

Παρατηρήσεις:

α) Η ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΗΣ

Β' ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

(2 ώρες την εβδομάδα, καθ' όλη τη διάρκεια του σχολικού έτους)

Θα διδαχθεί το βιβλίο "**ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ**" των *Κ. Γαβρίλη, Π. Νιάρχου, Κ. Παπαμιχάλη, Μ. Μεταξά.*

Η συγγραφή του βιβλίου της **ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ** της Β' τάξης του Λυκείου στηρίχτηκε πάνω σε μερικές κατευθυντήριες γραμμές οι οποίες διατρέχουν το σύνολο των θεμάτων που περιλαμβάνονται σ' αυτό. Καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια, ώστε η διάταξη, η άρθρωση και η οργάνωση των κεφαλαίων αφενός να βρίσκονται σε συνέπεια με τις αρχές αυτές και αφετέρου να ικανοποιούν τους στόχους της διδασκαλίας που περιέχει το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών.

Η μέγιστη αξιοποίηση οποιουδήποτε διδακτικού υλικού στηρίζεται στην αυτενέργεια και στην εμπειρία του δασκάλου. Προϋποθέτει ωστόσο και τη γνώση των βασικών στόχων του, καθώς και τις μεθόδους για την επίτευξή τους. Με οδηγό αυτήν την πεποίθηση, στα όσα ακολουθούν παρατίθενται συνοπτικά τα εξής:

- 1) Ο τρόπος με τον οποίο έχει οργανωθεί το περιεχόμενο του βιβλίου.
- 2) Τα βασικά θέματα και δραστηριότητες ανά κεφάλαιο, γύρω από τα οποία πρέπει -σύμφωνα με τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος- να περιστραφεί η διδασκαλία.
- 3) Υποδείξεις για την επίλυση ορισμένων ασκήσεων ή για τη διεξαγωγή δραστηριοτήτων.

1. ΤΡΟΠΟΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΤΗΣ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

Οι αρχές που τέθηκαν και κατεύθυναν την οργάνωση των ενοτήτων και τη γενική μορφή του βιβλίου είναι οι ακόλουθες:

- α) Προσδιορίζονται εξ αρχής ο σκοπός και τα αντικείμενα που μελετά η Αστρονομία. Τόσο στην εισαγωγή όσο και σε κάθε επιμέρους ενότητα η Αστρονομία συσχετίζεται με τις άλλες επιστήμες και αναπτύσσεται η ιστορική εξέλιξή της.
- β) Η μελέτη των αστρονομικών αντικειμένων και φαινομένων γίνεται σε τρία επίπεδα: Στο 1ο, από την απλή παρατήρησή τους προκύπτουν και διαμορφώνονται κάποια βασικά ερωτήματα. Στο 2ο, γίνεται μια λεπτομερέστερη ανάλυση και περιγραφή τους με τη βοήθεια των πληροφοριών που μας παρέχει ο σύγχρονος τεχνολογικός εξοπλισμός (επίγεια και τροχιακά τηλε-

σκόπια, δορυφόροι, διαστημικές αποστολές, επεξεργασία δεδομένων κ.ά.) Στο 3ο, τα αστρονομικά φαινόμενα ερμηνεύονται με τη διαμόρφωση κατάλληλων θεωρητικών μοντέλων και γενικών φυσικών θεωριών.

- γ) Όσον αφορά την ιεράρχηση και σειρά μελέτης τους τα αστρονομικά φαινόμενα διατάχθηκαν κατά αύξουσα απόσταση από τον πλανήτη μας και κατά αυξανόμενο πλάτος των εννοιών που τα προσδιορίζουν. Έτσι, για παράδειγμα, πραγματεύεται κατά σειρά το πλανητικό σύστημα, τον Ήλιο, τους αστέρες, τους γαλαξίες κτλ.
- δ) Περιλαμβάνονται δύο κεφάλαια που λειτουργούν παράλληλα με τον κύριο κορμό του βιβλίου. Το ένα αναφέρεται στις προσπάθειες που έχει κάνει και συνεχίζει να κάνει ο άνθρωπος, για να κατακτήσει το διάστημα. Στο άλλο συζητείται το φαινόμενο της ζωής μέσα στα πλαίσια της εξέλιξης του Σύμπαντος.
- ε) Η κατανόηση του κειμένου υποβοηθείται με το πλούσιο φωτογραφικό υλικό, που επεξηγείται με τις κατάλληλες λεζάντες. Η αξιοποίησή του από το διδάσκοντα θα ενισχύει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας του.
- στ) Με στόχο την πληρότητα του βιβλίου στο επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπου απευθύνεται, έχουν ενταχθεί σε κάθε κεφάλαιο αρκετά "ένθετα". Μερικά ένθετα περιέχουν πληροφορίες και γνώσεις από συναφείς με την Αστρονομία επιστημονικούς χώρους, οι οποίες υποβοηθούν στην κατανόηση του κυρίως κειμένου. Άλλα περιέχουν λίγο πιο προχωρημένα αστρονομικά θέματα, που αποτελούν προέκταση της βασικής ύλης και απευθύνονται στο μαθητή με ιδιαίτερα ενδιαφέροντα στο χώρο της Αστρονομίας. Είναι αυτονόητο ότι σε κάθε περίπτωση τα ένθετα δεν περιλαμβάνονται στην εξεταστέα ύλη του μαθήματος. Μπορούν, ωστόσο, πολλά από αυτά να χρησιμοποιηθούν ως έναυσμα ή και ως βασική πηγή πληροφορίας σε σχετικές συνθετικές εργασίες των μαθητών.
- ζ) Στο τέλος κάθε κεφαλαίου υπάρχει ανακεφαλαίωση των πιο σημαντικών - αναφορά με τους βασικούς στόχους- θεμάτων που έχουν αναπτυχθεί.
- η) Μια σειρά ερωτήσεων και ασκήσεων, που υπάρχει σε κάθε κεφάλαιο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αξιολόγηση και έλεγχο επίτευξης των στόχων της διδασκαλίας. Οι δραστηριότητες που έχουν περιληφθεί μπορούν να ανατεθούν στους μαθητές για εργασία στο σπίτι, ή ακόμα, με τη μορφή μέρους κάποιας συνθετικής εργασίας.
- θ) Το λεξικό των βασικών εννοιών της Αστρονομίας, που υπάρχει στο τέλος του βιβλίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς τρόπους: 1. Για να δοθούν ακριβείς ορισμοί μεγεθών, όπου ο διδάσκων το κρίνει απαραίτητο. 2. Για την ακριβέστερη περιγραφή ή ερμηνεία φαινομένων και φυσικών μηχανισμών. 3. Για τη διευκρίνιση όρων, νόμων, σχέσεων κτλ., από άλλους επιστημονικούς χώρους, που χρησιμοποιούνται και στην Αστρονομία.

2. ΒΑΣΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΑΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή (2 διδακτικές ώρες)

- Γίνεται σύντομη επισκόπηση της ιστορίας της Αστρονομίας. Επισημαίνονται οι πλέον σημαντικοί σταθμοί στην εξέλιξη της.
- Προσδιορίζεται το πεδίο μελέτης της Αστρονομίας και οι σχέσεις της με άλλες επιστήμες και την τεχνολογία.
- Διατυπώνονται βασικά προβλήματα που απασχολούν τους αστρονόμους, μέσω μιας γενικής συζήτησης με τους μαθητές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Αστρονομικές παρατηρήσεις και όργανα (6 διδακτικές ώρες)

- Τονίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου έρευνας και κατάκτησης της γνώσης, τα οποία αποδέχεται και χρησιμοποιεί η σύγχρονη επιστημονική κοινότητα. Γίνεται ευρεία χρήση παραδειγμάτων από περιοχές των θετικών επιστημών, που είναι οικείες στους μαθητές.
- Αναλύονται οι ιδιομορφίες που χαρακτηρίζουν τις αστρονομικές παρατηρήσεις. Με ποιους τρόπους γίνεται η επεξεργασία των παρατηρησιακών δεδομένων και τα είδη των πληροφοριών που λαμβάνονται απ' αυτή. Εισάγεται με τη χρήση εικόνων, παραδειγμάτων και κατάλληλων εποπτικών μέσων η έννοια του φάσματος μιας Η/Μ ακτινοβολίας. Γίνεται αναφορά στο αντίστοιχο ένθετο για τις επιπλέον γνώσεις περί φασμάτων που χρειάζεται να κατέχουν οι μαθητές.
- Ανακαλούνται εμπειρίες από την καθημερινή ζωή των μαθητών και πραγματοποιούνται κατάλληλες δραστηριότητες μέσα στην τάξη, ώστε να καταδειχθούν τα βασικά χαρακτηριστικά των κινήσεων των ουράνιων σωμάτων. Χρησιμοποιούνται ανάλογες διαδικασίες, για να ερμηνευτούν οι φαινόμενες κινήσεις τους στα πλαίσια του ηλιοκεντρικού μοντέλου.
- Ανακαλούνται οι γνώσεις της Οπτικής των μαθητών. Εξηγείται με ποιο μηχανισμό λειτουργούν τα τηλεσκόπια και ποιο είναι το κυριότερο χαρακτηριστικό της λειτουργίας τους. Συζητείται πώς και γιατί γίνονται αστρονομικές παρατηρήσεις στις μη ορατές περιοχές του Η/Μ φάσματος. Επισημαίνεται ο ρόλος της ατμόσφαιρας στις αστρονομικές παρατηρήσεις και η αναγκαιότητα της διεξαγωγής τους από το διάστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Το ηλιακό σύστημα (8 διδακτικές ώρες)

- Περιγράφονται οι φαινόμενες κινήσεις των πλανητών ως προς έναν επίγειο παρατηρητή και ερμηνεύονται με βάση το ηλιοκεντρικό μοντέλο.
- Διατυπώνονται οι φαινομενολογικοί νόμοι του Kepler. Τονίζεται ότι οι νόμοι του Kepler προέκυψαν εμπειρικά από τη συστηματοποίηση των παρατηρησιακών δεδομένων του Tycho Brahe, και ερμηνεύτηκαν στα πλαίσια της Νευτώνειας Μηχανικής και του νόμου της παγκόσμιας έλξης.

