

Ένα δοκίμιο αξιολόγησης της κατανόησης εννοιών αστρονομίας

Χρ. Νικολάου, Κ. Π. Κωνσταντίνου (*)

christiana78@hotmail.com, c.p.constantinou@ucy.ac.cy,

Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Θεματική Ενότητα: Ειδικά Διδακτικά Θέματα,

Επίπεδο Εκπαίδευσης: Τριτοβάθμια Εκπαίδευση

Κατηγορία Εργασίας: Εμπειρική Πειραματική Έρευνα

Περίληψη: Το παρόν άρθρο παρουσιάζει τα αποτελέσματα μιας έρευνας που είχε σκοπό να καταρτίσει ένα έγκυρο όργανο μέτρησης και αξιολόγησης της κατανόησης απλών εννοιών αστρονομίας. Το δοκίμιο περιλαμβάνει ερωτήσεις κλειστού τύπου που προέκυψαν μετά από ανάλυση του περιεχομένου του κυπριακού Αναλυτικού Προγράμματος (Γεωγραφία Στ' τάξης Δημοτικού Σχολείου), αλλά και Αναλυτικών Προγραμμάτων άλλων χωρών, τα οποία εμφανίζουν στη διδασκαλία της αστρονομίας περισσότερο σε σχέση με το κυπριακό Α.Π., καθώς επίσης και μετά από επισκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας γύρω από απλά θέματα Παρατηρησιακής Αστρονομίας. Το δοκίμιο συμπληρώθηκε από προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου (n=227) που παρακολουθούσαν το μάθημα *ΕΠΑ 176 Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο* κατά το χειμερινό εξάμηνο 1999 (n=22), εαρινό εξάμηνο 2000 (n=79), χειμερινό εξάμηνο 2000 (n=68) και εαρινό εξάμηνο 2001 (n=58). Τα αποτελέσματα της έρευνας αναλύθηκαν με το μοντέλο Rasch. Από την ανάλυση προέκυψε μία αξιόπιστη ισοδιαστημική κλίμακα μέτρησης της κατανόησης εννοιών αστρονομίας. Η κατανομή των ερωτήσεων στην κλίμακα οδήγησε στη διαμόρφωση 6 συνεχόμενων επιπέδων σκέψης στην αστρονομία. Ακόμα, η εγκυρότητα γνωρίσματος και η αξιοπιστία του δοκιμίου θεωρήθηκαν ως ικανοποιητικές τόσο από τις μεθόδους της κλασικής θεωρίας όσο και από τη χρήση του Item Response Theory. Στο τελευταίο μέρος του άρθρου, παρουσιάζονται εισηγήσεις για βελτίωση του δοκιμίου.

(*) πρόσωπο επικοινωνίας

Λέξεις Κλειδιά: Εγκυροποίηση δοκιμίου αξιολόγησης, επίπεδα ανάπτυξης εννοιολογικής κατανόησης στην αστρονομία.

A Test of Understanding Basic Astronomical Concepts

Ch. Nicolaou, christiana78@hotmail.com, C. P. Constantinou (*) c.p.constantinou@ucy.ac.cy,

Learning in Physics Group, University of Cyprus

Conference Theme: Special Issues in Science Teaching and Learning.

Educational Level: Tertiary Education

Type of Submitted Paper: Empirical Investigation

Abstract: Teachers' conceptual understanding of simple astronomical phenomena and their awareness of the various difficulties that arise during the learning process are important factors that influence the effectiveness of instructional interventions. This article presents the results of a research study that aimed to develop a valid test for evaluating student understanding of simple astronomical concepts. The test was developed through careful study of the Cyprus Curriculum (Geography, Grade 6), that of other countries that place greater emphasis on astronomical concepts than Cyprus, and a review of the existing bibliography on understanding of simple astronomical phenomena. The test was given to 227 pre-service elementary teachers of the Department of Educational Sciences at the University of Cyprus. The 227 students attended a compulsory course on *Physical Science in the Elementary Grades* during the winter semester 1999 (n=22), the spring semester 2000 (n=79), the winter semester 2000 (n=68) and the spring semester 2001 (n=58). We used the Extended Logistic Model of Rasch to analyze the data. A scale was created for the test and analyzed for reliability, fit to the model, meaning and validity. Specific levels of astronomical thinking were also identified. The last part of the article includes suggestions for improvement of the test.

(*) contact person

Keywords: validation of evaluation test, levels of conceptual development of understanding astronomy.

1. Εισαγωγή

Η εναλλαγή μέρας και νύχτας, το φαινόμενο των φάσεων του φεγγαριού και το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών (απλά φαινόμενα παρατηρησιακής αστρονομίας) συνιστούν φαινόμενα που ο κάθε άνθρωπος παρατηρεί και ζει τις συνέπειές τους σε καθημερινή, μηνιαία ή ετήσια βάση αντίστοιχα¹. Παρόλα αυτά, λίγοι μπορούν να εξηγήσουν ορθά τον τρόπο με τον οποίο αυτά συμβαίνουν, ενδεχομένως λόγω της πολυπλοκότητάς τους ως φαινόμενα ή λόγω του γεγονότος ότι η μοντελοποίηση και κατανόησή τους απαιτούν μία σειρά από δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε σχετικά εκτεταμένο χρονικό διάστημα.

Απλά φαινόμενα αστρονομίας όπως αυτά που αναφέρονται παραπάνω διδάσκονται στον ανώτερο κύκλο της κυπριακής δημοτικής εκπαίδευσης στο πλαίσιο του μαθήματος της Γεωγραφίας υπό τον τίτλο «Η γη στο ηλιακό μας σύστημα: Το σχήμα της γης, οι κινήσεις της γης και τα αποτελέσματά τους. Σελήνη, ο δορυφόρος της γης». Αναμένεται ότι η διδασκαλία των συγκεκριμένων φαινομένων θα διαρκέσει 2 μαθήματα των σαράντα λεπτών. Η πυκνότητα των εννοιών του προτεινόμενου από το Αναλυτικό Πρόγραμμα μαθήματος, το σύντομο της διάρκειάς του, η εννοιολογική πολυπλοκότητα των φαινομένων, η ευαισθησία των εκπαιδευτικών για τις ποικίλες δυσκολίες που προκύπτουν στη μαθησιακή διαδικασία καθώς και οι δυσκολίες που οι ίδιοι αντιμετωπίζουν είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των σχετικών διδακτικών παρεμβάσεων.

