισμών ή συστημάτων, απορρίπτει την ιδέα της αιώνιας ύπαρξης και τότε είναι πιθανόν να πραγματοποιήσει τη γενίκευση (ένας από τους μηχανισμούς πραγματοποίησης υποθέσεων στις περιπτώσεις όπου υπάρχει έλλειψη γνώσεων) ότι ο θάνατος συμβαίνει σε όλα τα φυσικά συστήματα, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιλέξει την συγκεκριμένη απάντηση. Βέβαια δεν γνωρίζει τον τρόπο που έρχεται ο «θάνατος» στο συγκεκριμένο φυσικό σύστημα των αστεριών – δεν έχει τις γνώσεις ώστε να μπορεί να επιχειρηματολογήσει χρησιμοποιώντας επιστημονικά δεδομένα αν του ζητηθεί να απαντήσει στο «πώς» αντί στο «γιατί» στην ερώτηση αυτή.

Η επιλογή δ είναι η απάντηση όσων φοιτητών – μόνο τριών φοιτητών συγκεκριμένα- θεωρούν ότι τα αστέρια υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα, δεν εξελίσσονται και δεν πεθαίνουν ποτέ. Έχουν διαμορφώσει με άλλα λόγια ένα νοητικό μοντέλο με βάση την εσωτερική τους πεποίθηση της μονιμότητας και της σταθερότητας του Σύμπαντος και των ουρανίων σωμάτων που φιλοξενεί.

5.5.18. Ερώτηση 18

Οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου:

α) Βρίσκονται στο νοητό μονοπάτι του Ήλιου στον ουρανό. ☐

β) Είναι όλοι του ίδιου μεγέθους – με πλάτος 30° . ☐

γ) Επηρεάζουν τη ζωή των ανθρώπων. ☐

δ) Είναι κατανεμημένοι ομοιόμορφα σε όλη την ουράνια σφαίρα. ☐

ε) [Ισχύει και το β και το δ]. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 94 έγκυρες (valid cases) και 3 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 71 φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 68 έγκυρες (valid cases) και 3 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 69-71, Γράφημα 19)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν οι 94 από τους 97 που συμμετείχαν στο τεστ, ωστόσο μόνο οι 27 από αυτούς (το 35,4%) είχαν δώσει τη σωστή απάντηση, σύμφωνα με την οποία, οι ζωδιακοί αστερισμοί βρίσκονται στο νοητό μονοπάτι του Ήλιου στον ουρανό. Οι 13 από τους 27 που απάντησαν σωστά είχαν δηλώσει ότι παρακολούθησαν το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο (το 52% των 25 φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο), ενώ οι υπόλοιποι 14 είχαν δηλώσει ότι δεν παρακολούθησαν το μάθημα αυτό στο Λύκειο (το 20,6% του υποσυνόλου των 68 φοιτητών).

Η επικρατέστερη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες του συνόλου των 94 φοιτητών ήταν ότι οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου είναι όλοι του ίδιου μεγέθους – με πλάτος 30°, και είναι κατανεμημένοι ομοιόμορφα σε όλη την ουράνια σφαίρα. Η ιδέα αυτή είναι επίσης η επικρατέστερη ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες του υποσυνόλου των φοιτητών που είχαν δηλώσει ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (με ποσοστό 40%) καθώς και του υποσυνόλου των φοιτητών που είχαν δηλώσει ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό (με ποσοστό 67,6%).

Η επόμενη σε συχνότητα εναλλακτική ιδέα των φοιτητών, είναι ότι οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου είναι κατανεμημένοι ομοιόμορφα σε όλη την ουράνια σφαίρα. Η απάντηση αυτή απορρίπτει το πρώτο σκέλος της επιλογής ε (οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου είναι όλοι του ίδιου μεγέθους – με πλάτος 30°, και είναι κατανεμημένοι ομοιόμορφα σε όλη την ουράνια σφαίρα) αλλά δέχεται το δεύτερο σκέλος της. Την ιδέα αυτή υποστήριξαν μόνο 9 φοιτητές (9,6% των 94 φοιτητών)– 2 από αυτούς είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 8% του υποσυνόλου των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο), 6 φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 8,8% των 68 φοιτητών) και 1 φοιτητής που δεν είχε απαντήσει στην ερώτηση αν παρακολούθησε ή όχι το μάθημα αυτό στο Λύκειο.

Τέλος, 2 φοιτητές (2,1% του συνόλου των 94 φοιτητών) επέλεξαν την απάντηση ότι οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου επηρεάζουν τη ζωή των ανθρώπων – και οι 2 δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα φοιτητών ή μαθητών Λυκείου που έλαβαν μέρος σε σχετικές έρευνες του εξωτερικού, όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η ιδέα με τη μεγαλύτερη συχνότητα μεταξύ των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών, είναι ότι οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου είναι όλοι του ίδιου μεγέθους (~30°) και είναι κατανεμημένοι ομοιόμορφα σε όλη την ουράνια σφαίρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ποσοστό που έχει συγκεντρώσει η απάντηση αυτή στο σύνολο των φοιτητών (59,6%) είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό των σωστών απαντήσεων του συνόλου (28,7%).Επίσης, το ποσοστό της απάντησης αυτής μεταξύ των φοιτητών που

είχαν δηλώσει ότι δεν παρακολούθησαν το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο (67,6%) είναι πολύ μεγαλύτερο από το ποσοστό των σωστών απαντήσεων (20,6%) του υποσυνόλου αυτού.

Το α' σκέλος της απάντησης- εναλλακτικής αυτής ιδέας, είναι ότι οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου είναι όλοι του ίδιου μεγέθους (~30°). Η αποδοχή της ιδέας αυτής δείχνει ότι οι φοιτητές λαμβάνουν υπόψη τους μόνο τους 12 ευρύτερα γνωστούς αστερισμούς (γνωστούς στον πολύ κόσμο κυρίως γιατί αντιπροσωπεύουν τα λεγόμενα «αστρολογικά ζώδια») και όχι τον 13°, λιγότερο γνωστό αστερισμό του ζωδιακού κύκλου, τον «Οφιούχο», και έτσι χωρίζουν την ουράνια σφαίρα σε 12 ίσα μέρη πλάτους 30° ($360^o/12=30^o$). Εφόσον όμως στη ζώνη εκείνη του ουράνιου θόλου που προβάλλονται οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου προβάλλεται και ένας $13^{ος}$ αστερισμός, το πλάτος -έστω και κατά προσέγγιση-που καταλαμβάνει ο κάθε αστερισμός δε μπορεί να είναι 30°.

Όμως και το β' σκέλος της επικρατέστερης απάντησης φανερώνει μια παρανόηση των φοιτητών: Οι περισσότεροι φοιτητές πιστεύουν ότι όλοι οι αστερισμοί που προβάλλονται στον νυκτερινό ουρανό είναι αυτοί οι 12 αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου-αγνοώντας με αυτό τον τρόπο την ύπαρξη δεκάδων άλλων, και ότι οι 12 αυτοί αστερισμοί εκτείνονται ομοιόμορφα σε όλη την ουράνια σφαίρα, ενώ στην πραγματικότητα, οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου εκτείνονται εντός μιας ζώνης πάνω και κάτω από το επίπεδο της εκλειπτικής, δηλαδή πάνω και κάτω από το νοητό «μονοπάτι» του Ήλιου στον ουρανό.

Ένα άλλο σημείο που αξίζει σχολιασμού, είναι το γεγονός ότι υπήρξαν φοιτητές, έστω και 2, που απάντησαν ότι οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου επηρεάζουν τη ζωή των ανθρώπων, μια καθαρά μεταφυσική άποψη, που παραπέμπει στις απόψεις της Αστρολογίας. Η άποψη αυτή, αν εκφράζει την πίστη των φοιτητών που την υποστηρίζουν σε όλα αυτά που πρεσβεύει η Αστρολογία – με την προϋπόθεση ότι οι φοιτητές αυτοί έχουν την επίγνωση του γεγονότος ότι η Αστρολογία δεν είναι μια πραγματική επιστήμη, αφού δεν ακολουθεί τις επιστημονικές μεθόδους για την εξαγωγή συμπερασμάτων, και μόνο σαν πίστη μπορεί να εκληφθεί (υπό την έννοια ότι η πίστη δε χρειάζεται αποδείξεις ενώ η επιστήμη τις απαιτεί) και επιπλέον στηρίζει τις θεωρίες της σε «ξεπερασμένη γνώση» και οι προβλέψεις της μπορούν να αποδειχθούν λανθασμένες[62] – τότε δε μπορεί να γίνει κάποια προσπάθεια εννοιολογικής αλλαγής. Ωστόσο, είναι πολύ πιθανό οι φοιτητές να μην έχουν επίγνωση των παραπάνω γεγονότων και η επιλογή τους να μην είναι συνειδητή.

5.5.19. Ερώτηση 19

Με το χέρι σας τεντωμένο προς τον ουρανό, ο αντίχειρας σας φτάνει για να καλύψει τον Ήλιο. Αν ήσασταν στον πλανήτη Κρόνο, του οποίου η απόσταση από τον Ήλιο είναι 10 φορές μεγαλύτερη από την απόσταση Γης – Ήλιου, τι θα χρησιμοποιούσατε για να καλύψετε τον Ήλιο στον ουρανό;

α) Τον καρπό του χεριού σας. ☐

β) Τον αντίχειρα σας. ☐

γ) Ένα μολύβι. ☐

δ) Ένα μακαρόνι spaghetti. ☐

☐

[62] Για παράδειγμα αποδεικνύεται επιστημονικά ότι οι θέσεις των αστερισμών του ζωδιακού κύκλου - άρα και τα ζώδια που ορίζονται μεταξύ συγκεκριμένων ημερομηνιών του χρόνου - που χρησιμοποιεί σήμερα η Αστρολογία αλλά στηρίζονται σε αστρονομικά δεδομένα της αρχαιότητας, έχουν **αλλάξει** λόγω της μετάπτωσης του άξονα της Γης, δηλαδή οι αστερισμοί και οι πλανήτες προβάλλονται σε διαφορετικές θέσεις σε σχέση με την αρχαιότητα, ωστόσο η Αστρολογία συνεχίζει να χρησιμοποιεί τις παλιές τους θέσεις.

ε) Μια τρίχα.

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 92 έγκυρες (valid cases) και 5 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των 71 φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 66 έγκυρες (valid cases) και 5 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 72-74, Γράφημα 19)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή η πλειοψηφία των φοιτητών απάντησε λάθος, επιλέγοντας την απάντηση ότι αν βρίσκονταν στον πλανήτη Κρόνο που απέχει 10πλάσια απόσταση από τον Ήλιο από ότι η Γη, με το χέρι τεντωμένο προς τον ουρανό, θα χρησιμοποιούσαν ένα μακαρόνι spaghetti για να καλύψουν τον Ήλιο (επικρατέστερη εναλλακτική ιδέα). Συγκεκριμένα, την απάντηση αυτή επέλεξε το 45,7% των 92 φοιτητών που απάντησαν στην ερώτηση αυτή, δηλαδή οι 42 από τους 92.

Τη σωστή απάντηση έδωσαν μόνο 22 φοιτητές, δηλαδή το 23,9% των 92 φοιτητών απάντησε ότι για να καλύψουν τον Ήλιο στον ουρανό αν βρίσκονταν στον πλανήτη Κρόνο θα χρησιμοποιούσαν μια τρίχα.

Η επόμενη σε συχνότητα απάντηση των φοιτητών (21 φοιτητές την έχουν επιλέξει δηλαδή το 22,8% των 92 φοιτητών) ήταν ότι θα χρησιμοποιούσαν ένα μολύβι για να καλύψουν τον Ήλιο στον ουρανό αν βρίσκονταν στον πλανήτη Κρόνο.

Οι 5 από τους υπόλοιπους φοιτητές επέλεξαν την απάντηση β, δηλαδή τον αντίχειρα, και 2 φοιτητές την απάντηση α, δηλαδή τον καρπό του χεριού τους, ως το αντικείμενο που θα χρησιμοποιούσαν για να καλύψουν τον Ήλιο στον ουρανό αν βρίσκονταν στον πλανήτη Κρόνο.

Η αντίστοιχη κατανομή μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και αυτών που δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα αυτό, είναι παρόμοια με του συνολικού πληθυσμού των 92 φοιτητών, και στα δύο υποσύνολα. Η διαφοροποίηση έγκειται στο ότι όλοι οι φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο απάντησαν ότι για να καλύψουν τον Ήλιο στον ουρανό αν βρίσκονταν στον πλανήτη Κρόνο θα χρησιμοποιούσαν αντικείμενα μικρότερου μεγέθους από τον αντίχειρα – στη Γη τεντώνοντας τον αντίχειρα μας στον ουρανό φτάνει για να καλύψουμε τον Ήλιο.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα φοιτητών ή μαθητών Λυκείου που έλαβαν μέρος σε σχετικές έρευνες του εξωτερικού, όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Για να απαντηθεί σωστά η ερώτηση αυτή θα πρέπει πρώτα απ' όλα να γίνεται αντιληπτό ότι κατά την απομάκρυνση ενός αντικειμένου από τη θέση του σε σχέση με ένα σταθερό παρατηρητή, η εικόνα του αντικειμένου για τον παρατηρητή θα εμφανίζεται μικρότερη σε μέγεθος, με άλλα λόγια το αντικείμενο θα καταλαμβάνει μικρότερο εμβαδόν στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή. Οι περισσότεροι φοιτητές (συγκεκριμένα το 92,4% του συνόλου των 92 φοιτητών) δείχνουν να αντιλαμβάνονται το φαινόμενο αυτό – εξάλλου είναι κάτι μπορεί κανείς να διαπιστώσει εύκολα εμπειρικά.

Ωστόσο, το πόσο μικρότερα βλέπουμε τα ουράνια σώματα καθώς η απόσταση μας από αυτά αυξάνεται, είναι κάτι που δε μπορεί κανείς να αντιληφθεί διαισθητικά, καθώς απαιτεί να κατέχει συγκεκριμένες γνώσεις για τη φύση και τη διάδοση του φωτός μέσω του οποίου μπορούμε οι άνθρωποι να βλέπουμε οτιδήποτε εκπέμπει ή αντανακλά φως με μήκος κύματος τέτοιο που να μπορεί να «αντιδρά» με τους φωτοϋποδοχείς του ανθρώπινου οργάνου της όρασης, του ματιού.

Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου[63] του φωτός δεν περιλαμβάνεται στο γνωστικό πεδίο των περισσότερων φοιτητών, αφού μόνο οι 22 από τους από τους 92 φοιτητές επέλεξαν ως το αντικείμενο που θα χρησιμοποιούσαν για να καλύψουν τον Ήλιο αν βρίσκονταν στον Κρόνο – που απέχει δεκαπλάσια απόσταση από τον Ήλιο σε σχέση με την απόσταση Γης - Ήλιου – την τρίχα, η οποία είναι περίπου 100 φορές μικρότερη στις διαστάσεις της σε σχέση με τον αντίχειρα που είναι το αντικείμενο που χρησιμοποιούμε τεντώνοντας το στον ουρανό για να καλύψουμε τον Ήλιο από τη Γη.

5.5.20. Ερώτηση 20

Οι αστροναύτες μέσα στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό αιωρούνται. Γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;

α) Επειδή δεν υπάρχει βαρύτητα στο διάστημα. ☐

β) Επειδή εκτελούν κυκλική κίνηση μαζί με το Σταθμό γύρω από τη Γη ☐

γ) Επειδή βρίσκονται πάνω από την ατμόσφαιρα της Γης. ☐

δ) Επειδή υπάρχει λιγότερη βαρύτητα στο Σταθμό. ☐

ε) Κανένας από τους πιο πάνω λόγους. ☐

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 96 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 24 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των 71 φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 70 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απαντήσεις (missing cases).

[63] Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου (γενικά) συσχετίζει την ένταση ενός φαινόμενου με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης του από το - συγκεκριμένα, σύμφωνα με το νόμο αυτό, η ένταση ενός φαινόμενου είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης από το αίτιο.

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 75-77, Γράφημα 21)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν οι 96 από τους 97 που συμμετείχαν στο τεστ. Από αυτούς μόνο οι 5 (το 5,2%) είχαν δώσει τη σωστή απάντηση, σύμφωνα με την οποία ο λόγος που οι αστροναύτες αιωρούνται μέσα στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη, είναι ότι εκτελούν κυκλική κίνηση μαζί με το Σταθμό γύρω από τη Γη. Μόνο ένας από τους 5 που απάντησαν σωστά είχαν δηλώσει ότι παρακολούθησαν το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο (το 4,2% των 24 φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και απάντησαν σε αυτή την ερώτηση), ενώ οι υπόλοιποι 4 είχαν δηλώσει ότι δεν παρακολούθησαν το μάθημα αυτό στο Λύκειο (το 5,6% του υποσυνόλου των 71 φοιτητών).

Η πλειοψηφία των φοιτητών – συγκεκριμένα οι 58 από τους 96 φοιτητές που είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή (το 60,4%) δήλωσε με την απάντηση του ότι δεν υπάρχει βαρύτητα στο διάστημα. – 12 από αυτούς είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 50% του υποσυνόλου των 24 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή) και 58 φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 60,4% των 71 φοιτητών).

Ένα μικρότερο αλλά όχι αγνοήσιμο ποσοστό των φοιτητών, το 22,9% που αντιστοιχεί σε 22 από τους 96 φοιτητές, απάντησαν ότι υπάρχει λιγότερη βαρύτητα στο Διάστημα – 4 από αυτούς είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 16,7% του υποσυνόλου των 24 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο και είχαν απαντήσει στην ερώτηση αυτή) και 18 φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο (το 25,4% των 71 φοιτητών).

Ακόμη, 7 φοιτητές (7,3% του συνόλου των φοιτητών) απάντησαν ότι οι αστροναύτες στο Διαστημικό Σταθμό αιωρούνται γιατί βρίσκονται πάνω από την ατμόσφαιρα της Γης και τέλος, 4 φοιτητές απάντησαν ότι το φαινόμενο εξηγείται με κάποιο άλλο τρόπο, που δεν αναφέρεται στις επιλογές που διατίθενται ως απαντήσεις της ερώτησης αυτής.

Συγκρίσεις

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά αποτελέσματα φοιτητών ή μαθητών Λυκείου που έλαβαν μέρος σε σχετικές έρευνες του εξωτερικού, όσον αφορά την ερώτηση αυτή, συνεπώς δε μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η επιλογή της απάντησης για την εξήγηση του φαινομένου της αιώρησης των αστροναυτών μέσα στο Διαστημικό Σταθμό, από την πλειοψηφία των φοιτητών, σύμφωνα με την οποία δεν υπάρχει βαρύτητα στο Διάστημα, μπορεί να ερμηνευθεί από την ύπαρξη δύο διαφορετικών νοητικών μοντέλων .

Σύμφωνα με το πρώτο, η δύναμη της βαρύτητας δε θεωρείται μια δύναμη αλληλεπίδρασης, δηλαδή το αξίωμα Δράσης – Αντίδρασης (Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα) δε λαμβάνεται υπόψη, και για το λόγο αυτό ο Διαστημικός Σταθμός και κατ' επέκταση οι αστροναύτες δεν επηρεάζονται από τη βαρύτητα της Γης.

Σύμφωνα με το δεύτερο, η εμβέλεια της δύναμης της βαρύτητας έχει κάποια όρια, και ο Διαστημικός Σταθμός βρίσκεται εκτός των ορίων αυτών. Είναι φανερό ότι στο νοητικό αυτό μοντέλο δεν περιλαμβάνεται η γνώση του Νόμου της Παγκόσμιας Έλξης. Ωστόσο, κάτι που μπορεί να έχει συντείνει στην δημιουργία του νοητικού αυτού μοντέλου είναι η παρερμηνεία της πληροφορίας σύμφωνα με την

οποία όταν ένα αντικείμενο βρεθεί σε πολύ μεγάλη απόσταση από ένα πλανήτη, η βαρυτική έλξη που θα ασκείται στο αντικείμενο από τον πλανήτη, θα είναι αμελητέα (ποτέ όμως μηδενική – μηδενική θα ήταν μόνο αν η απόσταση του από τον πλανήτη γινόταν άπειρη).

Ο ίδιος μηχανισμός της παρερμηνείας της παραπάνω πληροφορίας (που έχει επιστημονική βάση) είναι, με μεγάλη πιθανότητα, υπεύθυνος για τη δημιουργία της εναλλακτικής ιδέας που περιγράφει η επιλογή δ, σύμφωνα με την οποία υπάρχει λιγότερη βαρύτητα στο Σταθμό. Βέβαια, υπάρχει κάποια μεταβολή στο μέτρο της δύναμης της βαρύτητας που ασκείται στο Διαστημικό Σταθμό σε σχέση με το μέτρο της στην επιφάνεια της Γης, αλλά σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί η δύναμη της βαρύτητας αμελητέα, ώστε να είναι οι αστροναύτες αβαρείς. (Στην πραγματικότητα η δύναμη της βαρύτητας ελάχιστα μεταβάλλεται από την επιφάνεια της Γης μέχρι το ύψος της τροχιάς του Σταθμού που απέχει μόλις μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα)

Ένας μικρότερος αριθμός φοιτητών, έδωσαν την απάντηση ότι πάνω από την ατμόσφαιρα της Γης δεν υπάρχει βαρύτητα, θέτοντας έτσι τα όρια της εμβέλειας της δύναμης της βαρύτητας της Γης να συμπίπτουν με τα όρια της γήινης ατμόσφαιρας. Εκτός από το προφανές, ότι δηλαδή δεν λαμβάνουν υπόψη τους το Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης σύμφωνα με τον οποίο η εμβέλεια της δύναμης της βαρύτητας δεν έχει όρια, είναι επίσης πιθανό (αν και η ιδέα αυτή συναντάται σε μικρότερες ηλικίες) να τη θεωρούν ένα είδος ατμοσφαιρικής «ασπίδας» που συγκρατεί κατά κάποιο τρόπο τους δορυφόρους σε τροχιά γύρω από τη Γη.

Εν τέλει είναι σαφές ότι σχεδόν όλοι οι φοιτητές (αφού μόνο οι 5 από τους 96 απάντησαν σωστά) συγχέουν τις έννοιες του βάρους και της βαρύτητας (ή την έλλειψη βάρους με την έλλειψη βαρύτητας) αδυνατώντας να τις διαχωρίσουν εννοιολογικά. Θεωρούν σε γενικές γραμμές ότι το βάρος (ή η έλλειψη του) είναι μια εκδήλωση της ύπαρξης (ή της έλλειψης) βαρύτητας.

Είναι επίσης σαφές ότι αποδίδουν τις κινήσεις των πλανητών σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο ή των δορυφόρων – και του Διαστημικού Σταθμού – γύρω από τη Γη, σε κάποιο άλλο αίτιο και όχι στη βαρύτητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην ύλη του Λυκείου περιλαμβάνονται και η κυκλική κίνηση και οι κινήσεις βλημάτων και δορυφόρων[64] .

5.5.21. Ερώτηση 21

Σύγχρονες επιστημονικές ιδέες και αστρονομικές παρατηρήσεις συγκλίνουν στην άποψη ότι:

α) Η Γη βρίσκεται στο κέντρο του Σύμπαντος. ☐

β) Ο Ήλιος βρίσκεται στο κέντρο του Σύμπαντος. ☐

γ) Ο Γαλαξίας μας βρίσκεται στο κέντρο του Σύμπαντος. ☐

δ) Το Σύμπαν δεν έχει κέντρο. ☐

ε) Κάποιος μακρινός γαλαξίας του οποίου οι συντεταγμένες δεν έχουν ακόμη εξακριβωθεί από τους επιστήμονες είναι το κέντρο του Σύμπαντος. ☐

[64] Οι δορυφόροι είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση βλημάτων, που έχουν τέτοια οριζόντια εφαπτομενική ταχύτητα ώστε να μην οδηγούνται προς την επιφάνεια της Γης αλλά γύρω από αυτή, ακολουθώντας την καμπυλότητα της Γης.

Περίληψη Περιπτώσεων

Στο σύνολο όλων των φοιτητών (N=97) είχαμε 96 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Στο σύνολο των 25 φοιτητών που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 25 έγκυρες (valid cases) και 0 χαμένες απαντήσεις (missing cases).

Στο σύνολο των φοιτητών που δήλωσαν ότι δεν είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο είχαμε 70 έγκυρες (valid cases) και 1 χαμένη απάντηση (missing cases).

Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων

Οι πίνακες και το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση αυτή παρατίθενται στο Παράρτημα Α: Πίνακες και Διαγράμματα Συχνοτήτων (βλ. Πίνακες 78-80, Γράφημα 22)

Παρατηρήσεις

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν οι 96 από τους 97 φοιτητές που συμμετείχαν στο τεστ. Μόνο οι 61 από τους 96 απάντησαν σωστά επιλέγοντας την απάντηση ότι το Σύμπαν δεν έχει κέντρο. (δηλαδή το 63,5%).

Και οι 25 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο απάντησαν σε αυτή την ερώτηση. Από αυτούς οι 20 απάντησαν σωστά (το 80% των 25)

Από τους 71 φοιτητές που δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία απάντησαν στην ερώτηση αυτή οι 70. Από αυτούς οι 40 απάντησαν σωστά (το 22,9% των 70).

Η πιο συχνή ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες είναι ότι το κέντρο του Σύμπαντος βρίσκεται σε κάποιο μακρινό, ανώνυμο γαλαξία, του οποίου η ακριβής θέση δεν έχει ακόμη εξακριβωθεί από τους επιστήμονες. Την ιδέα αυτή υποστήριξαν 18 από τους 96 φοιτητές που είχαν απαντήσει στην ερώτηση (το 18,8% του συνόλου των 96 φοιτητών). Από αυτούς οι 2 δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο ενώ οι 16 όχι.

Η ιδέες ότι ο Γαλαξίας μας ή η Γη είναι το κέντρο του Σύμπαντος, υποστηρίχθηκαν μόνο από 1 φοιτητή έκαστη.

Συγκρίσεις

Η ερώτηση αυτή είχε περιληφθεί στο Διαγνωστικό Τεστ του R. Trumper το 2000 (το οποίο απευθυνόταν σε φοιτητές διαφόρων πεδίων) και το 2001 (που απευθυνόταν σε μαθητές Λυκείου). Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων στην ερώτηση αυτή ήταν αντίστοιχα: 73,7% και 65% (βλ. Πίνακες 1 & 2,Παράρτημα Α).

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Αρκετοί φοιτητές τοποθετούν το κέντρο του Σύμπαντος σε ένα μακρινό – αγνώστων στοιχείων γαλαξία. Το νοητικό μοντέλο που περιλαμβάνει την εναλλακτική αυτή ιδέα, πιθανότατα περιλαμβάνει και την ιδέα ότι το Σύμπαν δημιουργήθηκε σε αυτό το κεντρικό σημείο ενός προϋπάρχοντος χώρου όπου συνέβη η Μεγάλη Έκρηξη. Στην πραγματικότητα η Μεγάλη Έκρηξη δεν έγινε δε κάποιο σημείο ενός προϋπάρχοντος χώρου – δεν υπήρχε προϋπάρχων χώρος, αλλά συνέβη ταυτόχρονα και παντού, σε όλα τα σημεία του χώρου, γι' αυτό και το Σύμπαν δεν έχει κάποιο κέντρο.

Η προέλευση της πιο πάνω εναλλακτικής ιδέας μπορεί είναι η προσπάθεια των φοιτητών να ερμηνεύσουν τη διαστολή του Σύμπαντος. Φαντάζονται λοιπόν ότι θα πρέπει να υπάρχει ένα

συγκεκριμένο σημείο στο Σύμπαν – το κέντρο του – από το οποίο όλοι οι γαλαξίες απομακρύνονται και γι' αυτό το λόγο το Σύμπαν διαστέλλεται. Αγνοούν όμως ότι είναι ο ίδιος ο χώρος που διαστέλλεται με τέτοιο τρόπο ώστε όλοι οι γαλαξίες να απομακρύνονται μεταξύ τους και όχι από κάποιο κεντρικό σημείο.

Με την ίδια λογική, μια άλλη μερίδα φοιτητών τοποθετεί το κέντρο του Σύμπαντος στη θέση του Ήλιου (18 φοιτητές), ή ακόμη και του Γαλαξία μας (1 φοιτητής) ή της Γης (1 φοιτητής). Η ιδέα ότι το κέντρο του Ήλιου είναι κάπου στη δική μας «γειτονιά» στο Σύμπαν, αντανακλά μια ανθρωποκεντρική αντίληψη για το Σύμπαν. Μέσα από την απάντηση αυτή, εκφράζουν ίσως την εσωτερική πεποίθηση της μοναδικότητας του ανθρώπινου είδους.

5.6. Διασταύρωση Μεταβλητών (Cross Tabulation) και Πίνακες Συνάφειας: Τα κύρια νοητικά μοντέλα των φοιτητών γύρω από κοινούς εννοιολογικούς άξονες

Στην ενότητα αυτή εξετάζονται τα νοητικά μοντέλα των φοιτητών γύρω από κάποιο κύριο εννοιολογικό άξονα που είναι κοινός για δύο οι περισσότερες ερωτήσεις. Πληροφορίες και συμπεράσματα σχετικά με τα νοητικά αυτά μοντέλα και τα χαρακτηριστικά τους αντλούνται μέσα από τη κοινή κατανομή (Πίνακα Συνάφειας) των απαντήσεων των φοιτητών στις ερωτήσεις με κοινό εννοιολογικό άξονα.

Οι Πίνακες Συνάφειας οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί με τη βοήθεια του SPSS μέσω της διαδικασίας διασταύρωσης μεταβλητών παρατίθενται στο Παράρτημα Α- Πίνακες (βλ. Πίνακες 81- 90), ενώ οι κοινοί εννοιολογικοί άξονες (έννοιες ή φαινόμενα) γύρω από τους οποίους οικοδομούνται τα νοητικά μοντέλα (επιστημονικώς αποδεκτά ή εναλλακτικά) των φοιτητών και οι αντίστοιχες ερωτήσεις που σχετίζονται με τους άξονες αυτούς φαίνονται στους εννοιολογικούς χάρτες 1-9, που παρατίθενται στο Παράρτημα Γ- Σχήματα (βλ. Σχήμα 1-9)

5.6.1. Εννοιολογικός άξονας 1: Οι κινήσεις της Γης

Ο εννοιολογικός άξονας «Οι κινήσεις της Γης» (βλ. Σχήμα 1, Παράρτημα Γ) είναι το στοιχείο κλειδί για την ερμηνεία των φαινομένων των ερωτήσεων 1 («Σχετική θέση-κίνηση Ηλίου-Γης) , 2 («Η εναλλαγή μέρας – νύχτας») και 14 («Το φαινόμενο εναλλαγής των εποχών»). Στην ερώτηση 14 ο άξονας αυτός (δηλαδή «οι κινήσεις της Γης»- συγκεκριμένα η περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο) δεν είναι ο μοναδικός, αλλά συνυπάρχει με τον άξονα – φαινόμενο, «Λόξωση της εκλειπτικής» -οι δύο αυτοί άξονες στηρίζουν εννοιολογικά το επιστημονικά αποδεκτό νοητικό μοντέλο για την ερμηνεία του φαινομένου που επεξεργάζεται η ερώτηση αυτή («εναλλαγή των εποχών»).

Σύμφωνα με τον Πίνακα Συνάφειας 81 (βλ. Πίνακας 81, Παράρτημα Α), ολοκληρωμένα και επιστημονικώς αποδεκτά νοητικά μοντέλα με εννοιολογικό άξονα τις κινήσεις της Γης, κατέχουν 23 φοιτητές, οι οποίοι απάντησαν σωστά και στις τρεις ερωτήσεις.

Οι 45 φοιτητές που απάντησαν στην ερώτηση 1 ότι ο τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι μεν ελλειπτική αλλά τοποθέτησαν τον Ήλιο στο κέντρο της έλλειψης αντί στην εστία – που είναι και η σημαντικότερη εναλλακτική ιδέα όσον αφορά την σχετική κίνηση-θέση Ηλίου-Γης, έδωσαν τις εξής απαντήσεις στην ερώτηση 14, όταν κλήθηκαν να ερμηνεύσουν το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών: Οι 24 απάντησαν ότι το φαινόμενο οφείλεται στην κλίση του άξονα περιστροφής της Γης και την περιφορά της γύρω από τον Ήλιο, δηλαδή απάντησαν σωστά. Οι υπόλοιποι 18 από τους 45 απάντησαν ότι το φαινόμενο οφείλεται στη μεταβολή της απόστασης μεταξύ Ηλίου και Γης κατά την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο – μια εναλλακτική ιδέα που οφείλεται πιθανότατα στην έλλειψη της γνώσης- εννοιολογικού άξονα «κλίση του άξονα περιστροφής της Γης» . Οι 39 από τους 45 φοιτητές, απάντησαν

σωστά στην ερώτηση 2, επιβεβαιώνοντας ότι γνωρίζουν τη μια από τις δύο βασικές κινήσεις της Γης- την περιστροφή της γύρω από τον άξονα της και την επίδραση της στο φαινόμενο της εναλλαγής μέρας νύχτας. Οι υπόλοιποι 6 απάντησαν στην ερώτηση 2 ότι το αντίστοιχο φαινόμενο οφείλεται στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, αποκαλύπτοντας ότι τα νοητικά τους μοντέλα σχετικά με τις βασικές κινήσεις της Γης και τα φαινόμενα που σχετίζονται με αυτά, απαρτίζονται από εναλλακτικές ιδέες και δεν είναι επιστημονικώς αποδεκτά. Και οι 45 φοιτητές δε θα μπορούσαν να απαντήσουν σωστά αν ερωτούνταν για το φαινόμενο κατά το οποίο οι κάτοικοι του νοτίου ημισφαιρίου βιώνουν πιο ζεστά καλοκαίρια και πιο κρύους χειμώνες σε σύγκριση με του βορείου ημισφαιρίου. Παρόλο που τα νοητικά μοντέλα των 45 αυτών φοιτητών περιλαμβάνουν εναλλακτικές ιδέες και δεν είναι συμβατά με το επιστημονικό πρότυπο παρουσιάζουν εσωτερική συνέπεια – δεν περιέχουν αντικρουόμενα στοιχεία.

