

Ενεργοί Γαλαξίες
AGN
Active Galactic Nuclei

Ε-Π Χριστοπούλου

Μη ενεργοί Γαλαξίες

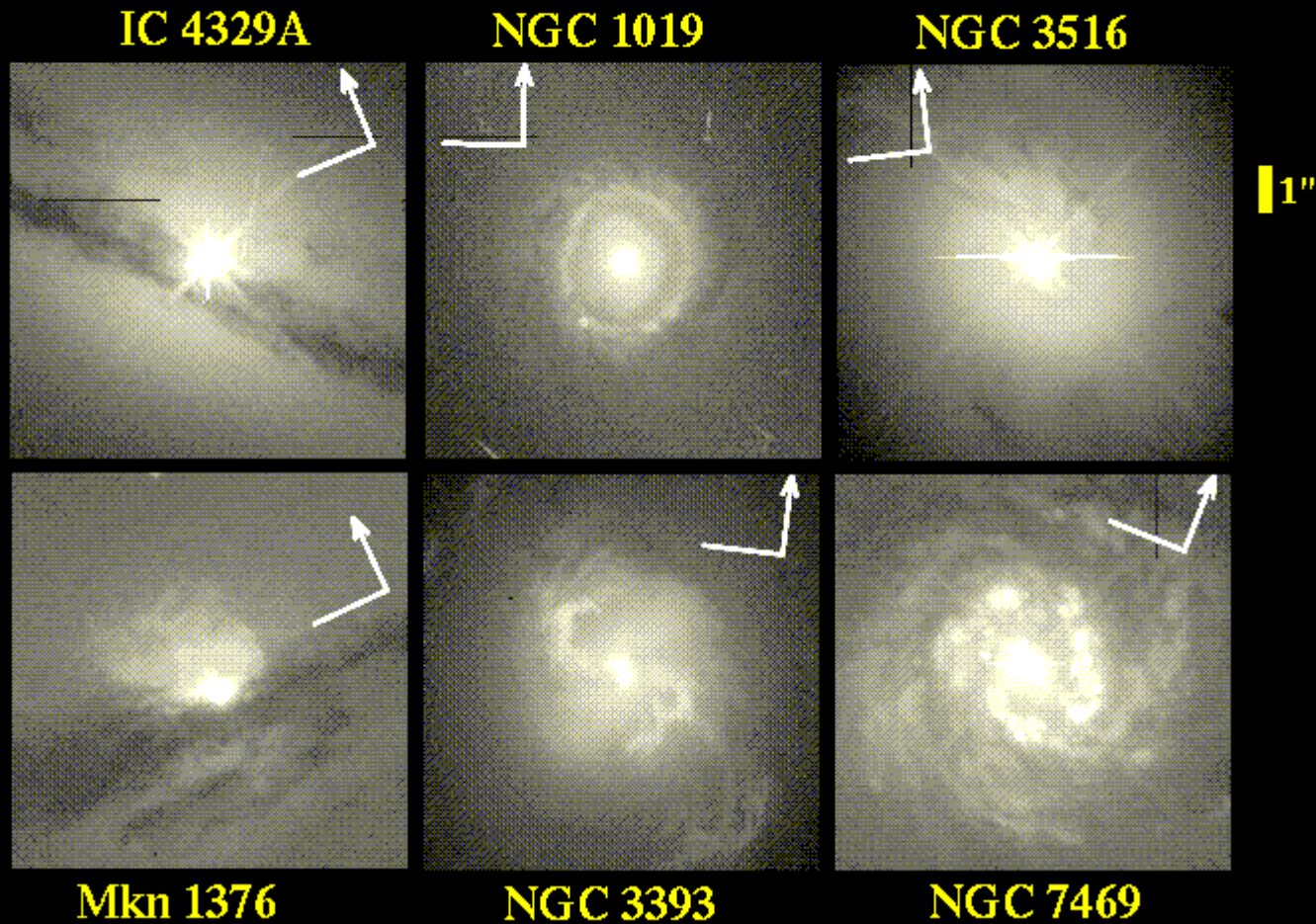


- (α) ο σπειροειδής γαλαξίας M83 (Sc),
- (β) ο ελλειπτικός γαλαξίας NGC205 (E6),
- (γ) ο ακανόνιστος γαλαξίας, Μικρό Νέφος του Μαγγελάνου

Πότε ένας γαλαξίας είναι ενεργός;