- Αναφέρονται βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία της Γης και της Σελήνης. Ερμηνεύονται, μέσω κατάλληλων σχημάτων και δραστηριοτήτων, οι εκλείψεις του Ήλιου και της Σελήνης.
- Με τη βοήθεια παραδειγμάτων που αντλούνται από τις γενικές γνώσεις και εμπειρίες των μαθητών περιγράφονται φαινόμενα που οφείλονται στην αλληλεπίδραση Γης-Σελήνης και ερμηνεύονται ποιοτικά.
- Περιγράφονται με πολλές φωτογραφίες και σχήματα τα πιο βασικά χαρακτηριστικά των γήινων και των δίων πλανητών, καθώς και η ζώνη των αστεροειδών. Με παρόμοιο τρόπο περιγράφονται τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των κομητών και ερμηνεύεται ο τρόπος σχηματισμού της ουράς τους.
- Εξηγείται η προέλευση και ο σχηματισμός των μετεώρων και των μετεωριτών. Περιγράφεται η δομή του μεσοπλανητικού χώρου και εξηγείται το ζωδιακό και το αντιζωδιακό φως.
- Εξηγείται ο σχηματισμός του ηλιακού συστήματος σύμφωνα με το θεωρητικό μοντέλο της νεφελικής συμπύκνωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ο Ήλιος (7 διδακτικές ώρες)

- Εξηγείται η προέλευση των τεράστιων ποσών ενέργειας που ακτινοβολεί ο Ήλιος, με βάση τα πορίσματα της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας του Einstein και τις πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης που συμβαίνουν στο εσωτερικό του. Γίνεται σύντομη αναφορά στις σχετικές έννοιες και μηχανισμούς.
- Περιγράφεται η βοήθεια εικόνων η δομή του εσωτερικού τμήματος του Ήλιου. Τονίζεται ότι το μοντέλο αυτό είναι θεωρητικό και μόνο έμμεσες παρατηρήσεις το επιβεβαιώνουν.
- Δείχνονται φωτογραφίες της ηλιακής ατμόσφαιρας και περιγράφεται η δομή της.
- Περιγράφονται μέσω εικόνων τα φαινόμενα που συνιστούν την ηλιακή δραστηριότητα.
- Ερμηνεύεται ποιοτικά η ηλιακή δραστηριότητα ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ισχυρών μαγνητικών πεδίων και ρευμάτων ιονισμένης ύλης. Αναλύονται σύντομα οι απαραίτητες έννοιες και διαδικασίες, με την ανάκληση των σχετικών γνώσεων των μαθητών.
- Αναφέρονται τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας που εκπέμπει ο Ήλιος και οι πληροφορίες που μπορούμε να αντλήσουμε από το φάσμα της. Οι μαθητές παραπέμπονται στο ένθετο περί Η/Μ ακτινοβολίας του κεφαλαίου 2, αφού προηγηθούν σχετικές υπενθυμίσεις.
- Εισάγεται η έννοια της ιονόσφαιρας. Περιγράφονται και εξηγούνται ποιοτικά, φαινόμενα που οφείλονται στην ηλιακή δραστηριότητα και στην αλληλεπίδραση του ηλιακού ανέμου με την ιονόσφαιρα. Δείχνονται εικόνες του πολικού σέλας και εξηγείται ο σχηματισμός του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Οι αστέρες (8 διδακτικές ώρες)

- Εξηγείται το φαινομενικά αμετάβλητο του σχήματος των αστερισμών. Τονίζεται ότι οι αστέρες μοιάζουν με τον Ήλιο. Ορίζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά των αστέρων: η λαμπρότητα, το φαινόμενο και το απόλυτο μέγεθος, η θερμοκρασία και ο φασματικός τύπος. Γίνεται αναφορά στον τρόπο μέτρησης της απόστασης των αστέρων από τη Γη και της ταχύτητας με την οποία κινούνται ως προς αυτή. Οι μαθητές παραπέμπονται στη μελέτη των ένθετων που περιέχουν πληροφορίες σχετικές με τις αποστάσεις των αστέρων και με το φαινόμενο Doppler.
- Εισάγεται το διάγραμμα Hertzsprung-Russel: Πώς κατασκευάζεται, από ποιες περιοχές αποτελείται, ποιες πληροφορίες μπορούμε να πάρουμε από αυτό.
- Αναλύεται το μοντέλο της νεφελικής συμπύκνωσης για την εξήγηση του σχηματισμού των αστέρων. Προσδιορίζεται ο όρος "εξέλιξη του αστέρα".
- Περιγράφονται τα διαδοχικά στάδια της εξέλιξης ενός αστέρα, τα φαινόμενα που τα συνοδεύουν και οι μηχανισμοί που τα προκαλούν.
- Εξηγείται πώς σχηματίστηκαν τα χημικά στοιχεία που παρατηρούμε γύρω μας και γενικότερα μέσα στο Σύμπαν, από τα οποία αποτελείται και το σώμα μας. Οι πληθυσμοί των αστέρων ταξινομούνται σύμφωνα με τη χημική τους σύσταση.
- Εισάγεται η έννοια των μεταβλητών αστέρων και οι κατηγορίες τους. Ερμηνεύεται το φαινόμενο της παρατηρούμενης μεταβολής της λαμπρότητας των αστέρων.
- Ορίζονται τα αστρικά συστήματα και η δυναμική αλληλεπίδραση των αστέρων που τα αποτελούν. Τα αστρικά συστήματα ταξινομούνται ανάλογα με το πλήθος των αστέρων που περιέχουν και με το σχήμα που εμφανίζουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Οι γαλαξίες (6 διδακτικές ώρες)