23 φοιτητές ενώ απάντησαν σωστά στις ερωτήσεις 1 και 2, φανερώνοντας ότι γνωρίζουν τις βασικές κινήσεις της Γης (περιστροφή και περιφορά) δεν απάντησαν σωστά στην ερώτηση 14 για την εναλλαγή των εποχών, επιλέγοντας: 22 από αυτούς την απάντηση ότι το φαινόμενο οφείλεται στην μεταβολή της απόστασης Ήλιου – Γης κατά την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο και μόνο ένας ότι οφείλεται στη μεταβολή απόστασης Γης-Σελήνης-Ήλιου. Οι απαντήσεις τους αποκαλύπτουν την έλλειψη της γνώσης ότι ο άξονας περιστροφής της Γης έχει κλίση ως προς τον άξονα τον κάθετο στο επίπεδο της εκλειπτικής. Πιθανότατα οι φοιτητές αυτοί δε θα μπορούσαν να απαντήσουν σωστά στην ερώτηση 3 που αφορά τη κατακόρυφη θέση του Ήλιου στον ουρανό, αφού η παραπάνω γνώση είναι προαπαιτούμενη.

2 φοιτητές από τους 97 απαντώντας στην ερώτηση 1, επέλεξαν το διάγραμμα της κυκλικής τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο - με τον Ήλιο στο κέντρο του κύκλου. Ένας από τους δύο φοιτητές απάντησες σωστά στην ερώτηση 2 («Φαινόμενο εναλλαγής μέρας-νύχτας») άρα διαθέτει τη γνώση για τη μια από της δύο βασικές κινήσεις της Γης- την περιστροφή της γύρω από τον άξονα της, ενώ ο δεύτερος επέλεξε την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο ως την αιτία του φαινομένου, και συνεπώς δεν διαθέτει την παραπάνω γνώση. Και οι 2 φοιτητές απάντησαν λάθος στην ερώτηση 14, επιλέγοντας ο ένας από αυτούς την απάντηση ότι το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών οφείλεται στη μεταβολή της απόστασης μεταξύ Ήλιου και Γης, κατά την περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο, και ο άλλος ότι οφείλεται στα διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που μπλοκάρουν την ηλιακή ακτινοβολία. Το εναλλακτικό νοητικό μοντέλο του πρώτου φοιτητή είναι αντιφατικό, αφού επιλέγει ως τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο την κυκλική – κατά την οποία δεν παρατηρείται μεταβολή στην απόστασης της Γης από τον Ήλιο, αλλά στην ερώτηση 14 ερμηνεύει το φαινόμενο με τη μεταβολής αυτή. Το μοντέλο του δεύτερου φοιτητή είναι επίσης εναλλακτικό, αλλά δεν είναι αντιφατικό. Απαρτίζεται ωστόσο από εναλλακτικές ιδέες που κυρίως συναντώνται σε μικρότερες ηλικίες.

Μόνο ένας φοιτητής από τους 97 διαθέτει ένα νοητικό μοντέλο που στηρίζεται πλήρως σε εναλλακτικές ιδέες που συναντώνται σε μικρότερες ηλικίες – στις ερωτήσεις 1,2, και 14 επιλέγει τις αντίστοιχες απαντήσεις ότι, ο Ήλιος γυρίζει γύρω από τη Γη σε κυκλική τροχιά με τη Γη στο κέντρο της τροχιάς, το φαινόμενο της εναλλαγής μέρας – νύχτας οφείλεται στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, ενώ το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών οφείλεται στα διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που μπλοκάρουν την ηλιακή ακτινοβολία.

5.6.2. Εννοιολογικός άξονας 2: Κλίση του άξονα περιστροφής της Γης

Όπως φαίνεται στον Εννοιολογικό χάρτη 2 (βλ. Σχήμα 2, Παράρτημα Γ), ο κοινός εννοιολογικός άξονας των ερωτήσεων 3 και 14 είναι το φαινόμενο της λόξωσης της εκλειπτικής. Ο Πίνακας Συνάφειας των δύο ερωτήσεων (βλ. Παράρτημα Α, Πίνακας 82), δείχνει ότι και στις δύο ερωτήσεις έχουν απαντήσει σωστά 22 φοιτητές. Επομένως, το φαινόμενο της λόξωσης της εκλειπτικής που είναι το στοιχείο κλειδί και κοινός άξονας των δύο ερωτήσεων πιθανότατα περιλαμβάνεται στα νοητικά μοντέλα των 22 φοιτητών που απάντησαν σωστά και στις δύο ερωτήσεις.

Ακόμη, σύμφωνα με τον Πίνακα Συνάφειας των ερωτήσεων αυτών, υπάρχει ένας αριθμός φοιτητών που έχουν μεν αποδεχτεί το φαινόμενο της λόξωσης του άξονα της εκλειπτικής (απαντώντας σωστά στην ερώτηση 14 για την εναλλαγή των εποχών) αλλά παραβλέπουν την επίδραση του στην τρόπο πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, που είναι το θέμα της ερώτησης 3. Βλέπουμε έτσι την ύπαρξη ενός νοητικού μοντέλου (σχετικά με το θέμα της ερώτησης 14) που δέχεται το φαινόμενο που περιγράφεται από τον εννοιολογικό άξονα 1, και ταυτόχρονα την ύπαρξη ενός άλλου νοητικού μοντέλου (σχετικά με το θέμα της ερώτησης 3) που δεν αναγνωρίζει το φαινόμενο αυτό. Τα νοητικά αυτά μοντέλα λοιπόν περιέχουν αντικρουόμενα στοιχεία.

Εξαίρεση στην πιο πάνω περίπτωση, πιθανότατα αποτελούν οι φοιτητές που αν και έχουν απαντήσει λάθος στην 3 ενώ έχουν απαντήσει σωστά στη 14, η λανθασμένη τους επιλογή στην 3 (ότι ο Ήλιος βρίσκεται σε κατακόρυφη θέση στον ουρανό στις 12 το μεσημέρι κατά το θερινό ηλιοστάσιο) δείχνει ότι αναγνωρίζουν την επίδραση του παράγοντα της λόξωσης της εκλειπτικής ωστόσο απαντούν λάθος διότι παραβλέπουν την επίδραση του παράγοντα της σφαιρικότητας της Γης (ατελές μοντέλο).

5.6.3. Εννοιολογικός άξονας 3: Κινήσεις της Σελήνης

΄ Σύμφωνα με τον Εννοιολογικό χάρτη 3 (βλ. Σχήμα 3, Παράρτημα Γ), ο κοινός εννοιολογικός άξονας των ερωτήσεων 4 και 6 είναι οι κινήσεις της Σελήνης. Η γνώση των κινήσεων της Σελήνης είναι απαραίτητη για την ερμηνεία των φαινομένων που εξετάζονται από τις ερωτήσεις 4 και 6. Ο Πίνακας Συνάφειας των δύο ερωτήσεων (βλ. Παράρτημα Α, Πίνακας 83), δείχνει ότι και στις δύο ερωτήσεις έχουν απαντήσει σωστά 16 φοιτητές. Επομένως μόνο οι 16 από τους 97 φοιτητές που απάντησαν και στις δύο ερωτήσεις έχουν δημιουργήσει ένα ολοκληρωμένο νοητικό μοντέλο για τις κινήσεις της Σελήνης και τα φαινόμενα που σχετίζονται με τις κινήσεις αυτές.

Ατελή νοητικά μοντέλα για τις κινήσεις της Σελήνης και τα φαινόμενα που σχετίζονται με αυτές, έχουν διαμορφώσει οι 26 από τους 42 φοιτητές που ενώ σύμφωνα με την απάντηση τους στην ερώτηση 4, γνωρίζουν για την περιφορά και το φαινόμενο της εναλλαγής των φάσεων της Σελήνης, δεν κατέχουν τις σωστές επιστημονικά ιδέες για τη περιστροφή της Σελήνης (και την περίοδο της) γι' αυτό και δεν απαντούν σωστά στην ερώτηση 6 για το φαινόμενο κατά το οποίο από τη Γη βλέπουμε πάντα την ίδια πλευρά της Σελήνης.

Με την ίδια λογική, και οι 12 από τους 28 φοιτητές που ενώ έχουν απαντήσει σωστά στην ερώτηση 6, έχουν απαντήσει λάθος στην ερώτηση 4 (γνωρίζουν για την περιστροφή της Σελήνης και το φαινόμενο της «αθέατης πλευράς της Σελήνης» αλλά δε γνωρίζουν για το φαινόμενο των φάσεων της Σελήνης που σχετίζεται με την περιφορά της γύρω από τη Γη), έχουν διαμορφώσει ατελή μοντέλα για τις κινήσεις της Σελήνης.

5.6.4. Εννοιολογικός άξονας 4: Βαρύτητα

Όπως βλέπουμε στον Εννοιολογικό χάρτη 4, ο κοινός εννοιολογικός άξονας των ερωτήσεων 7, 9 και 20 είναι η έννοια βαρύτητα. Η φύση της βαρύτητας ως δύναμη αλληλεπίδρασης για την οποία ισχύει ο 3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα, και το μέτρο και η εμβέλεια της βαρύτητας όπως καθορίζονται από το νόμο της Παγκόσμιας Έλξης (άπειρη εμβέλεια γιατί το μέτρο της δε μηδενίζεται ποτέ) είναι οι έννοιες-κλειδιά για την απάντηση των ερωτήσεων 7, 9 και 20.

Ο Πίνακας 84 (Πίνακας Συνάφειας) δίνει την κοινή κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών για τις ερωτήσεις 7, 9 και 20. Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό, έδωσαν σωστή απάντηση και στις 3 ερωτήσεις

και κατ' επέκταση είχαν διαμορφώσει ολοκληρωμένο νοητικό μοντέλο σχετικά με τη φύση, το μέτρο και την εμβέλεια της δύναμης της βαρύτητας, μόνο 4 φοιτητές.

Στις ερωτήσεις 7 και 9 (ανεξαρτήτου της απάντησης τους στην ερώτηση 20) έδωσαν σωστή απάντηση 31 φοιτητές. Είναι πιθανόν η διαφοροποίηση να οφείλεται στο επιπρόσθετα γνωστικά στοιχεία (εννοιολογικός διαχωρισμός του βάρους και της βαρύτητας και γνώση της φυσικής των κινήσεων των βλημάτων, ειδική περίπτωση των οποίων αποτελεί η τροχιά των δορυφόρων γύρω από τη Γη) που είναι απαραίτητα για να απαντηθεί σωστά η ερώτηση 20.

Ακόμη, σύμφωνα με τον Πίνακα Συνάφειας, 58 φοιτητές είχαν απαντήσει στην ερώτηση 20 (ερμηνεία φαινόμενου αιώρησης αστροναυτών στο Διαστημικό Σταθμό) ότι δεν υπάρχει βαρύτητα στο Διάστημα. Ωστόσο οι 53 από τους 58, απάντησαν στην ερώτηση 7 ότι η Γη έλκει τη Σελήνη και η Σελήνη τη Γη με μικρότερη, ή με την ίδια ή με μεγαλύτερη δύναμη (επιλογές α-β-γ) που έλκει η Γη τη Σελήνη, ενώ 14 από τους 53 απάντησαν σωστά και στην ερώτηση 7 (η Σελήνη έλκει τη Γη με την ίδια δύναμη που η Γη έλκει τη Σελήνη) και στην ερώτηση 9 σωστά (ότι η Γη έλκει τη Luna Minor -με μάζα ίση με το 1/3 της μάζας της Σελήνης και που βρίσκεται σε ίση απόσταση με την απόσταση Γης-Σελήνης- με το 1/3 της βαρυτικής δύναμης που η Γη έλκει τη Σελήνη). Στην περίπτωση αυτή λοιπόν παρατηρούμε την ύπαρξη αντικρουόμενων στοιχείων και μια εσωτερική ασυνέπεια στο νοητικό μοντέλο των φοιτητών για τη βαρύτητα και την εμβέλεια της, αφού στην ερώτηση 7 και 9 δέχονται την ύπαρξη βαρύτητας (η Γη έλκει τη Σελήνη στην ερώτηση 7 και τη Luna Minor στην ερώτηση 9) ενώ την απορρίπτουν στην ερώτηση 20 και μάλιστα σε ένα ύψος τροχιάς – στο ύψος του Διεθνή Διαστημικού Σταθμού – που είναι πολύ μικρότερο από το ύψος της τροχιάς της Σελήνης (ή της Luna Minor).

5.6.5. Εννοιολογικός άξονας 5: Αστέρια Ι: Φύση

Σύμφωνα με τον εννοιολογικο χάρτη 5 (βλ. Σχήμα 5, Παράρτημα Γ), ο εννοιολογικός άξονας «Αστέρια: Φύση» είναι ο κοινός άξονας των ερωτήσεων 15 («Προέλευση της Ενέργειας του Ήλιου»), 16 («Δημιουργία Αστέρων») και 17 («Θάνατος Αστέρων»). Παρόλο που οι τρεις αυτές ερωτήσεις έχουν ένα ξεκάθαρο θέμα η κάθε μία, συνδέονται μεταξύ τους, και οι απαντήσεις των φοιτητών και στις τρεις ερωτήσεις μπορούν να δώσουν γενικές πληροφορίες για το νοητικό μοντέλο που έχουν διαμορφώσει οι φοιτητές σχετικά με τη φύση (και την εξέλιξη) των αστεριών.

Ο Πίνακας Συνάφειας των τριών ερωτήσεων (βλ. Πίνακας 85), δείχνει ότι και στις τρεις ερωτήσεις έχουν απαντήσει σωστά μόνο 18 φοιτητές, οι οποίοι φαίνεται να κατέχουν ένα ολοκληρωμένο και αυτοσυνεπές νοητικό μοντέλο για τη φύση των αστέρων – αυτόφωτα σώματα (παράγουν ενέργεια – τρόπος παραγωγής ενέργειας η πυρηνική σύντηξη ελαφρών στοιχείων σε βαρύτερα) τα οποία έχουν δημιουργηθεί από τυχαίες συμπυκνώσεις μεσοαστρικής ύλης στους γαλαξίες, και τα οποία εξελίσσονται (δεν είναι στατικά συστήματα) και όταν τους τελειώσουν τα καύσιμα (το υλικό το οποίο υπόκειται σύντηξη ή «καύση») πεθαίνουν.

Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση που μπορούμε να κάνουμε, αφορά το νοητικό μοντέλο των φοιτητών που έχουν απαντήσει στην ερώτηση 15 ότι η ενέργεια του Ήλιου προέρχεται από τη θερμότητα που έχει απομείνει από τη Μεγάλη Έκρηξη. Οι φοιτητές αυτοί (4 στον αριθμό) έχουν απαντήσει στην ερώτηση 16 ότι τα αστέρια δημιουργήθηκαν κατά τη Μεγάλη Έκρηξη, και στην ερώτηση 17 ότι πεθαίνουν γιατί ακτινοβολούν όλη την ενέργεια που τους έχει απομείνει από τη Μεγάλη Έκρηξη. Παρατηρούμε λοιπόν ότι το μοντέλο που έχουν διαμορφώσει οι φοιτητές για τα αστέρια, αν και αποτελείται από εναλλακτικές ιδέες και δεν είναι συμβατό με το επιστημονικό πρότυπο, είναι ολοκληρωμένο και παρουσιάζει εσωτερική συνέπεια (δεν παρουσιάζει αντιφάσεις).

Ωστόσο, ένα άλλο εναλλακτικό νοητικό μοντέλο, το μοντέλο της αιώνιας ύπαρξης των αστέρων, το οποίο έχει «ανιχνευθεί» στις απαντήσεις μιας μερίδας φοιτητών στις ερωτήσεις 16 («Δημιουργία των αστέρων) και 17 («Θάνατος των αστέρων»), παρατηρούμε ότι δεν παρουσιάζει την ίδια εσωτερική συνέπεια. 3 φοιτητές που απαντούν στην ερώτηση 17 ότι τα αστέρια δεν πεθαίνουν, υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα, δεν επιλέγουν την επιλογή αυτή στην ερώτηση 16 για τη δημιουργία των αστέρων (ότι δηλαδή τα αστέρια υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα). Ακόμη, ένας φοιτητής ο οποίος είχε απαντήσει στην ερώτηση 16 ότι τα αστέρια υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα, δεν είχε επιλέξει την ίδια απάντηση στην ερώτηση 17. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι αυτή η αντιφατικότητα και η αστάθεια στις απαντήσεις των φοιτητών, δείχνει ότι το μοντέλο της αιώνιας ύπαρξης των αστέρων δεν είναι στέρεα οικοδομημένο και εδραιωμένο, οπότε η εννοιολογική αλλαγή με την κατάλληλη διδακτική παρέμβαση, μπορεί να γίνει σχετικά εύκολα.

5.6.6. Εννοιολογικός άξονας 6: Αστέρια ΙΙ – Μέγεθος του Ήλιου και των άλλων αστέρων

Το μέγεθος των αστέρων σε σχέση με τον Ήλιο (θέμα ερώτησης 13) όπως μπορεί να υπολογισθεί με μόνο στοιχείο την εμφάνιση της εικόνας τους στον ουράνιο θόλο (το φαινόμενο μέγεθος τους), έχει σχέση και με τη θεώρηση των φοιτητών για την απόσταση των αστέρων από τη Γη σε σχέση με την απόσταση Γης – Ήλιου, δηλαδή κατά πόσον πιστεύουν ότι οι αστέρες βρίσκονται σε μεγαλύτερη ή μικρότερη απόσταση από τη Γη σε σχέση με τον Ήλιο (πληροφορίες για το θέμα αυτό λαμβάνουμε από την ερώτηση 10) αλλά και το κατά πόσον πιστεύουν ότι μέγεθος ενός αντικειμένου (όπως το βλέπουν-όχι το πραγματικό) που βρίσκεται μέσα στο οπτικό πεδίο ενός παρατηρητή, δηλαδή το εμβαδόν της περιοχής που καταλαμβάνει στο οπτικό του πεδίο, μεταβάλλεται και με ποιο τρόπο, όταν η απόσταση αντικειμένου και παρατηρητή μεταβάλλεται (θέμα ερώτησης 19). Για τους πιο πάνω λόγους οι ερωτήσεις αυτές συνδέονται μεταξύ τους, όπως δείχνει ο εννοιολογικός χάρτης 6 (βλ. Σχήμα 6, Παράρτημα Γ)

Ο Πίνακας Συνάφειας των ερωτήσεων 10, 19 και 13 (βλ. Πίνακας 88, Παράρτημα Α) δείχνει την ύπαρξη πολλών διαφορετικών νοητικών μοντέλων σχετικά με το μέγεθος των αστέρων συγκριτικά με τον Ήλιο, τη σχετική απόσταση (θέση) τους από τη Γη ανάμεσα σε άλλα ουράνια σώματα(συμπεριλαμβανομένου και του Ήλιου), και την αντίληψη τους για τη μεταβολή του μεγέθους ενός αντικειμένου που βρίσκεται στο οπτικό τους πεδίο με τη μεταβολή της απόστασης τους από αυτό. Τα περισσότερα από αυτά – με εξαίρεση 4 φοιτητές που έχουν απαντήσει σωστά και στις τρεις ερωτήσεις- στηρίζονται σε μια ή περισσότερες εναλλακτικές ιδέες που αφορούν τα πιο πάνω θέματα (των ερωτήσεων 10, 19 και 13) – αποτελούν δηλαδή εναλλακτικά νοητικά μοντέλα, αλλά παρ' όλα αυτά στην πλειοψηφία τους δεν παρουσιάζουν αντιφάσεις.

5.6.7. Εννοιολογικός άξονας 7: Αστέρια ΙΙΙ - Σχετικές αποστάσεις και θέσεις

Ο εννοιολογικός άξονας 7 (βλ. Σχήμα 7, Παράρτημα Γ) «Αστέρια ΙΙ – Σχετικές αποστάσεις και θέσεις» είναι κοινός για τις ερωτήσεις 10, 12 και 11 – δηλαδή μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για το νοητικό μοντέλο που έχουν διαμόρφωσε οι φοιτητές γύρω από τον εν λόγω άξονα, μέσα από την κοινή κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών στις ερωτήσεις αυτές.

Από την κατανομή αυτή – τον Πίνακα Συνάφειας (βλ. Πίνακας 87, Παράρτημα Α) διαπιστώνουμε ότι μόνο 8 φοιτητές απάντησαν σωστά στις πιο πάνω ερωτήσεις – μια ένδειξη ότι μόνο ένας μικρός αριθμός φοιτητών έχει διαμορφώσει ολοκληρωμένα νοητικά μοντέλα σχετικά με τις θέσεις και τις αποστάσεις (από τη Γη και μεταξύ τους) των αστεριών.

Στις ερωτήσεις 10 («Σχετική θέση ουράνιων αντικειμένων ως προς τη Γη») και 12 («Υπό κλίμακα μοντέλο Γης – Ήλιου») απάντησαν σωστά 19 φοιτητές. Από αυτούς στην ερώτηση 11 απάντησαν σωστά οι 8 (όπως έχει ήδη αναφερθεί) ενώ οι υπόλοιποι 11 φοιτητές απάντησαν ότι το σχήμα των αστερισμών δεν

αλλάζει από οποιαδήποτε θέση στο Σύμπαν και αν τους παρατηρήσουμε. Κανείς από τους 19 δεν επέλεξε ως απάντηση στην ερώτηση 11 ότι αν μετακινηθούμε σε κάποιες συγκεκριμένες αποστάσεις ωστόσο δεν είναι μεγαλύτερες από τα όρια του Ηλιακού Συστήματος θα μεταβαλλόταν το σχήμα του αστρικού σχηματισμού του Μεγάλου Κυπέλλου (επιλογές α, γ, δ, ε) -που είναι βεβαίως λανθασμένη απάντηση και δείχνει αδυναμία συνειδητοποίησης των μεγάλων αποστάσεων των αστεριών που αποτελούν τους σχηματισμούς από τη Γη αλλά και τις τεράστιες αποστάσεις μεταξύ τους- οπότε μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι 11 φοιτητές που επέλεξαν την λανθασμένη απάντηση στην ερώτηση 11- ότι το σχήμα των αστρικών σχηματισμών δεν αλλάζει, στηρίζουν την επιλογή τους στην λανθασμένη αντίληψη που έχουν για το σχήμα που έχουν οι αστερισμοί στον ουρανό. Πιθανότατα πιστεύουν ότι τα άστρα που αποτελούν τον αστερισμό βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και ίσως ότι απέχουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, δηλαδή δεν αντιλαμβάνονται ότι το σχήμα τους αποτελεί μόνο μια προβολή στον ουράνιο θόλο.

Ακόμη σύμφωνα με τον Πίνακα Συνάφειας, στις ερωτήσεις 10 και 11 έχουν απαντήσει σωστά 16 φοιτητές. Με τη σωστή απάντηση τους στην ερώτηση 10 έβαλαν στις σωστές σχετικές θέσεις τα διάφορα ουράνια σώματα – συμπεριλαμβανομένου και των αστεριών (Ερώτηση 10) και εφόσον έχουν απαντήσει σωστά και στην 11, υποθέτουμε ότι γνωρίζουν ότι το σχήμα των αστερισμών αποτελεί προβολή της θέσης των αστεριών στον ουράνιο θόλο και ότι δεν αντικατοπτρίζει τις πραγματικές τους θέσεις στο χώρο, οπότε το σχήμα αυτό θα είναι διαφορετικό αν το παρατηρήσει κανείς από ένα σημείο κοντά σε ένα αστέρι του αστερισμού. Έτσι δείχνουν να κατανοούν και το θέμα της οπτικής γωνίας αλλά και το μέγεθος των αποστάσεων (δηλαδή ότι το νοητικό μοντέλο που έχουν διαμορφώσει περιλαμβάνει τη σωστή κλίμακα αποστάσεων) αφού μπορούν να επιλέξουν τη σωστή θέση παρατήρησης. Ωστόσο, από τους 16, μόνο οι 8 απάντησαν σωστά και στην ερώτηση 12 επιλέγοντας τη σωστή σχετική απόσταση Ηλίου – Γης. Οι υπόλοιποι 8 υποεκτίμησαν την απόσταση αυτή – παρέχοντας με αυτό τον τρόπο μια ένδειξη ότι το νοητικό μοντέλο που έχουν διαμορφώσει σχετικά με τις αποστάσεις των αστεριών και γενικά τις αποστάσεις στο Σύμπαν, δεν είναι αυτοσυνεπές αλλά περιέχει κάποια αντιφατικά στοιχεία – σαν να χρησιμοποιούνται στο ίδιο νοητικό μοντέλο για τις αποστάσεις στο Σύμπαν δύο διαφορετικές κλίμακες – μια που αντανακλά στην πραγματικότητα (σωστή απάντηση στην ερώτηση 11) και μια που είναι λανθασμένη (λάθος απάντηση στην 12).

5.6.8. Εννοιολογικός άξονας 8: Αστέρια IV: Σχηματισμοί αστέρων (αστερισμοί)

Από τις ερωτήσεις 11 και 18 παίρνουμε πληροφορίες για τα νοητικά μοντέλα των φοιτητών με εννοιολογικό άξονα τους «αστερισμούς» (βλ. Σχήμα 8, Παράρτημα Γ).

Σύμφωνα με τον Πίνακα Συνάφειας των ερωτήσεων 11 και 18 (βλ. Πίνακας 89), μόνο 8 φοιτητές από τους 92 έχουν απαντήσει σωστά και στις δύο ερωτήσεις, αποκαλύπτοντας ότι τα νοητικά τους μοντέλα στηρίζονται στη σωστή αντίληψη για το σχήμα των αστερισμών και τη σωστή αντίληψη για τις αποστάσεις στο Σύμπαν (επιλογή β - Ερώτηση 11) και επιπλέον αντιλαμβάνονται ότι οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου δεν είναι παρά η προβολή αστεριών στο νοητό μονοπάτι του Ήλιου, δεν είναι οι μοναδικοί αστερισμοί στον ουράνιο θόλο, δεν κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλο τον ουράνιο θόλο και δεν έχουν όλοι το ίδιο πλάτος των 30° (επιλογή α - Ερώτηση 18). Το μοντέλο αυτό της ομάδας των 8 φοιτητών.-για τη φύση των αστερισμών γενικά και των αστερισμών του ζωδιακού κύκλου ειδικά- εκτός από σωστό επιστημονικά, φαίνεται να είναι ολοκληρωμένο και αυτοσυνεπές.

Οι υπόλοιποι 84 φοιτητές έχουν διαμορφώσει νοητικά μοντέλα σχετικά με τους αστερισμού που στηρίζονται σε εναλλακτικές ιδέες, όπως είναι φανερό από την κοινή κατανομή των απαντήσεων τους σε αυτές τις ερωτήσεις.

Η μεγαλύτερη ομάδα φοιτητών – 58 σε αριθμό- δεν αντιλαμβάνονται ότι το σχήμα του αστρικού σχηματισμού του Μεγάλου Κυπέλλου μπορεί να αλλάξει όταν το παρατηρήσουμε από ένα σημείο κοντά

στον σχηματισμό – άρα έχουν λανθασμένη ιδέα για τη θέση και τις αποστάσεις των αστερισμών (επιλογή στ -ερώτησης 11). Από αυτούς τους 58, οι 15 ωστόσο έχουν τη σωστή αντίληψη για την κατανομή των αστερισμών του ζωδιακού κύκλου (επιλογή α –ερώτηση 18), οι 11 πιστεύουν ότι κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλο τον ουράνιο θόλο και έχουν το ίδιο πλάτος ~ 30° (επιλογή ε – ερώτηση 18), και 2 ότι κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλο τον ουράνιο θόλο αλλά δεν έχουν το ίδιο πλάτος ~ 30° (επιλογή δ – ερώτηση 18). Μεταξύ των τελευταίων δύο εναλλακτικών αντιλήψεων για τους αστερισμούς του ζωδιακού κύκλου χωρίζεται και η ομάδα των 13 φοιτητών (επιλογές δ και ε- ερώτηση 18) που έχει απαντήσει σωστά μόνο στην ερώτηση 11 (επιλογή β – ερώτηση 11).

5.6.9. Εννοιολογικός άξονας 9: Το Σύμπαν (Κοσμολογικές πεποιθήσεις)

Ο συνδυασμός των ερωτήσεων 17 &21 (βλ. Σχήμα 9, Παράρτημα Γ) αποκαλύπτει, ανάλογα με τις κοσμολογικές πεποιθήσεις των φοιτητών για το Σύμπαν και τη δημιουργία του, κατά πόσον διαχωρίζουν χωρο-χρονικά τη δημιουργία του Σύμπαντος (Μεγάλη Έκρηξη) και τη δημιουργία των αστέρων, και κατά πόσον πιστεύουν ότι το Σύμπαν έχει κάποιο κέντρο - και κατ' επέκταση ένα σημείο στο οποίο έλαβε χώρα η Μεγάλη Έκρηξη.

Σύμφωνα με τον Πίνακα Συνάφειας (βλ. Πίνακας 90, Παράρτημα Α), οι 40 από τους 95 φοιτητές που απάντησαν και στις δύο ερωτήσεις, έδωσαν σωστή απάντηση. Επομένως, το νοητικό μοντέλο των κοσμολογικών τους πεποιθήσεων περιλαμβάνει (μεταξύ άλλων) την πεποίθηση το Σύμπαν δεν έχει κάποιο κέντρο και επομένως η δημιουργία του δεν συνέβη σε ένα συγκεκριμένο σημείο ενός προϋπάρχοντος χώρου αλλά σε όλο το χώρο, ταυτόχρονα και παντού, ενώ η δημιουργία των αστέρων συνέβη δε συνέβη ταυτόχρονα με τη δημιουργία του Σύμπαντος αλλά πιθανότατα σε κάποιο μεταγενέστερο στάδιο.

Οι υπόλοιποι φοιτητές διαθέτουν νοητικά μοντέλα που απαρτίζονται από εναλλακτικές ιδέες είτε στο θέμα της δημιουργίας των αστέρων - την οποία ταυτίζουν με τη δημιουργία του Σύμπαντος (Μεγάλη Έκρηξη)- είτε στο θέμα της ύπαρξης κάποιου κέντρου στο Σύμπαν, είτε και στα δύο θέματα. Ωστόσο, δεν φαίνεται να παρουσιάζουν αντιφατικά στοιχεία.

Συγκεκριμένα, 16 φοιτητές με βάση τις απαντήσεις τους διαχωρίζουν χωρο-χρονικά τη δημιουργία του Σύμπαντος και τη δημιουργία των αστέρων, αλλά υποστηρίζουν ότι το Σύμπαν έχει κάποιο κέντρο (4 φοιτητές τοποθετούν τον Ήλιο στο κέντρο του Σύμπαντος, 11 κάποιο μακρινό γαλαξία αγνώστων στοιχείων, και 1 το δικό μας Γαλαξία). Ακόμη 20 φοιτητές δηλώνουν ότι το Σύμπαν δεν έχει κέντρο, αλλά αδυνατούν να διαχωρίσουν χωρο-χρονικά τη δημιουργία του Σύμπαντος και των αστέρων. Επιπλέον, 17 φοιτητές απαντούν ότι το Σύμπαν έχει κάποιο κέντρο (7 φοιτητές απαντούν ένα μακρινό αγνώστων στοιχείων γαλαξία και 10 τον Ήλιο) και ακόμη ότι οι αστέρες (και ολόκληρο το Σύμπαν) δημιουργήθηκε κατά τη Μεγάλη Έκρηξη, και τέλος 1 φοιτητής απάντησε ότι οι αστέρες και κατ'επέκταση το Σύμπαν - το οποίο σύμφωνα με την απάντηση του έχει το κέντρο του στη θέση όπου βρίσκεται ο Ήλιος – υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα (αιώνιο Σύμπαν).

6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής στο Διαγνωστικό Τεστ Αστρονομίας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποκάλυψε ότι **τα νοητικά μοντέλα των φοιτητών** με εννοιολογικούς άξονες: αστρονομικά φαινόμενα, έννοιες και σώματα, πλαισιώνονται στις πλείστες των περιπτώσεων με γνωστικά σχήματα που **περιλαμβάνουν,** μεταξύ άλλων, **ένα συνδυασμό εναλλακτικών και επιστημονικώς αποδεκτών ιδεών**.

Τα νοητικά αυτά μοντέλα και οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών παρουσιάζουν πολλά κοινά στοιχεία με τα αντίστοιχα φοιτητών και μαθητών (τελειοφοίτων Λυκείου) που συμμετείχαν σε παρόμοιου τύπου στατιστικές μελέτες που έγιναν σε διαφορετικά μέρη του κόσμου και σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Αυτό είναι ένα συμπέρασμα που έρχεται να επιβεβαιώσει την **παγκοσμιότητα και διαχρονικότητα του χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών**.