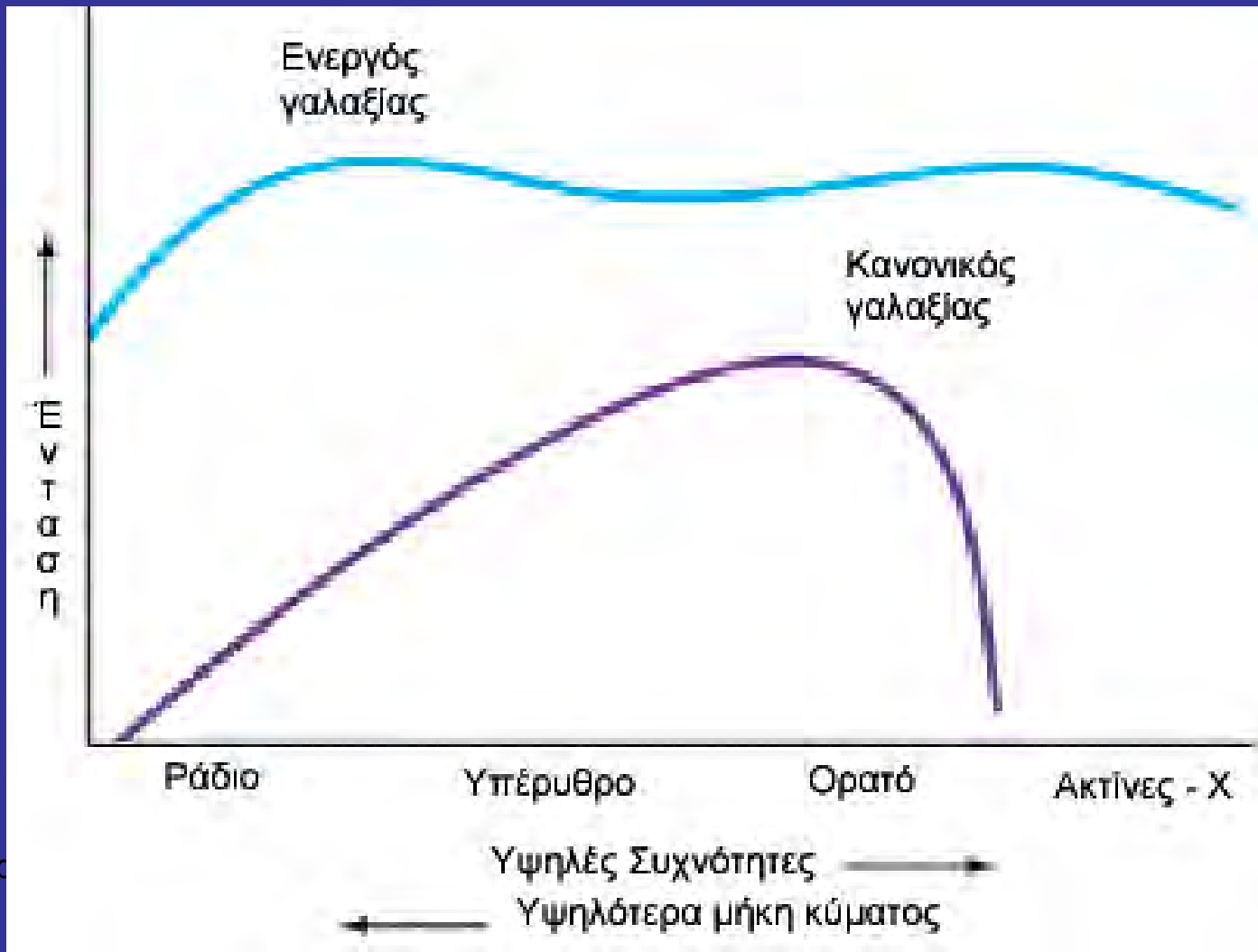
- Πολύ λαμπροί πυρήνες (10.000 σε σχέση με πυρήνα δικού μας και 10-100 L_{MW}). Ενεργοί γαλαξιακοί πυρήνες AGN

Seyfert Nuclei – HST Planetary Camera



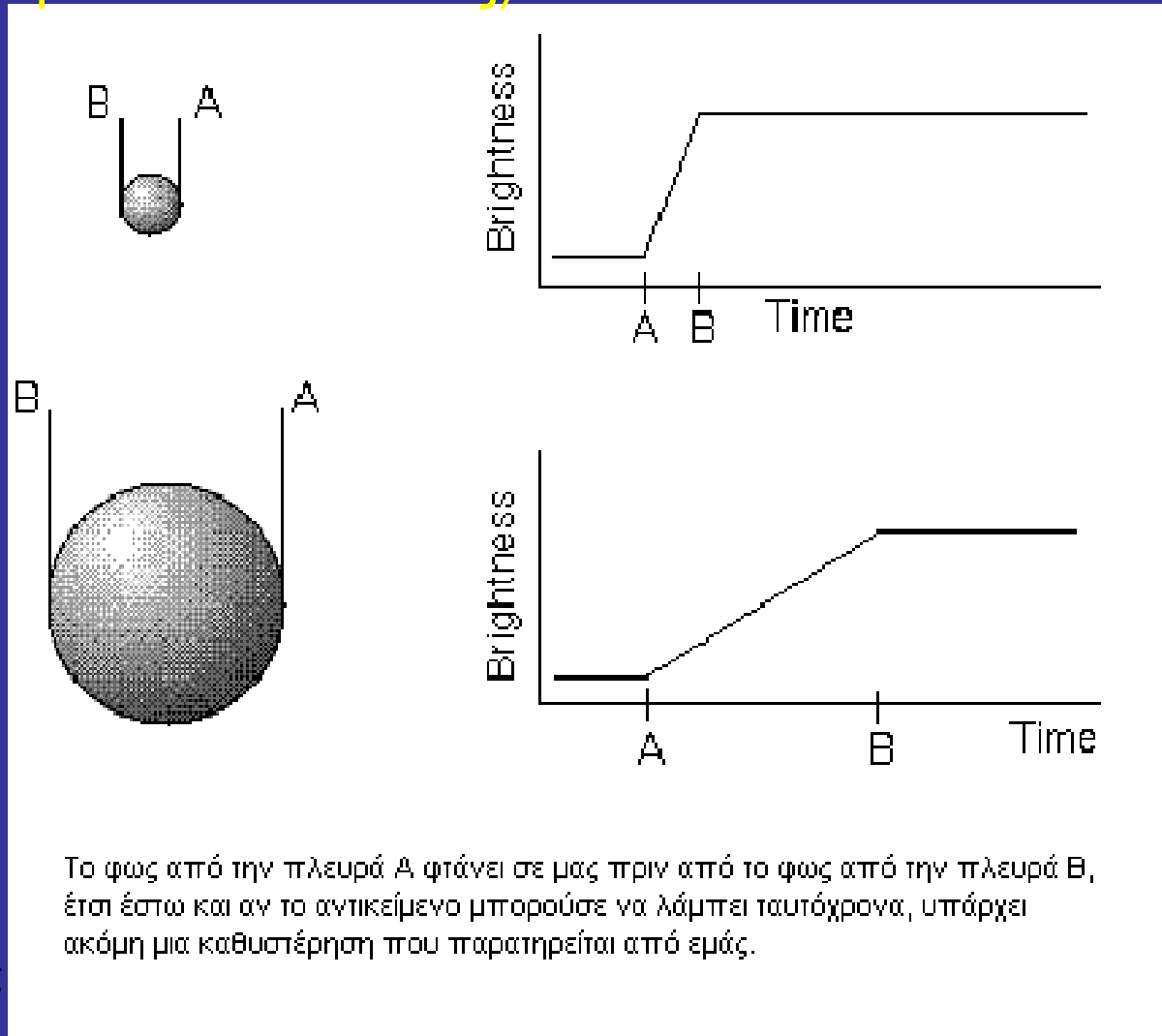
Πότε ένας γαλαξίας είναι ενεργός;

