

ΜΑΥΡΕΣ ΤΡΥΠΕΣ

Τι είναι και πως ανακαλύφθηκαν

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΤΕΡΓΙΟΥΛΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

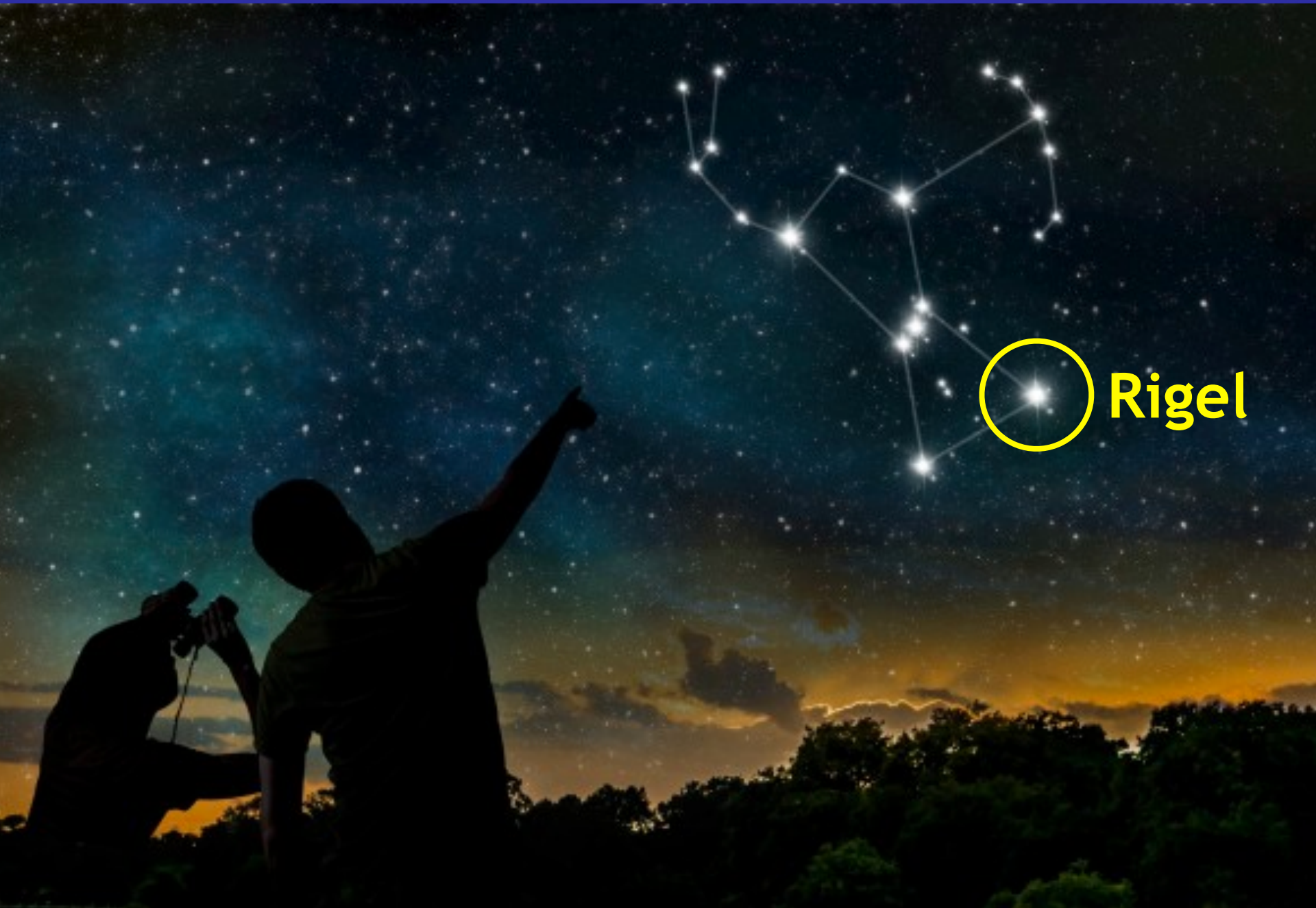


Θεσσαλονίκη, 14/5/2017

Ο Αστερισμός του Ωρίωνα

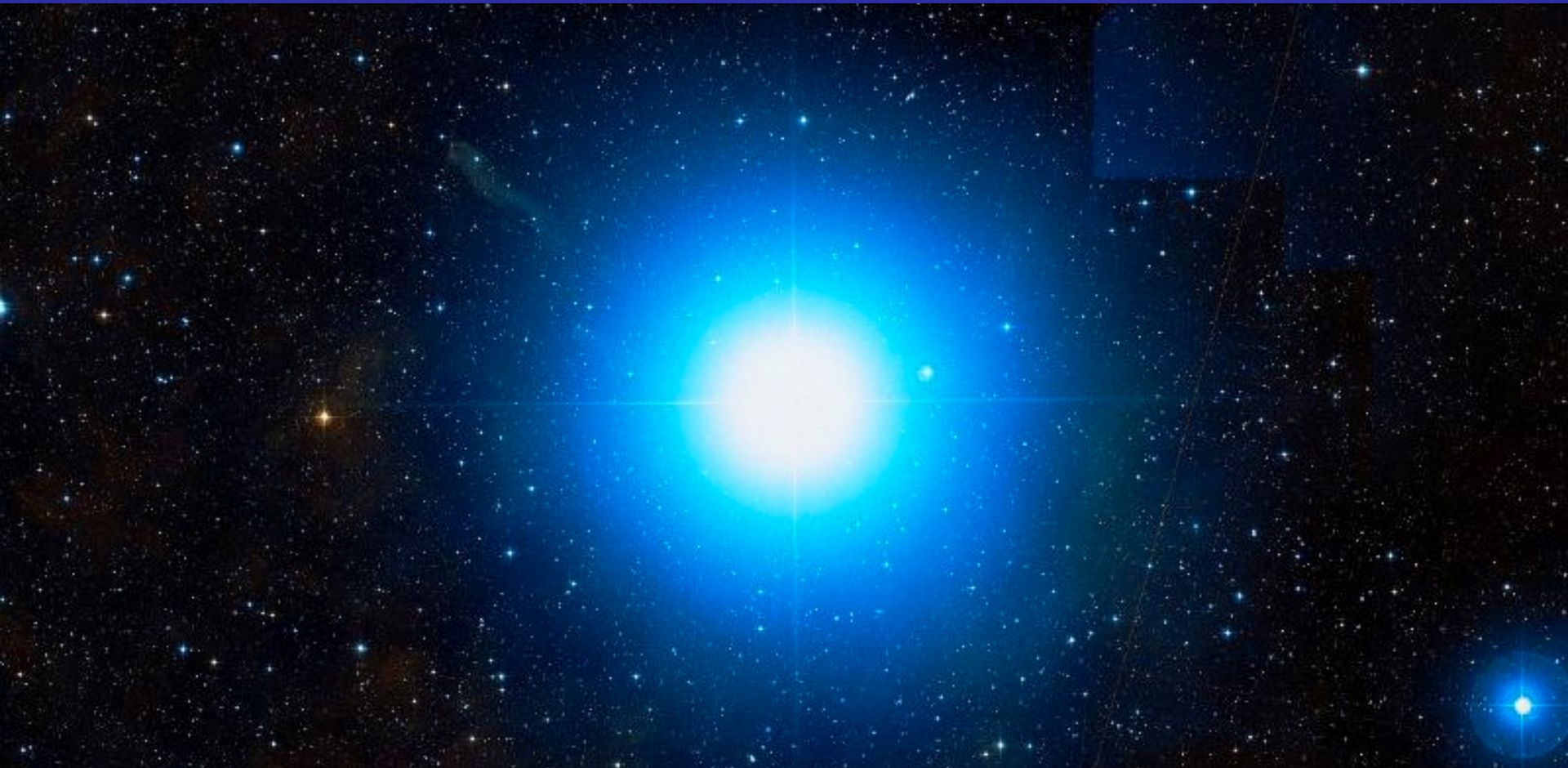


Ο Αστερισμός του Ωρίωνα

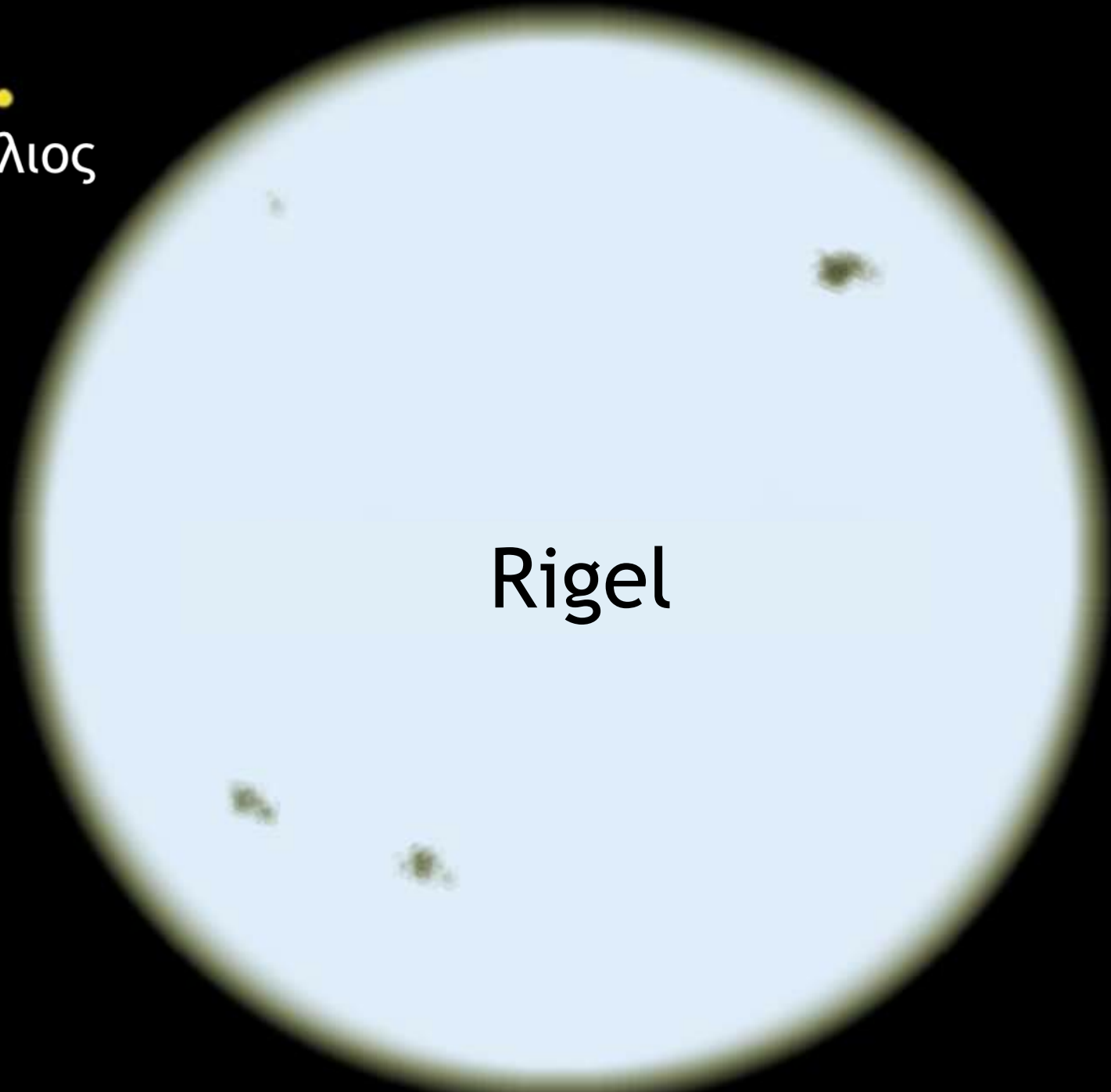


Rigel

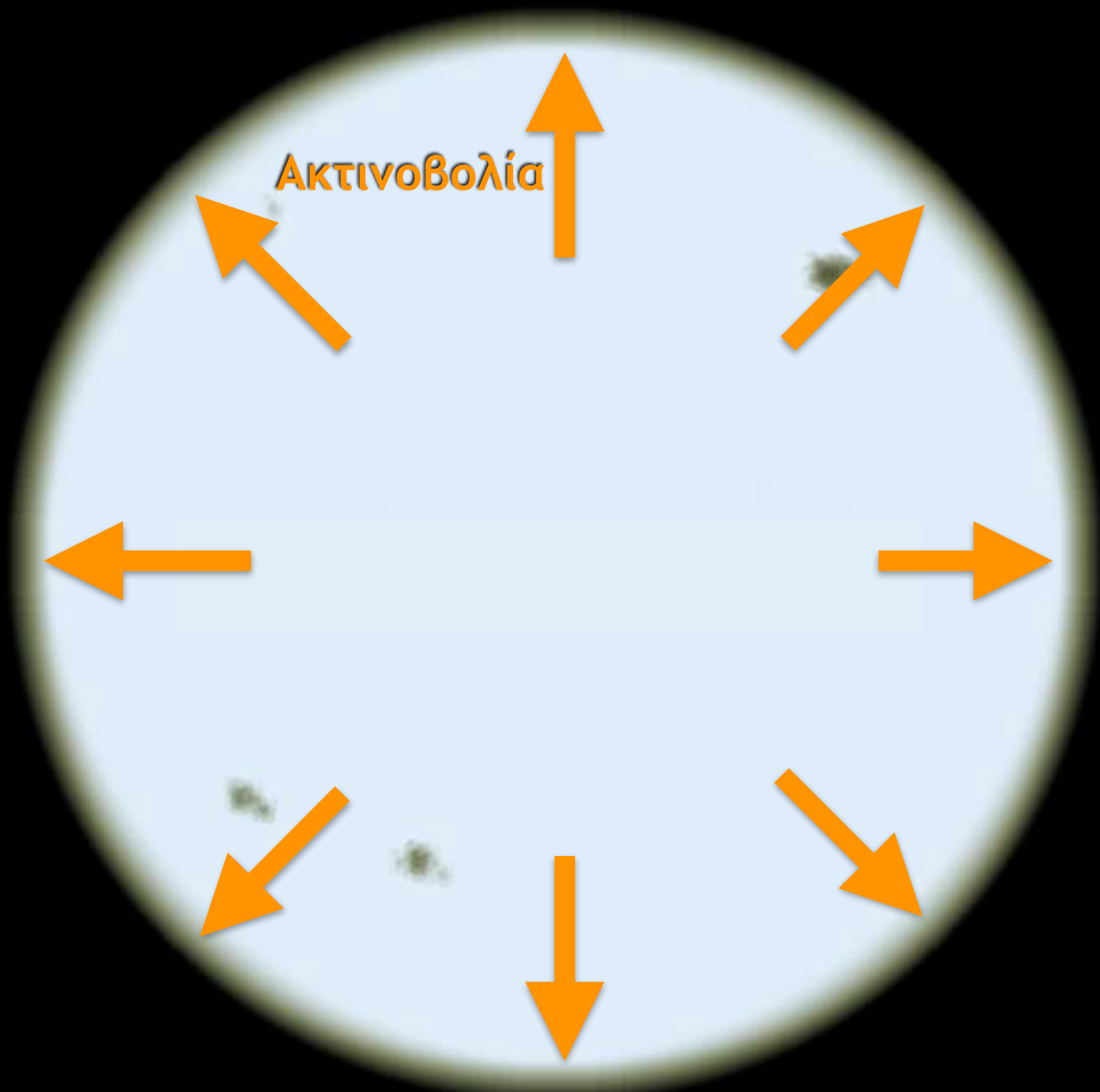
Βάρος: **21** φορές πιο βαρύς από τον Ήλιο
Διάμετρος: **160** εκατομμύρια χιλιόμετρα
Απόσταση: **800** έτη φωτός



