

Μεσοαστρική σκόνη



FOV

30°

Άτομα 10^{-10} m (0.1 nm)

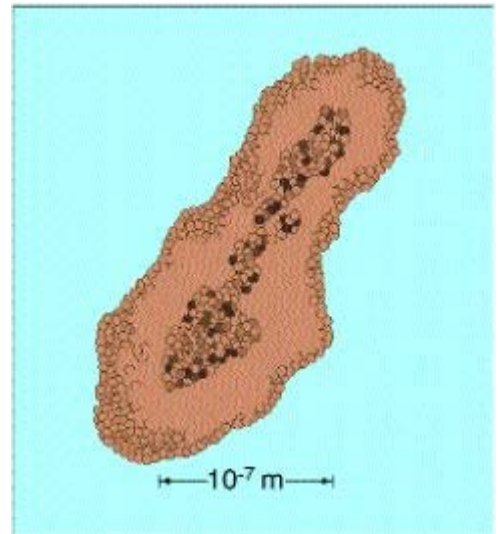
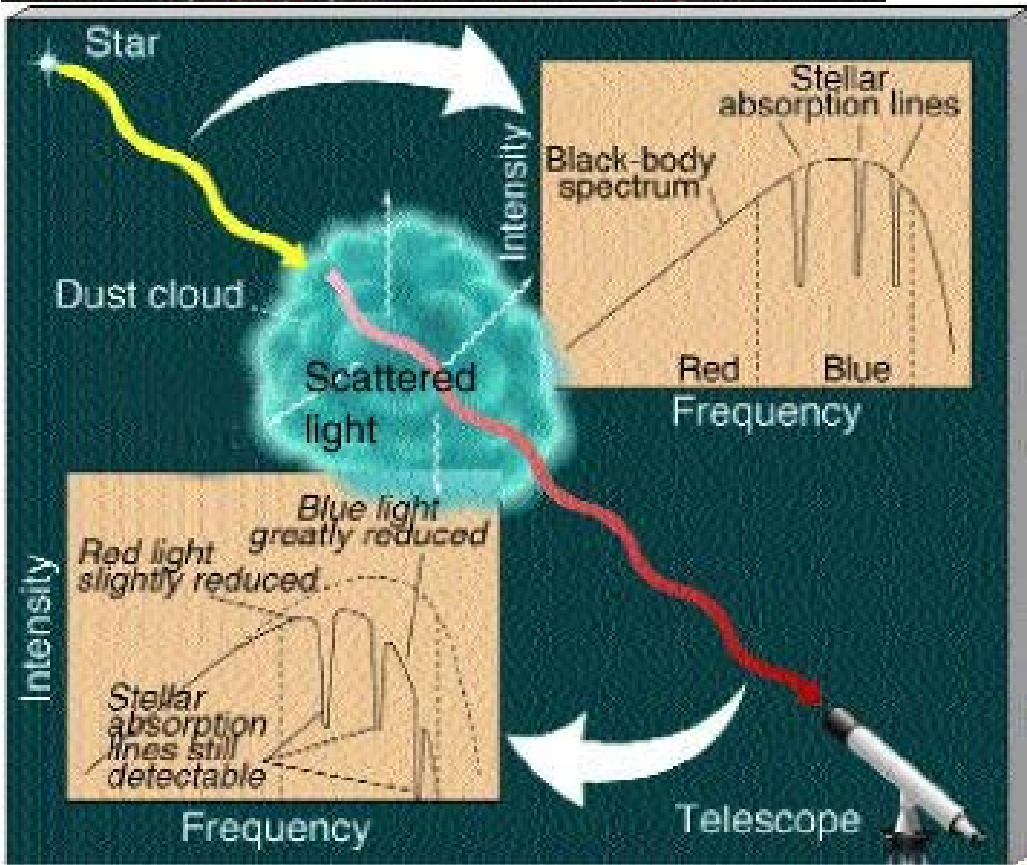
Μόρια 10^{-9} m

Δημιουργία γραμμών απορρόφησης-Το αέριο ΔΕΝ εμποδίζει ακτινοβολία

Σκόνη = άτομα +μόρια σαν κιμωλία, αιθάλη, ομίχλη. Κόκκος 10^{-7} m=x1000 σωματίδια αερίου. Ικανότητα σκέδασης (μέγεθος, λ) Απόσβεση+Ερύθρωση

Οι γραμμές απορρόφησης στο αστρικό φάσμα υπάρχουν Απόσβεση+Ερύθρωση= περιεκτικότητα και μέγεθος κόκκων σκόνης

Θερμοκρασία 100 K και πυκνότητα Σκόνης



Αέριο $10^4 \cdot 10^9 \cdot 10^6 / \text{m}^3$

Κενό 10^{10} μόρια/ m^3

Σκόνη $10^{-6} / \text{m}^3$ ή 1 σκόνη στα τρις άτομα

Άρα ΠΩΣ ένας τόσο αραιός χώρος αποκρύβει το φως;

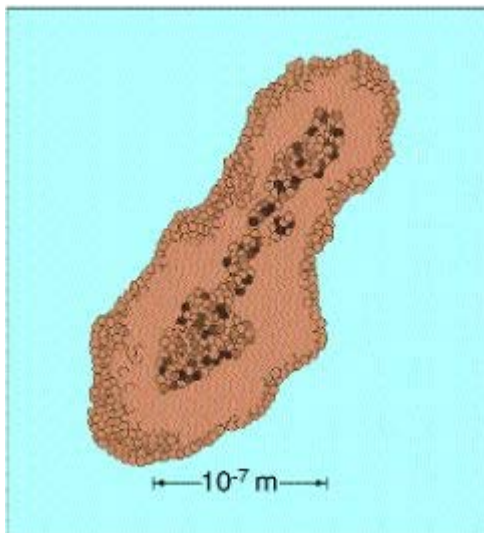
Είναι Τεράστιος

Απόσταση μεταξύ αστέρων στη γειτονιά Ηλιου $1 \text{pc} \gg$ μέγεθος αστέρων 10^{-7}pc
Ενας κύλινδρος 1m^2 Γη-α Cen περιείχε 10 δις σωματλια σκόνης !

Στην περιοχή Ήλιου ακόμα κι αν η πυκνότητα ύλης είναι μικρή είναι κατά μάζα όσο και η μάζα που περιέχεται στους αστέρες!.

Ατμοσφαιρικός αέρας 1 σωματλιο σκόνης για 10^{18} άτομα αερίου, συμπίεση μεσοαστρικού χώρου σε αυτήν την πυκνότητα του αέρα στη Γη, δεν θα βλέπαμε την παλάμη μας!

