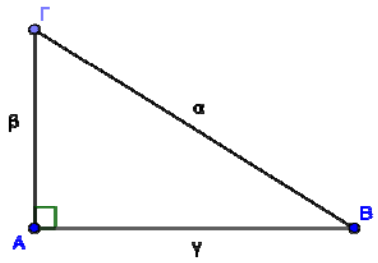
Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

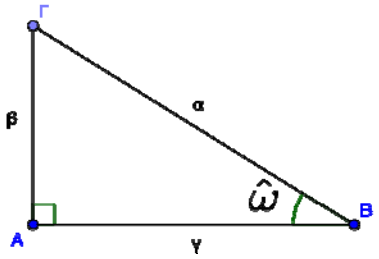
1. Πυθαγόρειο Θεώρημα



Σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ, το τετράγωνο της υποτείνουσας είναι ίσο με το άθροισμα των τετραγώνων των δύο καθέτων πλευρών. Δηλαδή

$$\boxed{\alpha^2 = \beta^2 + \gamma^2}.$$

2. Ημίτονο, Συνημίτονο, Εφαπτομένη



Σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο οι τριγωνομετρικοί αριθμοί μιας γωνίας ορίζονται ως εξής:

$$\boxed{\sigma\upsilon\nu(\omega) = \frac{\text{Προσκείμενη Κάθετη}}{\text{Υποτείνουσα}} = \frac{\gamma}{\alpha}}$$

$$\boxed{\eta\mu(\omega) = \frac{\text{Απέναντι Κάθετη}}{\text{Υποτείνουσα}} = \frac{\beta}{\alpha}}$$

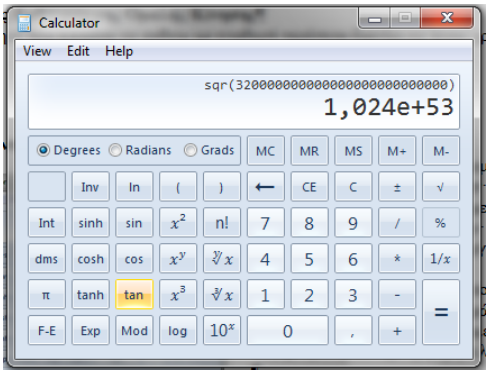
$$\boxed{\varepsilon\phi(\omega) = \frac{\text{Απέναντι Κάθετη}}{\text{Προσκείμενη Κάθετη}} = \frac{\beta}{\gamma}}$$

3. Νόμος Ευθύγραμμης Ομαλής Κίνησης

Ένα κινητό που κινείται σε ευθεία με σταθερή ταχύτητα διανύει σε ίσους χρόνους ίσες αποστάσεις.

$$\boxed{v = \frac{\Delta s}{\Delta t}}$$

4. Κάνοντας πράξεις με επιστημονικό κομπιουτεράκι



Εικόνα 3. Ενεργοποιώντας την επιστημονική προβολή στο λογισμικό «Αριθμομηχανή».

Τα επιστημονικά κομπιουτεράκια είναι λίγο ακριβότερα και πιθανόν να μην έχετε κάποιο σπίτι σας. Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό «Αριθμομηχανή» των Windows. Η επιστημονική εμφάνιση ενεργοποιείται από το μενού «Προβολή» (View).

Με αυτό τον τρόπο ενεργοποιούνται πολύ περισσότερα πλήκτρα στο παράθυρο της Αριθμομηχανής. Μπορούμε να υπολογίσουμε ημίτονα, συνημίτονα, λογαρίθμους, δυνάμεις, ρίζες κ.λ.π. Για να μπορέσετε να χειριστούμε σωστά τις πρόσθετες λειτουργίες του λογισμικού πρέπει να εξοικειωθείτε με την επιστημονική εμφάνιση των αριθμών. Για παράδειγμα στην εικόνα 3 εμφανίζεται ο αριθμός `1.024e+53`. Αυτός ο αριθμός είναι ο $1.024\times10^{+53}$.

Χρησιμοποιώντας την επιστημονική μορφή των αριθμών μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αριθμούς με πολύ περισσότερα ψηφία από όσα μπορεί να εμφανίσει η οθόνη της αριθμομηχανής. Για παράδειγμα, για να εισάγουμε τον αριθμό $1.024\times10^{+53}$ αρκεί να εκτελέσουμε με τη σειρά τις παρακάτω εντολές πατώντας τα αντίστοιχα πλήκτρα (το = στο τέλος δεν είναι απαραίτητο).

$$\boxed{1}\ \boxed{,}\ \boxed{0}\ \boxed{2}\ \boxed{4}\ \boxed{*}\ \boxed{53}\ \boxed{10^x}\ \boxed{=}$$

Για να υπολογίσουμε τριγωνομετρικούς αριθμούς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα πλήκτρα $\boxed{\sin}$ για το ημίτονο, $\boxed{\cos}$ για το συνημίτονο και $\boxed{\tan}$ για την εφαπτομένη. Πρέπει όμως να προσέξουμε τι μονάδες θα χρησιμοποιήσουμε. Για μοίρες πρέπει να ενεργοποιήσουμε τη λειτουργία Degrees, ενώ για ακτίνια τη λειτουργία Radians.

5. Μέτρηση Γωνιών

Από το Γυμνάσιο έχετε μάθει ότι μετράμε τις γωνίες σε μοίρες (degrees). Οι υποδιαιρέσεις των μοιρών είναι οι εξής

Το λεπτό της μοίρας: $1\,\text{arcminute} = \frac{1}{60}\,\text{degrees}$

Το δευτερόλεπτο της μοίρας: $1\,\text{arcsecond} = \frac{1}{60}\,\text{arcminutes} = \frac{1}{60}\,\text{degrees}$

6. Αστρονομικές Μονάδες Απόστασης

Επειδή οι αποστάσεις στην αστρονομία είναι τεράστιες, συνήθως χρησιμοποιούμε διαφορετικές μονάδες από το (μέτρο) m ή το χιλιόμετρο (Km). Οι πιο βασικές είναι οι παρακάτω:

- Η αστρονομική μονάδα (Astronomical Unit - AU): Είναι (περίπου) η μέση απόσταση της Γης από τον Ήλιο. $1\ AU = 1.4960\times10^{8}$ km
- Το έτος φωτός (light year - ly): Είναι η απόσταση που διανύει το φως σε ένα χρόνο. $1ly = 9.461\times10^{12}$ km , $1ly = 6.324\times10^{4}$ AU .
- Το parsec (pc): Είναι η απόσταση στην οποία αν τοποθετήσουμε ένα δίσκο διαμέτρου 1 AU, θα έχει γωνιακή διάμετρο 1 arcsecond. $1\,\text{parsec} = 3.085678\times10^{15}$ Km , $1\,\text{parsec} = 3.261564\,\text{ly}$.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 1

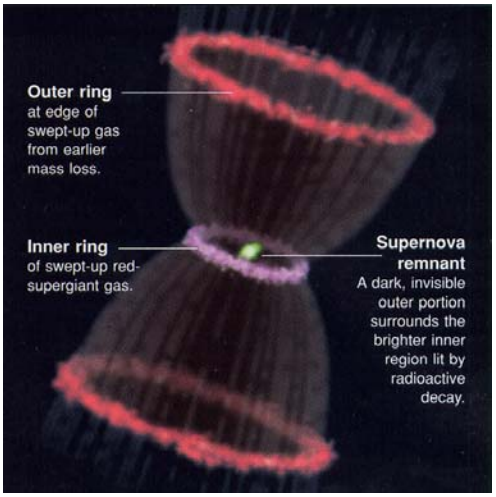
Ενότητα 1. Κατανόηση του φαινομένου.

1.1. Οι δακτύλιοι του SN 1987A

Η έκρηξη υπερκαινοφανούς αστέρα είναι ένα από τα εντυπωσιακότερα φαινόμενα που μπορεί να παρατηρήσει κανείς στο Σύμπαν. Επειδή συμβαίνουν πολύ λίγες τέτοιες εκρήξεις που είναι ορατές από τη Γη κάθε αιώνα, η εξονυχιστική παρατήρηση κάθε τέτοιου φαινομένου είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επιστήμη της Αστρονομίας. Οι πρώτες εικόνες της έκρηξης του SN 1987A ελήφθησαν από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble την 1278η μέρα μετά την έκρηξη του υπερκαινοφανούς. Έδειχναν καθαρά τρεις κυκλικούς δακτυλίους που περιέβαλαν το υπόλειμμα του αστέρα – ένας εσωτερικός και δύο εσωτερικοί δακτύλιοι όπως φαίνεται στην εικόνα 1.

Εικόνα 1. Οι τρεις δακτύλιοι του υπερκαινοφανούς, όπως φαίνονται από το τηλεσκόπιο.

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε μόνο με τον εσωτερικό δακτύλιο, αλλά θα δούμε εν συντομία και τη δομή των υπολοίπων. Ο εσωτερικός δακτύλιος είναι πολύ μακριά από τον υπερκαινοφανή για να περιέχει υλικά που εκτοξεύτηκαν κατά την κυρίως έκρηξη. Κατά πάσα πιθανότητα πρόκειται για υλικά που παράσερνε ο ηλιακός άνεμος από τον αστέρα κατά τα τελευταία χιλιάδες χρόνια της ζωής του. Δεν έχουμε σαφή εικόνα για το πώς διαμορφώθηκε ή το πότε ακριβώς δημιουργήθηκε. Υπήρχε όμως πριν από την έκρηξη του αστέρα. Στη συνέχεια της εργασίας θα υποθέσουμε ότι ο **εσωτερικός δακτύλιος έχει ένα** (σχεδόν) **κυκλικό σχήμα**, αφού αποτελείται από υλικά που εγκατέλειψαν τον αστέρα με τον ίδιο τρόπο. Στην εικόνα 2 φαίνεται μια τρισδιάστατη απεικόνιση (που δημιουργήθηκε από υπολογιστή) του αστέρα και των τριών δακτυλίων του.