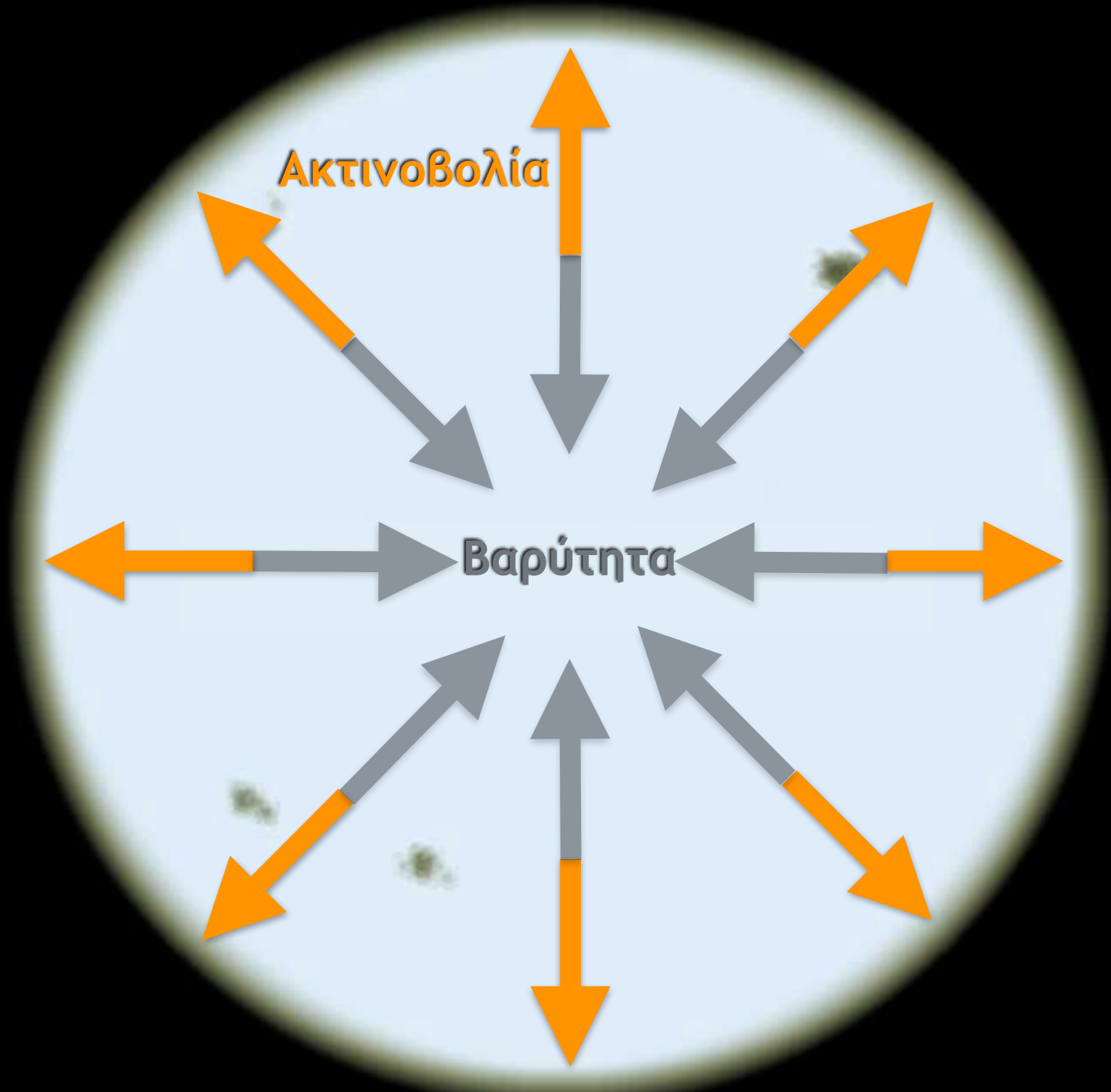
Ἡλιος



Rigel



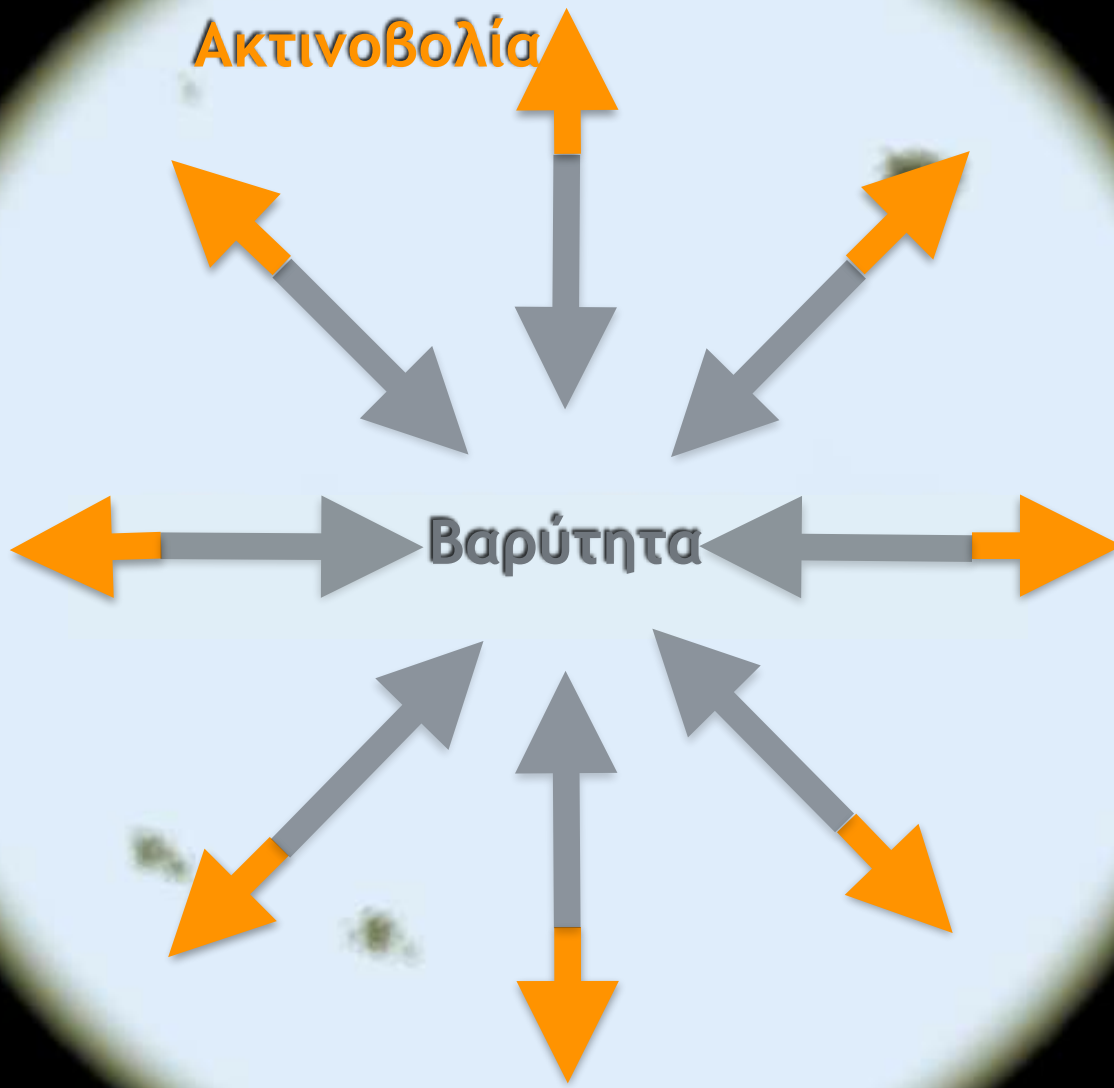
Ακτινοβολία



Ακτινοβολία

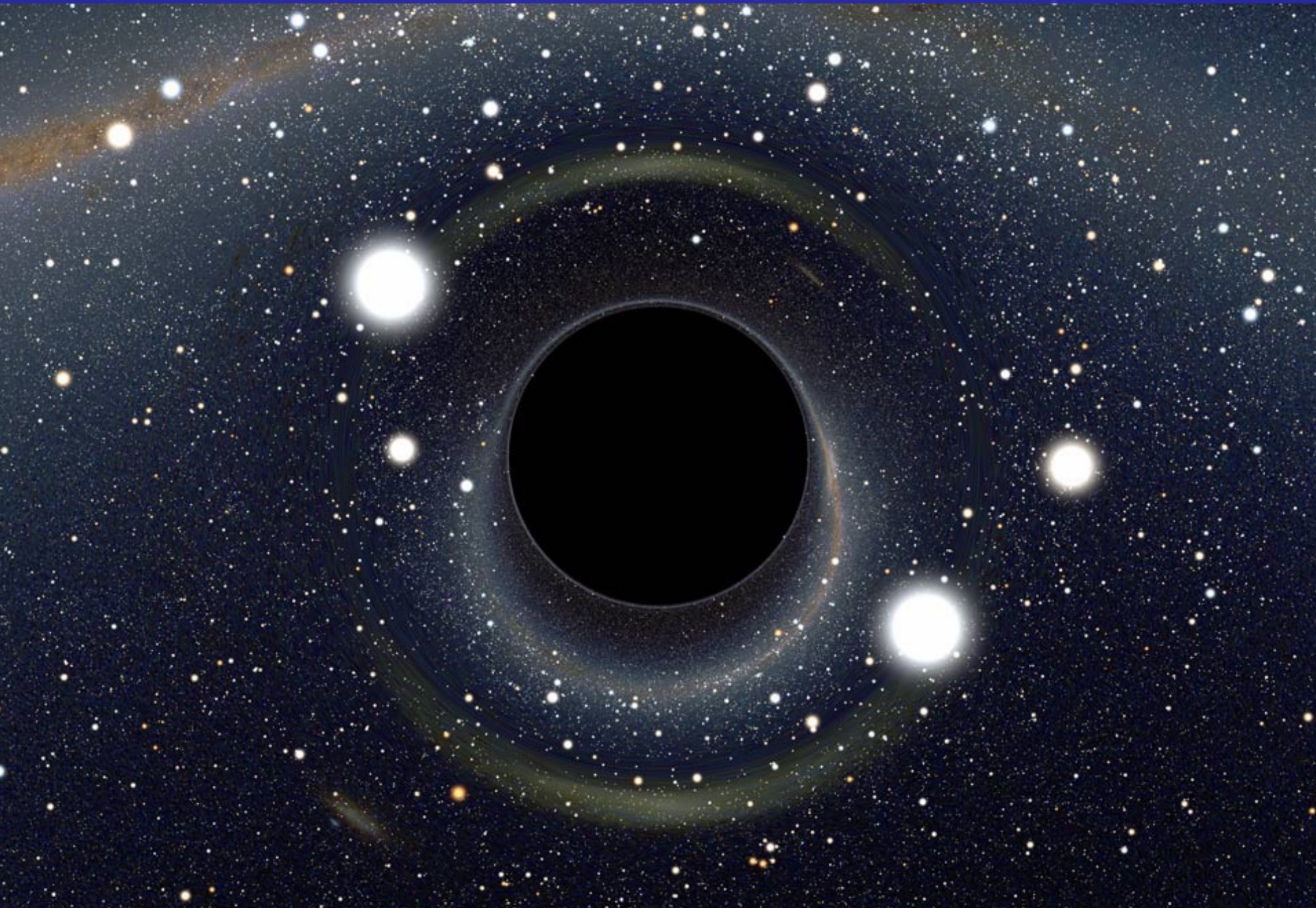
Βαρύτητα

Ακτινοβολία

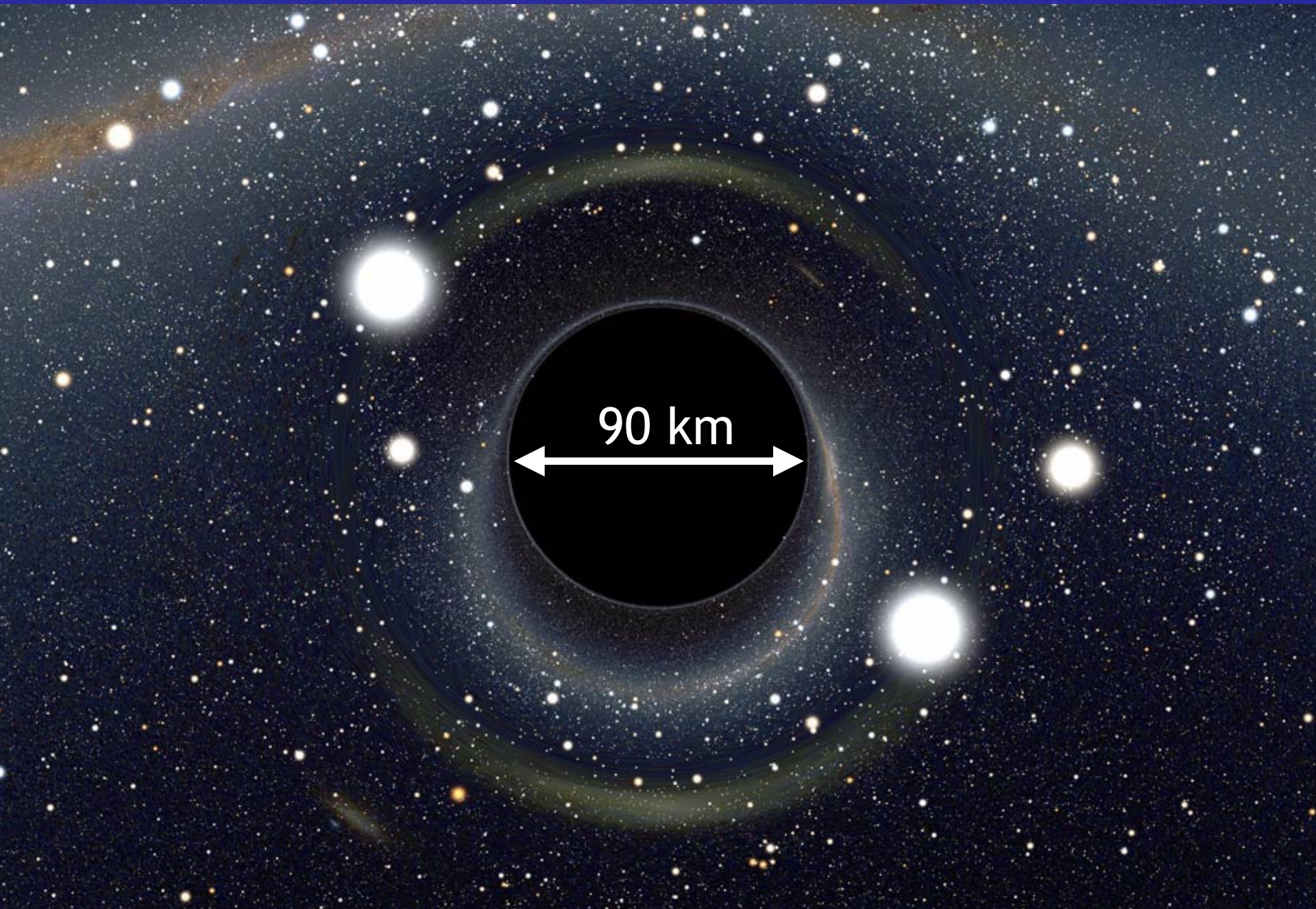


Βαρύτητα

Μαύρη Τρύπα



Μαύρη Τρύπα 30 ηλιακών μαζών



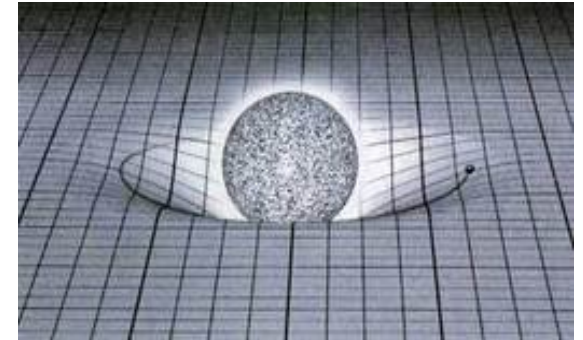
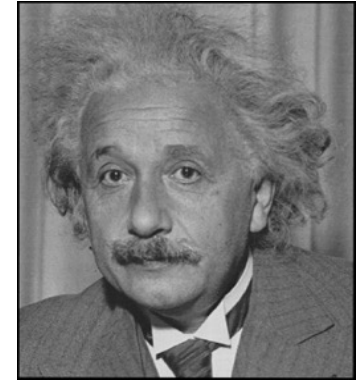
Γενική Θεωρία Σχετικότητας

1915: Ο Albert Einstein

Ο **χώρος** και ο **χρόνος** επηρεάζονται από τη βαρύτητα.