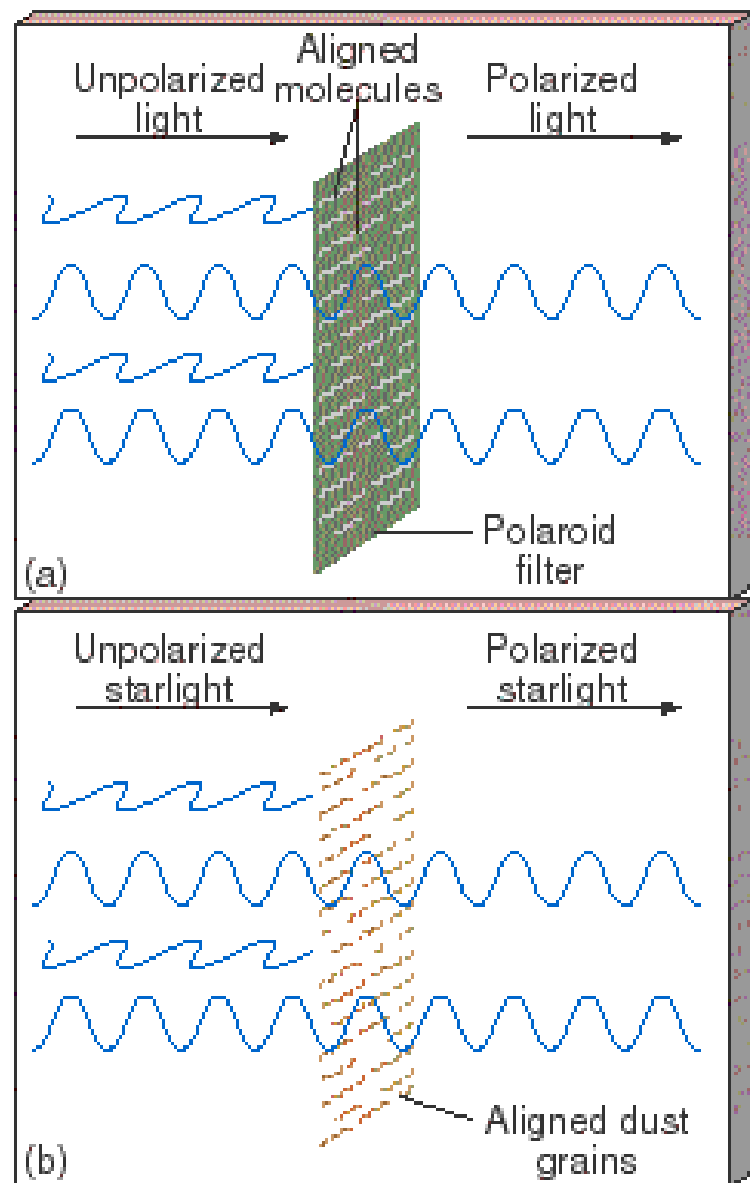
Σύσταση=φασματοσκοπικές παρατηρήσεις μεσοαστρικών γραμμών απορρόφησης
Το ψυχρό αραιό αέριο παράγει στενότερες από τις αστρικές γραμμές (θερμή κατώτερη ατμόσφαιρα αστέρων). 90% υδρογόνο ατομικό ή μοριακό 9% ηλιο και 1% βαρύτερα στοιχεία. Μικρότερη περιεκτικότητα στο μεσοαστρικό αέριο C, O, Si, Mg, Fe από ηλιακό σύστημα ή αστέρες **ΓΙΑΤΙ**; (Δημιουργία σκόνης, δεν τα βλέπουμε!)



Η ακτινοβολία από τις αστρικές φωτόσφαιρες δεν είναι πολωμένη (τυχαία διεύθυνση E).

Τα E ευθυγραμμίζονται-όλα ταλαντώνονται στο ίδιο επίπεδο καθώς η ακτινοβολία διαδίδεται στο χώρο. Άρα εάν ανιχνευτεί πολωμένο αστρικό φως οφείλεται στη μεσολάβηση της μεσοαστρικής ύλης. Στο μεσοαστρικό χώρο οι κόκκοι σκόνης δρουν σαν τα μόρια σε Polaroid φιλμ. Πολωμένο φως =μεσοαστρικοί κόκκοι έχουν σχημα επιμήκες και ευθυγραμμισμένοι (μαγνητικό πεδίο όπως ρινίσματα σιδήρου από μαγνήτη).

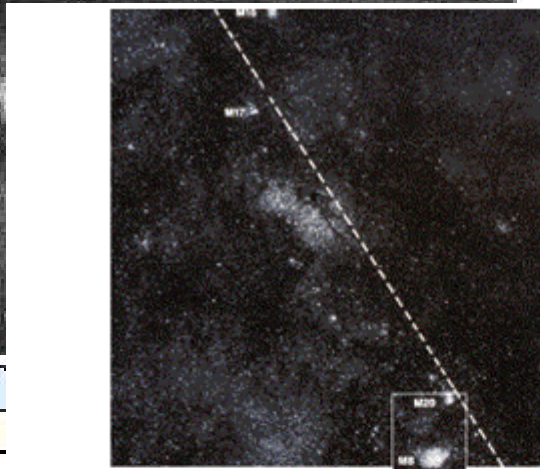
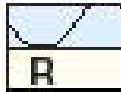
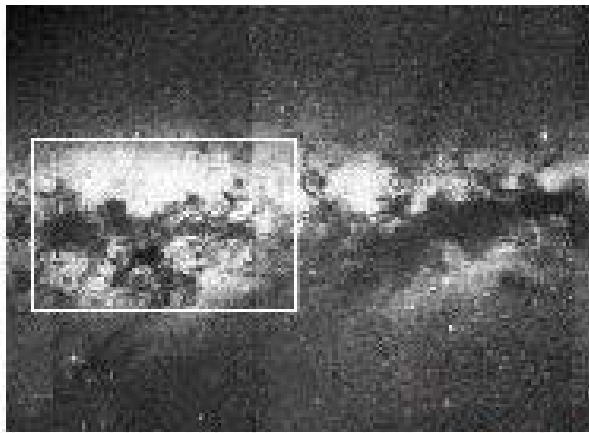
Πληροφορία για ΜΕΓΕΘΟΣ, ΣΧΗΜΑ, ΠΟΣΟΤΗΤΑ, σκόνης που παρεμβάλλεται



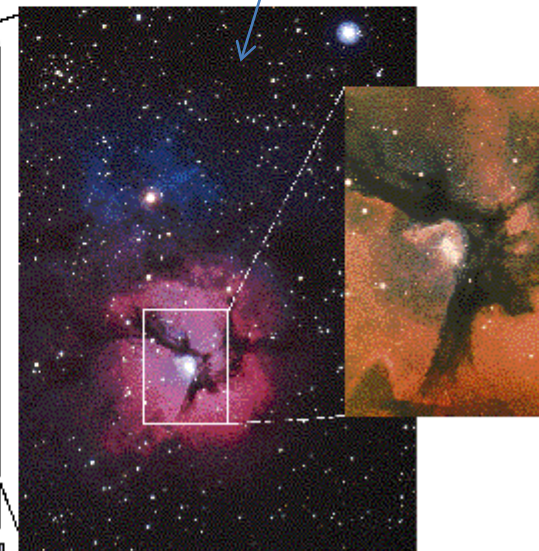
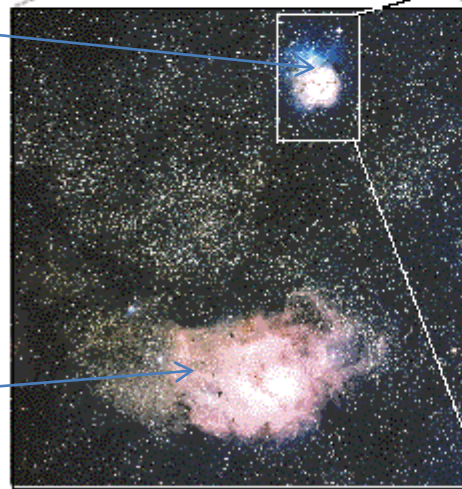
Νεφελώματα Εκπομπής