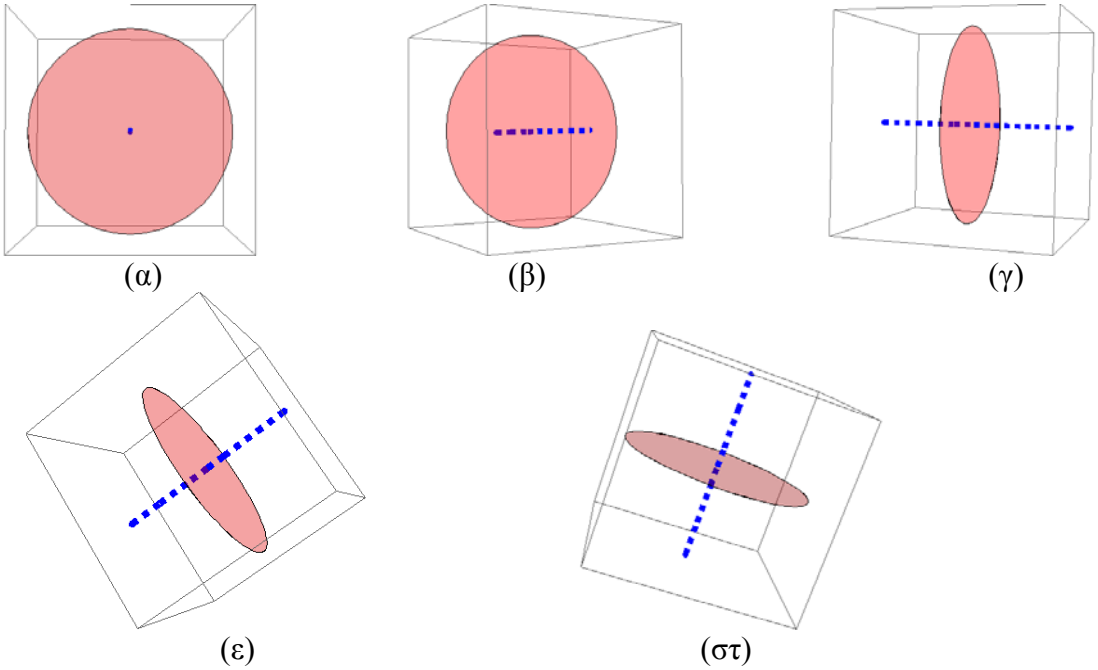


Εικόνα 2. Τρισδιάστατη απεικόνιση του αστέρα και των τριών δακτυλίων του.

Παρότι υποθέτουμε ότι ο εσωτερικός δακτύλιος έχει κυκλικό σχήμα, είναι εμφανές από την εικόνα 1, ότι από έναν γήινο παρατηρητή **φαίνεται** να έχει ελλειπτικό σχήμα. Αυτό προφανώς συμβαίνει γιατί το επίπεδο του κυκλικού δακτυλίου έχει κάποια κλίση σε σχέση την ακτίνα παρατήρησης από τη Γη.

Για να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι, αν το επίπεδο του δακτυλίου ήταν κάθετο ως προς την ευθεία που ενώνει την Γη και το κέντρο του δακτυλίου (αυτή η ευθεία ονομάζεται *ευθεία παρατήρησης*), όπως π.χ. στην εικόνα 3α, τότε θα βλέπαμε όλα τα σημεία του δακτυλίου να φωτίζονται ταυτόχρονα. Επίσης, θα βλέπαμε τον δακτύλιο ως ένα τέλειο κύκλο. Επειδή όμως στην πραγματικότητα, το επίπεδο του δακτυλίου σχηματίζει μη ορθή γωνία με την ευθεία παρατήρησης με τη Γη (εικόνες 3β – 3ζ) κάποια σημεία του δακτυλίου βρίσκονται πιο κοντά σε εμάς και κάποια άλλα είναι πιο απομακρυσμένα (δείτε επίσης και την εικόνα 2). Ενώ, λοιπόν, όλα τα σημεία του δακτυλίου φωτίζονται ταυτόχρονα, εμείς βλέπουμε να φωτίζονται πρώτα αυτά που είναι πλησιέστερα, αφού το φως που ξεκινάει από αυτά διανύει μικρότερη απόσταση (εικόνα 5).

Δραστηριότητα 1
Παρατηρείστε τις εικόνες 2 και 3 και συζητήστε το φαινόμενο αυτό στην ομάδα σας.



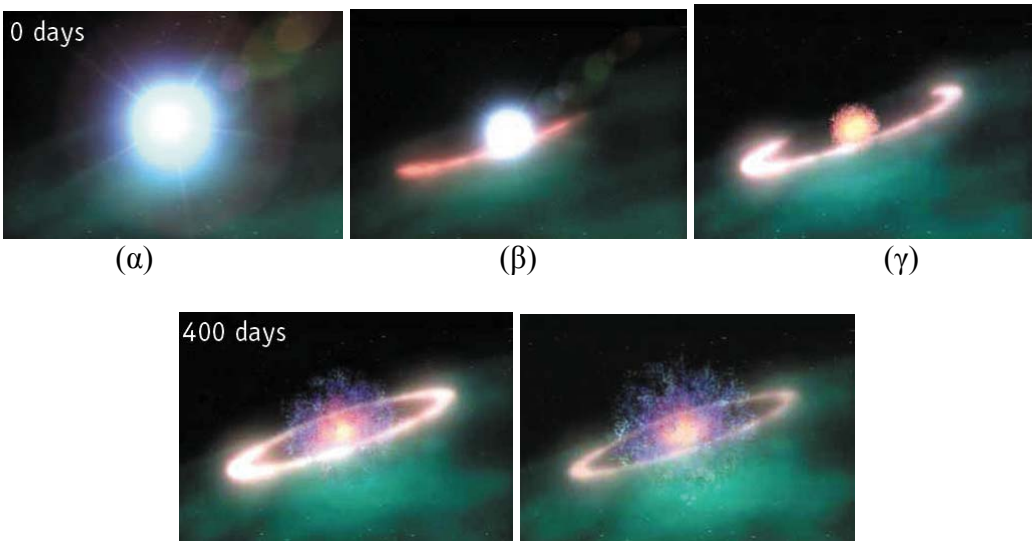
Εικόνα 3. Ένας κυκλικός δίσκος μπορεί να φανεί ως έλλειψη από έναν απομακρυσμένο παρατηρητή. Προσέξτε τη θέση της κάθετης ευθείας του επιπέδου (η μπλε ευθεία) με την ευθεία παρατήρησης (την ευθεία υπό την οποία βλέπουμε το αντικείμενο). Στην εικόνα 3α οι δύο ευθείες συμπίπτουν.

1.2. Ο φωτισμός του εσωτερικού δακτυλίου

Κατά τη διάρκεια της έκρηξης, ένα κύμα υπεριώδους ακτινοβολίας ξεπήδησε από τον αστέρα και όταν έφτασε στον εσωτερικό δακτύλιο, αυτός άρχισε να εκπέμπει φως. Η διαδικασία προσομοιώνεται στην εικόνα 4, όπου παρατηρούμε το φαινόμενο σε διαδοχικά στάδια. Παρατηρείστε ότι τη στιγμή της έκρηξης ο δακτύλιος είναι σχεδόν αόρατος, αφού αποτελείται από υλικά του αστέρα και δεν εκπέμπει φως από μόνος του (είναι ετερόφωτο αντικείμενο).

Το βασικό ζήτημα που πρέπει να κατανοήσετε είναι ο λόγος για τον οποίο ο φωτισμός γίνεται σταδιακά και όχι ακαριαία για όλο τον δακτύλιο. Είναι προφανές ότι η υπεριώδης ακτινοβολία φτάνει σε όλα τα σημεία του δακτυλίου την ίδια χρονική στιγμή, αφού ο δακτύλιος έχει κυκλικό σχήμα με κέντρο τον αστέρα. Παρόλα αυτά εμείς ως παρατηρητές βλέπουμε κάποια κομμάτια του δακτυλίου να φωτίζονται πρώτα και κάποια στη συνέχεια. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη πεπερασμένη ταχύτητα του φωτός και στην κλίση που έχει το επίπεδο του δακτυλίου ως προς τη Γη.

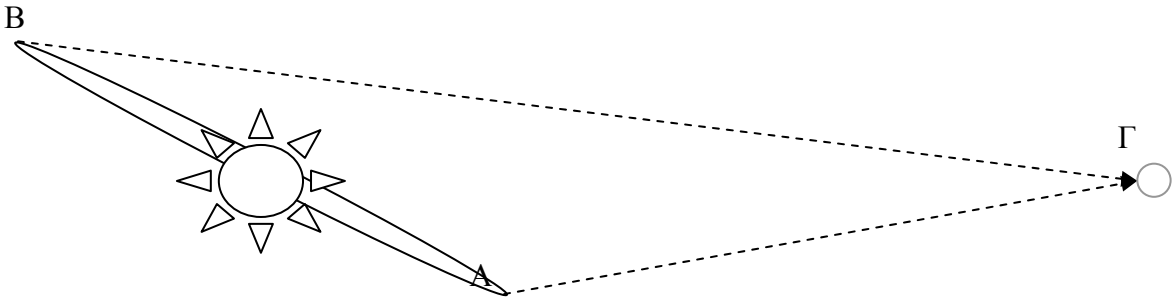
Δραστηριότητα 2.
Συζητήστε το φαινόμενο αυτό στην ομάδα σας, μελετώντας προσεκτικά τα σχήματα και τις οδηγίες. Βρείτε παρόμοια παραδείγματα από την καθημερινότητα.



(α) (β) (γ)

(δ) (ε)

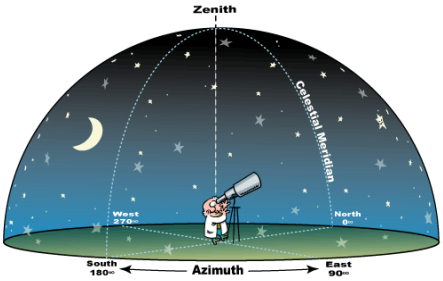
Εικόνα 4. Η διαδικασία φωτισμού του εσωτερικού δακτυλίου από το κύμα υπεριώδους ακτινοβολίας. (α) Η στιγμή της έκρηξης του υπερκαινοφανούς, όπου ο αστέρας έχει τη μέγιστη λαμπρότητα. Τότε περίπου εκπέμπεται και το κύμα υπεριώδους ακτινοβολίας. (β) Ο εσωτερικός δακτύλιος αρχίζει να φωτίζεται. (γ), (δ) Η διαδικασία φωτισμού ολοκληρώνεται σταδιακά. (ε) Η διαδικασία φωτισμού έχει ολοκληρωθεί και σιγά-σιγά ο δακτύλιος επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση (ο φωτισμός χάνεται).