Ωστόσο, ενώ το εννοιολογικό περιεχόμενο των ιδεών των πρωτοετών φοιτητών ή τελειοφοίτων μαθητών Λυκείου (που έχουν περίπου την ίδια ηλικία) στην Αστρονομία είναι σχεδόν το ίδιο σε όλες τις έρευνες - των οποίων τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα για σύγκριση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης- που έχουν πραγματοποιηθεί ανεξαρτήτως εκπαιδευτικού, κοινωνικού ή πολιτιστικού περιβάλλοντος στο οποίο εκτίθενται οι φοιτητές (ή οι μαθητές), **αυτό που διαφοροποιείται κάθε φορά είναι η κατανομή των ιδεών αυτών μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών (ή μαθητών)**, δηλαδή ο αριθμός των φοιτητών (ή μαθητών) που διαθέτουν την εκάστοτε εναλλακτική ιδέα.

Τα εναλλακτικά αυτά νοητικά μοντέλα των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής έχουν τα **εξής γενικά χαρακτηριστικά:**

- Στις περισσότερες περιπτώσεις εμφανίζουν εσωτερική συνέπεια, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις περιέχουν αντιφατικά – αντικρουόμενα στοιχεία.
- Τα γνωστικά σχήματα που τα απαρτίζουν είναι πολλές φορές ελλιπή και κατά συνέπεια, τα νοητικά μοντέλα ατελή.
- Στις περιπτώσεις όπου υπάρχει έλλειψη γνωστικών στοιχείων για να στηρίξουν ένα νοητικό μοντέλο, συχνά συμπληρώνονται από τους ίδιους τους φοιτητές με υποθέσεις.
- Οι υποθέσεις με τις οποίες συμπληρώνονται τα ατελή νοητικά μοντέλα, πραγματοποιούνται με τη χρήση διαφόρων νοητικών μηχανισμών όπως:
    - Χρήση της κοινής λογικής
    - Πραγματοποίηση γενικεύσεων
    - Επιστράτευση των εσωτερικών τους πεποιθήσεων και των προσωπικών τους κοσμοθεωριών (π.χ. της πεποίθησης της μοναδικότητας ή της αιώνιας ύπαρξης του ανθρώπου, της σταθερότητας του κόσμου κ.α.)
    - Παρερμηνεία αισθητηριακών μηνυμάτων
    - Ερμηνεία με βάση τις καθημερινές τους εμπειρίες και τα βιώματα – με βάση τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στον πλανήτη μας

- Υποθέσεις «out of the blue» - χωρίς τη χρήση προϋπάρχουσας γνώσης, αβάσιμες, φανταστικές. (Δε συναντάται σε μεγάλο ποσοστό ανάμεσα στις απαντήσεις των φοιτητών, κυρίως συναντάται σε μικρότερες ηλικίες)

Οι υποθέσεις που πραγματοποιούνται με τους πιο πάνω μηχανισμούς είναι τις πιο πολλές φορές λανθασμένες , δηλαδή αποτελούν εναλλακτικές ιδέες.

Επίσης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των απαντήσεων των φοιτητών που έλαβαν μέρος στο Διαγνωστικό Τεστ που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, οι **εναλλακτικές ιδέες που έχουν οι φοιτητές σε θέματα Φυσικής, αποτελούν τη βάση για τη δημιουργία εναλλακτικών νοητικών μοντέλων στην Αστρονομία.**

Η παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Λύκειο παίζει ρόλο στον τελικό βαθμό (αριθμό σωστών απαντήσεων) στο τεστ. Ωστόσο, και οι φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει το μάθημα της Αστρονομίας στο Λύκειο αποδείχθηκε ότι διαθέτουν αρκετές εναλλακτικές ιδέες. Από το γεγονός αυτό μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η παρακολούθηση του μαθήματος Αστρονομίας στο Λύκειο **δεν είναι αρκετά αποτελεσματική στην εννοιολογική αλλαγή** όλων των εναλλακτικών ιδεών και μοντέλων των μαθητών.

Τα νοητικά μοντέλα των φοιτητών με κύριους εννοιολογικούς άξονες βασικά θέματα Αστρονομίας, παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις εννοιολογικές δυσκολίες των φοιτητών στην κατανόηση των θεμάτων αυτών:

- **Μοντέλα με κύριο εννοιολογικό άξονα «Βασικές κινήσεις της Γης»:** Τα μοντέλα αυτά περιλαμβάνουν και εναλλακτικές ιδέες αλλά και επιστημονικώς αποδεκτές. Η γνώση του φαινομένου της λόξωσης της εκλειπτικής και η επίδραση της σε άλλα φαινόμενα όπως η εναλλαγή των εποχών και η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στη Γη, είναι περιορισμένη. Στις περιπτώσεις που δε που η γνώση είναι διαθέσιμη, δεν είναι πλήρως κατανοητή.
- **Μοντέλα με κύριο εννοιολογικό άξονα «Κινήσεις της Σελήνης»:** Η περιστροφή της Σελήνης γύρω από τον άξονα της είναι ένα φαινόμενο που δεν είναι γνωστό σε όλους τους φοιτητές – ωστόσο ακόμη λιγότερο γνωστό είναι το φαινόμενο της ταύτισης των περιόδων περιστροφής και περιφοράς της Σελήνης.
  Η γνώση ότι το επίπεδο της τροχιάς της Σελήνης δεν συμπίπτει με το επίπεδο της εκλειπτικής άλλα έχει κάποια κλίση ως προς αυτό, δεν περιλαμβάνεται στα νοητικά μοντέλα των περισσότερων φοιτητών.
- **Μοντέλα με κύριο εννοιολογικό άξονα «Αστέρια»:** Οι φοιτητές γενικά – ακόμη και όσοι είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο – παρουσιάζουν αρκετές εναλλακτικές ιδέες σχετικά με το μέγεθος, τις αποστάσεις, την παραγωγή ενέργειας, τη δημιουργία και το θάνατο των αστέρων. Η έλλειψη κατανόησης του φαινομένου της Μεγάλης Έκρηξης δημιουργεί επιπρόσθετες εναλλακτικές ιδέες σχετικά με τα παραπάνω φαινόμενα. Παρατηρείται σε μικρό βαθμό η επίδραση των πεποιθήσεων της μοναδικότητας και της αιώνιας ύπαρξης του ανθρώπου, οι οποίες επεκτείνονται εννοιολογικά από τον άνθρωπο στα ουράνια σώματα ή συστήματα, στα οποία φιλοξενείται.
  Όσον αφορά την κλίμακα μεγεθών και αποστάσεων στο Σύμπαν υπάρχει ξεκάθαρα μια τάση υποεκτίμησης τους.
  Επιπλέον, η έλλειψη γνώσεων και οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών για τη φύση και τη διάδοση του φωτός (έννοιες της Φυσικής) αποτελούν εννοιολογικά εμπόδια στην κατανόηση φαινομένων σχετικών με τη θέαση των αστέρων – αστερισμών στον ουρανό.
  Η αναγωγή από τις δύο διαστάσεις του ουράνιου θόλου, στις τρεις διαστάσεις του πραγματικού χώρου του διαστήματος, αποδεικνύεται δύσκολη νοητικά διαδικασία. Οι πλείστοι των φοιτητών δεν αντιλαμβάνονται το σχήμα των αστερισμών (ή αστρικών σχηματισμών), δηλαδή τις θέσεις που καταλαμβάνουν οι αστέρες στον ουράνιο θόλο, σαν προβολές των αστέρων πάνω στον ουράνιο θόλο.

- **Μοντέλα με κύριο εννοιολογικό άξονα «Σύμπαν – Κοσμολογικές πεποιθήσεις»:** Οι περισσότεροι φοιτητές αναγνωρίζουν τη Μεγάλη Έκρηξη σαν το μηχανισμό Δημιουργίας του Σύμπαντος. Ωστόσο δεν κατανοούν σε βάθος το φαινόμενο, γι' αυτό και παρατηρείται συχνά η αδυναμία χωρο-χρονικού διαχωρισμού του φαινομένου αυτού (Δημιουργία του Σύμπαντος – Μεγάλη Έκρηξη) με το φαινόμενο της δημιουργία των αστέρων που έγινε σε μεταγενέστερο στάδιο της εξέλιξης του Σύμπαντος.

  Διαφαίνεται μια ασάφεια στα νοητικά μοντέλα των φοιτητών σχετικά με τον ορισμό που δίνουν για τα διάφορα ουράνια σώματα ή συστήματα σωμάτων (Αστέρια, Πλανήτες, Ηλιακά Συστήματα, Γαλαξίες, Σύμπαν)

  Ακόμη, η περιορισμένη γνώση των φοιτητών και ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών σχετικά με το φαινόμενο της Διαστολής του Σύμπαντος, οδηγεί στη δημιουργία επιπρόσθετων εναλλακτικών ιδεών σχετικά με τη δημιουργία του Σύμπαντος και την ύπαρξη κάποιου «κέντρου» στο Σύμπαν.

  Ελάχιστοι φοιτητές επηρεάζονται από εσωτερικές πεποιθήσεις όπως η μοναδικότητα ή αιώνια ύπαρξη του ανθρώπου.

  Στην πλειοψηφία τους οι φοιτητές δημιουργούν νοητικά μοντέλα, εναλλακτικά ή μη, σχετικά με τις κοσμολογικές τους πεποιθήσεις, με εσωτερική συνέπεια και χωρίς αντιφάσεις
- **Νοητικά Μοντέλα με κύριο εννοιολογικό άξονα «Βαρύτητα»:** Μια έννοια τόσο βασική για την ερμηνεία φαινομένων στην Αστρονομία, δεν είναι πλήρως κατανοητή από όλους τους φοιτητές.

  Ο Νόμος της «Δράσης – Αντίδρασης» ή «Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα», δεν εφαρμόζεται από όλους τους φοιτητές για την ερμηνεία του φαινομένου της βαρυτικής έλξης ουρανίων σωμάτων, δηλαδή η φύση της βαρύτητας ως δύναμη αλληλεπίδρασης αγνοείται από ένα ποσοστό φοιτητών.

  Επίσης, ο «Νόμος της Παγκόσμιας Έλξης», για το μέτρο της βαρυτικής δύναμης μεταξύ δύο σωμάτων δεν είναι ευρέως γνωστός μεταξύ των φοιτητών (επικρατεί μια σύγχυση σχετικά με το τετράγωνο στο οποίο υψώνεται η απόσταση στον παρονομαστή με το γινόμενο των δύο μαζών στον αριθμητή – συχνά υψώνεται η μάζα του ενός σώματος στο τετράγωνο). Ακόμη είναι πιθανό μερικοί φοιτητές να συγχέουν τις έννοιες της δύναμης και της επιτάχυνσης.

  Εξαιτίας της έλλειψης γνώσης για το Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης ή/και η ύπαρξη παρανοήσεων σχετικά με το νόμο αυτό και ακόμη, λόγω της γενικευμένης διάδοσης της πληροφορίας ότι στο Διάστημα η βαρύτητα είναι αμελητέα – η οποία παρερμηνεύεται- και ακόμη λόγω της παρερμηνείας του φαινομένου της αιώρησης των αστροναυτών στο Διάστημα, δημιουργούνται εναλλακτικές ιδέες σχετικά με την εμβέλεια της δύναμης της βαρύτητας.

  Ακόμη, υπάρχει μια γενικευμένη άποψη ότι το βάρος ή η αίσθηση του βάρους (ή η έλλειψη του) είναι αποκλειστική εκδήλωση της βαρύτητας (ή της έλλειψης βαρύτητας).

  Η φυσική της κίνησης των δορυφόρων και των πλανητών σε τροχιές γύρω από βαρυτικά κέντρα, δεν είναι ευρέως γνωστή ή κατανοητή.

Προτάσεις

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης που αποτελούν μια σύνοψη των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών σε βασικά θέματα Αστρονομίας, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό της διδασκαλίας ενός εισαγωγικού μαθήματος στην Αστρονομία. Η γνώση των εναλλακτικών ιδεών που φέρουν οι φοιτητές πριν την διδασκαλία, θα βοηθήσει τους διδάσκοντες να προγραμματίσουν διδακτικές δραστηριότητες που έχουν σκοπό την εννοιολογική αλλαγή των ιδεών αυτών και την αντικατάσταση τους στα νοητικά μοντέλα των φοιτητών με τις επιστημονικές ιδέες και γνώσεις. Δίνει τη δυνατότητα στους διδάσκοντες να αξιοποιήσουν τον πολύτιμο διδακτικό χρόνο στην αλλαγή αυτή των εναλλακτικών ιδεών και όχι στην ανάδειξη τους.

Η μελλοντική επανάληψη του Διαγνωστικού Τεστ στην Αστρονομία στην ομάδα των φοιτητών που συμμετείχαν στο τεστ της παρούσας μελέτης, μετά την παρακολούθηση του Εισαγωγικού μαθήματος της Αστρονομίας το οποίο διδάσκεται στο 5^{ο} εξάμηνο Φυσικής και η σύγκριση των αποτελεσμάτων του τεστ

με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, θα δώσει το μέγεθος της εννοιολογικής αλλαγής των ιδεών των φοιτητών. Το μέγεθος αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει ένα μέτρο σύγκρισης της αποτελεσματικότητας διαφορετικών μεθόδων – προσεγγίσεων ή εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων στην διδασκαλία συγκεκριμένων θεμάτων Αστρονομίας.

Σε μελλοντικό στάδιο, η χρήση του Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας θα μπορούσε να συνδυαστεί με μεγαλύτερο αριθμό ερωτήσεων υποβάθρου, για την περαιτέρω διερεύνηση και μελέτη των παραγόντων που συντελούν στη δημιουργία των εναλλακτικών ιδεών που πλαισιώνουν τα νοητικά μοντέλα των φοιτητών που έχουν αναδειχθεί μέσα από την παρούσα μελέτη.

Επιπλέον, η πραγματοποίηση στατιστικών μελετών στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών με τη χρήση διαφορετικού τύπου διαγνωστικών εργαλείων, όπως οι συνεντεύξεις, θα μπορούσε να δώσει περισσότερο φως σε ορισμένες από τις πτυχές των νοητικών μοντέλων των φοιτητών στην Αστρονομία.

Κλείνοντας, συνοψίζουμε την παρούσα μελέτη με τα εξής:

Το «πέπλο μυστηρίου» από το οποίο περιβάλλεται από αρχαιοτήτων χρόνων η επιστήμη της Αστρονομίας - εξαιτίας της διάστασης της από τα ανθρώπινα μέτρα και της έλλειψης άμεσης αισθητηριακής εμπειρίας, απλώνεται και σήμερα υπό τη μορφή λανθασμένων αντιλήψεων και εναλλακτικών ιδεών που φέρονται από τους μαθητές σαν «αποσκευές» όταν πρωτοέρχονται στο μάθημα της Αστρονομίας και εμποδίζουν την οικοδόμηση νοητικών μοντέλων συμβατών με το επιστημονικό πρότυπο. Ωστόσο, **η μεθοδική διδασκαλία που λαμβάνει υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και περιλαμβάνει δραστηριότητες για την αναδόμηση τους μέσα σε ένα κλίμα ενεργού συμμετοχής των μαθητών στην ίδια τους τη μάθηση, έχει μεγάλες πιθανότητες να οδηγήσει τους μαθητές αυτόβουλα στην εννοιολογική αλλαγή των εναλλακτικών τους ιδεών και την κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης.**

Ακόμη**, η συνέχιση της έρευνας στο πεδίο της εκπαίδευσης της Αστρονομίας είναι μια τακτική που πρέπει να ενθαρρύνεται** – ιδίως στην κατεύθυνση της ανάπτυξης νέων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων οι οποίες θα συμβάλλουν στην επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Μια ενδελεχής επανεξέταση του «τι» πρέπει να διδάσκεται και «πώς» στην Αστρονομία – ειδικά όσον αφορά τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση - κρίνεται απαραίτητη.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βάρβογλης, Χ. Σειραδάκης, Γ. Χ. *Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία*. 3η έκδοση. Εκδόσεις Γαρταγάνης. Θεσσαλονίκη, 1994.

Βοσνιάδου, Σ. *Πώς μαθαίνουν οι μαθητές*. Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης και Διεθνές Γραφείο Εκπαίδευσης UNESCO. 2001. [online] Available from:
<http://www.ibe.unesko.org>

Γαβρίλης, Κ. Μεταξά, Μ. Νιάρχος, Π. Παπαμιχάλης, Κ. *Στοιχεία Αστρονομίας και Διαστημικής – Β' τάξη Ενιαίου Λυκείου.* Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

Δανασσής – Αφεντάκης, Α. *Διδακτική*. *Τόμος Α'. Μάθηση.* Αθήνα, 1981

Δανασσής – Αφεντάκης, Α. *Εισαγωγή στην Παιδαγωγική Ψυχολογία*. Αθήνα, 1981.

Καλλέρη, Μ. *Προσεγγίζοντας το Διαστημικό Χώρο στην Προσχολική και Πρώτη Σχολική Ηλικία.* Αρίων Εκδοτική

Κατσίλλης, Μ. Στατιστική χωρίς Δάκρυα ή Στατιστική με Υπολογιστές. Σημειώσεις Διαλέξεων, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Πατρών [online] Available from:
<www.soc.uoc.gr/socmedia/pagageo/epagogiki_statistiki.pps>

Καφετζόπουλος, Ε. *Εγκέφαλος, Μάθηση και Μνήμη*. Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη. 2005 [online] Available from:
<http://www.cs.phs.uoa.gr/el/courses/neuroscience/brain-learning-memory.pdf>

Μπακιρτζής, Κ. *Βιωματική εμπειρία και κίνητρα μάθησης*. Παιδαγωγική Επιθεώρηση**, 30**, 2000, σ.87-109. [online] Available from:
<http://hdl.handle.net/2159/4165>

Μαρκαντώνης, Ι. Σ. *Στατιστική εφαρμοσμένη στις επιστήμες αγωγής – με στοιχεία οργάνωσης της έρευνας*. Εκδόσεις Δ. Μαυρομάτη, Αθήνα, 1981.

Νικολάου, Χ. Κωνσταντίνου, Κ. Π. *Ένα δοκίμιο αξιολόγησης της κατανόησης εννοιών αστρονομίας*. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες – Πρακτικά Συνεδρίου, **Α8**, 9-11 Μαϊου, 2002

Ξανθόπουλος, Β. *Περί Αστέρων και Συμπάντων*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 7η έκδοση, Ηράκλειο, 1999

Τσαγκρής, Μ. *Στατιστική με τη χρήση του πακέτου SPSS 15*. Αθήνα 2008. [online]
Available from:
< http://7.nsa-virtualeducation.com/images/l.notes1.pdf>

Πραπά, Π. *Η ιστορική εξέλιξη της αγωγής στην Ελλάδα.* Πτυχιακή μελέτη. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα 2003. [online] Available from:
<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/655/1/prapa.pdf>

Χαλκιά, Κ. *Το Ηλιακό Σύστημα μέσα στο Σύμπαν. Η διαδρομή από την επιστημονική στη σχολική γνώση.* Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2006.

Ξένη Βιβλιογραφία

Ausubel D.P., Novak J.D., & Hanesian H., *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York, Holt, Rinehart and Winston. 1978.

Bailey, J. M., Slater, T. F. *A Review of Astronomy Education Research*. Astronomy Education Review, **2** (2), 2004, pp. 20-45.

Brogt, E. Sabers, D. Prather, E. E. Deming, G. Hufnagel, B. Slater, T. *Analysis of the Astronomy Diagnostic Test*. Astronomy Education Review, **6**(1), 2007, pp. 25-42

Brophy, J. *Teaching*. Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης και Διεθνές Γραφείο Εκπαίδευσης UNESCO. 2001. [online]
Available from:
<http://www.ibe.unesko.org>

Cavallotti, F. Romaniello, S. Sandrelli S. Astronomical Pills. One-shot Questions about the Universe. The ESO/ESA/IAU Conference • Communicating Astronomy with the Public 2005. [online] Available from:
<http://www.communicatingastronomy.org/cap2005/proceedings/>

Comins, N. *A Method to Help Students Overcome Astronomy Misconceptions*. The Physics Teacher, **36**, 2000, pp. 542-543

Danaia, L. McKinnon, D. *Common Alternative Astronomical Conceptions Encountered in Jounior Secondary Science Classes: Why is this So?* Astronomy Education Review, **6**(2), 2008, pp. 32-53

Davoust, E. *The purpose of Astronomy.* Cornel University Library. 1995. [online]
Available from:
<arXiv:astro-ph/9506122v1>

Deming, G. *Results from the Astronomy Diagnostic Test National Project*. Astronomy Education Review, **1**(1), 2002, pp. 52-57

Driver, R. Squires, A. Rushworth, P. Wood-Robinson, V. *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών – Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γιώργος Δάρδανος, Αθήνα 1998

Field, A. *Reliability Analysis.* Discovering Statistics Using SPSS (2nd Edition) London, Sage, 2005. Handout: Abridged Version of Chapter 15 of Field (2005). [online] Available from:
<http://www.sussex.ac.uk/Users/andyf/reliability.pdf >

Green, P. *Peer Instruction for Astronomy*. Benjamin Cummings. 2002

Gurell, Z. *Research into Students' Views About Basic Physics Principles in a Weightless Environment*. Astronomy Education Review, **2**(1), 2003, pp. 65-81

Halloun, I. Hestenes, D. *The initial knowledge state of collage physics students*. American Journal of Physics, **53**(11), 1985, pp.1043-1048

Hewitt, P. *Οι έννοιες της Φυσικής*. Μετάφραση: Σηφάκη, Ε. Παπαδόγγονας, Γ. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2005

Konicki Di Iorio, C. , *Measurement in Health Behavior. Methods of Research and Education*. Jossey-Bass, 2005. [Limited preview online] Available from: <http://books.google.com/books?id=JXv2z6NflR4C&printsec=frontcover&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=false >

Jacobi, I. & Newberg, H. & Broder, D. & Finn, R. & Milano, A. & Newberg, L. & Weatherwax, A. & Whittet, D. *Effect of Night Laboratories on Learning Objectives for a Non-Major Astronomy Class***.** Cornel University Library, 2008 [online]
Available from:
<http://arxiv.org/abs/0809.3817v1>

Johnstone, A. Science Education: We know the answers, let's look at the problems. 5° Πανελλήνιο Συνέδριο: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες-Πρακτικά Συνεδρίου, **Α**, 15-18 Μαρτίου 2007. [online] Available from:
<http://www.kodipheet.gr/fifth_conf/teyxosA.php>

Lee, D. Astronomy Survey (004 –Survey – 2.2), Designing and Using a Variety of Assessments, The university of Michigan, [online] Available from:
< http://sitemaker.umich.edu/dlee-portfolio/assessment>

Lineweaver, C. Davis, T. *Misconceptions about the Big Bang*. Scientific American, March 2005

LoPresto, M. *Astronomy Diagnostic Test Results Reflect Course Goals and Show Room for Improvement.* Astronomy Education Review, **5**(2), 2007, pp. 16-20

LoPresto, M. Tolerance for Astrology? *Astronomy Education Review*, 1(2), 2002, pp.125-129. [online]
Available from:
http://aer.noao.edu/cgi-bin/article.pl?id=41

Nussbaum, J. *Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross Age Study*. Science Education **63**(1), 1979, pp.83-93

Pasachoff, J. *What Should Collage Students Learn? Phases and Seasons? Is Less More, or Less Less?* Astronomy Education Review, **1**(1), 2002, pp. 124-130

Redish, E. *The implications of cognitive studies for teaching Physics*. Journal of Physics, **62** (6), 796-803. 1994

Sadler, P. *Astronomy's Conceptual Hierarchy*. Astronomy Education: Current Developements, Future Coordination, John R. Percy ed., 1996, ASP Conference 89, San Francisco, California, p. 46

Simonelli, G. *First-Year College Students' Ideas About Astronomy: A Pilot Study.* Astronomy Education Review, **2**(1), 2003, pp. 65-81

Sneider, C. Ohadi, M. *Unraveling Students' Misconceptions about the Earth's Shape and Gravity*. Science Education, **82**(2), 1998, pp. 265-284

Sneider, C. & Pulos, S. *Children's Cosmographies: Understanding the Earth's Shape and Gravity* - Science Education n. 67, 1983, p. 205

Spiegel, R. M. *Πιθανότητες και Στατιστική*. Μετάφραση: Περσίδης, Σ. Κ. McGraw-Hill, New York, ΕΣΠΙ, ΑΘΗΝΑ, 1977.

Stout, E. *Book Review – The Real Reasons for Seasons, Sun-Earth Connections: Unraveling Misconceptions about the Earth and Sun, Grades 6-8 by Alan Gould Willard, and Stephen Pompea.* Astronomy Education Review, **1**(1), 2002, pp. 137-139

Summers, M. Mant, J. *A survey of British primary school teachers' understanding of the Earth's place in the universe*. Educational Research **37**(1) 1995

Trumper, R. A *Cross- age Study of Senior High School Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts*, Research in Science & Technological Education, 19(1), 2001, pp.97-109

Trumper, R. *University Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts*. Physics Education, **35**(1), 2000, pp. 9-15.

Vosniadou, S. Brewer, W. *Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood*. *Cognitive Psychology*, **24**, 1992, pp. 535-585

Zeilik. M. *An Examination of Misconceptions in an Astronomy Course for Science, Mathematics and Engineering Majors*. Astronomy Education Review, **2**(1), 2003, pp.101-119.

Zeilik, M. *Birth of the Astronomy Diagnostic Test: Prototest Evolution.* Astronomy Education Review, **1**(2), 2003, pp. 46-52

Zeilik, M. Schau, C. Mattern, N. *Misconceptions and Their Change in University-Level Astronomy Courses*. The Physics Teacher, **36**, 1998

Δικτυογραφία

Field-tested Learning Assessment Guide (FLAG) web site [online] Available from: <http://www.flaguide.org/tools/diagnostic/adt.php> [accessed October 10, 2008]

Introduction to SAS. UCLA: Academic Technology Services, Statistical Consulting Group. [online] Available from:
<http://www.ats.ucla.edu/stat/spss/faq/alpha.html> [accessed August 8, 2009].

Βιβλιογραφικές Αναφορές Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας

Ο πιο κάτω πίνακας περιλαμβάνει τις βιβλιογραφικές αναφορές των ερωτήσεων του Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας που χρησιμοποιήθηκε ως διαγνωστικό εργαλείο στην παρούσα μέλετη.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΣΗΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΤΕΣΤ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ #	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ/ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΤΕΣΤ
1.	B / 1
2.	I / 1
3.	I / 4
4.	I / 2
5.	-
6.	D / 12
7.	D / 10
8.	G / 7
9.	E / 22
10.	C / 13
11.	C /12
12.	A / 3
13.	G / 13
14.	A / 14
15.	F / 8
16.	-
17.	-
18.	J
19.	C/ 20
20.	C / 6
21.	A / 13

A. Trumper, R. *University Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts*. Physics Education, **35**(1), 2000, pp. 9-15.

B. Lee, D. *Astronomy Survey (004 –Survey – 2.2),* Designing and Using a Variety of Assessments. The University of Michigan [online] Available from:
< http://sitemaker.umich.edu/dlee-portfolio/assessment>

C. Zeilik, M. Introductory Astronomy Diagnostic Survey, Field-tested Learning Assessment Guide (FLAG) web site [online] Available from:
<http://www.flaguide.org/tools/diagnostic/adt.php>

D. Zeilik, M. Schau, C. Mattern, N. *Misconceptions and Their Change in University-Level Astronomy Courses*. The Physics Teacher, **36**, 1998

E. Zeilik, M. Morris, V.J.*An Examination of Misconceptions in an Astronomy Course for Science, Mathematics and Engineering Majors*. Astronomy Education Review, **2**(1), 2003, pp.101-119.

F. Hufnagel, B. 1999, *A Standard Survey* for *Undergraduate Non-Science Majors*: The Astronomy Diagnostic Test, Presentation, The University of Maryland, USA. [online] Available from:
<http://solar.physics.montana.edu/aae/adt/ADT_Talk_Beth.ppt>

G. Green, P. *Peer Instruction for Astronomy*. Benjamin Cummings. 2002.
[Excerts online] Available from:
<http://hea-www.harvard.edu/~pgreen/educ/PI.html>

H. Jacobi, I. & Newberg, H. & Broder, D. & Finn, R. & Milano, A. & Newberg, L. & Weatherwax, A. & Whittet, D. *Effect of Night Laboratories on Learning Objectives for a Non-Major Astronomy Class***.** Cornel University Library, 2008 [online]
Available from:
<http://arxiv.org/abs/0809.3817v1>

I. Trumper, R. A *Cross- age Study of Senior High School Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts*, Research in Science & Technological Education, 19(1), 2001, pp.97-109

J. LoPresto, M. Tolerance for Astrology? *Astronomy Education Review*, 1(2), 2002, pp.125-129. [online]
Available from:
<http://aer.noao.edu/cgi-bin/article.pl?id=41>

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1

Αποτελέσματα της ερευνητικής μελέτης του R.Trumper (2000)

ΘΕΜΑ ΕΡΩΤΗΣΗΣ	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΙΔΕΑ
Αιτία για την εναλλαγή μέρας - νύχτας	62	Η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο σε 24h
Αιτία φαινομένου των φάσεων της Σελήνης	51,3	Η σκιά της Γης στη Σελήνη
Απόσταση Ηλίου - Γης	35.5	Υποεκτίμηση της απόστασης
Απόσταση Ηλίου – κοντινότερου αστέρα	19,7	Υποεκτίμηση της απόστασης
Διάμετρος της Γης	31,6	Υπερεκτίμηση του μεγέθους
Γωνιακό μέγεθος του Ήλιου από τον Κρόνο	39,5	-
Αιτία εναλλαγής των εποχών	67,1	-
Γιατί είναι περισσότερο ζέστη το καλοκαίρι	50	Η Γη είναι πλησιέστερα στον Ήλιο το καλοκαίρι
Ποια περίοδο του χρόνου είναι μεγαλύτερη μέρα από την νύχτα στην Αυστραλία	65	-
Θέση ηλιοβασιλέματος στον ουρανό μετά τη φθινοπωρινή ισημερία	27,6	-
Θέση ανατολής ηλίου στον ουρανό στις 21 Ιουνίου	17,1	Ο Ήλιος ανατέλλει ακριβώς στο σημείο της ανατολής στον ορίζοντα
Πότε βρίσκεται ο Ήλιος σε ακριβώς κατακόρυφη θέση στην Haifa το μεσημέρι	32,9	Κάθε μέρα
Σχετικές αποστάσεις ουράνιων σωμάτων από τη Γη	50	Σελήνη → Αστέρια → Πλούτωνας
Χρόνος περιστροφής της Σελήνης γύρω από τη Γη	60,5	-
Χρόνος περιφορά της Σελήνης γύρω από τον Ήλιο	68,4	-
Ωριαίες ζώνες	49	Υπερεκτίμηση χρονικής διαφοράς (ωρών ζώνης) δύο περιοχών
Σε ποια φάση της Σελήνης μπορεί να συμβεί Ηλιακή έκλειψη	22,4	Πανσέληνος
Γιατί βλέπουμε μόνο τη μία όψη της Σελήνης	22,4	Η Σελήνη δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της
Ποιο είναι το κέντρο του Σύμπαντος	73,7	-

Πίνακας 2

Αποτελέσματα της ερευνητικής μελέτης του R.Trumper (2001)

ΘΕΜΑ ΕΡΩΤΗΣΗΣ	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΙΔΕΑ
Αιτία για την εναλλαγή μέρας - νύχτας	64	Η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο σε 24h
Αιτία φαινομένου των φάσεων της Σελήνης	53	Η σκιά της Γης στη Σελήνη
Απόσταση Ηλίου - Γης	25	Υποεκτίμηση της απόστασης
Απόσταση Ηλίου – κοντινότερου αστέρα	19	Υποεκτίμηση της απόστασης
Διάμετρος της Γης	14	Υπερεκτίμηση του μεγέθους
Αιτία εναλλαγής των εποχών	62	-
Γιατί είναι περισσότερο ζέστη το καλοκαίρι	47	Η διεύθυνση του άξονα περιστροφής της Γης μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια ενός χρόνου
Ποια περίοδο του χρόνου είναι μεγαλύτερη μέρα από την νύχτα στην Αυστραλία	34	-
Πότε βρίσκεται ο Ήλιος σε ακριβώς κατακόρυφη θέση στην Haifa το μεσημέρι	36	Κάθε μέρα
Σχετικές αποστάσεις ουράνιων σωμάτων από τη Γη	49	Σελήνη → Αστέρια → Πλούτωνας
Χρόνος περιστροφής της Σελήνης γύρω από τη Γη	70	-
Χρόνος περιφορά της Σελήνης γύρω από τον Ήλιο	70	-
Ωριαίες ζώνες	44	Υπερεκτίμηση χρονικής διαφοράς (ωρών ζώνης) δύο περιοχών
Σε ποια φάση της Σελήνης μπορεί να συμβεί Ηλιακή έκλειψη	19	Πανσέληνος
Γιατί βλέπουμε μόνο τη μία όψη της Σελήνης	20	Η Σελήνη δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της
Ποιο είναι το κέντρο του Σύμπαντος	65	Ο Ήλιος

Πίνακας 3

Αποτελέσματα της έρευνας για την αποτελεσματικότητα των νυχτερινών εργαστηρίων ως μέσο εννοιολογικής αλλαγής (2006-2007)

