



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Εισαγωγή στην Αστροφυσική

Ενότητα 2: Ζωή και Θάνατος των Αστέρων

Ξενοφών Δ. Μουσάς  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Φυσικής



Εθνικό και Καποδιστριακό  
Πανεπιστήμιο Αθηνών

*Εισαγωγή στην Αστροφυσική  
και Αστρονομία  
Γέννηση των άστρων*

Ξενοφών Δ. Μουσάς,  
Καθηγ. Φυσικής Διαστήματος  
ΑΘΗΝΑ 2014

Εικόνα του νεφελώματος του Ωρίωνα του κ. Στράτου Κουφού,  
από το αστεροσκοπείο του στην Ρόδο <http://www.stratos-photography.com/>

# Βιβλιογραφία

**Μάνου Δανέζη και Στράτου Θεοδοσίου, Το Σύμπαν που αγάπησα, Εκδ. Δίαυλος, Αθήνα, 2012, ISBN: 978-960-531-288-6**  
**Χαράλαμπου Βάρβογλη και Γιάννη Χ. Σειραδάκη, Εισαγωγή στη σύγχρονη αστρονομία, Εκδότης: Γαρταγάνης, Αριθμός Σελίδων: 352, 1994**

**Σταύρου Ι. Αυγολούπη και Ιωάννη Χ. Σειραδάκη, Παρατηρησιακή Αστρονομία, Εκδότης Πλανητάριο Θεσσαλονίκης, 2004, Αριθμός Σελίδων 246, ISBN 960-86810-3-0**

**B. W. Carroll and D. A. Ostlie**  
***An Introduction to Modern Astrophysics,***  
**εκδ. Addison-Wesley, 1996 και 2013,**  
**ISBN-13: 978-1292022932**

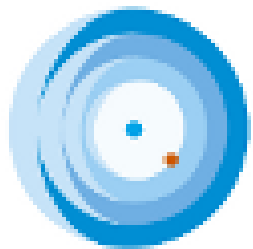


- **Επίσης:**
- <http://www.astro.virginia.edu/class/majewski/astr551/lectures/LECTURE2/lec2b.html>
- <http://casswww.ucsd.edu/archive/public/tutorial/Stars.html>
- [http://www.astro.washington.edu/users/anamunn/Astro101/Project1/stellar spectroscopy introduction.html](http://www.astro.washington.edu/users/anamunn/Astro101/Project1/stellar_spectroscopy_introduction.html)
- <http://handprint.com/ASTRO/>
- <http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Unit1/sptypes.html>



- Γενικώς μπορείτε να βρίσκετε επιστημονικά άρθρα σε οποιοδήποτε αντικείμενο, αστροφυσικής, φυσικής, μαθηματικών, φιλοσοφίας ή οτιδήποτε, στην ιστοσελίδα:
- [scholar.google.gr/](http://scholar.google.gr/)
- Τα άρθρα παρουσιάζονται με αξιολόγηση και
- πρώτα αναφέρονται τα πιο χρησιμοποιημένα, τα κατά τεκμήριο πιο σημαντικά.





# Εύδοξος

Ηλεκτρονική Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης  
Συγγραμμάτων και Λοιπών Βοηθημάτων

## **ΒΙΒΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ**

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22684958

Έκδοση: Πανεπιστημιακή Έκδοση/2012

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-288-6

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 12212

Αριθμός τόμου: Τόμος 1

Έκδοση: 3η έκδ./1999

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-062-2

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 12213

Αριθμός τόμου: Τόμος 2

Έκδοση: 3η έκδ./1999

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-063-9

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Εισαγωγή στην αστροφυσική

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 42022440

Έκδοση: 1η/2014

Συγγραφείς: Αλυσσανδράκης Κ.

ISBN: 978-960-02-3058-1

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ ΑΕΒΕ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22846310

Έκδοση: Α' ΕΚΔΟΣΗ/2012

Συγγραφείς: ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΚΑΡΑΤΖΟΓΛΟΥ ΦΙΛΑΡΕΤΗ

ISBN: 978-960-530-148-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης Περιουσίας

Πανεπιστημίου Πατρών

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΟΣ Ι

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 280

Αριθμός τόμου: Ι

Έκδοση: 1η/2009

Συγγραφείς: SHU FRANK

ISBN: 978-960-7309-16-7

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ-

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΟΣ ΙΙ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 282

Αριθμός τόμου: ΙΙ

Έκδοση: 1η/2009

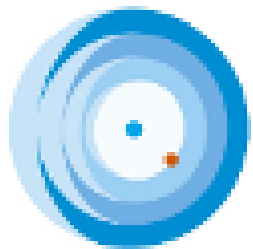
Συγγραφείς: SHU FRANK

ISBN: 978-960-7309-17-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ-

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ



# Εύδοξος

Ηλεκτρονική Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης  
Συγγραμμάτων και Λοιπών Βοηθημάτων

## ΒΙΒΛΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Αστροφυσική Πλάσματος

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 50661503

Έκδοση: 2η Έκδοση/2015

Συγγραφείς: Κανάρης Τσίγκανος

ISBN: 978-960-91748-2-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

Αστροφυσική Πλάσματος

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 42116553

Έκδοση: 1η Έκδοση/2015

Συγγραφείς: Κανάρης Τσίγκανος

ISBN: 978-960-91748-2-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

Κοσμική Ακτινοβολία

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 45309

Έκδοση: 1η έκδ./2009

Συγγραφείς: Μαυρομιχαλάκη - Χριστοπούλου Ελένη

ISBN: 978-960-266-251-9

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): Σ.ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.

Γενική Σχετικότητα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 6236

Έκδοση: 3/2007

Συγγραφείς: Bernard F. Schutz

ISBN: 960-7122-21-6

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΤΡΑΥΛΟΣ & ΣΙΑ ΟΕ

## Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες Ευχαριστίες οφείλονται στη NASA, ESA, ESO, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF

στους Ερευνητές και λοιπούς συντελεστές των επιγείων τηλεσκοπίων και διαστημικών πειραμάτων, στους κυρίους Στράτο Κουφό, Νίκο Πασχάλη, Πάνο Παπασπύρου για τις εικόνες που χρησιμοποιούνται σε αυτό το μάθημα, σε αυτούς που μας έδωσαν μετρήσεις ή συμβουλές, στην Wikipedia για πολλές πολύτιμες εικόνες που προσφέρονται χωρίς δικαιώματα χρήσης και συνεπώς είναι πολύτιμες σε κάθε δάσκαλο.



# Γέννηση των άστρων

Εικόνα περιοχής που γεννιούνται νέα άστρα του νεφελώματος από τον αστερισμό του Ωρίωνα του κ. Στράτου Κουφού,

από το αστροσκοπείο του στην Ρόδο <http://www.stratos-photography.com/>

Μία **Σφαίρα Στρέμγκρεν (Strömgren sphere)** περιοχή ιονισμένου υδρογόνου (H II) γύρω από ένα νεαρό αστέρα φασματικού τύπου O ή B, στο φημισμένο Νεφέλωμα της Ροζέτας. Φωτογραφία από τον κ. Στράτο Κουφό, πό το αστεροσκοπείο του στην Ρόδο. <http://www.stratos-photography.com/>



© Stratos Koufos



Μία **Σφαίρα Στρέμγκρεν (Strömgren sphere)** περιοχή ιονισμένου υδρογόνου (H II) γύρω από ένα νεαρό αστέρα φασματικού τύπου O ή B, στο φημισμένο Νεφέλωμα της Ροζέτας.

Φωτογραφία **στην γραμμή του υδρογόνου H $\alpha$**  από τον κ. Στράτο Κουφό, πό το αστεροσκοπείο του στην Ρόδο. <http://www.stratos-photography.com/>



Φωτογραφία των νέων άστρων της Πούλιας (Πλειάδες) στο κέντρο της εικόνας από τον κ. Στράτο Κουφό, πό το αστεροσκοπείο του στην Ρόδο. <http://www.stratos-photography.com/>



© Stratos Koufos



# Γέννηση των άστρων

Εικόνα του νεφελώματος του Αετού του κ. Νίκου Πασχάλη, από το αστεροσκοπείο του στην Σκιάθο [www.nunki.gr](http://www.nunki.gr)



# Γέννηση των άστρων



Εικόνα τμήματος από τον αστερισμό του Ωρίωνα του κ. Στράτου Κουφού, από το αστεροσκοπείο του στην Ρόδο <http://www.stratos-photography.com/>



# Γέννηση των άστρων



Εικόνα του νεφελώματος του όφως - Barnard 72 του κ. Νίκου Πασχάλη, από το αστεροσκοπείο του στην Σκιάθο [www.nunki.gr](http://www.nunki.gr)



# Γέννηση των άστρων



Εικόνα του νεφελώματος της Κεφαλής του Ίππου του κ. Νίκου Πασχάλη,  
από το αστεροσκοπείο του στην Σκιάθο [www.nunki.gr](http://www.nunki.gr)





# Γέννηση των άστρων

Εικόνα του νεφελώματος της Κεφαλής του Ίππου του κ. Νίκου Πασχάλη, από το αστεροσκοπείο του στην Σκιάθο

[www.nunki.gr](http://www.nunki.gr)



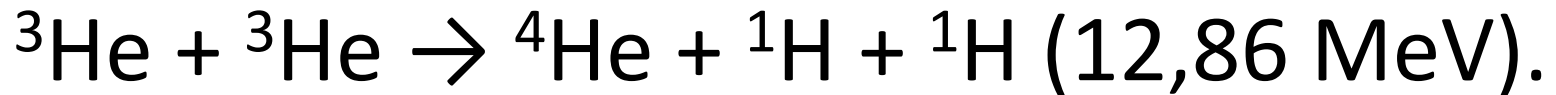
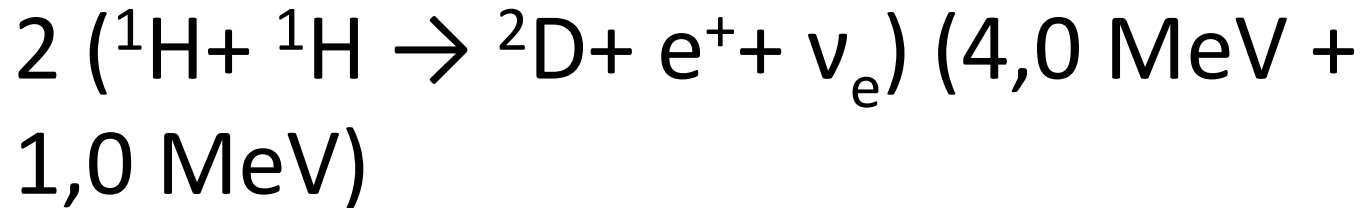
# Γέννηση των άστρων



Εικόνα του νεφελώματος του Κουκουλιού (IC 5146 - Cocoon Nebula)  
του κ. Νίκου Πασχάλη, από το αστεροσκοπείο του [www.nunki.gr](http://www.nunki.gr)στην  
Σκιάθο



# Καύση υδρογόνου



# Χρόνος ζωής άστρων σε συνάρτηση με την μάζα τους

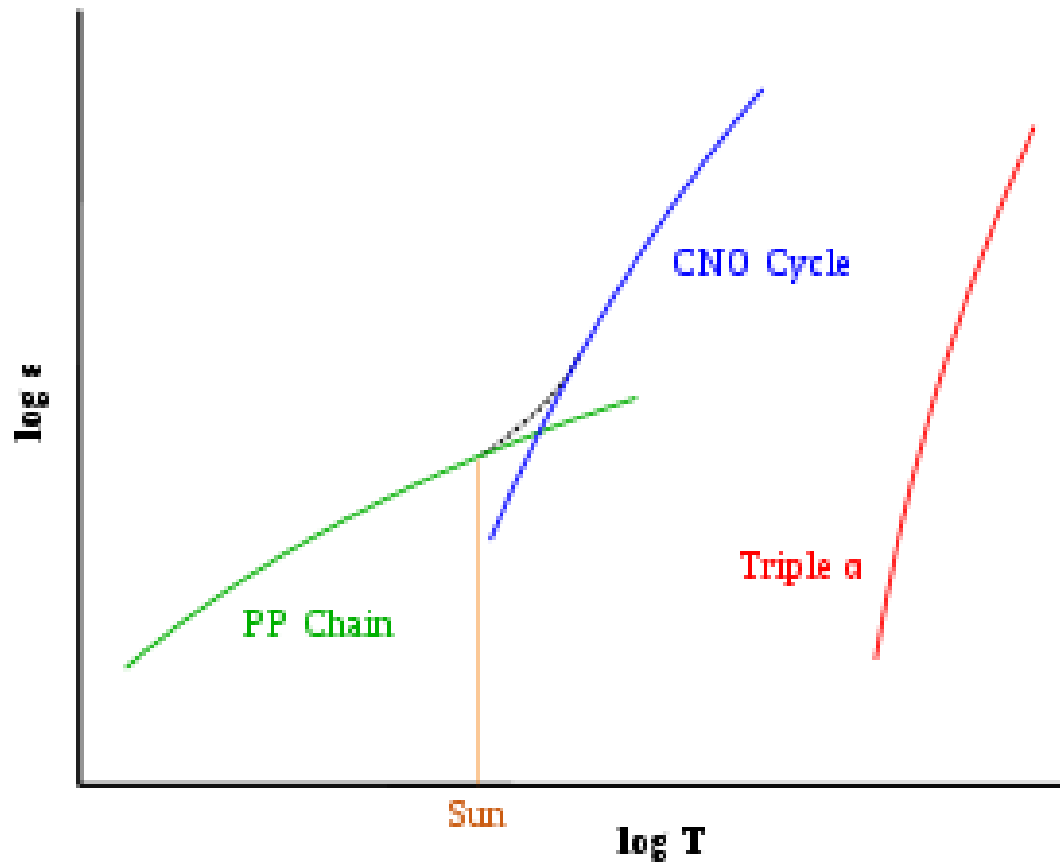
$$L = \text{σταθερά} \cdot M^{3,5}$$

$$t_{MS} \approx 10^{10} \text{years} \cdot \left[ \frac{M}{M_{\odot}} \right] \cdot \left[ \frac{L_{\odot}}{L} \right] = 10^{10} \text{years} \cdot \left[ \frac{M}{M_{\odot}} \right]^{-2.5}$$

$$\frac{t_{MS}}{t_{\odot}} \sim \left( \frac{M}{M_{\odot}} \right)^{-2.5}$$

$$t_{MS} \sim M^{-2.5}$$





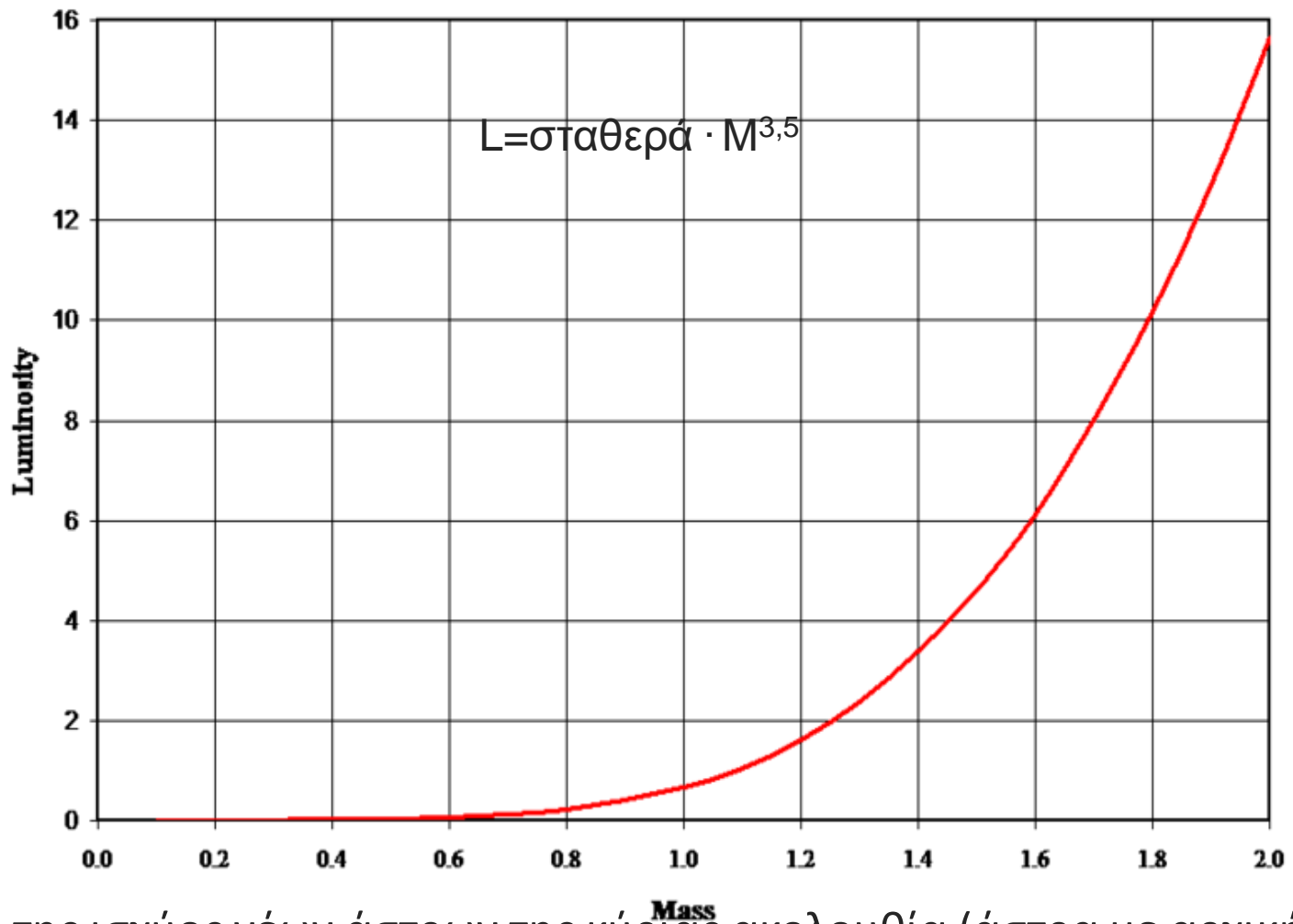
Ισχύς ανά μονάδα μάζας μέσα στα άστρα σε συνάρτηση με την θερμοκρασία και τον τύπο θερμοπυρηνικής σύντηξης σχέδιο του κ. R J Hall, wikipedia Έργο του κ. R J Hall [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons



«καύσιμο»	Θερμοκρασία σε εκατομμύρια Κελβιν	Πυκνότητα (kg/cm <sup>3</sup> )	Διάρκεια καύσης (τ σε έτη)
H	37	0,0045	8,1 εκατομμύρια
He	188	0,97	1,2 εκατομμύρια
C	870	170	976
Ne	1570	3100	0,6
O	1980	5550	1,25
S/Si	3340	33400	11,5 ημέρες

Woosley, S. E.; Heger, A.; Weaver, T. A. (2002). "The evolution and explosion of massive stars". *Reviews of Modern Physics* **74** (4): 1015–1071. [Bibcode:2002RvMP...74.1015W](#).  
[doi:10.1103/RevModPhys.74.1015](#)





Η εξάρτηση της ισχύος νέων άστρων της κύριας ακολουθία (άστρα με αρχική μεταλλικότητα 0,02)

This ZAMS mass-luminosity table was generated using data from the isocrone calculation tool of Lionel Siess. The metallicity (Z) is 0.02 and the axis units use solar values. Note that the present-day Sun is more luminous than when it first joined the main sequence., έργο του κ. R J Hall, βικιπέδια