Η τροχιά του φωτός **καμπυλώνεται** όταν περνάει κοντά από μεγάλες μάζες, αλλά η **ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή** και ίδια για όλους.

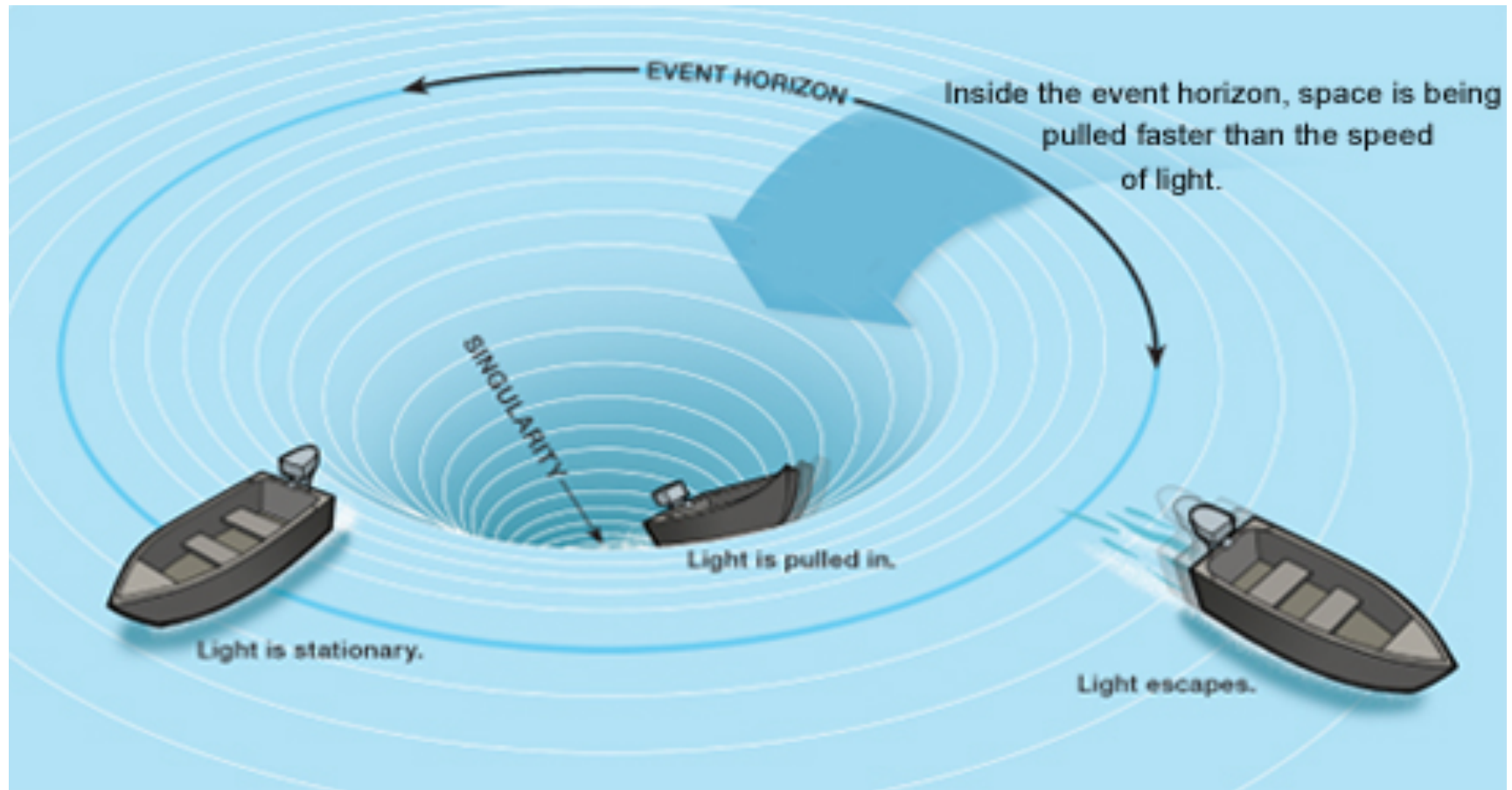
Βαρύτητα = **καμπύλωση** του **χωροχρόνου**.



$$G_{\alpha\beta} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\alpha\beta}$$

Ορίζοντας Γεγονότων μιας Μαύρης Τρύπας

Τίποτα δεν μπορεί να βγει από μια μαύρη τρύπα και η επιφάνειά της ονομάζεται **ορίζοντας γεγονότων**.

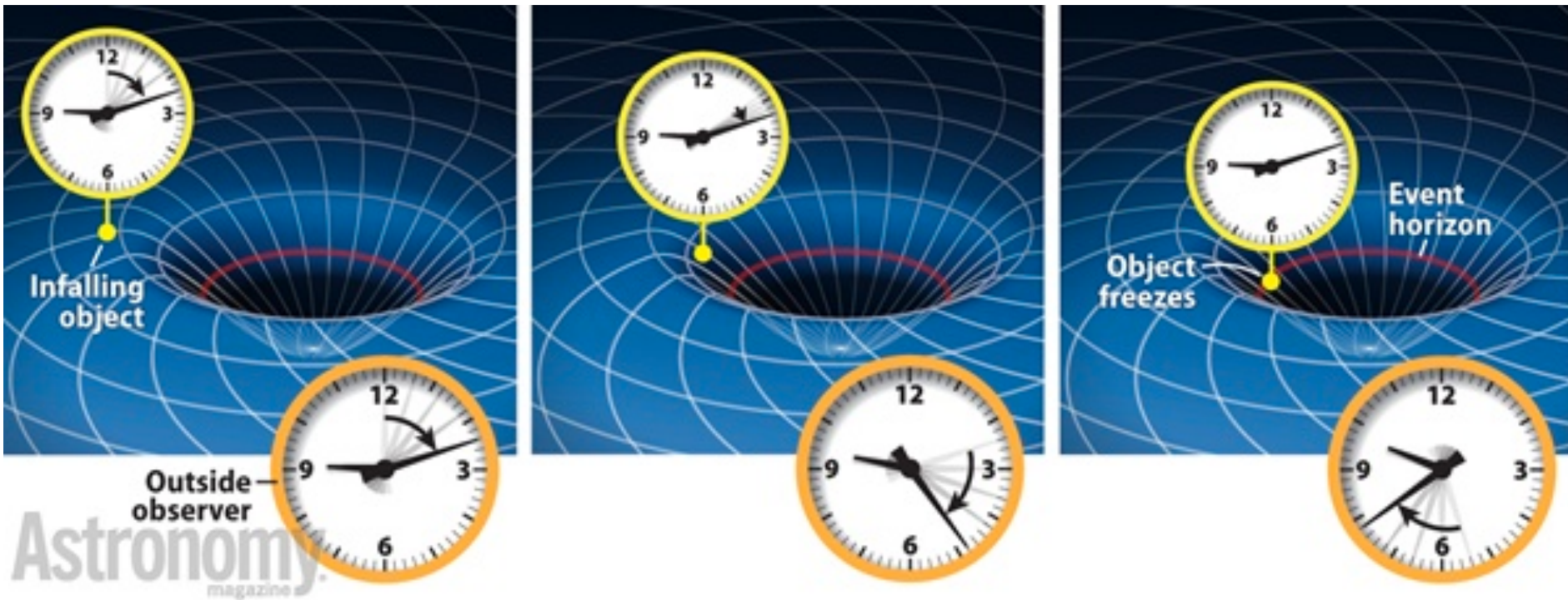


Καμπύλωση του φωτός



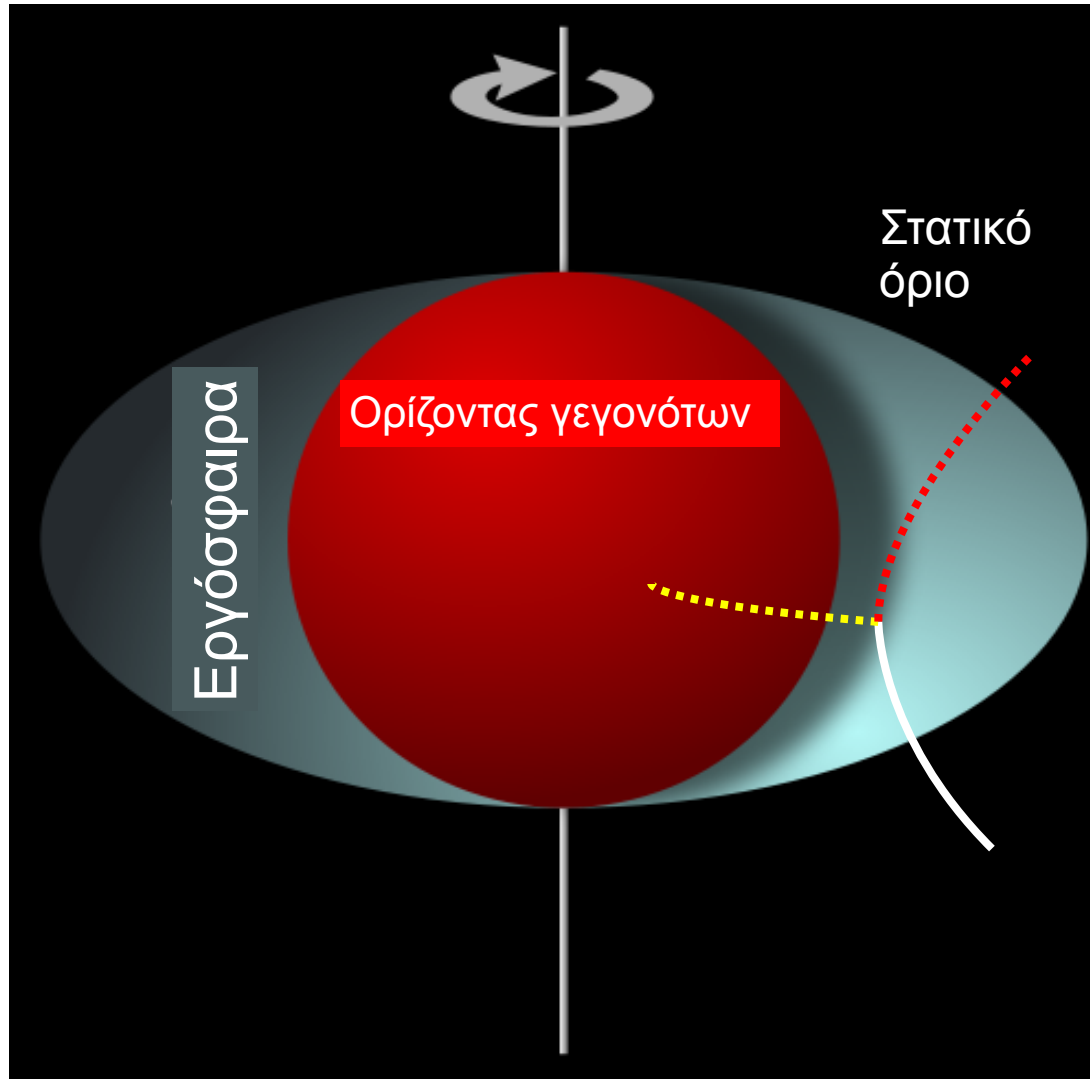
Διαστολή του χρόνου

Ο χρόνος κοντά στη μαύρη τρύπα κυλά **πιο αργά** σε σχέση με το δικό μας χρόνο.



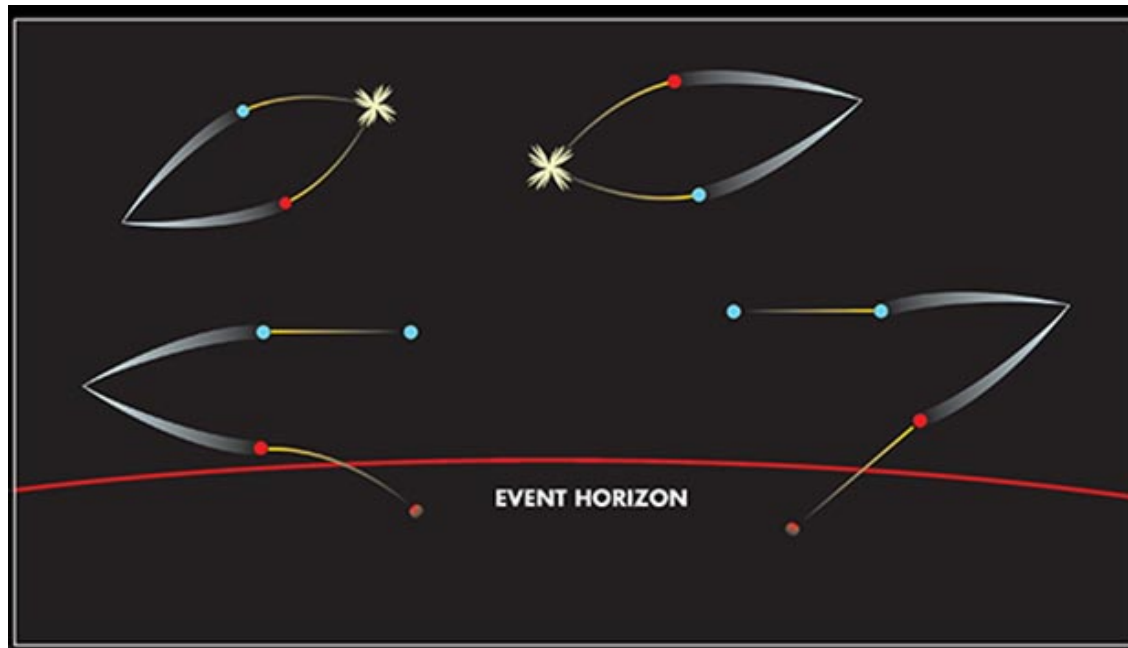
Μηχανισμός Penrose

Η διάσπαση ενός σωματιδίου εντός της εργόσφαιρας μπορεί να **εξάγει ενέργεια** από την περιστροφή της μελανής οπής.



Ακτινοβολία Hawking

Σε πρώτη προσέγγιση, αν λάβουμε υπόψη τις κβαντομηχανικές ιδιότητες του κενού κοντά στον ορίζοντα γεγονότων, οι μελανές οπές ακτινοβολούν!