- Ανακαλείται η οπτική εμπειρία που έχουν οι μαθητές για το Γαλαξία και δείχνονται σχετικές φωτογραφίες και σχήματα. Ορίζεται ο Γαλαξίας και περιγράφονται συνοπτικά η δομή και τα βασικά χαρακτηριστικά του.
- Παρουσιάζονται φωτογραφίες άλλων γαλαξιών και ταξινομούνται σύμφωνα με το σχήμα τους.
- Αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο ο Hubble κατέληξε στη διατύπωση του ομώνυμου φαινομενολογικού νόμου. Ανακαλούνται οι γνώσεις των μαθητών γύρω από τον τρόπο μέτρησης των αποστάσεων και των ταχυτήτων των ουράνιων σωμάτων ως προς τη Γη, με αναφορά στα αντίστοιχα ένθετα του κεφαλαίου 5. Τονίζεται ότι ο νόμος του Hubble αφορά τους πλέον απομακρυσμένους από το Γαλαξία (μας) γαλαξίες.
- Ορίζονται οι ομάδες και τα σμήνη γαλαξιών. Συζητείται ο τρόπος με τον οποίο δύο γαλαξίες μπορούν να αλληλεπιδράσουν. Δείχνονται εικόνες που ανα-

παριστούν τη συγχώνευση ή τη σύγκρουση δύο γαλαξίων.

- Αναφέρονται, με τη βοήθεια εικόνων, τα βασικά χαρακτηριστικά των ενεργών γαλαξίων. Αναπτύσσονται συνοπτικά οι μηχανισμοί στους οποίους οφείλονται τα έντονα φαινόμενα που παρατηρούνται στους ενεργούς γαλαξίες.
- Αναλύονται τα βασικά στοιχεία του επικρατέστερου θεωρητικού μοντέλου, με το οποίο ερμηνεύεται ο σχηματισμός και η εξέλιξη των γαλαξίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Δομή και εξέλιξη του Σύμπαντος (6 διδακτικές ώρες)

- Διατυπώνονται οι κοσμολογικές υποθέσεις και θεμελιώνονται μέσω πειστικών επιχειρημάτων η αναγκαιότητά τους.
- Με βάση τις κοσμολογικές αρχές και το νόμο του Hubble και με τη βοήθεια παραδειγμάτων και των σχετικών δραστηριοτήτων οι μαθητές οδηγούνται στη διατύπωση της υπόθεσης της διαστολής του Σύμπαντος.
- Οι μαθητές καθοδηγούνται στην πρόβλεψη ότι υπάρχει μια διάχυτη ομοιόμορφη ακτινοβολία σε ολόκληρο το Σύμπαν, αποτέλεσμα της διαστολής, της ομοιογένειας και της ισορροπίας του. Υποβοηθούνται με την ανάκληση των γνώσεών τους γύρω από την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα θερμό σώμα και προς τούτο γίνεται αναφορά στο σχετικό ένθετο του κεφαλαίου 2. Τονίζεται η ιστορική επιβεβαίωση της πρόβλεψης αυτής από τους Penzias και Wilson.
- Περιγράφονται τα βασικά στάδια της εξέλιξης του Σύμπαντος σύμφωνα με τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης. Υπογραμμίζονται οι παρατηρησιακές επιβεβαιώσεις των προβλέψεων της θεωρίας και τα ανοιχτά προβλήματα που υπάρχουν. Αναλύονται συνοπτικά οι φυσικοί μηχανισμοί που προκάλεσαν τις μεταβολές των καταστάσεων του Σύμπαντος στις κυριότερες φάσεις της ιστορίας του.
- Περιγράφονται τα πιθανά σενάρια, που προβλέπονται στο πλαίσιο του μοντέλου της Μεγάλης Έκρηξης, για το μέλλον του Σύμπαντος και ο αποφασιστικός ρόλος της μέσης πυκνότητας της συμπαντικής ύλης στο ζήτημα αυτό.

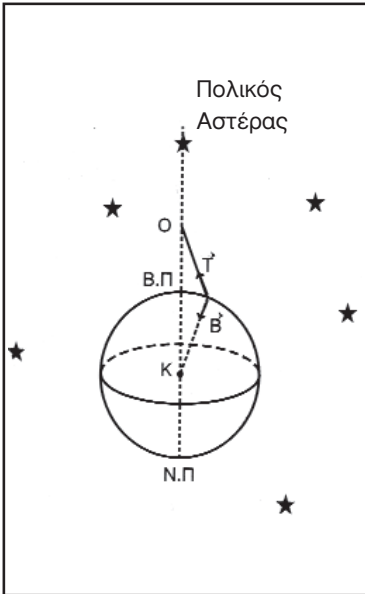
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Διαστημική (4 διδακτικές ώρες)

- Επιδεικνύονται πολλές εικόνες και σχηματικές αναπαραστάσεις διαστημικών συσκευών που χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή αστρονομικών παρατηρήσεων και εντοπίζονται τα βασικά στοιχεία της δομής τους.
- Ανακαλούνται οι αντίστοιχες γνώσεις των μαθητών από τη Φυσική και προσδιορίζονται οι τροχιές που είναι δυνατόν να ακολουθούν τα διαστημόπλοια και οι δορυφόροι. Συζητείται η χρησιμότητα των δορυφόρων και η επίδρασή τους στο βιοτικό επίπεδο των ανθρώπων στη Γη.
- Γίνεται με την επίδειξη φωτογραφικού υλικού ιστορική επισκόπηση των επανδρωμένων αποστολών στο διάστημα και συζητούνται οι μελλοντικές προοπτικές τέτοιου είδους προγραμμάτων.