M8, M16, M17, M20

Νεφέλωμα Τριφυλλιού
(διάμετρος ερυθρό 4 pc)
Κυανό φως = ανάκλαση
αστρικού φωτός από
σκόνη



M20



M8

Μέτρηση απόστασης των αστερών που φαίνονται ΜΕΣΑ στα νεφελώματα με φασματοσκοπική παράλλαξη & ορατότητας μέσα στο σκονισμό. M20 απέχουν 1000 pc)



(a)



(b)



(c)



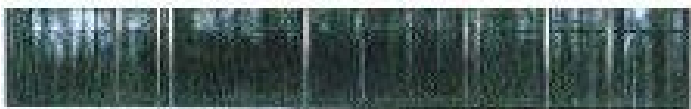
(d)



(a) M16, Νεφέλωμα Αετού . (b) Τεράστιες στήλες ψυχρού αερίου και σκόνης μέσα στο M16, από τη δράση αστρικής UV ακτινοβολίας στο νέφος. (Πράσινο=εκπομπή από ατομικό H, ερυθρό από SII και κυανό OIII, Hubble). (c) M8, Νεφέλωμα Λίμνης= Lagoon Nebula. (d) Πυρήνας M8, Κλεψύδρα=Hourglass. Ακανόνιστο σχήμα, ερυθρό χρώμα, λαμπροί αστέρες μέσα στο αέριο και λωρίδες σκόνης.



Νεφέλωμα πεταλούδας και το φάσμα του οπτικό, UV

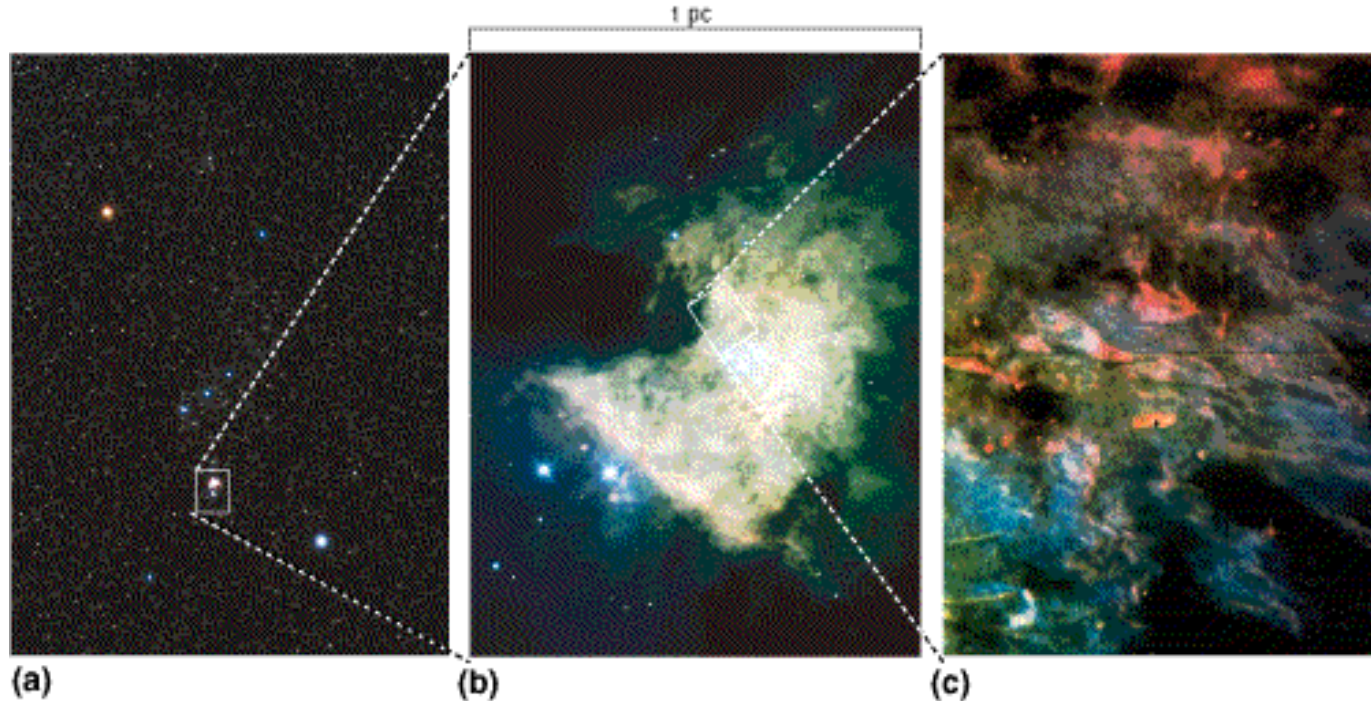


— 3914 N₂⁺ (NITROGEN)
 — 4278 N₂⁺
 — 4709 N₂⁺
 — 4861 N (HYDROGEN)
 — 5577 O I (OXYGEN)
 — 6563 H (HYDROGEN)
 — 6564 O I
 — 6800 O I

(b)

Παράμετροι νεφελωμάτων

OBJECT	APPROX. DISTANCE (pc)	AVERAGE DIAMETER (pc)	DENSITY (10 ⁶ particles/m ³)	MASS (solar masses)	TEMPERATURE (K)
M8	1200	14	80	2600	7500
M16	1800	8	90	600	8000
M17	1500	7	120	500	8700
M20	900	4	100	150	8200



Άπηγορευμένες γραμμές

Το νεφέλωμα του Ωρίωνα M42 (450 pc). (b) Πράσινο=Άπηγορευμένη γραμμή οξυγόνου (c) περιοχή 0.5 ε.φ με λεπτομέρειες ορατές σε 0.1 ε.φ ή όσο το ηλιακό σύστημα

<http://hubblesite.org/newscenter/archive/search.php?query=orion+mosaic&x=0&y=0>

Σκοτεινά Νέφη σκόνης

Τα νεφελώματα εκπομπής αποτελούν ένα μικρό μέρος του μεσοαστρικού χώρου. Το 99% είναι σκοτεινά νέφη

Ψυχρότερα, Πυκνότητες: 10^7 άτομα/ m^3 έως και **ΠΥΚΝΑ μεσοαστρικά νέφη** $>10^{12}$ άτομα/ m^3 ($=10^6$ άτομα/ cm^3).