## Παράμετροι άστρων στην κύρια ακολουθία

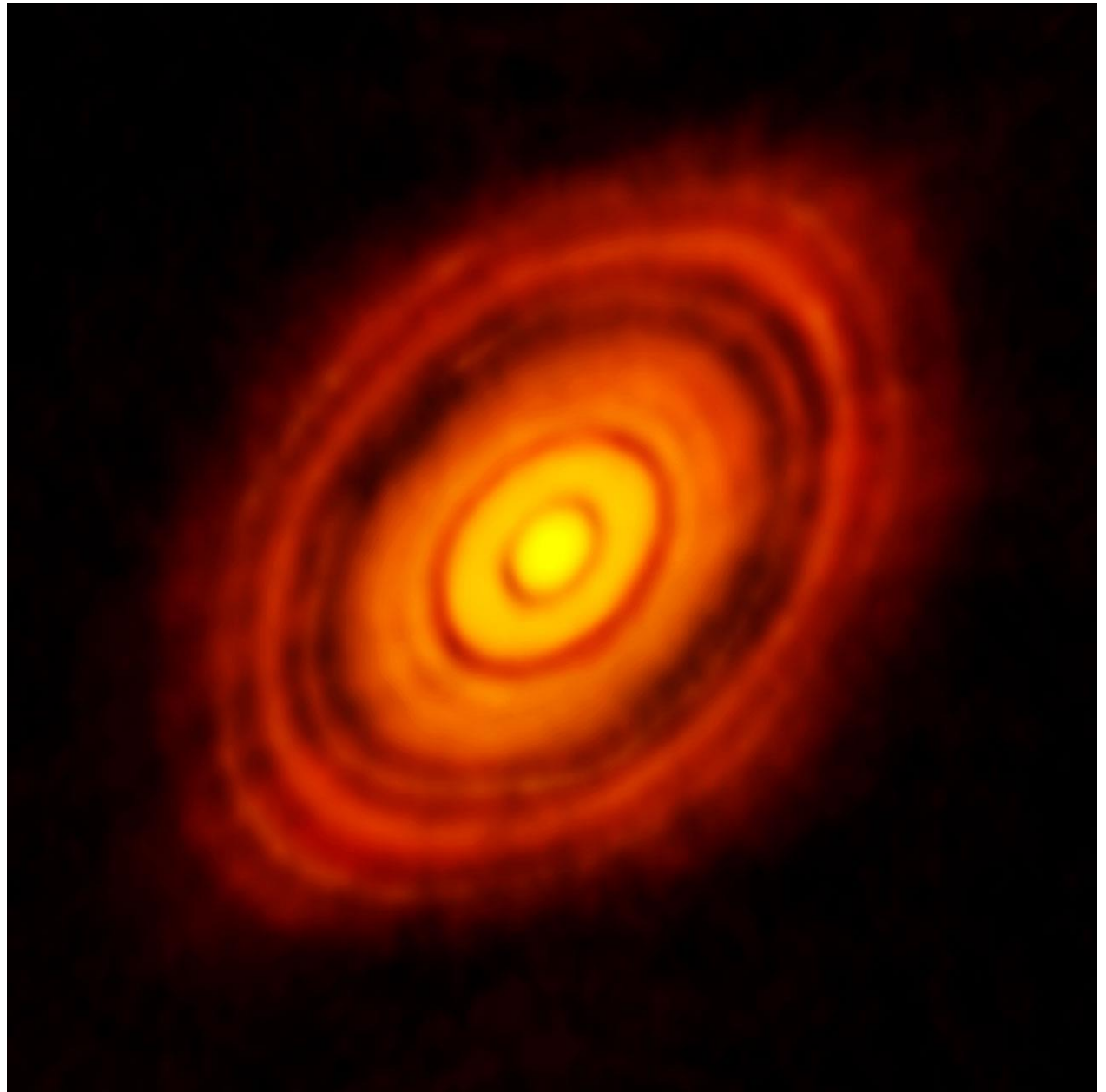
Φασματικός τύπος	ακτίνα $R/R_{\odot}$	M $M/M_{\odot}$	ισχύς $L/L_{\odot}$	T K
O6	18	40	500,000	38,000
B0	7.4	18	20,000	30,000
B5	3.8	6.5	800	16,400
A0	2.5	3.2	80	10,800
A5	1.7	2.1	20	8,620
F0	1.3	1.7	6	7,240
F5	1.2	1.3	2.5	6,540
G0	1.05	1.10	1.26	5,920
G2	1.00	1.00	1.00	5,780
G5	0.93	0.93	0.79	5,610
K0	0.85	0.78	0.40	5,240
K5	0.74	0.69	0.16	4,410
M0	0.63	0.47	0.063	3,920
M5	0.32	0.21	0.0079	3,120
M8	0.13	0.10	0.0008	2,660

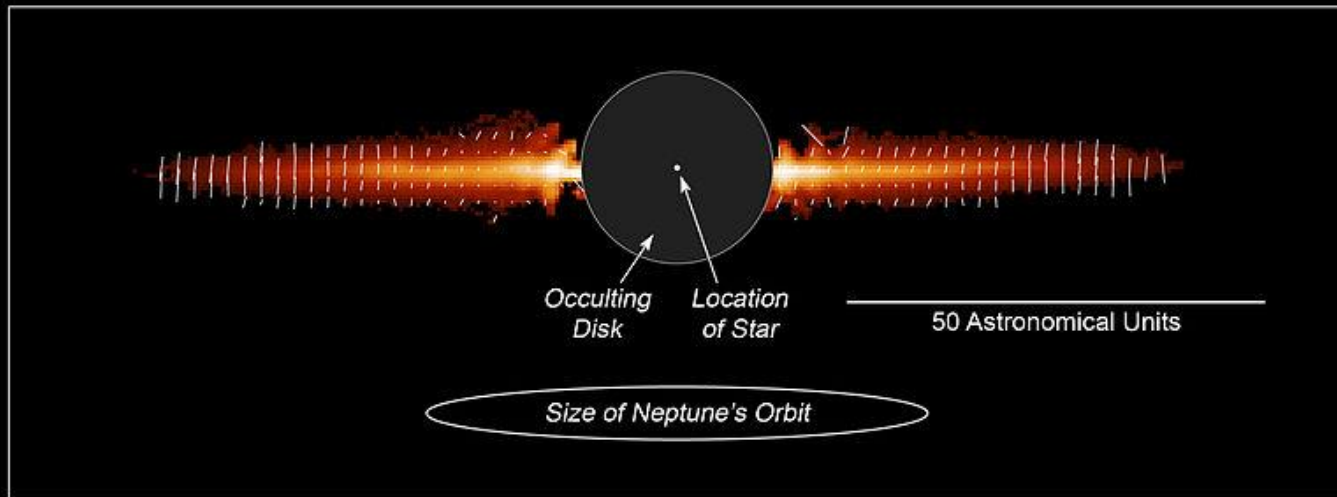
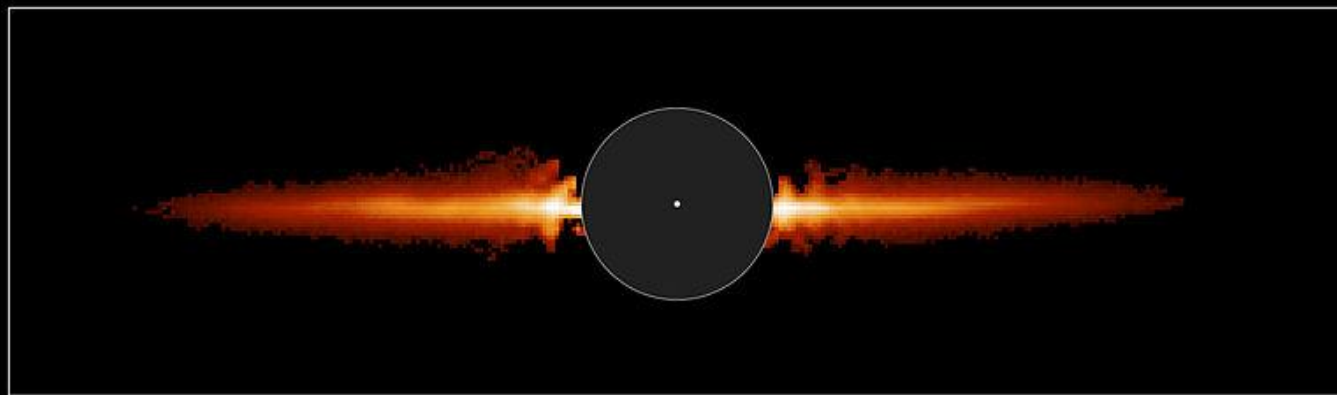
προσαρμοσμένο  
από το βιβλίο του κ.  
Zombeck, Martin V.  
(1990). Handbook of  
Space Astronomy  
and Astrophysics  
(2nd ed.). Cambridge  
University Press.  
ISBN 0-521-34787-4  
Και wikipedia





Γέννηση ενός  
άστρου με  
εμφανέστατο δίσκο  
συσσώρευσης γύρω  
του όπου  
δημιουργούνται  
πλανήτες  
ALMA  
(ESO/NAOJ/NRAO)





**AU Microscopii Debris Disk**  
*Hubble Space Telescope • ACS/HRC*

NASA, ESA, and J. Graham (University of California, Berkeley)

STScI-PRC07-02a

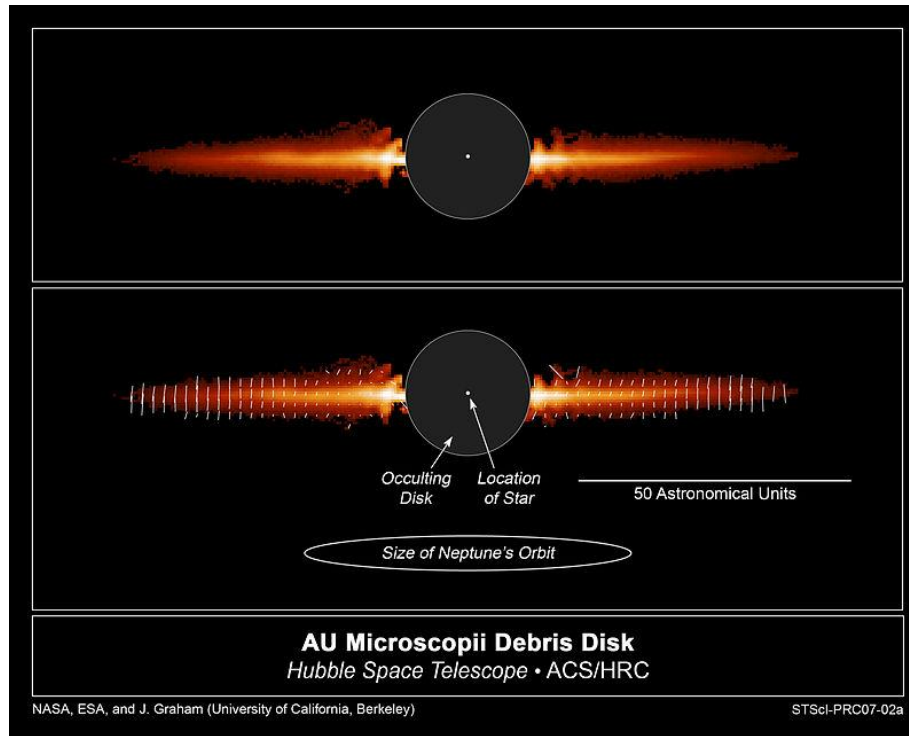
"Debris disk AU Mic HST" by NASA, ESA, J. R. Graham and P. Kalas (University of California, Berkeley), and B. Matthews (Hertzberg Institute of Astrophysics) -

<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2007/02/image/a/>.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Debris\\_disk\\_AU\\_Mic\\_HST.jpg#/media/File:Debris\\_disk\\_AU\\_Mic\\_HST.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Debris_disk_AU_Mic_HST.jpg#/media/File:Debris_disk_AU_Mic_HST.jpg)

– Mic\_HST.jpg

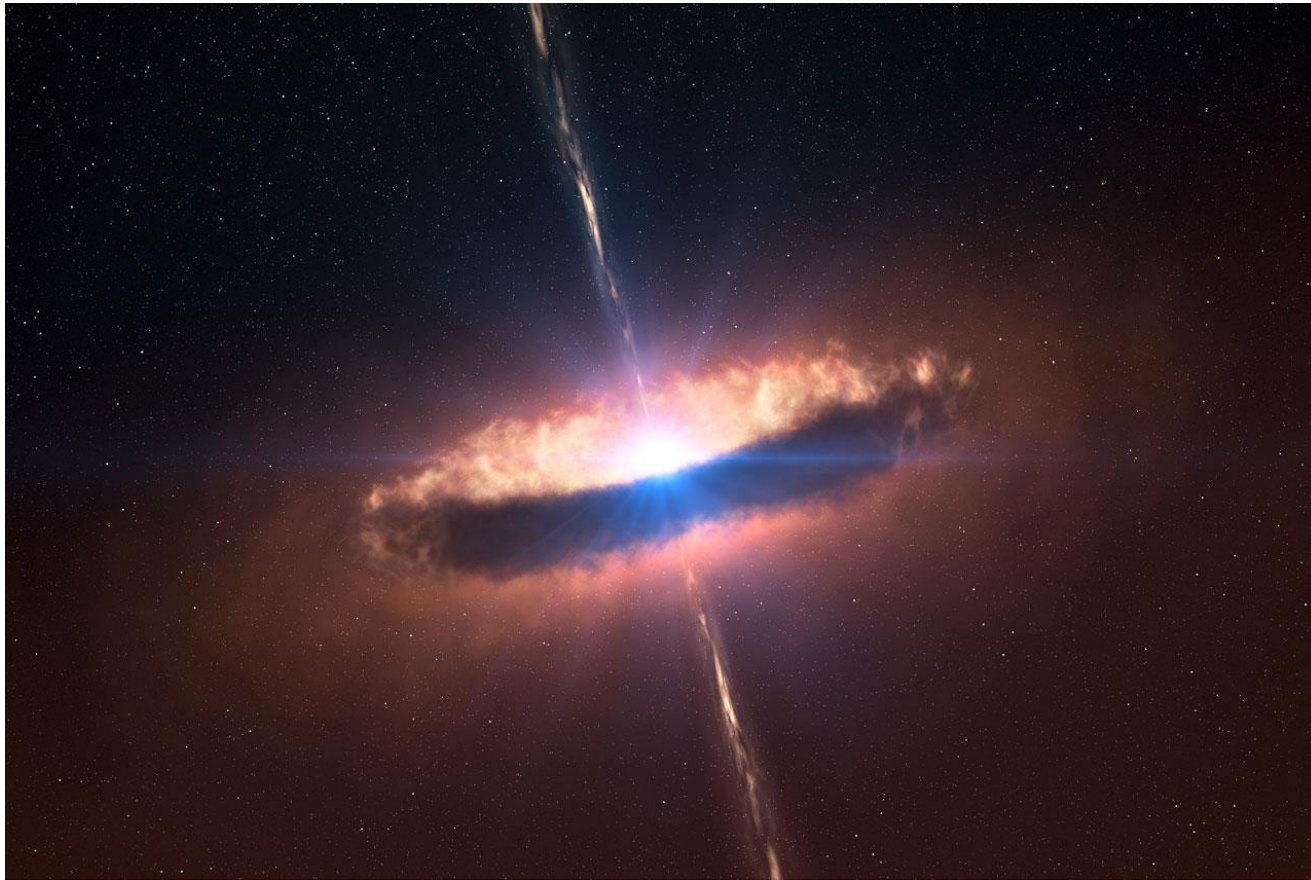
Ζωή και Θάνατος των Αστέρων



NASA, ESA, J. R. Graham and P. Kalas (University of California, Berkeley), and B. Matthews (Hertzberg Institute of Astrophysics) - <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2007/02/image/a/>

The top view, taken with NASA's Hubble Space Telescope, shows light reflected off dust in a debris disk around the young star AU Microscopii. The bottom frame labels features in this image, while the white lines on the disk indicate the light polarization direction. The image shows the flattened disk, appearing like Saturn's rings, but seen almost exactly edge-on. Normally, starlight would be so bright that the debris disk could not be seen. But astronomers used the coronagraph on Hubble's Advanced Camera for Surveys, which blocked out most of the starlight. The black circle in the center of the image is the coronagraph's occulting disk. The disk in this image extends to about 8 billion miles from the star, or three times farther than Neptune is from the Sun. In other observations, the disk has been traced to at least 11 billion miles.

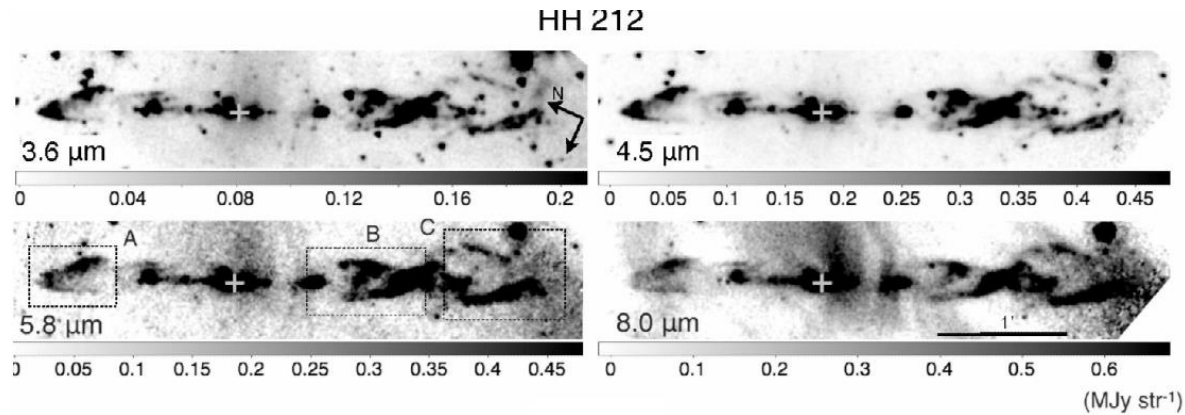
"Debris disk AU Mic HST" by NASA, ESA, J. R. Graham and P. Kalas (University of California, Berkeley), and B. Matthews (Hertzberg Institute of Astrophysics) - <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2007/02/image/a/>.  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Debris\\_disk\\_AU\\_Mic\\_HST.jpg#/media/File:Debris\\_disk\\_AU\\_Mic\\_HST.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Debris_disk_AU_Mic_HST.jpg#/media/File:Debris_disk_AU_Mic_HST.jpg)



Artist's impression of a dusty disc closely encircling a massive baby star. Astronomers have been able to obtain the first image of such a disc, providing direct evidence that massive stars do form in the same way as their smaller brethren — and closing an enduring debate. The flared disc extends to about 130 times the Earth–Sun distance — or astronomical units (AU) — and has a mass similar to that of the star, roughly twenty times the Sun. In addition, the inner parts of the disc are shown to be devoid of dust.

**Credit:** ESO/L. Calçada/M. Kornmesser





## A Detailed Study of Spitzer-IRAC Emission in Herbig-Haro Objects (I): Morphology and Flux Ratios of Shocked Emission

Michihiro Takami, Jennifer L. Karr,  
Haegon Koh, How-Huan Chen,  
Hsu-Tai Lee

(Submitted on 6 Aug 2010)DOI:

10.1088/0004-

637X/720/1/155, Cite as:

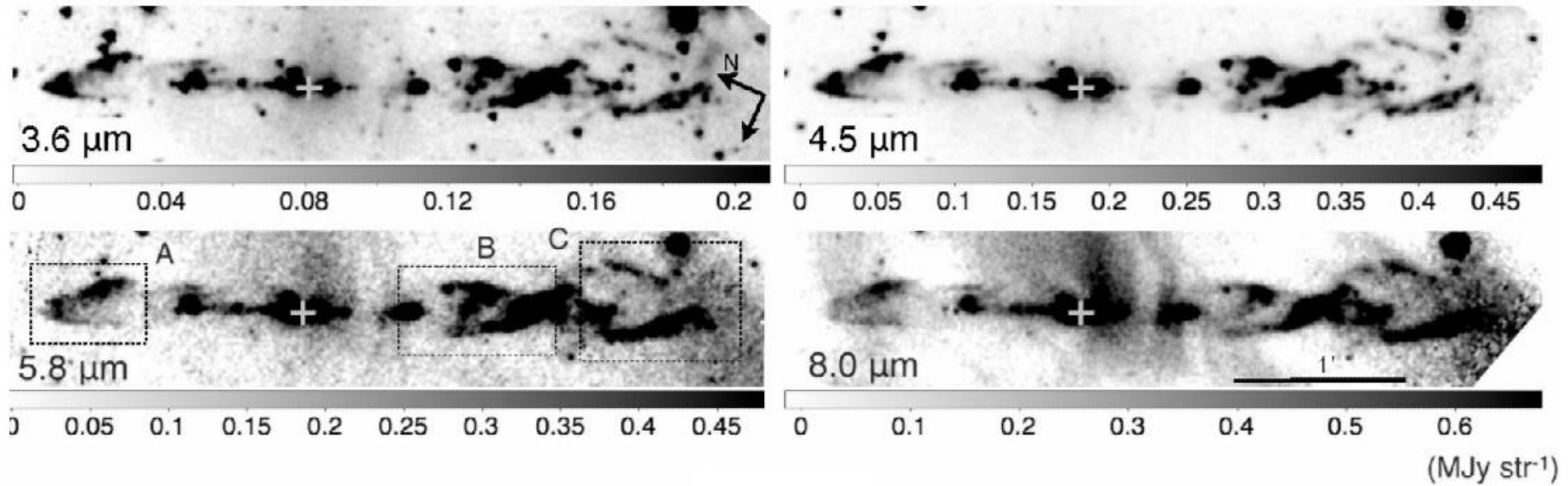
arXiv:1008.1111 [astro-ph.SR]

## Φάσμα που μετράει την ταχύτητα των πιδάκων

The image shows a long-slit (2 arcmin) spectrum in the 2 - 2.5 $\mu$ m spectral region of the Herbig Haro object HH212 . The spectral resolution is about 500. It is believed that a protostar - that is invisible even at infrared wavelengths - is responsible for the two pulsed jets seen in this spectral image. They are remarkable because of the high degree of symmetry of the 'blobs' which have been ejected in opposite directions (up and down in this image). Each of the individual 'images' shows the jets in a different spectral line emitted by molecular hydrogen that has been shock excited by the impact of the ejected gas.