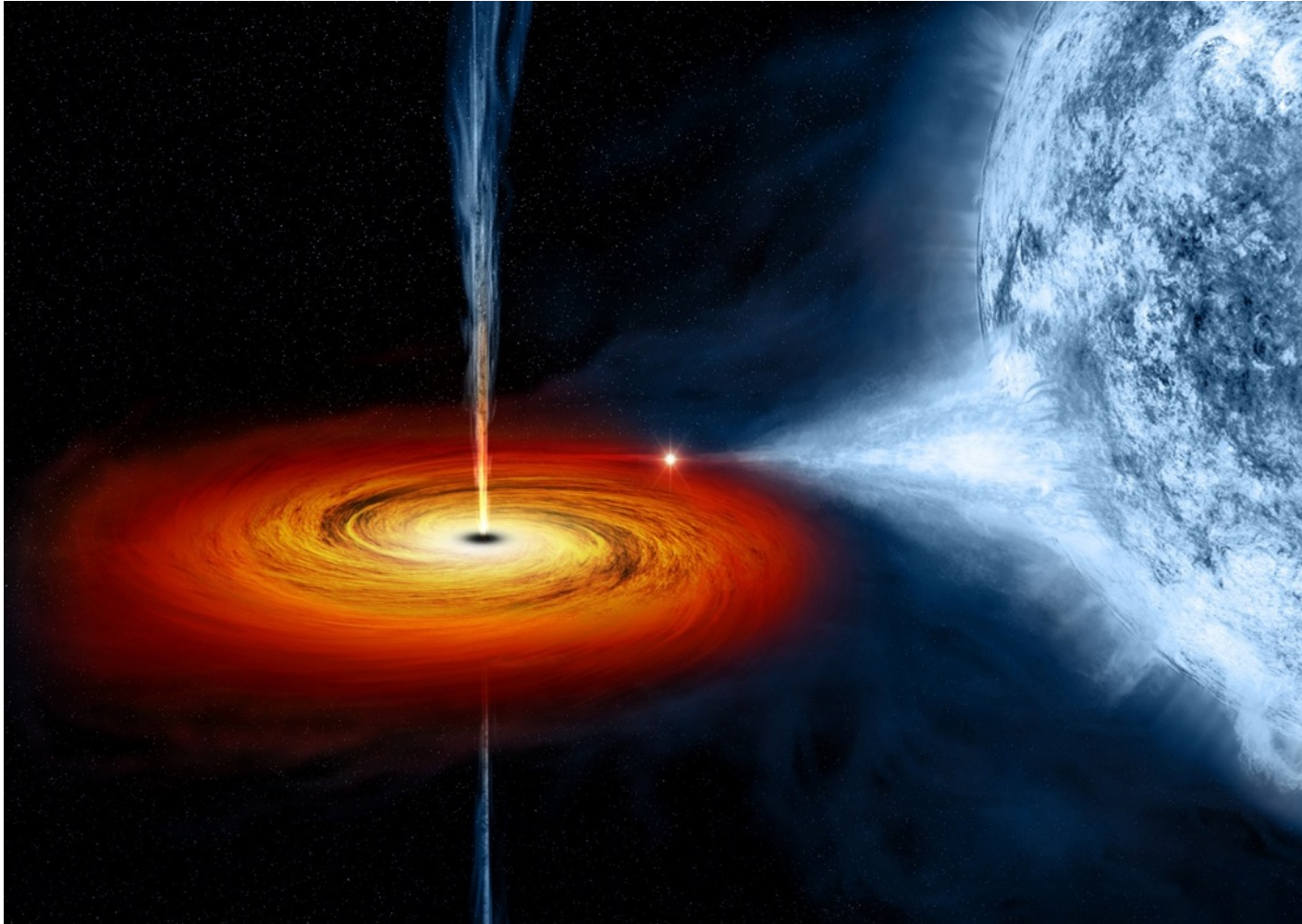
Οι μελανές οπές μάλλον δεν είναι εντελώς “μαύρες”.

Γαλαξίας: 200 δισεκατομμύρια αστέρια



Μελανή Οπή σε Διπλό Σύστημα

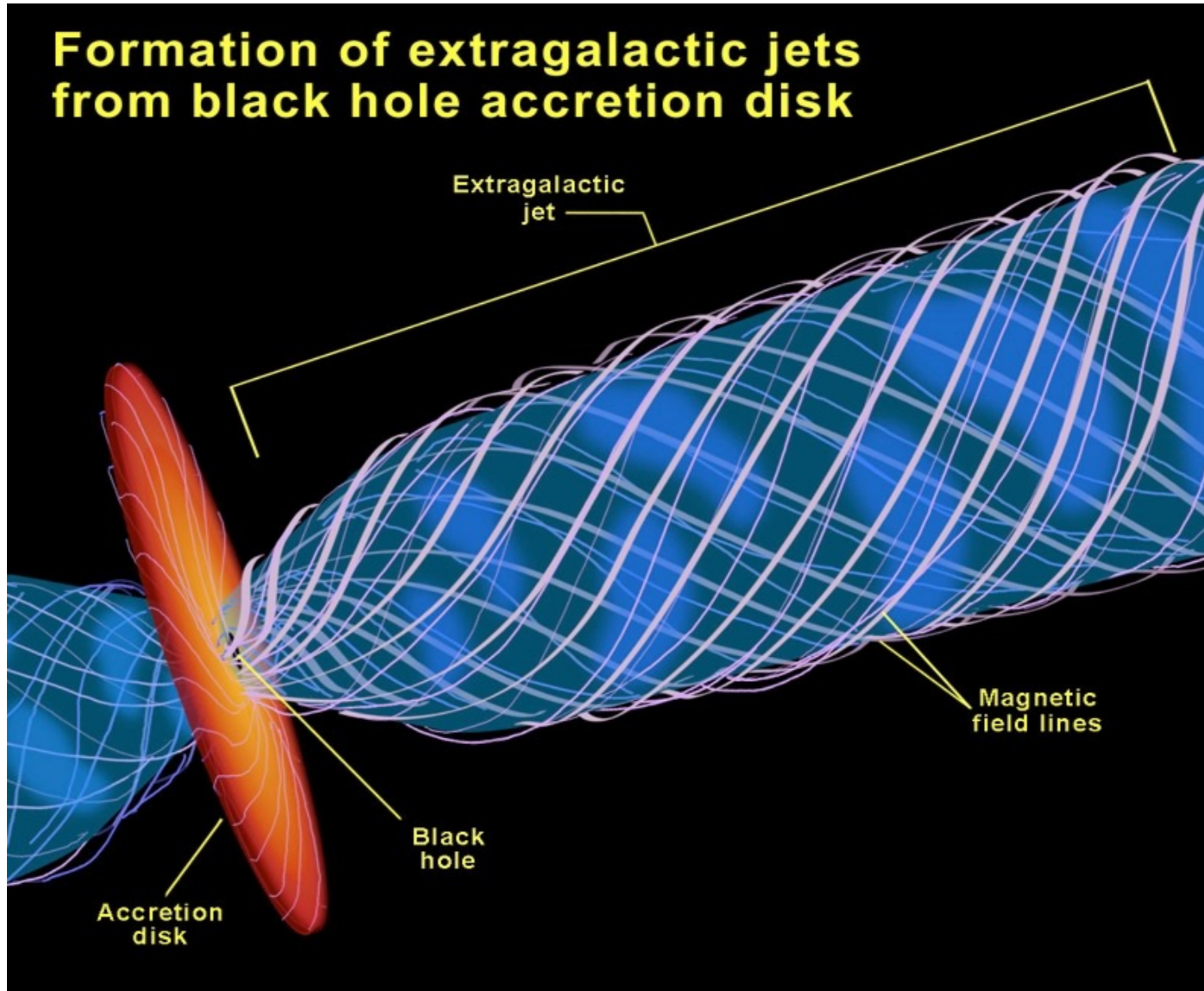
Δημιουργείται Δίσκος Προσαύξησης: Έντονη ακτινοβολία στις Ακτίνες-Χ
Δημιουργία πίδακα ύλης με ταχύτητες κοντά σ' αυτή του φωτός



(Καλλιτεχνική αναπαράσταση δίσκου προσαύξησης)

Δημιουργία Πίδακα

Ο πίδακας σταθεροποιείται από μαγνητικά πεδία.



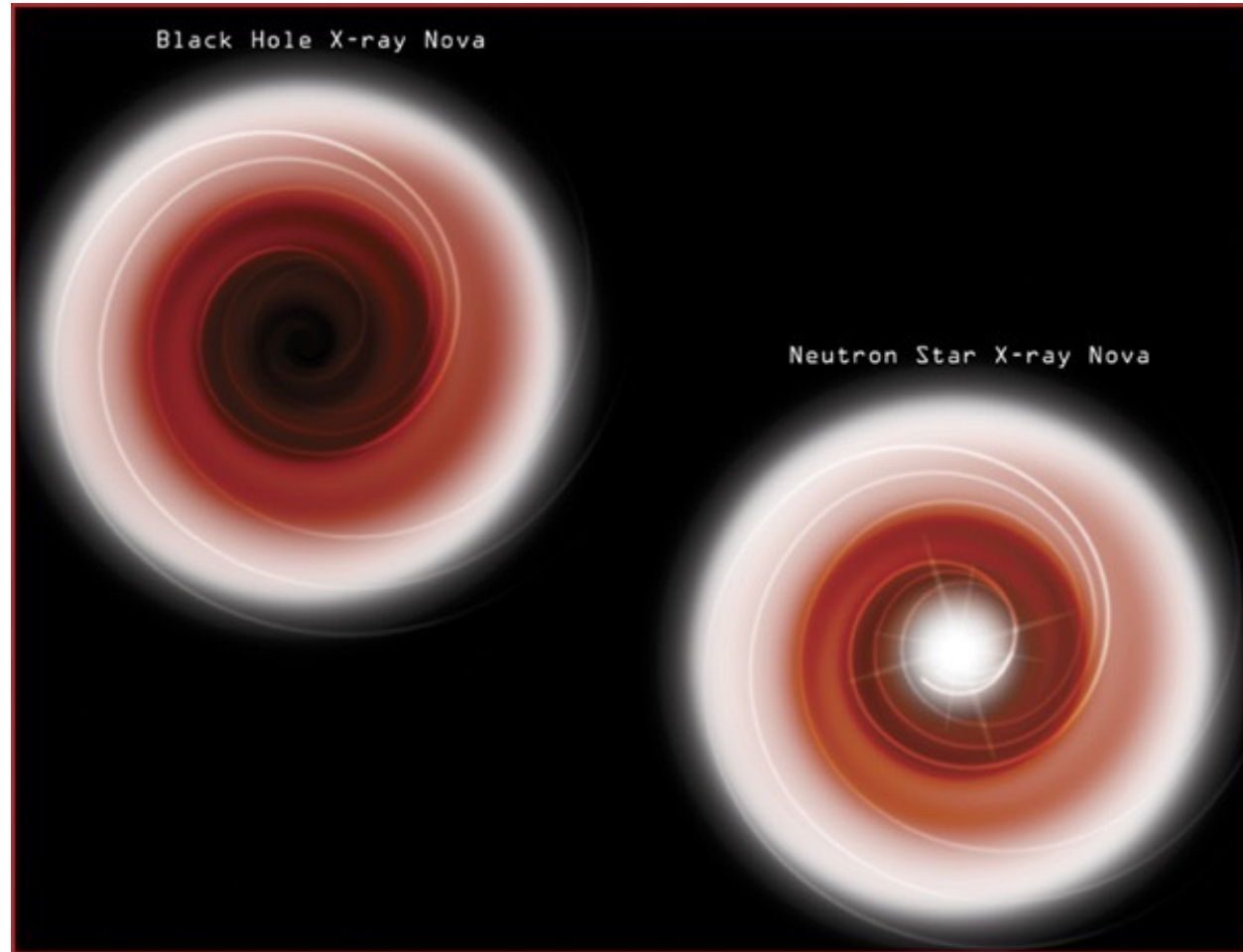
Διαφορά Μελανής Οπής και Αστέρων Νετρονίων

ΜΕΛΑΝΗ ΟΠΗ:

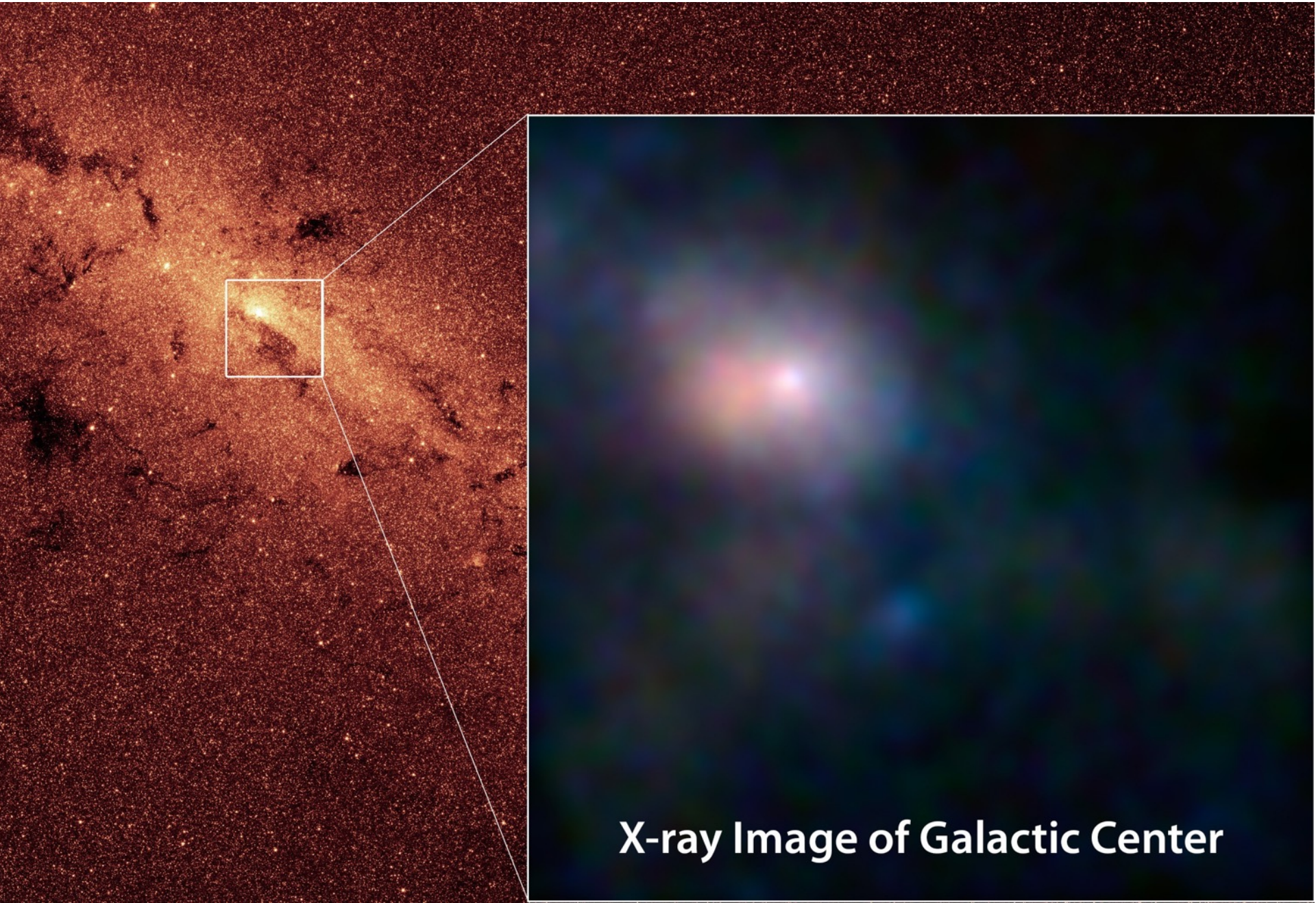
Η ύλη περνά τον ορίζοντα γεγονότων χωρίς έκλαμψη.

ΑΣΤΕΡΑΣ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ:

Η ύλη συγκρούεται με την επιφάνεια του αστέρα: έκλαμψη!

