

ΔΙΑΣΤΡΙΚΟ ΜΕΣΟ(Interstellar medium – ISM)-ΜΟΡΙΑΚΑ ΝΕΦΗ - ΑΣΤΡΟΓΕΝΝΕΣΗ

Διαστρικό μέσο είναι ο χώρος μεταξύ των άστρων αποτελούμενος από αέρια σκόνη, βαρέα μέταλλα και κοσμικές ακτίνες.

Σύσταση του ISM

--Το 90 % των αερίων είναι υδρογόνο σε όλες τις μορφές(μοριακό H₂, ατομικό H ή HI και ιοντικό H⁺ ή HII).

--9% He και απλά ιονισμένο HeII.

--1% σκόνη σε μέγεθος της τάξης του 1 μ = 10⁻⁶ m αποτελούμενη από πυριτικά άλατα , Fe και πάγο.

-- Ίχνη N₂ και NII , S και SII, O₂ και απλά ή διπλά ιονισμένο OII – OIII.

-- Με την εξέλιξη της ραδιοαστρονομίας, παρατήρησης στο υπέρυθρο, κυρίως όμως της ραδιοσυμβολομετρίας με συνδεδεμένα ραδιοτηλεσκόπια υψηλής διακριτικής ικανότητας αποκαλύφθηκαν περί τις 150 σύνθετες χημικές ενώσεις μέσα στο ISM ανάμεσά τους και το αμινοξύ γλυκίνη.

H αποτύπωση όλων των ανωτέρω μορίων, ατόμων, ιόντων και σύνθετων ενώσεων γίνεται στα φάσματα σε διάφορα μήκη κύματος – χρώματα ως εξής:

A) Μοριακή φασματοφωτομετρία: Φάσματα στα μικροκύματα χημικών ενώσεων λόγω της περιστροφής και δόνησης τους, υπό την προϋπόθεση ότι παρουσιάζουν **διπολική ροπή**. Το μοριακό H₂ σαν συμμετρικό μόριο δεν παρουσιάζει διπολική ροπή και δεν ανιχνεύεται.

B) Το ατομικό υδρογόνο που είναι διάχυτο στις πιο αραιές περιοχές του ISM και αποτελεί δείγμα του σχήματος ενός γαλαξία ανιχνεύεται με τη **γραμμή των 21 cm στα ραδιοκύματα**.

Γ) Τα ουδέτερα άτομα σε περιοχές που έχουμε ισχυρή υπεριώδη ακτινοβολία από πολύ θερμά(έως και 50.000 K) γιγαντιαία νεαρά άστρα **ιονίζονται και επαναπροσλαμβάνουν ηλεκτρόνια εκπέμποντας H/M ακτινοβολία σε χαρακτηριστικά μήκη κύματος – χρώματα:**

Το HII στις 4 γραμμές Balmer με πιο έντονη την κόκκινη γραμμή H_α στα 656,3 nm , το OIII σε δύο γραμμές γαλαζοπράσινο-πράσινο , το NII και το SII κόκκινο κλπ.

Η πυκνότητα του ISM είναι κατά πολύ μικρότερη από το καλύτερο εργαστηριακό κενό που μπορούμε να πετύχουμε στη γη(10^{10} σωματίδια/cm³). Οι πυκνότερες περιοχές του ISM έχουν το πολύ 10^6 σωματίδια/cm³.

Γιατί μας απασχολεί επομένως αυτό το σχεδόν απόλυτο κενό; Γιατί οι πυκνότερες περιοχές έχουν **πολύ μεγάλη έκταση** δεκάδων ή εκατοντάδων ετών φωτός και άρα **υπολογίσιμη μάζα** εκατοντάδων ή χιλιάδων μαζών ήλιου μέσα στις οποίες λαμβάνει χώρα η **αστρογέννεση**.

ΝΕΦΕΛΩΜΑΤΑ

Οι πυκνότερες περιοχές του ISM χωρίζονται σε επιμέρους περιοχές που χαρακτηρίζονται ως νεφελώματα.

ΜΟΡΙΑΚΑ ΝΕΦΗ ή ΣΚΟΤΕΙΝΑ ΝΕΦΕΛΩΜΑΤΑ

Στα μοριακά νέφη το υδρογόνο βρίσκεται σε μοριακή μορφή. Εκτείνονται σε μεγάλες περιοχές δεκάδων ή εκατοντάδων ετών φωτός. Είναι ψυχρά νέφη μέσης **θερμοκρασίας 10 K** και πυκνότητας που κατά μέσο όρο κυμαίνεται μεταξύ **100-300 σωματίδια/cm³** ή πυκνότητα της τάξης των **10^{-19} gr/cm³**. Οι πυκνότερες περιοχές με συγκέντρωση $10^4 - 10^6$ σωματίδια/cm³ αποκρύπτουν εντελώς το φως των άστρων πίσω τους και είναι σκοτεινά. **Τα σκοτεινά νεφελώματα μπορούμε να τα αντιληφθούμε μόνο αν προβάλλονται μέσα σε φωτεινά νεφελώματα εκπομπής.**