Το παρόν άρθρο αποτελεί μέρος μιας συνεχιζόμενης έρευνας με την οποία αποσκοπούμε στη διερεύνηση των εννοιολογικών και συλλογιστικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι προπτυχιακοί εκπαιδευτικοί στην προσπάθειά τους να οικοδομήσουν ένα μοντέλο για τη σχετική κίνηση του ήλιου και της γης που να εξηγεί τη δημιουργία του φαινομένου της μέρας και της νύχτας, της δημιουργίας των εποχών και της δημιουργίας των φάσεων της σελήνης. Στο πλαίσιο αυτής της έρευνας, προέκυψε η ανάγκη καταγραφής της αρχικής επίδοσης των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών ως προς αυτά τα θέματα. Θεωρήσαμε επίσης σημαντικό να διερευνήσουμε την πιθανότητα ύπαρξης ενός εξελικτικού μοντέλου επιπέδων στην Αστρονομία.

Η ανάγκη καταρτισμού ενός έγκυρου οργάνου μέτρησης των γνώσεων και δυνατοτήτων ενός ατόμου στην επίλυση προβληματικών καταστάσεων στην αστρονομία ενισχύεται από το γεγονός ότι η διεθνής βιβλιογραφία γύρω από θέματα αστρονομίας σε μεγάλους μαθητές και ιδιαίτερα σε φοιτητές είναι φτωχή. Ποσοτικά η μελέτη για τις αρχικές ιδέες μαθητών Λυκείου και φοιτητών Πανεπιστημίου είναι περιορισμένη σε σχέση με αυτή για τις αρχικές ιδέες μαθητών δημοτικού σχολείου, η οποία είναι ιδιαίτερα έντονη τα τελευταία 20 χρόνια².

Είναι, ακόμη απαραίτητη η διεξαγωγή ερευνών ελέγχου της εγκυρότητας των οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιούνται για να μπορούν να προτείνονται αξιολογικά πλαίσια διδασκαλίας της Αστρονομίας και να οργανώνονται δραστηριότητες που να εμπίπτουν στα κατάλληλα μαθησιακά περιβάλλοντα.

2. Ανασκόπηση Ερευνών

Η πρώτη προσπάθεια έρευνας σε αυτό τον τομέα έγινε από τον Piaget (1929)³, ο οποίος στο κεφάλαιο «The Child's Conception of the World» μελέτησε τις εξηγήσεις που έδιναν τα παιδιά για τη συμπεριφορά του ήλιου και του φεγγαριού. Ο Piaget πρότεινε ένα μοντέλο τριών σταδίων της ανάπτυξης της παιδικής σκέψης για την αστρονομία μέσω εκτενούς και συστηματικής ανάλυσης των απαντήσεών τους.

-Στο πρώτο επίπεδο, τα παιδιά θεωρούν ότι ο ήλιος και το φεγγάρι είναι ανθρώπινα ή θεϊκά κατασκευάσματα. Οι εξηγήσεις τους είναι είτε τεχνητές είτε παρουνσιάζουν στοιχεία απόδοσης ιδιοτήτων ζωής σε αντικείμενα.

-Στο δεύτερο επίπεδο ανάπτυξης οι εξηγήσεις των παιδιών για τη δημιουργία φυσικών φαινομένων είναι κατά το ήμισυ φυσικές, αλλά απόλυτα περιγραφικές, και κατά το ήμισυ τεχνητές.

¹ M. Summers, J. Mant (1995) A survey of British primary school teachers' understanding of the Earth's place in the universe. *Educational Research*, 37 (1), pp. 3 – 19.

A. Lightman, Ph. Sadler (1988) The earth is round? Who are you kidding? *Science and Children*, Feb 1988, pp. 24 – 26.

St. Vosniadou (1991) Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *J. Curriculum Studies*, 23 (3), pp. 219 – 237.

St. Vosniadou (1992) Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology* 24, pp. 535 – 585.

J. G. Sharp, R. Bowker and J. Merrick (1997) Primary astronomy: conceptual change and learning in three 10 – 11 year olds. *Research in Education*, 57, pp. 67 – 83.

² Baxter, J. (1989) Children's Understanding of Familiar Astronomical Events. *Int. J. Sci. Educ.* 11, 302-313.

Jones, B., Lynch, P. & Reesink, C. (1987) Children's Conceptions of the Earth, Sun and Moon. *Int. J. Sci. Educ.* 9, 43-53.

Kikas, E. (1998) The impact of Teaching on Students' Definitions and Explanations of Astronomical Phenomena. *Learn. Instr.* 8, 439-454.

Klein, C. (1982) Children's Concepts of the Earth and the Sun: A Cross-cultural Study. *Sci. Educ.* 65, 95-107.

Nussbaum, J. (1979) Children's Concepts of the Earth as a Cosmic Body: A Cross-age Study. *Sci. Educ.* 63, 83-93.

Nussbaum, J. and Novak, J. (1976) An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilising Structural Interviews. *Sci. Educ.* 60, 535-550.

Sharp, J. (1996) Children's Astronomical Beliefs: A Preliminary Study of year 6 Children in South-west England. *Int. J. Sci. Educ.* 18, 685-712.

Sneider, C. and Pulos, S. (1983) Children's Cosmographies: Understanding the Earth Shape and Gravity. *Sci. Educ.* 67, 205-221.

Vosniadou, S. (1992) Knowledge Acquisition and Conceptual Change. *Appl. Psych.* 41 347-357.

³ Piaget, J. (1929). *Children's Conception of the World*. London: Routledge & Kegan Paul.

-Στο τρίτο και τελικό επίπεδο ανάπτυξης, οι εξηγήσεις των παιδιών για την προέλευση των σωμάτων του διαστήματος δε σχετίζονται με ανθρώπινες ενέργειες.

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες το θέμα άρχισε να επαναφέρεται στο προσκήνιο της ερευνητικής δραστηριότητας, αλλά μόνο από εκείνους τους ερευνητές που ενδιαφέρονταν για τα εναλλακτικά εννοιολογικά μοντέλα των μαθητών γύρω από αστρονομικά θέματα. Οι πτυχές του θέματος, οι οποίες έχουν κυρίως απασχολήσει τους εκπαιδευτικούς ψυχολόγους και τους ερευνητές της περιοχής των Φυσικών Επιστημών αφορούν στις αρχικές ιδέες των μαθητών για τη γη, την περιστροφή της, τον κύκλο μέρας-νύχτας, τη δημιουργία των εποχών ή τον κύκλο των φάσεων της σελήνης

Οι Jones, Lynch & Reesink (1987) προσπάθησαν να καταγράψουν τα επίπεδα σκέψης των παιδιών για το σύστημα Γη-Ήλιος-Σελήνη ως προς το μέγεθος, το σχήμα και την κίνηση των σωμάτων αυτών. Προέκυψαν 5 επίπεδα-μοντέλα που περιγράφονται παρακάτω ξεκινώντας από το πιο αφελές και καταλήγοντας σε αυτό που προσεγγίζει κατά το μεγαλύτερο βαθμό το επιστημονικό πρότυπο.