- Γίνεται συζήτηση γύρω από τη λειτουργία και τη δομή των επανδρωμένων διαστημικών σταθμών και στους στόχους που εξυπηρετεί η κατασκευή τους. Συζητείται το θέμα της εγκατάστασης ανθρώπινων αποικιών στο διάστημα και ποιες είναι οι προοπτικές ενός τέτοιου εγχειρήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: Το Σύμπαν και ο Άνθρωπος (3 διδακτικές ώρες)

- Ανακαλούνται οι γνώσεις που έχουν αποκτήσει οι μαθητές για την εξέλιξη του Σύμπαντος και των αστερών, για το μηχανισμό σχηματισμού των χημικών στοιχείων και για το πώς διαμορφώνονται οι συνθήκες που επικρατούν στις επιφάνειες των πλανητών. Με αυτά τα δεδομένα καθοδηγούνται στο συμπέρασμα ότι το φαινόμενο της ζωής, αν και σπάνιο, είναι συμβατό με τους γενικούς νόμους της φύσης.
- Συζητείται η πιθανότητα ύπαρξης πολιτισμών σε άλλους, εκτός της Γης, πλανήτες και με ποιους τρόπους θα μπορούσαμε να επικοινωνήσουμε μαζί τους. Ξεκινώντας από τα σημερινά δεδομένα και τη γενική κατάσταση του πλανήτη μας αναζητούνται οι πιθανές μελλοντικές προοπτικές του ανθρώπινου είδους και ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να τις επηρεάσουμε.



3. ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Κεφάλαιο 2 - Άσκηση 76

Βρίσκεσαι ακριβώς στο βόρειο πόλο και στερεώνεις σε σταθερό σημείο ένα εκκρεμές.

- Αν το εκκρεμές ισορροπεί, ποιον αστέρα θα συναντήσει στην ουράνια σφαίρα η προέκταση του νήματός του;
- Εκτρέπεις το εκκρεμές από τη θέση της ισορροπίας του και το αφήνεις ελεύθερο. Το σφαιρίδιο θα ταλαντωθεί πάνω σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο.

Πώς θα κινηθεί το επίπεδο αυτό μέσα σε 24 ώρες

- σε σχέση με το έδαφος,
 - σε σχέση με τους απλανείς αστέρες,
- Προσπάθησε να στηρίξεις την άποψή σου
- Το επίπεδο ταλάντωσης του εκκρε-

μούς προσδιορίζεται από την αρχική θέση του νήματος και το κέντρο της Γης. Οι δυνάμεις που ασκούνται στο σφαιρίδιο του εκκρεμούς είναι μόνο το βάρος του, που κατευθύνεται προς το κέντρο της Γης και η τάση του νήματος. Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούν σ' αυτό όλα τα άλλα ουράνια σώματα είναι

αμελητέα σε σχέση με αυτές. Έτσι, στο σφαιρίδιο δεν ασκείται καμιά δύναμη με συνιστώσα κάθετη στο επίπεδο που ορίζεται από το βάρος και την τάση. Επομένως, το επίπεδο κίνησης του εκκρεμούς διατηρείται αμετάβλητο, καθώς η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της.

Ένας παρατηρητής που βρίσκεται στο βόρειο πόλο, πάνω στο έδαφος της Γης, περιστρέφεται μαζί με αυτήν από τη Δύση προς την Ανατολή και σε 24 ώρες κάνει μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον εαυτό του. Θα βλέπει, επομένως, το επίπεδο του εκκρεμούς να εκτελεί στον ίδιο χρόνο, μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον άξονα Βορρά-Νότου, από την Ανατολή προς τη Δύση.

β2) Μέσα σε 24 ώρες η μετατόπιση της Γης προς τους απλανείς αστέρες είναι αμελητέα. Η Γη, ωστόσο, περιστρέφεται ως προς αυτούς γύρω από τον άξονά της, Βορρά-Νότου. Επομένως, ο παρατηρητής που βρίσκεται στο βόρειο πόλο βλέπει τους απλανείς αστέρες να συμπληρώνουν σε 24 ώρες κυκλικές τροχιές κάθετες στον άξονα της Γης, με κέντρα πάνω σ' αυτόν, από την Ανατολή προς τη Δύση. Την ίδια όμως κίνηση ως προς τον παρατηρητή κάνει, όπως είδαμε, και το επίπεδο του εκκρεμούς. Επομένως το επίπεδο του εκκρεμούς παραμένει ακίνητο ως προς τους απλανείς αστέρες.