- ισχυρή συνεχή εκπομπή (οπτικό, IR, ραδιοφωνικό)
- μη θερμική φύση εκπομπής



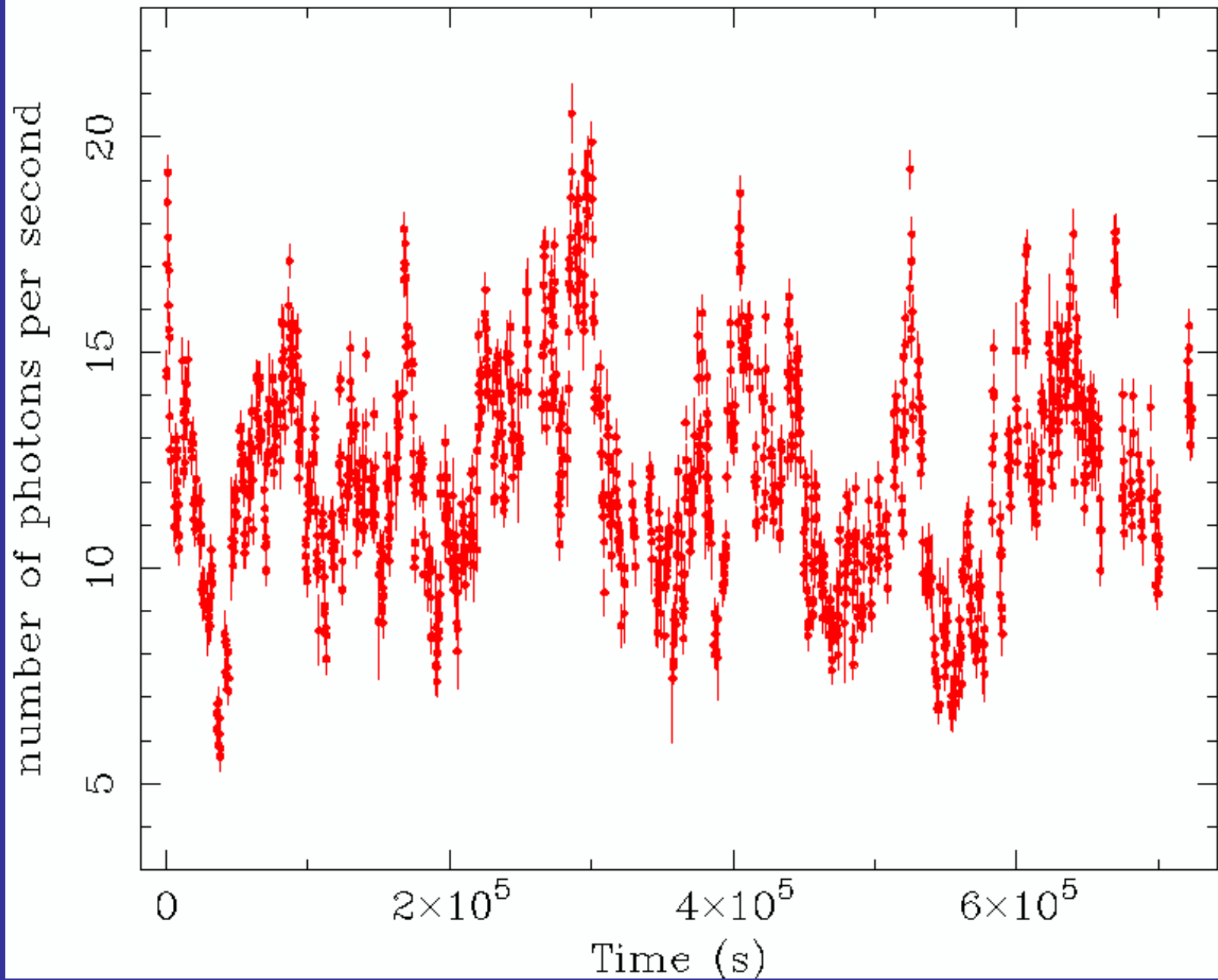
Πότε ένας γαλαξίας είναι ενεργός;

Παραγωγή ενέργειας σε πολύ μικρό πυρήνα (<100 pc) με βάση την **έντονη μεταβλητότητα** της ακτινοβολίας (κατά 2 σε λιγότερο από ένα έτος).



Το φως από την πλευρά A φτάνει σε μας πριν από το φως από την πλευρά B, έτσι έστω και αν το αντικείμενο μπορούσε να λάμπει ταυτόχρονα, υπάρχει ακόμη μια καθυστέρηση που παρατηρείται από εμάς.