**Credit:**ESO





Michihiro Takami, Jennifer L. Karr, Haegon Koh, How-Huan Chen, Hsu-Tai Lee

(Submitted on 6 Aug 2010) DOI: 10.1088/0004-637X/720/1/155, Cite as: arXiv:1008.1111 [astro-ph.SR]

Φάσμα που μετράει την ταχύτητα των πιδάκων

The image shows a long-slit (2 arcmin) spectrum in the 2 - 2.5  $\mu\text{m}$  spectral region of the Herbig Haro object HH212. The spectral resolution is about 500. It is believed that a protostar - that is invisible even at infrared wavelengths - is responsible for the two pulsed jets seen in this spectral image. They are remarkable because of the high degree of symmetry of the 'blobs' which have been ejected in opposite directions (up and down in this image). Each of the individual 'images' shows the jets in a different spectral line emitted by molecular hydrogen that has been shock excited by the impact of the ejected gas.

Credit:ESO

# Γέννηση των άστρων

Νέφη αερίων

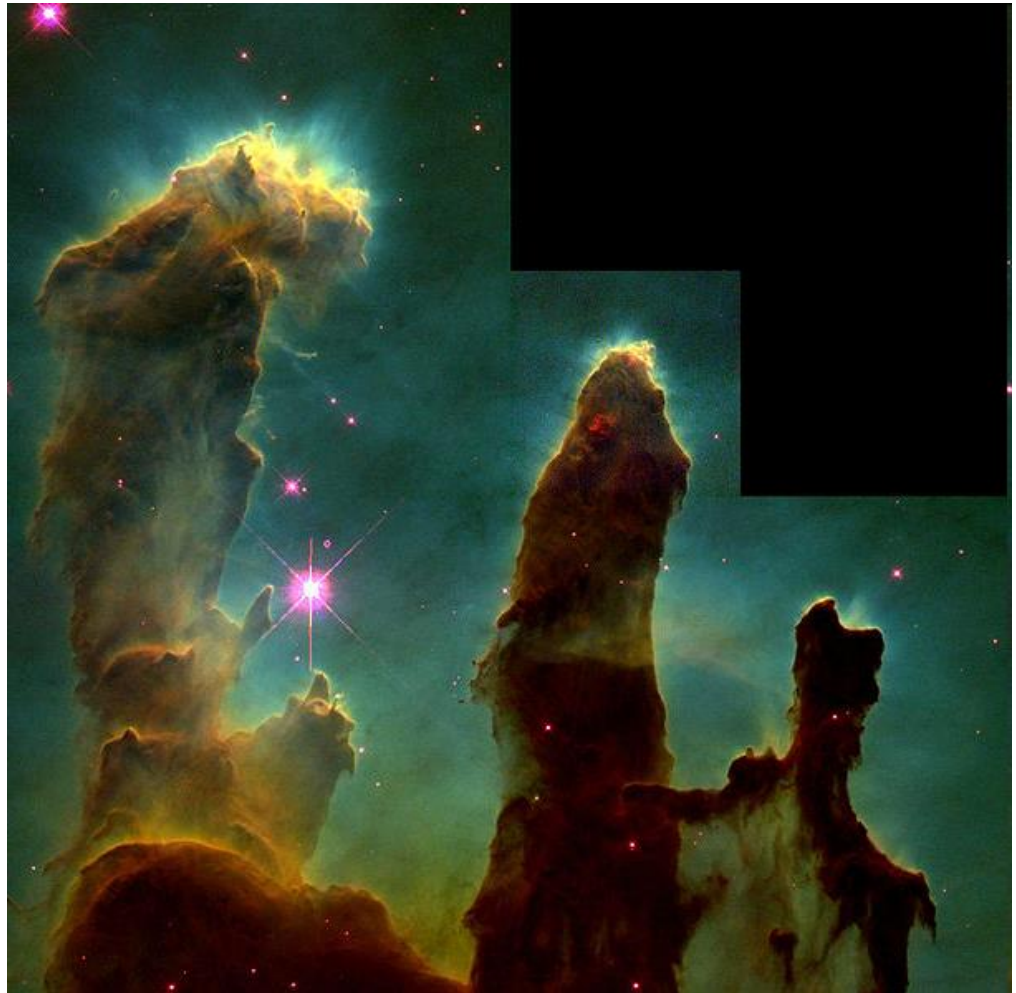
0,1 to 1  
σωματια/ cm<sup>3</sup>

H 70%

Το υπόλοιπο

He

και ίχνη  
στοιχείων



# Γέννηση των άστρων

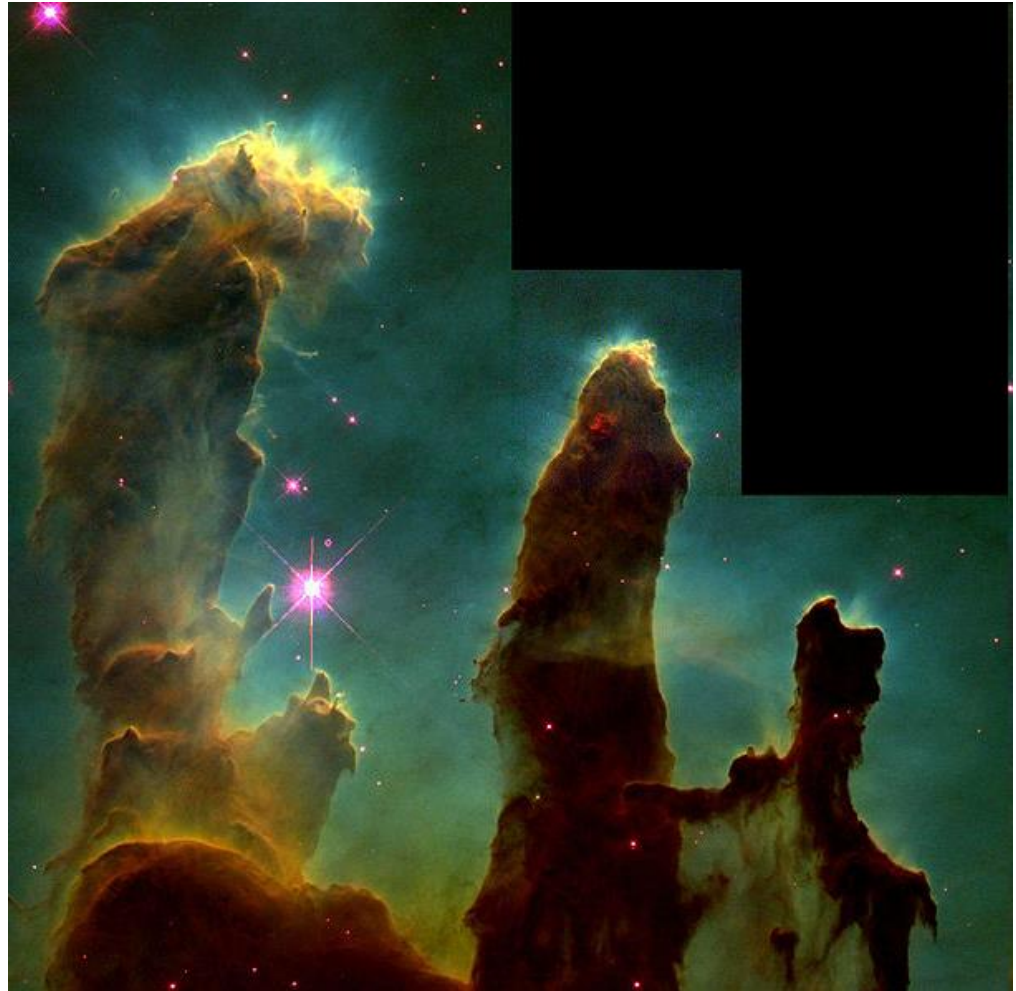
Νέφη αερίων

0,1 to 1 σωματια/  
cm<sup>3</sup>

H 70%

Το υπόλοιπο He

και ίχνη στοιχείων





# Γέννηση των άστρων

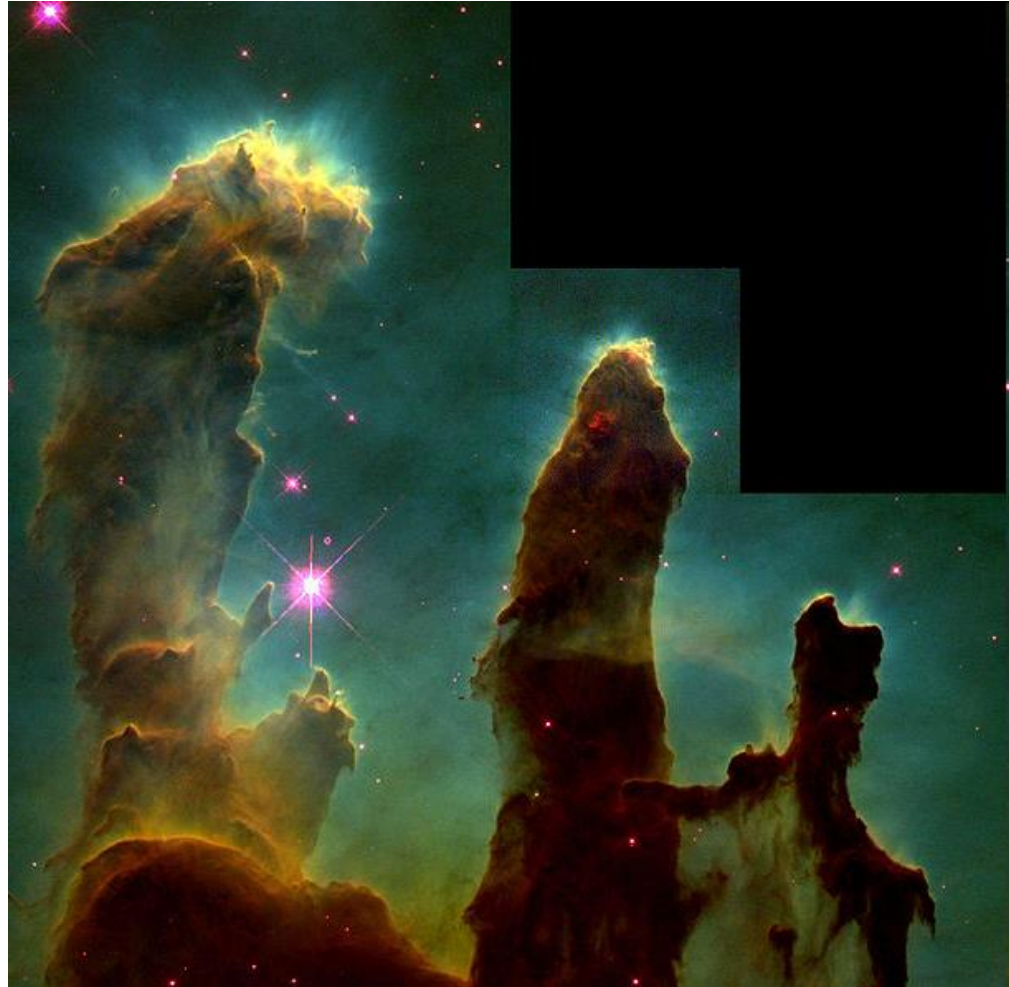
Νέφη αερίων

0,1 to 1  
σωμάτια/ cm<sup>3</sup>

H 70%

Το υπόλοιπο  
He

και ίχνη  
στοιχείων



# Γέννηση των άστρων

Νέφη αερίων

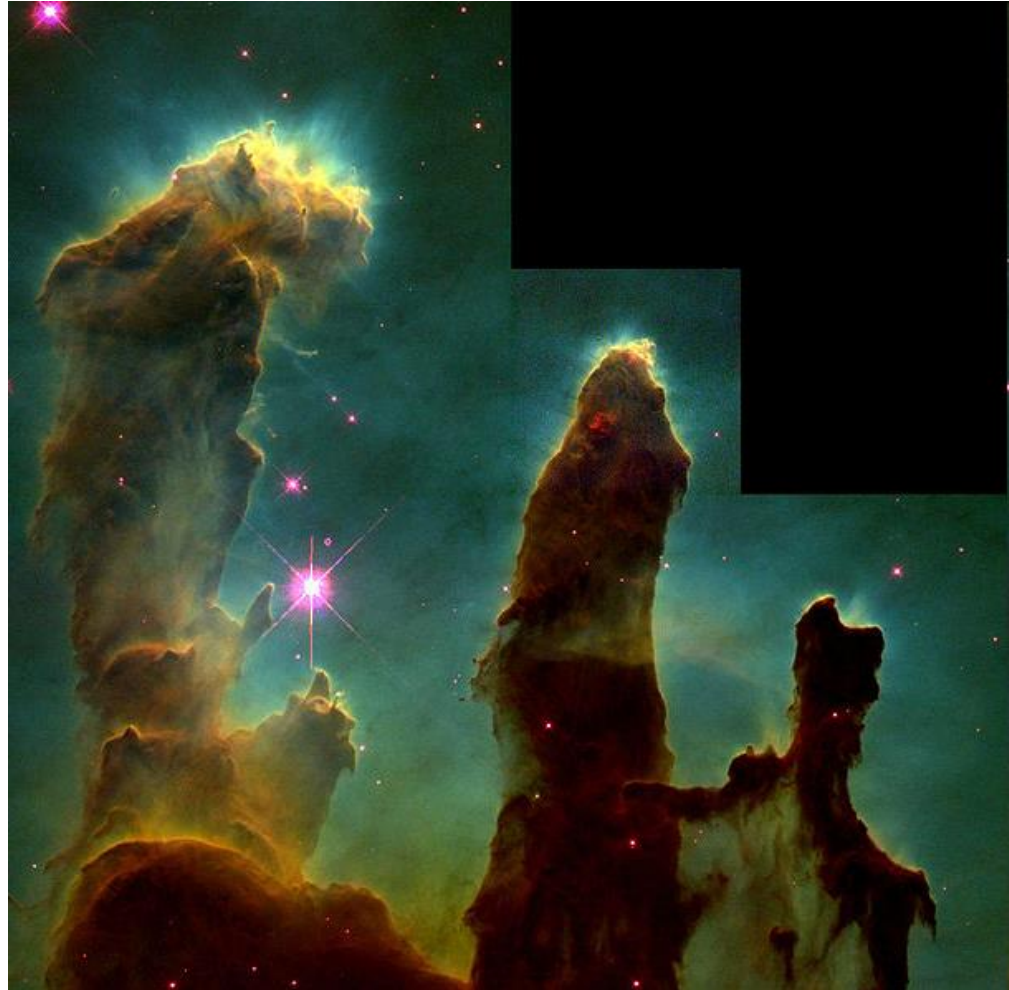
0,1 to 1  
σωματια/ cm<sup>3</sup>

H 70%

Το υπόλοιπο

He

και ίχνη  
στοιχείων



# Γεννηση των αστρων

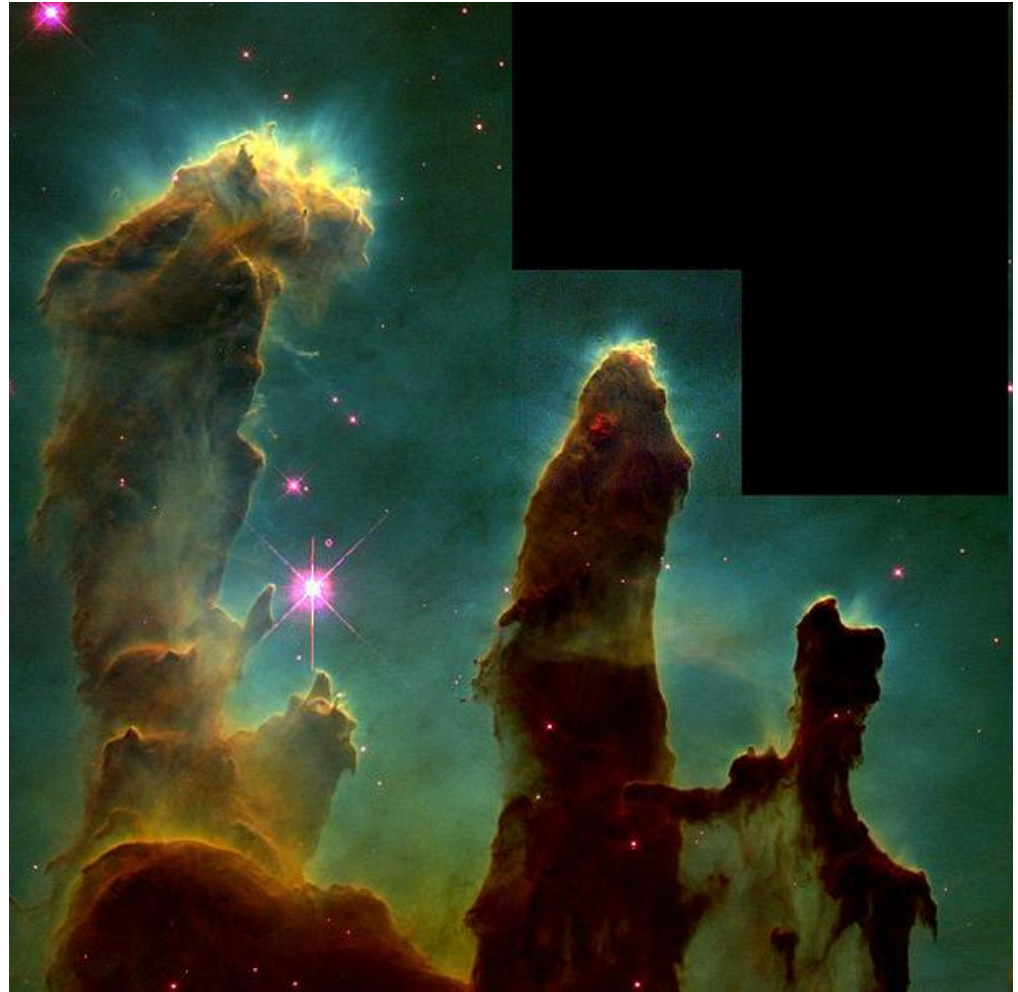
Νέφη αερίων

0,1 to 1 σωματια/  
cm<sup>3</sup>

H 70%

Το υπόλοιπο He

και ίχνη  
στοιχείων



# Γέννηση των άστρων

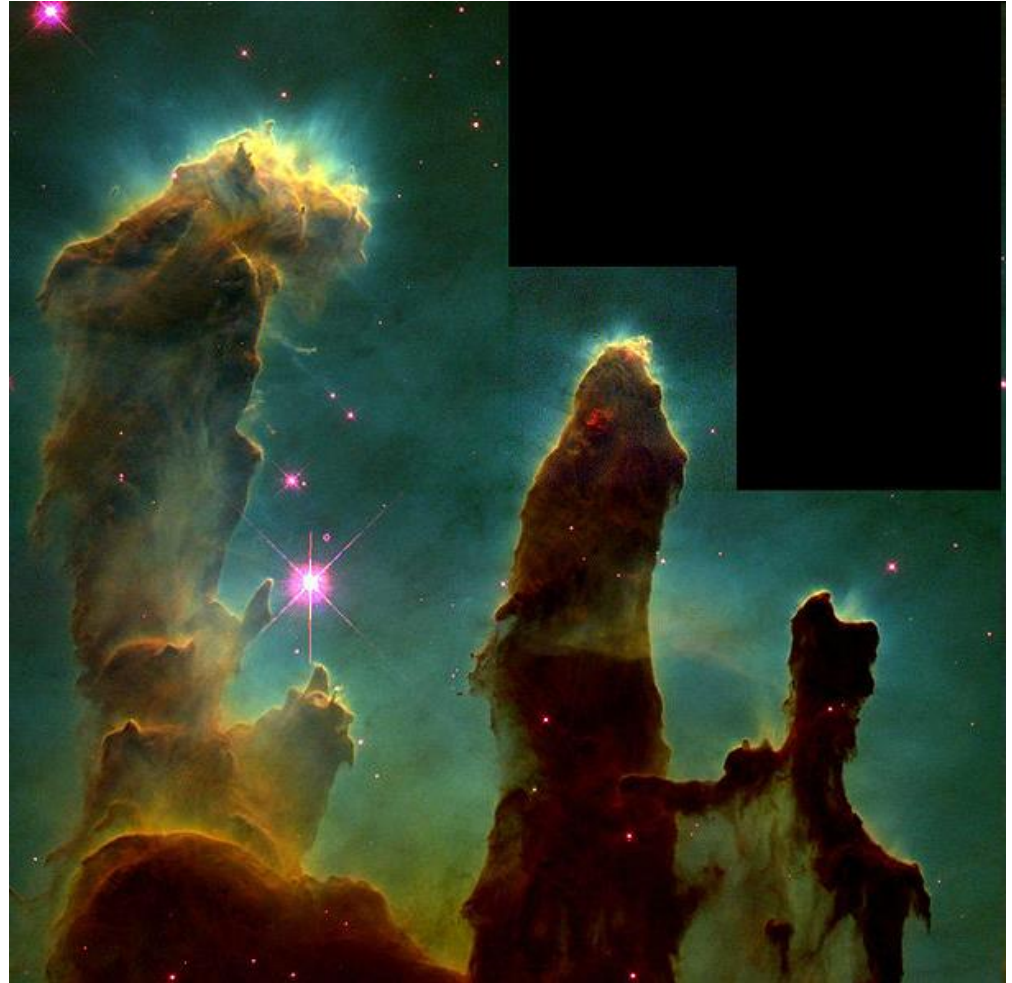
Νέφη αερίων

0,1 to 1 σωματία/  
cm<sup>3</sup>

H 70%

Το υπόλοιπο He

και ίχνη  
στοιχείων



# Γέννηση των άστρων

Νέφη αερίων

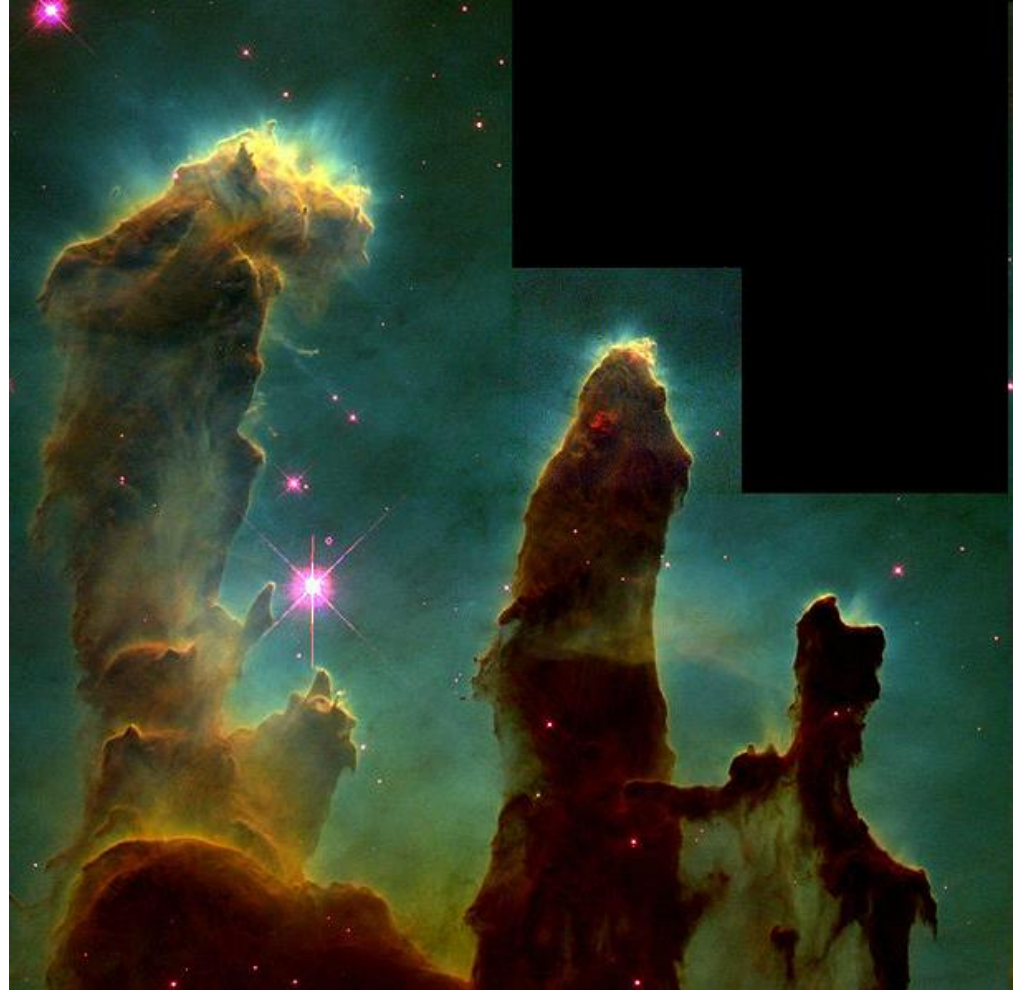