ΘΕΜΑ ΕΡΩΤΗΣΗΣ	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ (PRE-TEST) 2006	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ (POST-TEST) 2006	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ (PRE-TEST) 2007	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ (POST-TEST) 2007
Πάχος της ατμόσφαιρας της Γης	59.8	69.51	64.71	72.06
Πληροφορίες που λαμβάνουμε από τα αστρικά φάσματα	24.4	40.24	23.53	27.94
Γιατί βλέπουμε πάντα την ίδια όψη της Σελήνης	31.7	50	33.82	63.24
Διακριτική ικανότητα τηλεσκοπίου	46.3	23.17	54.41	32.35
Γιατί πρέπει να προσθέτουμε μια μέρα στο ημερολόγιο κάθε 4 χρόνια	67.1	71.95	77.94	77.94
Αιτία εναλλαγής των εποχών	58.5	81.71	76.47	82.35
Σχέση φαινόμενης λαμπρότητας με την απόσταση	62.2	76.83	61.76	85.29
Η φαινόμενη μετατόπιση ενός αστέρα στον ουρανό (παράλλαξη)	23.2	52.44	32.35	57.35
Γιατί χρησιμοποιείται ο Πολικός Αστέρας για τον προσανατολισμό	9.76	29.27	10.29	30.88
Φάσεις της Σελήνης	64.6	76.83	70.59	85.29
Ποια ώρα της ημέρας δεν μπορεί να παρατηρηθεί Πανσέληνος	39	28.05	51.47	82.35
Έκλειψη Ηλίου	52.4	64.63	60.29	69.12
Το χρώμα ενός αστέρα συναρτήσει της θερμοκρασίας του	72	84.15	91.18	89.71
Σελήνη – Γη και παλίρροιες	82.9	90.24	89.71	92.65
Μετατόπιση θέσης «ανατολής» και «δύσης» Ηλίου από την Εαρινή Ισημερία έως το Θερινό Ηλιοστάσιο	24.4	36.59	27.94	38.24
Γιατί παρατηρούνται διαφορετικοί αστερισμοί	42.7	36.59	29.41	54.41

στον ουρανό από δεδομένη τοποθεσία κατά τη διάρκεια ενός χρόνου				
Η εξάρτηση της απόλυτης λαμπρότητας ενός αστέρα από τη θερμοκρασία της επιφάνειας του	79.3	90.24	85.29	97.06
Μετατόπιση φασματικών γραμμών αστέρα που κινείται προς τη Γη	41.5	59.76	35.29	60.29
Χρόνος περιφοράς του Κρόνου γύρω από τον Ήλιο	68.3	81.71	72.06	80.88
Αιτία μεταβολής της ταχύτητας της Γης στα διάφορα σημεία της τροχιάς της γύρω από τον Ήλιο	93.9	93.9	92.65	91.18
Θέση του Ήλιου το μεσημέρι στην Νέα Υόρκη στις 20 Ιουνίου σε σχέση με την αντίστοιχη την ίδια ώρα κ μέρα στον Τροπικό του Καρκίνου	51.2	53.66	60.29	67.65
Πώς υπολογίζεται ακτίνα της Γης (μέθοδος του Ερατοσθένη)	50	63.41	52.94	63.24
Ολική Έκλειψη Σελήνης	39	31.71	13.24	17.65
Νόμος του Hubble	36.6	35.37	32.35	38.24

Πίνακας 4

Misconceptions Measure: Ερευνητική μελέτη των Michael Zeilik, Candace Schau, Nancy Mattern (1998)

ΘΕΜΑ ΕΡΩΤΗΣΗΣ	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ (PRE-TEST)	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ (POST-TEST)	ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΙΔΕΑ
Δύναμη, Επιτάχυνση και Μάζα (Φυσική)	78	81	-
Μοντέλο απόστασης/μεγέθους Γης – Σελήνης (Αστρονομία)	31	42	-
Γωνιακό μέγεθος του Ήλιου από τον Κρόνο (Α)	63	69	-
Δύναμη και Επιτάχυνση (Φ)	67	74	-
Γιατί βλέπουμε μόνο τη μία όψη της Σελήνης (Α)	10	40	-
Ποια τοπική ώρα η Σελήνη «ανατέλλει» στα ανατολικά (Α)	54	75	-
Αιτία φαινομένου των φάσεων της Σελήνης (Α)	31	66	-
Πότε βρίσκεται ο Ήλιος σε ακριβώς κατακόρυφη θέση στην Albuquerque το μεσημέρι	23	64	-
Ταχύτητα του φωτός	10	58	Τα ραδιοκύματα ταξιδεύουν πιο αργά από ότι το ορατό φώς
Νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου του φωτός (Φ) $I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$	4	57	Η ένταση του φωτός αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης
Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα (Δύναμη της Βαρύτητας Γης – Σελήνης) (Φ)	12	61	-
Σε ποια φάση της Σελήνης μπορεί να συμβεί Ηλιακή έκλειψη (Α)	28	83	-
Χρόνος περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη (Α)	41	86	-
Διάρκεια ζωής αστέρων ως προς τη μάζα τους (Α)	66	92	-
Πτώση σωμάτων στη Γη	67	99	-

Πίνακας 5

Astronomy 270, Fall 1996 and 1997, University of New Mexico, N = 52, ADT 1.5

Test Item	Pre-score (% correct)	Post-score (% correct)	Normalized gain index <g>	Misconception
1. Noon Sun	42	73	0.53	
2. Moon phase/total solar eclipse	49	90	0.80	Full
3. Angular size/distance	58	85	0.64	
4. Sun's seasonal motion/horizon at sunset	60	72	0.30	Sunset at same place
5. Falling lead/wood spheres	86	95	0.64	
6. Moon around zodiac	50	65	0.30	One year
7. Radio vs. light waves	42	66	0.41	Radio travels slower
8. Inverse square law/light	40	69	0.48	
9. Reasons for the seasons	39	62	0.38	Earth closer in summer
10. Earth-Moon gravitation/Newton's 3rd law	25	49	0.32	Gravitational force of Moon on Earth less than Earth on Moon
11. Moon's monthly rotation/same side	33	52	0.28	Does not rotate
12. Angular size/distance/Sun	76	78	0.08	
13. Acceleration/mass	93	96	0.43	
14. Acceleration/force	85	97	0.80	
15. Model/Sun's motion through zodiac	18	64	0.56	
16. Weight on Earth	61	75	0.36	
17. Sun/close star scale model	61	74	0.33	
18. Orion shape/distance	60	71	0.28	
19. Jupiter's moons/Kepler's 3rd law	40	73	0.55	
20. Inverse square law/gravitation	57	88	0.72	Inverse
21. Luna Minor/centripetal acceleration	30	67	0.53	1/3 or 3
22. Luna Minor/ gravitational force	51	58	0.14	1/9 or 3
23. Moon/tidal forces	8	68	0.65	Inverse-square
24. Escape speed/mass	52	73	0.44	Depends on mass of escaping object
25. Thermal emission/planet	62	91	0.76	Convection

26. Mass/planet's evolution	36	72	0.56	Distance from Sun
27. Deimos/Phobos: Kepler's 3rd/Mars's mass	58	98	0.95	
28. Conservation angular momentum: formation of solar system	38	88	0.81	
29. Conservation of energy: formation of solar system	49	92	0.84	
30. Sun's motion relative stars/horizon	28	82	0.75	Moves many degrees relative to stars
Average ± SD	**50 ± 9.9**	**76 ± 8.4**	**0.52 ± 0.16**	

Πίνακας 6

Astronomy 271, spring 1997 and 1998, UNM, N = 40, ADT 1.6

Test Item	Pre-score (% correct)	Post-score (% correct)	Normalized gain index <g>	Misconception
1. Gravitational acceleration	90	100	1.0	
2. Radio/visible light/same speed	44	68	0.43	Radio slower than visible
3. Inverse-square/light	50	87	0.74	Inverse law
4. Newton's 3rd law	39	58	0.31	Force of Earth on Moon greater than Moon on Earth
5. Angular diameter	72	90	0.64	
6. Newton's 2nd law	88	100	1.0	
7. Size & scale/Sun & nearby star	84	89	0.31	
8. Stellar parallax/inverse proportion	45	58	0.24	
9. Orion/viewpoint	60	84	0.6	
10. Inverse-square law/gravitation	58	79	0.5	Inverse law
11. Centripetal acceleration	39	44	0.08	3 times or 1/3 as much
12. Gravitational force/masses	59	72	0.32	Inverse square or no change
13. Tidal forces/inverse cube	20	38	0.22	Inverse square
14. Escape speed	62	84	0.58	Depends on mass of escaping object
15. Conservation angular momentum	74	92	0.69	
16. Conversation of energy	52	90	0.79	
17. Gravitational	61	76	0.38	

force/masses				
18. Kepler's 3rd law	41	58	0.29	
19. Stellar evolution	13	60	0.54	
20. Angular diameter/distance	42	69	0.47	Inverse square
21. Flux/inverse square law/light	35	92	0.88	Inverse
22. Tidal forces/black hole	26	44	0.24	Inverse square
23. Angular diameter/distance	45	70	0.64	Unable to relate variables as inverse relationship
24. Angular diameter/distance	76	92	0.67	Unable to relate variables as inverse relationship
25. Hubble law	78	94	0.73	
Average ± SD	**54 ± 8.5**	**76 ± 4.2**	**0.53 ± 0.19**	

Πίνακας 7

Συνολικά αποτελέσματα του (PRE-TEST) του ADT 2.0. NATIONAL PROJECT

	State U	State U	State U	State U	State U	State U	State U	State U	State U
Location (East/Central/West)	East	Central	West	East	East	East	East	East	Central
Number of Students in the Class	201	167	139	130	96	95	92	87	75
Course Sequence	1	2	1	1	1	1	1	2	1
Class Average Score	27%	37%	35%	33%	25%	24%	32%	37%	36%
Std Dev.	12%	16%	13%	14%	10%	9%	17%	15%	16%
Std. Error	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%
Campus Ranking (on a scale of 2.0-4.9)	3.95	4.30	4.14	4.01	3.95	3.95	4.01	3.72	4.34
	State U	State U	LibArts	LibArts	LibArt	LibArt	LibArts	CC	CC
Location (East/Central/West)	West	West	West	West	Central	Central	Central	West	Central
Number of Students in the Class	52	46	107	43	31	29	27	43	27
Course Sequence	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Class Average Score	31%	33%	31%	41%	28%	29%	30%	35%	30%
Std Dev.	14%	12%	14%	16%	12%	14%	16%	13%	12%
Std. Error	2%	2%	1%	2%	2%	3%	3%	2%	2%
Campus Ranking (on a scale of 2.0-4.9)	3.44	4.14		3.24	3.29	n/a	n/a	3.13	

	CC	CC	Technical	Women					
Location (East/Central/West)	East	East	Central	East					
Number of Students in the Class	19	6	23	22					
Course Sequence	1	1	1	1					
Class Average Score	30%	29%	51%	30%					
Std Dev.	10%	14%	23%	8%					
Std. Error	2%	6%	5%	2%					
Campus Ranking (on a scale of 2.0-4.9)	n/a	n/a	n/a	n/a					

Πίνακας 8
Συγκριτικός πίνακας του αριθμού των σωστών απαντήσεων των φοιτητών στις ερωτήσεις του Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας

ΕΡΩΤΗΣΗ #	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ/ΜΑΘΗΤΩΝ					
	Φοιτητές Φυσικής - παρούσα μελέτη (2010)	Φοιτητές διαφόρων πεδίων – Έρευνα του R.Trumper (2000)	Τελεόφοιτοι μαθητές Λυκείου – Έρευνα του R. Trumper (2001)	Φοιτητές διαφόρων πεδίων– Έρευνα του M. Zeilik (1999)	Φοιτητές εργαστηρίων Αστρονομίας- Έρευνα για την επιδραση των εργαστηρίων (2006)	Φοιτητές (SME) – Έρευνα με το ADT 1.5 (1996-1997)
2	88,7%	62%	64%	-	-	-
3	36,5%	32,9%	36%	23%	-	42%
4	43,3%	51,3%	53%	31%	-	-
6	28,9%	20%	22,4%	10%	-	33%
7	51%	-		12%	-	25%
9	64,6%	-		-	-	51%
10	58,8%	50%	49%	-	-	-
12	38,9%	35,5%	25%	-	-	-
14	54,6%	67,1%	62%	-	58,5%	-
21	63,5%	73,7%	65%	-	-	-

Πίνακας 9

Ανάλυση Αξιοπιστίας – Συντελεστής Άλφα του Cronbach

Cronbach's Alpha	N of Items
0,943	96

Πίνακας 10

Ανάλυση Αξιοπιστιας – Συντελεστής Άλφα του Cronbach if item deleted

Item (Μεταβλητή)	Cronbach's Alpha if Item Deleted
B1dcorrect	,943
B2acorrect	,943
B3ecorrect	,943
B4dcorrect	,943
B5bcorrect	,943
B6ccorrect	,943
B7bcorrect	,940
B8acorrect	,943
B9ccorrect	,940
B10ccorrect	,943
B11bcorrect	,943
B12dcorrect	,941
B13ccorrect	,940
B14ccorrect	,943
B15acorrect	,943
B16bcorrect	,943
B17acorrect	,943
B18acorrect	,943
B19ecorrect	,939
B20bcorrect	,944
B21dcorrect	,943
B1anew	,943
B1bnew	,943
B1cnew	,943
B1enew	,943
B1fnew	,943
B2bnew	,943

B2cnew	,943
B2dnew	,943
B3anew	,943
B3bnew	,943
B3cnew	,943
B3dnew	,943
B4anew	,943
B4bnew	,943
B4cnew	,943
B5anew	,943
B5cnew	,943
B5dnew	,943
B5enew	,943
B6anew	,943
B6bnew	,943
B7anew	,940
B7cnew	,940
B7dnew	,940
B8bnew	,943
B8cnew	,943
B8dnew	,943
B8enew	,943
B9anew	,940
B9bnew	,940
B9dnew	,940
B9enew	,940
B10anew	,943
B10bnew	,943
B10dnew	,943
B10enew	,943
B11anew	,943
B11cnew	,943
B11dnew	,943
B11enew	,943
B11fnew	,943
B12anew	,941
B12bnew	,941
B12cnew	,941
B13anew	,940

B13bnew	,940
B13dnew	,940
B14anew	,943
B14bnew	,943
B14dnew	,943
B14enew	,943
B15bnew	,943
B15cnew	,943
B15dnew	,943
B16anew	,943
B16cnew	,943
B17bnew	,943
B17cnew	,943
B17dnew	,943
B18bnew	,943
B18cnew	,943
B18dnew	,943
B18enew	,943
B19anew	,939
B19bnew	,939
B19cnew	,939
B19dnew	,939
B20anew	,944
B20cnew	,944
B20dnew	,944
B20enew	,944
B21anew	,943
B21bnew	,943
B21cnew	,943
B21enew	,943

Πίνακας 11

Περιγραφική Στατιστική

Σύνολα / Υποσύνολα	N Αριθμός φοιτητών	Ελάχιστη Τιμή Βαθμολογίας	Μέγιστη Τιμή Βαθμολογίας	Μέσος Όρος Βαθμολογίας	Τυπική Απόκλιση
Όλοι οι φοιτητές	97	5	19	10,0206	3,31027
Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει το μάθημα «Αστρονομία» στο Λύκειο	25	6	18	11,9200	3,65057
Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει το μάθημα «Αστρονομία» στο Λύκειο	71	5	19	9,2817	2,87443
Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει το μάθημα «Εισαγωγή στην Αστρονομία» στο Πανεπιστήμιο	1	18	18	18,0000	.
Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει το μάθημα «Εισαγωγή στην Αστρονομία στο Πανεπιστήμιο»	95	5	19	9,8842	3,19861
Φοιτητές που βρίσκονται στο 1^{ο} εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.	83	5	19	9,9639	3,39097
Φοιτητές που βρίσκονται στο 3^{ο} εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.	6	6	15	10,6667	3,32666
Φοιτητές που βρίσκονται στο 5^{ο} εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.	3	8	10	8,6667	1,15470
Φοιτητές που βρίσκονται στο 7^{ο} εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.	2	8	11	9,5000	2,12132

Πίνακας 12

Έλεγχος Κανονικότητας του δείγματος - υποσυνόλου βαθμολογιών φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο
N		25
Normal Parameters[a]	Μέσος Όρος	11,9200
	Τυπική Απόκλιση	3,65057
Most Extreme Differences	Απόλυτη	0,119
	Θετική	0,119
	Αρνητική	-0,118
Kolmogorov-Smirnov Z		0,597
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,868
a. Test distribution is Normal.		

Πίνακας 13

Έλεγχος Κανονικότητας του δείγματος – υποσυνόλου βαθμολογιών φοιτητών που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο
N		71
Normal Parameters[a]	Μέσος Όρος	9,2817
	Τυπική Απόκλιση	2,87443
Most Extreme Differences	Απόλυτη	0,134
	Θετική	0,134
	Αρνητική	-0,087
Kolmogorov-Smirnov Z		1,127
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,158
a. Test distribution is Normal.		

Πίνακας 14

Τ- test για τη διερεύνηση της επίδρασης του παράγοντα «Παρακολούθηση του μαθήματος της Αστρονομίας στο Λύκειο» και έλεγχος ομοιογένειας της διασποράς

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
total for all students	Equal variances assumed	3,001	0,086	3,670	94	0,000	2,63831	,71889	1,21094	4,06568
	Equal variances not assumed			3,274	35,050	0,002	2,63831	,80588	1,00238	4,27424

Πίνακας 15

Έλεγχος κανονικότητας για τα δείγματα-υποσύνολα βαθμολογιών των φοιτητών διαφορετικού εξαμήνου

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
		Total students 1st semester only	total score 3rd semester students	total score 5th semester students	total score 7th semester students
N		83	6	3	2
Normal Parameters[a]	**Mean**	9,9639	10,6667	8,6667	9,5000
	Std. Deviation	3,39097	3,32666	1,15470	2,12132
Most Extreme Differences	**Absolute**	0,122	0,246	0,385	0,260
	Positive	0,122	0,246	0,385	0,260
	Negative	-0,072	-0,175	-0,282	-0,260
Kolmogorov-Smirnov Z		1,114	0,603	0,667	0,368
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,167	0,861	0,766	0,999
a. Test distribution is Normal.					

Πίνακας 16

Έλεγχος ομοιογένειας της διασποράς των δειγμάτων-υποσυνόλων των βαθμολογιών φοιτητών διαφορετικού εξαμήνου

Test of Homogeneity of Variances			
Όλοι οι φοιτητές			
Levene Statistic	**df1**	**df2**	**Sig.**
0,875	3	90	0,457

Πίνακας 17

ONE-WAY ANOVA Test για τη διερεύνηση της επίδρασης του παράγοντα «Αριθμός εξαμήνων φοίτησης»

ANOVA					
total for all students					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8,438	3	2,813	0,252	0,860
Within Groups	1005,392	90	11,171		
Total	1013,830	93			

Πίνακας 18

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 1 (Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	**Επιλογή**	**N**	**Ποσοστό**
1	A	2	2,1%
	B	1	1,0%
	C	45	46,4%
	D (σωστή απάντηση)	48	49,5%
	E	0	0%
	F	1	1,0%
	Total	**97**	**100%**

Πίνακας 19

Πίνακας συχνοτήτων ερώτησης 1 (Φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
1	A	1	4.0%
	B	0	0%
	C	7	28.0%
	D (σωστή απάντηση)	17	68.0%
	E	0	0%
	F	0	0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 20

Πίνακας συχνοτήτων ερώτησης 1 (Φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
1	A	1	1,4%
	B	1	1,4%
	C	37	52,1%
	D (σωστή απάντηση)	31	43,7%
	E	0	0%
	F	1	1,4%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 21

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 2(Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
2	α (σωστή απάντηση)	86	88,7%
	β	11	11,3%
	γ	0	0%
	δ	0	0%
	Total	**97**	**100,0%**

Πίνακας 22

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 2 (Φοιτητές που έχουν παρακολούθησει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
2	α (σωστή απάντηση)	24	96%
	β	1	4%
	γ	0	0%
	δ	0	0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 23

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 2(Φοιτητές που δεν έχουν παρακολούθησει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
2	α (σωστή απάντηση)	61	85.9%
	β	10	14,1%
	γ	0	0%
	δ	0	0%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 24

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 3 (Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
3	α	8	8,3%
	β	3	3,1%
	γ	27	28,1%
	δ	23	24,0%
	ε (σωστή απάντηση)	35	36,5%
	Total	**96**	**100,0%**

Πίνακας 25

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 3 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
3	α	2	8%
	β	2	8%
	γ	7	28%
	δ	4	16%
	ε (σωστή απάντηση)	10	40%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 26

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 3 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
3	α	6	0%
	β	1	1.6%
	γ	20	31,2%
	δ	19	29,7%
	ε (σωστή απάντηση)	24	37,5%
	Total	**70**	**100,0%**

Πίνακας 27

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 4 (Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	**Επιλογή**	**N**	**Ποσοστό**
4	α	35	36,1%
	β	19	19,6%
	γ	1	1,0%
	δ (σωστή απάντηση)	42	43,3%
	Total	**97**	**100,0%**

Πίνακας 28

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 4 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	**Επιλογή**	**N**	**Ποσοστό**
4	α	9	36%
	β	3	12%
	γ	1	4%
	δ (σωστή απάντηση)	12	48%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 29

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 4 (Φοιτητές που δεν είχαν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	**Επιλογή**	**N**	**Ποσοστό**
4	α	26	36,6%
	β	16	22,5%
	γ	0	0%
	δ (σωστή απάντηση)	24	40,8%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 30

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 5 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
5	α	1	1,0%
	β (σωστή απάντηση)	86	89,6%
	γ	3	3,1%
	δ	2	2,1%
	ε	4	4,2%
	Total	**96**	**100,0%**

Πίνακας 31

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 5 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
5	α	1	4,2%
	β (σωστή απάντηση)	21	87,5%
	γ	1	4,2%
	δ	0	0%
	ε	1	4,2%
	Total	24	100,0%

Πίνακας 32

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 5 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
5	α	0	0%
	β (σωστή απάντηση)	64	90,1%
	γ	2	2,8%
	δ	2	2,8%
	ε	3	4,2%
	Total	71	100,0%

Πίνακας 33

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 6 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
6	α	36	37,1%
	β	33	34,0%
	γ (correct)	28	28,9%
	Total	**97**	**100,0%**

Πίνακας 34

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 6 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
6	α	4	16,0%
	β	9	36,0%
	γ (correct)	12	48,0%
	Total	**25**	**100%**

Πίνακας 35

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 6 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
6	α	32	45,1%
	β	24	33,8%
	γ (correct)	15	21,1%
	Total	71	100,0%

Πίνακας 36

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 7 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
7	α	40	41,7%
	β (correct)	49	51,0%
	γ	1	1,0%
	δ	6	6,2%
	Total	**96**	**100,0%**

Πίνακας 37

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 7 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
7	α	13	52,0%
	β (correct)	12	48,0%
	γ	0	0%
	δ	0	0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 38

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 7 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
7	α	27	38,6%
	β (correct)	36	51,4%
	γ	1	1,4%
	δ	6	8,6%
	Total	**70**	**100,0%**

Πίνακας 39

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 8 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
8	α (correct)	88	90,7%
	β	1	1%
	γ	6	6,2%
	δ	1	1,0%
	ε	1	1,0%
	Total	**97**	**100,0%**

Πίνακας 40

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 8 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
8	α (correct)	25	100%
	β	0	0%
	γ	0	0%
	δ	0	0%
	ε	0	0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 41

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 8 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
8	α (correct)	62	87,3%
	β	1	1,4%
	γ	6	8,5%
	δ	1	1,4%
	ε	1	1,4%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 42

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 9 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
9	α	11	11,5%
	β	3	3,1%
	γ (correct)	62	64,6%
	δ	16	16,7%
	ε	4	4,2%
	Total	**96**	**100,0%**

Πίνακας 43

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 9 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
9	α	1	4%
	β	1	4%
	γ (correct)	19	76%
	δ	3	12%
	ε	1	4%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 44

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 9 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
9	α	10	14,3%
	β	2	2,9%
	γ (correct)	42	60%
	δ	13	18,6%
	ε	3	4,3%
	Total	**70**	**100,0%**

Πίνακας 45

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 10 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
10	α	6	6,2%
	β	6	6,2%
	γ (correct)	57	58,8%
	δ	15	15,5%
	ε	13	13,4%
	Total	**97**	**100,0%**

Πίνακας 46

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 10 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
10	α	1	4%
	β	0	0%
	γ (correct)	20	80%
	δ	3	12%
	ε	1	4%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 47

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 10 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
10	α	5	7%
	β	6	8,5%
	γ (correct)	36	50,7%
	δ	12	16,9%
	ε	12	16,9%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 48

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 11 (Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	Επιλογή	N	Ποσοστό
11	α	0	0%
	β (correct)	22	22,3%
	γ	6	6,4%
	δ	2	2,1%
	ε	5	5,3%
	στ	60	63,8
	Total	**95**	**100,0%**

Πίνακας 49

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 11 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	**Επιλογή**	**N**	**Ποσοστό**
11	α	0	0%
	β (correct)	6	24,0%
	γ	3	12%
	δ	0	0%
	ε	2	8%
	στ	14	56,0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 50

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 10 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	**Επιλογή**	**N**	**Ποσοστό**
11	α	0	0%
	β (correct)	16	23,2%
	γ	3	4,3%
	δ	2	2,9%
	ε	3	4,3%
	στ	45	65,2%
	Total	**69**	**100,0%**

Πίνακας 51

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 12 (Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	**Επιλογή**	**N**	**Ποσοστό**
12	α	11	11,6%
	β	26	27,4%
	γ	21	22,1%
	δ (correct)	37	38,9%
	Total	**95**	**100,0%**

Πίνακας 52

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 12 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	Επιλογή	N	Ποσοστό
12	α	3	12,5%
	β	6	25%
	γ	4	16,7%
	δ (correct)	11	45,8%
	Total	**24**	**100,0%**

Πίνακας 53

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 12 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	Επιλογή	N	Ποσοστό
12	α	8	11,4%
	β	20	28,6%
	γ	17	24,3%
	δ (correct)	25	35,7%
	Total	**70**	**100,0%**

Πίνακας 54

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 13 (Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
13	α	2	2,1%
	β	33	34,4%
	γ (correct)	22	22,9%
	δ	39	40,6%
	Total	96	100,0%

Πίνακας 55

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 13 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
13	α	0	0%
	β	8	32%
	γ (correct)	5	20%
	δ	12	48%
	Total	**25**	**100,0%**

Πινακας 56

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 13 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
# Ερώτηση	Επιλογή	N	Ποσοστό
13	α	2	2,9%
	β	25	35,7%
	γ (correct)	16	22,9%
	δ	27	38,6%
	Total	**70**	**100,0%**

Πίνακας 57

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 14 (Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	Επιλογή	N	Ποσοστό
14	α	41	42.3%
	β	1	1.0%
	γ (correct)	53	54.6%
	δ	2	2.1%
	ε	0	0.0%
	Total	**97**	**100,0%**

Πίνακας 58

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 14 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	Επιλογή	N	Ποσοστό
14	α	11	44%
	β	0	0%
	γ (correct)	13	52%
	δ	1	4%
	ε	0	0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 59

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 14 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	Επιλογή	N	Ποσοστό
14	α	30	42,3%
	β	1	1,4%
	γ (correct)	39	54,9%
	δ	1	1,4%
	ε	0	0%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 60

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 15 (Όλοι οι φοιτητές)

		Απαντήσεις	
Ερώτηση #	Επιλογή	N	Ποσοστό
15	α (correct)	49	50.5%
	β	41	42.3%
	γ	3	3.1%
	δ	4	4.1%
	Total	**97**	**100,0%**

Πίνακας 61
Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 15 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
15	α (correct)	17	68%
	β	8	32%
	γ	0	0%
	δ	0	0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 62
Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 15 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
15	α (correct)	31	43,7%
	β	33	46,5%
	γ	3	4,2%
	δ	4	5.6%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 63
Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 16 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
16	α	38	39.2%
	β (correct)	58	59.8%
	γ	1	1.0%
	Total	**97**	**100,0%**

Πίνακας 64

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 16 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
16	α	5	20%
	β (correct)	20	80%
	γ	0	0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 65

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 16 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
16	α	32	45,1%
	β (correct)	38	53,5%
	γ	1	1,4%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 66

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 17 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
17	α (correct)	34	35,4%
	β	28	29,2%
	γ	31	32,3%
	δ	3	3,1%
	Total	**96**	**100,0%**

Πίνακας 67

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 17 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
17	α (correct)	15	60%
	β	4	16%
	γ	6	24%
	δ	0	0%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 68

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 17 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
17	α (correct)	19	27,1%
	β	24	34,3%
	γ	25	35,7%
	δ	2	2,9%
	Total	**70**	**100,0%**

Πίνακας 69

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 18 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
18	α (correct)	27	28,7%
	β	0	0%
	γ	2	2,1%
	δ	9	9,6%
	ε	56	59,6%
	Total	**94**	**100,0%**

Πίνακας 70

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 18 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
18	α (correct)	13	52%
	β	0	0%
	γ	0	0%
	δ	2	8%
	ε	10	40%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 71

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 18 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
18	α (correct)	14	20,6%
	β	0	0%
	γ	2	2,9%
	δ	6	8,8%
	ε	46	67,6%
	Total	**68**	**100,0%**

Πίνακας 72

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 19 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
19	α	2	2,2%
	β	5	5,4%
	γ	21	22,8%
	δ	42	45,7%
	ε (correct)	22	23,9%
	Total	**92**	**100,0%**

Πίνακας 73

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 19 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
19	α	0	0%
	β	0	0%
	γ	9	36%
	δ	11	44%
	ε (correct)	5	20%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 74

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 19 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
19	α	2	3%
	β	5	7,6%
	γ	12	18,2%
	δ	31	47%
	ε (correct)	16	24,2%
	Total	**66**	**100,0%**

Πίνακας 75

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 20 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
20	α	58	60,4%
	β (correct)	5	5,2%
	γ	7	7,3%
	δ	22	22,9%
	ε	4	4,2%
	Total	**96**	**100,0%**

Πίνακας 76

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 20 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
20	α	12	50%
	β (correct)	1	4,2%
	γ	4	16,7%
	δ	4	16,7%
	ε	3	12,5%
	Total	**24**	**100,0%**

Πίνακας 77

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 20 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
20	α	45	63,4%
	β (correct)	4	5,6%
	γ	3	14,2%
	δ	18	25,4%
	ε	1	1,4%
	Total	**71**	**100,0%**

Πίνακας 78

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 21 (Όλοι οι φοιτητές)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
21	α	1	1,0%
	β	15	15,6%
	γ	1	1,0%
	δ (correct)	61	63,5%
	ε	18	18,8%
	Total	**96**	**100,0%**

Πίνακας 79

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 21 (Φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
21	α	0	0%
	β	2	8%
	γ	1	4%
	δ (correct)	20	80%
	ε	2	8%
	Total	**25**	**100,0%**

Πίνακας 80

Πίνακας Συχνοτήτων Ερώτησης 21 (Φοιτητές που δεν έχουν παρακολουθήσει Αστρονομία στο Λύκειο)

Ερώτηση #	Επιλογή	Απαντήσεις	
		N	Ποσοστό
21	α	1	1,4%
	β	13	18,6%
	γ	0	0%
	δ (correct)	40	57,1%
	ε	16	22,9%
	Total	**70**	**100,0%**

Πίνακας 81

Πινακας Συνάφειας Ερωτήσεων 1 & 2 & 14

$q14[a]				$q2		
				B2a correct	B2b	Total
B14a	$q1	B1c	Count	16	2	18
		B1dcorrect	Count	22	1	23
		Total	Count	38	3	41
B14b	$q1	B1dcorrect	Count	1		1
		Total	Count	1		1
B14ccorrect	$q1	B1a	Count	0	1	1
		B1b	Count	0	1	1
		B1c	Count	23	4	27
		B1dcorrect	Count	23	1	24
		Total	Count	46	7	53
B14d	$q1	B1a	Count	1	0	1
		B1f	Count	0		1
		Total	Count	1	1	2

Πίνακας 82

Πίνακας Συνάφειας - Ερωτήσεις 3 &14

			$q3					
			3a	3b	3c	3d	3ecorrect	Total
$q14	14a	Count	5	1	13	9	12	40
	14b	Count	0	0	1	0	0	1
	14c correct	Count	3	2	12	14	22	53
	14d	Count	0	0	1	0	1	2
	Total	Count	8	3	27	23	35	96

Πίνακας 83

Πίνακας Συνάφειας - Ερωτήσεις 4 & 6

			$q6			
			6a	6b	6c correct	Total
$q4	4a	Count	16	11	8	35
	4b	Count	8	7	4	19
	4c	Count	0	1	0	1
	4d correct	Count	12	14	16	42
	Total	Count	36	33	28	97

Πίνακας 84

Πίνακας Συνάφειας - Ερωτήσεις 7 & 9 & 20

$q9[a]				$q20					
				B20a	B20c	B20d	B20bcorrect	B20e	Total
B9a	$q7	B7a	Count	1	1	0			2
		B7bcorrect	Count	7	0	1			8
		B7d	Count	0	0	1			1
		Total	Count	8	1	2			11
B9b	$q7	B7a	Count	1		0			1
		B7bcorrect	Count	1		1			2
		Total	Count	2		1			3
B9ccorrect	$q7	B7a	Count	16	3	7	1	1	28
		B7bcorrect	Count	14	3	8	4	2	31
		B7d	Count	3	0	0	0	0	3
		Total	Count	33	6	15	5	3	62
B9d	$q7	B7a	Count	6		2			8
		B7bcorrect	Count	2		2			4
		B7c	Count	1		0			1
		B7d	Count	2		0			2
		Total	Count	11		4			15
B9e	$q7	B7a	Count	1					1
		B7bcorrect	Count	3					3
		Total	Count	4					4