Κεφάλαιο 6 - Άσκηση 3

Οι λοβοί του ραδιογαλαξία A του Κενταύρου καλύπτουν μια απόσταση 1 Mpc. Ο ραδιογαλαξίας βρίσκεται σε απόσταση 4 Mpc από τη Γη. Ποιο είναι το γωνιακό μέγεθός του; Μπορεί αυτό να συγκριθεί με το γωνιακό μέγεθος της Σελήνης;

Αν a είναι το μήκος του κυκλικού τόξου με κέντρο τη Γη, μεταξύ δύο σημείων του ουρανού που απέχουν από αυτήν απόσταση d , τότε η γωνιακή απόστασή τους είναι:

$$\varphi = a/d$$

όπου η γωνία φ υπολογίζεται σε rads. Δεχόμενοι ότι οι λοβοί του ραδιογαλαξία A ισαπέχουν από τη γη σ' όλο το εύρος τους και εφ' όσον ο λόγος

$$\frac{a}{d} = \frac{1 \text{ Mpc}}{4 \text{ Mpc}} = \frac{1}{4}$$

είναι κατά «πολύ» μικρότερος της μονάδος ($a' = 1 \text{ Mpc}$), θα έχουμε:

$$\varphi = \frac{a}{d} = \frac{a'}{d} = \frac{1}{4}$$

Το γωνιακό μέγεθος της Σελήνης είναι η γωνία φ' , υπό την οποία ένας επίγειος παρατηρητής βλέπει τη διάμετρο της δ . Δεδομένου ότι η απόσταση r Γης-Σελήνης είναι πολύ μεγαλύτερη από τη διάμετρο της τελευταίας, σε καλή προσέγγιση ισχύει:

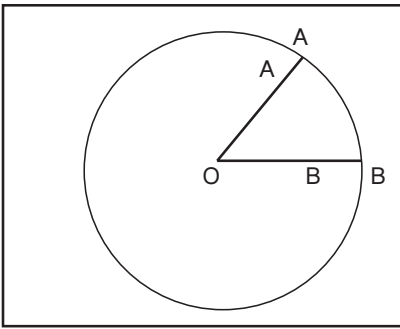
$$\varphi' = \delta/r = \frac{3476 \text{ km}}{384.400 \text{ km}} < \frac{1}{100} = \frac{1}{25} \cdot \frac{1}{4}$$

$$\varphi = 2 \sin^{-1} \frac{a'}{2d}$$

πάντα δεχόμενοι ότι οι λοβοί του ραδιογαλαξία ισαπέχουν απ' τη γη_ διαφορετικά η φ μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή από 0 έως $2 \sin^{-1} \left(\frac{a'}{2d} \right)$.

Κεφάλαιο 7 - Άσκηση 4

Η ακτίνα (R) κύκλου με σταθερό κέντρο O μεταβάλλεται ανάλογα με το χρόνο, σύμφωνα με τη σχέση $R=at$, όπου a σταθερά. Να δείξετε ότι δύο σημεία του κύκλου απομακρύνονται μεταξύ τους με ρυθμό ανάλογα με το μήκος του κυκλικού τόξου s που ορίζουν. Συγκεκριμένα να αποδείξετε ότι τη χρονική στιγμή t ισχύει η σχέση:



(Ακριβέστερα ισχύει:

$$s = \varphi R \quad (1) \text{ ή}$$

$$s = \varphi at \quad (2)$$

Τη χρονική στιγμή $t+\Delta t$ τα A και B βρίσκονται στις θέσεις A' και B' αντίστοιχα. Η επίκεντρη γωνία φ , που βαίνει στο τόξο που ορίζουν τα A και B, δεν αλλάζει κατά τη διαστολή του κύκλου, επειδή τα A και B δε μετακινούνται κατά μήκος της περιφέρειάς του. Επομένως, η απόστασή τους τώρα είναι:

$$s' = \varphi a(t + \Delta t)$$

Στο χρονικό διάστημα Δt τα A και B απομακρύνθηκαν κατά Δs :

$$s = s' - s$$

$$\Delta s = \varphi a \Delta t$$

$$\Delta s / \Delta t = \varphi a \quad (3)$$

και επειδή $\varphi = s/R$, η (3) γίνεται

$$\Delta s / \Delta t = (a/R)s \quad (4)$$

Ο συντελεστής a/R στη σχέση (4) παίζει ρόλο ανάλογα της σταθεράς του Hubble στον ομώνυμο νόμο. Παρατηρήστε ότι -σύμφωνα με αυτό το μοντέλο- η σταθερά του Hubble μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το χρόνο. Για μικρά όμως, χρονικά διαστήματα ως προς την ηλικία του Σύμπαντος, η μεταβολή της είναι αμελητέα.

Κεφάλαιο 7 - Δραστηριότητα

Στην επιφάνεια ενός σφαιρικού μπαλονιού σημειώστε με ένα στυλό τρία σημεία A, B και Γ τέτοια, ώστε η απόσταση A να είναι μικρότερη από την ΑΓ. Φουσκώστε λίγο το μπαλόνι και με μια μετροταινία μετρήστε τις αποστάσεις AB, ΑΓ και ΒΓ. Να επαναλάβετε το ίδιο άλλες δύο φορές φουσκώνοντας ανά-

λογα το μπαλόκι. Συμπληρώστε τον πίνακα μετρήσεων.