Εικόνα 5. Αν δύο ακτίνες φωτός ξεκινήσουν ταυτόχρονα από τα σημεία Α και Β, τότε στη θέση Γ, πρώτη θα φτάσει η Α, αφού διανύει μικρότερη απόσταση.

1.3. Γωνιακή απόσταση ουράνιων σωμάτων

Σε έναν παρατηρητή που βρίσκεται πάνω στη Γη, τα ουράνια σώματα φαίνεται ότι βρίσκονται πάνω σε έναν τεράστιο θόλο, τον *ουράνιο θόλο* (εικόνα 6). Από την αρχαιότητα για να μετρήσουν τις αποστάσεις των ουράνιων αντικειμένων, οι αστρονόμοι χρησιμοποιούσαν την έννοια της *γωνιακής απόστασης* (angular distance). Μετρούσαν δηλαδή την γωνία μεταξύ δύο αντικειμένων πάνω στον ουράνιο θόλο (βλέπε εικόνα 7). Οι αρχαίοι Έλληνες αστρονόμοι (αλλά και παρατηρητές άλλων λαών) είχαν διαπιστώσει πως οι γωνιακές αποστάσεις των αστεριών παραμένουν αμετάβλητες σε όλη τη διάρκεια του χρόνου.

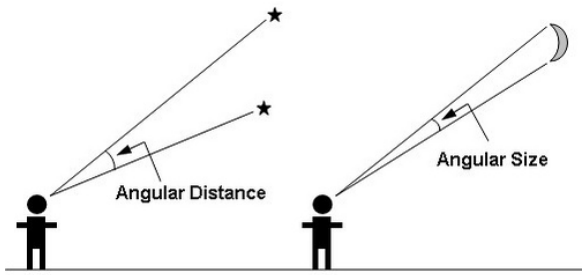


Εικόνα 6. Ο ουράνιος θόλος.

Η γωνιακή απόσταση δύο αστέρων μπορεί να μετρηθεί με γυμνό οφθαλμό χρησιμοποιώντας συσκευές παρόμοιες με το γνωστό μας μοιρογνωμόνιο. Στην περίπτωση αστέρων που δεν είναι ορατοί με γυμνό οφθαλμό από τη Γη, αλλά απαιτείται τηλεσκόπιο για την παρατήρησή

τους, η γωνιακή απόσταση μετριέται με πιο σύνθετες διατάξεις και με τύπους που εμπλέκουν τη διακριτική ικανότητα του τηλεσκοπίου και το βαθμό μεγέθυνσης που μας δίνει. Είναι πάντως μια δουλειά που μπορεί να γίνει εύκολα από έναν έμπειρο αστρονόμο, αλλά και από έναν ερασιτέχνη με μεράκι.

Στην συγκεκριμένη εργασία, δεν θα ασχοληθούμε με τέτοιου είδους μετρήσεις, αλλά θα τις θεωρήσουμε δεδομένες και θα προχωρήσουμε στα πιο ουσιαστικά μέρη της επιστημονικής διαδικασίας υπολογισμού της απόστασης. Είναι όμως σημαντικό να εξοικειωθούμε με την έννοια της γωνιακής απόστασης και να την διαχωρίσουμε από την έννοια της πραγματικής απόστασης δύο ουράνιων αντικειμένων, που είναι πολύ δυσκολότερη διαδικασία και πολλές φορές αδύνατη χωρίς επιπλέον πληροφορίες.



Εικόνα 7. Η έννοια της γωνιακής απόστασης.

Δραστηριότητα 3.
Συζητήστε αυτές τις έννοιες στην ομάδα σας και ξεκαθαρίστε τις διαφορές μεταξύ της γωνιακής απόστασης και της πραγματικής απόστασης δύο αντικειμένων. Δώστε παραδείγματα. Η γνώση της γωνιακής απόστασης μας δίνει κάποια πληροφορία για την πραγματική απόσταση δύο σωμάτων; Στο τελευταίο ζήτημα θα σας βοηθήσουν οι απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις.

1) Είναι δυνατόν δύο πολύ απομακρυσμένα αντικείμενα να έχουν πολύ μικρή (ίσως και μηδενική) γωνιακή απόσταση;
2) Δύο αντικείμενα με μεγάλη γωνιακή απόσταση θα έχουν και μεγάλη πραγματική απόσταση;
3) Μπορεί δύο ζεύγη ουράνιων αντικειμένων να έχουν ίδια γωνιακή απόσταση και διαφορετική πραγματική απόσταση;

Βασικό Πρόβλημα

Χρησιμοποιώντας το φαινόμενο που περιγράψαμε, δηλαδή τον καθυστερημένο (και όχι ακαριαίο) φωτισμό ολόκληρου του δακτυλίου, σε συνδυασμό με μερικές απλές μετρήσεις από φωτογραφίες και δεδομένα που συνέλλεξε το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble αλλά και βασικές γνώσεις γεωμετρίας και τριγωνομετρίας θα υπολογίσουμε την απόσταση του SN 1987A από τη Γη. Η διαδικασία υπολογισμού θα βασιστεί στο γεγονός ότι η ταχύτητα του φωτός είναι πεπερασμένη (300000 Km/sec) και επομένως στη Γη φτάνουν πρώτα ακτίνες φωτός από το πλησιέστερο μέρος του δακτυλίου και στη συνέχεια οι ακτίνες από το πιο απομακρυσμένο. Με αυτόν τον τρόπο θα μετρήσουμε την πραγματική διάμετρο του δακτυλίου. Στη συνέχεια, μετρώντας τη φαινόμενη διάμετρο και κάνοντας κάποιες αναγωγές θα υπολογίσουμε την πραγματική απόσταση.

Η διαδικασία υπολογισμού θα υλοποιηθεί με τη βοήθεια κατάλληλα σχεδιασμένων φύλλων εργασίας που θα σας καθοδηγήσουν σε όλα τα βήματα.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 2

Ενότητα 2. Απλούστερα Προβλήματα.

2.1. Δύο μπάλες κινούνται στην ίδια ευθεία

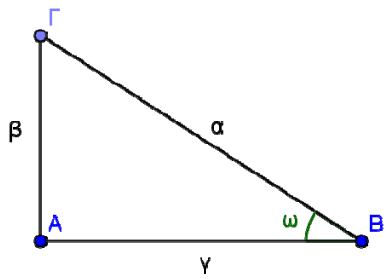
Θα ξεκινήσουμε τη μελέτη του θέματος με την λύση ενός απλούστερου προβλήματος. Από τα σημεία Α και Β (εικόνα 1) ξεκινούν ταυτόχρονα δύο μπάλες που κινούνται προς το σημείο Γ με σταθερή ταχύτητα 10 Km/sec. Οι δύο μπάλες, αφού ακολουθούν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, φτάνουν στο σημείο Γ με χρονική διαφορά (προφανώς πρώτα η Β και έπειτα η Α) 4 sec. Μπορείτε να υπολογίσετε την απόσταση h μεταξύ των σημείων Α και Β; Αφού λύσετε το πρόβλημα με τις συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές, προσπαθήστε να βρείτε έναν τύπο που να δίνει την απόσταση h συναρτήσει της ταχύτητας v των δύο σωμάτων και της διαφοράς χρόνου *Δt*.

Υπόδειξη. Ο νόμος που διέπει την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι: $\boxed{v = \frac{\Delta s}{\Delta t}}$,

Εικόνα 1. Οι μπάλες ξεκινούν από τα σημεία Α και Β και κινούνται με σταθερή ταχύτητα προς το σημείο Γ.

2.2. Εύρεση της υποτείνουσας, μέσω γωνίας και κάθετης πλευράς.

Δίνεται το ορθογώνιο τρίγωνο του σχήματος 2.



Εικόνα 2. Το ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ.

Α) Μπορείτε να βρείτε την πλευρά α (υποτείνουσα) συναρτήσει της πλευράς γ και της γωνίας ω;

Β) Αν γνωρίζετε ότι γ=3 και ω = 35°, να υπολογίσετε την πλευρά α.

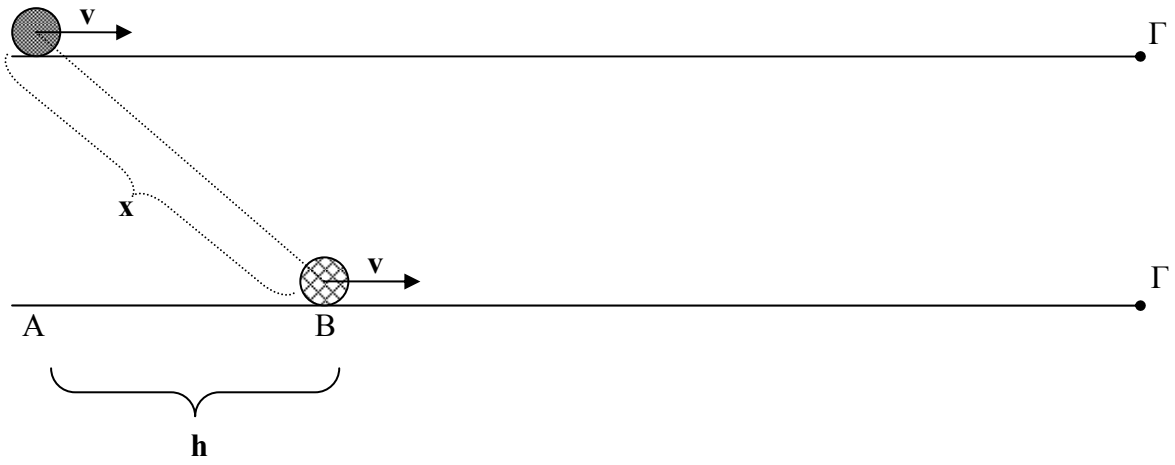
Υπόδειξη. Από το γυμνάσιο γνωρίζετε τους ορισμούς του συνημιτόνου, του ημιτόνου και της εφαπτομένης της γωνίας ω:

$\boxed{\sigma\upsilon\nu(\omega) = \frac{\gamma}{\alpha}}$, $\boxed{\eta\mu(\omega) = \frac{\beta}{\alpha}}$ $\boxed{\varepsilon\phi(\omega) = \frac{\beta}{\gamma}}$