0,1 to 1  
σωματια/ cm<sup>3</sup>

H 70%

Το υπόλοιπο

He

και ίχνη  
στοιχείων



# Γέννηση των αστέρων

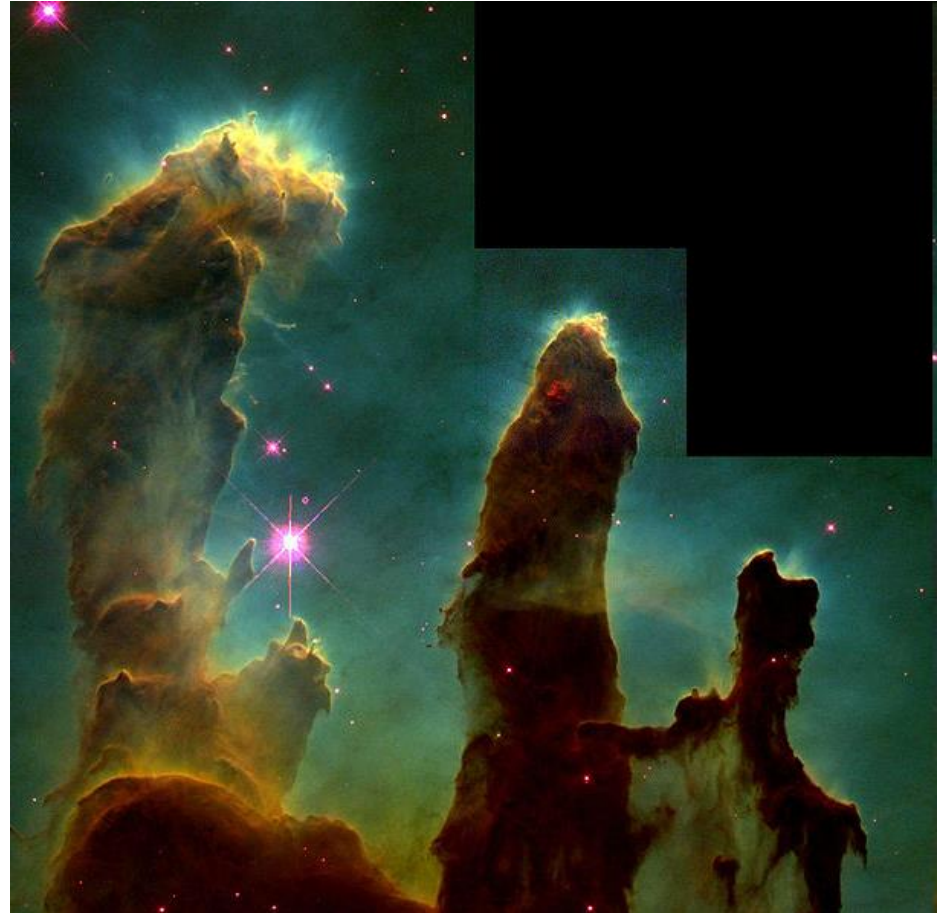
Νέφη αερίων

0,1 to 1  
σωματια/ cm<sup>3</sup>

H 70%

Το υπόλοιπο He

και ίχνη  
στοιχείων



# Μοριακά Νέφη

- $H_2$
  - Γιγάντια  $100$  σωματλια/cm<sup>3</sup>,
  - Διάμετρο  $100$  έτη φωτός ή  $9,5 \times 10^{17}$  m
  - Μάζες  $6 \times 10^6 M_{\odot}$
  - Θερμοκρασία  $10$  K.
  - Το μισό μεσοαστρικό αεριο είναι μοριακά νέφη
- Κοντά στον Ήλιο νέφος Ωρίωνα σε απόσταση  $1.300$  ly  
( $1.2 \times 10^{16}$  km)



- τεράστια νέφη αερίου και σκόνης, τα νεφελώματα, στους γαλαξίες.
- υλικό των νεφελωμάτων αποτελείται κατά κύριο λόγο από υδρογόνο, ήλιο και σκόνη
- διαστάσεις τους είναι πάρα πολύ μεγαλύτερες από το ηλιακό μας σύστημα
- πυκνότητά τους πολύ χαμηλή.
- πολύ μεγάλης μάζας τους έχουν κάποια βαρύτητα
- λόγω της χαμηλής πυκνότητας, δεν είναι ικανή να υπερνικήσει τις θερμικές κινήσεις των μορίων και να προκαλέσει τη βαρυτική συστολή και συμπύκνωση.





# Νέφος => πρωταστέρρας



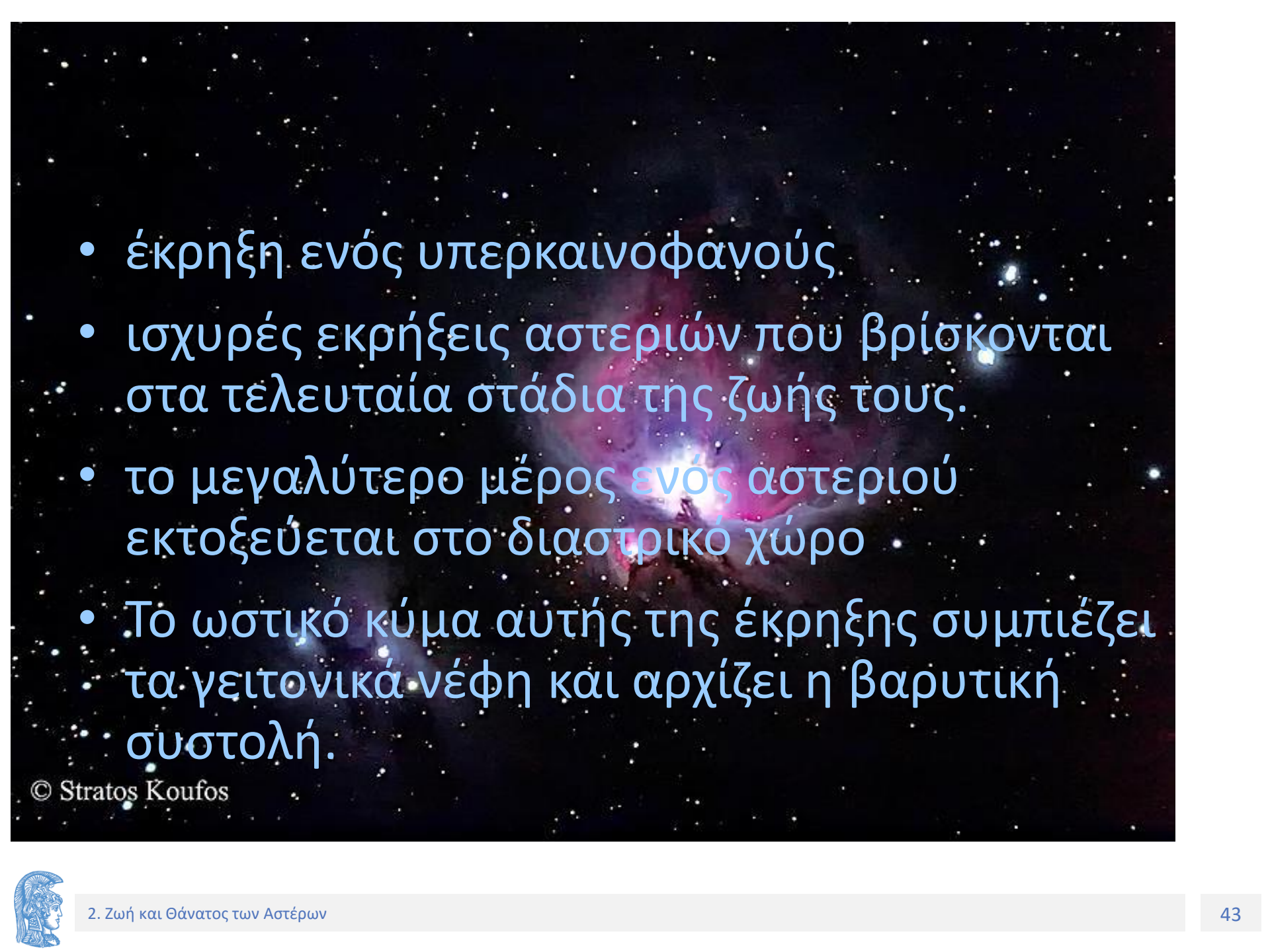
- δύο νέφη συγκρούονται μεταξύ τους.
- συμπιέζονται και η πυκνότητά τους αυξάνει και
- Καταρρέουν



• Φωτογραφία κ. Στράτου Κουφού

© Stratos Koufos



- 
- έκρηξη ενός υπερκαινοφανούς
  - ισχυρές εκρήξεις αστεριών που βρίσκονται στα τελευταία στάδια της ζωής τους.
  - το μεγαλύτερο μέρος ενός αστεριού εκτοξεύεται στο διαστρικό χώρο
  - Το ωστικό κύμα αυτής της έκρηξης συμπιέζει τα γειτονικά νέφη και αρχίζει η βαρυτική συστολή.

© Stratos Koufos



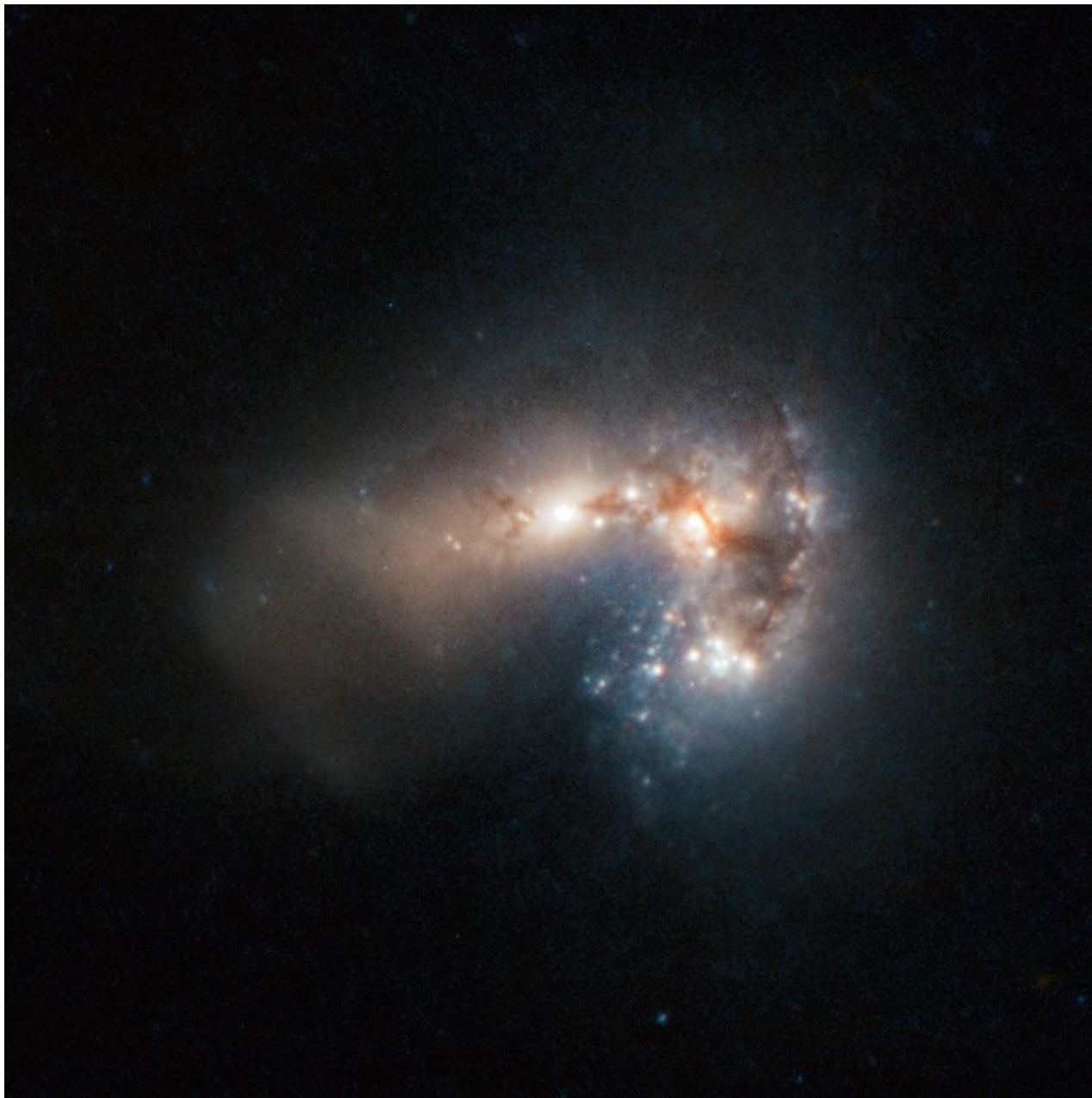
- νέα μεγάλα άστρα εκπέμπουν τεράστια ποσά ακτινοβολίας, η πίεση της οποίας πάνω στην ύλη των γειτονικών νεφών μπορεί να τα συμπίεσει και να αρχίσει η κατάρρευση.

© Stratos Koufos




# σπειροειδή κύματα πυκνότητας







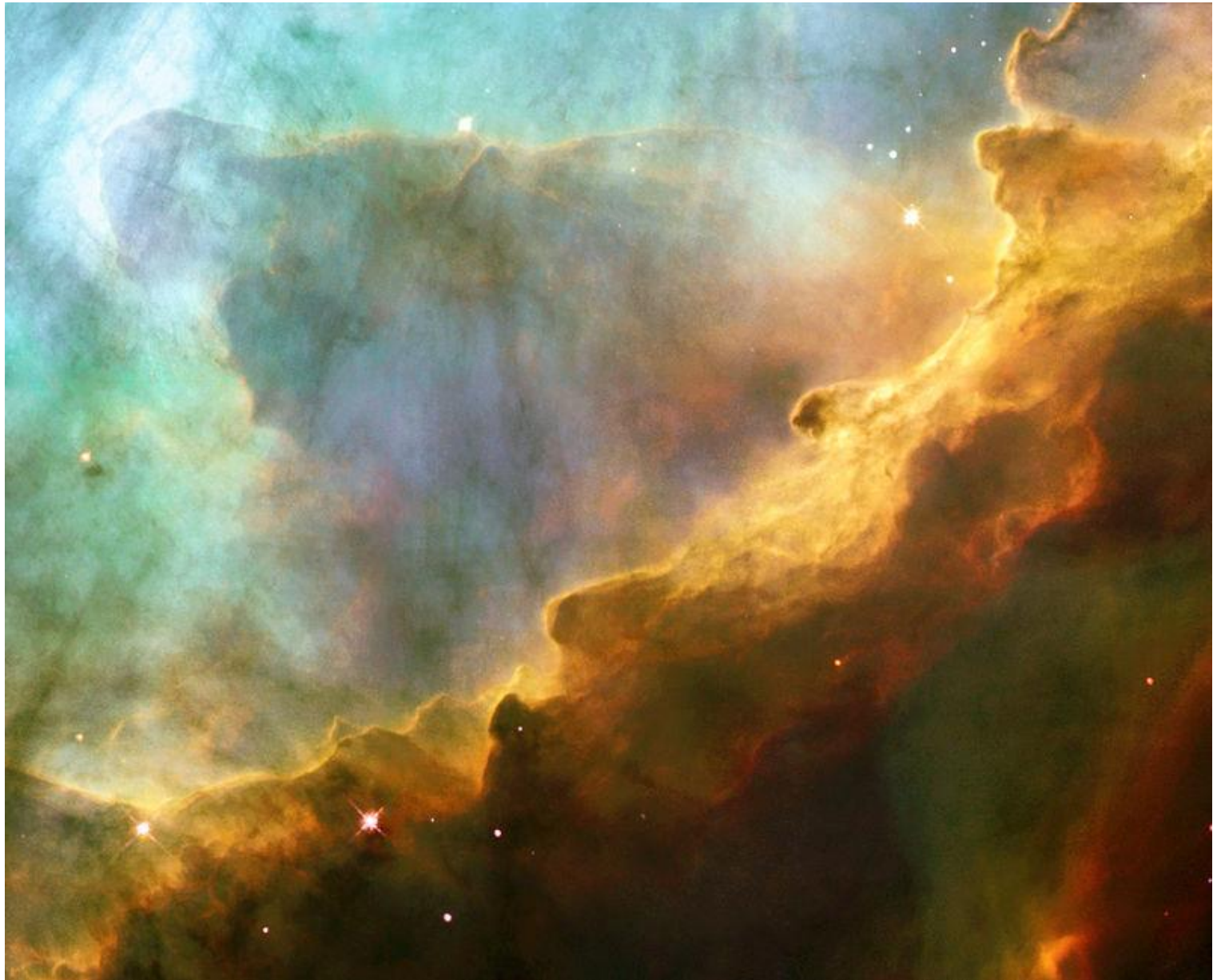
Starbirth Region in Nebula NGC 604  HUBBLESITE.org