Πίνακας 85

Πίνακας Συνάφειας Ερωτήσεων 15,16,17

$Question 16[a]				$Question 17				
				17a correct	17b	17c	17d	Total
16a	Question 15	15a correct	Count	4	3	5	1	13
		15b	Count	4	5	9	0	18
		15c	Count	0	0	2	1	3
		15d	Count	0	0	4	0	4
		Total	Count	8	8	20	2	38
16b correct	Question 15	15a correct	Count	18	10	7	1	36
		15b	Count	8	9	4	0	21
		Total	Count	26	19	11	1	57
16c	Question 15	15b	Count		1			1
		Total	Count		1			1

Πίνακας 86

Πίνακας Συνάφειας Ερωτήσεων 13 &19

			Question 13				
			13a	13b	13c correct	13d	Total
Question 19	19a	Count	0	2	0	0	2
	19b	Count	0	4	1	0	5
	19c	Count	0	4	4	13	21
	19d	Count	1	10	11	20	42
	19e correct	Count	1	10	6	5	22
	Total	Count	2	30	22	38	92

Πίνακας 87

Πίνακας Συνάφειας Ερωτήσεων 10 & 11 & 12

$q10[a]				$q11					
				11c	11f	11bcorrect	11d	11e	Total
10a	$question 12	12a	Count	1	0				1
		12b	Count	0	1				1
		12c	Count	0	1				1
		12dcorrect	Count	0	3				3
		Total	Count	1	5				6
10b	$question 12	12a	Count		1	0	1		2
		12b	Count		1	0	0		1
		12c	Count		1	0	0		1
		12dcorrect	Count		1	1	0		2
		Total	Count		4	1	1		6
10c correct	$question 12	12a	Count	1	3	0	0	1	5
		12b	Count	0	9	6	1	3	19
		12c	Count	1	8	2	0	0	11
		12dcorrect	Count	0	11	8	0	0	19
		Total	Count	2	31	16	1	4	54
10d	$question 12	12a	Count	0	1	1			2
		12b	Count	1	2	0			3
		12c	Count	1	2	0			3
		12dcorrect	Count	1	5	0			6
		Total	Count	3	10	1			14
10e	$question 12	12a	Count		0	1		0	1
		12b	Count		1	1		0	2
		12c	Count		2	1		0	3
		12dcorrect	Count		5	1		1	7
		Total	Count		8	4		1	13

Πίνακας 88

Πίνακας Συνάφειας Ερωτήσεων 10 &19 & 13

$q19				$q13				
				13a	13b	13c correct	13d	Total
19a	$q10	10b	Count		1			1
		10e	Count		1			1
		Total	Count		2			2
19b	$q10	10b	Count			0		1
		10d	Count			1		1
		10e	Count			0		3
		Total	Count		4	1		5
19c	$q10	10c correct	Count		3	4	12	19
		10d	Count		1	0	1	2
		Total	Count		4	4	13	21
19d	$q10	10a	Count	1	0	0	2	3
		10c correct	Count	0	4	9	13	26
		10d	Count	0	4	0	4	8
		10e	Count	0	2	2	1	5
		Total	Count	1	10	11	20	42
19ecorrect	$q10	10a	Count	0	3	0	0	3
		10b	Count	0	1	2	1	4
		10c correct	Count	0	3	4	3	10
		10d	Count	1	0	0	1	2
		10e	Count	0	3	0	0	3
		Total	Count	1	10	6	5	22

Πίνακας 89

Πίνακας Συνάφειας Ερωτήσεων 11 και 18

			$q18				
			B18acorrect	B18c	B18d	B18e	Total
q11	B11bcorrect	Count	8	0	2	11	21
	B11c	Count	2	0	0	4	6
	B11d	Count	0	0	0	2	2
	B11e	Count	2	0	1	2	5
	B11f	Count	15	2	6	35	58
	Total	Count	27	2	9	54	92

Πίνακας 90

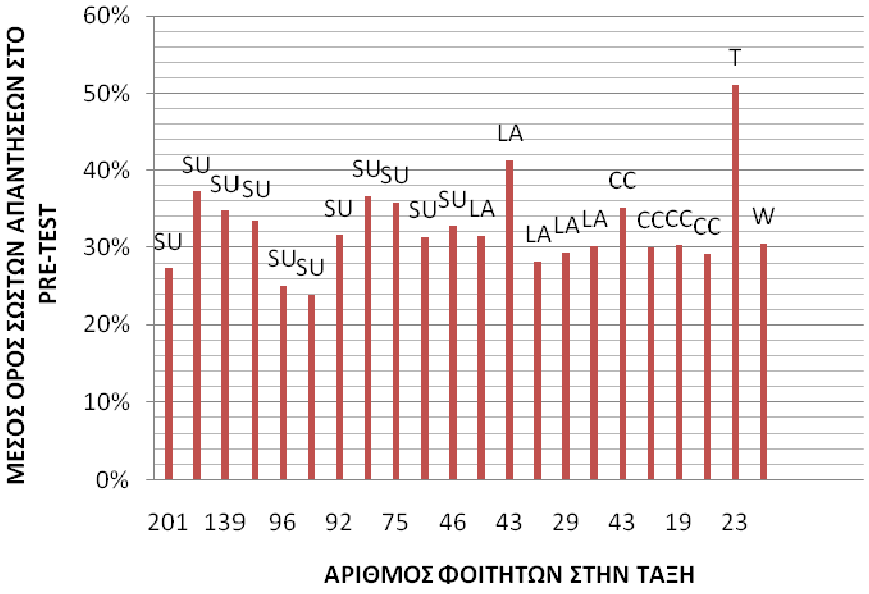
Πίνακας Συνάφειας Ερωτήσεων 17 & 21

			$q17				
			B17acorrect	B17b	B17c	B17d	Total
$q21	B21a	Count	0	1	0	0	1
	B21b	Count	1	4	9	1	15
	B21c	Count	1	0	0	0	1
	B21dcorrect	Count	25	19	14	2	60
	B21e	Count	6	4	8	0	18
	Total	Count	33	28	31	3	95

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Γράφημα 1

Μέσος όρος σωστών απαντήσεων στο ADT 2.0. συναρτήσει του αριθμού φοιτητών ανά τάξη



Επεξηγήσεις:

SU = STATE UNIVERSITY

LA = LIBERAL ARTS

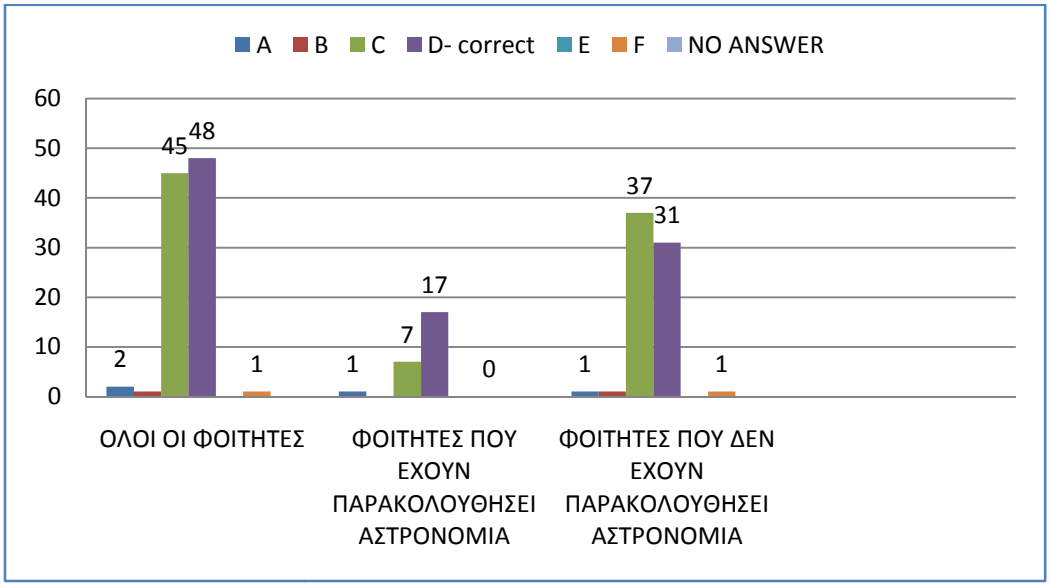
CC

T= TECHNICAL

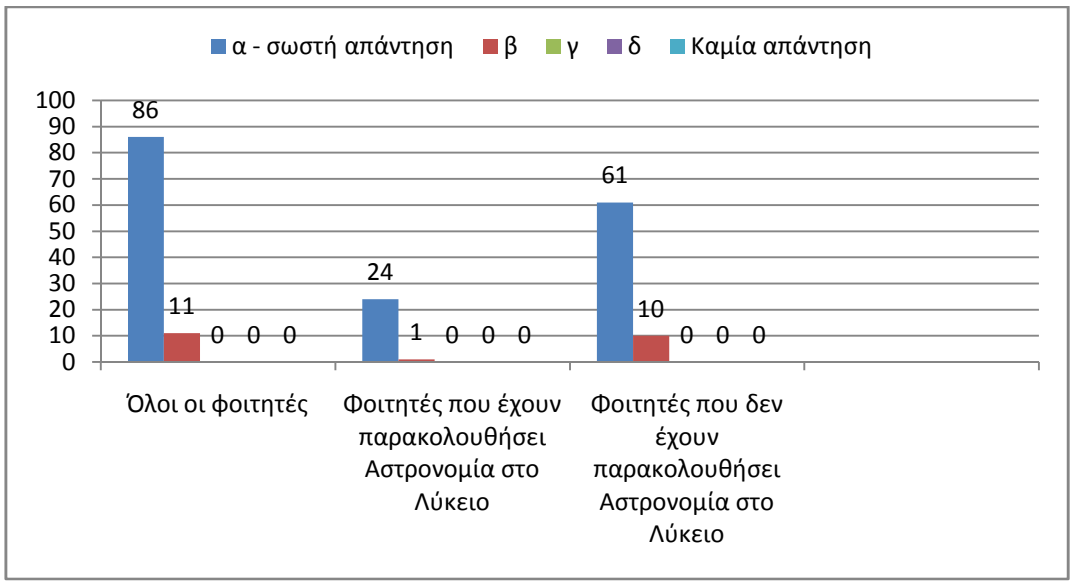
W = WOMEN

Γράφημα 2

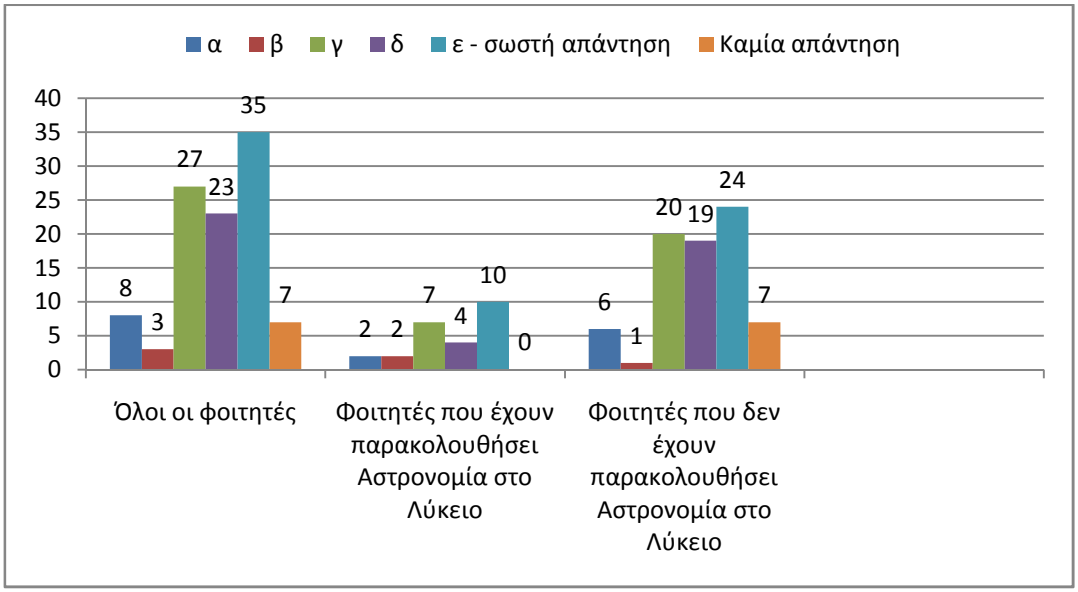
Διάγραμμα Συχνοτήτων - Απαντήσεις ερώτησης 1



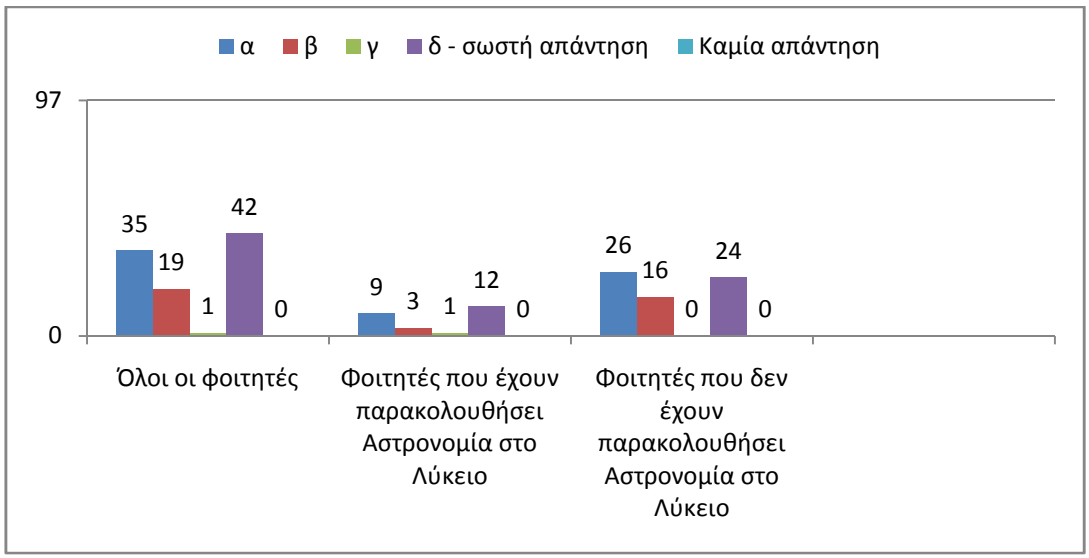
Γράφημα 3
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 2 – Απαντήσεις Φοιτητών



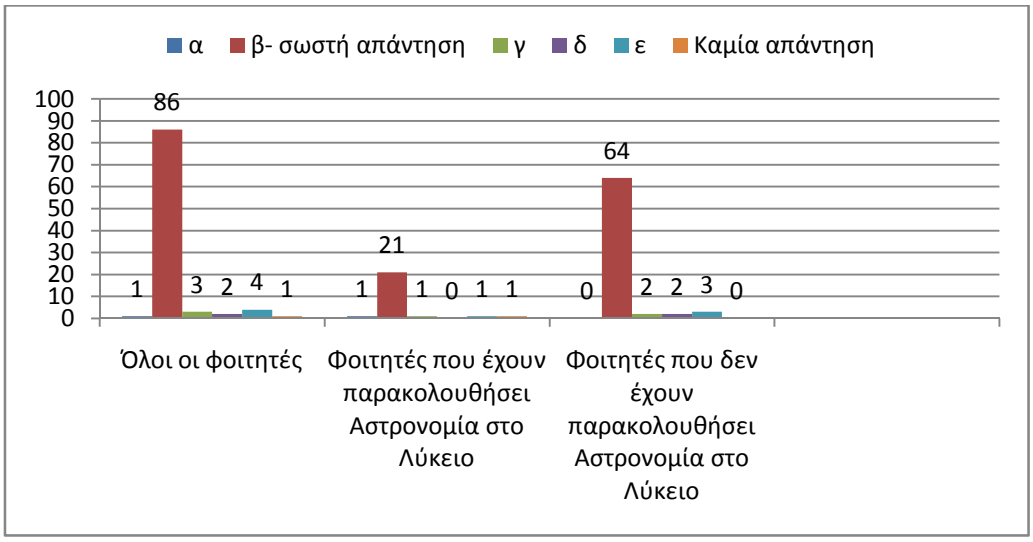
Γράφημα 4
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 3



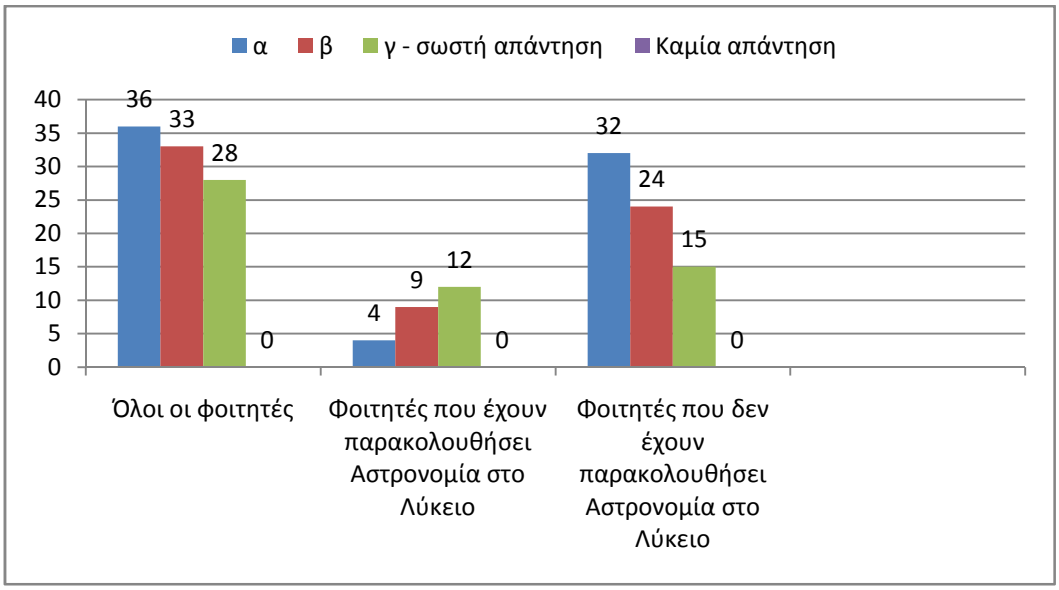
Γράφημα 5
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 4



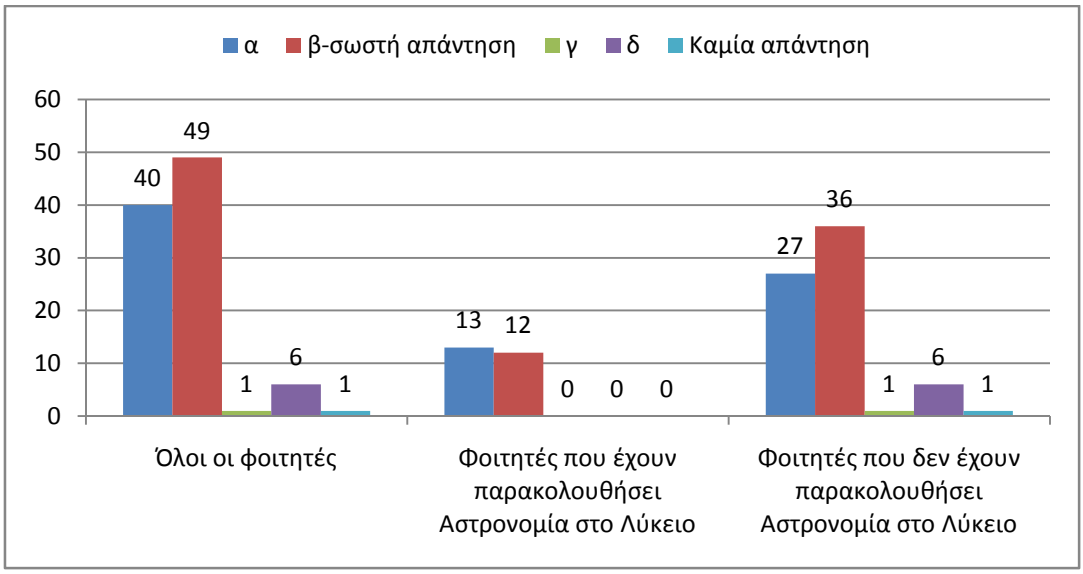
Γράφημα 6
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 5



Γράφημα 7
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 6

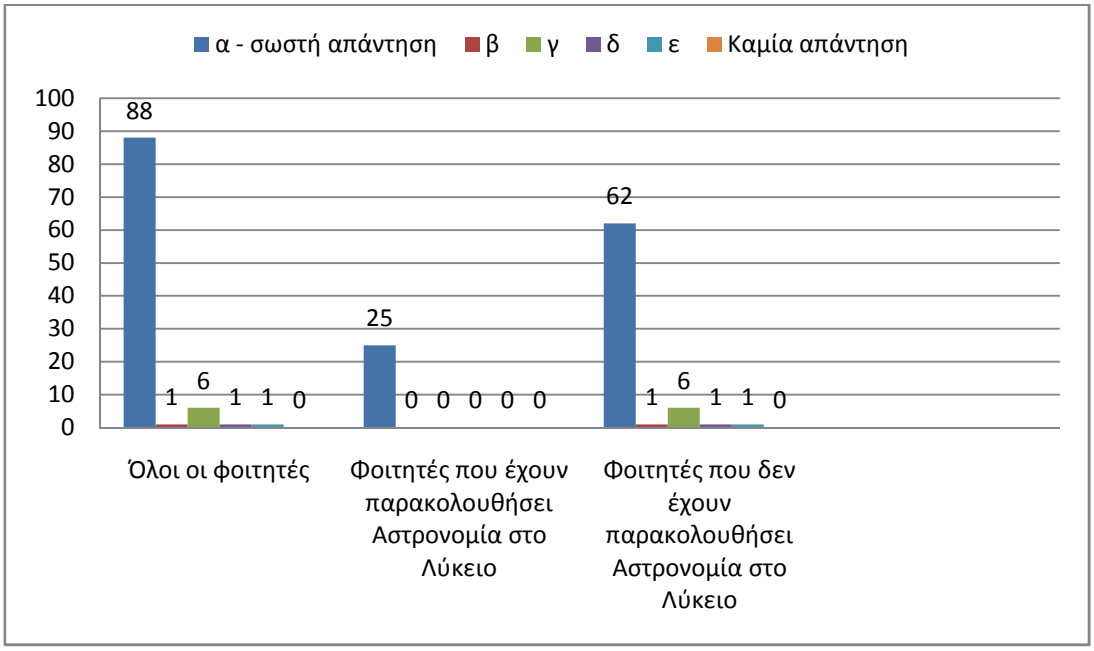


Γράφημα 8
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 7



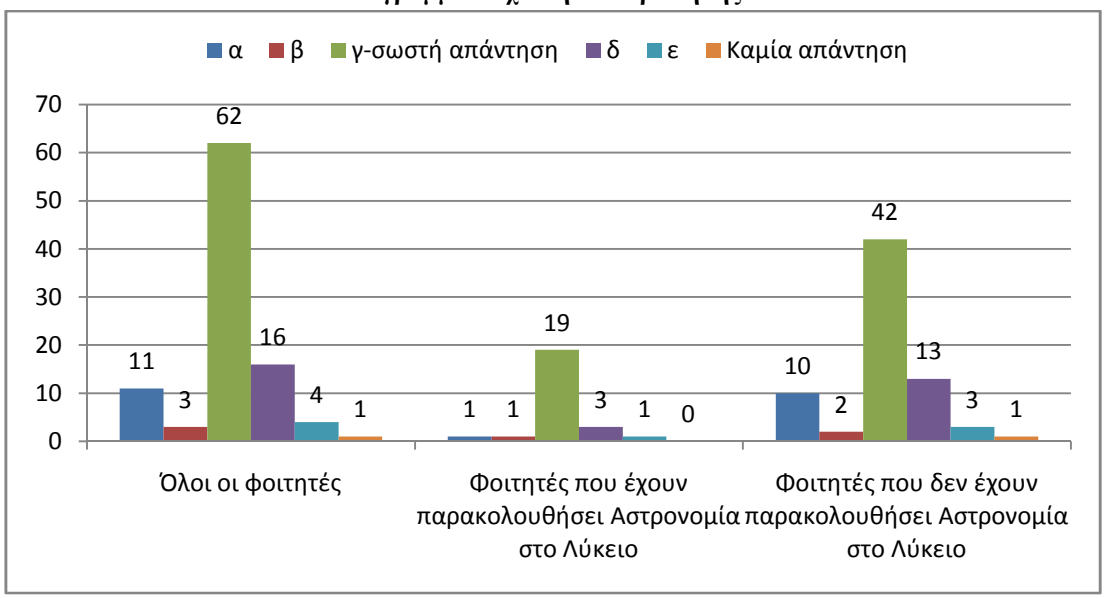
Γράφημα 9

Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 8



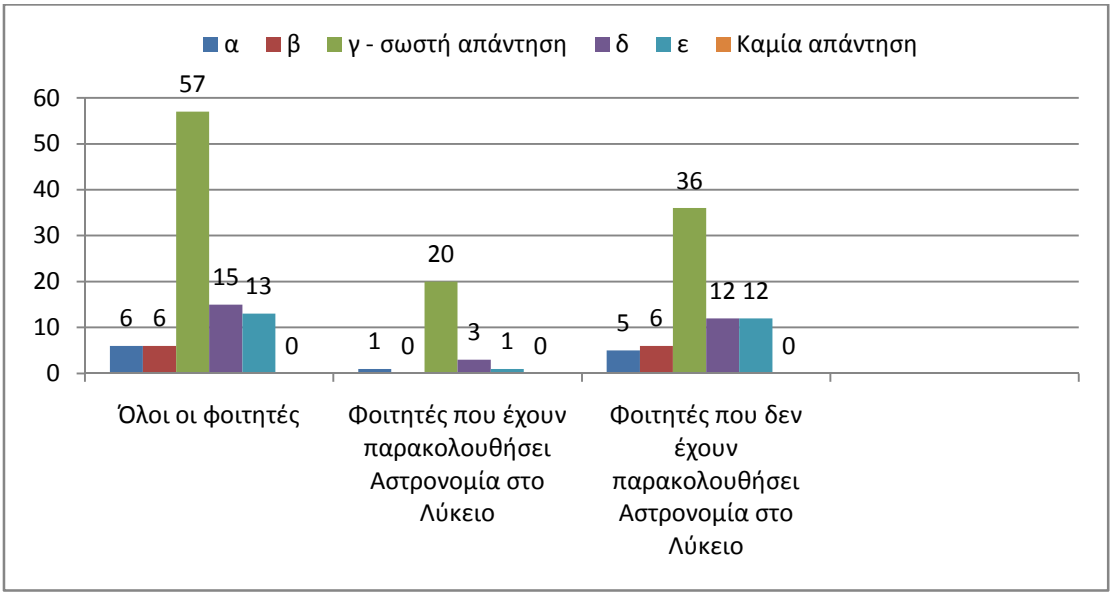
Γράφημα 10

Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 9



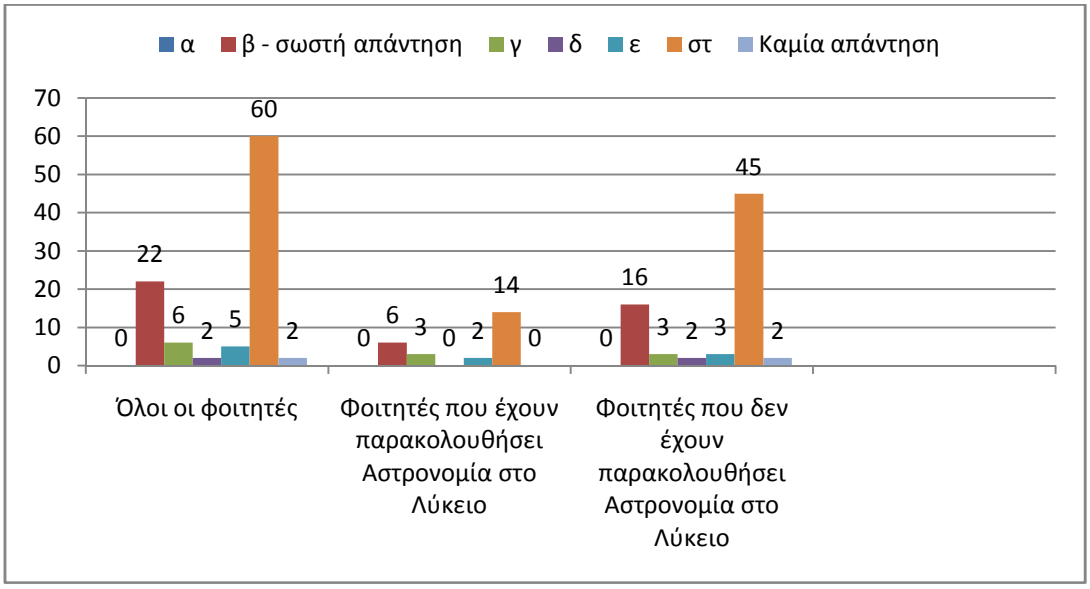
Γράφημα 11

Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 10

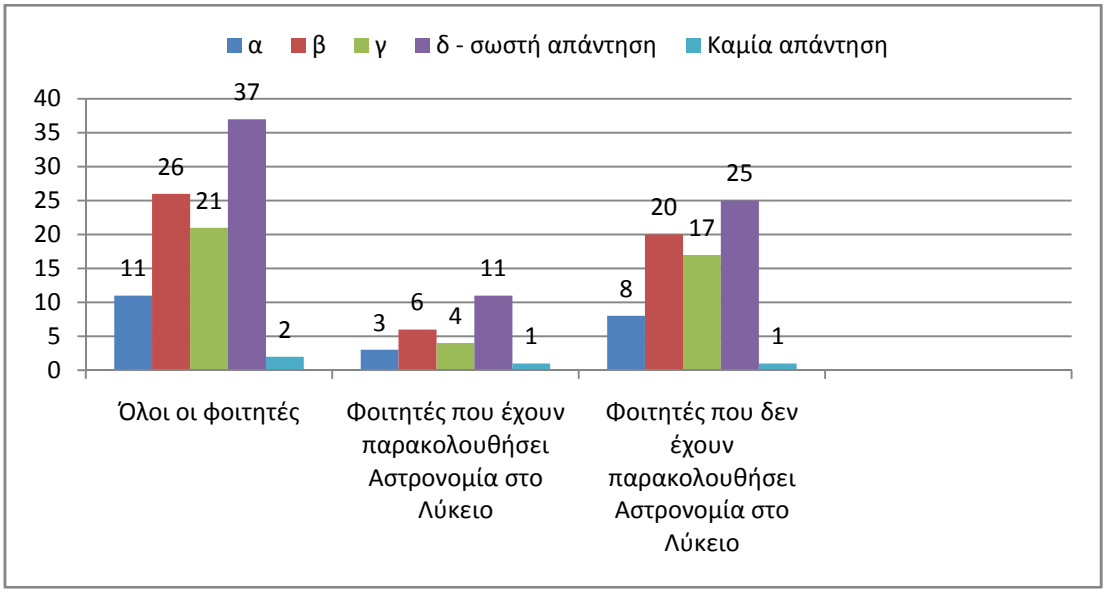


Γράφημα 12

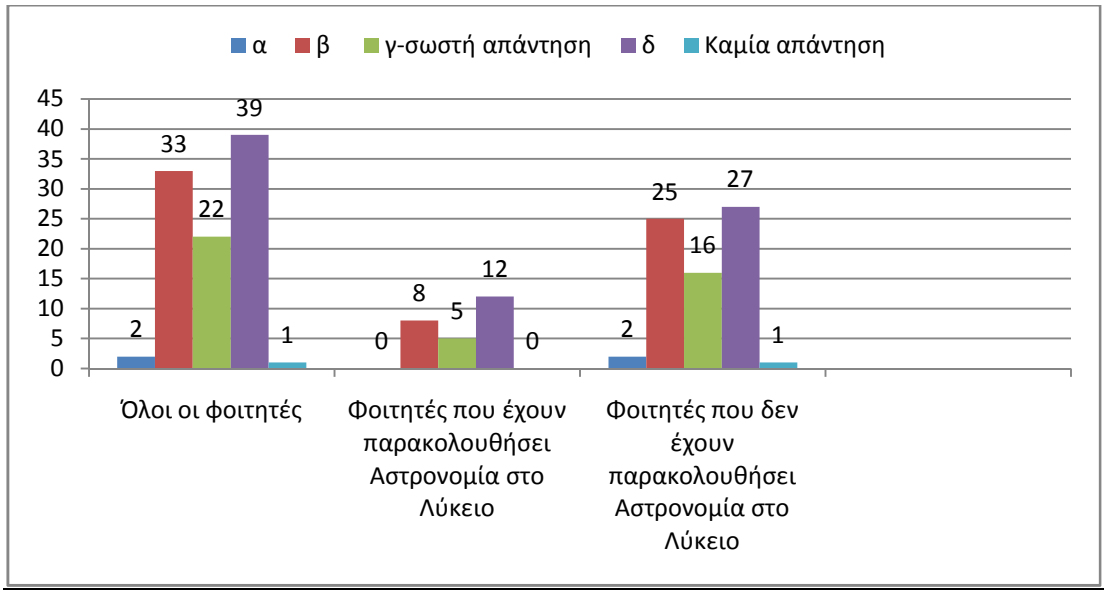
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 11