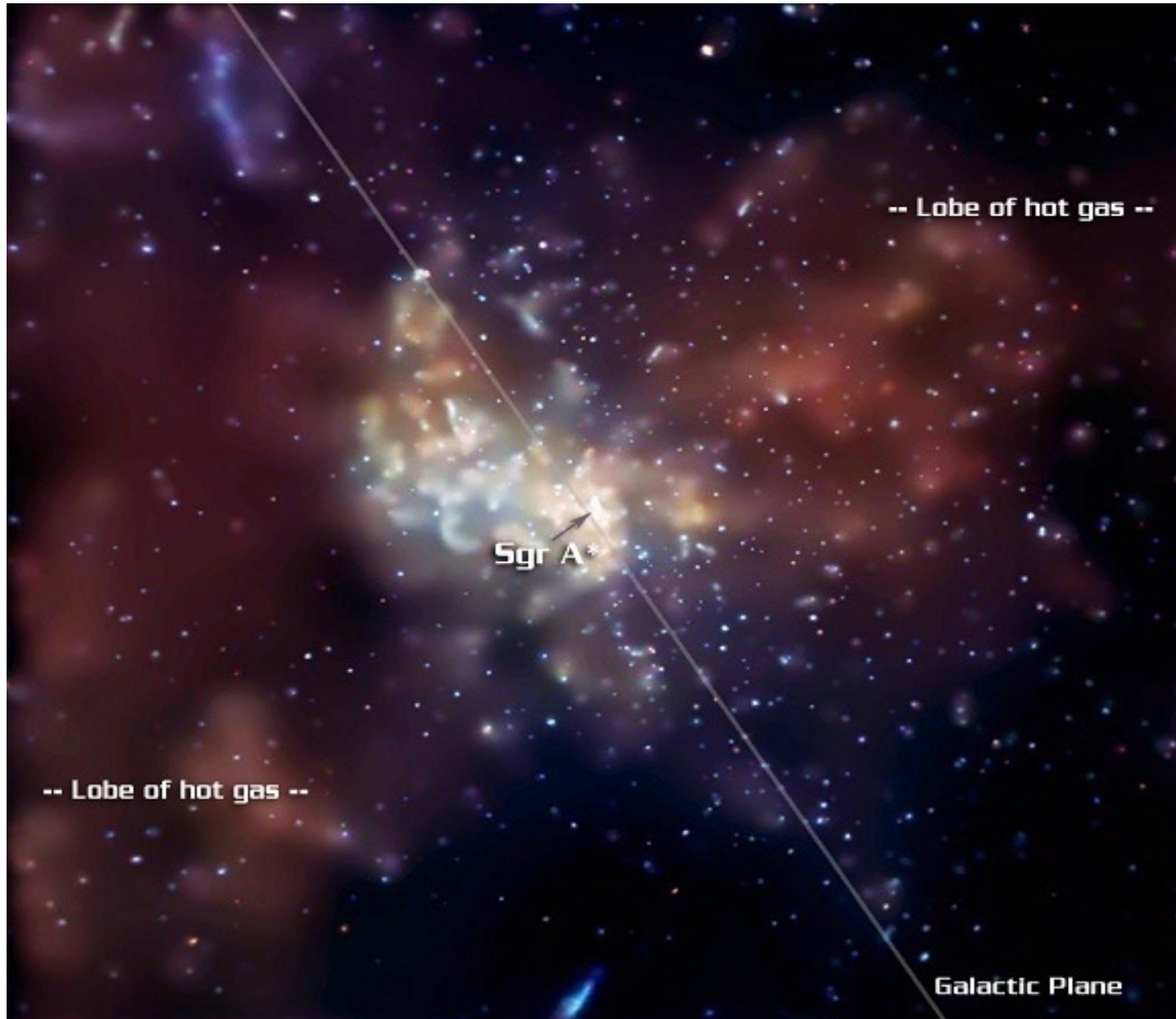


Μελανή οπή στο κέντρο του Γαλαξία (Sgr A*)



X-ray Image of Galactic Center

Μελανή οπή στο κέντρο του Γαλαξία (Sgr A*)



Μελανή οπή στο κέντρο του Γαλαξία (Sgr A*)

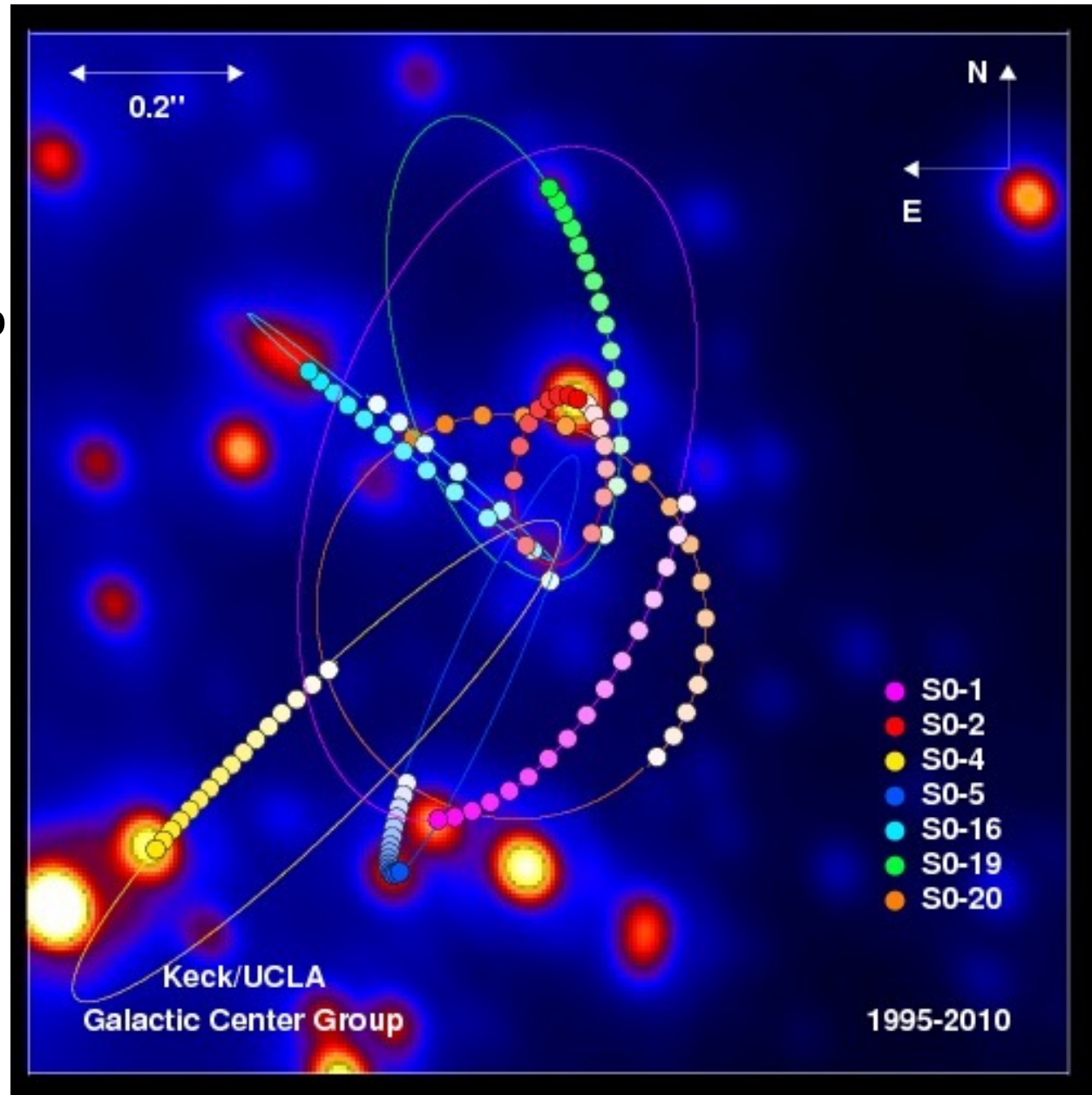
Απόσταση από εμάς:

26000 έτη φωτός

Κίνηση άστρων γύρω από τον Sgr A*

Μάζα μελανής οπής:

4 εκατομμύρια ηλιακές μάζες

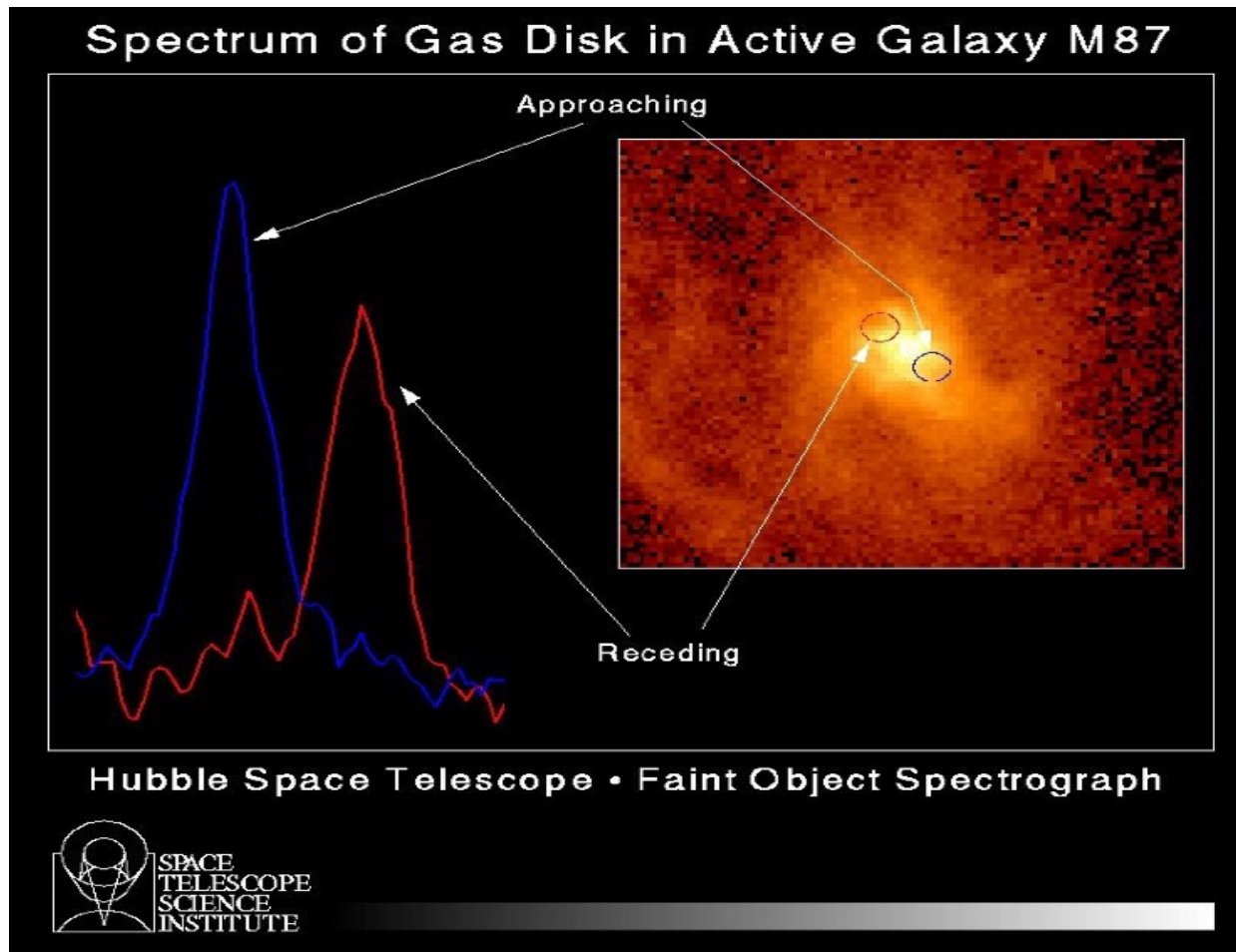


Μέτρηση Ταχυτήτων Κοντά στη Μελανή Οπή M87

Απόσταση: 52 εκ. έτη φωτός (2000 φορές πιο μακριά από τον Sgr A*)

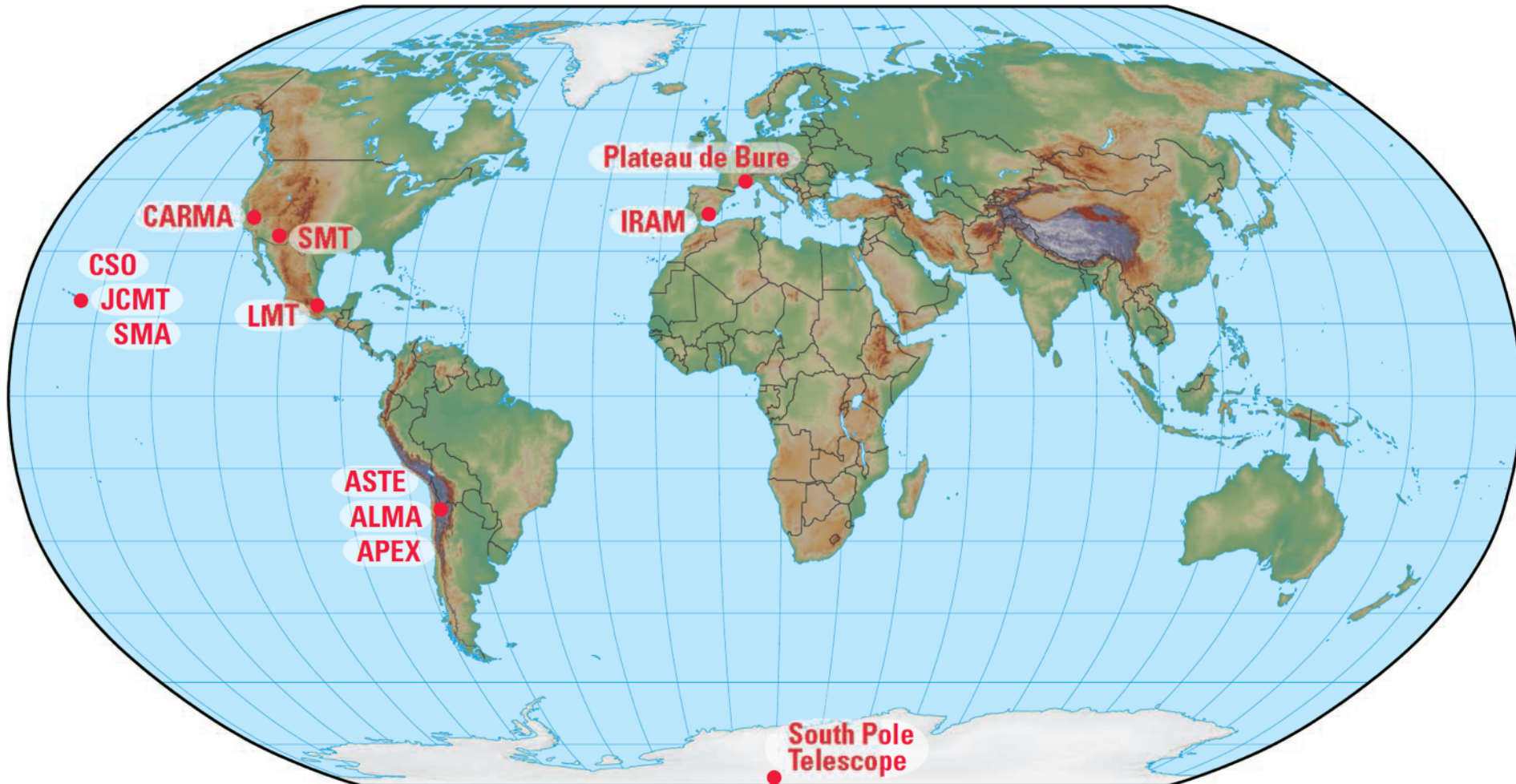
Μετάθεση Doppler γνωστών φασματικών γραμμών: ταχύτητες ~550 km/s.

Μάζα: 6.5 δισεκατομμύρια ηλιακές μάζες.