Μέσα στα γιγαντιαία μοριακά νεφελώματα βρίσκονται **πυκνοί μικρότεροι πυρήνες νεφών που εν δυνάμει είναι «φωλιές» σχηματισμού νέων άστρων.**

Τα μοριακά νέφη όπως είδαμε δε μπορούν να εντοπιστούν από το συντριπτικά περισσότερο H₂, παρά μόνο **από το πολικό μόριο CO του οποίου η φωτεινότητα είναι ανάλογη με την ποσότητα του μοριακού υδρογόνου.**

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το διάσημο σκοτεινό **«νεφέλωμα αλογοκεφαλής»** στον αστερισμό του Ωρίωνα(εικ. κάτω).



Horsehead nebula στον Ωρίωνα με φόντο το νεφέλωμα εκπομπής IC 434

Το Horsehead nebula βρίσκεται στα 1500 ε.φ , έχει διάμετρο 13 ε.φ και μάζα 250 ηλιακές. Το κοκκινωπό χρώμα αντιστοιχεί σε ιονισμένο υδρογόνο του νεφελώματος εκπομπής IC 434. Το υδρογόνο ιονίζεται από την υπεριώδη ακτινοβολία του **υπεργίγαντα νεαρού καυτού αστεριού σ Ωρίωνα**(δε φαίνεται στην εικόνα). Γύρω από το σκοτεινό νεφέλωμα διακρίνονται νεαρά και θερμά βρέφη αστέρια.

Το νεφέλωμα «αλογοκεφαλής» είναι ένα τμήμα του τεράστιου συμπλέγματος μοριακών νεφών του Ωρίωνα.

Βαρυτική κατάρρευση μοριακών νεφών – αστρογέννεση

Ένα μοριακό νέφος μπορεί να καταρρεύσει βαρυτικά **από την ίδια του τη βαρύτητα** ή από κάποια εξωτερική αιτία όπως **το ωστικό κύμα μιας έκρηξης supernova που θα αυξήσει την πυκνότητα του νέφους**. Τελικό αποτέλεσμα της κατάρρευσης είναι η μετατροπή ενός 10% της μάζας του νέφους σε αστέρια με την υπόλοιπη να επιστρέφει στο ISM.

Τα μοριακά νέφη συμμετέχοντας στην περιστροφή του γαλαξία έχουν μία αρχική γωνιακή ταχύτητα $\omega = 2 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1}$ και αρχική βαρυτική δυναμική ενέργεια $W = -\frac{3GM^2}{5R}$ αν θεωρήσουμε ότι είναι ομογενής σφαίρα ακτίνας R . Σε όλα τα στάδια της κατάρρευσης διατηρούνται η στροφορμή και η ενέργεια.

Υπάρχει μία κρίσιμη πυκνότητα ρ_c για κάθε νέφος οποιασδήποτε μάζας και διαμέτρου πέραν της οποίας αρχίζει η κατάρρευση.

Αν θεωρήσουμε μία στοιχειώδη μάζα m στα όρια του νέφους, για να αρχίσει να καταρρέει πρέπει η βαρυτική έλξη να υπερβεί τη φυγόκεντρη δύναμη :

$$F_g \geq m\omega^2 R \Rightarrow \frac{GMm}{R^2} \geq m\omega^2 R \Rightarrow G\rho V \geq \omega^2 R^3 \Rightarrow G\rho \frac{4}{3}\pi R^3 \geq \omega^2 R^3 \Rightarrow \rho \geq \frac{3\omega^2}{4\pi G} \Rightarrow$$

$$\rho_c = \frac{3\omega^2}{4\pi G} = 1,43 \times 10^{-20} \text{ kg/m}^3 \text{ ή } \rho_c = 1,43 \times 10^{-23} \text{ g/cm}^3$$

Η πυκνότητα αυτή είναι περίπου 5 φορές μεγαλύτερη από τη μέση πυκνότητα του μεσοαστρικού αερίου του γαλαξία μας που είναι $2 \times 10^{-24} \text{ g/cm}^3$.

Η κατάρρευση ενός μοριακού νέφους περιλαμβάνει 3 στάδια:

1^ο στάδιο ισόθερμη συμπίεση

Καθώς το νέφος καταρρέει ελαττώνεται η βαρυτική δυναμική ενέργειά του, αλλά καθώς το αέριο είναι πολύ αραιό η παραγόμενη θερμότητα δε δεσμεύεται από τα μόρια του αερίου και διαφεύγει στον μεσοαστρικό χώρο. Καθώς το νέφος περιστρέφεται με όλο και μεγαλύτερη γωνιακή ταχύτητα τείνει να μετατραπεί σε πεπλατυσμένο δίσκο. Στο τέλος αυτού του σταδίου γίνεται ο κατακερματισμός του νέφους στους μικρότερους πυρήνες που αναφέραμε πριν καθένας εκ των οποίων έχει τη δική του στροφορμή και διάμετρο περί το 1 έτος φωτός. Πλέον κάθε πυρήνας καταρρέει ανεξάρτητα και θα δώσει 1 ή 2 άστρα με μάζες 1 – 2 ηλιακές και πιθανόν πλανητικό σύστημα.