2.3. Δύο μπάλες κινούνται παράλληλα

Ας δούμε τώρα ένα πρόβλημα πολύ πιο όμοιο με αυτό που καλείστε να λύσετε. Οι δύο μπάλες του προβλήματος 2.1 κινούνται σε παράλληλες ευθείες (όχι στην ίδια). Η μπάλα Β προπορεύεται κατά *h* (εικόνα 3). Οι δύο μπάλες, αφού ακολουθούν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, φτάνουν στον τερματισμό με χρονική διαφορά (προφανώς πρώτα η Β και έπειτα η Α) *Δt* sec. Μπορείτε να υπολογίσετε την απόσταση *x* μεταξύ των σημείων Α και Β ως συνάρτηση του *Δt* και του *h*;

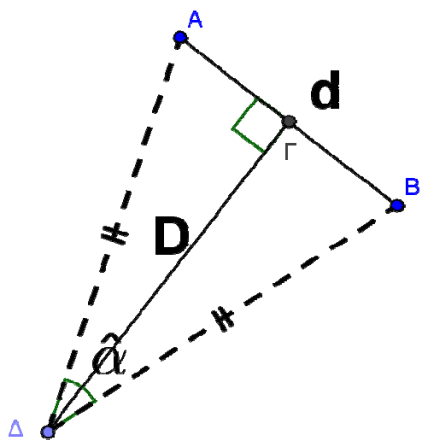
Υπόδειξη. Για να λύσετε το παραπάνω πρόβλημα πρέπει να συνδυάσετε τις ασκήσεις 2.1 και 2.2.



Εικόνα 3. Οι κινούνται σε παράλληλες ευθείες.

2.4. Υπολογισμός απόστασης μέσω γωνίας

Μελετήστε την εικόνα 4. Ένας παρατηρητής από το σημείο Δ θέλει να μετρήσει την απόστασή του από το Γ. Ονομάζουμε αυτή την απόσταση με το γράμμα D. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιεί τα βοηθητικά σημεία Α και Β. Ο παρατηρητής γνωρίζει την απόσταση ΑΒ (d), ότι το ΔΓ είναι το ύψος του τριγώνου ΑΒΔ και ότι το τρίγωνο ΑΒΔ είναι ισοσκελές. Με ένα ειδικό εργαλείο μετράει την γωνία ΑΒΔ (την ονομάζουμε α). Μπορείτε να βοηθήσετε τον παρατηρητή να υπολογίσει την απόσταση D συναρτήσει του d και της γωνίας α;



Εικόνα 4. Το τρίγωνο ΑΒΔ είναι ισοσκελές.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 3

Ενότητα 3. Ο Δακτύλιος του SN 1987A.

3.1. Μέτρηση της γωνιακής διαμέτρου του δακτυλίου

Χρησιμοποιώντας την εικόνα 3, η οποία πάρθηκε από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble, μπορούμε να υπολογίσουμε τη γωνιακή διάμετρο του εσωτερικού δακτυλίου του SN 1987A. Για να το επιτύχουμε αυτό, πρέπει να γνωρίζουμε τις γωνιακές αποστάσεις κάποιων γνωστών αντικειμένων ώστε να κάνουμε την κατάλληλη αναγωγή σε σωστή κλίμακα. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιήσουμε τους αστέρες με ετικέτες 1, 2 και 3 που φαίνονται στην εικόνα., των οποίων γνωρίζουμε τις γωνιακές αποστάσεις (δίνονται στον πίνακα 1). Σημειώστε ότι ο αστέρας με ετικέτα 1 είναι ο υπερκαινοφανής που μελετάμε.

Βήμα 1.

Μετρήστε με το χάρακά σας όσο καλύτερα μπορείτε τις αποστάσεις των συγκεκριμένων αστέρων πάνω στη φωτογραφία (εικόνα 3). Συμπληρώστε την δεύτερη στήλη (απόσταση σε mm) του πίνακα 1 με τις μετρήσεις που κάνατε. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας την τρίτη στήλη του πίνακα, βρείτε την κλίμακα της φωτογραφίας (arcseconds/mm) για κάθε μέτρηση. Η μονάδα arcminutes (δηλαδή λεπτά τόξου) είναι το 1/60 της μοίρας, ενώ η μονάδα arcseconds (δηλαδή δευτερόλεπτα τόξου) είναι το 1/60 του arcminute (ή το 1/3600 της μοίρας).

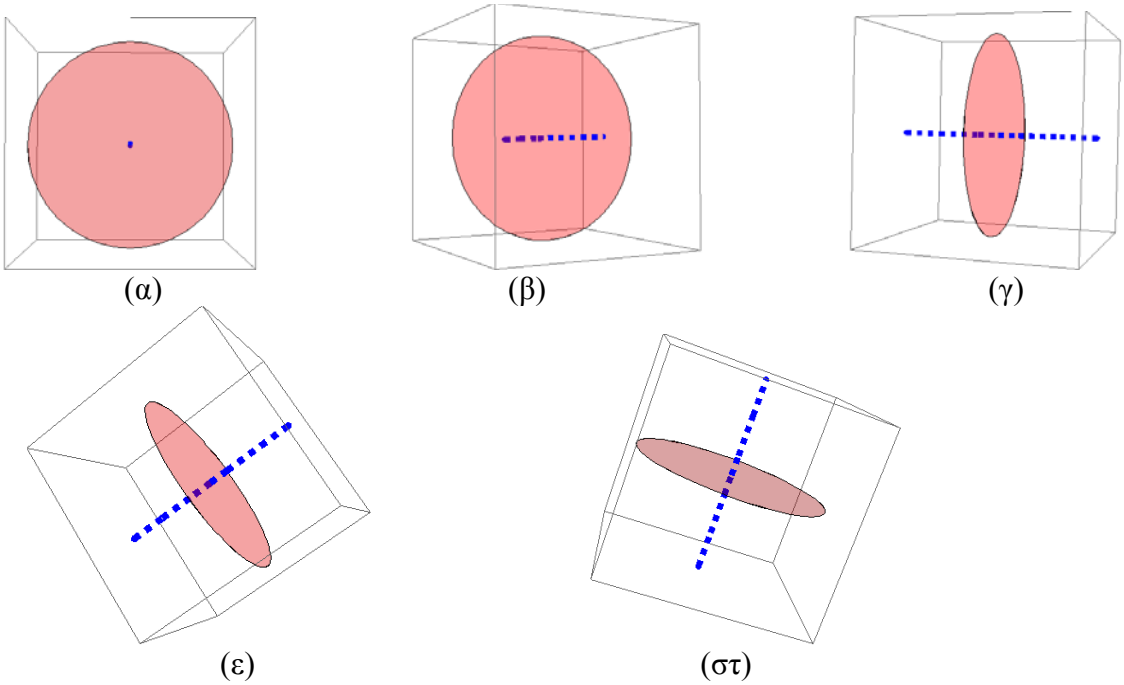
Βήμα 2

Στην τελευταία στήλη του πίνακα έχετε τρεις εκτιμήσεις για την κλίμακα της φωτογραφίας σε arcseconds/mm. Αυτές οι εκτιμήσεις πρέπει να είναι περίπου ίσες. Οι διαφορές οφείλονται σε κάποια μικρά σφάλματα που πάντα υπεισέρχονται στις μετρήσεις. Η μέση τιμή των τριών τιμών θα μας δώσει μια καλή εκτίμηση της κλίμακας της φωτογραφίας. Βρείτε τη μέση τιμή των τριών αριθμών και ονομάστε την λ. Αυτή θα είναι η κλίμακα της φωτογραφίας που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια της εργασίας.

Βήμα 3

Σε αυτό το βήμα θα υπολογίσουμε τη γωνιακή διάμετρο του εσωτερικού δακτυλίου. Προσέξτε ότι όπως έχουμε τονίσει το επίπεδο του δακτυλίου δεν είναι κάθετο ως προς την ευθεία παρατήρησης. Παρόλα αυτά μπορούμε και πάλι να βρούμε την διάμετρο ενός τέτοιου δακτυλίου. Στην εικόνα 1 φαίνεται ένας κυκλικός δίσκος που έχει περιστραφεί ώστε να φαίνεται υπό διάφορες γωνίες από τον παρατηρητή. Συζητείστε το φαινόμενο στην ομάδα σας και προσπαθήστε να μετρήσετε τη διάμετρο του δίσκου σε κάθε μια περίπτωση.

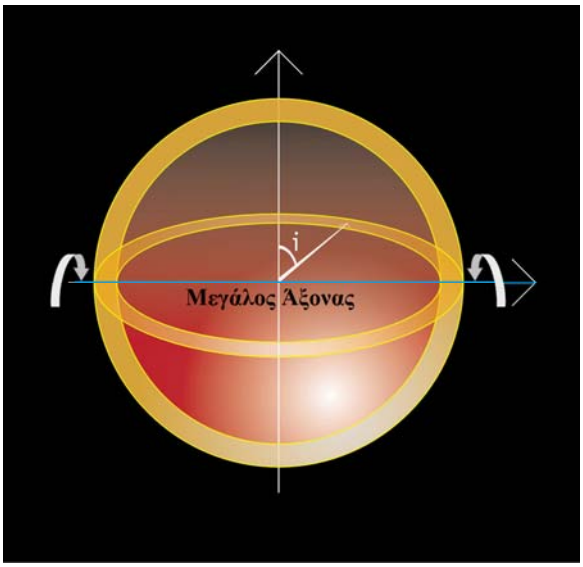
Ακολουθώντας μια παρόμοια μεθοδολογία μετρήστε τη διάμετρο του εσωτερικού δακτυλίου του SN 1987A (σε mm), όπως φαίνεται στην εικόνα 3. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας την κλίμακα λ που υπολογίσατε στο Βήμα 2, υπολογίστε την φαινόμενη διάμετρο (*γωνιακή διάμετρο*) ϕ του δακτυλίου από τη Γη σε arcseconds (δευτερόλεπτα της μοίρας).



Εικόνα 1. Ένας κυκλικός δίσκος μπορεί να φανεί ως έλλειψη από έναν απομακρυσμένο παρατηρητή. Προσέξτε τη θέση της κάθετης ευθείας του επιπέδου (η μπλε ευθεία) με την ευθεία παρατήρησης (την ευθεία υπό την οποία βλέπουμε το αντικείμενο). Στην εικόνα 3α οι δύο ευθείες συμπίπτουν.