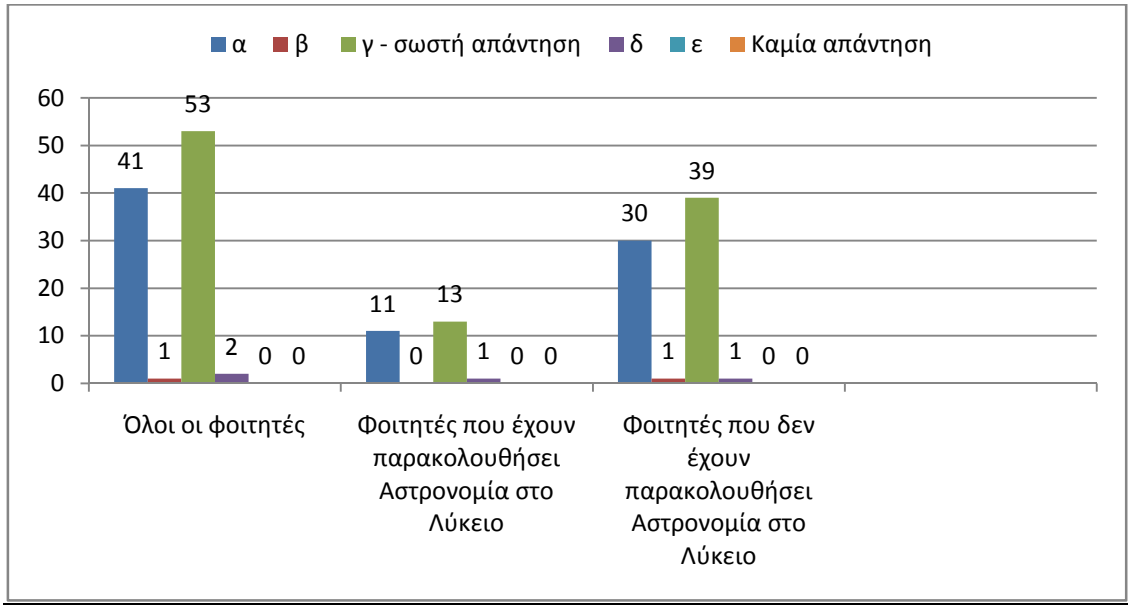
Γράφημα 13
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 12



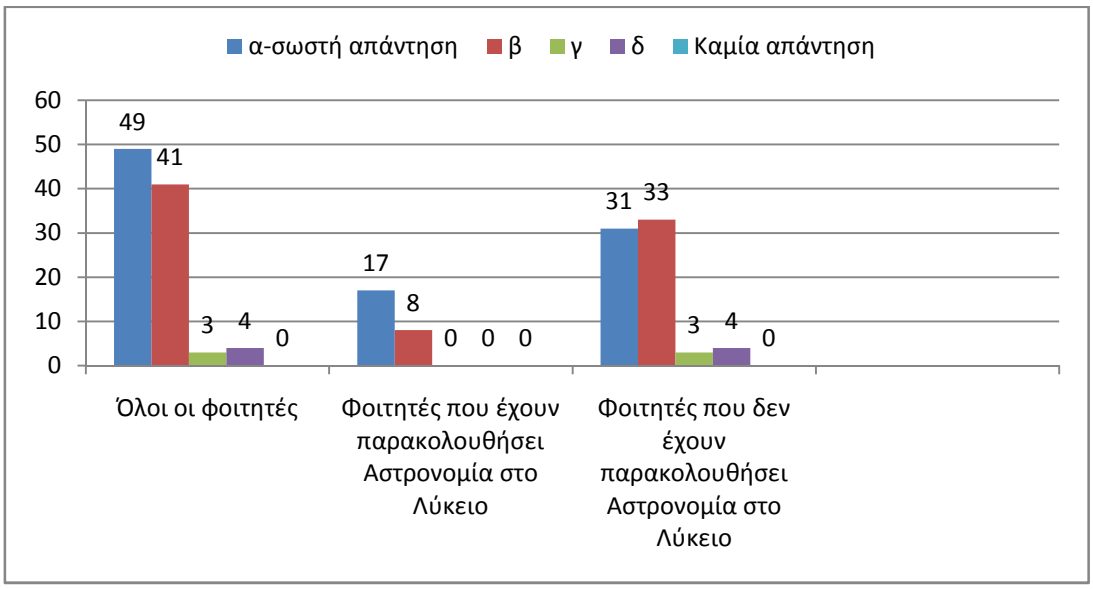
Γράφημα 14
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 13



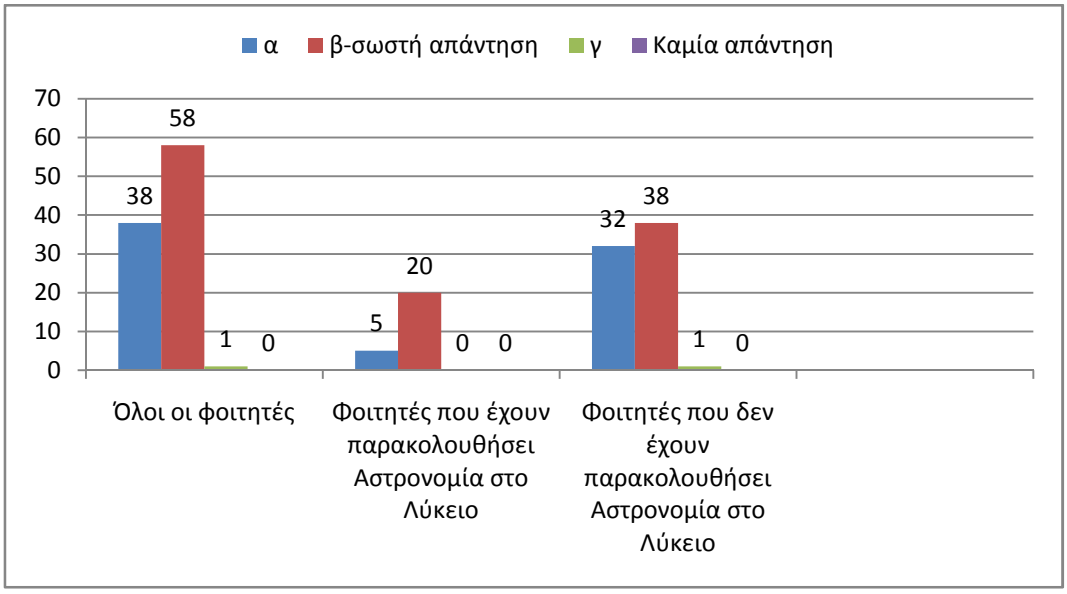
Γράφημα 15
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 14



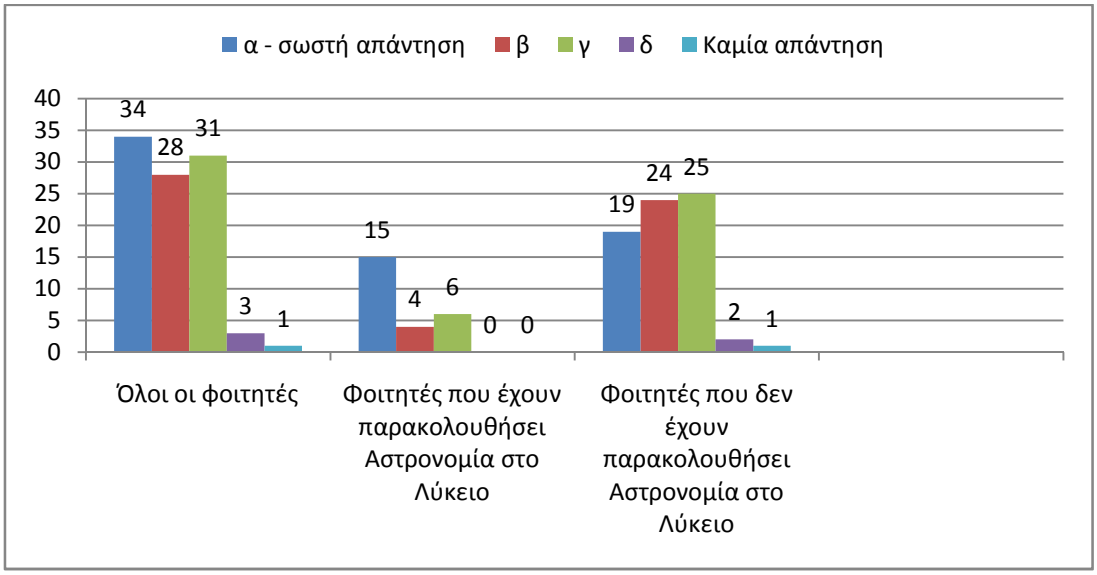
Γράφημα 16
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 15



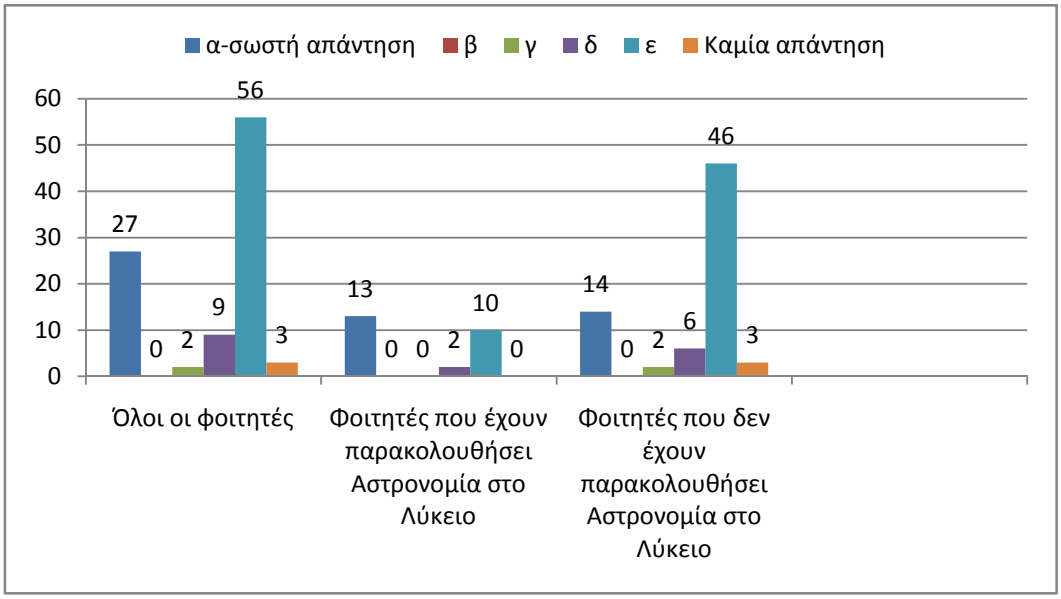
Γράφημα 17
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 16



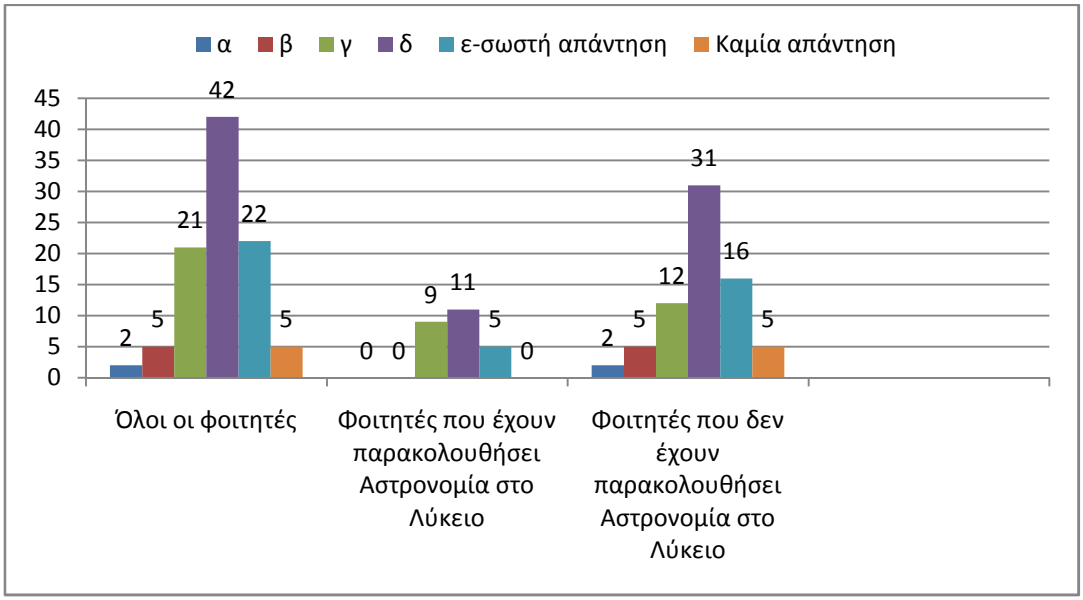
Γράφημα 18
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 17