-Επίπεδο 1: Η γη είναι σταθερή στο κέντρο (γεωκεντρικό μοντέλο). Ο ήλιος έρχεται από το πουθενά το πρωί και φεύγει στο τέλος της μέρας.

-Επίπεδο 2: Η γη είναι σταθερή στο κέντρο (γεωκεντρικό μοντέλο), αλλά περιστρέφεται. Ο ήλιος και η σελήνη παραμένουν ακίνητα.

-Επίπεδο 3: Η γη είναι σταθερή στο κέντρο. Ο ήλιος και η σελήνη περιστρέφονται γύρω από τη γη.

-Επίπεδο 4: Η γη και η σελήνη περιφέρονται γύρω από τον ήλιο σε ομόκεντρες ή τις ίδιες τροχιές (ηλιοκεντρικό μοντέλο). Αυτό το μοντέλο επιτρέπει στα παιδιά να εξηγήσουν ορθά ένα εύρος φαινομένων, αλλά δεν είναι το επιστημονικό.

-Επίπεδο 5: Η γη και η σελήνη περιφέρονται γύρω από τον ήλιο και τη γη αντίστοιχα (επιστημονικό μοντέλο).

Οι Osborne et al. (1994)⁴ σε ένα περιληπτικό μοντέλο των επιπέδων της σκέψης των παιδιών για το φαινόμενο της μέρας-νύχτας προσδιορίζουν τα εξής πέντε επίπεδα:

-Επίπεδο 1: Προ-αιτιακή σκέψη. Τα αντικείμενα είναι κατασκευασμένα σκόπιμα και οι πράξεις/κινήσεις τους προκαλούνται από εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. *ο Θεός φωτίζει τη μέρα*).

-Επίπεδο 2: Εξηγήσεις βασισμένες σε φυσικές κινήσεις (π.χ. *τα σύννεφα καλύπτουν τον ήλιο*).

-Επίπεδο 3: Εξηγήσεις βασισμένες σε φυσικές κινήσεις. Το γεωκεντρικό μοντέλο. (*Η γη είναι σταθερή και ο ήλιος περιφέρεται γύρω της*.)

-Επίπεδο 4: Προσαρμογή του επιστημονικού μοντέλου. (*Η γη περιφέρεται γύρω από τον ήλιο μια φορά την μέρα*)

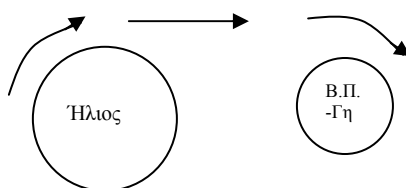
-Επίπεδο 5: Επιστημονικό μοντέλο. (*Η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της μια φορά τη μέρα*).

Από έρευνες που έγιναν σε μαθητές δημοτικού σχολείου σχετικές με το θέμα των φάσεων της σελήνης (Driver et al, 1998 και Βοσνιάδου, 1992)⁵ προέκυψαν 4 επίπεδα σκέψης:

-Επίπεδο 1: Τα σύννεφα κρύβουν τη σελήνη ή μέρος της και έτσι δεν μπορούμε να τη δούμε.

-Επίπεδο 2: Η σκιά του ήλιου ή κάποιων πλανητών κρύβει τη σελήνη ή μέρος της.

-Επίπεδο 3: Ο ήλιος κινείται γύρω από τη γη και η σελήνη και η γη βρίσκονται στην ίδια ευθεία (σχήμα 1). Ανάλογα με τη θέση του ήλιου, η σκιά της γης πέφτει στη σελήνη κρύβοντας έτσι ολόκληρη τη σελήνη ή μέρος της.



Σχήμα 1: αναπαράσταση του 4^{ου} επιπέδου σκέψης παιδιών δημοτικού σχολείου σε σχέση με τις φάσεις της σελήνης.

-Επίπεδο 4: Οι φάσεις της σελήνης εξηγούνται σύμφωνα με το ποσοστό της σελήνης, το οποίο φωτίζεται από τον ήλιο και είναι ορατό από τη γη (επιστημονικό μοντέλο).

Μοντέλα αυτής της μορφής μπορούν να μελετηθούν και να επεκταθούν με στόχο την ολοκλήρωσή τους τόσο σε επίπεδο μαθητών δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης όσο και σε επίπεδο ανώτερης εκπαίδευσης.

3. Σκοπός της έρευνας

⁴ Osborne, J., Wadsworth, P., Black, P. and John, Meadows, J. (1994) *The Earth in Space*. Liverpool: Liverpool University Press.

⁵ Βοσνιάδου, Σ. (1992) *Κείμενα Εξελικτικής Ψυχολογίας*. Τόμος Β: Σκέψη. Αθήνα: Gutenberg Ψυχολογία.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood-Robinson, V. (1998) *Οικοδομώντας τις Εννοιες των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Δαρδάνος

Σκοπός αυτής της έρευνας είναι η ανάπτυξη ενός οργάνου μέτρησης και αξιολόγησης των ικανοτήτων των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών δημοτικής εκπαίδευσης ως προς τις έννοιες που σχετίζονται με απλά φαινόμενα παρατηρησιακής αστρονομίας και ο έλεγχος της εγκυρότητας του γνωρίσματός του.

Ένα όργανο αξιολόγησης έχει εγκυρότητα γνωρίσματος αν αποδεδειγμένα (δηλαδή με τη βοήθεια τεχνικών που δικαιολογούν την ύπαρξη κάθε διασποράς στις απαντήσεις) μετρά ένα θεωρητικό γνώρισμα (π.χ. νοημοσύνη, άγχος, κατανόηση αστρονομικών φαινομένων) το οποίο υποτίθεται ότι μετρά (Allen & Yen, 1979)⁶. Στην πραγματικότητα δεν ενδιαφέρει τόσο η διαπίστωση της εγκυρότητας γνωρίσματος, αλλά η τεκμηρίωση της θεωρίας στην οποία στηρίχτηκε η μέτρηση (Cronbach, 1990)⁷. Η άποψη αυτή τεκμηριώνεται, αν ληφθούν υπόψη οι διαδικασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έλεγχο της εγκυρότητας γνωρίσματος και με τις οποίες παρατηρείται σύγκλιση ανάμεσα στα ενδιαφέροντα της εκπαιδευτικής αξιολόγησης και της βασικής έρευνας. Ως εκ τούτου, επιδίωξη της έρευνάς μας ήταν τόσο η ανάπτυξη ενός έγκυρου μέσου αξιολόγησης των ικανοτήτων των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών στην Αστρονομία όσο και η ανάπτυξη επιπέδων διδασκαλίας του θέματος στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Η ανάπτυξη του οργάνου μέτρησης

Στη διαδικασία που ακολουθήθηκε αρχικά καθορίσαμε τους στόχους της διδασκαλίας της αστρονομίας σε εκπαιδευτικούς δημοτικής. Ακολούθως δημιουργήσαμε δηλώσεις τύπου σωστό/λάθος για κάθε ένα από αυτούς τους στόχους.