Event Horizon Telescope (EHT)

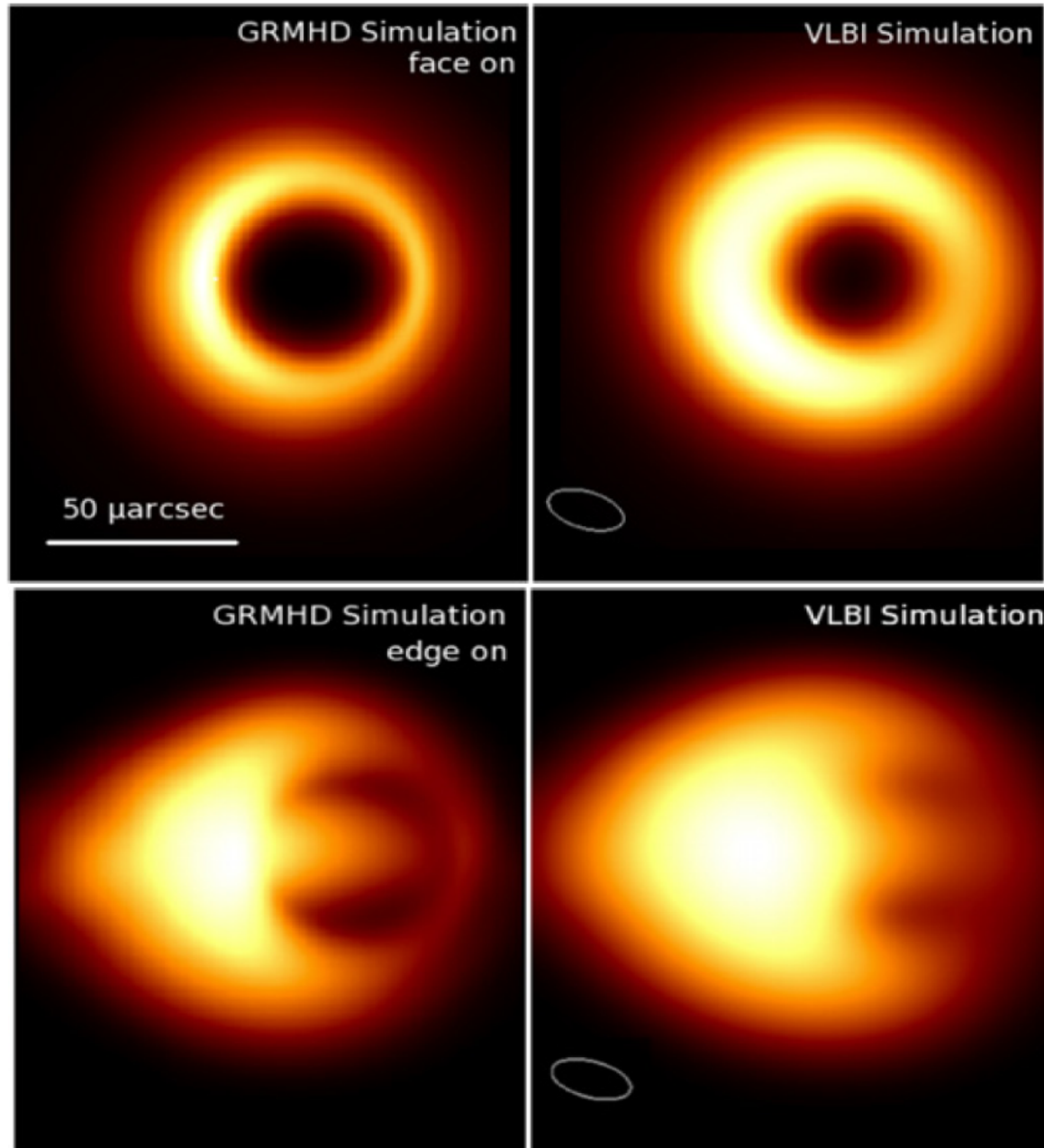
Ένας αριθμός ραδιοτηλεσκοπίων συνδυάζεται συμβολομετρικά, για να πετύχουμε ακρίβεια ίση με ένα τηλεσκόπιο με διάμετρο όση η Γη.



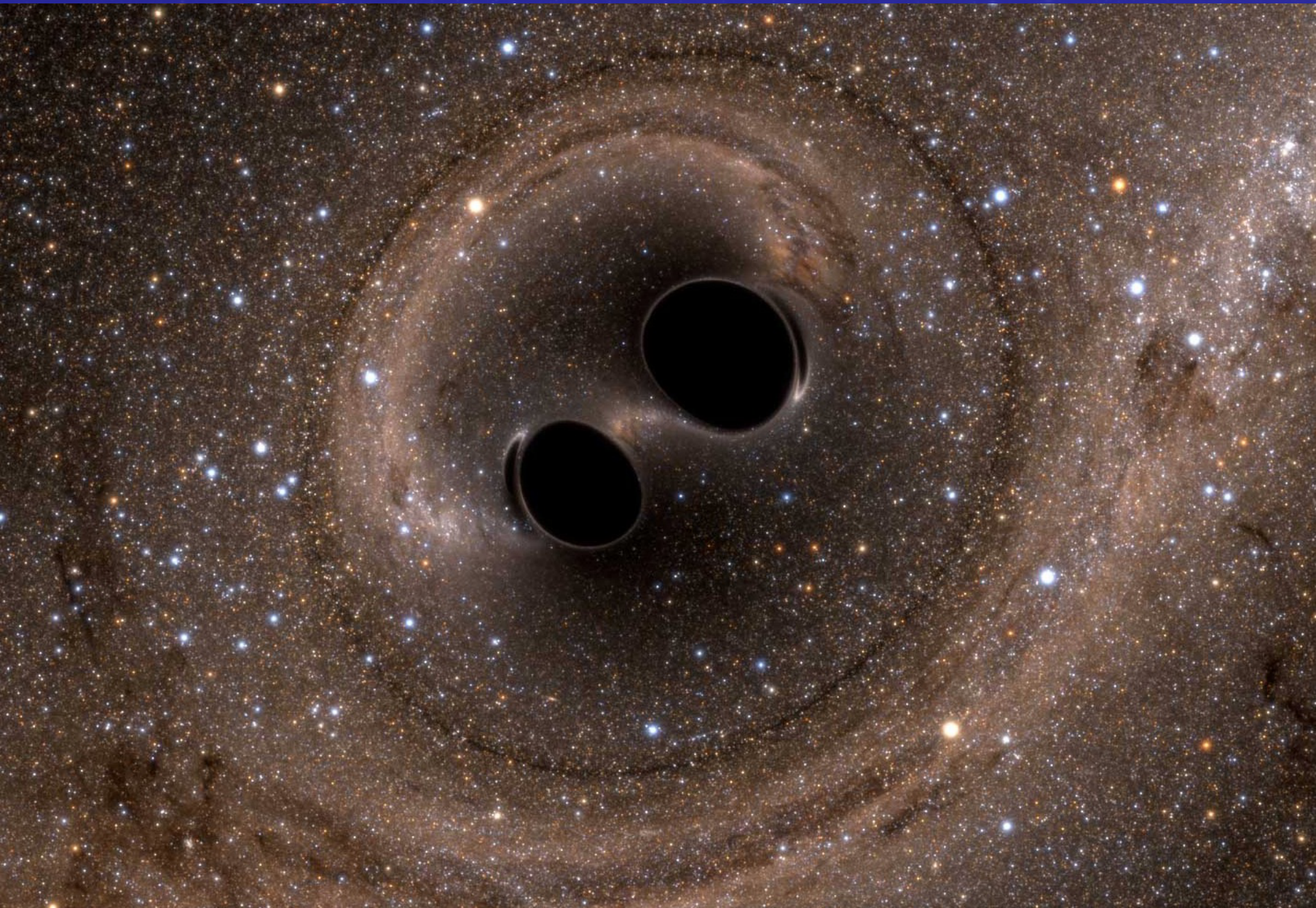
Ραδιοτηλεσκόπιο ALMA στη Χιλή



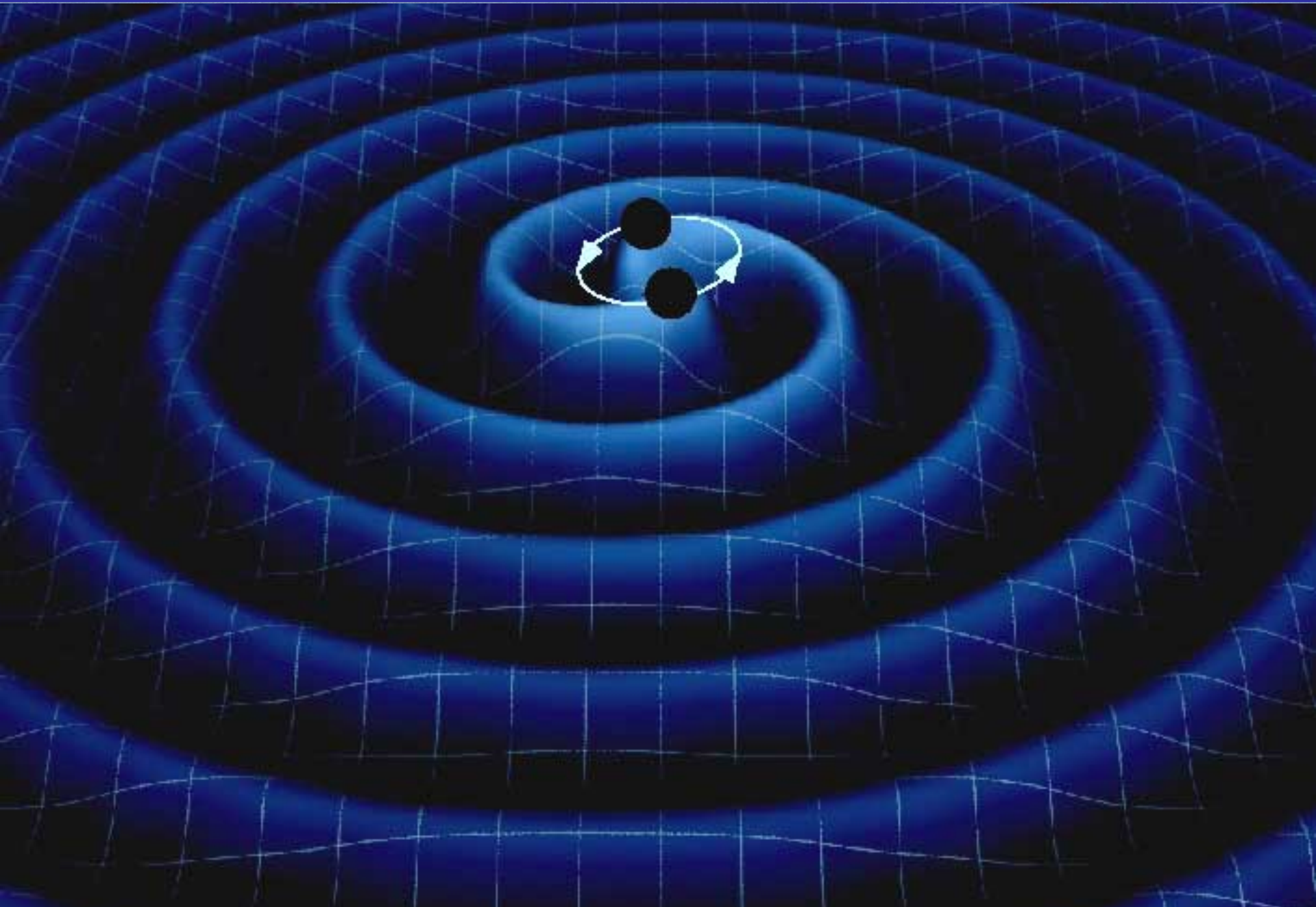
Αναμενόμενες παρατηρήσεις



Ζεύγος μαύρων τρυπών

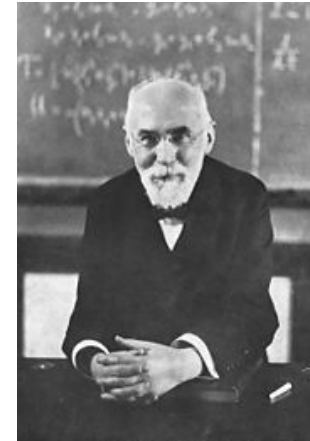


Βαρυτικά Κύματα

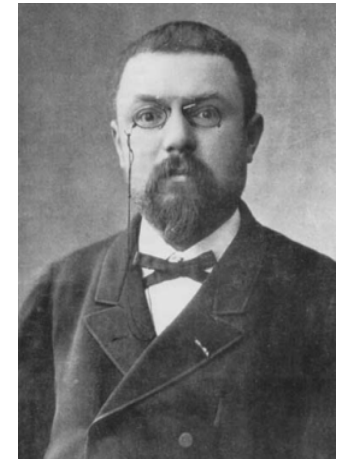


Πως διαδίδεται η βαρύτητα;

1900: ο **Lorentz** προτείνει ότι η δύναμη της βαρύτητας **δε μεταδίδεται ακαριαία** (όπως προβλέπει η Νευτώνεια θεωρία) αλλά με την **ταχύτητα του φωτός**.

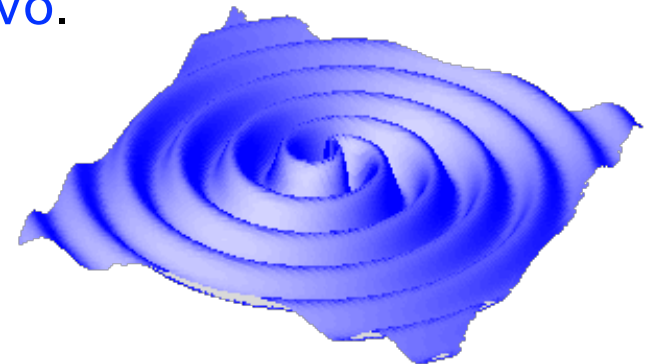


1905: ο **Poincaré** προτείνει την ύπαρξη βαρυτικών κυμάτων.

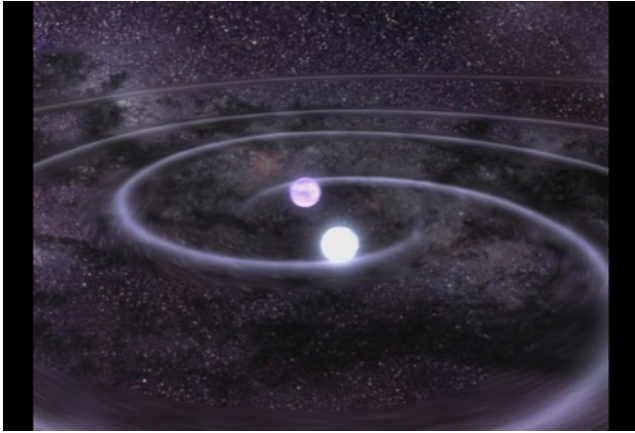


1915: Οι εξισώσεις του **Einstein** πράγματι περιγράφουν τη διάδοση της βαρύτητας ως **κύμα**, με **ταχύτητα ίση με αυτή του φωτός στο κενό**.

$$-\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} + \nabla^2 \Phi = 4\pi G\rho$$



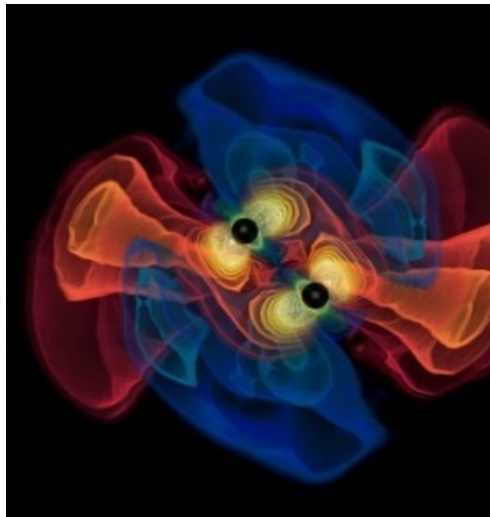
Κύριες Πηγές Βαρυτικών Κυμάτων



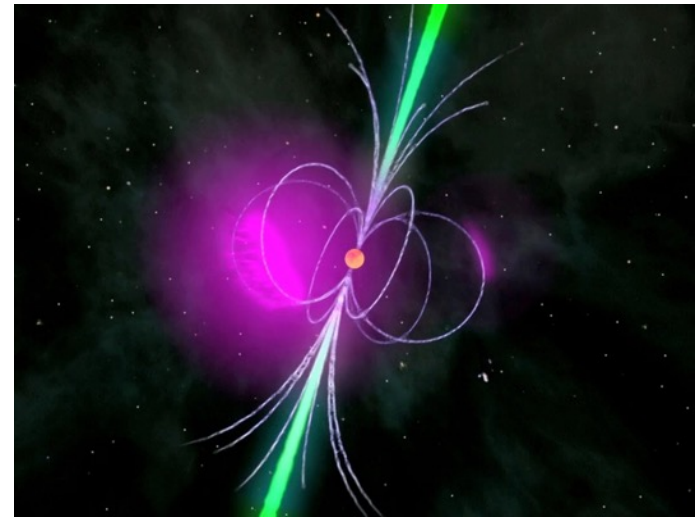
Συγχώνευση Αστέρων Νετρονίων



Κατάρρευση Αστέρων



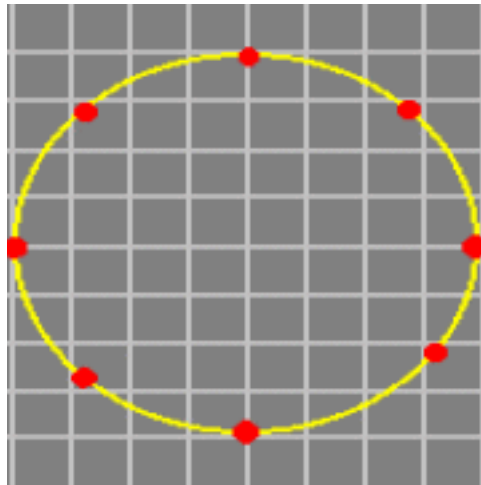
Συγχώνευση Μαύρων Τρυπών



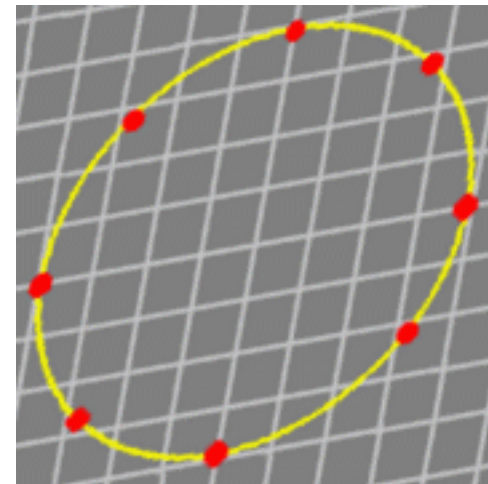
Περιστρεφόμενοι Αστέρες Νετρονίων

Πόλωση Βαρυτικών Κυμάτων

Τα βαρυτικά κύματα είναι *εγκάρσια* και έχουν δύο ειδών *πολώσεις*:

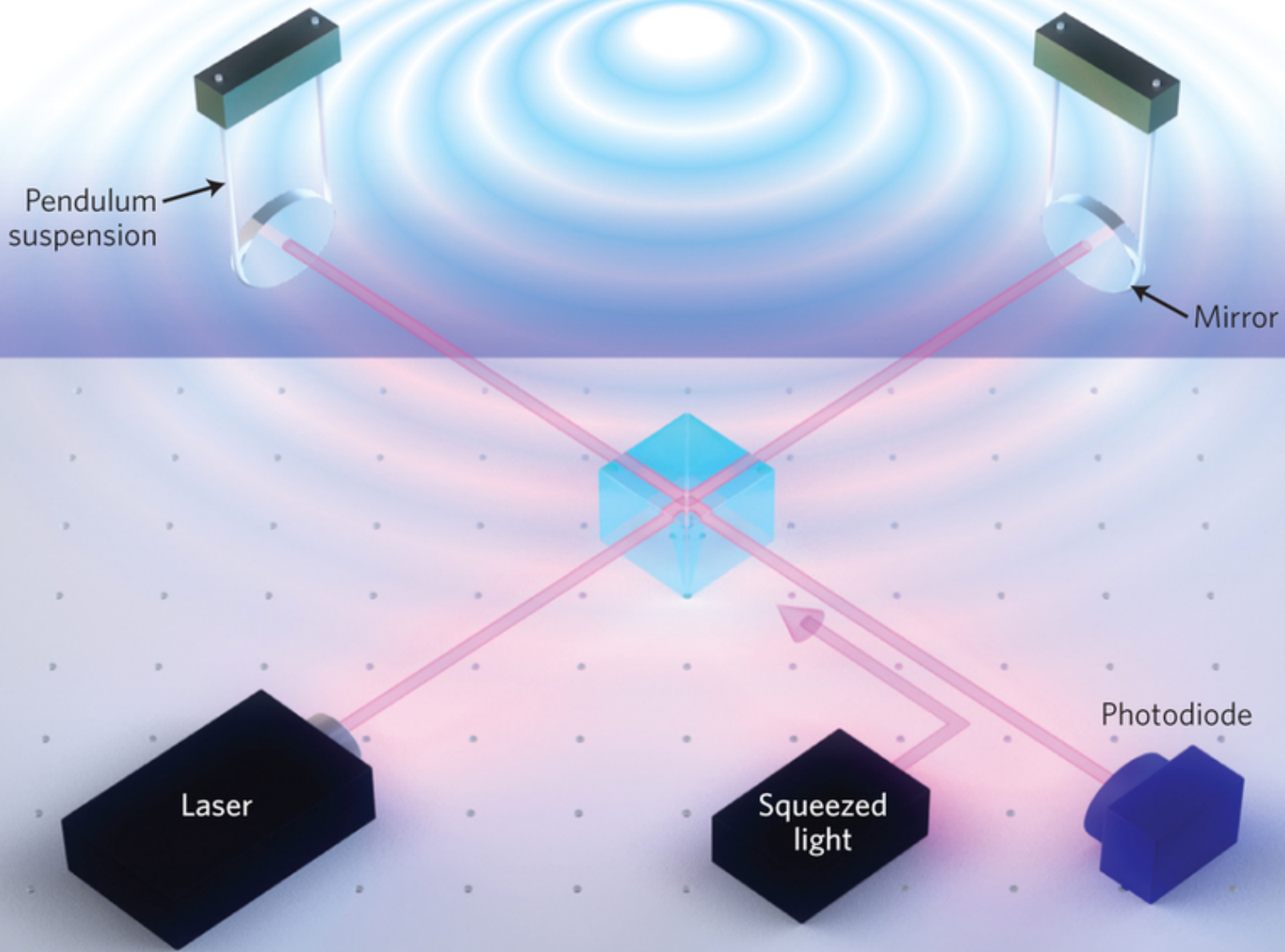


Πόλωση +

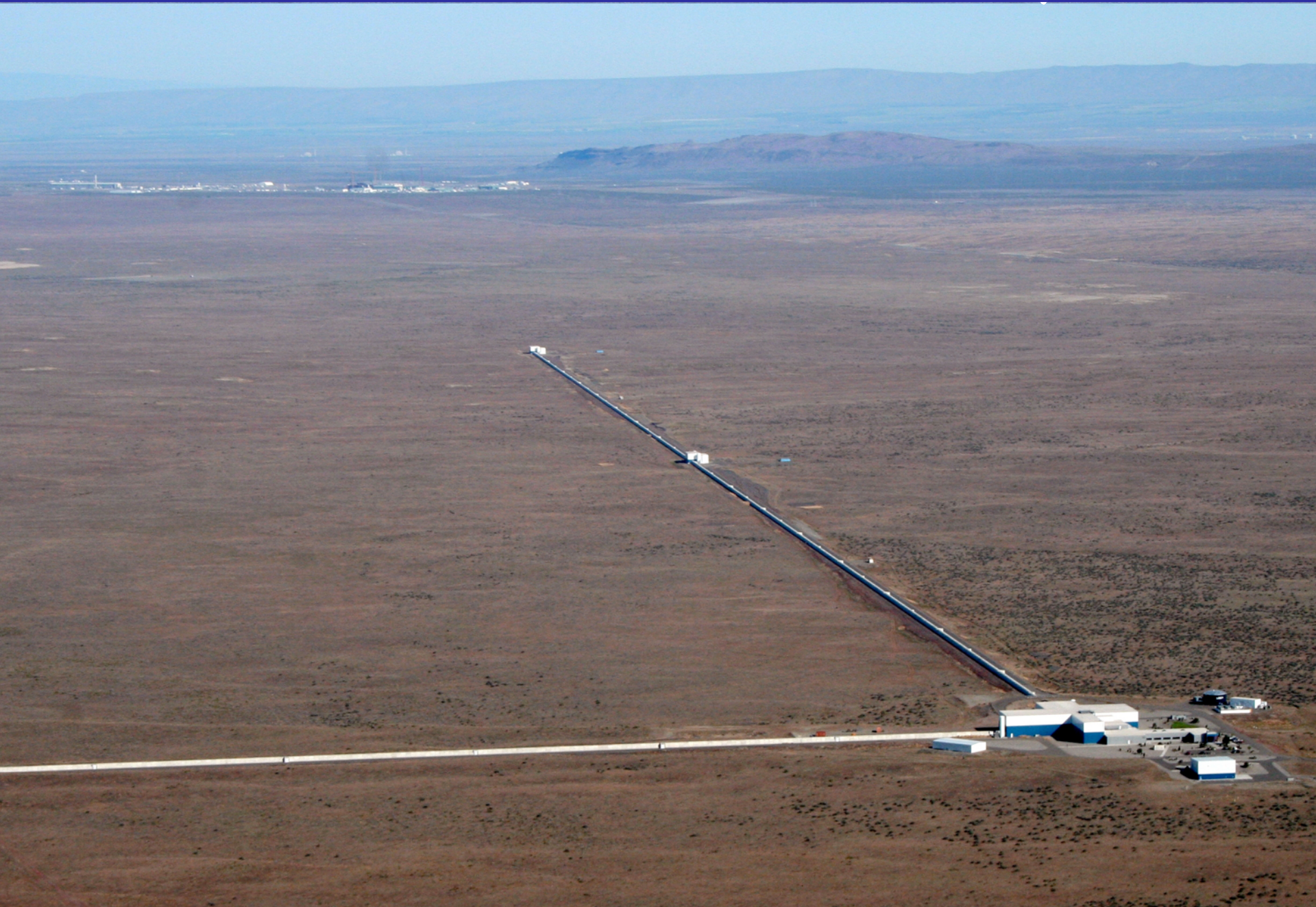


Πόλωση X

Gravitational waves



Ανιχνευτής Advanced LIGO (ΗΠΑ)



14/9/2015: Πρώτη ανίχνευση βαρυτικών κυμάτων

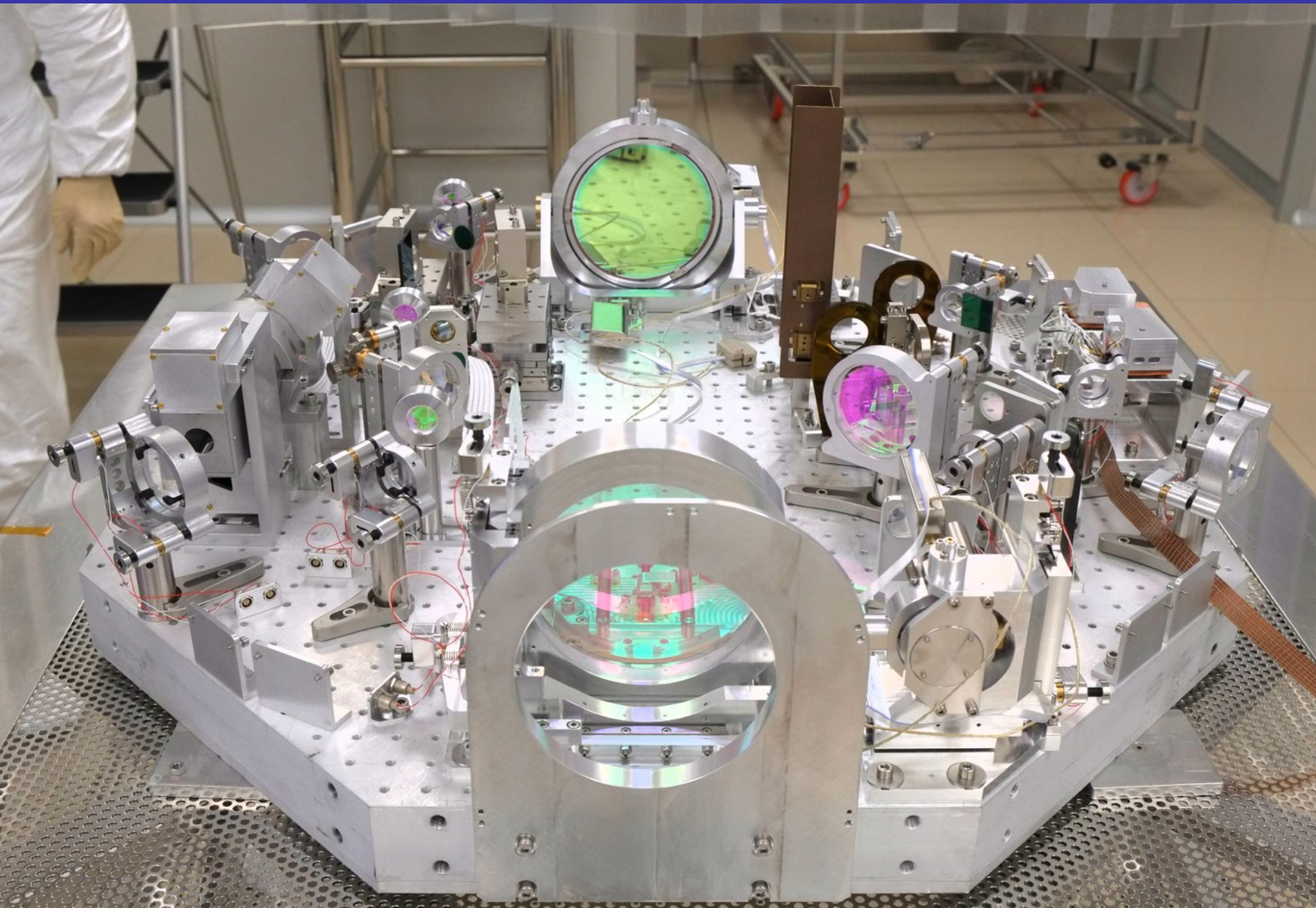


Απόσταση από εμάς:
1 δισεκατομμύρια έτη φωτός

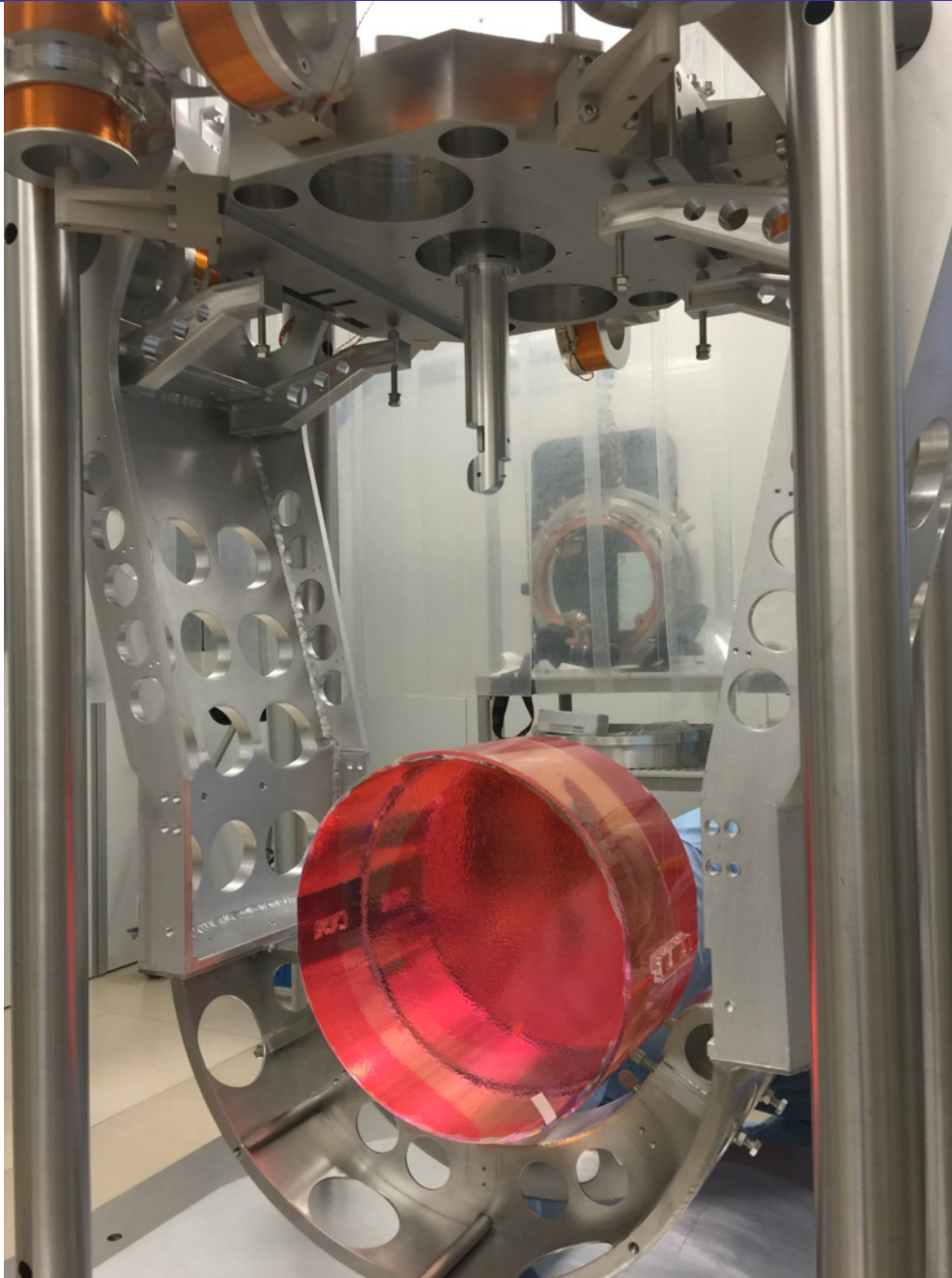
Ανιχνευτής Advanced VIRGO (Πίζα, Ιταλία)



Πηγή Laser



Οπτικά στοιχεία



Λιωμένο καθαρό και ομογενές διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) (fused silica).