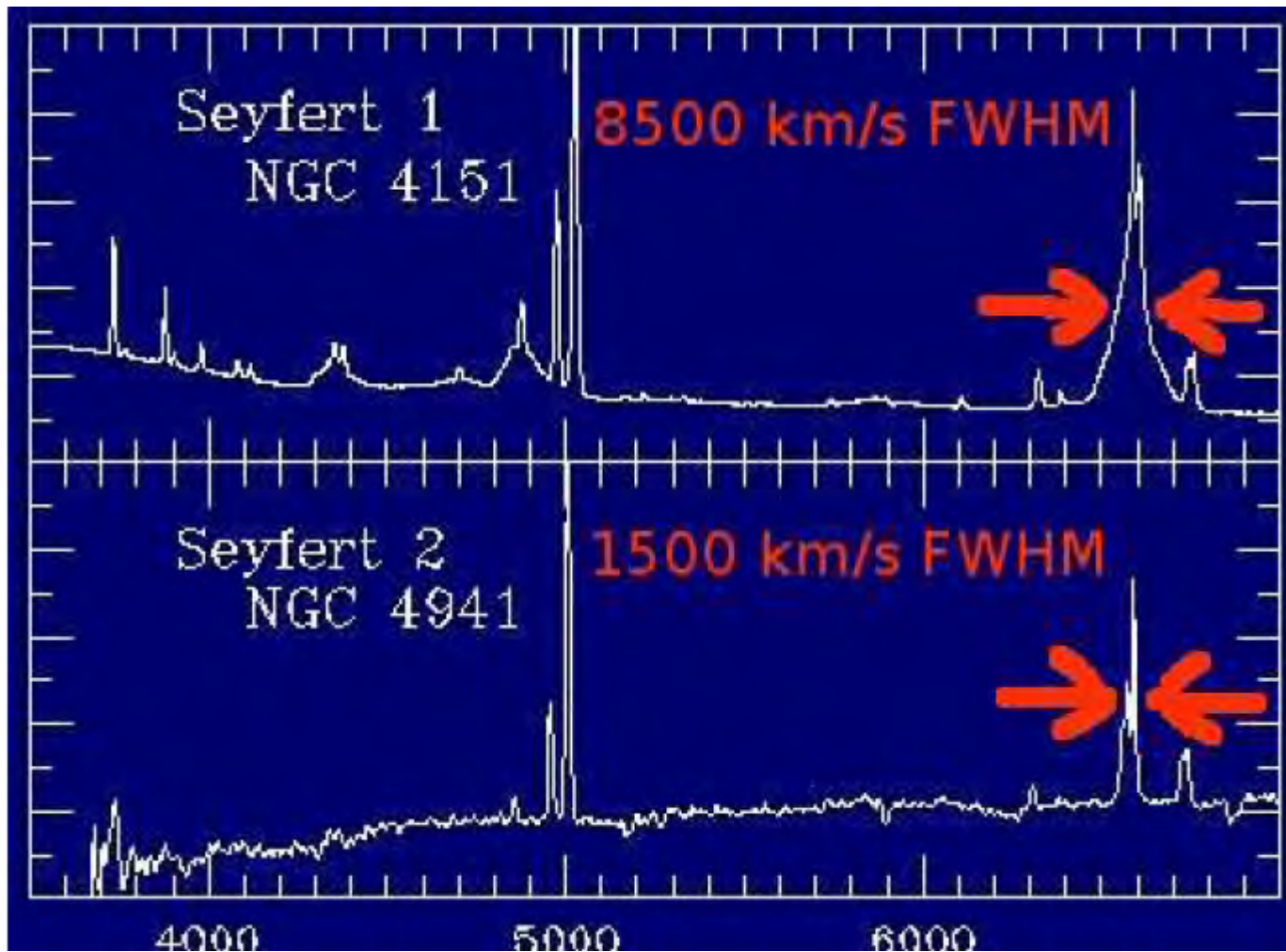
Seyfert galaxy MCG-6-30-15

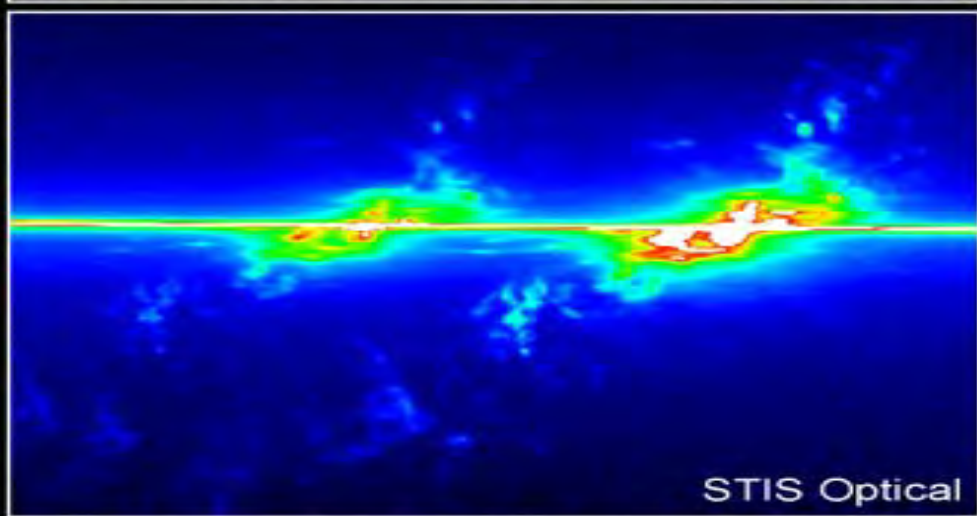
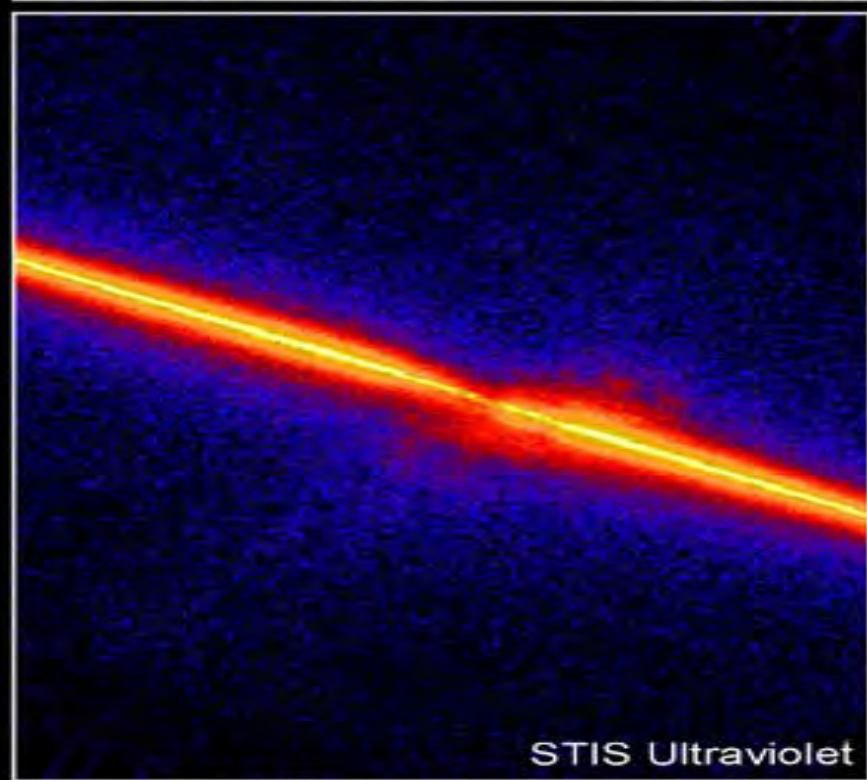


Γαλαξίες Seyfert

- Πολύ λαμπροί πυρήνες (10.000 σε σχέση με πυρήνα δικού μας και $10-100 L_{MW}$)
- Παραγωγή ενέργειας σε πολύ μικρό πυρήνα ($<100 \text{ pc}$)
- Έντονη μεταβλητότητα της ακτινοβολίας
- Ισχυρή συνεχή εκπομπή (οπτικό, IR, ραδιοφωνικό, ακτίνες X)
- Μη θερμική φύση εκπομπής
- Ισχυρές γραμμές –κίνηση αερίου με 1000 έως 10^4 km/s