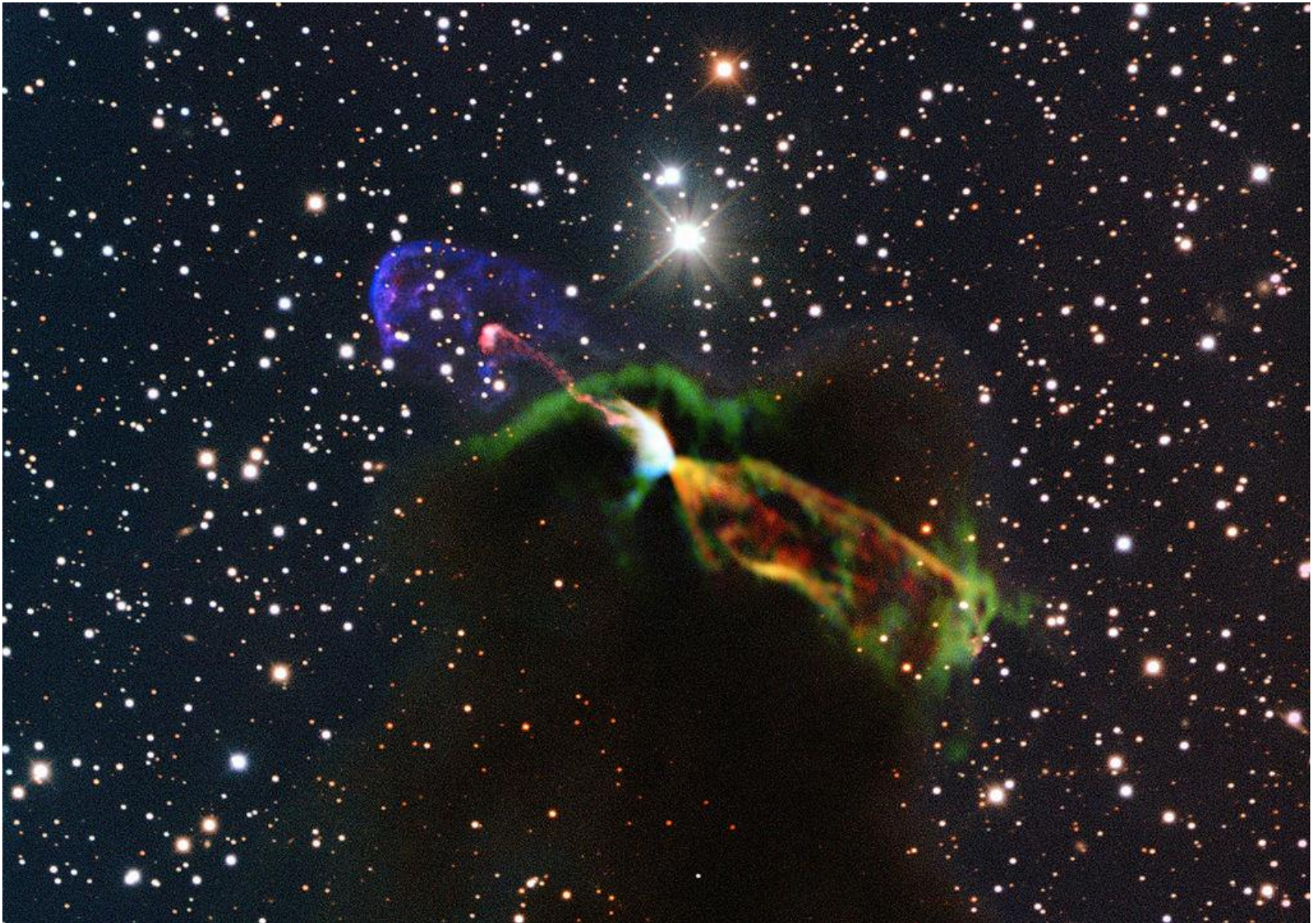














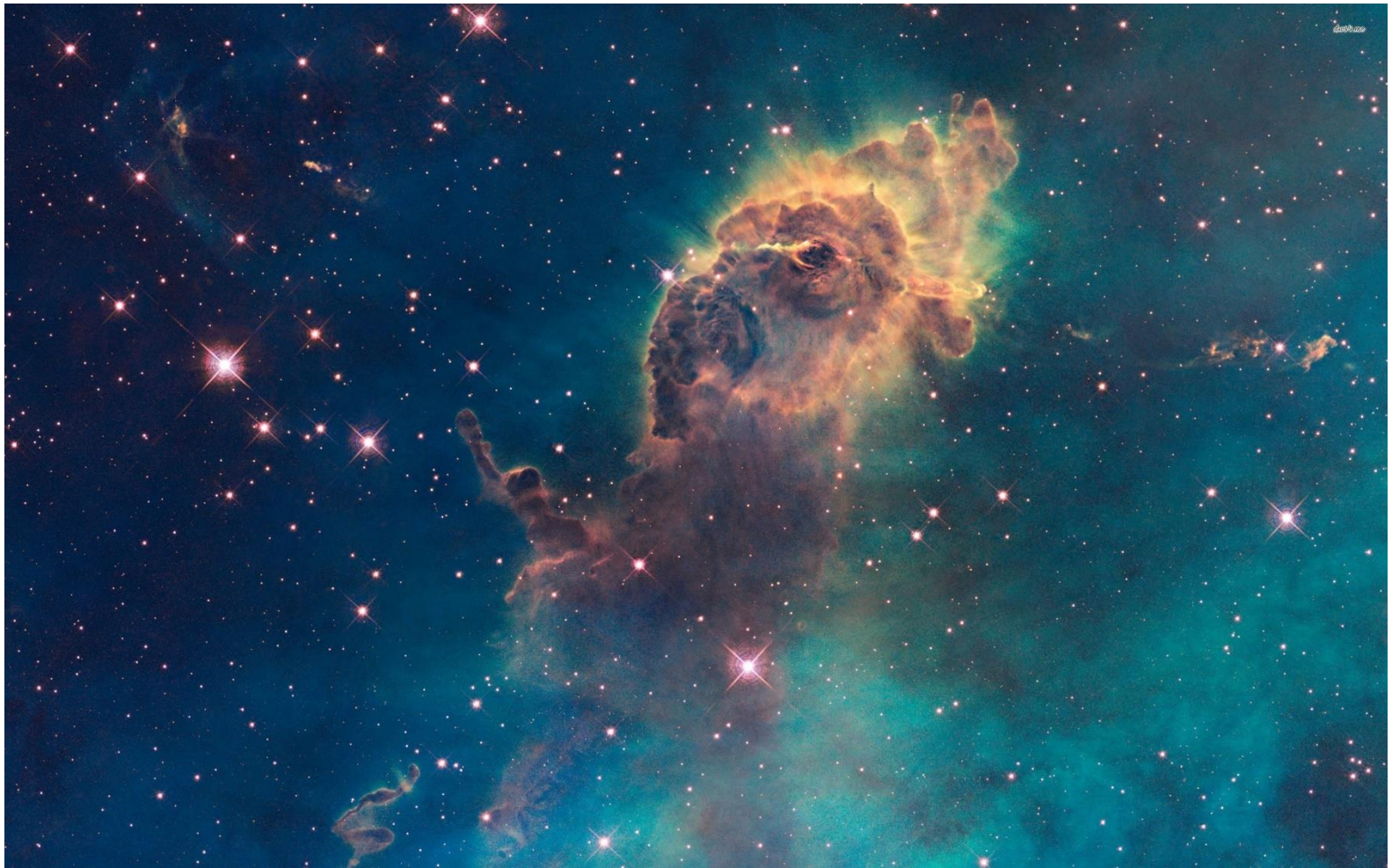








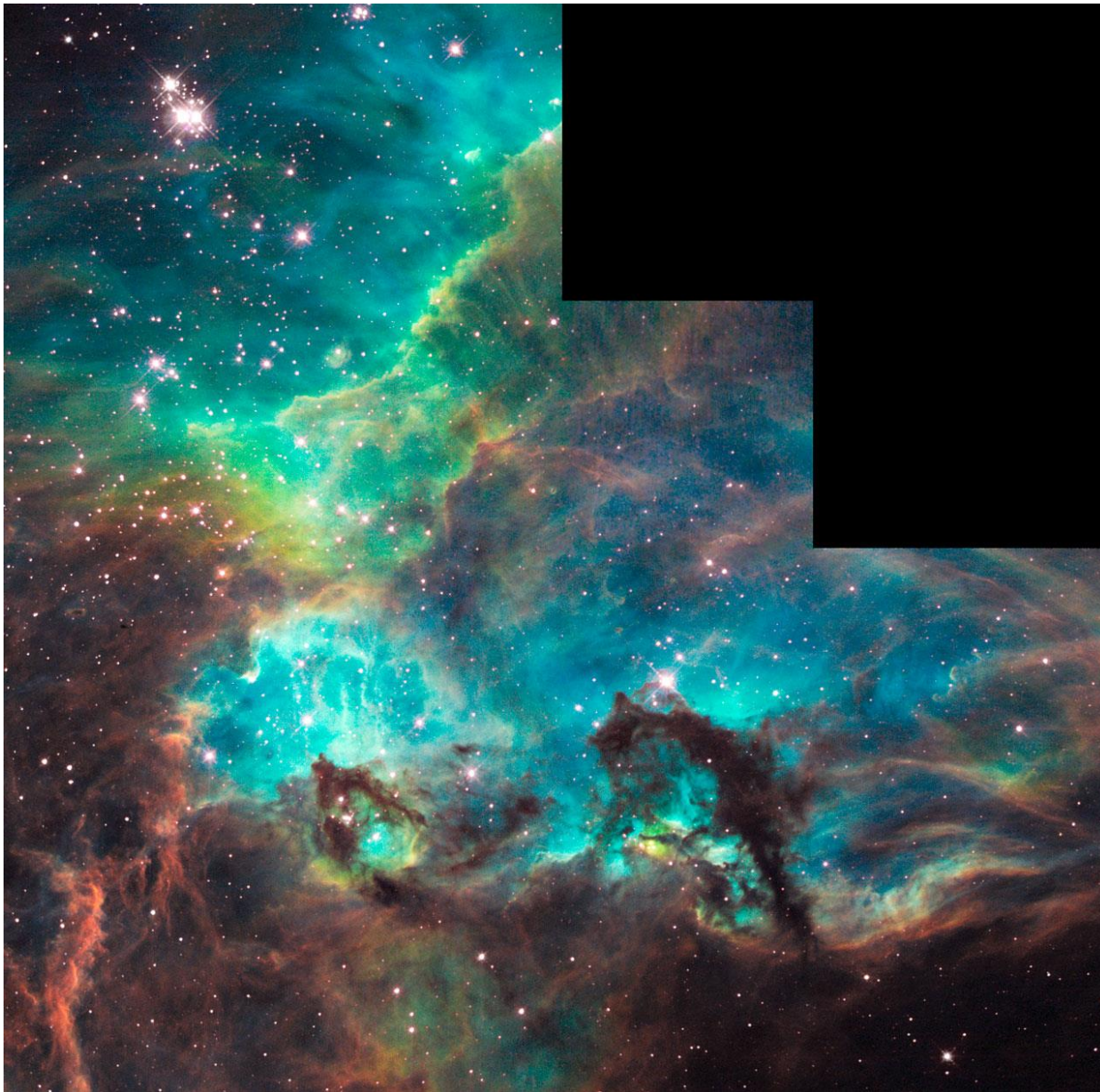


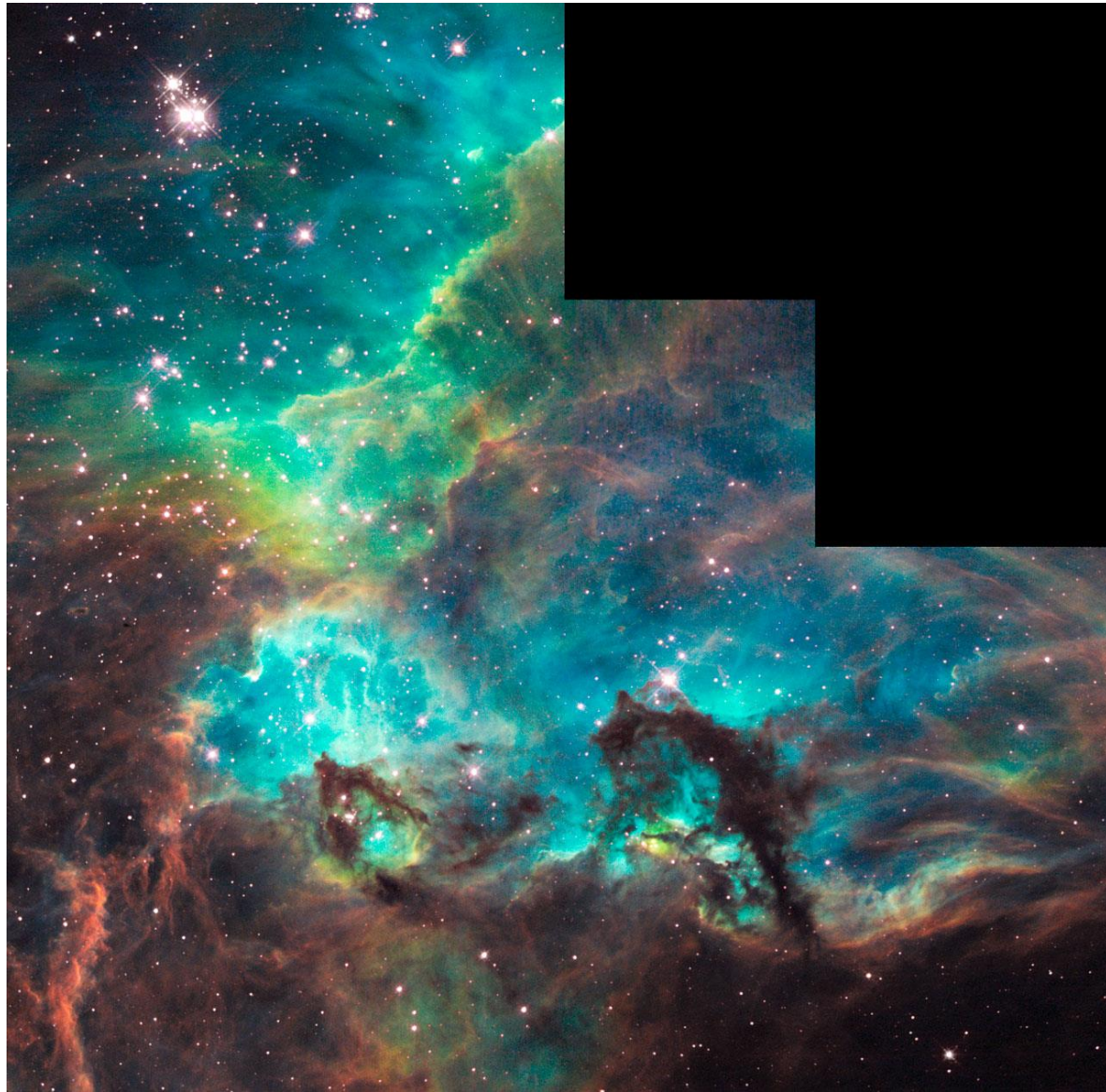


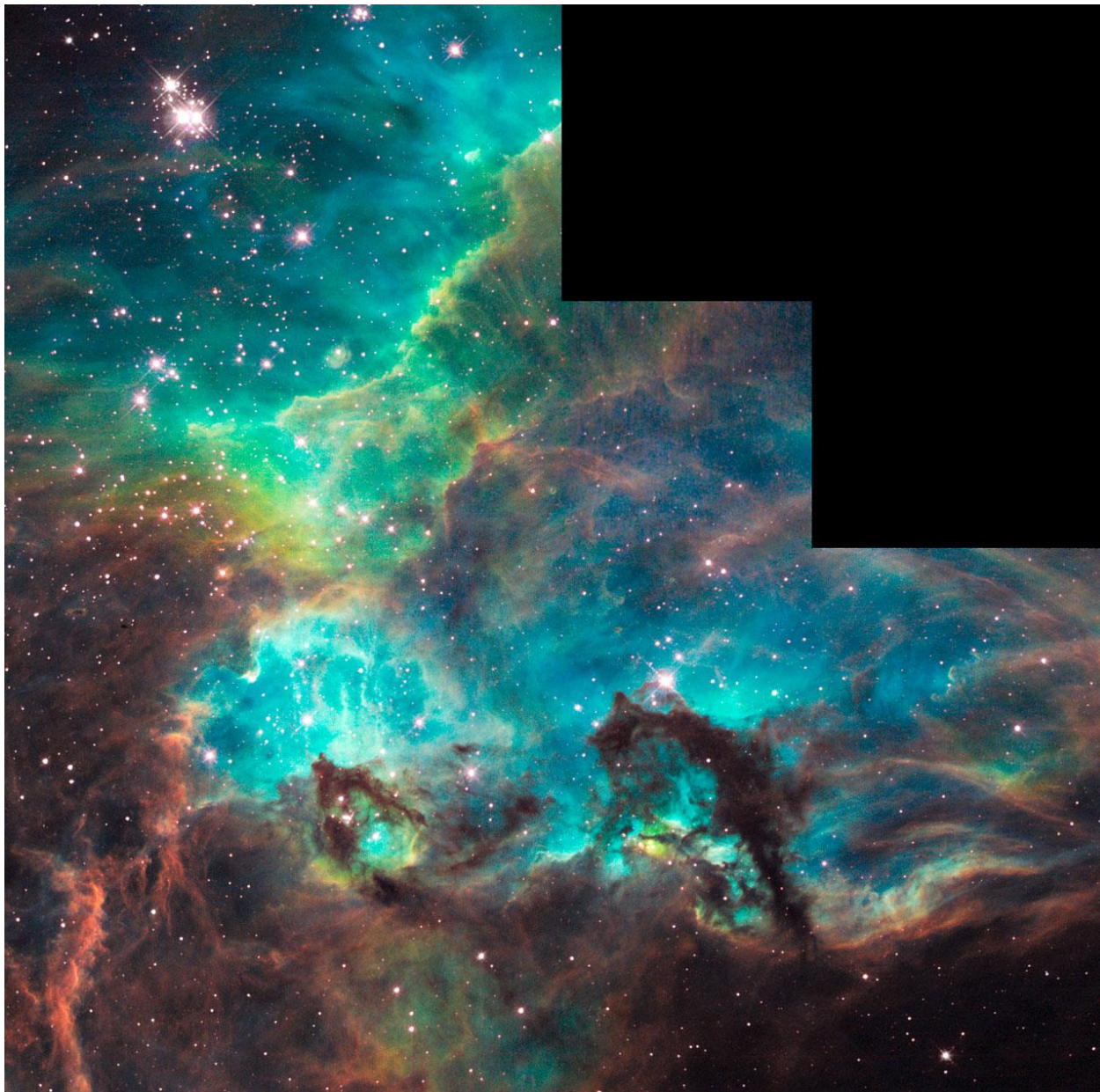


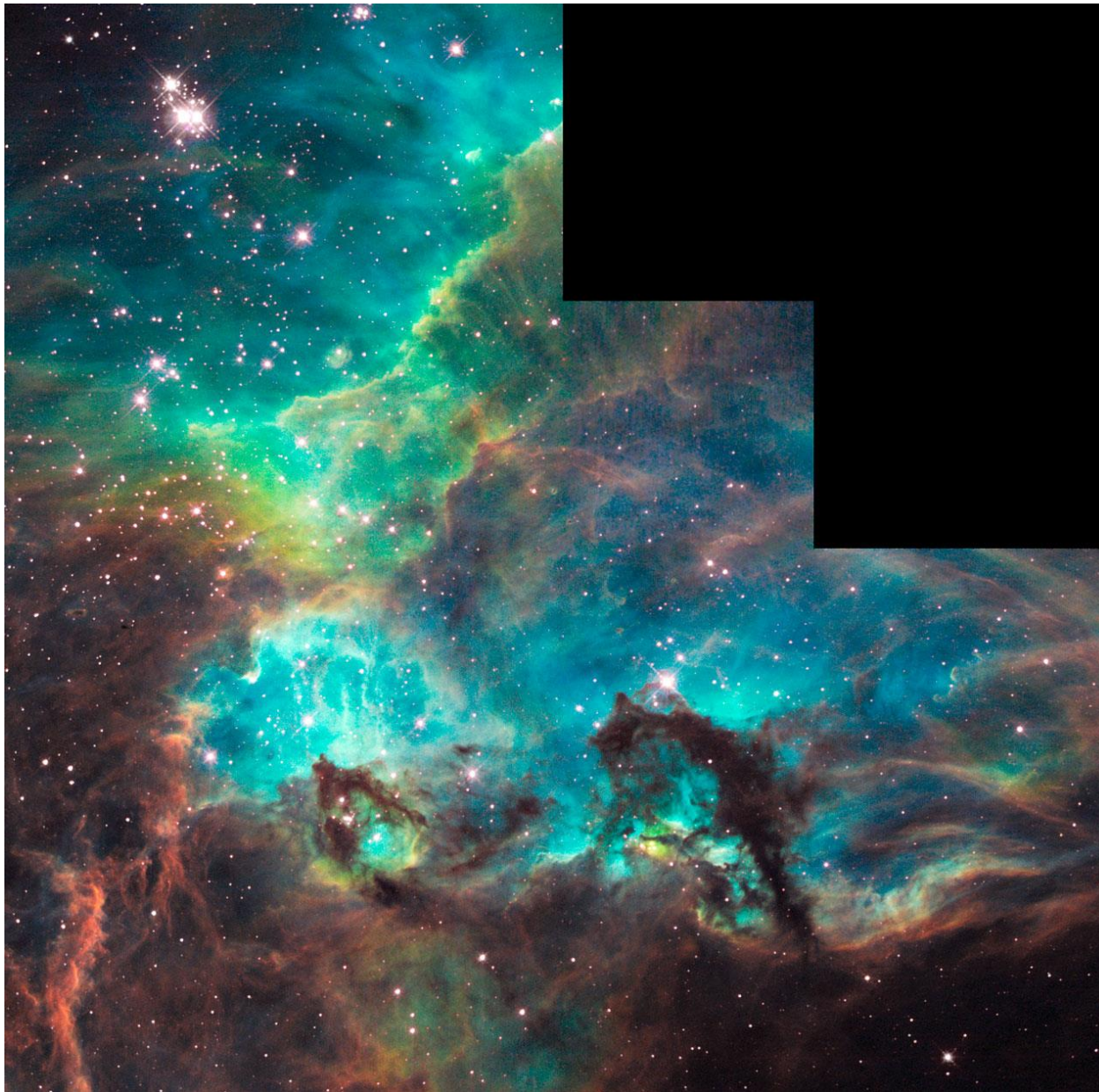




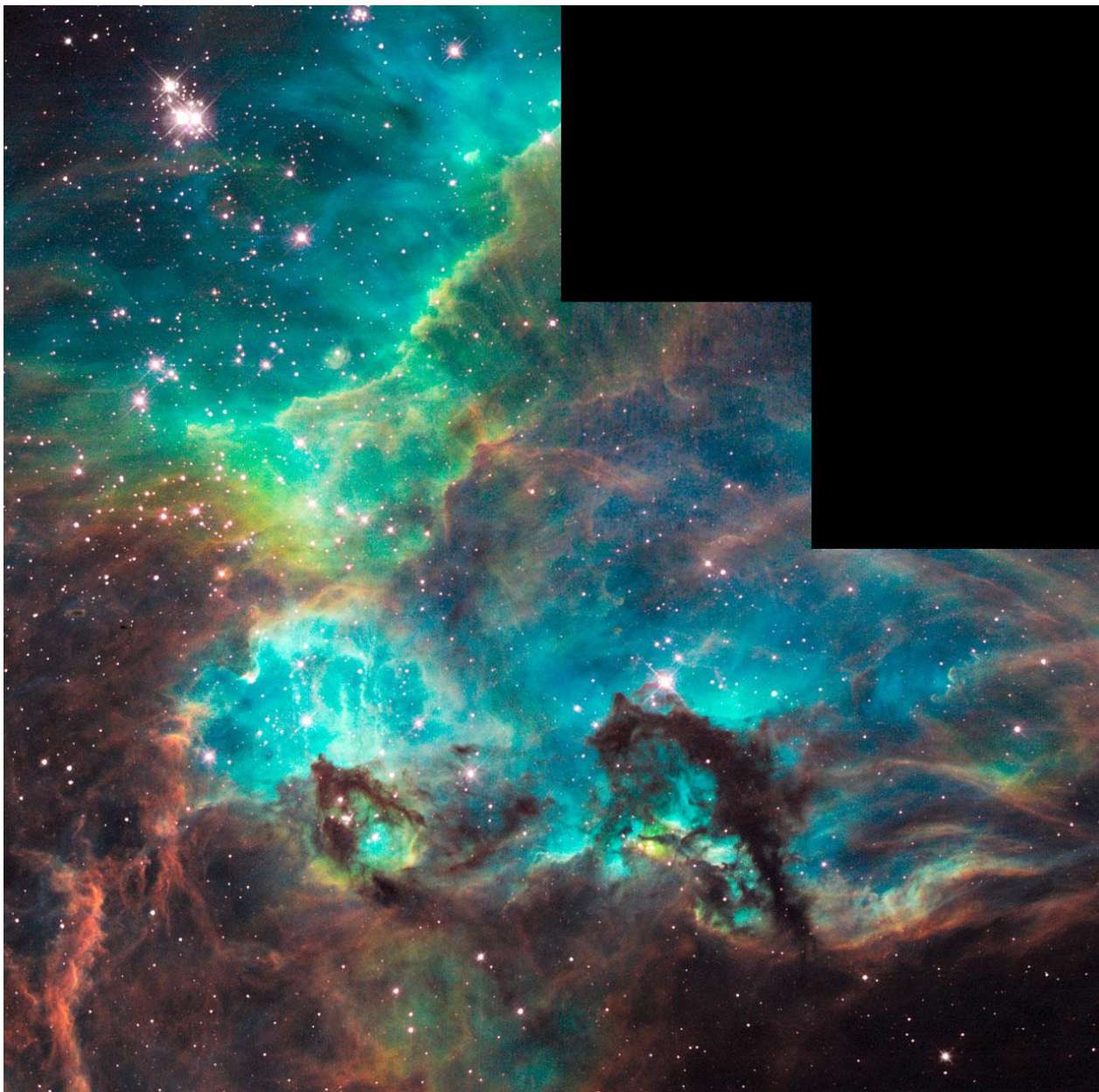


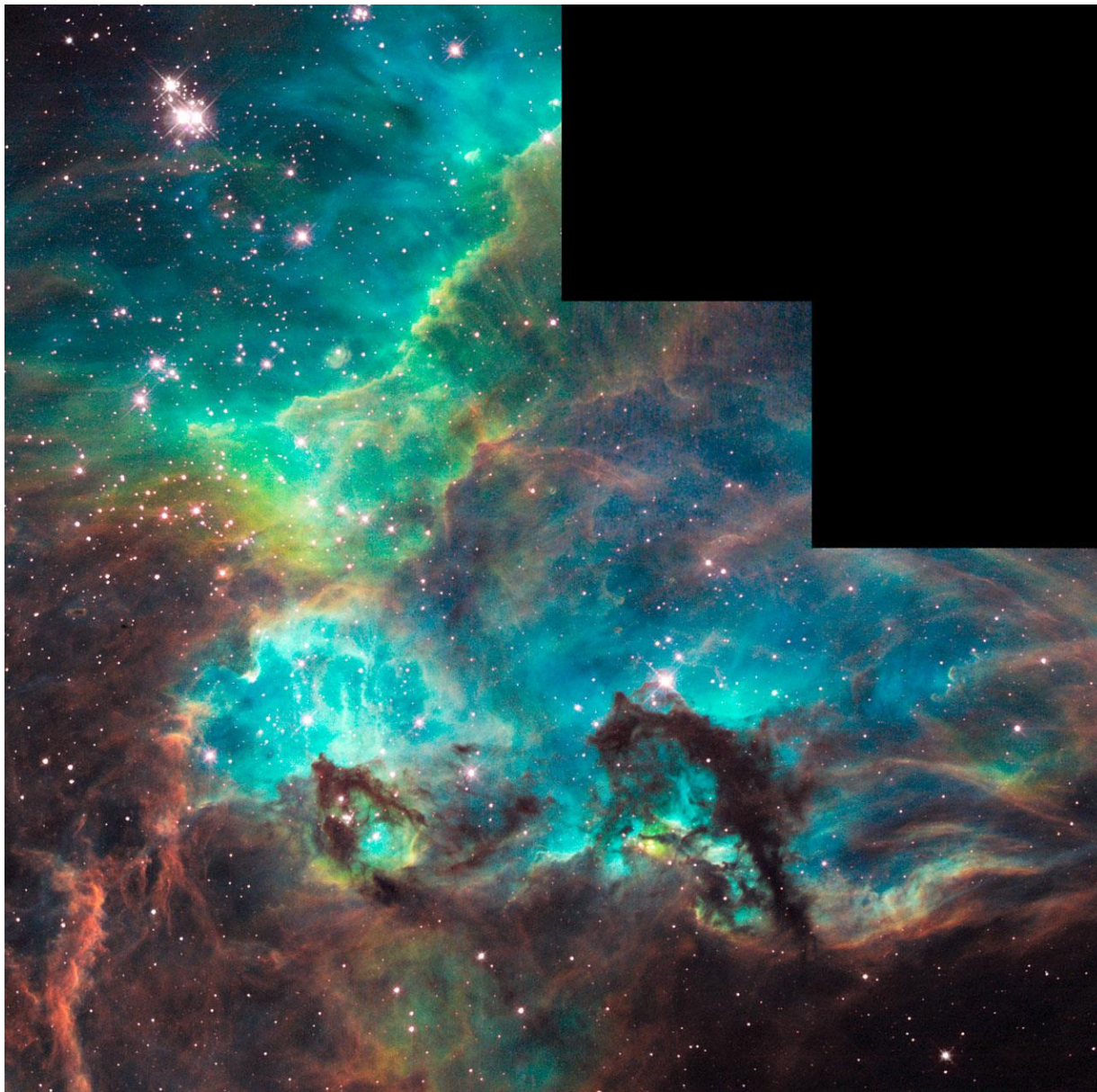


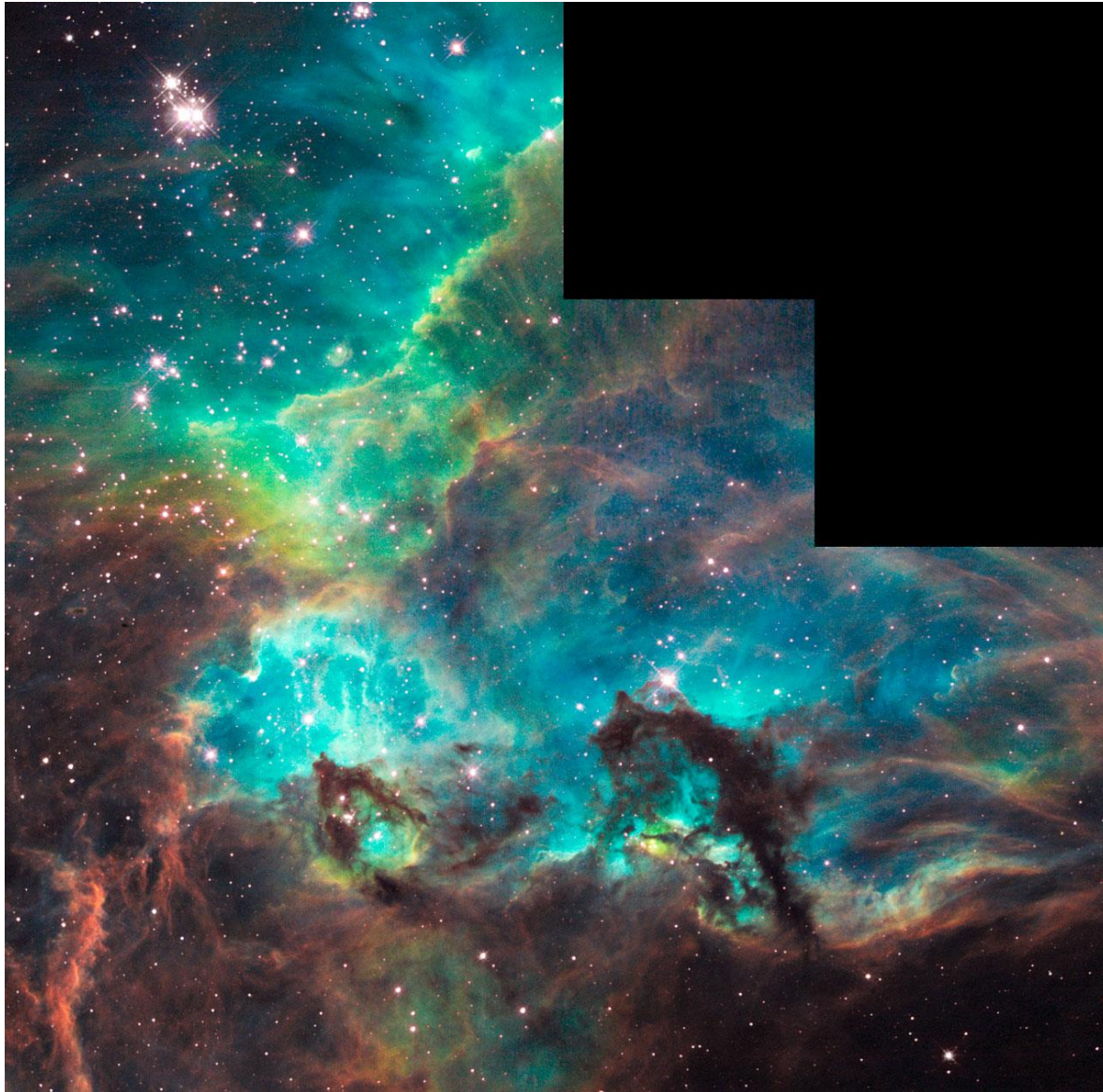


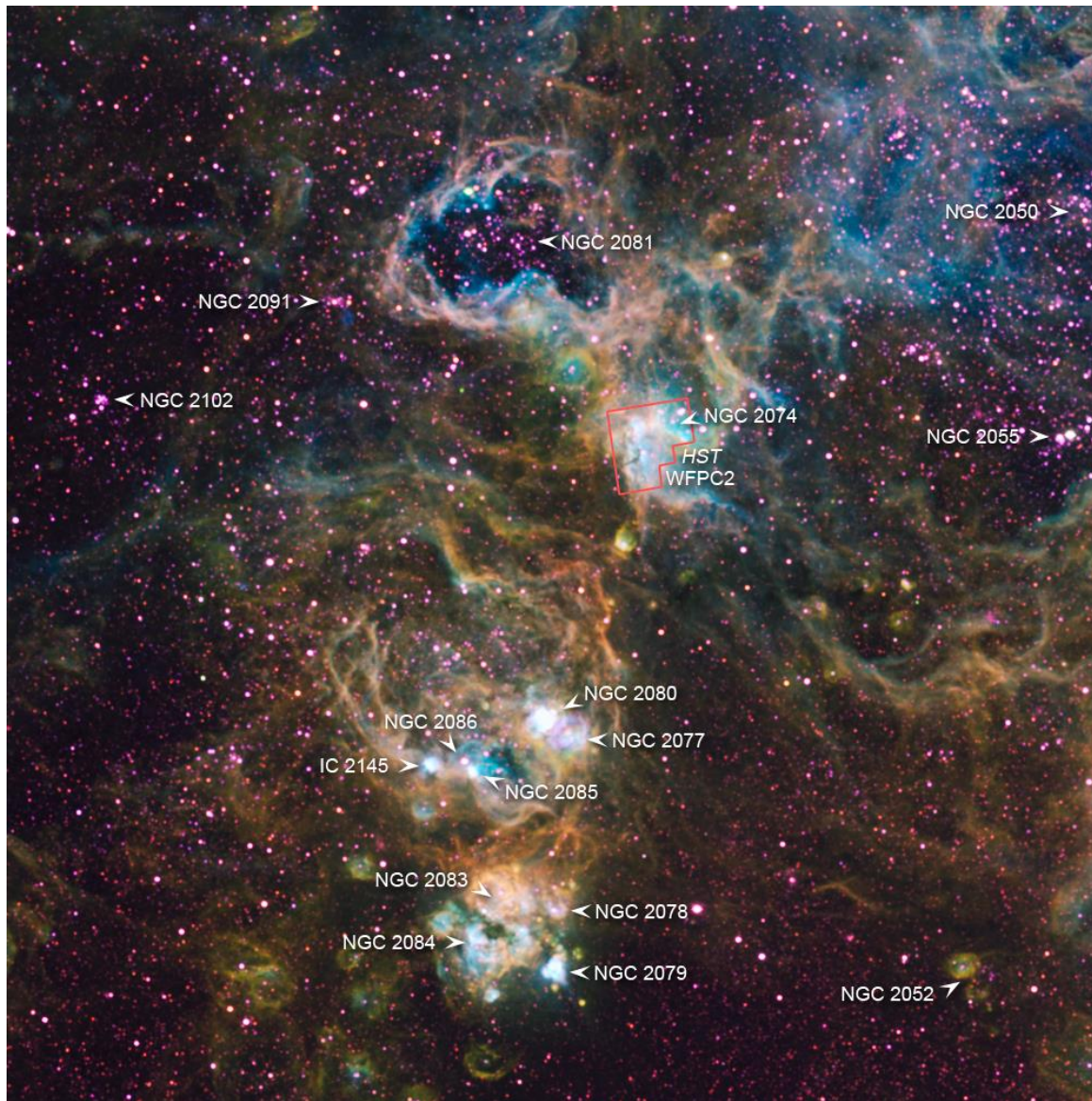














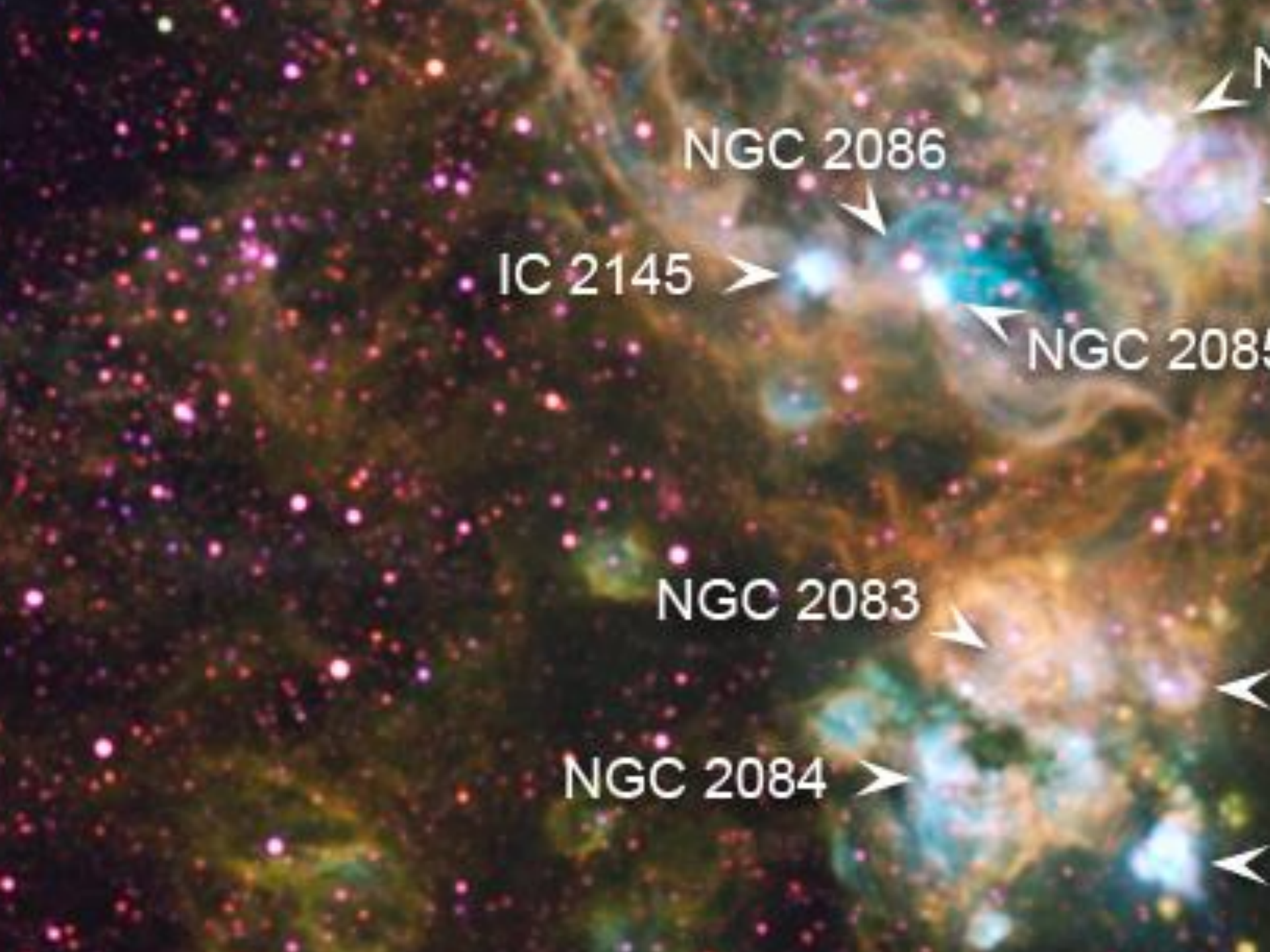
NGC 2080

NGC 2086

NGC 2077

C 2145

NGC 2085



NGC 2086

IC 2145

NGC 2085

NGC 2083

NGC 2084

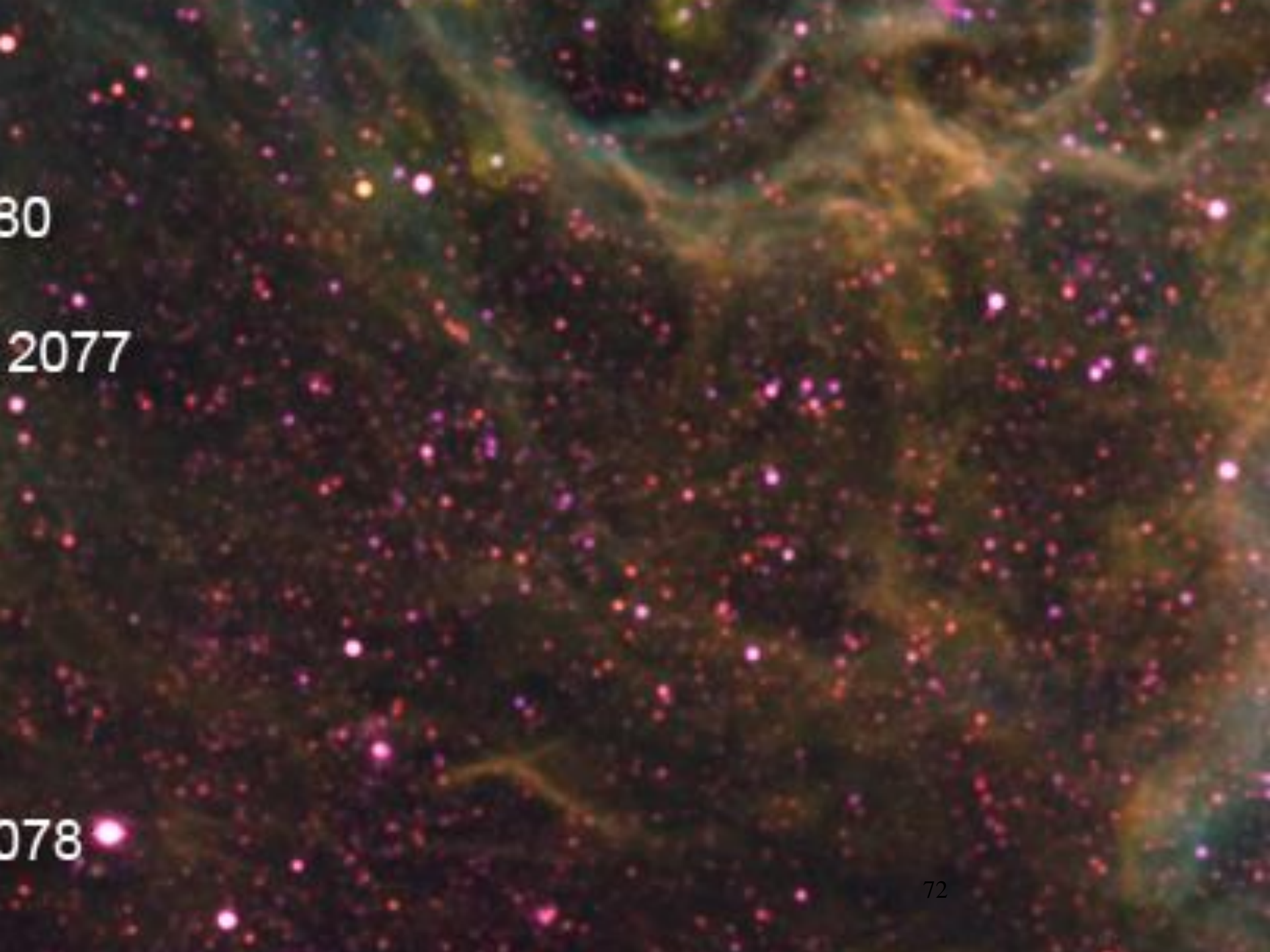