Ο καθορισμός των στόχων διδασκαλίας απλών φαινομένων αστρονομίας στηρίχτηκε στο διδακτικό υλικό Φυσική με Διερώτηση⁸, καθώς επίσης και στον τρόπο παρουσίασης και ανάπτυξης του διδακτικού υλικού «The Earth in Space»⁹ και «Understanding the Earth's Place in the Universe»¹⁰.

Οι βασικές επιδιώξεις του προγράμματος «The Earth in Space» είναι οι μαθητές να είναι ικανοί να περιγράψουν τη φαινομενική πορεία του ήλιου στον ουρανό, να γνωρίζουν ότι ο ήλιος, το φεγγάρι και η γη είναι σφαιρικά σώματα, να γνωρίζουν ότι η εμφάνιση του φεγγαριού και το υψόμετρο του ήλιου αλλάζουν σύμφωνα με ένα συστηματικό και προβλέψιμο τρόπο, να μπορούν να εξηγούν την εναλλαγή της μέρας-νύχτας, το μήκος της μέρας και του έτους σύμφωνα με την κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο και να είναι ικανοί να περιγράψουν την κίνηση των πλανητών στο πλανητικό μας σύστημα.

Σκοπός της ενότητας «Παρατηρησιακή Αστρονομία» του διδακτικού υλικού «Φυσική με Διερώτηση», σύμφωνα με τη McDermott (1996), είναι οι μαθητές να προβούν σε παρατηρήσεις της κίνησης του ήλιου, της σελήνης και των αστεριών, να αναγνωρίζουν μοτίβα στις μεταβολές και να χρησιμοποιήσουν τις παρατηρήσεις τους για να οικοδομήσουν μοντέλα που θα τους επιτρέπουν να προβλέπουν την εκάστοτε εμφάνιση των σωμάτων στον ουρανό. Αναμένεται, για παράδειγμα, οι φοιτητές να μπορούν να κατασκευάζουν απλά διαγράμματα σκιάς, να οικοδομούν έγκυρα εναλλακτικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας με τη νύχτα καθώς επίσης και μοντέλα, τα οποία εξηγούν την ακολουθία των φάσεων του φεγγαριού. Το διδακτικό υλικό Φυσική με Διερώτηση στηρίζεται σε μια ακολουθία δραστηριοτήτων που σχεδιάστηκε για να εξασφαλίζει την υπέρβαση των δυσκολιών που εντοπίστηκαν ερευνητικά και για να προωθεί με αυτό τον τρόπο πραγματική εννοιολογική κατανόηση σε ένα μεγάλο εύρος του πληθυσμού των προπτυχιακών φοιτητών.

Το διδακτικό υλικό «Understanding the Earth's Place in the Universe»¹¹ είναι ένα πακέτο με δραστηριότητες μέσα από τις οποίες ο μανθάνοντας μπορεί από μόνος του με πολύ απλά υλικά να οικοδομήσει έννοιες σχετικές με τα ανωτέρω φαινόμενα.

Αντλώντας από τους στόχους και των τριών προγραμμάτων καθορίστηκαν 7 στόχοι διδασκαλίας της Αστρονομίας για προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς¹². Ακολούθως, κατασκευάστηκε πιλοτικό γραπτό δοκίμιο, στο οποίο περιλήφθηκαν ασκήσεις για μέτρηση των ικανοτήτων των φοιτητών σε σχέση με τους 7 στόχους που είχαν τεθεί.

Το τελικό διαγνωστικό δοκίμιο αποτελείται από 86 ερωτήσεις τύπου σωστό/λάθος, οι οποίες αφορούν στα παρακάτω θέματα: (α) αστερία (9 ερωτήσεις: π.χ. 1. Από την Κύπρο μερικά αστερία είναι ορατά στον ουρανό

⁶ Allen, M. J. & Yen, W. M. (1979). *Introduction to Measurement Theory*. Monterey: Brooks and Cole.

⁷ Cronbach, L. J. (3^η Εκδ)(1990). *Essentials of Psychological Testing*. New York: Harper & Row.

⁸ L. C. McDermott and the Physics Education Group (1996) *Physics by Inquiry*. J. Wiley, New York.

⁹ Osborne, J., Wadsworth, P., Black, P. and John, Meadows, J. (1994) *The Earth in Space*. Liverpool: Liverpool University Press.

¹⁰ Mant, J. (1993) *Understanding the Earth's Place in the Universe*. Oxford: Oxford University Department of Educational Studies and Westminster College.

¹¹ Mant, J. (1993) *Understanding the Earth's Place in the Universe*. Oxford: Oxford University Department of Educational Studies and Westminster College.

¹² Οι φοιτητές να μπορούν να:

(α) περιγράφουν τη φαινομενική κίνηση του ήλιου, του φεγγαριού, των αστεριών και των πλανητών στον ουρανό κατά τη διάρκεια μιας μέρας, (β) περιγράφουν τις αλλαγές στο φαινομενικό μονοπάτι του ήλιου σε σχέση με το καιροκαίρι και το χειμώνα, (γ) περιγράφουν τις αλλαγές στο σχήμα του φεγγαριού κατά τη διάρκεια μιας συνοδικής περιόδου του φεγγαριού και να τις συνδέουν με τη θέση του στον ουρανό, (δ) εξηγούν τη δημιουργία των εποχών, των φάσεων του φεγγαριού, της φαινομενικής κίνησης των πλανητών και των αστεριών, (ε) γνωρίζουν τα σχετικά μεγέθη της γης και του φεγγαριού, (στ) γνωρίζουν τις σχετικές αποστάσεις στο σύμπαν και την έννοια της μονάδας μέτρησης έτος φωτός και (ζ) δίνουν ορισμό για το Γαλαξία και να αντιληφθούν ότι ο δικός μας γαλαξίας είναι μόνο ένα κομμάτι του σύμπαντος.