- Ισχυρές γραμμές –κίνηση αερίου με 1000 έως 10^4 km/s



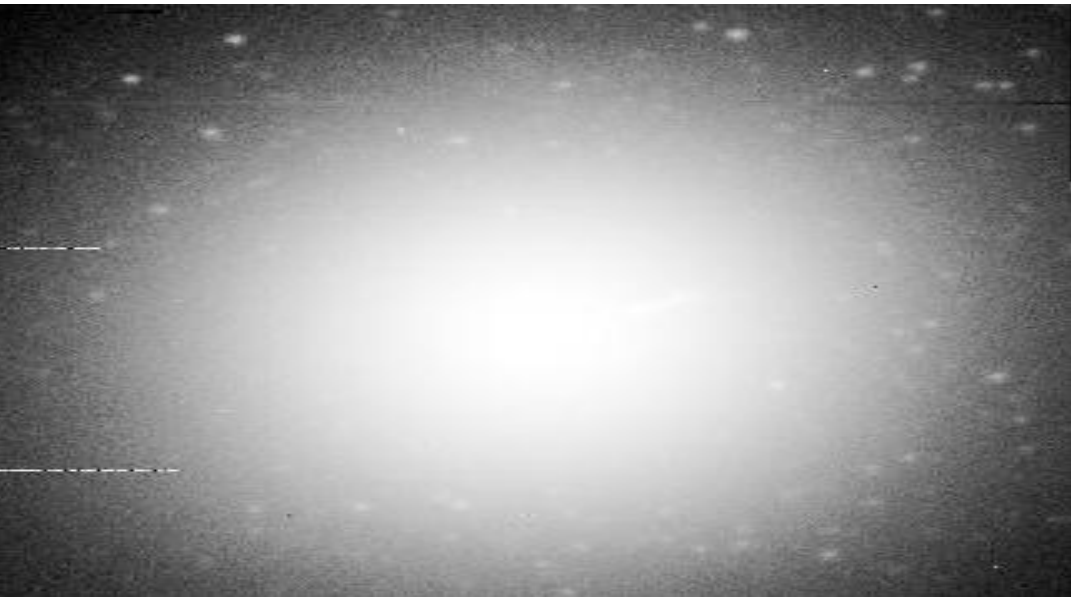


Seyfert Galaxy NGC 4151

HST • STIS • WFPC2

PRC97-18 • ST ScI OPO • June 9, 1997

B. Woodgate (GSFC), J. Hutchings (DAO) and NASA



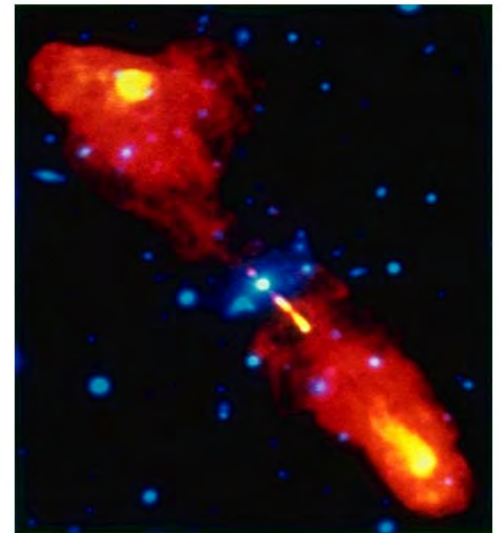
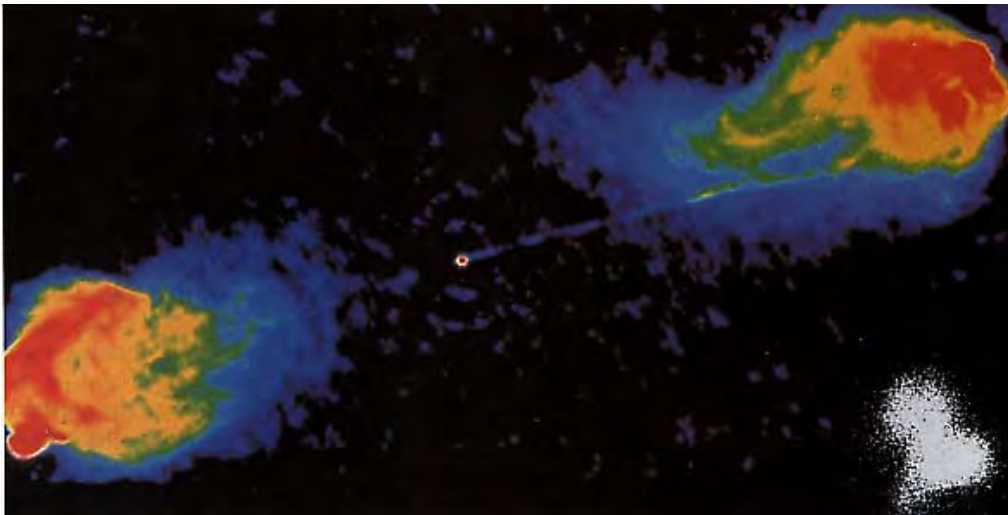
M87