Γράφημα 19
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 18

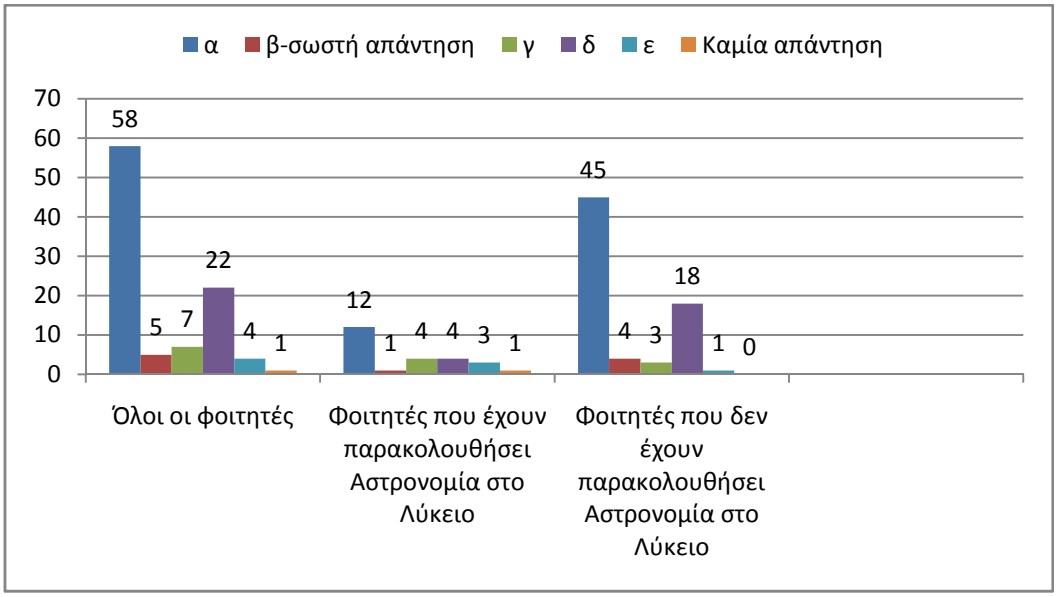


Γράφημα 20
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 19



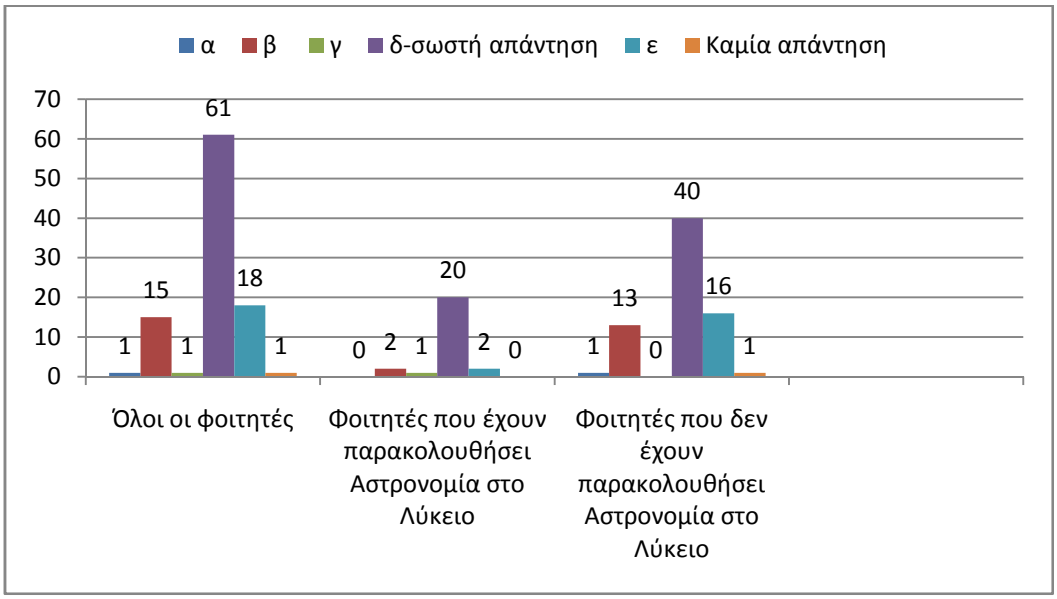
Γράφημα 21

Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 20

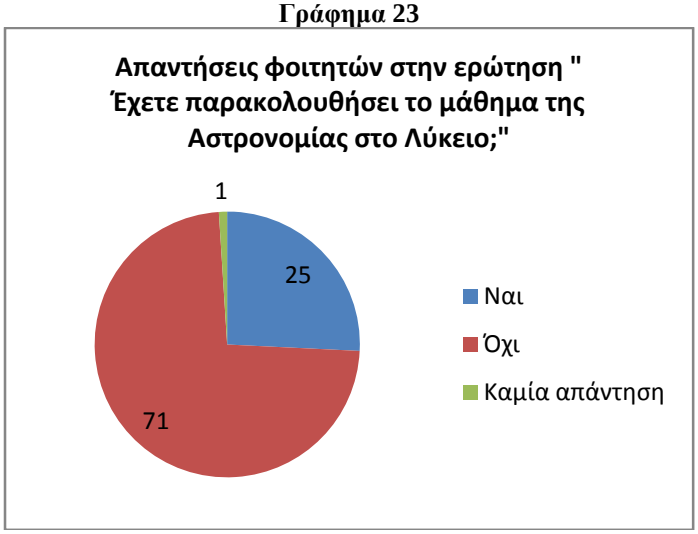


Γράφημα 22

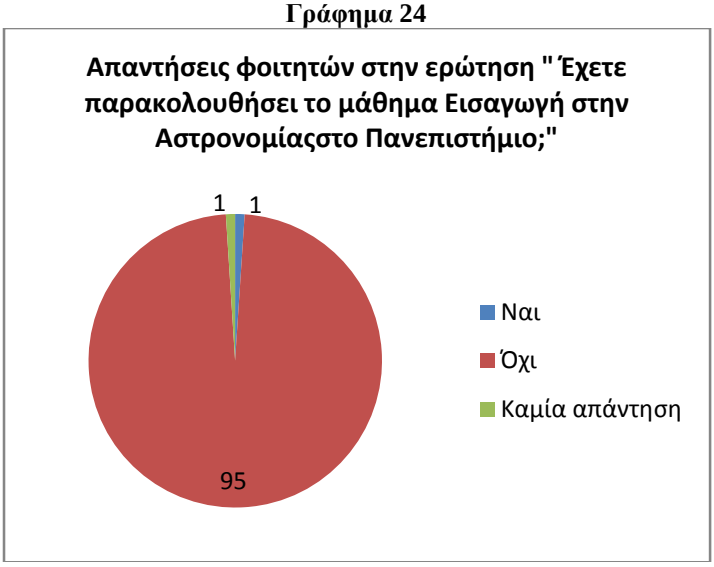
Διάγραμμα Συχνοτήτων Ερώτησης 21



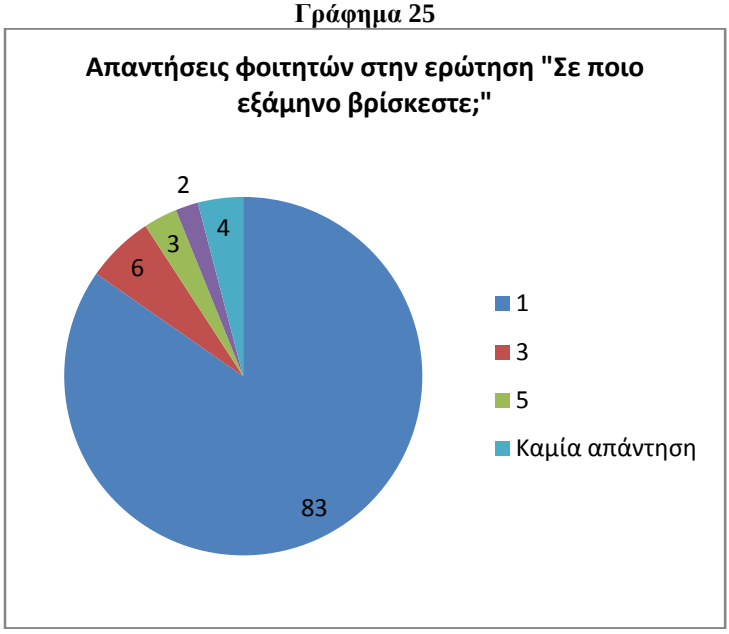
Γράφημα 23



Γράφημα 24

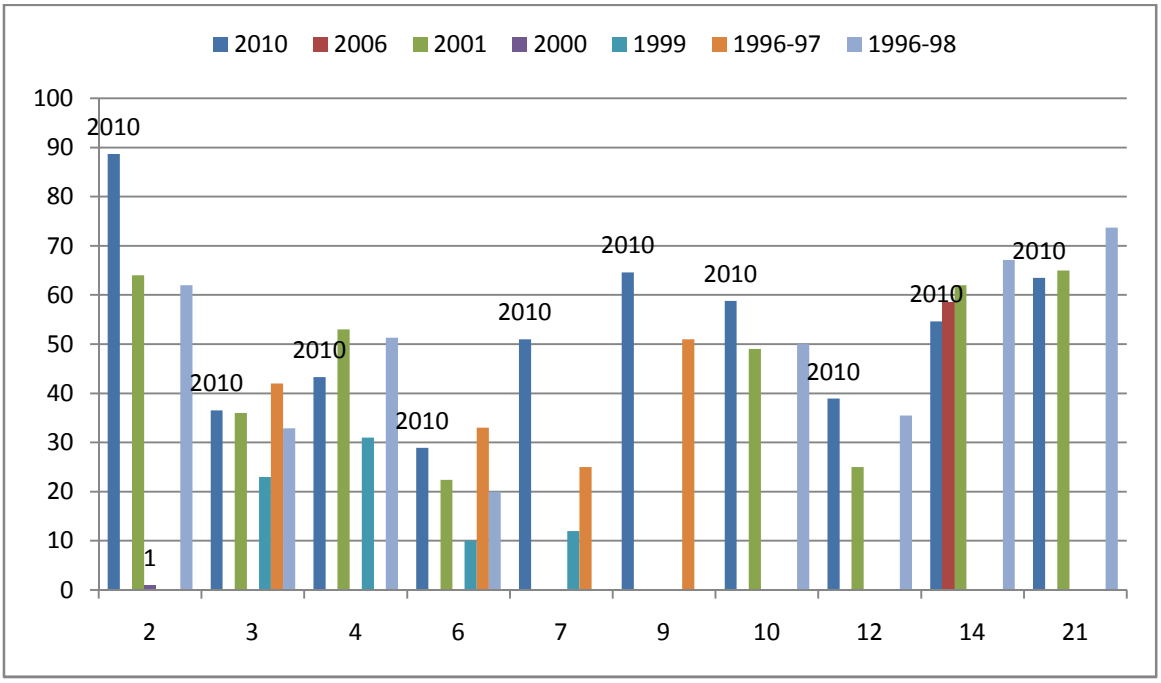


Γράφημα 25



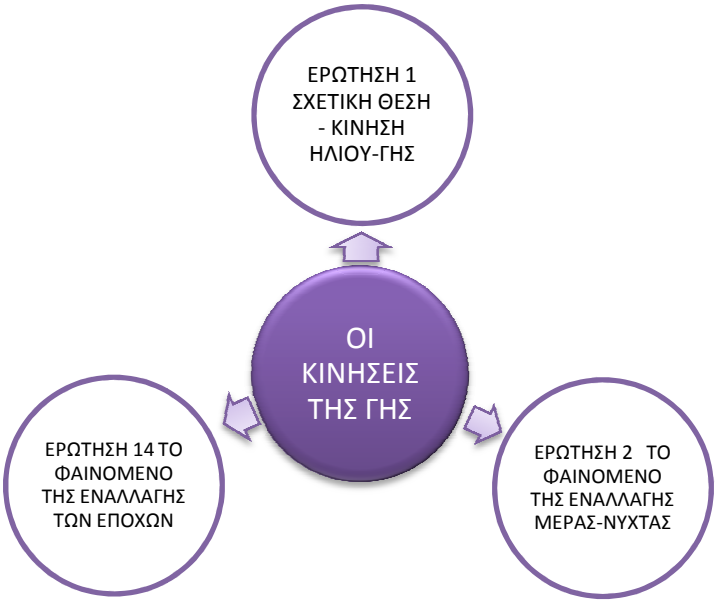
Γράφημα 26

Συγκριτικά αποτελέσματα σε ερωτήσεις του Διαγνωστικού Τεστ Αστρονομίας



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΣΧΗΜΑΤΑ

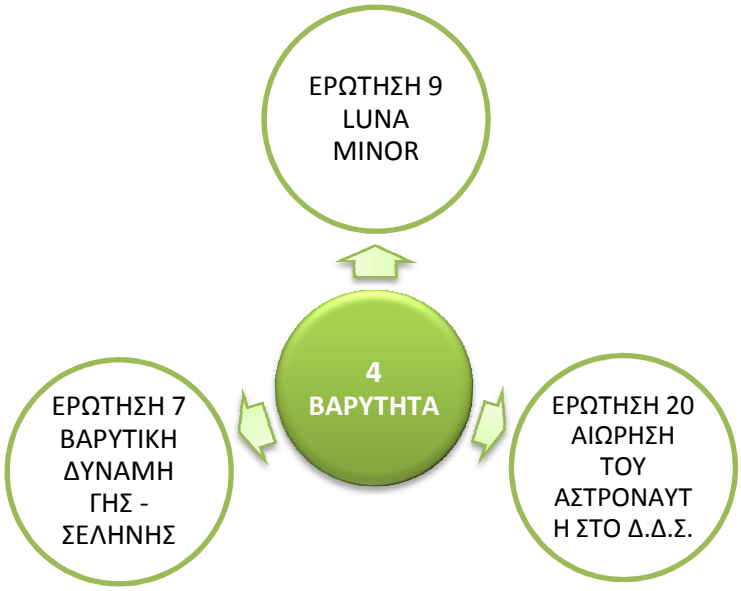
Σχήμα 1
Εννοιολογικός χάρτης 1



Σχήμα 2
Εννοιολογικός χάρτης 2

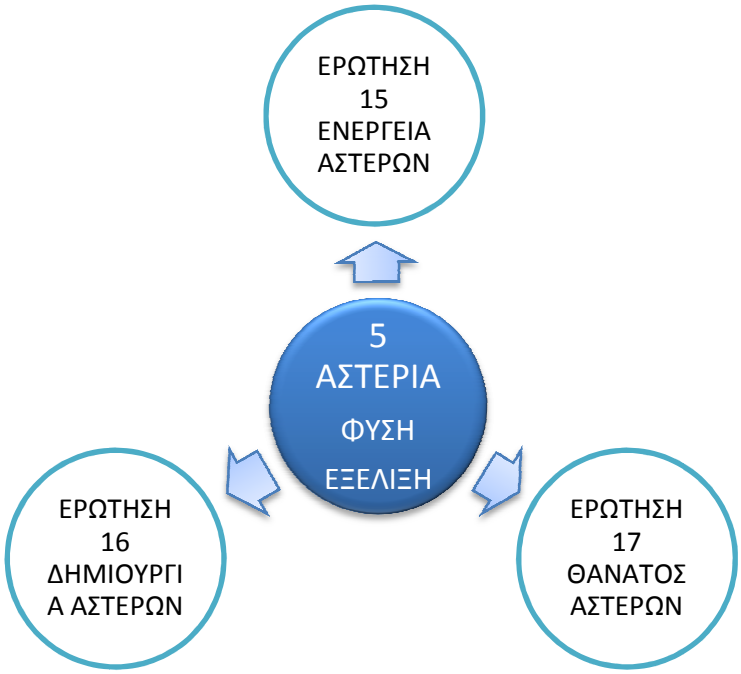
Σχήμα 3
Εννοιολογικός χάρτης 3

Σχήμα 4
Εννοιολογικός χάρτης 4

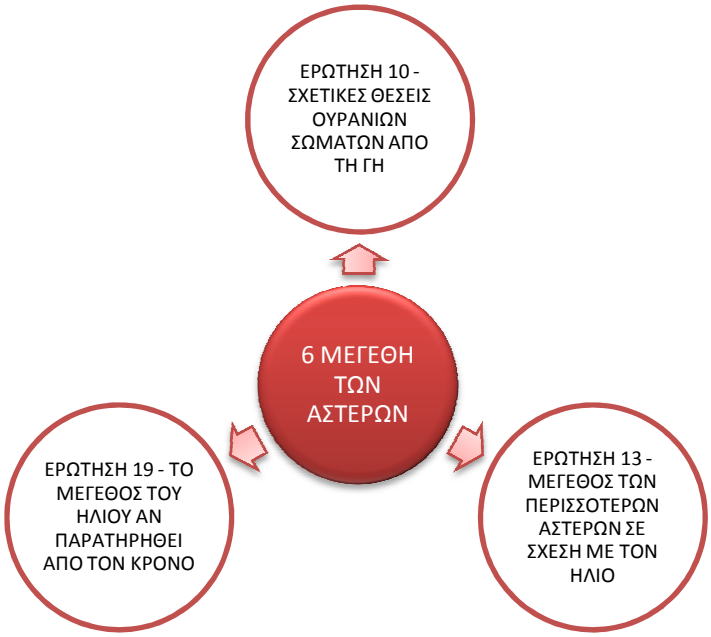


Σχήμα 5

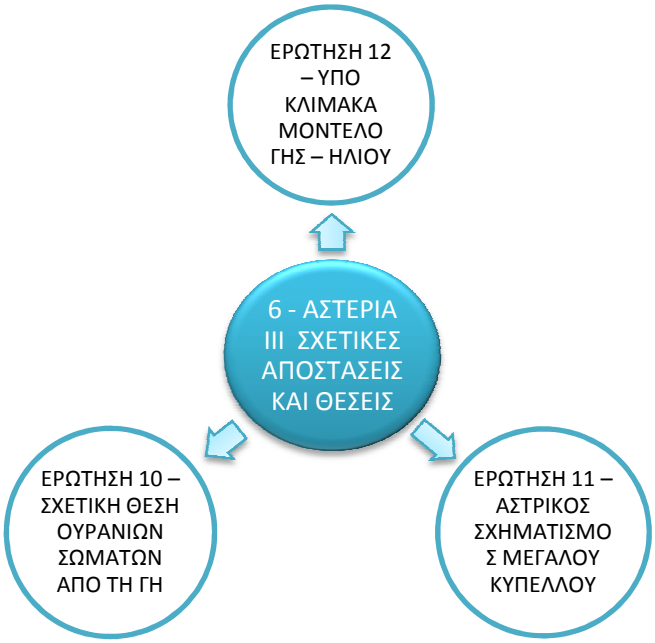
Εννοιολογικός χάρτης 5



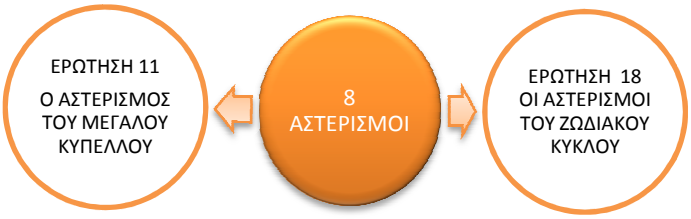
Σχήμα 6
Εννοιολογικός χάρτης 6



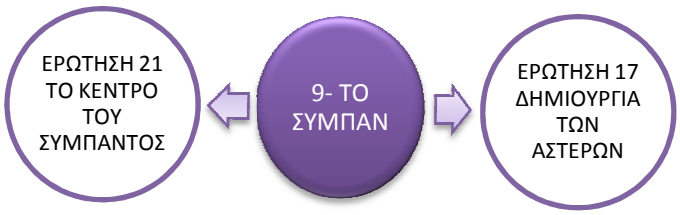
Σχήμα 7
Εννοιολογικός χάρτης 7



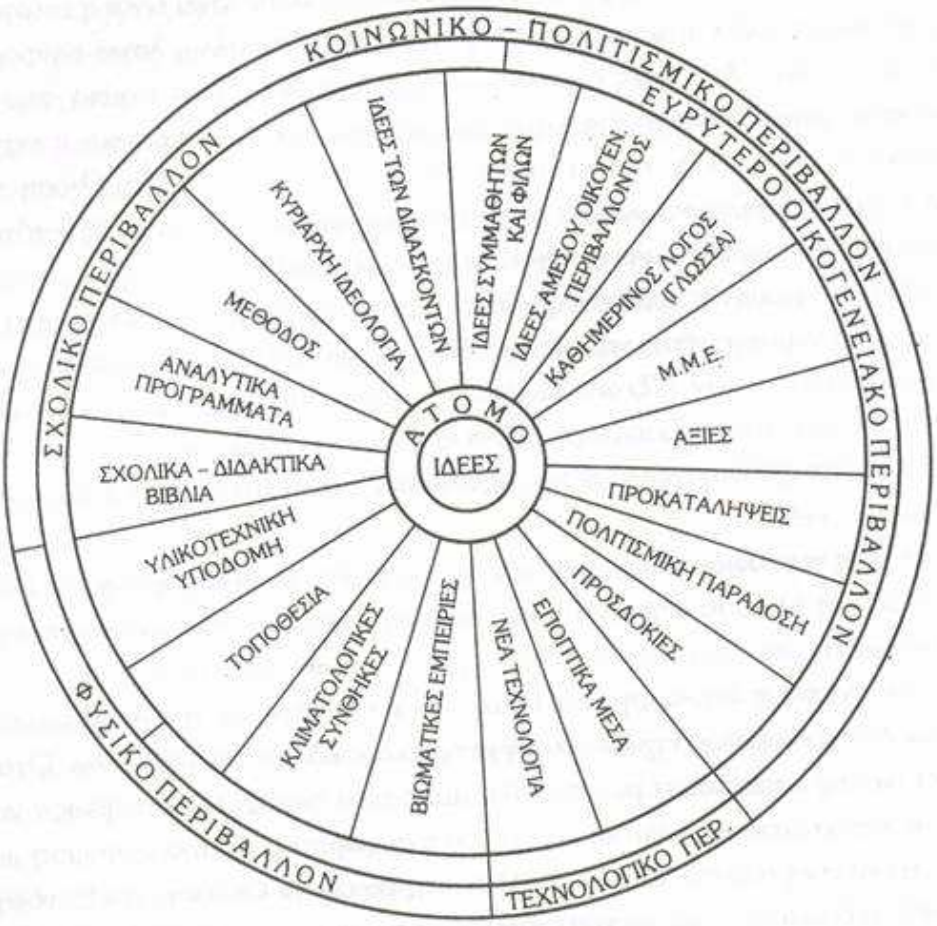
Σχήμα 8
Εννοιολογικός χάρτης 8



Εννοιολογικός Χάρτης 9
Σχήμα 9

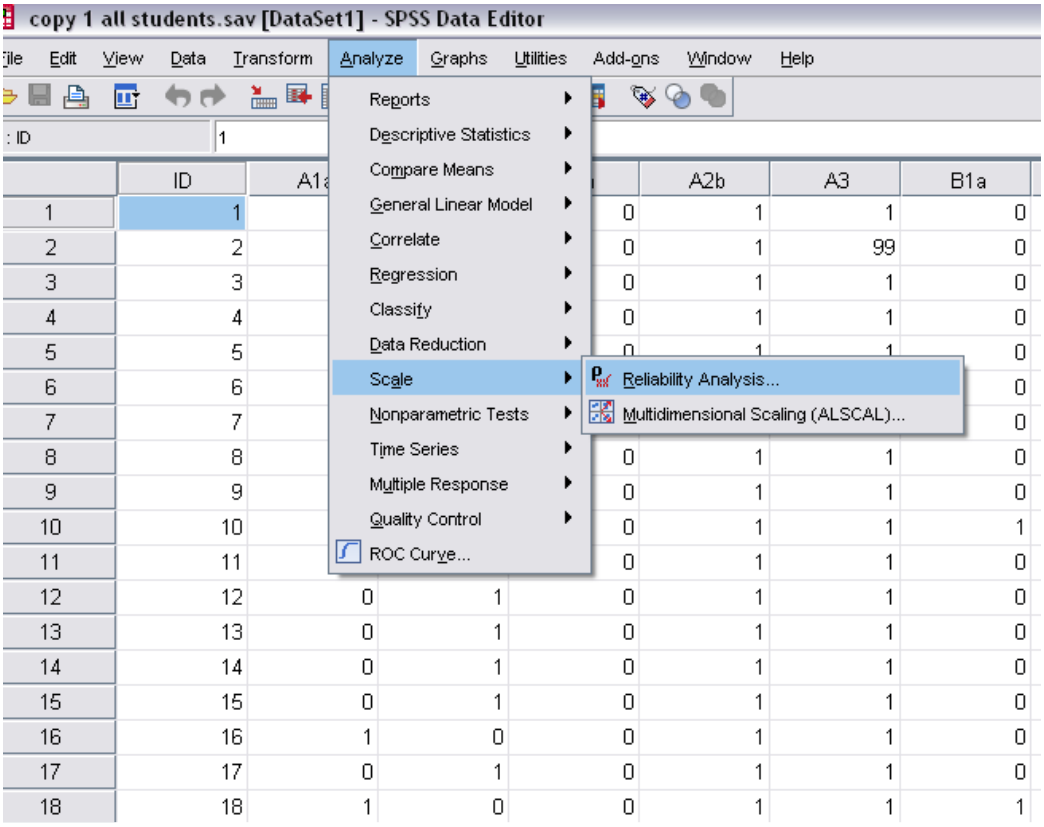


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΕΙΚΟΝΕΣ

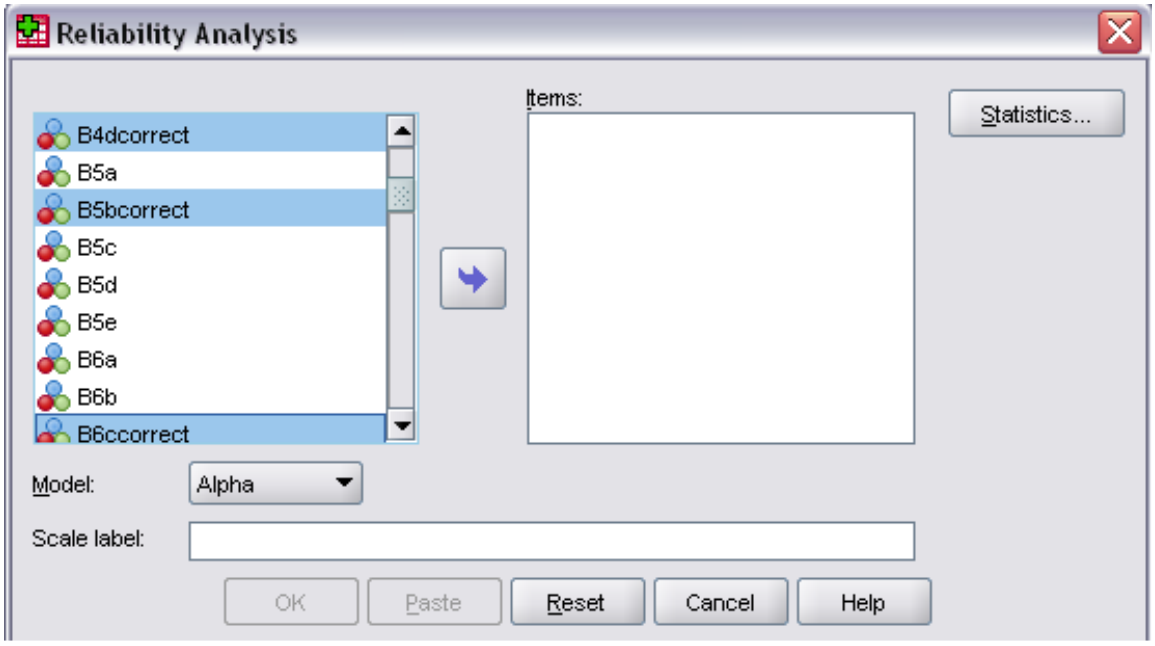


Εικόνα 1[65]

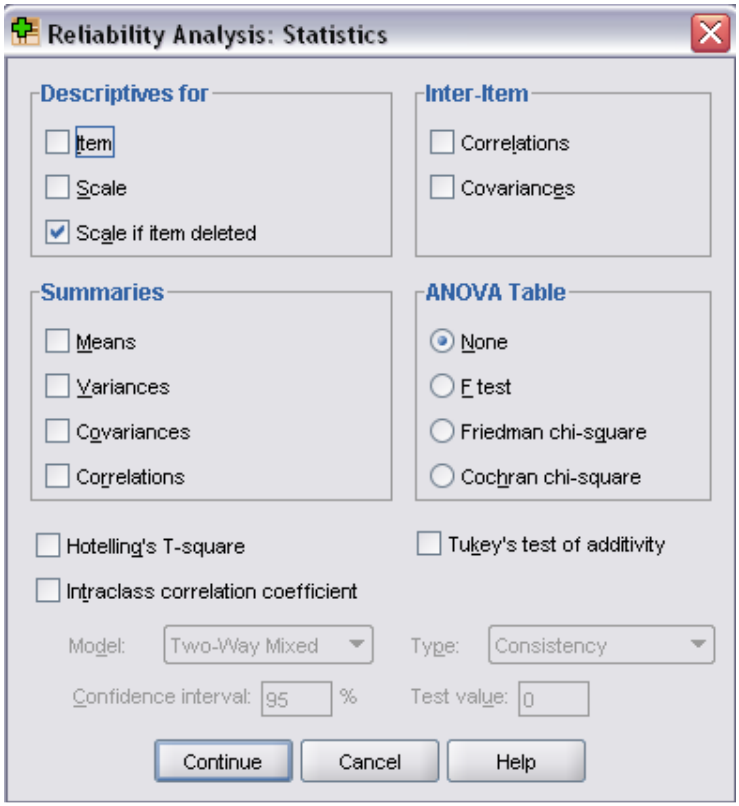
[65] Καρανίκας, Ι. Μελέτη των προβλημάτων της διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Πρόταση για εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και στη μάθηση των θερμικών φαινομένων στους 4ετεις φοιτητές στο ΠΤΔΕ. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Π.Τ.Δ.Ε, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1996.



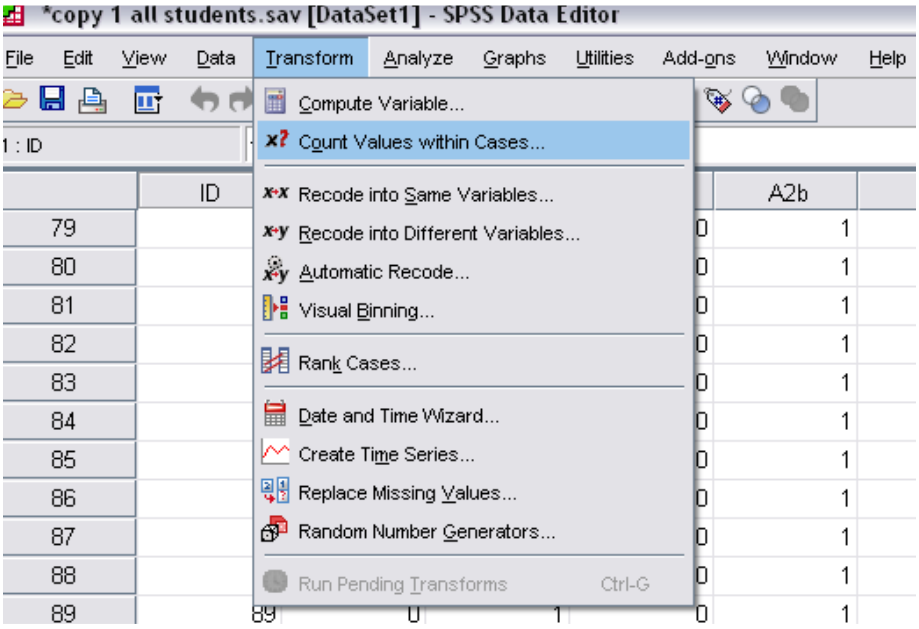
Εικόνα 2.



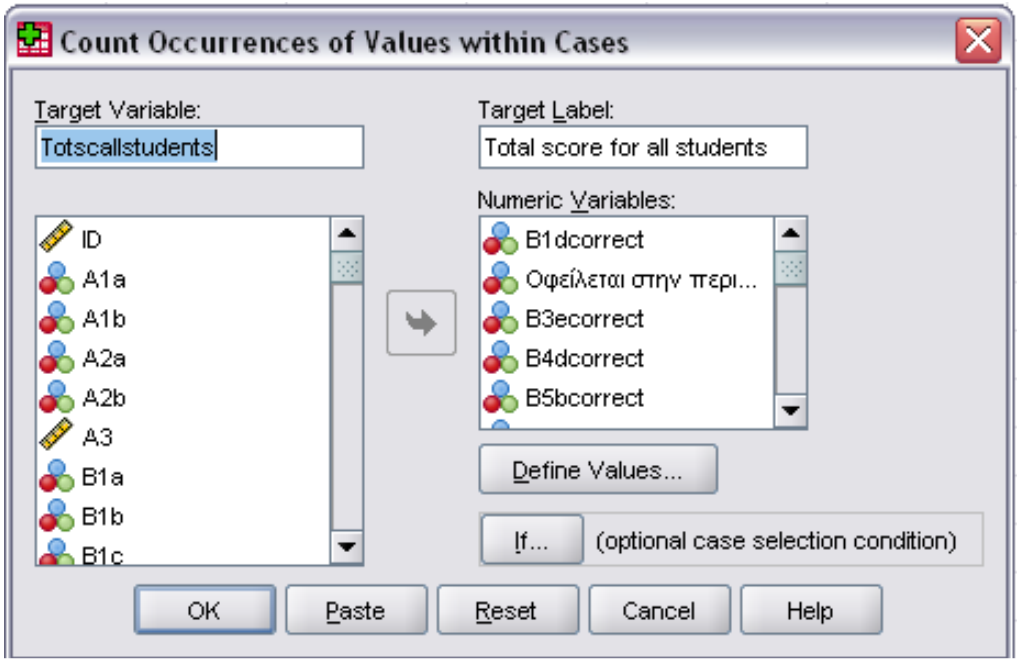
Εικόνα 3.



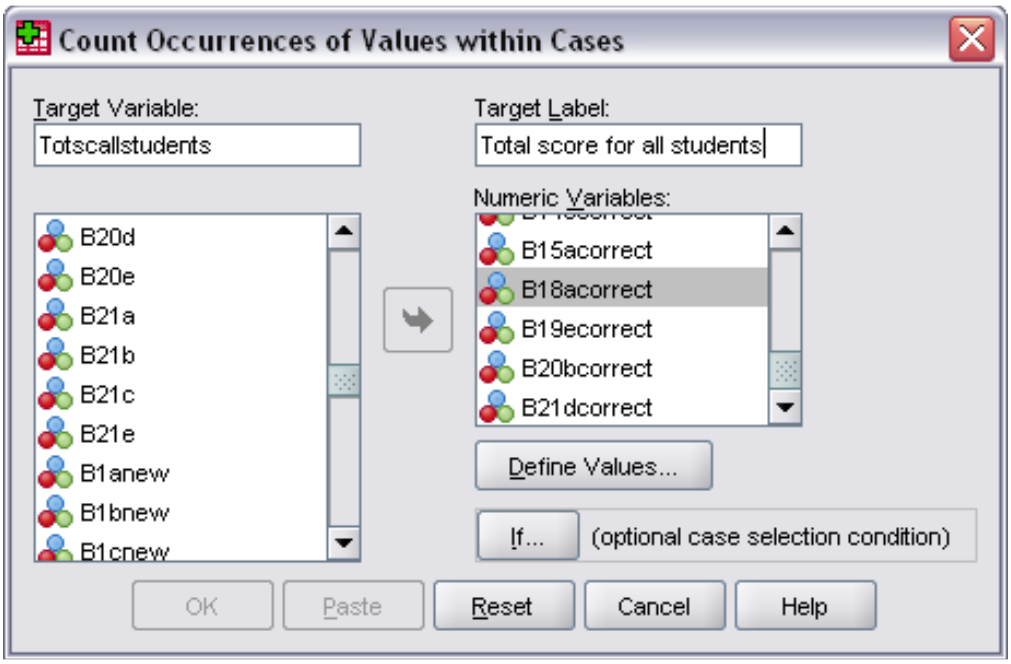
Εικόνα 4.



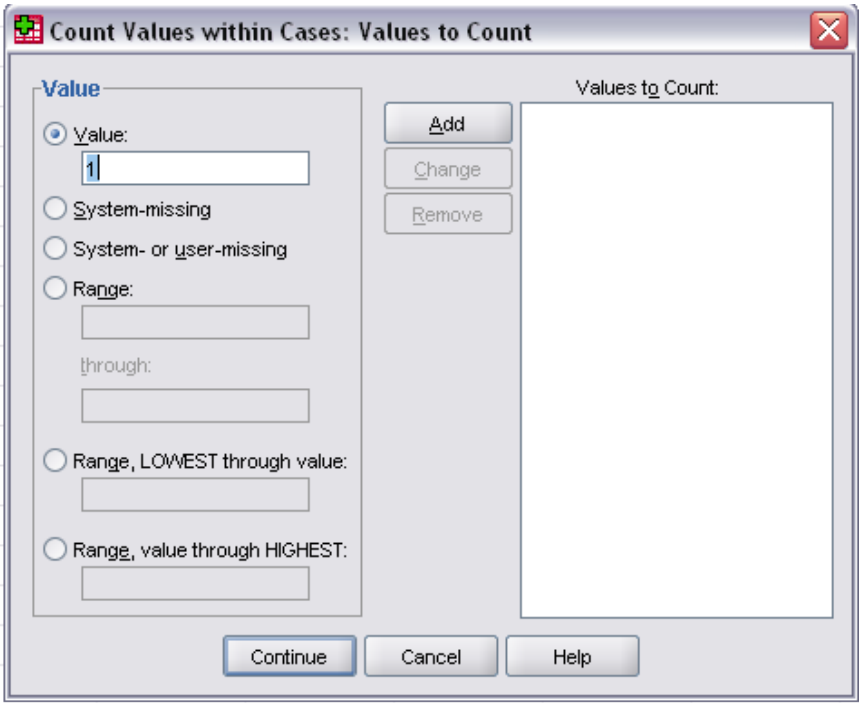
Εικόνα 5.



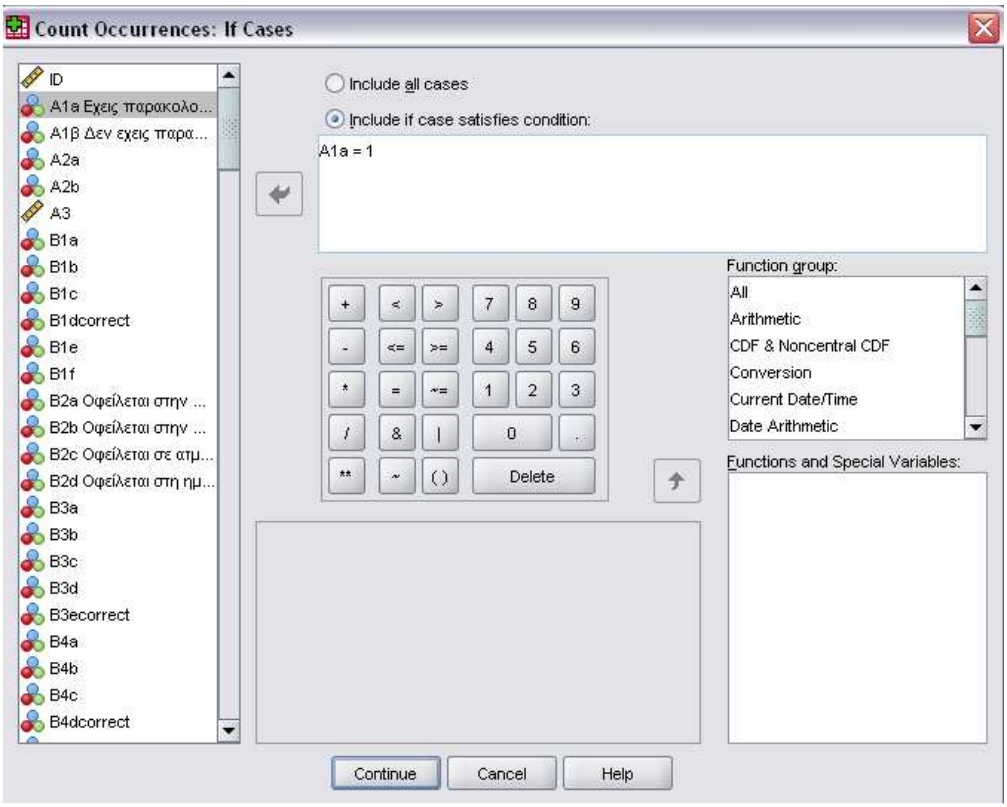
Εικόνα 6.



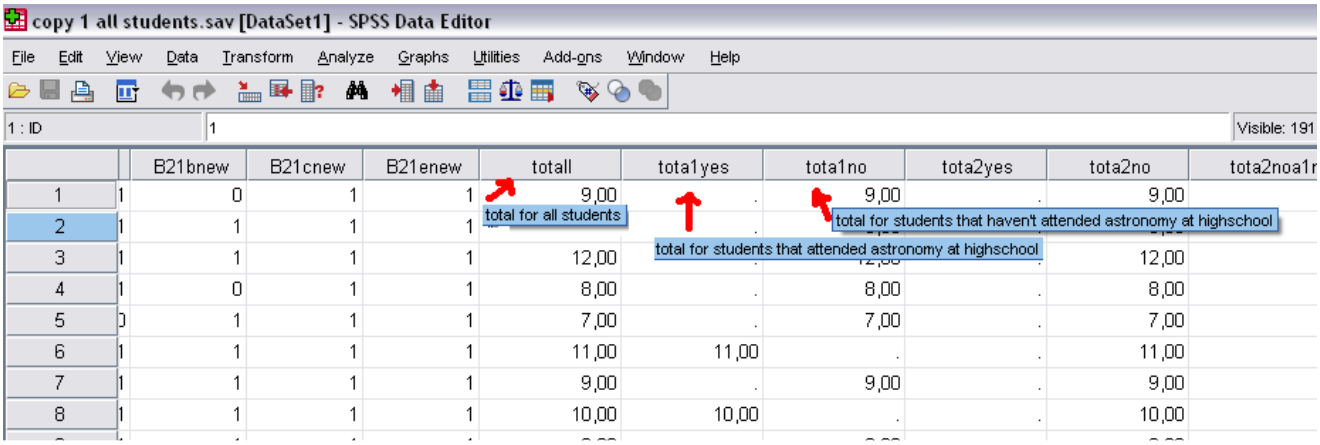
Εικόνα 7.



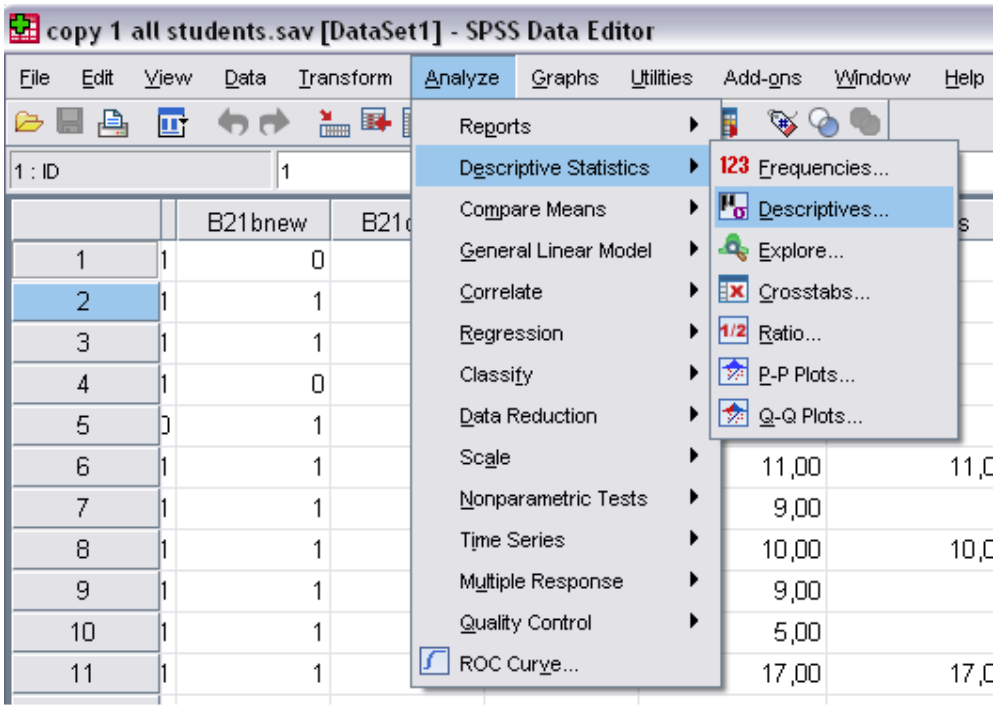
Εικόνα 8.



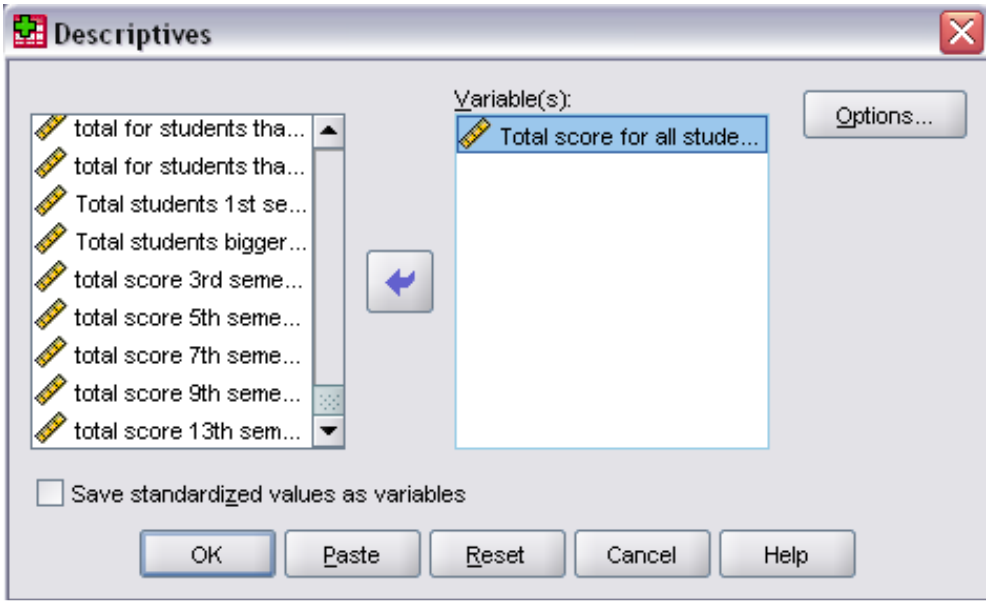
Εικόνα 9.



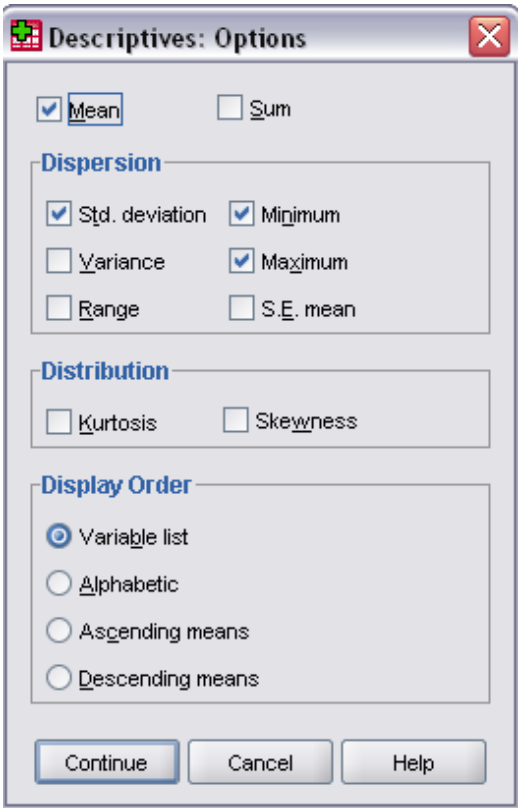
Εικόνα 10.



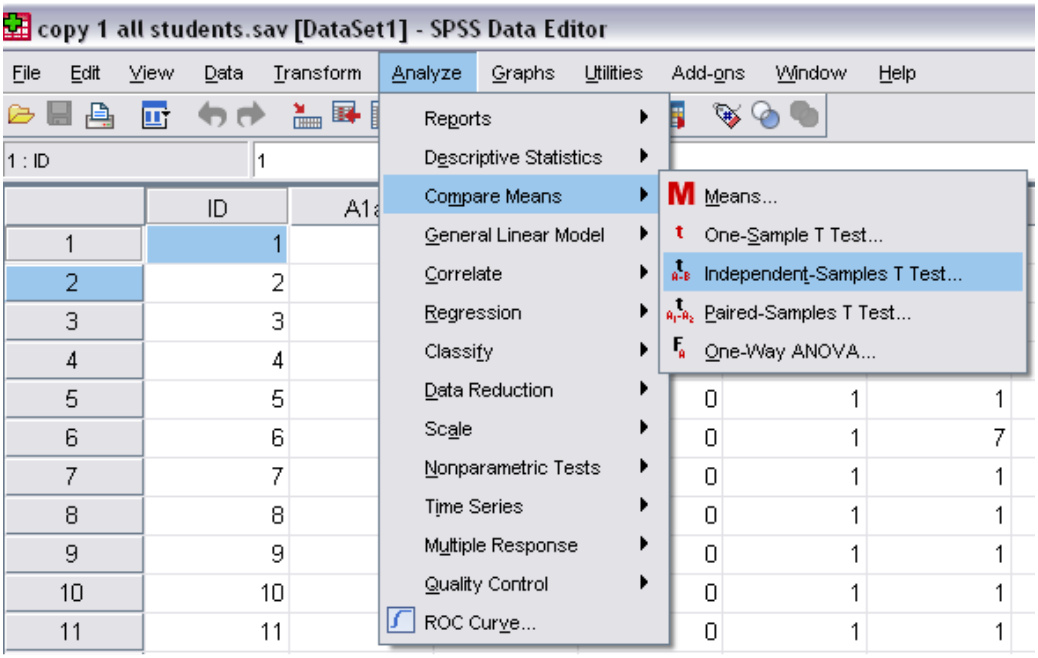
Εικόνα 11.



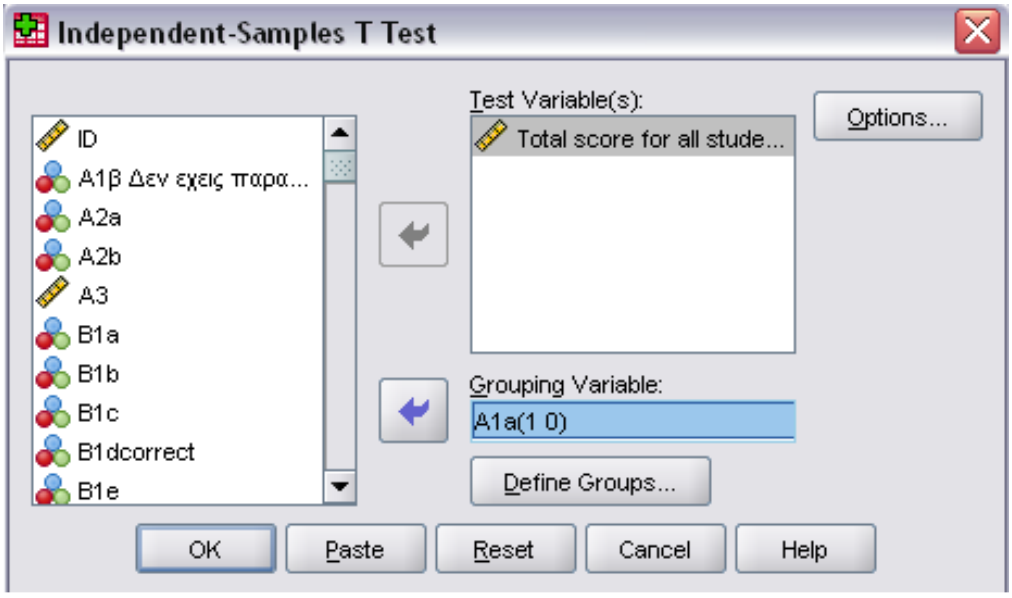
Εικόνα 12



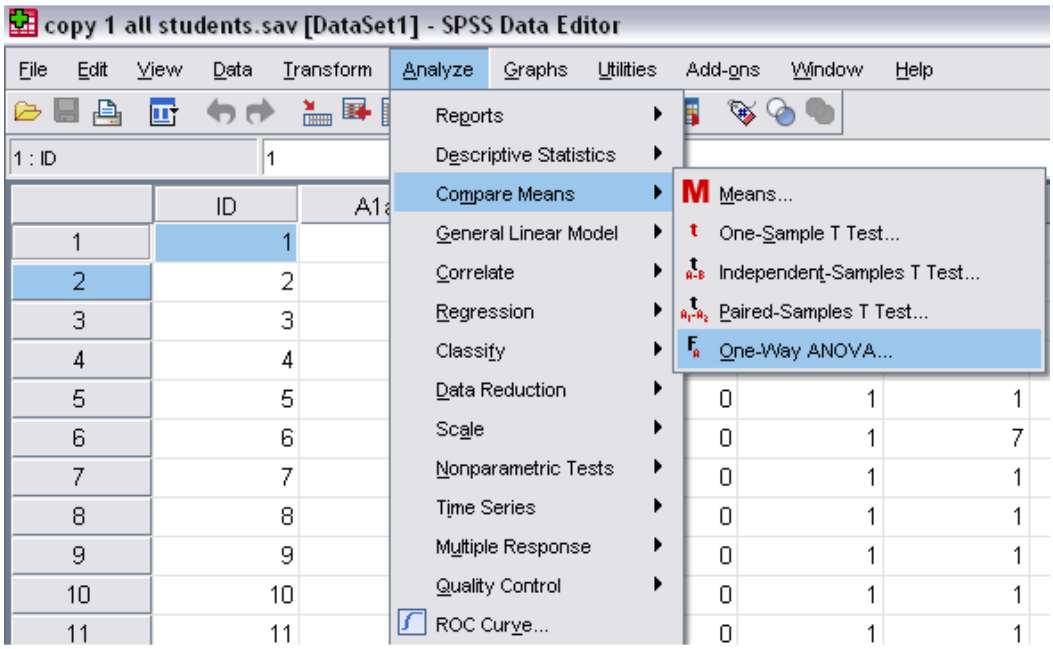
Εικόνα 13.