μόνο το καλοκαίρι και μερικά μόνο το χειμώνα, 2. Αστέρια που πλησιάζουν την ατμόσφαιρα της γης είναι γνωστά ως “άστρα που πέφτουν”, (β) ήλιος (35 ερωτήσεις: π.χ. 1. Στην Κύπρο, ο ήλιος φαίνεται να κινείται στον ουρανό από την ανατολή, προς το νότο και μετά προς τη δύση, 2. Είναι πάντα πιο ζέστη στον ισημερινό παρά στους πόλους, γιατί ο ισημερινός είναι πιο κοντά στον ήλιο, (γ) σελήνη (17 ερωτήσεις: π.χ. 1. Όσο πιο πολύ μεγαλώνει το φεγγάρι τόσο πιο πολύ φαίνεται στον ουρανό να απομακρύνεται από τον ήλιο, 2. Το φεγγάρι, όταν είναι ορατό, είναι πάντα στην ίδια θέση στον ουρανό, (δ) αστρονομικές διαστάσεις (6 ερωτήσεις: π.χ. 1. Αν η γη ήταν μια λάμπα διαμέτρου 30 cm, το φεγγάρι θα ήταν μία μπάλα διαμέτρου 7,5 cm και περίπου 8 μέτρα μακριά της, 2. Ένα έτος φωτός είναι μονάδα μέτρησης του χρόνου και (ε) Ηλιακό Σύστημα (19 ερωτήσεις: π.χ. 1. Η Αφροδίτη είναι συχνά ορατή δυτικά μετά τη δύση του ήλιου, 2. Εκλείψεις συμβαίνουν μόνο όταν ο ήλιος, η γη και το φεγγάρι είναι σε ευθεία γραμμή.

Αναμένεται από τους ερωτηθέντες να κρίνουν την ορθότητα της κάθε δήλωσης επιλέγοντας μία από τις δύο δοσμένες λέξεις «σωστό» ή «λάθος». Παρόλο που όλες οι ερωτήσεις είναι του ίδιου τύπου, διαφέρουν ως προς (α) το θέμα, (β) το επίπεδο δυσκολίας, (γ) τη μορφή της ερώτησης και (δ) τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να φτάσει κάποιος στην ορθή απάντηση.

Μεθοδολογία έρευνας

Το πιλοτικό δοκίμιο δόθηκε σε 80 φοιτητές, 2 μέλη του ακαδημαϊκού προσωπικού και 2 μεταπτυχιακούς φοιτητές του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου και αποτελείται από 100 ερωτήσεις. Λαμβάνοντας υπόψη την αξιολόγηση των απαντήσεων των φοιτητών στο πιλοτικό δοκίμιο καθώς επίσης και τις εισιγήσεις και τις παρατηρήσεις των μελών του ακαδημαϊκού προσωπικού και των μεταπτυχιακών φοιτητών, έγιναν αλλαγές σε όσα έργα κρίθηκαν ως μη κατανοητά ή ακατάλληλα και εντοπίστηκαν ασκήσεις που θεωρήθηκαν ως οι καταλληλότερες. Έτσι, διασφαλίστηκε σε μεγάλο βαθμό η αντιπροσωπευτικότητα και η εγκυρότητα του δοκιμίου. Το βελτιωμένο δοκίμιο αποτελείται από 86 ερωτήσεις.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 227 προπτυχιακοί φοιτητές του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου που παρακολούθησαν το μάθημα *ΕΠΑ 176 Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο*. 22 φοιτητές παρακολούθησαν το προαναφερθέν μάθημα κατά το χειμερινό εξάμηνο 1999, 79 κατά το εαρινό εξάμηνο 2000, 68 κατά χειμερινό εξάμηνο 2000 και 58 κατά το εαρινό εξάμηνο 2001, αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Τμήμα Επιστημών της Αγωγής είναι ιδιαίτερα προνομιούχο ως προς τους φοιτητές του. Αυτή τη στιγμή εισάγει 1 φοιτήτρια για κάθε 17 που παρακάθονται στις εισαγωγικές εξετάσεις. Με άλλα λόγια, η δημοτική εκπαίδευση είναι ο πλέον ανταγωνιστικός κλάδος του Πανεπιστημίου Κύπρου και προσελκύει μέρος της αφρόκρεμας των λυκείων του νησιού.

Οι φοιτητές που συμπλήρωσαν το δοκίμιο προέρχονταν από διάφορες δέσμες μαθημάτων στο λύκειο: 49 από τον Συνδυασμό 1 (κλασικές σπουδές), 55 από το συνδυασμό 2 (θετικές επιστήμες), 81 από το συνδυασμό 3 (οικονομικές σπουδές), 1 από το συνδυασμό 4 (εμπορικές σπουδές), 0 από το συνδυασμό 5 (ξένες γλώσσες), 20 από τον ενιαίο τύπο λυκείου, αλλά όχι από κατεύθυνση που περιείχε ειδικευση στις Φυσικές Επιστήμες, και 1 από αγγλόφωνο ιδιωτικό σχολείο Μέσης Εκπαίδευσης¹³. Παρόλο που το δείγμα ήταν ευκαιριακό και η επιλογή του στηρίχτηκε στην προθυμία των καθηγητών που διδασκαν το μάθημα να χορηγήσουν το συγκεκριμένο δοκίμιο, και παρά το γεγονός ότι ο αριθμός των γυναικών είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο των αντρών (187 γυναίκες έναντι 40 αντρών), θα πρέπει να τονιστεί ότι οι στόχοι της παρούσας έρευνας για καθορισμό επιπέδων και κατασκευή οργάνου μέτρησης ικανοτήτων στην Αστρονομία δεν επηρεάζονται αρνητικά από τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου δειγματοληψίας.

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού μοντέλου Rasch¹⁴ και συγκεκριμένα μέσω του λογισμικού προγράμματος Quest¹⁵. Το στατιστικό μοντέλο Rasch είναι φτιαγμένο για να κατασκευάζει κλίμακες. Στην ίδια κλίμακα τοποθετούνται η επίδοση των φοιτητών και ο βαθμός δυσκολίας των έργων. Οι μονάδες της κλίμακας είναι συμβατικές, ονομάζονται logits, και εκτείνονται από -4 μέχρι +4 μονάδες.