Βήμα 4

Τέλος, πρέπει να υπολογίσουμε υπό ποια γωνία φαίνεται ο εσωτερικός δακτύλιος από τη Γη. Τη γωνία αυτή θα την ονομάσουμε *κλίση* του κυκλικού δίσκου ως προς την ευθεία παρατήρησης. Η κλίση αυτή φαίνεται στην εικόνα 2.

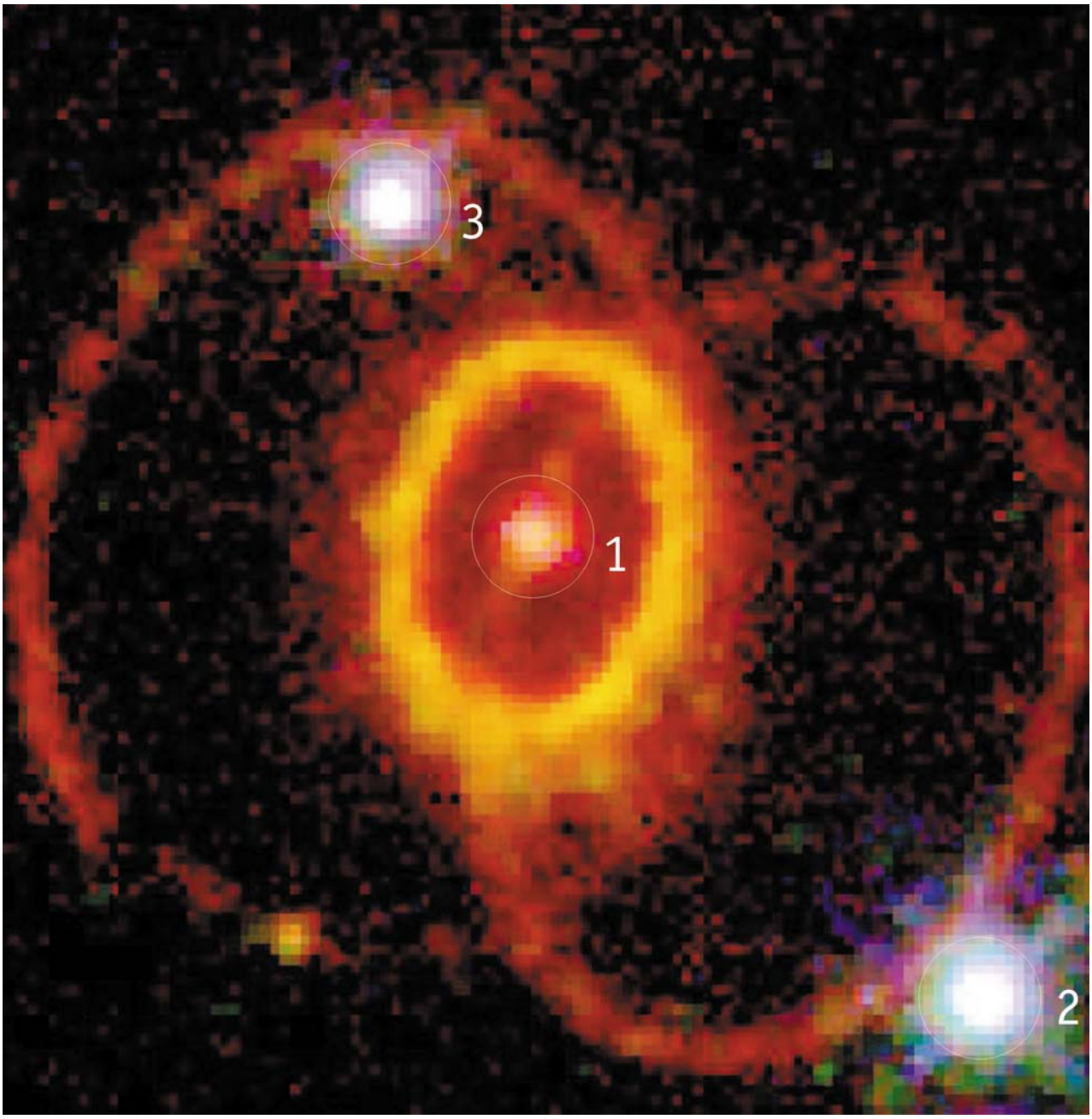


Εικόνα 2. Η κλίση του κυκλικού δίσκου είναι η γωνία i που φαίνεται στο σχήμα. Αν η γωνία αυτή είναι 0° ή 180°, τότε ο κυκλικός δίσκος φαίνεται ως τέλειος κύκλος. Σε αντίθετη περίπτωση φαίνεται υπό την μορφή έλλειψης.

Μπορείτε να βρείτε έναν τρόπο να υπολογίσετε αυτή τη γωνία;

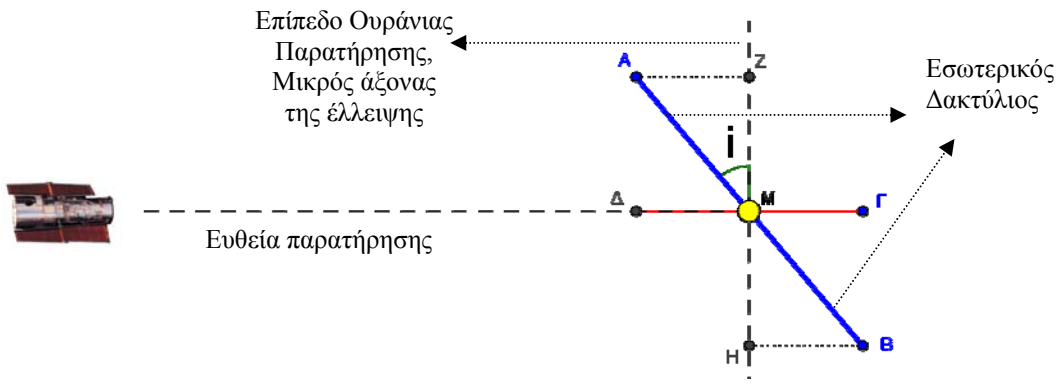
Υπόδειξη: Προσέξτε ότι κάθε κυκλικός δίσκος, που φαίνεται υπό κλίση ως έλλειψη, έχει δύο κάθετους άξονες. Στον μεγάλο άξονα η έλλειψη έχει τη μεγαλύτερη διάμετρο α και στον μικρό άξονα τη μικρότερη διάμετρο β. Η κατακόρυφη ευθεία, που φαίνεται στην εικόνα 2, είναι κάθετη στην ευθεία παρατήρησης. Η διεύθυνσή της είναι ίδια με αυτή του μικρού άξονα. Η εικόνα 4 σας δίνει μια ιδέα της λύσης του προβλήματος.

Μετρήστε τη μικρή και τη μεγάλη διάμετρο της φαινόμενης έλλειψης σε mm χρησιμοποιώντας την εικόνα 3. Στη συνέχεια Προσπαθήστε να βρείτε τη γωνία i από τα τρίγωνα που σχηματίζονται στο σχήμα της εικόνας 4.



Εικόνα 3. Φωτογραφία του υπερκαινοφανούς SN 1987A από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble.

Πίνακας 1			
Ζεύγος Αστέρων	**Απόσταση (mm) Πάνω στη φωτογραφία**	**Γωνιακή Απόσταση (arcseconds)**	**Κλίμακα (arcseconds/mm)**
Αστέρες 1 - 2		3.0	
Αστέρες 1 - 3		1.4	
Αστέρες 2- 3		4.3	



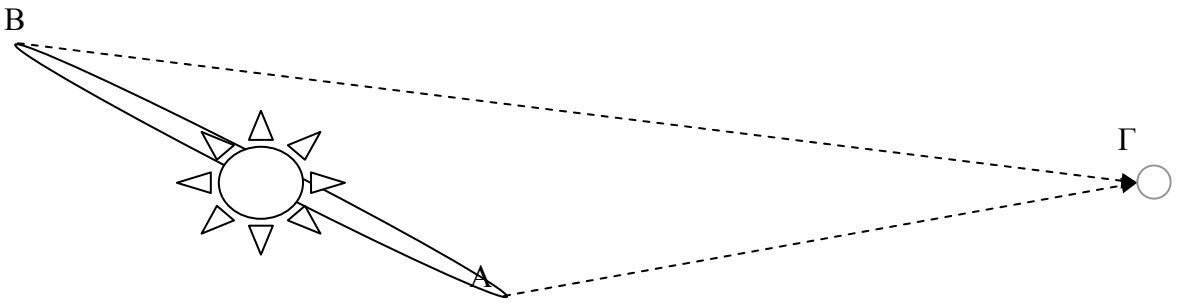
Εικόνα 4. Στην παραπάνω εικόνα, ο υπερκαινοφανής SN 1987A συμβολίζεται με το γράμμα M. Η μικρή διάμετρος της φαινόμενης έλλειψης είναι το μήκος HZ=β, ενώ η μεγάλη διάμετρος είναι το μήκος AB=α.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 4

Ενότητα 4. Υπολογισμός της πραγματικής Διαμέτρου του Δακτυλίου.