Cygnus A

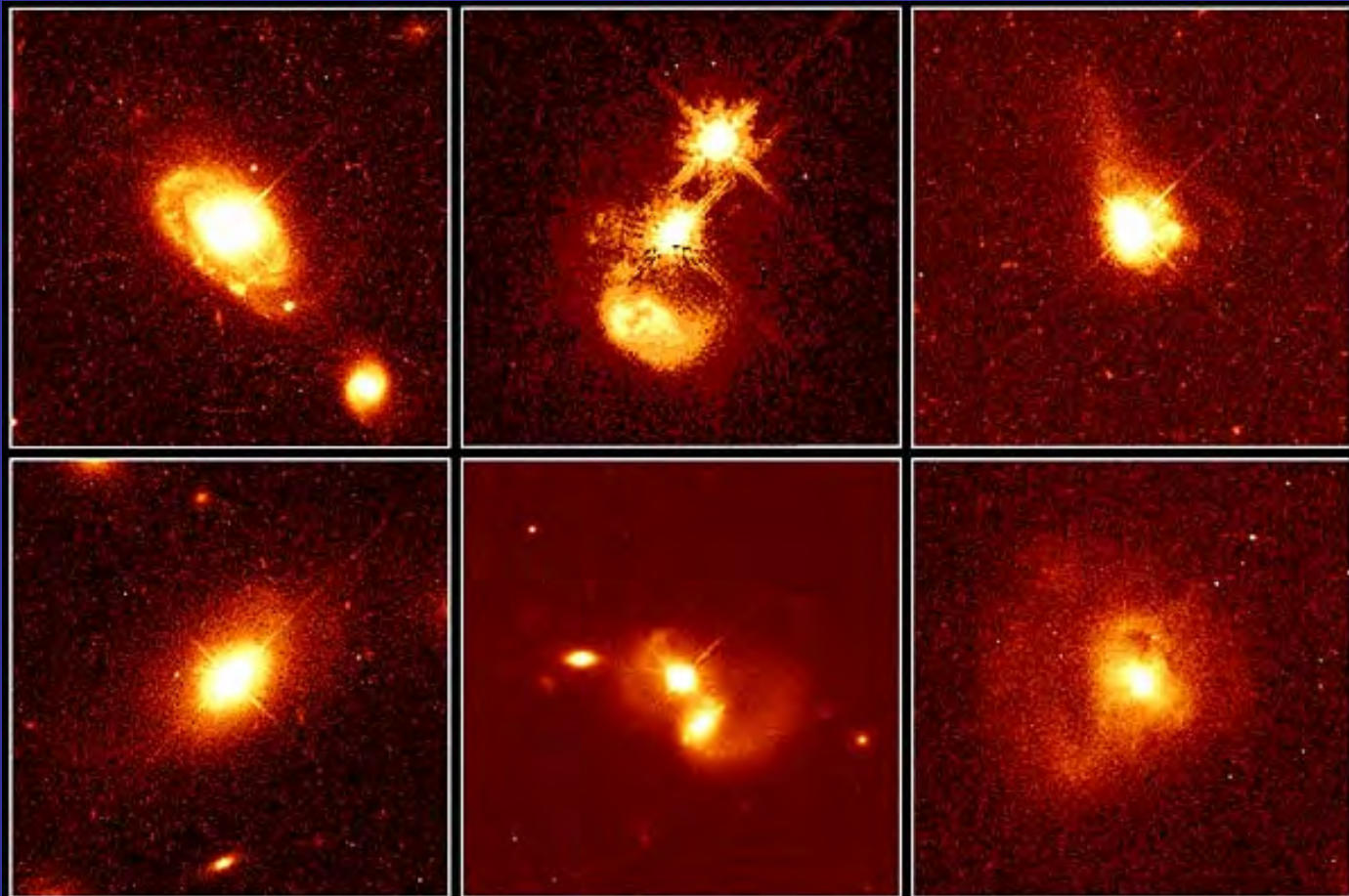


CenA

3C219



QuasiStellarRadioObjects QSO- QSR =Quasar



Quasar Host Galaxies

HST • WFPC2

Δεκέμβριος

PRC96-35a • ST Scl OPO • November 19, 1996

J. Bahcall (Institute for Advanced Study), M. Disney (University of Wales) and NASA

Είδη AGN

1. Seyfert
2. Ραδιογαλαξίες
3. QSO, QSR
4. Liners (**Low ionization nuclear emission line galaxies**)
5. **BL Lacertae** –(ελλειπτικοί γαλαξίες με ασθενή ραδιοεκπομπή πολωμένη συνεχές, έλλειψη ισχυρών γραμμών,)

QSR+ BL Lac =blazars=AGN στις ακτίνες X-γ

Φύση των AGN