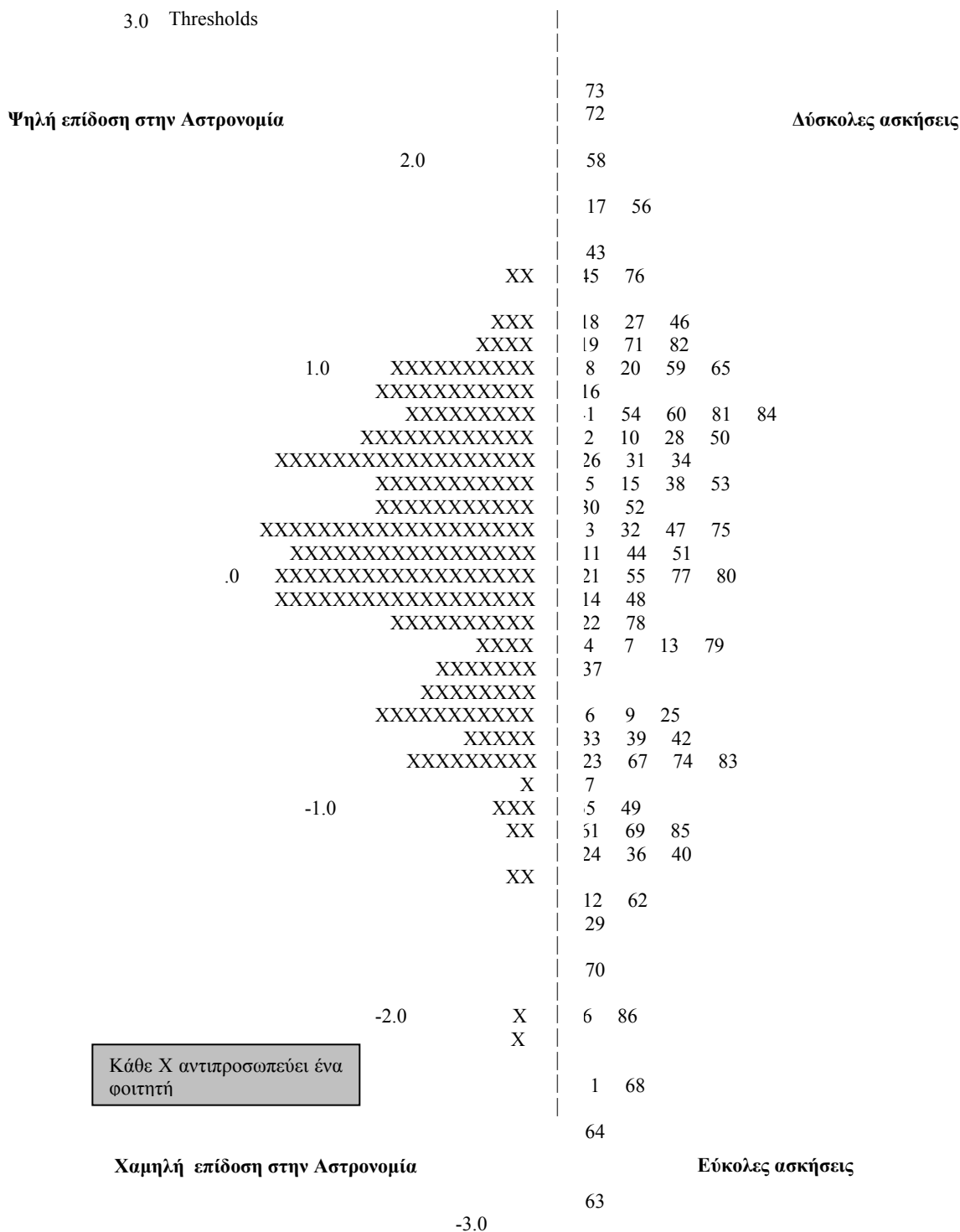
¹³ Ο Συνδυασμός 1 εμφανίζει σε μαθήματα κλασικών σπουδών και ελληνικής γλώσσας, ο Συνδυασμός 2 εμφανίζει σε μαθήματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες και τα μαθηματικά, ο Συνδυασμός 3 περιλαμβάνει μαθήματα Οικονομικών Σπουδών και Μαθηματικών, ο Συνδυασμός 4 είναι παρόμοιος με τον Συνδυασμό 3 αλλά σε πιο πρακτική και απλή μορφή και ο Συνδυασμός 5 αφορά σε μαθήματα ξένων γλωσσών. Οι φοιτητές που προέρχονταν από άλλου τύπου σχολεία, όπως είναι το ενιαίο Λύκειο ή το αγγλόφωνο ιδιωτικό σχολείο Μέσης Εκπαίδευσης δεν είχαν παρακολουθήσει Φυσικές Επιστήμες ως κύριο μάθημα.

¹⁴ Rasch, G. (1980). *Probabilistic Models for some Intelligence and Attainment Tests*. Chicago: University of Chicago Press

¹⁵ Adams, R. J. & Khoo, S.T. (1996). *Quest: The Interactive Test Analysis System*. Camberwell, Victoria: Acer.

Αποτελέσματα

Διάγραμμα1: κλίμακα μέτρησης των ικανοτήτων στην Αστρονομία



Το διάγραμμα παρουσιάζει τις 86 δηλώσεις κατανεμημένες ανάλογα με το βαθμό δυσκολίας τους. Παρουσιάζει επίσης την επίδοση των φοιτητών σε σχέση με αυτά τα έργα. Οι δηλώσεις αναγράφονται με αριθμούς από το 1 μέχρι το 86 ενώ κάθε X αντιστοιχεί σε ένα φοιτητή. Έργα που βρίσκονται στο πάνω μέρος του διαγράμματος παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό δυσκολίας και έργα που παρουσιάζονται στο κάτω μέρος του διαγράμματος παρουσιάζουν χαμηλό βαθμό δυσκολίας. Φοιτητές που τοποθετούνται στο πάνω μέρος του διαγράμματος έχουν υψηλή επίδοση στην αστρονομία και φοιτητές που είναι τοποθετημένοι στο κάτω μέρος του διαγράμματος έχουν χαμηλή επίδοση στην αστρονομία. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι κανένας φοιτητής δεν είχε πλήρη αποτυχία ή πλήρη επιτυχία στο δοκίμιο. Εκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι τα δεδομένα του τελικού διαγνωστικού δοκιμίου ακολουθούν περίπου κανονική κατανομή και τα έργα συγκεντρώνονται στο μέσο παρά στα άκρα της κλίμακας. Η ύπαρξη ιδιαίτερα εύκολων ασκήσεων (1, 64, 68) και πολύ δύσκολων ασκήσεων (17, 43, 56, 58, 72, 73) αντισταθμίζεται με το γεγονός ότι οι ασκήσεις καλύπτουν όλο το εύρος της κλίμακας. Ως αποτέλεσμα, δεν υπάρχει υποκείμενο με επίδοση πέραν του 2.3 ή κάτω από -2.9 logits. Διενεργήθηκαν επίσης αναλύσεις των δεδομένων για κάθε μια από τις 2 ομάδες του δείγματος (άντρες, γυναίκες). Οι στατιστικές τιμές της ανάλυσης του δοκιμίου με τη βοήθεια του μοντέλου Rasch για ολόκληρο το δείγμα και για κάθε μία από τις 2 ομάδες του δείγματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Οι στατιστικές τιμές του δοκιμίου από ανάλυση των απαντήσεων όλου του δείγματος και από αναλύσεις των 2 ομάδων του δείγματος.			
Στατιστικοί δείκτες	Όλοι (n=227)	Γυναίκες (n=171)	Άντρες (n=33)
Mean (items)	0.00	0.00	0.00
(persons)	0.16	0.12	0.25
Standard deviation (items)	1.13	1.21	1.18
(persons)	0.57	0.62	0.69
Αξιοπιστία* (items)	0.98	0.98	0.87
(persons)	0.84	0.84	0.87
Mean Infit mean square (items)	1.00	1.00	0.99
(persons)	1.00	1.00	1.00
Mean Outfit mean square (items)	1.01	1.00	1.04
(persons)	1.01	1.00	1.04
Infit t (items)	-0.02	0.02	0.02
(persons)	-0.07	-0.06	-0.13
Outfit t (items)	0.09	0.03	0.19
(persons)	-0.04	-0.05	-0.07