4.1. Φωτισμός του δακτυλίου

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, κατά τη διάρκεια της έκρηξης του υπερκαινοφανούς SN 1987A ένα κύμα υπεριωδών ακτινών εκπέμφθηκε από τον αστέρα. Όταν αυτό το κύμα έφτασε στον εσωτερικό δακτύλιο, τα υλικά του δακτυλίου άρχισαν να εκπέμπουν φως. Παρότι το κύμα υπεριώδους ακτινοβολίας έφτασε ταυτόχρονα σε όλα τα σημεία του εσωτερικού δακτυλίου, από τη Γη παρατηρήσαμε το φαινόμενο διαφορετικά. Είδαμε κάποια σημεία του δακτυλίου να φωτίζονται πρώτα και κάποια άλλα να φωτίζονται καθυστερημένα. Ανατρέξτε στο φύλλο εργασίας 1 για να δείτε τις λεπτομέρειες. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο ότι το φως δεν μεταδίδεται ακαριαία όπως εσφαλμένα πιστεύουν κάποιοι, αλλά έχει πεπερασμένη ταχύτητα. Η ταχύτητα του φωτός συνήθως συμβολίζεται ως `c = 299.792 Km/sec`. Επομένως, τα μέρη του δακτυλίου που βρίσκονται πλησιέστερα στη Γη φαίνεται να φωτίζονται πρώτα επειδή το φως από αυτά διανύει μικρότερη απόσταση. Η εικόνα 1 περιγράφει το φαινόμενο

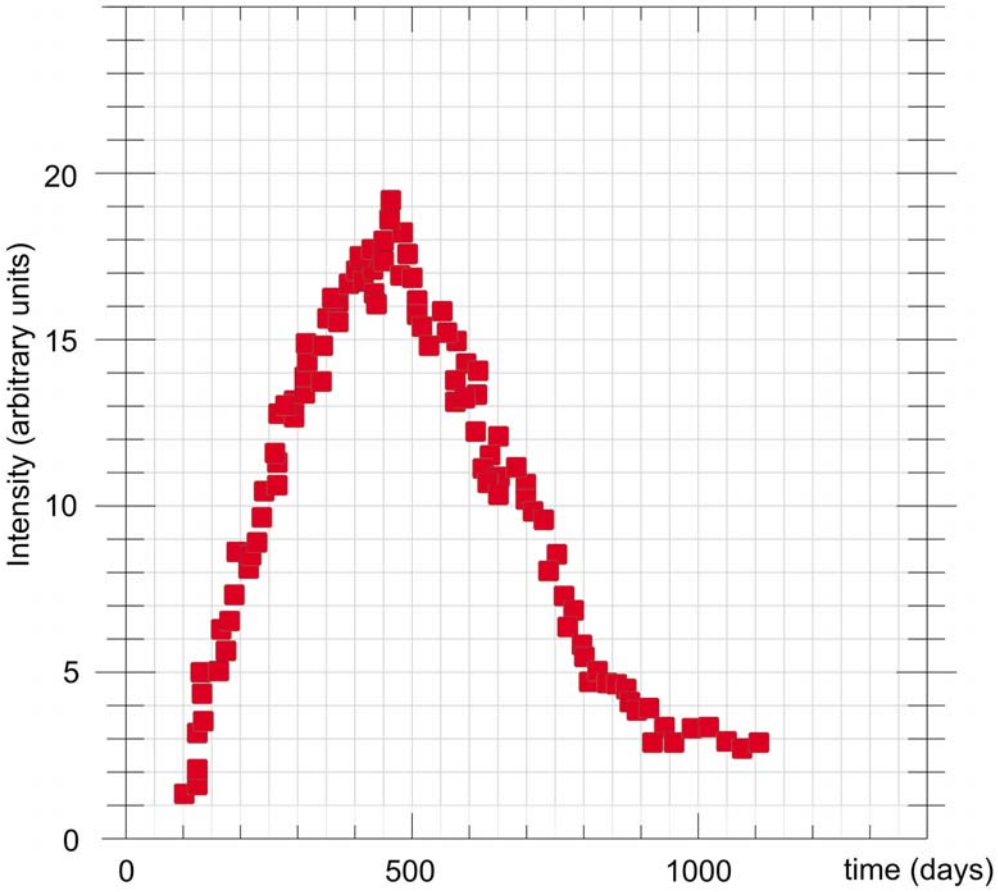


Εικόνα 1. Αν δύο ακτίνες φωτός ξεκινήσουν ταυτόχρονα από τα σημεία Α και Β, τότε στη θέση Γ, πρώτη θα φτάσει η Α, αφού διανύει μικρότερη απόσταση.

Αυτό το πολύ απλό φαινόμενο είναι καταλυτικό για τον υπολογισμό της απόστασης του SN 1987A από τη Γη. Ο λόγος είναι ότι αυτό το φαινόμενο μπορεί να μας δώσει την πραγματική διάμετρο του εσωτερικού δακτυλίου, την οποία θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια για να βρούμε την απόσταση. Ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα με προσοχή για να υπολογίσετε την πραγματική διάμετρο του δακτυλίου.

Βήμα 1.

Αρχικά πρέπει να υπολογίσουμε το χρονικό διάστημα Δt που χρειάστηκε ώστε να δούμε από τη Γη τον δακτύλιο να φωτίζεται πλήρως. Για να το επιτύχουμε αυτό θα χρησιμοποιήσουμε την καμπύλη φωτός της εικόνας 2. Η καμπύλη αυτή δείχνει την ένταση του φωτός που λάβαμε από ολόκληρο τον εσωτερικό δακτύλιο σε μια περίοδο 1000 (και κάτι) ημερών. Όπως παρατηρείτε η ένταση του φωτός αυξάνεται διαδοχικά μέχρι να φτάσει μια μέγιστη τιμή (οπότε φωτίζεται ολόκληρος ο δακτύλιος) και στη συνέχεια μειώνεται διαδοχικά μέχρι να φτάσει τα αρχικά του επίπεδα. Μετρήστε το χρόνο Δt τον οποίο χρειάστηκε ο δακτύλιος ώστε να φωτιστεί πλήρως, από την καμπύλη φωτός που σας δίνεται.



Εικόνα 2. Η καμπύλη φωτός από όλα τα μέρη του εσωτερικού δακτυλίου του SN 1987A όπως μετρήθηκε από όργανα του διαστημικού τηλεσκοπίου Hubble.

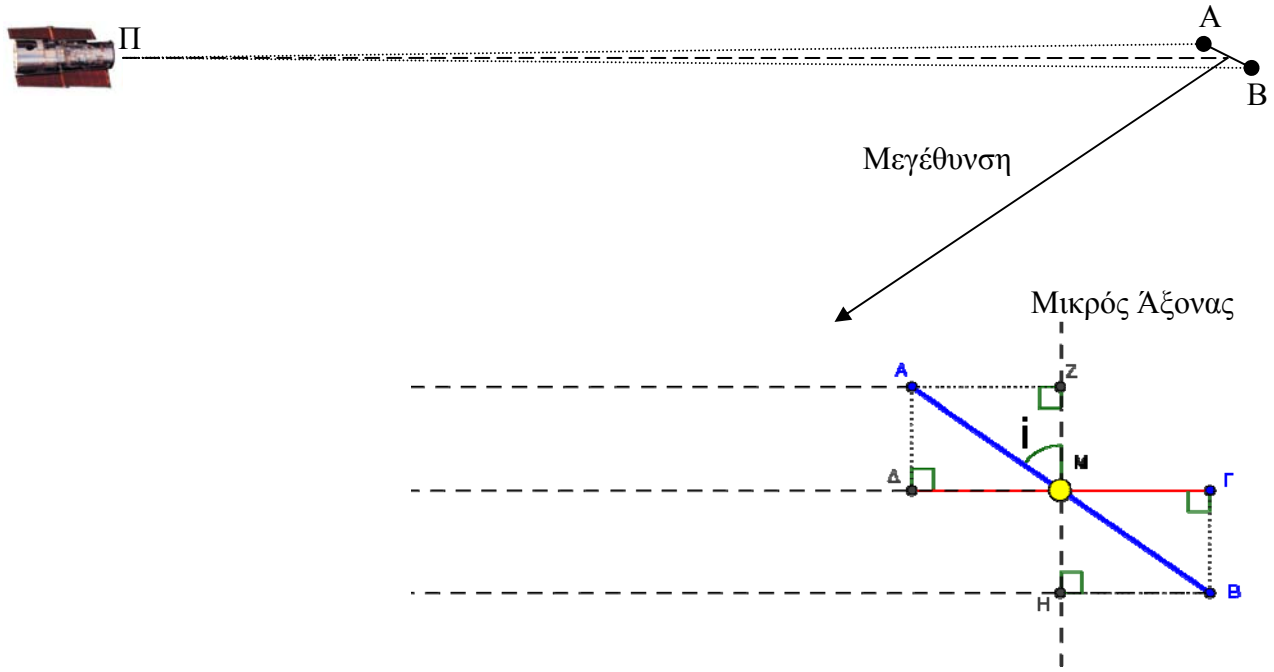
Βήμα 2.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 3, λόγω της πολύ μικρής γωνιακής διαμέτρου (γωνία ΑΠΒ) υπό την οποία φαίνεται ο εσωτερικός δακτύλιος από έναν παρατηρητή στη Γη (μερικά χιλιοστά της μοίρας), μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα ευθύγραμμα τμήματα ΑΠ και ΒΠ είναι (σχεδόν) παράλληλα (παρότι είναι προφανές ότι τέμνονται). Το πρώτο σχήμα της εικόνας 3 δίνει την πραγματική κατάσταση, ενώ το δεύτερο σχήμα δείχνει τον δακτύλιο σε μεγέθυνση.

Ο χρόνος που υπολογίσατε στο προηγούμενο βήμα είναι ο χρόνος που χρειάζεται το φως ώστε να καλύψει την απόσταση ΓΔ. Συζητείστε το θέμα αυτό στην ομάδα σας ώστε να καταλάβετε όλοι το φαινόμενο. Στη συνέχεια κάντε τα εξής:

- Βρείτε τη πραγματική διάμετρο $d = \text{AB}$ συναρτήσει της απόστασης $d_p = \Gamma\Delta$ και της γωνίας κλίσης i.
- Υπολογίστε την απόσταση $d_p = \Gamma\Delta$, αν γνωρίζετε το χρόνο Δt και την ταχύτητα του φωτός `c = 299792 Km/sec`. Στη συνέχεια, μετατρέψτε την απόσταση σε μονάδες parsec, αν γνωρίζετε ότι 1 parsec = 30.857×10^{12} km.
- Υπολογίστε την απόσταση $d = \text{AB}$, δηλαδή την πραγματική διάμετρο του δακτυλίου σε parsec.
- Τέλος υπολογίστε την μικρή διάμετρο $\ell = \text{ZH}$ της φαινόμενης έλλειψης σε parsec.

Για όλους τους υπολογισμούς χρησιμοποιήστε επιστημονικό κομπιουτεράκι.



Εικόνα 3. Λόγω της πολύ μικρής γωνιακής διαμέτρου (γωνία ΑΠΒ) υπό την οποία φαίνεται ο εσωτερικός δακτύλιος από έναν παρατηρητή στη Γη (μερικά χιλιοστά της μοίρας), μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα ευθύγραμμα τμήματα ΑΠ και ΒΠ είναι (σχεδόν) παράλληλα (παρότι είναι προφανές ότι τέμνονται).