Μοιάζουν με τα γήινα; **ΟΧΙ**, είναι μεγαλύτερα από το ηλιακό σύστημα (μερικά pc) .

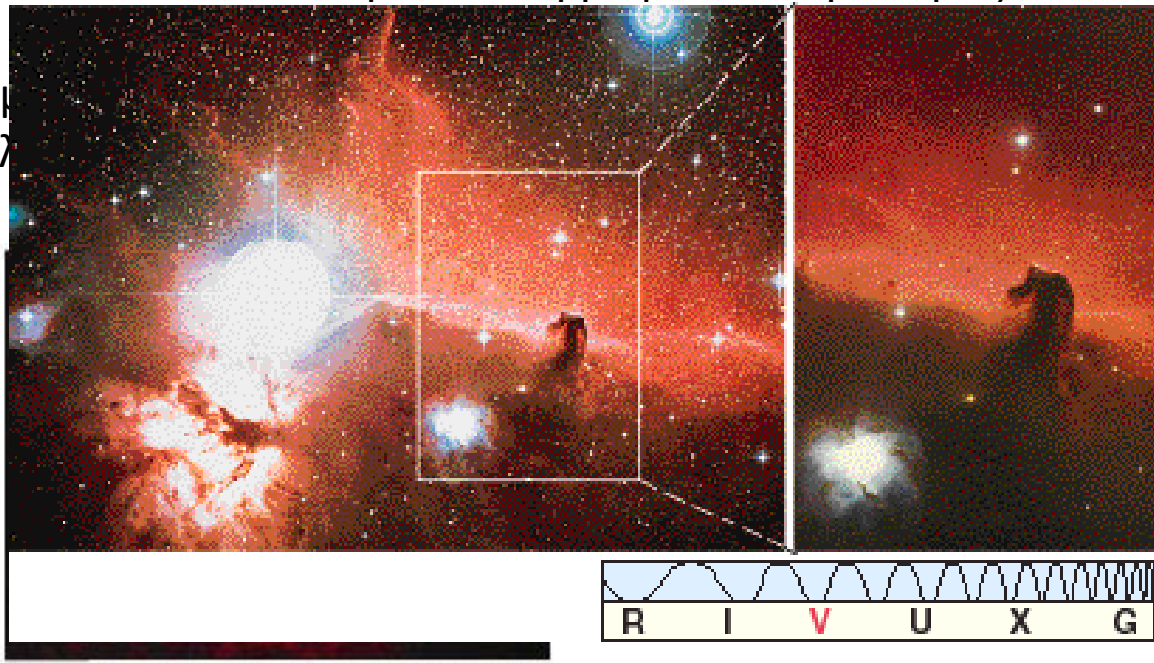
Αποτελούνται κυρίως από αέριο αλλά και από σκόνη που απορροφά το αστρικό φως

(a). (b).

Τα σκοτεινά νέφη σκόνης μπορούν να κρύβουν αστέρων από πίσω τους π.χ Νεφέλωμα Πλάτους 0.25



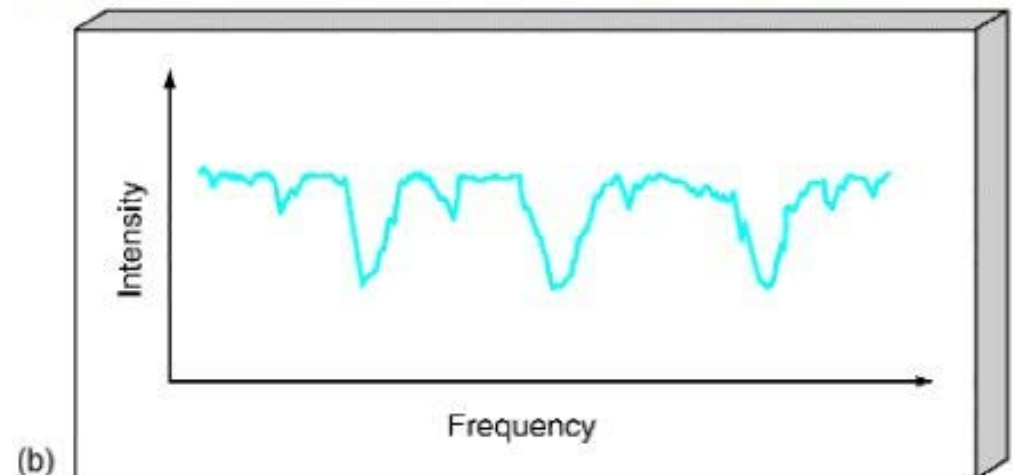
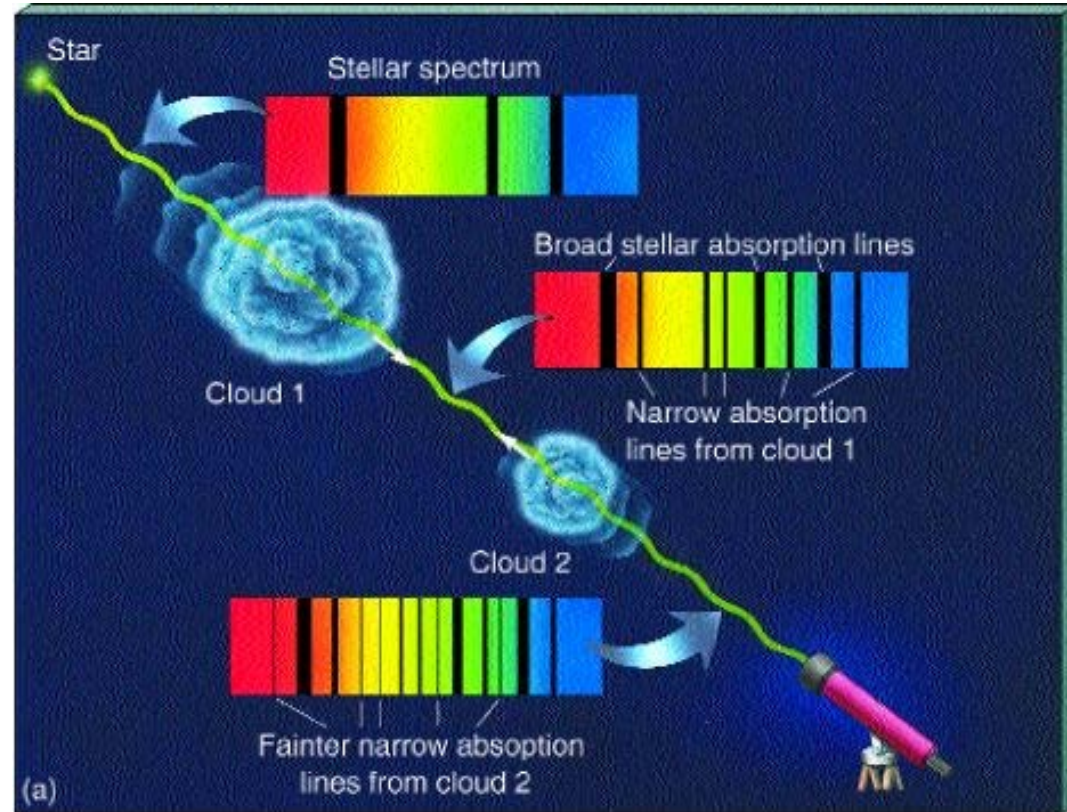
(a) Σκοτεινό νεφέλωμα διακεκομμένη γραμμή, ρ Οφιούχου στα 300 pc. Μπροστά υπάρχουν νεφελώματα που συνδέονται ή όχι με την περιοχή.