2^ο στάδιο αδιαβατική συμπίεση

Καθώς ο πυρήνας καταρρέει η πυκνότητά του πλέον είναι τέτοια ώστε τα μόρια να απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της μείωσης της δυναμικής ενέργειας και καθώς η μέση κινητική τους ενέργεια μεγαλώνει, μεγαλώνει και η κινητική πίεση και θερμοκρασία σύμφωνα με την κινητική θεωρία των αερίων.

Σε αυτή τη φάση η περισσότερη ύλη συγκεντρώνεται στο κέντρο του δίσκου όπου έχουμε και τη μεγαλύτερη αύξηση πίεσης και θερμοκρασίας. Στο κέντρο τώρα έχει σχηματιστεί ένας πρωταστέρας περιβαλλόμενος από έναν δίσκο

αερίου και σκόνης. Σε αυτή τη φάση ο πρωταστέρας έχει μάζα ίση με το 1/100 της ηλιακής.

3^ο στάδιο επαύξηση

Σε αυτό το στάδιο αέριο από τον περιβάλλοντα δίσκο προστίθεται στον πρωταστέρα. Καθώς η γωνιακή ταχύτητα του δίσκου μεγαλώνει θα έρθει μία στιγμή που δε θα μπορεί να προστεθεί στον πρωταστέρα. Πλέον η εναπομένουσα ύλη συγκεντρώνεται σε έναν δίσκο αερίου και σκόνης γύρω από τον πρωταστέρα με διάμετρο μέχρι και 100 AU. Ο πρωταστέρας τώρα βρίσκεται μέσα σε ένα σύννεφο αερίου και σκόνης(**κουκούλι**) και είναι αόρατος. Μπορούμε όμως να τον **εντοπίσουμε από την ακτινοβολία της θερμαινόμενης σκόνης στο υπέρυθρο.**

Ήδη έχουν περάσει περί τα 10 εκατομμύρια χρόνια από την έναρξη της κατάρρευσης του αρχικού μοριακού νέφους. **Η θερμική πίεση του πρωταστέρα επιβραδύνει την συνεχιζόμενη κατάρρευσή του εξισορροπώντας την ιδιοβαρύτητα. Οι πρώτοι αστρικοί άνεμοι καθαρίζουν το τοπίο γύρω από τον αστέρα και κάνει την εμφάνισή του ο πρωταστέρας και στο ορατό !!!**

Ας αφήσουμε τώρα τις μαγικές εικόνες από το Hubble , το James Web και άλλα παρατηρητήρια να μας ταξιδέψουν στα εσώτερα του μαγικού κόσμου του ISM. Δείτε ροζ και κόκκινα κουκούλια σκόνης που εκκολάπτουν αστεράκια, βρέφη αστέρια που έχουν καθαρίσει τη σκόνη γύρω τους και ξεπροβάλλουν δειλά - δειλά , δείτε τέλος μεγάλα και θερμά αστέρια πίσω από τα σύννεφα η υπεριώδης ακτινοβολία των οποίων ionίζει τα αέρια του νέφους δίνοντας μία πανδαισία από χρώματα



This dramatic image from January 2006 offers a peek inside a cavern of roiling dust and gas where thousands of stars are forming. The image, taken by the Advanced Camera for Surveys (ACS) aboard the [Hubble Space Telescope](#) ...

Τα παραπάνω είναι η εισαγωγή στην ιστοσελίδα της NASA για την εικόνα του Hubble από το πιο κοντινό και πιο καλά μελετημένο μεγάλο νεφέλωμα του Ωρίωνα. Πραγματικά είναι μια εικόνα που προκαλεί ταυτόχρονα δέος και θαυμασμό.



Εικόνα του νεφελώματος Carina στον ομώνυμο αστερισμό από το James Web. Πρώτη φορά «τρυπώσαμε» τόσο βαθιά και με τέτοια ευκρίνεια στο εν λόγω νεφέλωμα.



Εκπληκτική εικόνα με δύο «ζωηρά» αστεράκια που φυσούν τη σκόνη από πάνω τους. Είναι σε μοριακό νέφος στον αστερισμό του Χαμαιλέοντα.

ΕΜΕΙΝΕ ΕΝΑ ΑΚΟΜΑ ΒΗΜΑ ΜΕΧΡΙ Ο ΠΡΩΤΑΣΤΕΡΑΣ ΝΑ ΓΙΝΕΙ ΑΣΤΕΡΑΣ ΚΑΙ Ο ΠΡΩΤΟΠΛΑΝΗΤΙΚΟΣ ΔΙΣΚΟΣ ΔΩΣΕΙ ΠΛΑΝΗΤΕΣ.

Η συνέχεια στο επόμενο