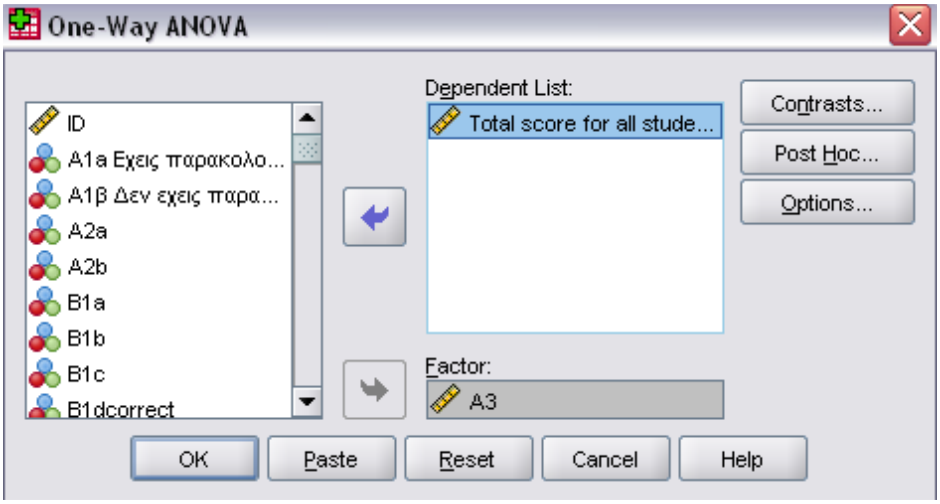
Εικόνα 14.



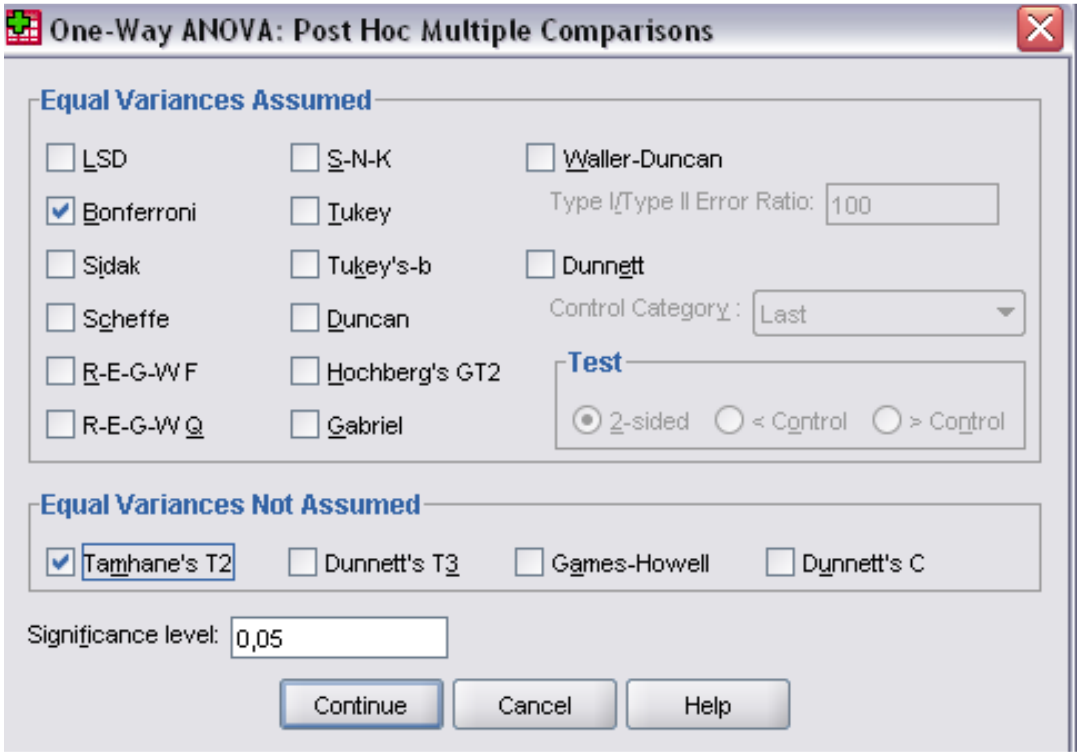
Εικόνα 15.



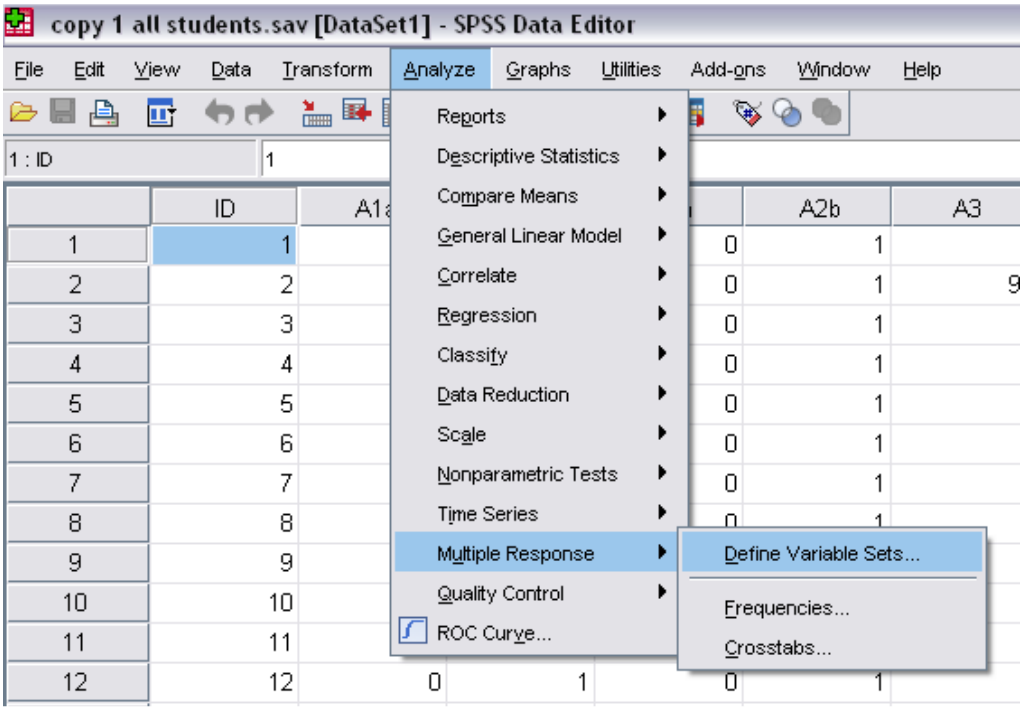
Εικόνα 16.



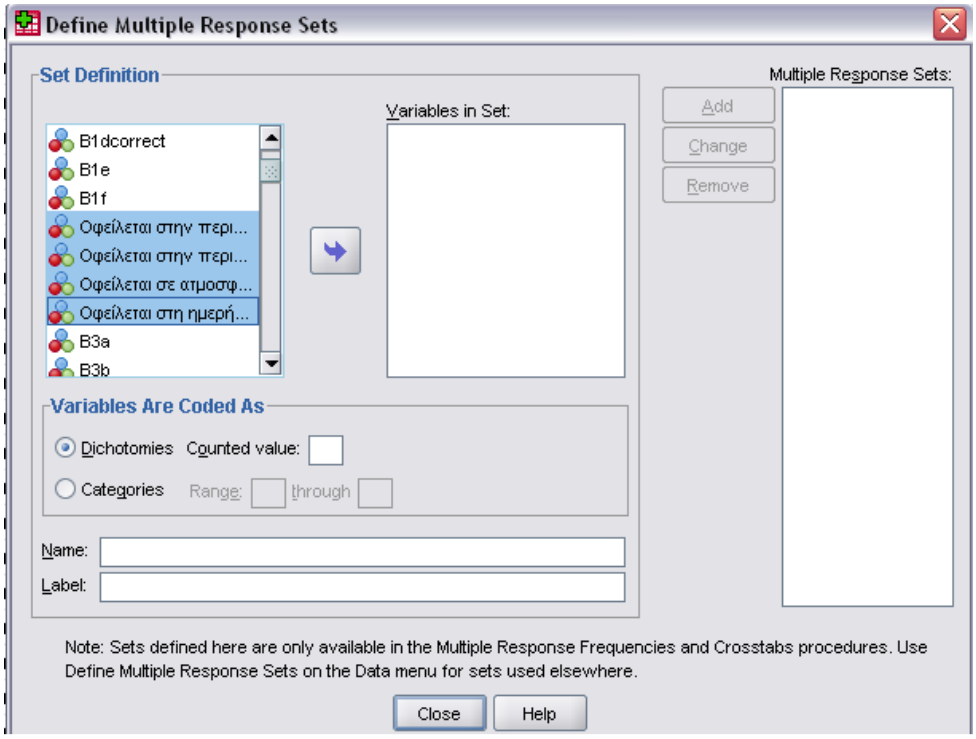
Εικόνα 17.



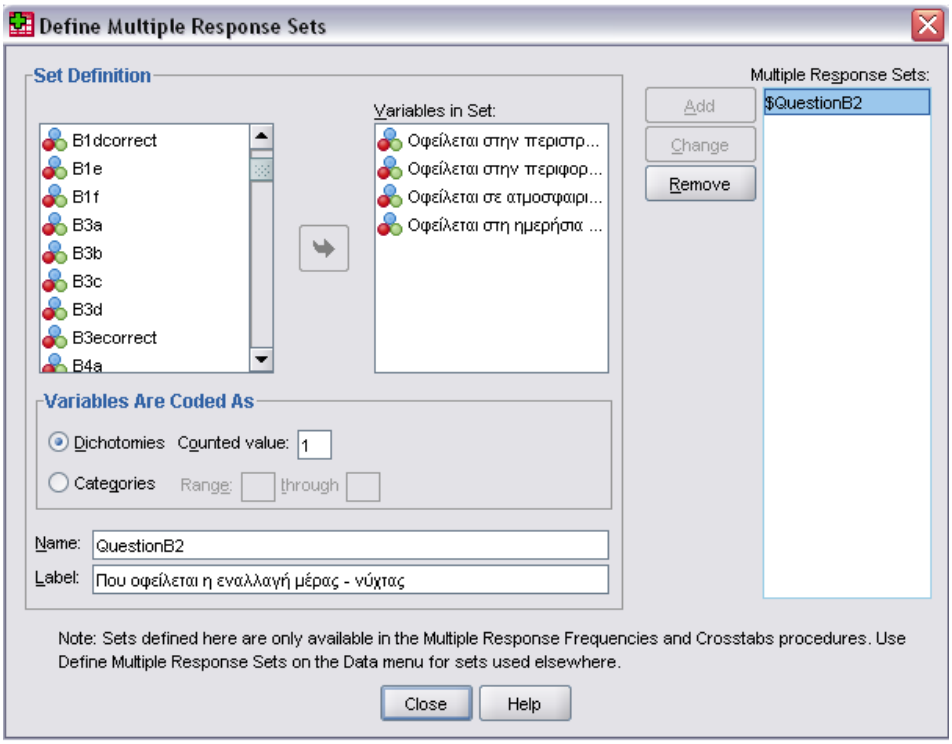
Εικόνα 18.



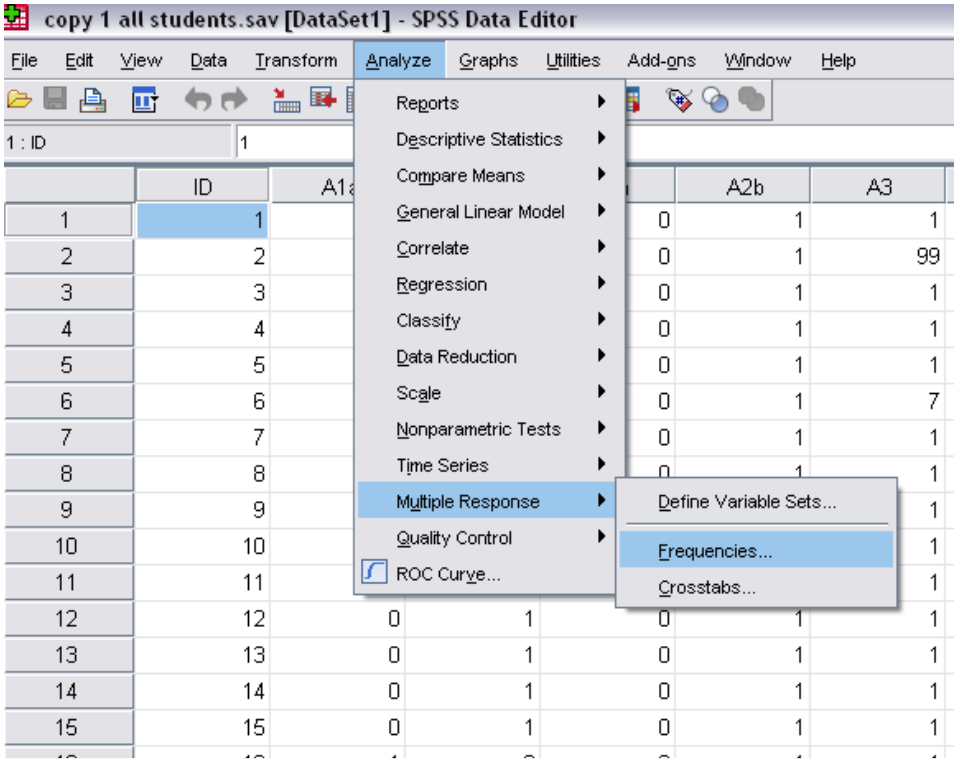
Εικόνα 19.



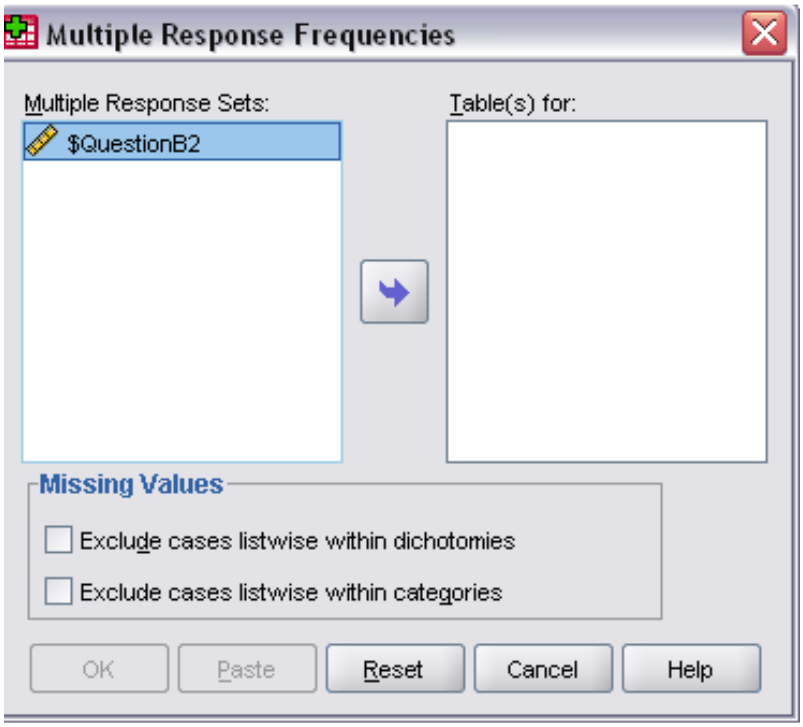
Εικόνα 20.



Εικόνα 21.



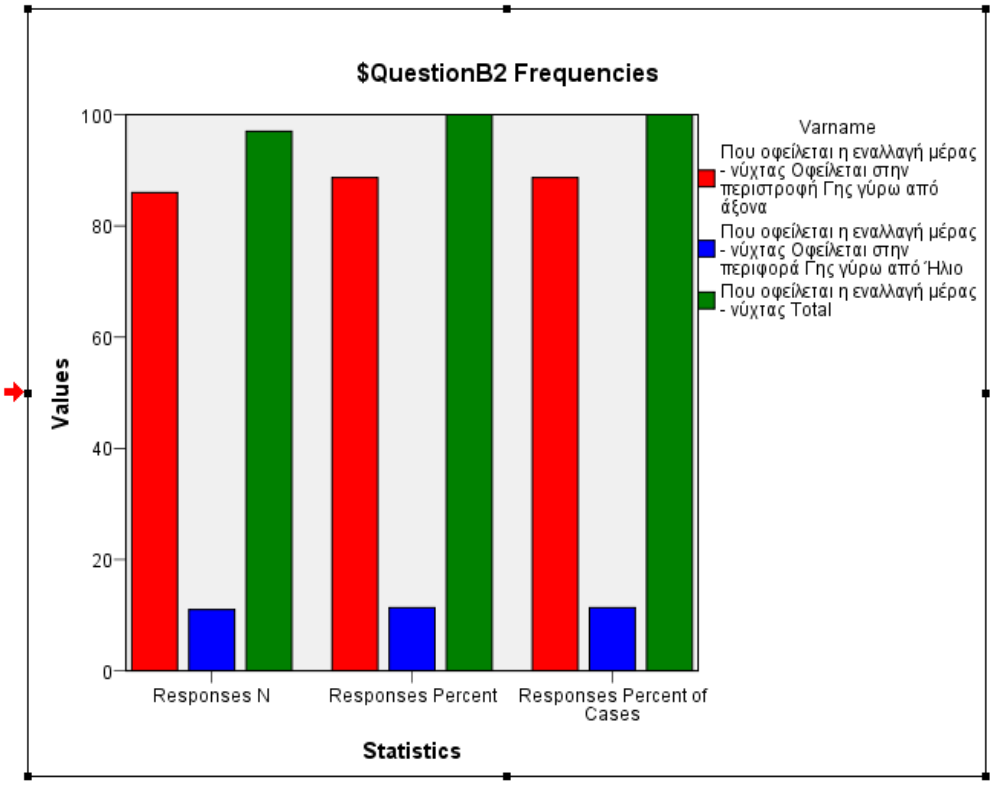
Εικόνα 22.



Εικόνα 23.

$QuestionB2 Frequencies				
		Responses		
		N	Percent	Percent of Cases
Που οφείλεται η εναλλαγή μέρας - νύχτας	Οφείλεται στην περιστροφή Γης γύρω από άξονα	86	88,7%	88,7%
	Οφείλεται στην περιφορά Γης γύρω από Ήλιο	11	11,3%	11,3%
	Total	97	100,0%	100,0%

Εικόνα 24.



Εικόνα 25.

Εικόνα 26

	Μεταβλητή Β				
Μεταβλητή Α	$\mathbf{B_1}$	$\mathbf{B_2}$	**...**	$\mathbf{B_C}$	**Σύνολα γραμμών**
$\mathbf{A_1}$	n_{11}	n_{12}	...	n_{1C}	r_1
$\mathbf{A_2}$	n_{21}	n_{22}	...	n_{2C}	r_2
...	...	...	...	...	...
$\mathbf{A_R}$	n_{R1}	n_{R2}	...	n_{RC}	R_R
Σύνολα στηλών	c_1	c_2	...	c_C	n

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε.

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΤΕΣΤ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΤΕΣΤ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

Παρακαλώ να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις.
Βάζετε √ στο κουτί δίπλα από την απάντηση που θεωρείτε ότι είναι η σωστή.

Α' ΜΕΡΟΣ

1. Έχετε παρακολουθήσει στο Λύκειο το μάθημα επιλογής της Αστρονομίας;

   α) Ναι
   β) Όχι

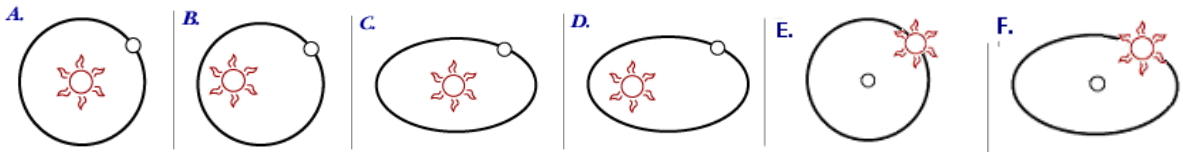
2. Έχετε το μάθημα «Εισαγωγή στην Αστρονομία» που διδάσκεται στο $5^{ο}$ εξάμηνο;

   α) Ναι
   β) Όχι

3. Σε ποιο εξάμηνο βρίσκεστε; ____

Β’ ΜΕΡΟΣ

1. Ποιο από τα πιο κάτω διαγράμματα απεικονίζει με περισσότερη ακρίβεια τη σχετική κίνηση Γης - Ήλιου;



☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2. Πού οφείλεται κατά τη γνώμη σας το φαινόμενο της εναλλαγής μέρας και νύχτας;

α) Στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της. ☐

β) Στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. ☐

γ) Σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα που έχουν ως αποτέλεσμα το μπλοκάρισμα του φωτός του Ήλιου. ☐

δ) Στην ημερήσια πορεία του Ήλιου από την Ανατολή στην Δύση ☐

3. Συμπληρώστε τη φράση: Όπως φαίνεται από τη Θεσσαλονίκη, ο Ήλιος έρχεται σε κατακόρυφη θέση στον ουρανό, έτσι ώστε να μην σχηματίζονται καθόλου σκιές, στις 12 το μεσημέρι,_____.

α) κάθε μέρα. ☐

β) την ημέρα του έτους που αντιστοιχεί στο χειμερινό ηλιοστάσιο. ☐

γ) την ημέρα του έτους που αντιστοιχεί στο θερινό ηλιοστάσιο. ☐

δ) τις ημέρες του έτους που αντιστοιχούν στην φθινοπωρινή και εαρινή ισημερία. ☐

ε) καμίας ημέρας του έτους. Το φαινόμενο αυτό δεν συμβαίνει ποτέ σε αυτό το γεωγραφικό πλάτος. ☐

4. Το πρώτο από τα πιο κάτω διαγράμματα δείχνει πώς φαίνεται η Σελήνη σε μια νύχτα του έτους. Η δεύτερη εικόνα δείχνει πώς φαίνεται η Σελήνη λίγες νύχτες μετά. Ποιος νομίζετε ότι είναι ο λόγος για την αλλαγή στην εμφάνιση της Σελήνης;

Εικόνα 3

Εικόνα 4

α) Η Σελήνη μπαίνει στη σκιά της Γης. ☐

β) Η Σελήνη μπαίνει στη σκιά του Ήλιου. ☐

γ) Η Σελήνη είναι λευκή από τη μία πλευρά, μαύρη από την άλλη και περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της δημιουργώντας αυτές τις όψεις. ☐

δ) Η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη ☐

5. Η φωτεινότητα της επιφάνειας της Σελήνης οφείλεται:

α) Στο φως μακρινών αστεριών που ανακλάται στην επιφάνεια της ☐

β) Στο φως του Ήλιου που ανακλάται στην επιφάνεια της. ☐

γ) Στο φως της Γης που ανακλάται στην επιφάνεια της. ☐

δ) Στην ικανότητα της Σελήνης να εκπέμπει το δικό της φως. ☐

ε) Στο συμβολή του φωτός που προέρχεται από κοντινούς πλανήτες του Ηλιακού Συστήματος. ☐

6. Όταν παρατηρούμε τη Σελήνη από τη Γη, πάντα βλέπουμε την ίδια πλευρά της Σελήνης. Αυτό σημαίνει ότι:

α) Η Σελήνη δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της. ☐

β) Η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της μια φορά την ημέρα. ☐

γ) Η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της μια φορά το μήνα. ☐

7. Η Γη ασκεί μια βαρυτική δύναμη στη Σελήνη. Ασκεί και η Σελήνη βαρυτική δύναμη στη Γη;

α) Ναι, αλλά είναι μικρότερη από την δύναμη που ασκεί η Γη στη Σελήνη. ☐

β) Ναι, και είναι ίση με τη δύναμη που ασκεί η Γη στη Σελήνη. ☐

γ) Ναι, αλλά είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη που ασκεί η Γη στη Σελήνη. ☐

δ) Όχι, η Σελήνη δεν έχει βαρύτητα. ☐

8. Ποια από τις ακόλουθες καταστάσεις ΔΕΝ εμπεριέχει την έννοια επιτάχυνσης;

α) Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα σε ευθεία γραμμή. ☐

β) Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα σε μια στροφή του δρόμου. ☐

γ) Ένας πλανήτης κινείται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο. ☐

δ) Ένα αυτοκίνητο ελαττώνει την ταχύτητα του καθώς κινείται σε ευθεία γραμμή. ☐

ε) Ένα ηλεκτρόνιο κινείται γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου. ☐

9. Ένα φανταστικό φεγγάρι, η Luna Minor, με μάζα ίση με το 1/3 της μάζας της Σελήνης βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη, σε απόσταση ίση με την απόσταση Γης – Σελήνης. Τότε η βαρυτική δύναμη μεταξύ της Γης και της Luna Minor θα είναι:

α) Τρεις φορές μεγαλύτερη από τη βαρυτική δύναμη μεταξύ Γης και Σελήνης ☐

β) Εννέα φορές μεγαλύτερη από τη βαρυτική δύναμη μεταξύ Γης και Σελήνης ☐

γ) Το 1/3 της βαρυτικής δύναμης μεταξύ Γης και Σελήνης ☐

δ) Το 1/9 της βαρυτικής δύναμης μεταξύ Γης και Σελήνης ☐

ε) Η ίδια με τη βαρυτική δύναμη Γης - Σελήνης . ☐

10. Ποια από τις παρακάτω ακολουθίες περιγράφει την απόσταση των διαφόρων ουρανίων σωμάτων από την Γη; (από τη μικρότερη στην μεγαλύτερη)

α) Αστέρια, Σελήνη, Ήλιος, Πλούτωνας ☐

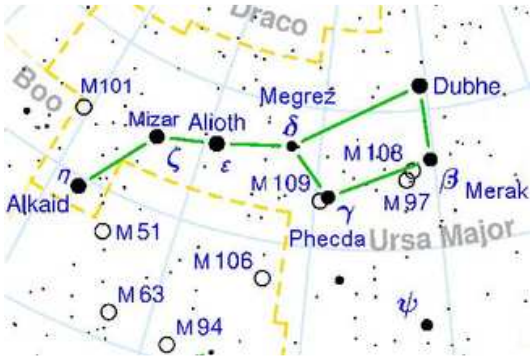
β) Ήλιος, Σελήνη, Πλούτωνας, Αστέρια ☐

γ) Σελήνη, Ήλιος, Πλούτωνας, Αστέρια ☐

δ) Σελήνη, Ήλιος, Αστέρια, Πλούτωνας ☐

ε) Σελήνη, Πλούτωνας, Ήλιος, Αστέρια ☐

11. Όπως φαίνεται από τη Θεσσαλονίκη, τα αστέρια του Μεγάλου Κυπέλλου (Big Dipper) μπορούν να ενωθούν με φανταστικές γραμμές για να σχηματίσουν το σχήμα ενός κυπέλλου με εκτεινόμενη χειρολαβή , όπως φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα (Big Dipper - με πράσινο χρώμα). Μέχρι πού θα έπρεπε να ταξιδέψετε για να παρατηρήσετε μια σημαντική αλλαγή στο σχήμα του Μεγάλου Κυπέλλου;



α) Στη Χαλκιδική. ☐

β) Σε ένα μακρινό αστέρι πλησιέστερα στον αστρικό σχηματισμό. ☐

γ) Στην Αμερική. ☐

δ) Στη Σελήνη. ☐

ε) Στον Πλούτωνα. ☐

στ) Το σχήμα των αστρικών σχηματισμών δεν αλλάζει. ☐

12. Αν φανταστείτε τον Ήλιο σαν μια μπάλα του μπάσκετ, ένα υπό κλίμακα μοντέλο της Γης, θα έπρεπε να τοποθετηθεί σε απόσταση _____από τον Ήλιο.

α) 30 cm μακριά ☐

β) 3 m μακριά ☐

γ) 7.5 m μακριά ☐

γ) 30 m μακριά ☐

13. Συγκριτικά με τον Ήλιο, τα περισσότερα αστέρια του Γαλαξία είναι:

α) τόσο μικρά σε σχέση με τον Ήλιο, όσο φαίνονται στον ουρανό. ☐

β) μικρότερα από τον Ήλιο. ☐

γ) περίπου του ίδιου μεγέθους με τον Ήλιο. ☐

δ) Πολύ μεγαλύτερα από τον Ήλιο. ☐

14. Το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών που βιώνουμε στη Γη, οφείλεται:

α) Στη μεταβολή της απόστασης μεταξύ του Ήλιου και της Γης κατά την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. ☐

β) Στη μεταβολή της απόστασης Γης , Σελήνης και Ήλιου. ☐

γ) Στην κλίση του άξονα περιστροφής της Γης και την περιφορά της γύρω από τον Ήλιο. ☐

δ) Στα διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που μπλοκάρουν την ηλιακή ακτινοβολία. ☐

ε) Στη μεταβολή του ρυθμού παραγωγής και κατ' επέκταση εκπομπής ενέργειας από τον Ήλιο . ☐

15. Η ενέργεια του Ήλιου προέρχεται από:

α) Πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης ελαφρών στοιχείων σε βαρύτερα στο εσωτερικό του. ☐

β) Πυρηνικές αντιδράσεις σχάσης βαρέων στοιχείων σε ελαφρύτερα στο εσωτερικό του. ☐

γ) Το λιώσιμο πετρωμάτων στον πυρήνα του. ☐

δ) Θερμότητα που έχει απομείνει από την Μεγάλη Έκρηξη ☐

16. Πώς δημιουργήθηκε ο Ήλιος και τα άλλα αστέρια;

α) Δημιουργήθηκαν κατά την Μεγάλη Έκρηξη ☐

β) Από συμπυκνώσεις μεσοαστρικής ύλης στους γαλαξίες ☐

δ) Υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα. ☐

17. Γιατί «πεθαίνουν» τα αστέρια;

α) Γιατί τους τελειώνουν τα καύσιμα. ☐

β) Γιατί αυτή είναι η κατάληξη κάθε φυσικού συστήματος. ☐

γ) Επειδή ακτινοβολούν όλη την ενέργεια που τους είχε απομείνει από την Μεγάλη Έκρηξη. ☐

δ) Τα αστέρια δεν πεθαίνουν, υπήρχαν από πάντα και θα υπάρχουν για πάντα. ☐

18. Οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου:

α) Βρίσκονται στο νοητό μονοπάτι του Ήλιου στον ουρανό. ☐

β) Είναι όλοι του ίδιου μεγέθους – με πλάτος 30° . ☐

γ) Επηρεάζουν τη ζωή των ανθρώπων. ☐

δ) Είναι κατανεμημένοι ομοιόμορφα σε όλη την ουράνια σφαίρα. ☐

ε) [Ισχύει και το β και το δ]. ☐

19. Με το χέρι σας τεντωμένο προς τον ουρανό, ο αντίχειρας σας φτάνει για να καλύψει τον Ήλιο. Αν ήσασταν στον πλανήτη Κρόνο, του οποίου η απόσταση από τον Ήλιο είναι 10 φορές μεγαλύτερη από την απόσταση Γης – Ήλιου, τι θα χρησιμοποιούσατε για να καλύψετε τον Ήλιο στον ουρανό;

α) Τον καρπό του χεριού σας. ☐

β) Τον αντίχειρα σας. ☐

γ) Ένα μολύβι. ☐

δ) Ένα μακαρόνι spaghetti. ☐

ε) Μια τρίχα. ☐

20. Οι αστροναύτες μέσα στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό αιωρούνται. Γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;

α) Επειδή δεν υπάρχει βαρύτητα στο διάστημα. ☐

β) Επειδή μαζί με το Δ.Δ.Σ. εκτελούν κυκλική κίνηση γύρω από τη Γη. ☐

γ) Επειδή βρίσκονται πάνω από την ατμόσφαιρα της Γης.

δ) Επειδή υπάρχει λιγότερη βαρύτητα στο Σταθμό. ☐

ε) Κανένας από τους πιο πάνω λόγους. ☐

21. Σύγχρονες επιστημονικές ιδέες και αστρονομικές παρατηρήσεις συγκλίνουν στην άποψη ότι:

α) Η Γη βρίσκεται στο κέντρο του Σύμπαντος. ☐

β) Ο Ήλιος βρίσκεται στο κέντρο του Σύμπαντος. ☐

γ) Ο Γαλαξίας μας βρίσκεται στο κέντρο του Σύμπαντος. ☐

δ) Το Σύμπαν δεν έχει κέντρο. ☐

ε) Κάποιος μακρινός γαλαξίας του οποίου οι συντεταγμένες δεν έχουν ακόμη εξακριβωθεί από τους επιστήμονες βρίσκεται στο κέντρο του Σύμπαντος. ☐

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΑΣ!!!