(b) το ίδιο στο υπέρυθρο

Πότε ανακαλύφθηκαν τα σκοτεινά νέφη;

(b). Οι μεγάλοι πλάτους και έντασης γραμμές σχηματίζονται στη θερμή ατμόσφαιρα του αστέρα ενώ οι ασθενέστερες και στενότερες από τα ψυχρά μεσοαστρικά νέφη. Όσο μικρότερο είναι το νέφος τόσο ασθενέστερες οι γραμμές. Οι μετατοπίσεις στο ερυθρό ή κυανό δίνουν πληροφορία για την ταχύτητα του νέφους

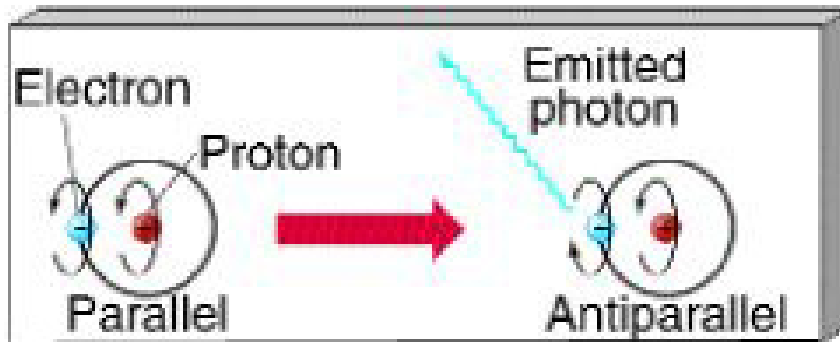


Άρα μπορούμε να ανιχνεύσουμε ΝΕΦΗ στο οπτικό μόνο στην ευθεία παρατήρησης μακρινών αστέρων; (γραμμές απορρόφησης).

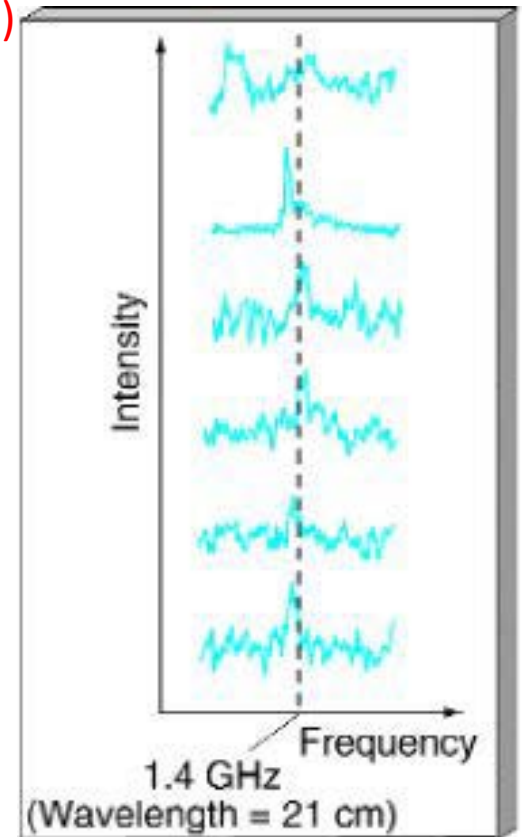
Οι παρατηρήσεις στο υπέρυθρο απαιτούν ΜΕΓΑΛΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ και ΣΚΟΝΗ...

Χρειαζόμαστε ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ των αστέρων και νεφών μέθοδο ανίχνευσης της ουδέτερης ψυχρής μεσοαστρικής ύλης δηλαδή τη δική της εκπομπή

Μια λίγο διεγερμένη κατάσταση ατόμου υδρογόνου με spin παράλληλα στο μεσοαστρικό αέριο μεταπίπτει σε κατάσταση ελαχίστης ενέργειας spin αντι-παράλληλα (1 κάθε 11 εκατ. έτη) = γραμμή 21 cm εκπομπής ή απορρόφησης (1951)



γραμμή 21 cm = ψυχρό 100K ατομικό H, ακόμα και μικρής πυκνότητας (1 άτομο /cm³ μεταξύ σκοτεινών νεφών. 1) Μορφή κατατομής γραμμής ανώμαλη λόγω ανομοιομορφιών μεσοαστρικού αερίου 2) οι κορυφές δεν είναι στα 21 cm λόγω κίνησης αερίου Γαλαξία ως προς τη Γη



Εάν όλο το ατομικό Η εκπέμπει 21 cm όταν μεταπίπτει στην κατάσταση ελαχίστης ενέργειας γιατί βλέπουμε ακόμα εκπομπή;

Η ΔΕ μεταξύ των δύο σταθμών είναι ίδιας τάξης με ενέργεια ατόμου στα 100 K. Συγκρούσεις μεταξύ των ατόμων διατηρούν Η στην άνω κατάσταση.

Σημαντικό

Μήκος εκπομπής > μέγεθος κόκκου σκόνης. Άρα η ραδιοφωνική εκπομπή φτάνει χωρίς σκέδαση από τα μεσοαστρικά υπολείμματα. ΑΡΑ παρατηρούμε μεσοαστρικό χώρο πέρα από μερικές χιλιάδες pc σε διευθύνσεις που ΔΕΝ υπάρχουν αστέρες!