AB cm	AΓ cm	BΓ cm	AB/AΓ	BA/BΓ	ΓA/ΓB

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

- α) Καθώς το μπαλόκι φουσκώνει, κινούνται τα σημεία A, B και Γ ως προς την επιφάνειά του. Γιατί αυξάνονται οι μεταξύ τους αποστάσεις;
- β) Υπολογίστε τη μέση τιμή του λόγου AB/AΓ και βρείτε μια σχέση μεταξύ των μέσων ταχυτήτων απομάκρυνσης των σημείων B και Γ από το A. Συσχετίστε τις ταχύτητες αυτές με τις αποστάσεις των αντίστοιχων σημείων από το A. Να συγκρίνετε τα αποτελέσματα με το νόμο του Hubble.
- γ) Να κάνετε τα ίδια θεωρώντας σημεία αναφοράς το B και το Γ αντίστοιχα.
- δ) Ποιος είναι ο δρόμος ελάχιστου μήκους που πρέπει να ακολουθήσει ένα μυρμήγκι που κινείται πάνω στην επιφάνεια του μπαλονιού, για να φτάσει από το A στο B; Είναι τμήμα ευθείας;
- ε) Η βαρύτητα επιβραδύνει τη διαστολή του Σύμπαντος. Ποιο είναι το αντίστοιχο της βαρυτικής έλξης που αντιστρατεύεται τη διαστολή του μπαλονιού;
- α) Τα σημεία A, B και Γ δεν κινούνται πάνω στην επιφάνεια του μπαλονιού. Οι μεταξύ τους αποστάσεις αυξάνονται λόγω της διαστολής του. Για παράδειγμα, όταν το μπαλόκι έχει ακτίνα R, η απόσταση μεταξύ των σημείων A και B πάνω στην επιφάνειά του είναι:

$$(AB) = \varphi_{AB} \times R \quad (1)$$

όπου φ_{AB} η επίκεντρη γωνία που ορίζεται από τα A, B και το κέντρο O του μπαλονιού. Όταν το μπαλόκι φουσκώσει περισσότερο, η ακτίνα του γίνεται $R' > R$. Η γωνία όμως φ_{AB} δε μεταβάλλεται, επειδή τα σημεία A και B δεν μετατοπίζονται πάνω στην επιφάνειά του. Επομένως, η νέα απόσταση (A'B') των A και B είναι:

$$(A'B') = \varphi_{AB} \times R' \quad (2)$$

Από τις (1) και (2) προκύπτει ότι: $A'B' - AB = \varphi_{AB} (R' - R) > 0$, επειδή $R' > R$

- β) Από τη σχέση (1) έχουμε ότι

$$(AB) = \varphi_{AB} \times R \text{ και}$$

$$(A\Gamma) = \varphi_{A\Gamma} \times R, \text{ οπότε προκύπτει ότι}$$

$$(AB)/(A\Gamma) = \varphi_{AB}/\varphi_{A\Gamma} = C \text{ (=σταθερό)}. \text{ Επομένως, καθώς φουσκώνει το μπαλόκι,}$$

ο λόγος (AB)/(AΓ) παραμένει σταθερός, επειδή οι αντίστοιχες γωνίες διατηρού-

νται, όπως είδαμε, αμετάβλητες.

Έστω ότι σε χρόνο Δt το σημείο B απομακρύνεται από το A κατά $\Delta(AB)$ και το Γ , αντίστοιχα, κατά $\Delta(A\Gamma)$. Τότε ισχύει διαδοχικά:

$$(AB) = C(A\Gamma) \quad (3)$$

$$(AB) + \Delta(AB) = C(A\Gamma) + \Delta(A\Gamma) \quad (4) \text{ και λόγω της (3),}$$

$$\Delta(AB) = C\Delta(A\Gamma) \text{ ή}$$

$$\Delta(AB)/\Delta t = C\Delta(A\Gamma)/\Delta t \text{ ή}$$

$$V_B/V_\Gamma = C \quad (5)$$

όπου V_B και V_Γ είναι οι ταχύτητες απομάκρυνσης του B και του Γ , αντίστοιχα, από το A.

Από τις (3) και (5) καταλήγουμε ότι:

$$V_B/V_\Gamma = (AB)/(A\Gamma) \text{ ή}$$

$$V_B/(AB) = V_\Gamma/(A\Gamma) = H \quad (6)$$

όπου το H είναι σταθερά, ανεξάρτητη, όπως φαίνεται από τη σχέση (6), από την επιλογή των σημείων B και Γ . Ωστε τελικά ισχύει:

$$V_B = H(AB) \text{ και}$$

$$V_\Gamma = H(A\Gamma).$$

Από τις τελευταίες σχέσεις προκύπτει η αναλογία που υπάρχει μεταξύ του συγκεκριμένου παραδείγματος και του νόμου του Hubble και της διαστολής του Σύμπαντος.