2081

NGC 2050 >

< NGC 2074

<sup>71</sup> NGC 2055 >



30

2077

078





← NGC 2081

2091 →



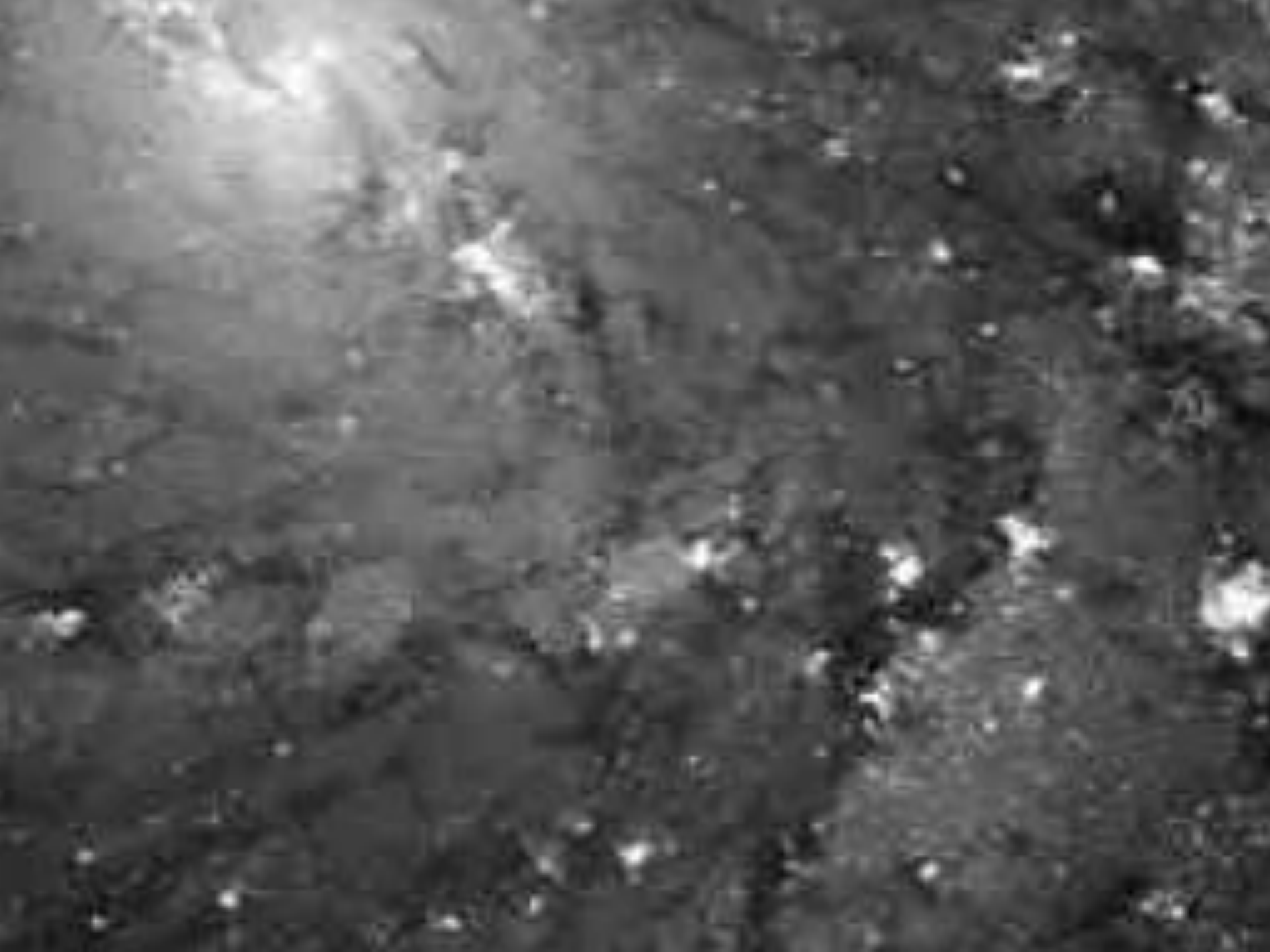
NGC 2050 ➤

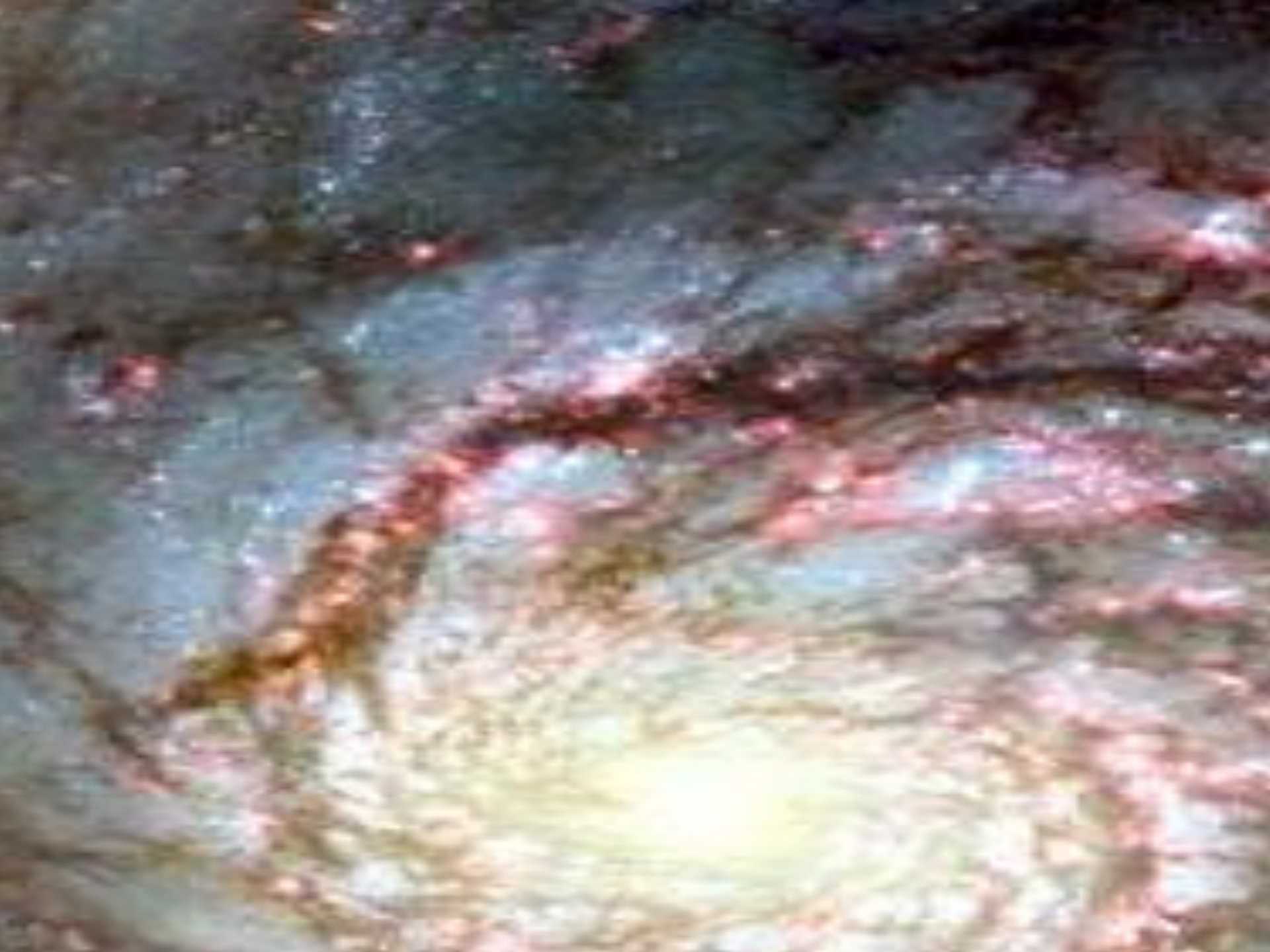
➤ NGC 2074

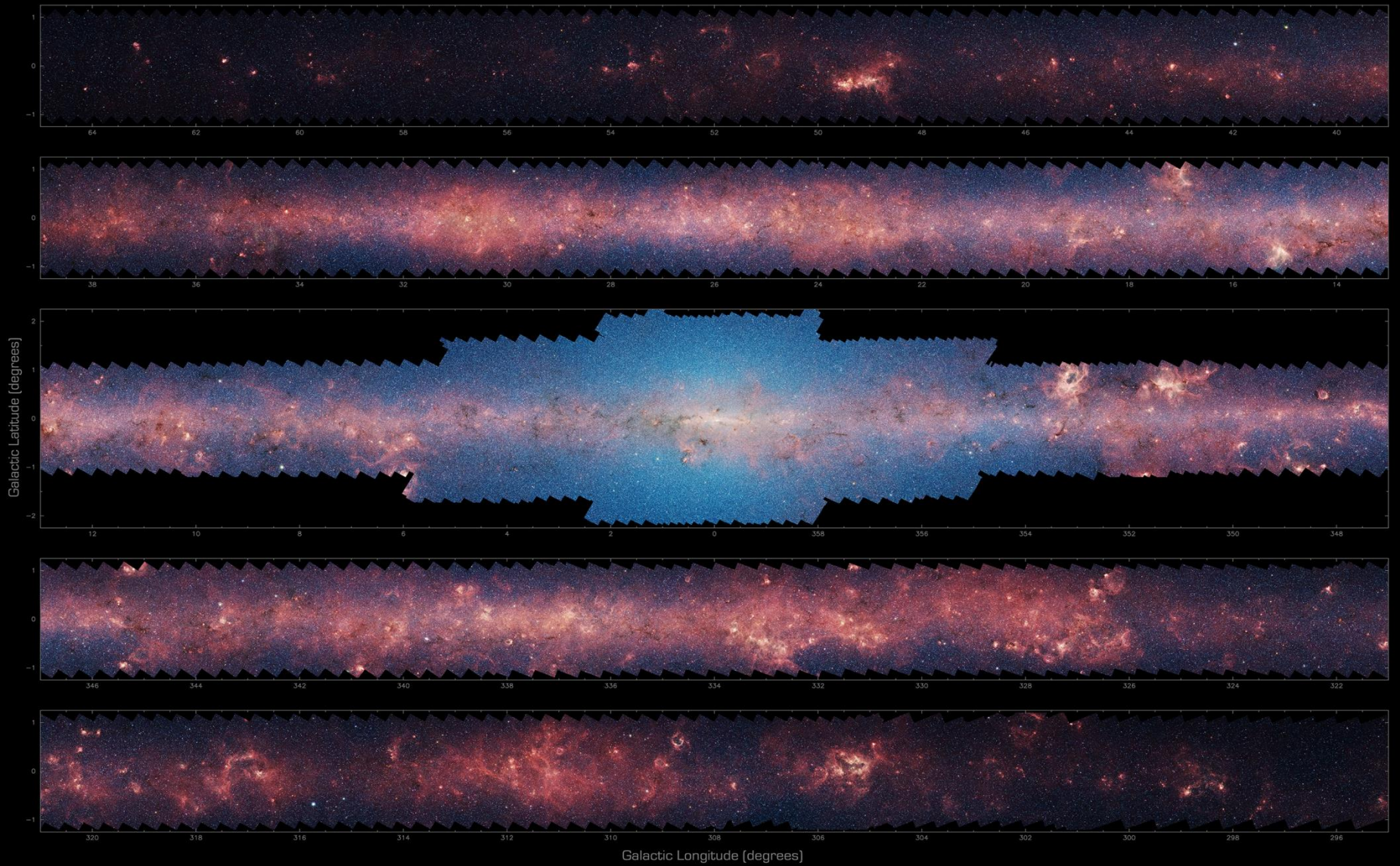
NGC 2055 ➤

HST









## The Infrared Milky Way: GLIMPSE

NASA / JPL-Caltech / E. Churchwell (Univ. of Wisconsin), GLIMPSE Team

Spitzer Space Telescope • IRAC

ssc2008-11b





















Γαλαξίας  
διακρίνονται πολλές  
λαμπρές περιοχές  
που γεννιούνται νέα  
άστρα



Spiral Galaxy NGC 1232 - VLT UT 1 + FORS1

ESO PR Photo 37d/98 (23 September 1998)

©European Southern Observatory





This intriguing new view of a spectacular stellar nursery IC 2944 is being released to celebrate a milestone: 15 years of ESO's Very Large Telescope. This image also shows a group of thick clouds of dust known as the Thackeray globules silhouetted against the pale pink glowing gas of the nebula. These globules are under fierce bombardment from the ultraviolet radiation from nearby hot young stars. They are both being eroded away and also fragmenting, rather like lumps of butter dropped onto a hot frying pan. It is likely that Thackeray's globules will be destroyed before they can collapse and form new stars.