Άλλη φασματική γραμμή στο ραδιοφωνικό μέρος του φάσματος;
Υποψήφια OH 4 γραμμές κοντά στα 18 cm (1963)

1963. Αλλά οι εντάσεις τους ήταν πολύ μεγαλύτερες από τις θεωρητικά προβλεπόμενες...masers ("[Microwave Amplification](#) by [Stimulated Emission](#) of [Radiation](#)«) 1968 masers αμμωνίας, νερού και αργότερα το πρώτο μόριο φορμαλδεύδη στα 6 cm

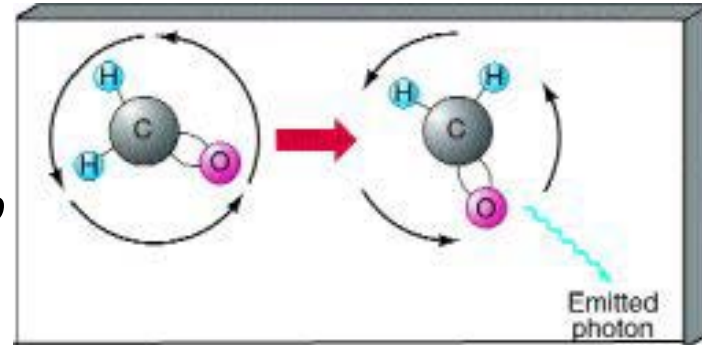
Charles H. Townes, [J. P. Gordon](#), and H. J. Zeiger built the first ammonia maser at [Columbia University](#) in 1953. The device used [stimulated emission](#) in a stream of energized [ammonia](#) molecules to produce amplification of [microwaves](#) at a frequency of 24 [gigahertz](#). Townes later worked with [Arthur L. Schawlow](#) to describe the principle of the *optical maser*, or *laser*, which [Theodore H. Maiman](#) first demonstrated in 1960. For their research in this field Townes, Basov, and Prokhorov were awarded the [Nobel Prize in Physics](#) in 1964.

ΜΕΣΟΑΣΤΡΙΚΑ ΜΟΡΙΑ

Περιοχές με ψυχρό (20 K) ουδέτερο αέριο και μεγάλη πυκνότητα 10^{12} σωματ/m³. Πυκνά μεσοαστρικά νέφη; Νέα ΜΟΡΦΗ μεσοαστρικής ύλης: **ΜΟΡΙΑ** (μέχρι 1960, CH, CN, CH⁺)

Διεγερμένες καταστάσεις λόγω περιστροφής και ταλάντωσης = μικρή ενέργεια ΔΕ ραδιοφωνικό (κατασκευή ευαίσθητων ανιχνευτών).

Σχήμα: Μόριο φορμαλδεΐδης (αριστερά) γρήγορη περιστροφή -(δεξιά) βραδύτερη περιστροφή (μήκος τόξων). Η φορμαλδεΐδη εκπέμπει εκεί όπου η πυκνότητα είναι 10 x CO. Τα νέφη που Εκπέμπουν μοριακές γραμμές είναι τόσο πυκνά που ούτε η γραμμή 21 cm δεν ανιχνεύεται



Γιατί ανιχνεύουμε μόρια στα πυκνότερα και γεμάτα σκόνη μέρη μεσοαστρικού χώρου όπου είναι αδύνατη η ανίχνευση στο οπτικό, UV, υπέρυθρο όπου εκπέμπουν .

ΓΙΑΤΙ βρίσκονται ΜΟΝΟ εκεί;

1) προστασία 2) καταλυτική παρουσία σκόνης στο σχηματισμό

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΟΡΙΑΚΩΝ ΝΕΦΩΝ

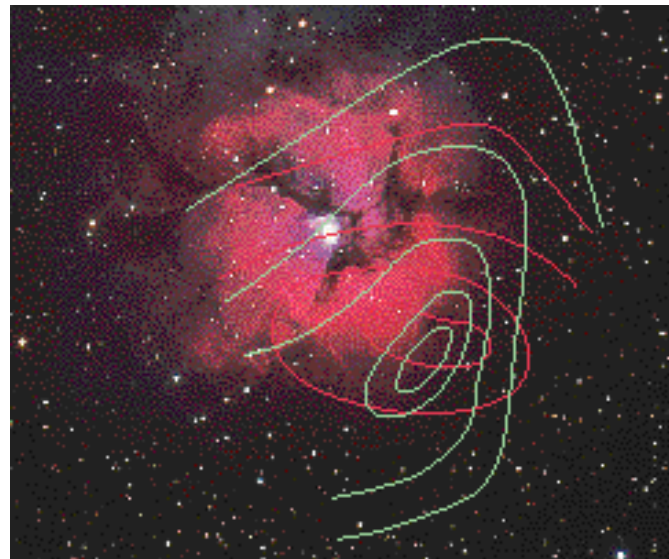
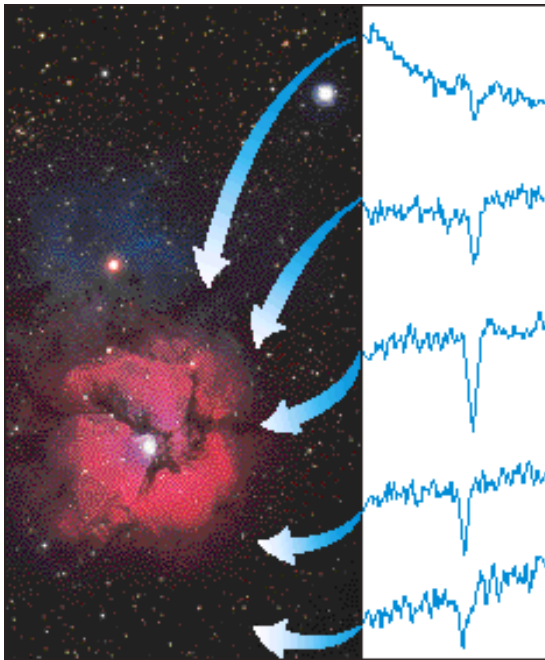
Πρόβλημα : H_2 (UV) δεν εκπέμπει ούτε απορροφά στο ραδιοφωνικό.

ΔΕΙΚΤΕΣ: CO mm, HCN, NH_3 , H_2O , CH_3OH , H_2CO φορμαλδεΐδη (αιθυλική αλκοόλη κλπ) .

Περιεκτικότητα : 1 μόριο CO /10000 H_2 . Πιο σπάνια μόρια / 10^6 - 10^9 H_2 .

ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ; Χημικές αντιδράσεις μέσα στα μοριακά νέφη.

Φορμαλδεΐδη κοντά στο M20 και σε όλη τη γραμμή με μοριακά νέφη: 50 K - 10^{11} μόρια/ m^3



Χάρτες ισοφώτων , η μεγαλύτερη εκπομπή , H_2CO –άρα και H_2 στη σκοτεινή περιοχή, μακριά από το οπτικό νεφέλωμα. Κόκκινες και πράσινες γραμμές παριστάνουν ένταση γραμμών απορρόφησης H_2CO σε διαφορετικές ταχύτητες περιστροφής. Διάσταση νεφελώματος 4 pc
ΜΟΡΙΑΚΑ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΑ: 50-100 pc με μεγάλη περιεκτικότητα για παρασκευή εκατ. αστέρων (1/4 μεσοαστρικής μάζας)

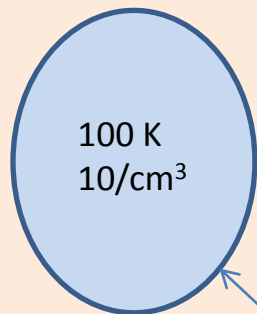
Ένα γιγάντιο μοριακό νέφος σπάει σε μικρότερα του 1 pc τα οποία όταν γίνονται μικρότερα και πυκνότερα δημιουργούν αστέρα/ες. Τα μικρότερα κομμάτια μοριακών νεφών ονομάζονται **σφαιρίδια Bok** . Υπάρχουν περίπου 200 σε 500 pc από τον Ηλιο και συνολικά 2500 στο Γαλαξία μας (τόποι γενέσεως αστέρων)

Πολλές φορές γυρω από νέο αστέρα η ροή αερίου είναι διπολική σε 1 ε.φ με μεγάλες ταχύτητες . Στην άκρη τέτοιων ροών υπάρχουν τα **Herbig Haro (τοξωτά κύματα shock που σχηματίζονται καθώς ροές υψηλής ταχύτητα διαδίδεται στη μεσοαστρική ύλη** . Από τη θέση τους προς τα πίσω ανακαλύπτεται υπέρυθρη πηγή.