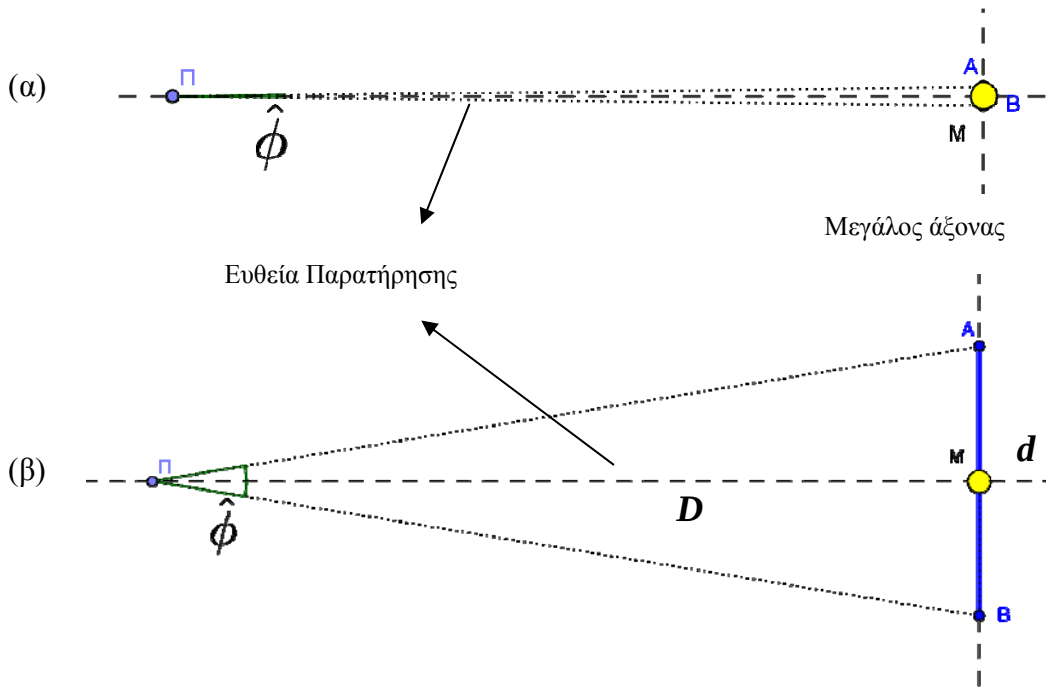
Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 5

Ενότητα 5. Το μεγάλο Φινάλε.

Έχουμε φτάσει ένα βήμα πριν από τέλος! Για να ολοκληρώσουμε την διαδικασία θα χρειαστούμε:

- Τη γωνιακή διάμετρο ϕ του εσωτερικού δακτυλίου (μεγάλος άξονας της έλλειψης), την οποία έχετε υπολογίσει στο Φύλλο Εργασίας 3.
- Την πραγματική διάμετρο του εσωτερικού δακτυλίου D, την οποία έχετε υπολογίσει στο Φύλλο Εργασίας 4.

Αυτή τη φορά θα «κοιτάξουμε» την έλλειψη ως προς τον μεγάλο άξονα. Στην εικόνα 1 φαίνεται το σχήμα που θα αξιοποιήσουμε. Υπολογίστε την πραγματική απόσταση $D = \Pi M$ του υπερκαινοφανούς από την Γη συναρτήσει της πραγματικής διαμέτρου d και της γωνιακής διαμέτρου ϕ. Στη συνέχεια αντικαταστήστε τη πραγματική διάμετρο d και τη γωνιακή διάμετρο ϕ με τις τιμές που έχετε βρει από τα προηγούμενα φύλλα εργασίας. Υπολογίστε την απόσταση D σε έτη φωτός (ly) και parsecs (pc).



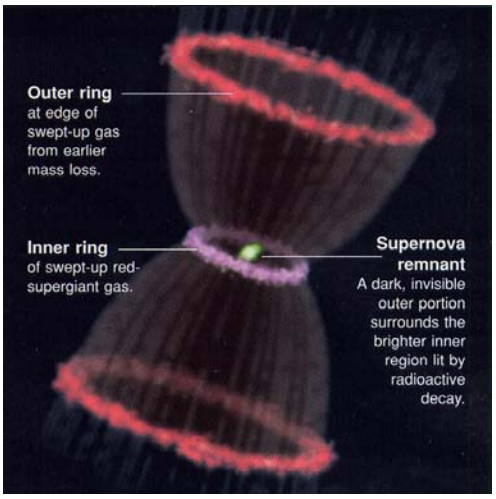
Εικόνα 1. Στο σχήμα (α) φαίνεται η γεωμετρική τοποθέτηση του προβλήματός μας. Επειδή η γωνιακή διάμετρος (γωνία φ) είναι πάρα πολύ μικρή, το τρίγωνο ΑΒΠ έχει εκφυλιστεί σχεδόν σε ευθύγραμμο τμήμα. Για να φανεί κάπως καλύτερα η κατάσταση, στο σχήμα (β) φαίνεται το ίδιο σχήμα λίγο παραμορφωμένο ώστε να φαίνεται καθαρά το ισοσκελές τρίγωνο ΑΒΠ.

Ενότητα 6. Επέκταση.

Α) Έχοντας υπολογίσει την απόσταση του υπερκαινοφανούς, μπορείτε να υπολογίσετε την ακτίνα του εσωτερικού δακτυλίου και την ακτίνα των δύο εξωτερικών δακτυλίων;

Β) Σε μια ιστοσελίδα διαβάζετε ότι: " η ταχύτητα με την οποία μεγαλώνει ο εσωτερικός δακτύλιος του SN 1987A υποδεικνύει ότι τα υλικά αυτά εκτοξεύτηκαν από το αστέρι περίπου 20.000 χρόνια πριν την έκρηξη supernova". Μπορείτε να βρείτε την ταχύτητα που μέτρησαν οι αστρονόμοι ώστε να καταλήξουν σε αυτό το συμπέρασμα;

Γ) Το σχήμα των δύο εξωτερικών δακτυλίων υποδεικνύει ότι βρίσκονται σε επίπεδα παράλληλο προς αυτό του εσωτερικού δακτυλίου. Μπορείτε να υπολογίσετε την απόσταση μεταξύ αυτών των επιπέδων χρησιμοποιώντας τη φωτογραφία που πήρε το Hubble (φύλλο εργασίας 3);



Εικόνα 2. Τρισδιάστατη απεικόνιση του αστέρα και των τριών δακτυλίων του.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 6 - Ομάδα Α

Ενότητα 6. Συγκέντρωση Πληροφοριών.

Σε αυτό το σημείο κάθε ομάδα θα αναλάβει ένα κομμάτι της συγγραφής μιας έκθεσης που θα περιλαμβάνει όλη τη διαδικασία της ερευνητικής εργασίας.

Η ομάδα σας έχει αναλάβει να συγκεντρώσει πληροφορίες για τη Γέννηση των αστέρων. Θα πρέπει να γράψετε μια έκθεση 3-5 σελίδων με ότι πληροφορία μπορείτε να συγκεντρώσετε για τη δημιουργία των αστεριών. Παρακάτω θα βρείτε μερικά βοηθητικά ερωτήματα καθώς επίσης και τη δομή μιας πιθανής εργασίας. Τα ερωτήματα θα σας βοηθήσουν να συγκεντρώσετε τις πληροφορίες που σας χρειάζονται.

Βασικά Ερωτήματα.
1) Πώς προέκυψε το όνομα "αστέρας", για ποιο λόγο και από ποιούς;
2) Ποιό είναι το βασικό υλικό των αστέρων;
3) Ποιό είναι το πιο κοντινό μας αστέρι;
4) Δώστε άλλα παραδείγματα αστέρων που θα βρείτε στη βιβλιογραφία (με εικόνες).
5) Από τι εξαρτάται το χρώμα ενός αστέρα;
6) Ποιά είναι τα βασικά είδη αστέρων που συναντάμε στο σύμπαν;
7) Τί είναι η κύρια ακολουθία;
8) Πόσο ζει ένα άστρο; Από τι εξαρτάται το μέγεθος της μέγιστης ηλικίας του;

Δομή Έκθεσης
Α. Πρόλογος. Εδώ θα πρέπει να περιγράψετε όσο πιο καθαρά γίνεται το σκοπό της εργασίας σας (δηλαδή το θέμα σας).
Β. Κυρίως θέμα. Εδώ θα αναπτύξετε το θέμα σας. Σας προτείνω το εξής.
Β1.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 6 - Ομάδα Α

Ενότητα 6. Συγκέντρωση Πληροφοριών.

Σε αυτό το σημείο κάθε ομάδα θα αναλάβει ένα κομμάτι της συγγραφής μιας έκθεσης που θα περιλαμβάνει όλη τη διαδικασία της ερευνητικής εργασίας.

Η ομάδα σας έχει αναλάβει να συγκεντρώσει πληροφορίες για τους Αστέρες και τους Αστερισμούς. Θα πρέπει να γράψετε μια έκθεση 3-5 σελίδων με ότι πληροφορίες μπορείτε να συγκεντρώσετ. Παρακάτω θα βρείτε μερικά βοηθητικά ερωτήματα καθώς επίσης και τη δομή μιας πιθανής εργασίας. Τα ερωτήματα θα σας βοηθήσουν να συγκεντρώσετε τις πληροφορίες που σας χρειάζονται.