**Credit:**ESO

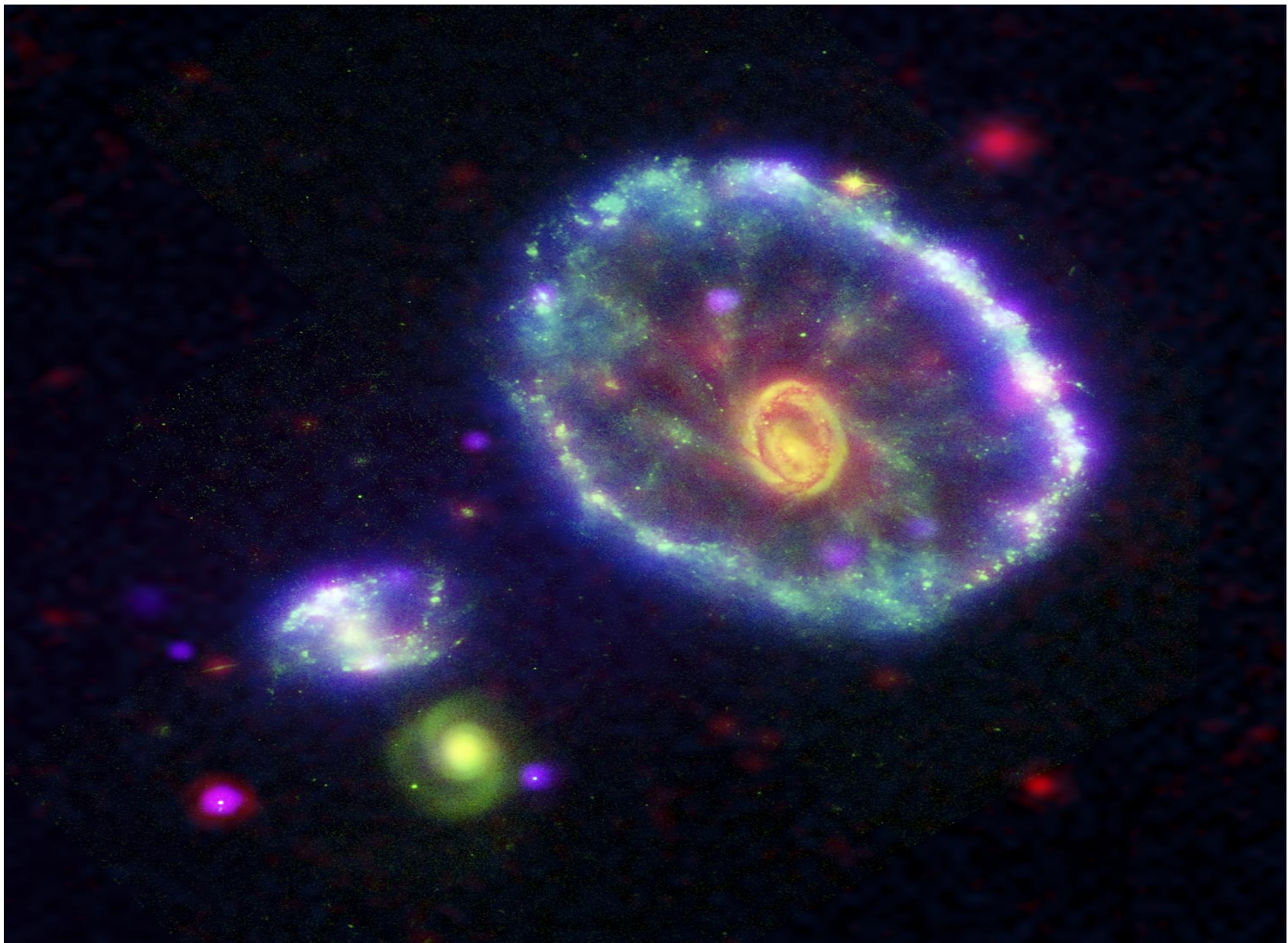


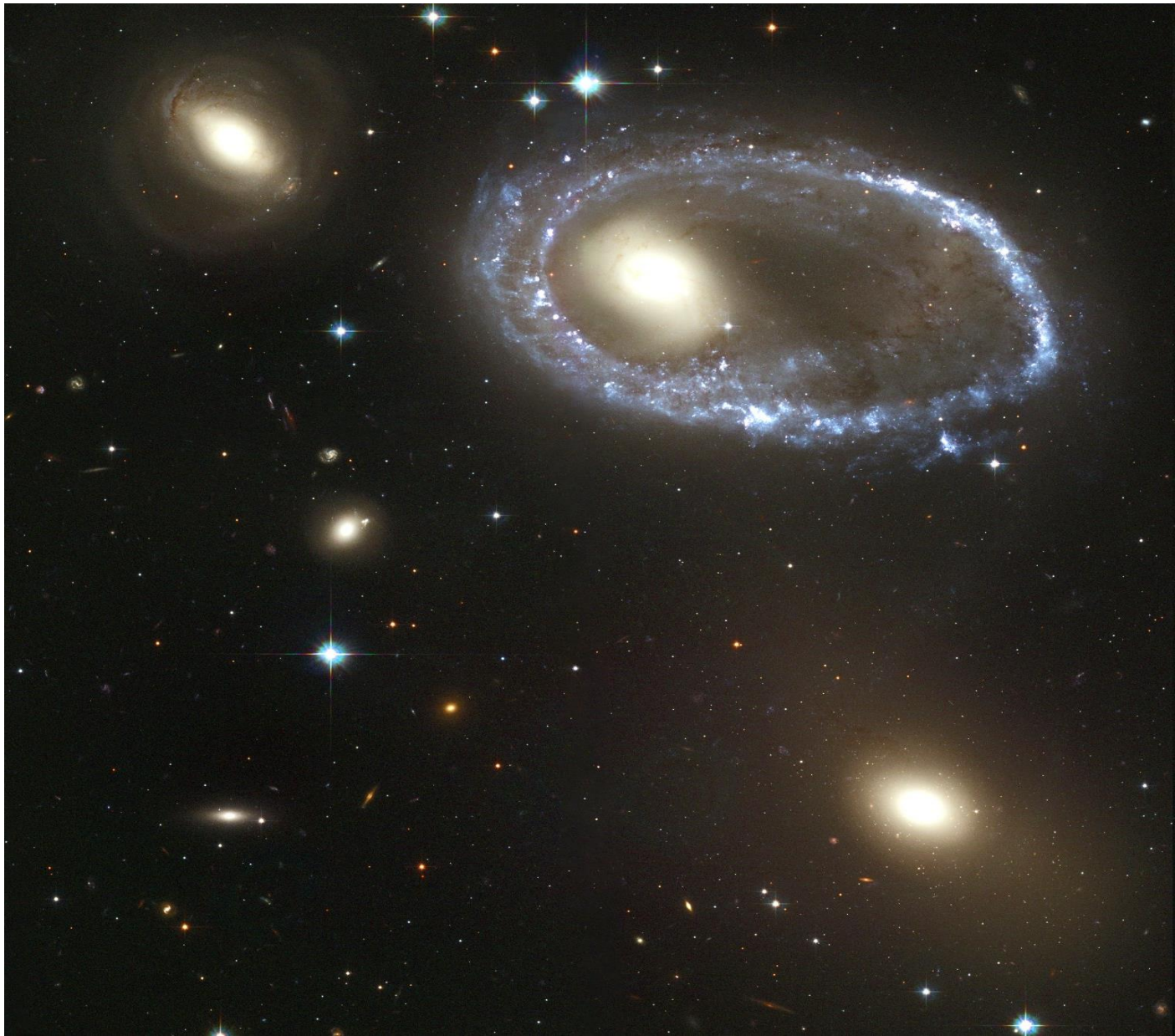
This VLT image of the Thor's Helmet Nebula was taken on the occasion of ESO's 50th Anniversary, 5 October 2012, with the help of Brigitte Bailleul — winner of the *Tweet Your Way to the VLT!* competition. The observations were broadcast live over the internet from the Paranal Observatory in Chile. This object, also known as NGC 2359, lies in the constellation of Canis Major (The Great Dog). The helmet-shaped nebula is around 15 000 light-years away from Earth and is over 30 light-years across. The helmet is a cosmic bubble, blown as the wind from the bright, massive star near the bubble's centre sweeps through the surrounding molecular cloud.

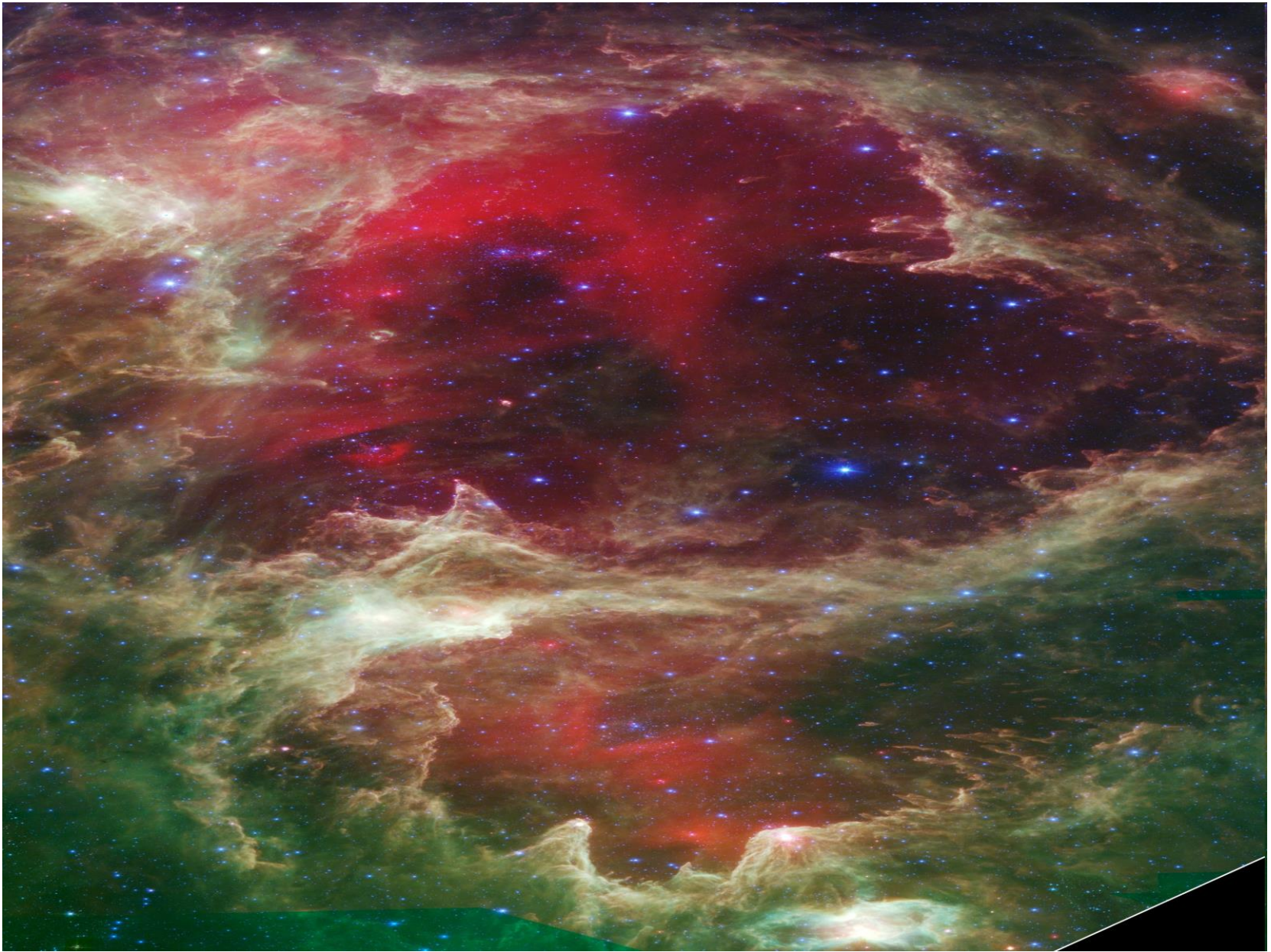
**Credit:**

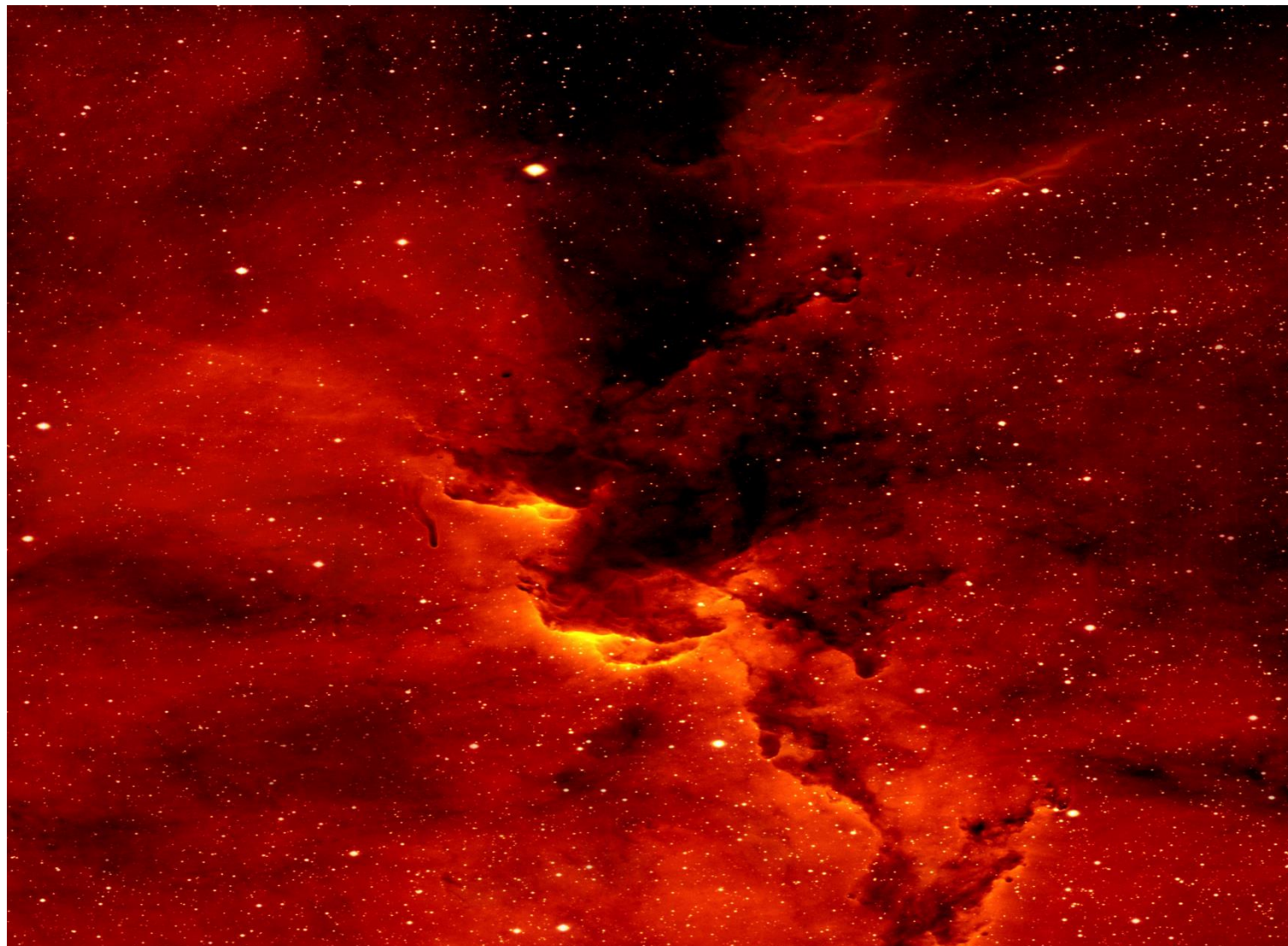
ESO/B. Bailleul











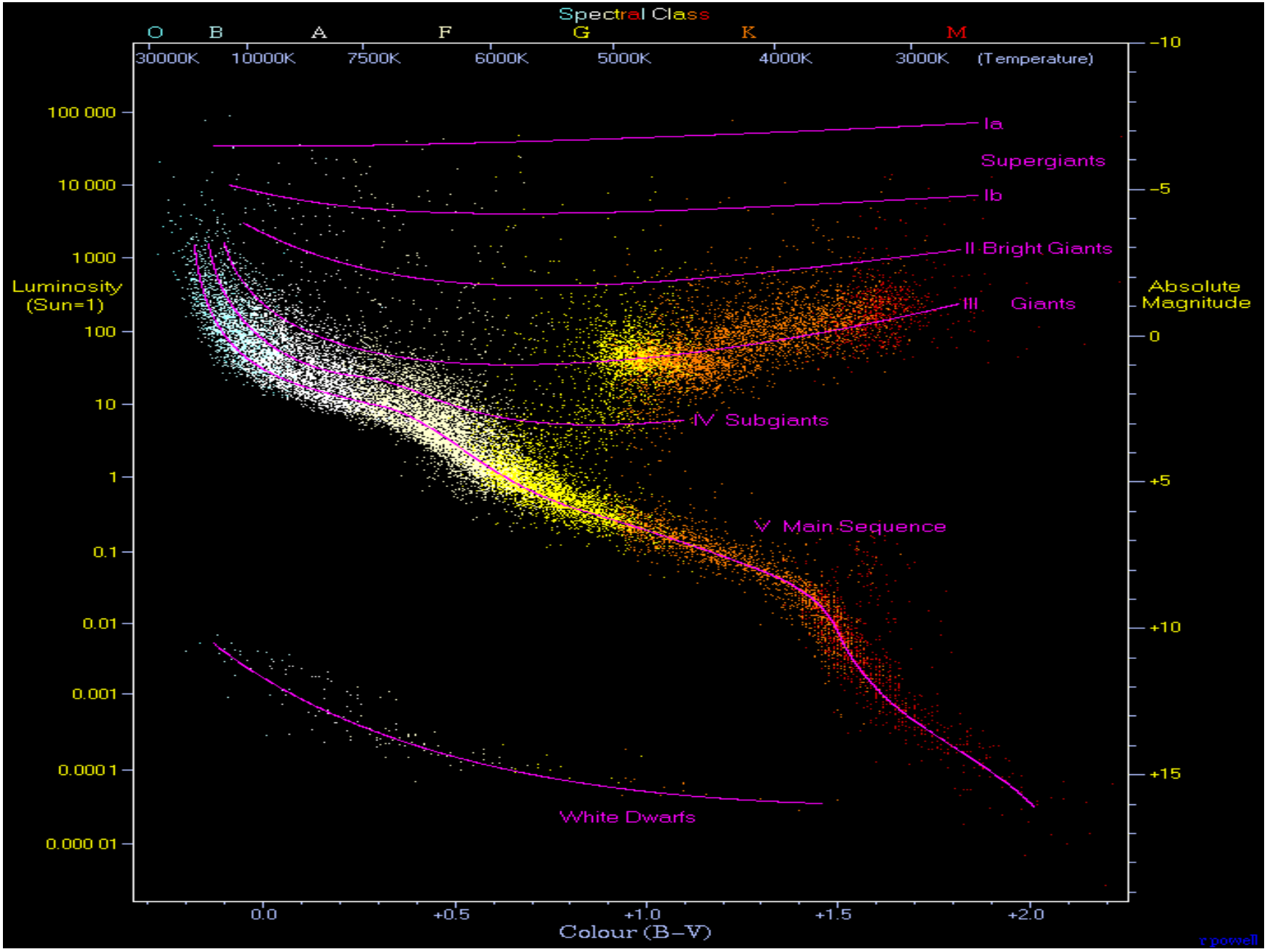












r powell

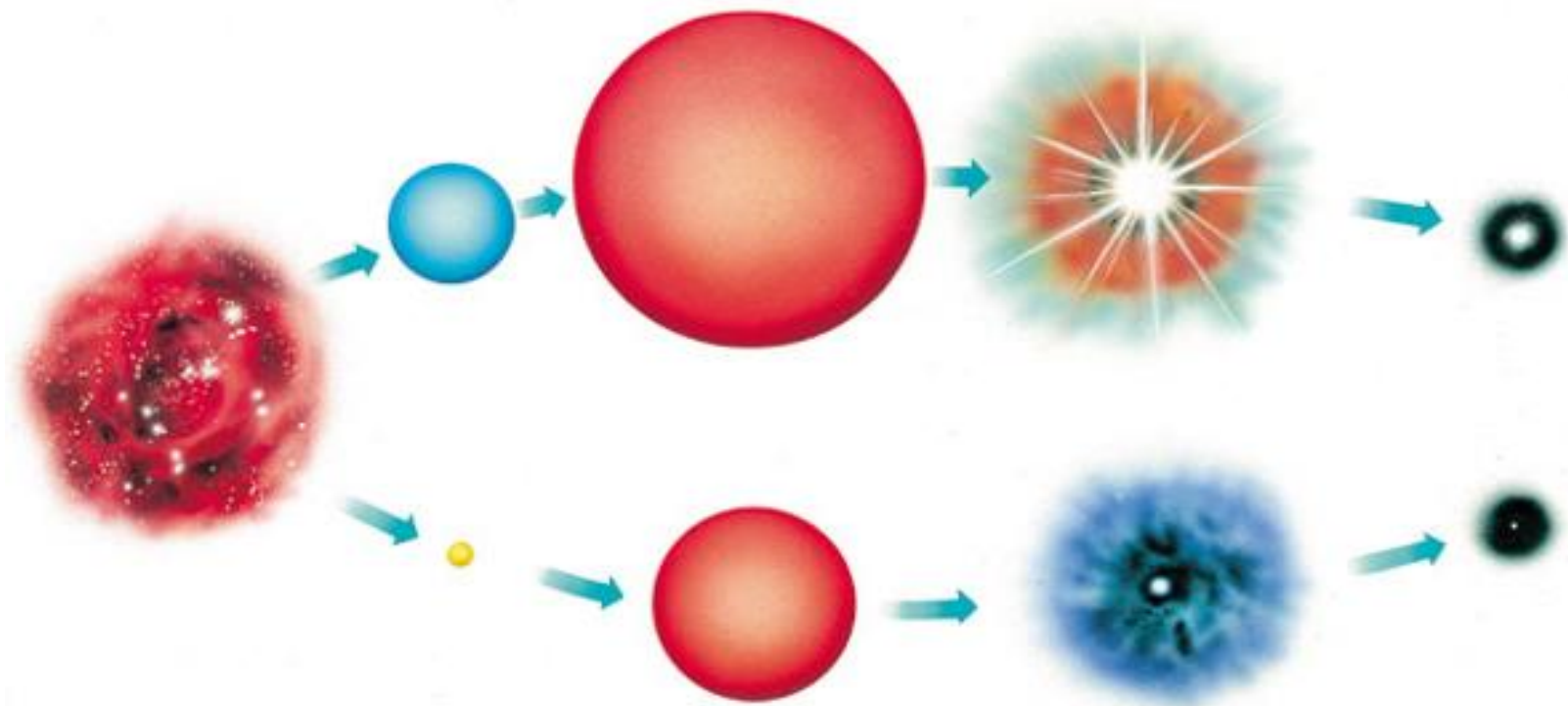


# Θερμοπυρηνικές αντιδράσεις

- $2 ({}^1\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^2\text{D} + e^+ + \underline{\nu}_e)$  (4,0 MeV + 1,0 MeV)
- $2 ({}^1\text{H} + {}^2\text{D} \rightarrow {}^3\text{He} + \underline{\gamma})$  (5,5 MeV)
- ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^1\text{H} + {}^1\text{H}$  (12,86 MeV)



# Εξέλιξη και θάνατος άστρων ανάλογα με την αρχική τους μάζα



Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Ξενοδών Δ.Μουσάς 2015. «Εισαγωγή στην Αστροφυσική. Ζωή και Θάνατος των Αστέρων». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/PHYS1/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