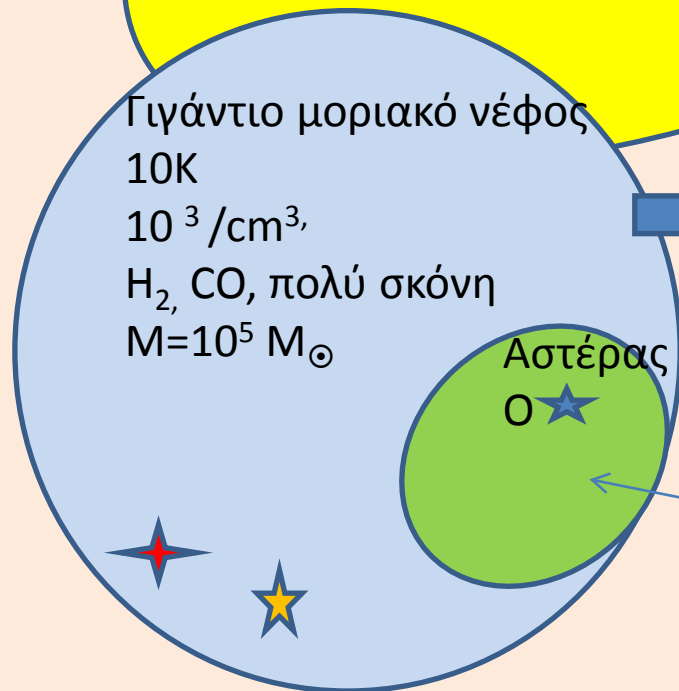
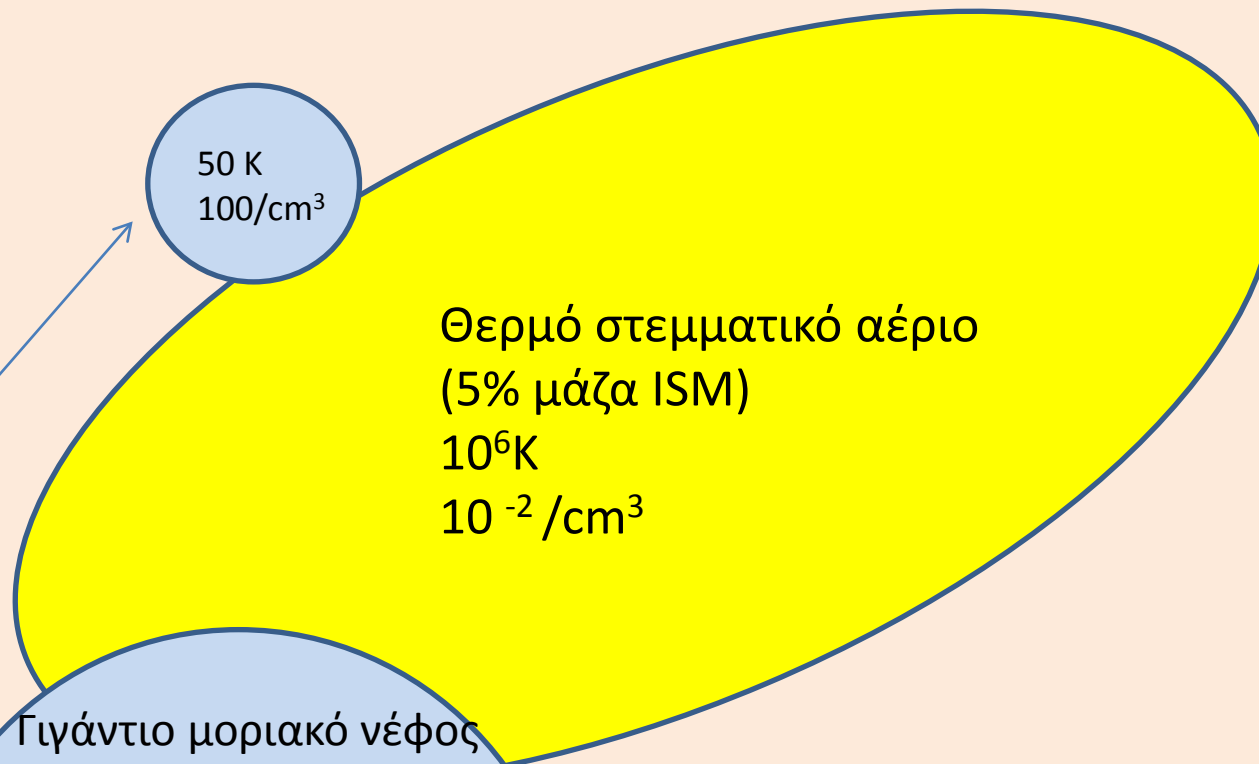
<http://alienworlds.glam.ac.uk/OrionNebula.html#contentContinues>