- δ) Ο ελάχιστος δρόμος είναι τόξο κύκλου που έχει κέντρο το κέντρο του μπαλονιού και διέρχεται από τα σημεία A και B. Η επιφάνεια του μπαλονιού δεν είναι ένας Ευκλείδειος χώρος.
- ε) Το ρόλο της βαρυτικής έλξης παίζουν οι ελαστικές δυνάμεις που αναπτύσ-

ΠΑΡΟΡΑΜΑΤΑ

Σελ.	Στίχος	Αντί	Να γραφεί
5	Περιεχόμενα		όχι τελείες στο τέλος των παραγράφων
27	δεξιά στήλη	² Φαινόμενο μέγεθος ενός από το όργανο (ανιχνευτή)' παράτηρησης.	² Η μεγέθυνση είναι ίση με το λόγο της εστιακής απόστασης του αντικειμενικού φακού προς την εστιακή απόσταση του προσοφθάλμιου φακού.
27	2-, δεξιά στήλη	ισχύς είναι σημαντική	ισχύς ² είναι σημαντική
27	5-, δεξιά στήλη	του μεγέθους του	του μεγέθους (διαστάσεων)
48	19-, δεξιά στήλη	27,3	27,3217
48	21-, δεξιά στήλη	Ο χρόνος συνοδικός μήνας.	
43	22-, δεξιά στήλη	29,53	27,3217
50	6-, αριστ. στήλη	συνοδικό μήνα	συνοδικό μήνα
53	14-, δεξιά στήλη	τη δύση του, αφού	τη δύση του και στις περιοχές του ουρανού όπου ανατέλλει και δύει ο Ήλιος, αφού
53	15-, δεξιά στήλη	παρτηρούνται λίγο πριν	ο Ερμής και η Αφροδίτη παρτηρούνται καλύτερα λίγο πριν
54	6-, δεξιά στήλη	που αποτελούνται από διοξειδίο του άνθρακα λειτουργούν	που αποτελούνται κυρίως από διοξειδίο του άνθρακα και θειικό οξύ λειτουργούν
54	4+, δεξιά στήλη	έχουν λεπτή ατμόσφαιρα	έχουν αραιή ατμόσφαιρα
59	2+, αριστ. στήλη	από το Δία που φαίνεται	από το Δία και τον Κρόνο που φαίνονται
59	3+, αριστ. στήλη	κινείται αργά ανάμεσα στους απλανείς. Είναι το πιο	κινούνται αργά ανάμεσα στους απλανείς. Ο Δίας είναι το πιο
60	12+, δεξιά στήλη	αυτούς ο Τίτανας του Κρόνου είναι	αυτούς ο Γανυμήδης του Δία είναι
61	12+, δεξιά στήλη	6,4 ώρες	6,387 ημέρες
64	Σχήμα 3.58	Ουρ ιόντ	Ουρά ιόντων
		Αρχή σχηματισμ της ουρ	Αρχή σχηματισμού της ουράς
65	Εικόνα 3.61	πλανήτη Λοφία ύψους	πλανήτη Ψάσσανος καπνού ύψους
65	2-, δεξιά στήλη	έχουμε τις Περσείδες, τις	έχουμε τους Περσείδες, τους
75	8-, δεξιά στήλη	περίπου $4,2 \times 10^{21}$ J. Για να	περίπου $4,2 \times 10^{21}$ J για τη δημιουργία ενός πυρήνα ηλίου. Για να
76	Σχήμα 4.3 (μέσα)	Ηλεκτρόνιο	Ποζιτρόνιο
77	1+, αριστ. στήλη	το 30% της ηλικίας	το 20% της ηλικίας
77	6+, αριστ. στήλη	40% της ηλικίας	50% της ηλικίας
77	2-, αριστ. στήλη	το 15% της ηλικίας	το 30% της ηλικίας
78	1+, δεξιά στήλη	από ιονισμένο υδρογόνο	από τη γραμμή Hα του ουδέτερου υδρογόνου
81	5-, 6-, δεξιά στήλη	από το χώρο που τις περιβάλλει	από την περιοχή όπου προβάλλονται
91	11-, δεξιά στήλη	μέγεθος των αστερών	μέγεθος ¹ των αστερών
91	10-, δεξιά στήλη	λαμπρότητα (δπλαδῆ	λαμπρότητα ῆ φωτεινότητα (δπλαδῆ
91	τέλος σελίδας	να μπει η υποσημείωση ² από τη σελίδα 27 ως υποσημείωση ¹	
104	7+, αριστ. στήλη	Αν ῆ λαμπρότητά τους	Αν ῆ φωτεινότητά τους
104	15-, δεξιά στήλη	ῆ λαμπρότητά τους	ῆ φαινόμενη λαμπρότητά του
111	12-, αριστ. στήλη	αστέρες, σκόνη και	αστέρες, αέρια, σκόνη και
115	Πίνακας 6.15	20% 17% 3%	40-50% 40-50% ~5%
124	Εικόνα 6.33	δείχνει τη μετατόπιση του	δείχνει τη διατοραχή (αναλαμπῆ) του
133	14+, αριστ. στήλη	στην οποία βρίσκονται¹	στην οποία βρίσκονται
133	7-, αριστ. στήλη	διαστέλλεται ομοιόμορφα²	διαστέλλεται ομοιόμορφα¹
133	αριστ. στήλη	ῆ υποσημείωση ¹ να παραλειφθεί και οι υποσημείωσεις ² και ³ να αριθμηθούν ως ¹ και ² , αντίστοιχα	
133	12-, δεξιά στήλη	και θερμ ³ και ῆ ὕλη	και θερμ ³ και ῆ ὕλη
151	3-, αριστ. στήλη	μηδενίζεται ῆ ἔνταση του συνολικού βαρυτικού τους πεδίου	μηδενίζεται ῆ συνιστάσμενη των ελκτικών δυνάμεων και της φυγόκεντρης δύναμης