*Η αξιοπιστία αντιπροσωπεύει το ποσοστό της παρατηρούμενης διασποράς που θεωρείται πραγματική (δικαιολογημένη)

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, οι τιμές της αξιοπιστίας τόσο σε σχέση με τις κλίμακες των ερωτήσεων όσο και σε σχέση με τις κλίμακες ικανοτήτων των ατόμων είναι ιδιαίτερα ψηλές αφού ξεπερνούν το 0.83. Οι τιμές των mean infit mean square και mean outfit mean square προσεγγίζουν το 1 και οι τιμές των infit t και outfit t προσεγγίζουν το 0. Δεδομένου ότι οι μέσοι όροι των τετραγώνων εμπίπτουν στο 30% των προσδοκώμενων τιμών, υπολογιζόμενες με βάση το μοντέλο, μπορεί να υποστηριχθεί ότι τα δεδομένα υποστηρίζουν το εξεταζόμενο μοντέλο. Επιπρόσθετα, οι τιμές αυτές φανερώνουν ότι τα δεδομένα που προκύπτουν από τις απαντήσεις του δείγματος και των τριών ομάδων ταιριάζουν με τις προϋποθέσεις του μοντέλου Rasch, συνεπώς είναι δυνατή η χρήση του μοντέλου για σκοπούς δημιουργίας έγκυρης και αξιόπιστης κλίμακας μέτρησης των ικανοτήτων των φοιτητών στην Αστρονομία. Άρα δικαιολογείται να προβλέψουμε ότι οι απαντήσεις του δείγματος των φοιτητών ανταποκρίνονται σε αυτές των υπόλοιπων φοιτητών σε κάθε ερώτηση. Περαιτέρω, η ανάλυση που έγινε για τις δύο υποομάδες (άντρες, γυναίκες) υπέδειξε ότι ο βαθμός δυσκολίας για όλα σχεδόν τα έργα είναι ανεξάρτητος του φύλου. Οι τιμές των τυπικών αποκλίσεων των ικανοτήτων των φοιτητών κυμαίνονται από 0.57 μέχρι 1.21, γεγονός που υποδεικνύει ότι το δείγμα μας σε μεγάλο βαθμό είναι ομοιογενές. Από τα παραπάνω σχόλια προκύπτει ότι το όργανο δεν παρουσιάζει σημαντικές αδυναμίες και ως εκ τούτου, ο στόχος της δημιουργίας κλίμακας μέτρησης της κατανόησης εννοιών αστρονομίας επιτεύχθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό.

Με βάση την κατανομή των ερωτήσεων στην κλίμακα δημιουργήθηκαν 6 υποκατηγορίες έργων όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορίες ερωτήσεων με βάση την κλίμακα Rasch

	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2	Κατηγορία 3	Κατηγορία 4	Κατηγορία 5	Κατηγορία 6
Logits	[-3,-2)	[-2,-1)	[-1,0)	[0,1)	[1,2)	[2,3]
Ενδεικτικές ερωτήσεις	1. Η γη είναι πλανήτης. 2. Ο ήλιος ανατέλλει περίπου ανατολικά και δύει περίπου δυτικά.	1. Όλοι οι πλανήτες είναι μικρότεροι από τη γη. 2. Όλοι οι πλανήτες γυρίζουν γύρω από τον ήλιο. 3. Όταν το βόριο ημισφαίριο έχει νύχτα το νότιο έχει μέρα.	1. Το φως από το φεγγάρι και το φως από τον ήλιο φτάνουν στη γη ταυτόχρονα. 2. Ο ήλιος είναι ένα αστέρι 3. Βλέπω το φεγγάρι γιατί ανακλά φως από τον ήλιο.	1. οι θέσεις της ανατολής και της δύσης δεν αλλάζουν. 2. Το μεσημέρι στην Κύπρο ο ήλιος είναι ακριβώς από πάνω. 3. Το καλοκαίρι ο ήλιος ανατέλλει από θέση πιο κοντά στο νότο.	1. ο ήλιος δεν ανατέλλει ποτέ ακριβώς ανατολικά. 2. το φεγγάρι ανατέλλει όταν ο ήλιος δύει μόνο όταν είναι πανσέληνος. 3. Το καλοκαίρι ο ήλιος είναι πιο κοντά στον ήλιο.	1. Το φεγγάρι αλλάζει φάσεις, γιατί κινείται στη σκιά της γης. 2. Ο ήλιος παρουσιάζεται στον ουρανό περισσότερο κατά το καλοκαίρι παρά κατά το χειμώνα.

Ο πιο πάνω πίνακας αποτέλεσε τη βάση για την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων. Επιχειρήθηκε δηλαδή η ερμηνεία της κλίμακας ως προς την ικανότητα που μετρείται. Η μελέτη των ερωτήσεων που ανήκουν σε κάθε κατηγορία καθώς επίσης και εκείνων των κοινών στοιχείων, τα οποία παρουσιάζει κάποιος όταν η επίδοσή του κυμαίνεται σε κάποιο συγκεκριμένο επίπεδο της κλίμακας, οδήγησε στη δημιουργία μίας καινούριας ποιοτικής κλίμακας, η οποία οργανώνεται σε 6 επίπεδα.