Θερμό μερικά ιονισμένο
αέριο 8000K $10^{-1}/\text{cm}^3$



Μεσοαστρικά νέφη HI

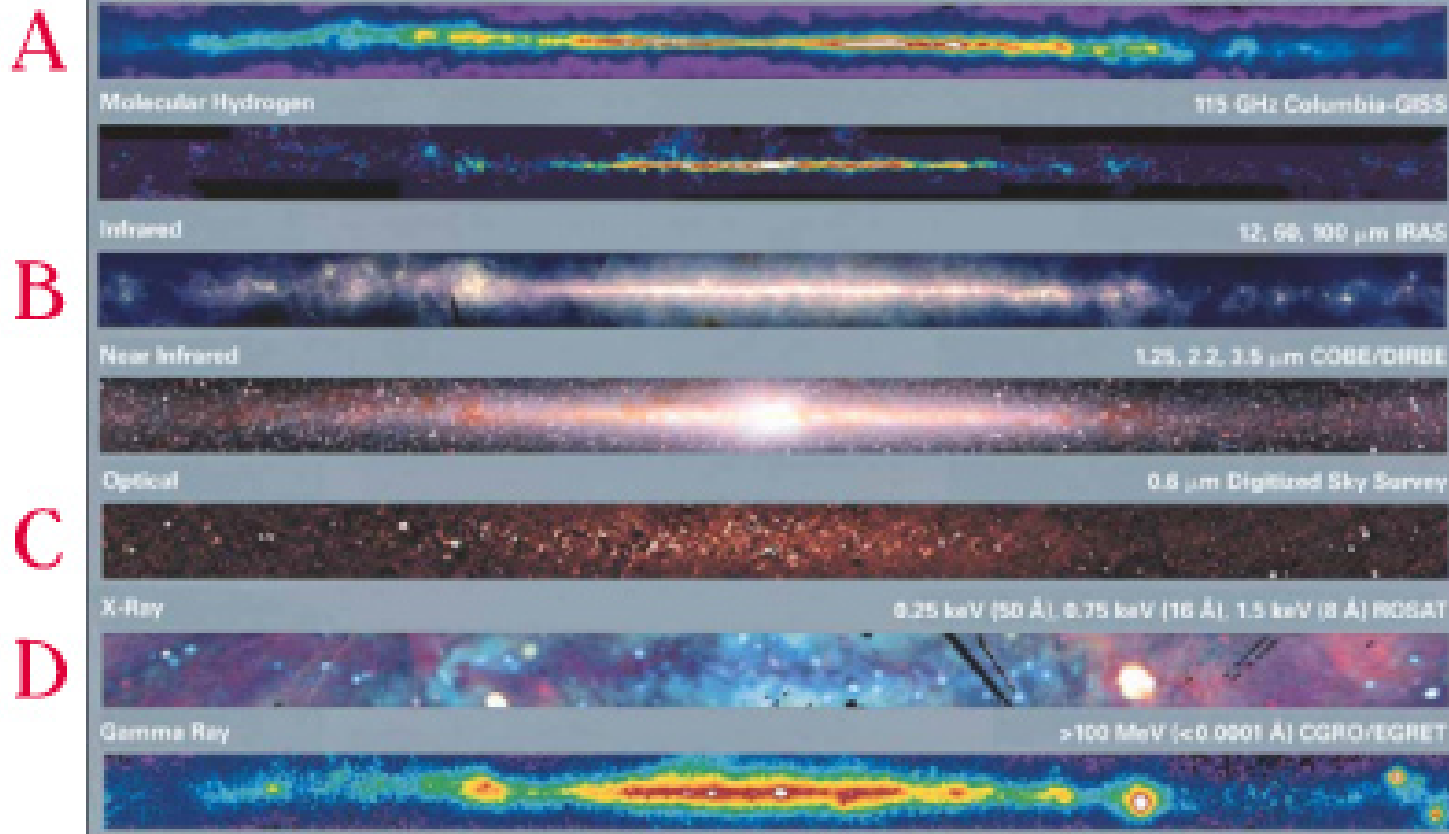


Διάχυτο νεφέλωμα
 $10\ 000\ \text{K}$, $10^3/\text{cm}^3$

Μικρότερα και πυκνότερα
σκοτεινά νέφη= Σφαιρίδια
 30K , $10^4/\text{cm}^3$,
 $M=10-100 M_\odot$
 H_2 , πολύ σκόνη



Νεφέλωμα εκπομπής
Νεφέλωμα Ανάκλασης
Σκοτεινό νεφέλωμα

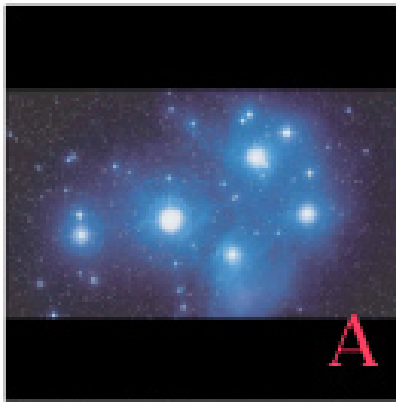


Αυτό το μήκος κύματος διαπερνά την σκόνη και ανιχνεύει τους νέους αστέρες

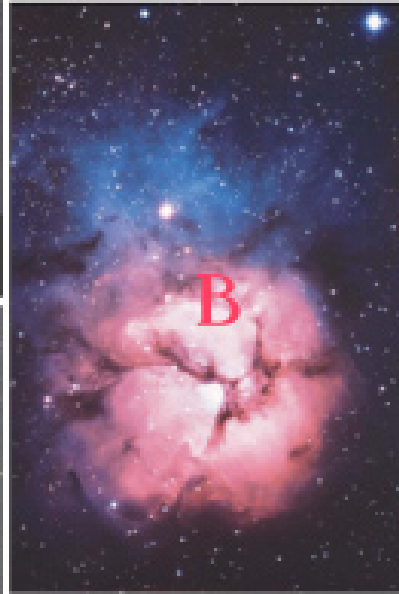
Αυτό το μήκος κύματος είναι το καλύτερο για την ανίχνευση ραδιοφωνικής ακτινοβολίας.

Αυτό το μήκος κύματος δεν διαπερνά τη σκόνη του γαλαξία

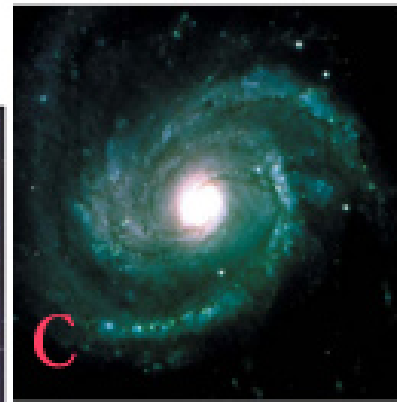
Αυτό το μήκος κύματος είναι το καλύτερο για την ανίχνευση πολύ θερμών πηγών του γαλαξία



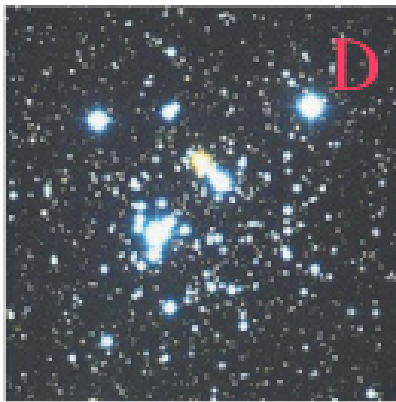
A



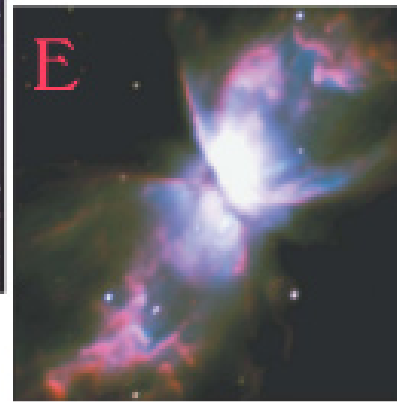
B



C



D



E

Νεφέλωμα ανάκλασης
Περιοχή H II
Σπειροειδής γαλαξίας
Ανοικτό σμήνος
Πλανητικό νεφέλωμα