Βασικά Ερωτήματα.
1) Πώς προέκυψε το όνομα "αστέρας", για ποιο λόγο και από ποιούς;
2) Ποιό είναι το βασικό υλικό των αστέρων;
3) Ποιό είναι το πιο κοντινό μας αστέρι;
4) Δώστε άλλα παραδείγματα αστέρων που θα βρείτε στη βιβλιογραφία (με εικόνες).
6) Τι είναι οι αστερισμοί; Πώς προέκυψαν; Ποιούς σκοπούς εξυπηρέτησε η γνώση των αστερισμών από τους ανθρώπους;
7) Από όλα τα σημεία της Γης βλέπουμε τους ίδιους αστερισμούς;
8) Όλοι οι λαοί της αρχαιότητας χρησιμοποιούσαν την ίδια χαρτογράφηση του ουρανού; Υπήρχαν λαοί με διαφορετικά συστήματα αστερισμών; Εμείς ποιο σύστημα χρησιμοποιούμε σήμερα;
9) Δώστε ιστορικά και μυθολογικά στοιχεία από 5 ή 6 γνωστούς αστερισμούς που θα επιλέξετε.
10) Οι αστέρες που ανήκουν σε έναν αστερισμό έχουν κάποια σχέση μεταξύ τους;

Δομή Έκθεσης
Α. Πρόλογος. Εδώ θα πρέπει να περιγράψετε όσο πιο καθαρά γίνεται το σκοπό της εργασίας σας (δηλαδή το θέμα σας).
Β. Κυρίως θέμα. Εδώ θα αναπτύξετε το θέμα σας. Σας προτείνω το εξής.
Β1. Από που προέρχεται η ονομασία "αστέρας". Περιγράψτε ποια ήταν η χρήση του στην αρχαιότητα και ποια σήμερα. Τι άλλαξε;
Β2. Δώστε μερικά παραδείγματα γνωστών αστέρων που φαίνονται στον νυκτερινό ουρανό.
Β3. Περιγράψτε την ιστορική ανάγκη για τη χαρτογράφηση του ουρανού και τη δημιουργία των αστερισμών. Εκτός από το σύστημα των αρχαίων Ελλήνων, δώστε και παραδείγματα από άλλους λαούς.
Β4. Δώστε αρκετές εικόνες και παραδείγματα γνωστών αστερισμών.
Β5. Ξεκαθαρίστε στο κείμενό σας ότι τα αστέρια ενός αστερισμού δεν έχουν καμιά σχέση μεταξύ τους.
Β6 Δώστε ένα-ένα παραδείγματα από τη μυθολογία μερικών γνωστών αστερισμών που θα επιλέξετε.

Γ. Επίλογος. Δώστε σύντομα τα συμπεράσματα της μελέτης σας.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 6 - Ομάδα Β

Ενότητα 6. Συγκέντρωση Πληροφοριών.

Σε αυτό το σημείο κάθε ομάδα θα αναλάβει ένα κομμάτι της συγγραφής μιας έκθεσης που θα περιλαμβάνει όλη τη διαδικασία της ερευνητικής εργασίας.

Η ομάδα σας έχει αναλάβει να συγκεντρώσει πληροφορίες για τη Γέννηση των αστέρων. Θα πρέπει να γράψετε μια έκθεση 3-5 σελίδων με ότι πληροφορία μπορείτε να συγκεντρώσετε για τη δημιουργία των αστεριών. Παρακάτω θα βρείτε μερικά βοηθητικά ερωτήματα καθώς επίσης και τη δομή μιας πιθανής εργασίας. Τα ερωτήματα θα σας βοηθήσουν να συγκεντρώσετε τις πληροφορίες που σας χρειάζονται.

Βασικά Ερωτήματα.
1) Ποιό είναι το βασικό υλικό των αστέρων;
2) Τι είναι η πυρηνική σύντηξη. Τι σχέση έχει με τη δημιουργία των αστέρων;
3) Πως παράγουν φως τα αστέρια;
4) Πώς δημιουργούνται νέοι αστέρες;
5) Από τι εξαρτάται το χρώμα ενός αστέρα;
6) Ποιά είναι τα βασικά είδη αστέρων που συναντάμε στο σύμπαν;
7) Τί είναι η κύρια ακολουθία;
8) Πόσο ζει ένα άστρο; Από τι εξαρτάται το μέγεθος της μέγιστης ηλικίας του;

Δομή Έκθεσης
Α. Πρόλογος. Εδώ θα πρέπει να περιγράψετε όσο πιο καθαρά γίνεται το σκοπό της εργασίας σας (δηλαδή το θέμα σας).
Β. Κυρίως θέμα. Εδώ θα αναπτύξετε το θέμα σας. Σας προτείνω το εξής.
Β1. Περιγράψτε το φαινόμενο της πυρηνικής σύντηξης
Β2. Περιγράψτε με απλά και κατανοητά λόγια τη δημιουργία ενός αστέρα. Βρείτε φωτογραφίες κ.λ.π.
Β3. Πώς παράγεται το φως σε έναν αστέρα; Που γίνονται οι πυρηνικές αντιδράσεις σε έναν αστέρα κ.λ.π.
Β4. Ομαδοποιήστε τους αστέρες με βάση το χρώμα τους. Δώστε παραδείγματα από λευκούς ερυθρούς, κίτρινους και κυανούς αστέρες.
Β5. Στη συνέχεια δώστε τα βασικά είδη αστέρων σε σχέση με το μέγεθός τους. Εξηγείστε γιατί από το μέγεθος εξαρτάται η διάρκεια ζωής ενός αστέρα; Τι σχέση έχει το χρώμα ενός αστέρα;.
Β5. Περιγράψτε και άλλα είδη αστέρων που πιθανόν ξεχάσατε στα προηγούμενα (λευκοί νάνοι, αστέρες νετρονίων, ερυθροί γίγαντες κ.λ.π.)
Β6. Περιγράψτε την κύρια ακολουθία.

Γ. Επίλογος. Δώστε σύντομα τα συμπεράσματα της μελέτης σας.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 6 - Ομάδα Γ

Ενότητα 6. Συγκέντρωση Πληροφοριών.

Σε αυτό το σημείο κάθε ομάδα θα αναλάβει ένα κομμάτι της συγγραφής μιας έκθεσης που θα περιλαμβάνει όλη τη διαδικασία της ερευνητικής εργασίας.

Η ομάδα σας έχει αναλάβει να συγκεντρώσει πληροφορίες για το θάνατο των Αστέρων. Θα πρέπει να γράψετε μια έκθεση 3-5 σελίδων με ότι πληροφορίες μπορείτε να συγκεντρώσετε για το θάνατο των αστεριών. Παρακάτω θα βρείτε μερικά βοηθητικά ερωτήματα καθώς επίσης και τη δομή μιας πιθανής εργασίας. Τα ερωτήματα θα σας βοηθήσουν να συγκεντρώσετε τις πληροφορίες που σας χρειάζονται.

Βασικά Ερωτήματα.
1) Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αστεριών με βάση τη μάζα τους. Ποιές είναι αυτές;
2) Αστέρες που ανήκουν σε κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες έχουν (πάνω-κάτω) κοινή μοίρα. Πώς πεθαίνουν οι αστέρες από κάθε κατηγορία;
3) Τι είναι η κύρια ακολουθία;
4) Τι είναι οι ερυθροί γίγαντες;
5) Τι είναι οι εκρήξεις supernova;
6) Ποιά είναι τα απομεινάρια μετά το θάνατο των αστέρων;

Δομή Έκθεσης
Α. Πρόλογος. Εδώ θα πρέπει να περιγράψετε όσο πιο καθαρά γίνεται το σκοπό της εργασίας σας (δηλαδή το θέμα σας).
Β. Κυρίως θέμα. Εδώ θα αναπτύξετε το θέμα σας. Σας προτείνω το εξής.
Β1. Περιγράψτε σύντομα το φαινόμενο της πυρηνικής σύντηξης. Τι καύσιμα καίει ένα αστέρι; Εξηγείστε πως η πίεση ακτινοβολίας εξισορροπεί τη βαρύτητα που τείνει να συνθλίψει το άστρο.
Β2. Τι συμβαίνει όταν τα καύσιμα ενός αστέρα τελειώνουν; Ομαδοποιήστε τους αστέρες σε τρεις κατηγορίες και εξηγείστε σύντομα και απλά τί συμβαίνει σε κάθε μια περίπτωση (κάντε και σχήματα, δώστε εικόνες)
Β3. Περιγράψτε τα βασικά χαρακτηριστικά, ενός λευκού νάνου, ενός αστέρα νετρονίων και μιας μαύρης τρύπας (τα κουφάρια των αστέρων). Εξηγείστε την πίεση ηλεκτρονίων και νετρονίων που επιδρά ενάντια στη βαρύτητα που τείνει να συνθλίψει τα άστρα.

Γ. Επίλογος. Δώστε σύντομα τα συμπεράσματα της μελέτης σας.

Υπολογισμός της απόστασης του SN 1987A
Βοηθητικό Φύλλο Εργασίας 6 - Ομάδα Γ

Ενότητα 6. Συγκέντρωση Πληροφοριών.

Σε αυτό το σημείο κάθε ομάδα θα αναλάβει ένα κομμάτι της συγγραφής μιας έκθεσης που θα περιλαμβάνει όλη τη διαδικασία της ερευνητικής εργασίας.

Η ομάδα σας έχει αναλάβει να περιγράψει τη μαθηματική διαδικασία του προβλήματος και να δώσει μερικά στοιχεία για τις εκρήξεις supernova. Θα πρέπει να γράψετε μια έκθεση 3-5 σελίδων. Παρακάτω θα βρείτε μερικά βοηθητικά ερωτήματα καθώς επίσης και τη δομή μιας πιθανής εργασίας. Τα ερωτήματα θα σας βοηθήσουν να συγκεντρώσετε τις πληροφορίες που σας χρειάζονται.

Βασικά Ερωτήματα.
1) Τί είναι ένας supernova; Γιατί ονομάστηκαν έτσι (ιστορικά) αυτοί οι αστέρες;
2) Ποιές είναι οι κατηγορίες supernova;
3) Δώστε παραδείγματα και φωτογραφίες μερικών διάσημων εκρήξεων supernova. Δώστε ιστορικά στοιχεία για μερικούς.
4) Δώστε μια ιστορική αναδρομή του SN 1987A.
5) Περιγράψτε το φαινόμενο που εκμεταλλευόμαστε
5) Περιγράψτε αναλυτικά (με βάση τα φύλλα εργασίας σας) τη διαδικασία υπολογισμού της απόστασής του.

Δομή Έκθεσης
Α. Πρόλογος. Εδώ θα πρέπει να περιγράψετε όσο πιο καθαρά γίνεται το σκοπό της εργασίας σας (δηλαδή το θέμα σας).
Β. Κυρίως θέμα. Εδώ θα αναπτύξετε το θέμα σας. Σας προτείνω το εξής.
Β1. Ιστορική αναδρομή της ονομασίας.
Β2. Παραδείγματα με φωτογραφίες.
Β3. Κατηγορίες supernova.
Β4. Περιγραφή του φαινομένου.
Β5. αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας υπολογισμού.

Γ. Επίλογος. Δώστε σύντομα τα συμπεράσματα της μελέτης σας.