Ποιοτική κλίμακα κατανόησης της αστρονομίας

1	Οι μαθητές μπορούν να: Ανακαλούν απλές καθημερινές παρατηρήσεις και κάποιες πληροφορίες για τη δομή του ηλιακού συστήματος.
2	Ανακαλούν κάποια γενικευμένα μοτίβα για καθημερινές παρατηρήσεις Ανακαλούν πληροφορίες για το διάστημα Προσφέρουν περισσότερες πληροφορίες για το ηλιακό σύστημα και Ανακαλούν απλές αιτιακές συσχετίσεις μεταξύ φαινομένων και δομικών χαρακτηριστικών
3	Περιγράφουν λεπτομερώς καθημερινές παρατηρήσεις σε σχέση με τη φαινομενική κίνηση του ήλιου και τις φάσεις της σελήνης. Διατυπώνουν με σαφήνεια διάφορα γενικευμένα μοτίβα από τις παρατηρήσεις τους. Χρησιμοποιούν την αναδυόμενη κατανόησή τους για να διατυπώνουν κάποιες προβλέψεις σε σχέση με τη φαινομενική κίνηση του ήλιου και την κίνηση των αστεριών καθώς και των φάσεων της σελήνης Κάνουν περισσότερες αιτιακές συσχετίσεις σε σχέση με τα φαινόμενα και τα δομικά χαρακτηριστικά
4	Διατυπώνουν με σαφήνεια εκείνες τις καθημερινές παρατηρήσεις που είναι περισσότερο χρήσιμες στην οικοδόμηση ερμηνευτικών μοντέλων. Περιγράφουν ποιες πρόσθετες παρατηρήσεις θα ήταν χρήσιμες για την περαιτέρω ρύθμιση ενός μοντέλου. Περιγράφουν συγκεκριμένα μοντέλα για το φαινόμενο της μέρας-νύχτας και ενδεχομένως τις φάσεις της σελήνης Αρχίζουν να χρησιμοποιούν ένα μοντέλο για διατύπωση προβλέψεων με κάπως μεγαλύτερες πιθανότητες επαλήθευσης
5	Περιγράφουν με ποικίλα μέσα τα μοντέλα που έχουν οικοδομήσει για τη φαινομενική κίνηση του ήλιου, τις φάσεις της σελήνης και την εμφάνιση των αστεριών στον ουρανό. Χρησιμοποιούν το μοντέλο τους για να κάνουν λεπτομερείς προβλέψεις, οι οποίες πιθανώς επαληθεύονται. Περιγράφουν ποιες συγκεκριμένες παρατηρήσεις τους ήταν χρήσιμες και με ποιο τρόπο στην οικοδόμηση των μοντέλων τους.
6	Χρησιμοποιούν τα μοντέλα που έχουν οικοδομήσει για τη φαινομενική κίνηση του ήλιου, τις φάσεις της σελήνης και την εμφάνιση των αστεριών στον ουρανό ώστε να κάνουν λεπτομερείς προβλέψεις με απόλυτη συνέπεια πολλές φορές για δύσκολες και ενδεχομένως όχι τόσο κεντρικής σημασίας πτυχές των φαινομένων.

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων ολόκληρου του δείγματος και των δύο ομάδων με τη μέθοδο Rasch προέκυψαν συγκεκριμένες στατιστικές τιμές, οι οποίες υποδεικνύουν την ύπαρξη μίας αξιόπιστης και έγκυρης ισοδιαστημικής κλίμακας, στην οποία είναι δυνατό να αντιπαραβάλουμε τις ικανότητες των φοιτητών με το βαθμό δυσκολίας των έργων. Το μοντέλο Rasch αποκαλύπτει επίσης δυνατότητες βελτίωσης του οργάνου αξιολόγησης με την αφαίρεση κάποιων πολύ εύκολων και κάποιων πολύ δύσκολων ασκήσεων (τιμές >2.3 ή <-2.3 logits)

Θα ήταν επίσης χρήσιμη η εφαρμογή του δοκιμίου (και της κλίμακας) σε κάποιο στάδιο μετά από συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση με στόχο να διακριβωθεί κατά πόσο η ενδεχόμενη βελτίωση στην επίδοση των φοιτητών εντοπίζεται από το όργανο αξιολόγησης.

Εκπαιδευτικά η δημιουργία κλιμάκων τέτοιας μορφής είναι μεγάλης σημασίας λόγω του ότι μπορεί κανείς να δώσει το δοκίμιο, να μετρήσει την επίδοση ποσοτικά στην κλίμακα Rasch και να ερμηνεύσει ποιοτικά τι μπορεί

και τι δεν μπορεί να κάνει ο φοιτητής σε σχέση με την αστρονομία, δηλαδή, σε ποιο επίπεδο ανήκει. Πέραν από τον καθορισμό επιπέδων σκέψης στην Αστρονομία και την ανάπτυξη έγκυρου οργάνου μέτρησής τους, τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι ενώ τα επίπεδα ακολουθούν τις αρχές ενός εξελικτικού μοντέλου, εντούτοις δεν χαρακτηρίζονται από έντονη διακριτική ικανότητα. Τα αποτελέσματα της έρευνας δεν υποστηρίζουν τα Πιαζετιανά πρότυπα καθορισμού επιπέδων. Αντίθετα εντοπίζονται διαφοροποιήσεις στη δυσκολία έργων που ανήκουν στο ίδιο επίπεδο. Έτσι η μετάβαση από ένα επίπεδο σε άλλο ακολουθεί ένα συνεχές μοντέλο με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια ισοδιαστημική αλλά συνεχής κλίμακα μέτρησης της κατανόησης των φοιτητών στην Αστρονομία.

Η ποιοτική κλίμακα συνιστά μια προσπάθεια αξιολόγησης της κατανόησης φοιτητών στην Αστρονομία. Η κλίμακα οργανώνεται σε διακριτά επίπεδα τα οποία είναι ευκόλως κατανοητά τόσο ως προς τις ικανότητες που μπορεί να επιδείξει ένα άτομο το οποίο έχει κατανεμηθεί στο αντίστοιχο επίπεδο, όσο και ως προς τις εννοιολογικές ελλείψεις που επιδεικνύει. Ταυτόχρονα η κλίμακα στηρίζεται λειτουργικά με το Γενικό Δοκίμιο Παρατηρησιακής Αστρονομίας, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της, καθώς και με την αντίστοιχη κλίμακα Rasch η οποία αποτελεί και τη λειτουργική ερμηνεία της κλίμακας κατανόησης.

Ταυτόχρονα, οφείλουμε να παρατηρήσουμε ότι η κλίμακα είναι απλά ένα όργανο αρχικής ή τελικής αξιολόγησης. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα όργανο εντοπισμού των εναλλακτικών μοντέλων που ενδεχομένως παρουσιάζουν οι φοιτητές σε σχέση με την ερμηνεία αστρονομικών φαινομένων, ούτε και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τυχόν εξελικτική οργάνωση τέτοιων μοντέλων.

Τέλος, διαφαίνεται η ανάγκη για διεξαγωγή παρόμοιων ερευνών που να αφορούν άλλα θέματα των Φυσικών Επιστημών, ώστε να καταρτιστούν κατάλληλα γνωστικά επίπεδα στις Φυσικές Επιστήμες που θα παρέχουν το πλαίσιο ανάπτυξης παρεμβατικών προγραμμάτων διδασκαλίας για σκοπούς βελτίωσης της εκπαιδευτικής πρακτικής.

Ευχαριστίες

Η εργασία είναι αποτέλεσμα του ερευνητικού προγράμματος *Φυσική με Διερώτηση*, το οποίο χρηματοδοτείται από το National Science Foundation, USA. Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στη Lillian McDermott και στον Peter Shaffer για τη συνεχιζόμενη στήριξη.