Διοξείδιο του πυριτίου

"DO NOT EAT"

DESICCANT

SILICA

GEL

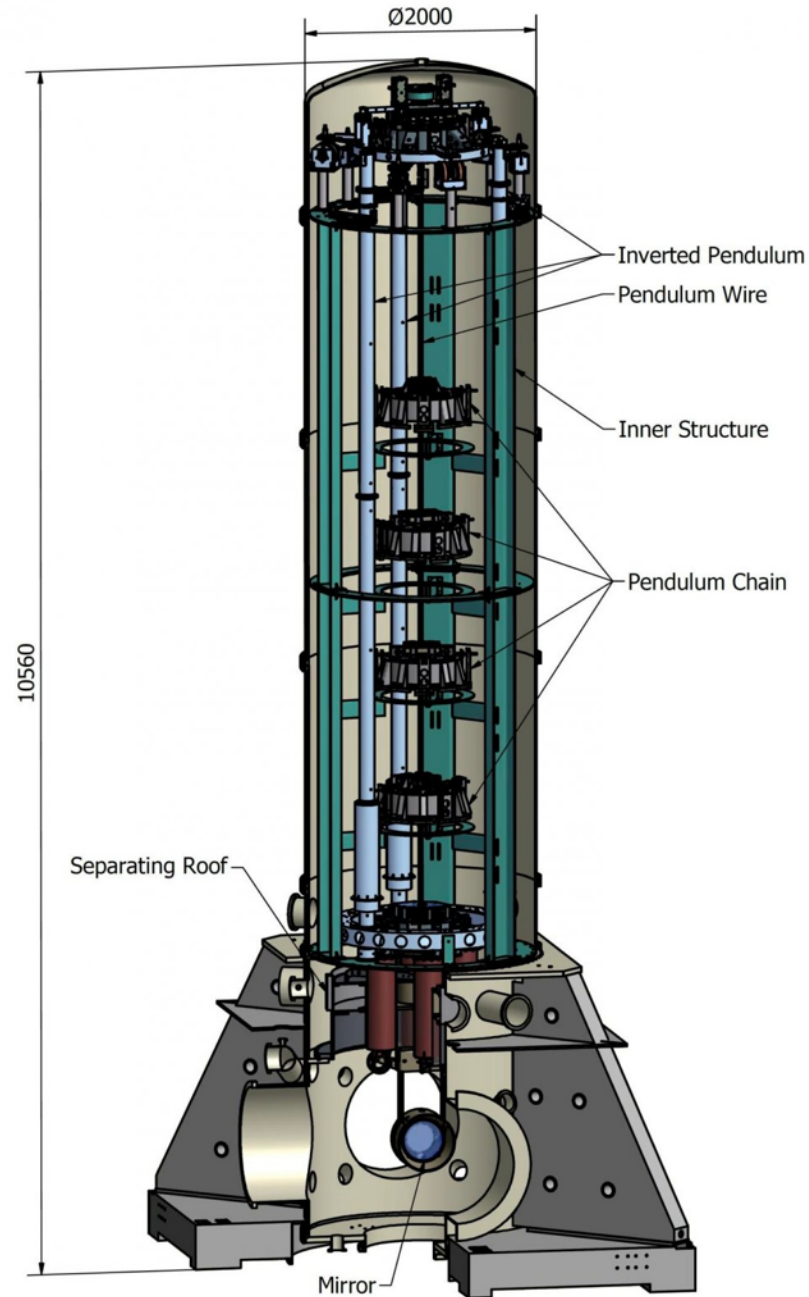
THROW AWAY

"DO NOT EAT"

DESICCANT



Σύστημα απορρόφησης κραδασμών



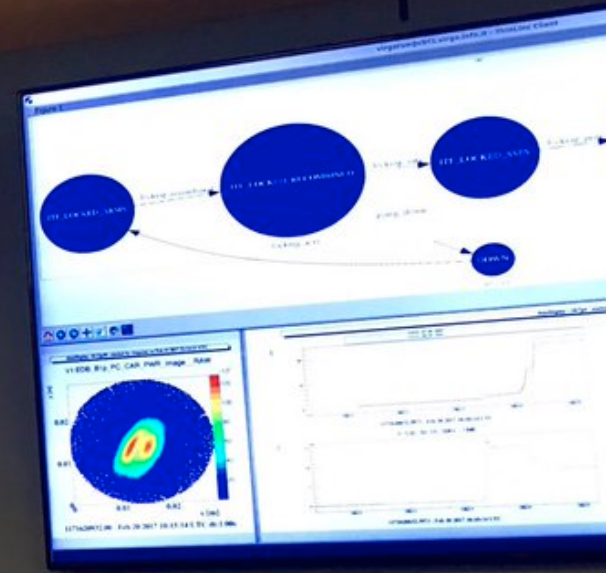
Σύστημα απορρόφησης κραδασμών



Σωλήνες κενού



Αίθουσα Ελέγχου



11:15 18

10:15 18



Ολοκλήρωση Αναβάθμισης του Ανιχνευτή VIRGO



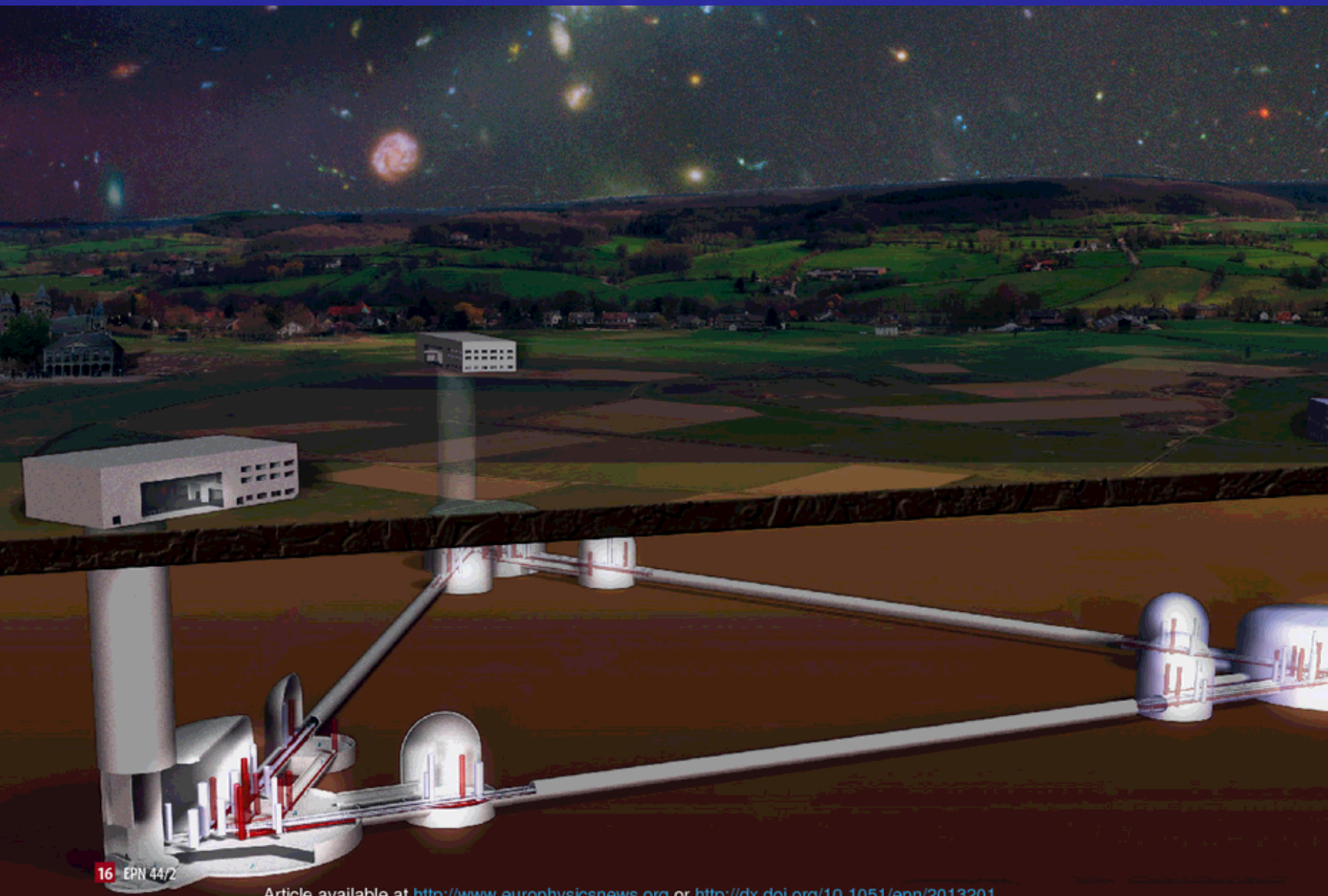
Συμμετοχή στο Επιστημονικό
Συμβούλιο
Virgo-Ego Scientific Forum (VESF)

Παγκόσμιο δίκτυο ανιχνευτών

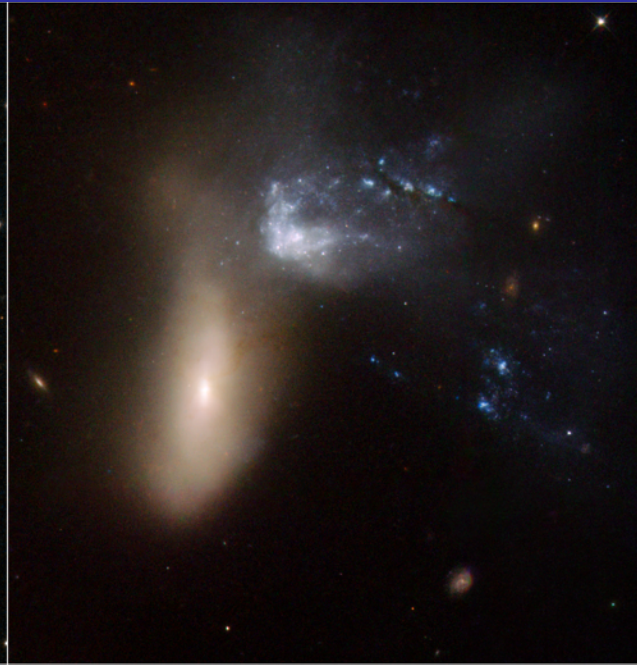
Σύντομα, όλοι οι συμβολομετρικοί ανιχνευτές θα λειτουργούν ως ένα *ενιαίο πείραμα*, το οποίο θα επιτρέπει τον *εντοπισμό θέσης* των διαφόρων πηγών.



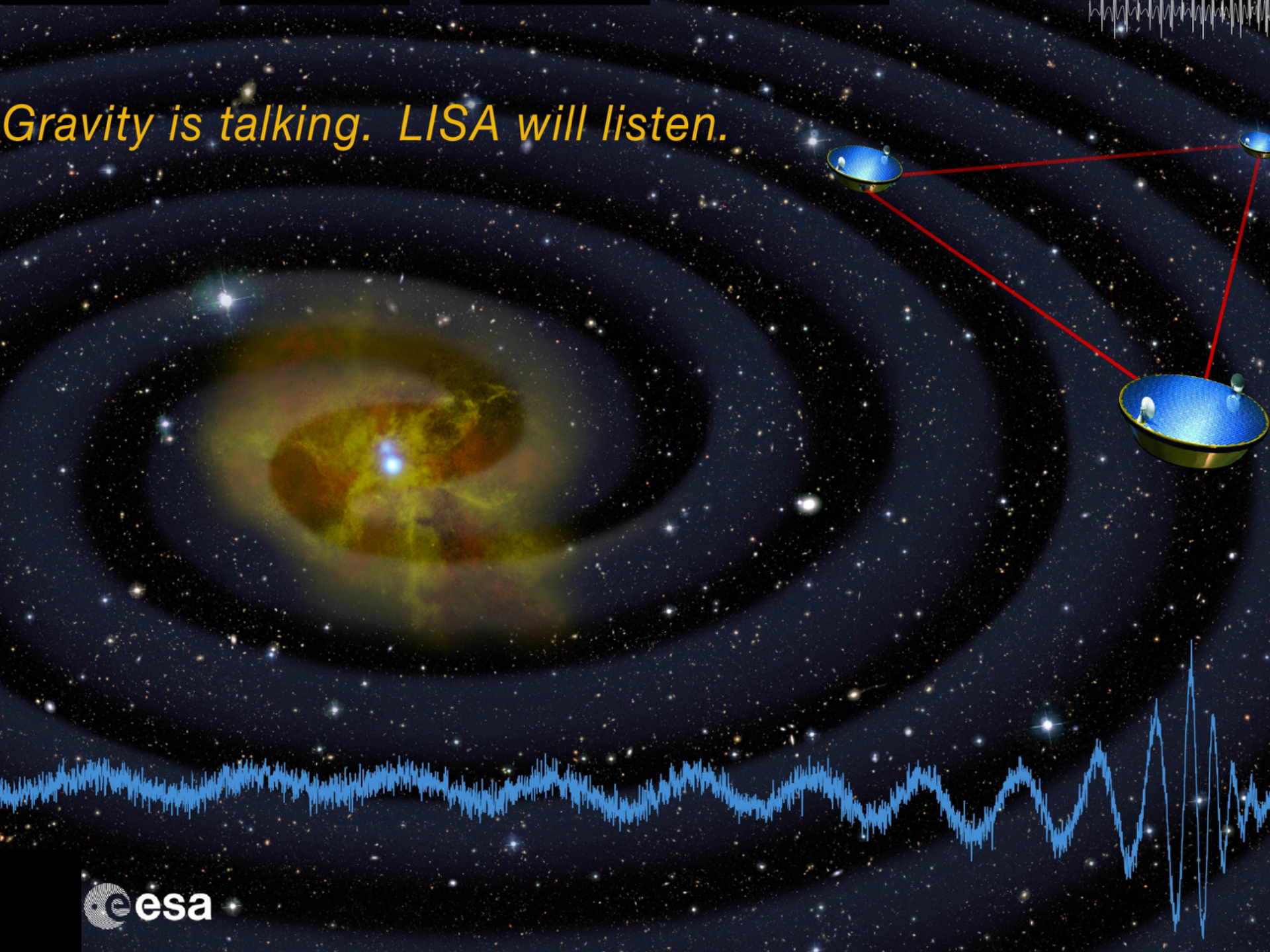
Einstein Telescope



Συγκρούσεις Γαλαξιών



Gravity is talking. LISA will listen.



ΤΕΛΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!

<http://www.astro.auth.gr/~niksterg>