- Ακτινοβολία σύγχροτρο
- Εάν η ύλη που είναι υπεύθυνη για την εκπομπή γραμμών μεγάλου εύρους είναι βαρυτικά δέσμια, τότε Ισχυρή πηγή ώστε μεγάλη ενέργεια σε μικρή περιοχή χώρου
- Μελανή οπή $M \sim v^2 r / G \sim 10^{10} M_{\odot}$ ($r < 100$ pc, $v \sim 1000$ km/s)
- Αποδοτικότερος μηχανισμός (10-100 %) από πυρηνική σύντηξη (0.01%)
- Ρυθμός παραγωγής ενέργειας εξαρτάται από το ρυθμό επαύξησης της ύλης σε δίσκο

Μάζα κεντρικής περιοχής

Βαρυτική δύναμη > πίεση ακτινοβολίας $M > 10^6 - 10^8 M_{\odot}$

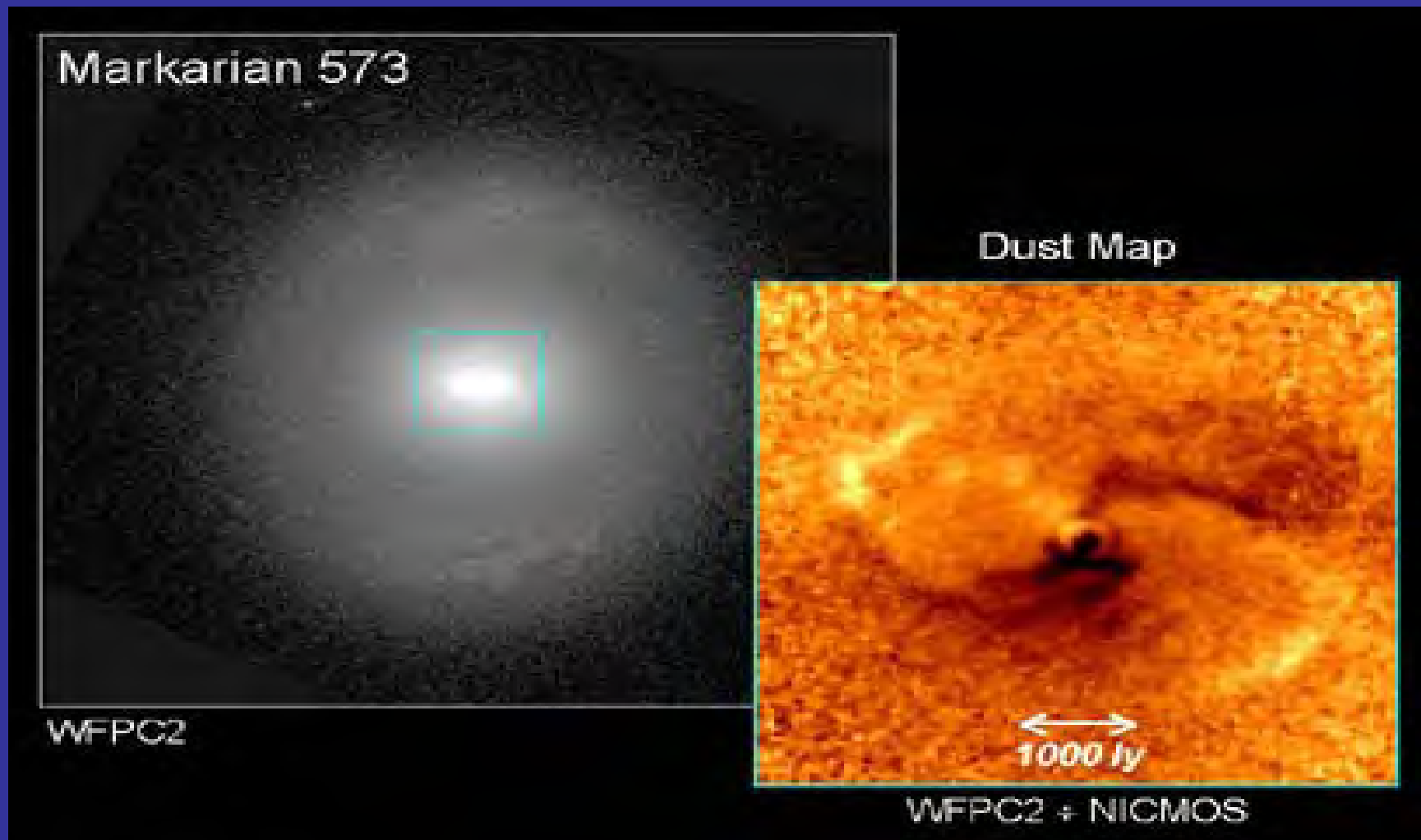
Ρυθμός πρόσπτωσης:

$$L_E = \frac{dE}{dt} = \frac{d(\mu mc^2)}{dt} \Rightarrow \dot{M}_E = \frac{L_E}{\mu c^2}$$

$\sim 2.2 M_{\odot} / \text{έτος}$

Για μια μελανή σπή με μάζα $10^6 - 10^8 M_{\odot}$ που ακτινοβολεί L_E , ο ρυθμός πρόσπτωσης μάζας που απαιτείται είναι περίπου $0.02 - 2 M_{\odot} / \text{έτος}$. Εφικτός!

Υπάρχουν ενδείξεις για την παρουσία δίσκου επαύξησης;

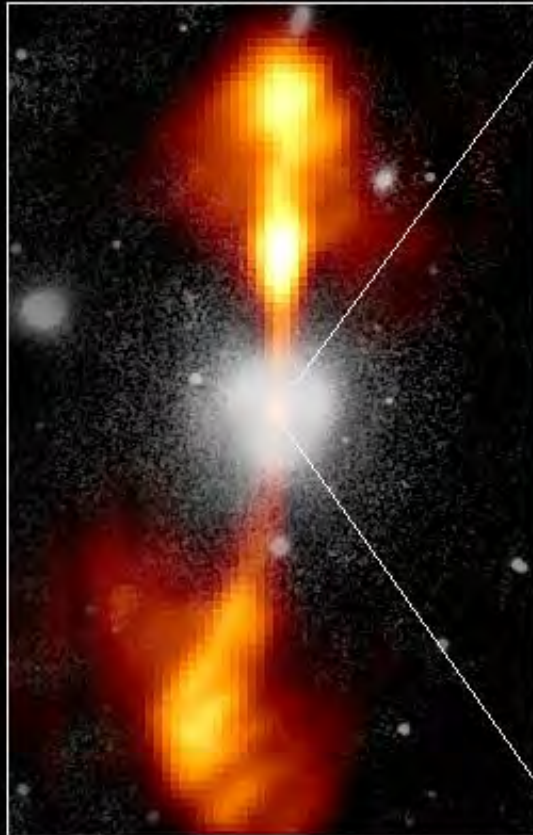


Core of Galaxy NGC 4261

Hubble Space Telescope

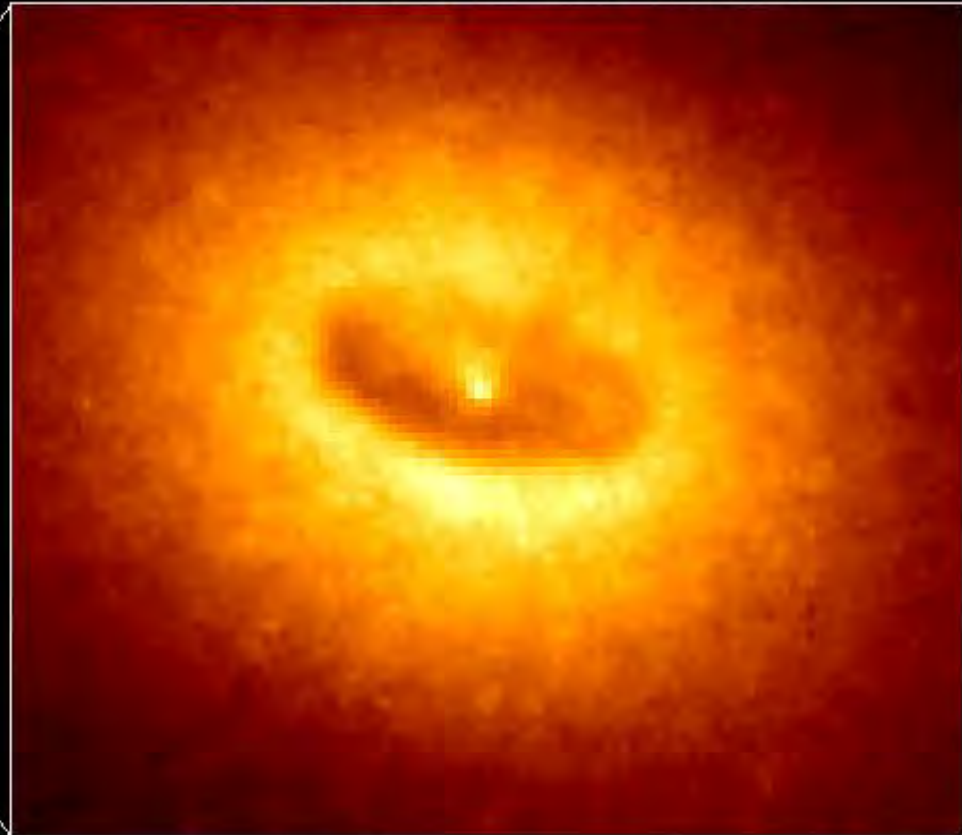
Wide Field / Planetary Camera

Ground-Based Optical/Radio Image



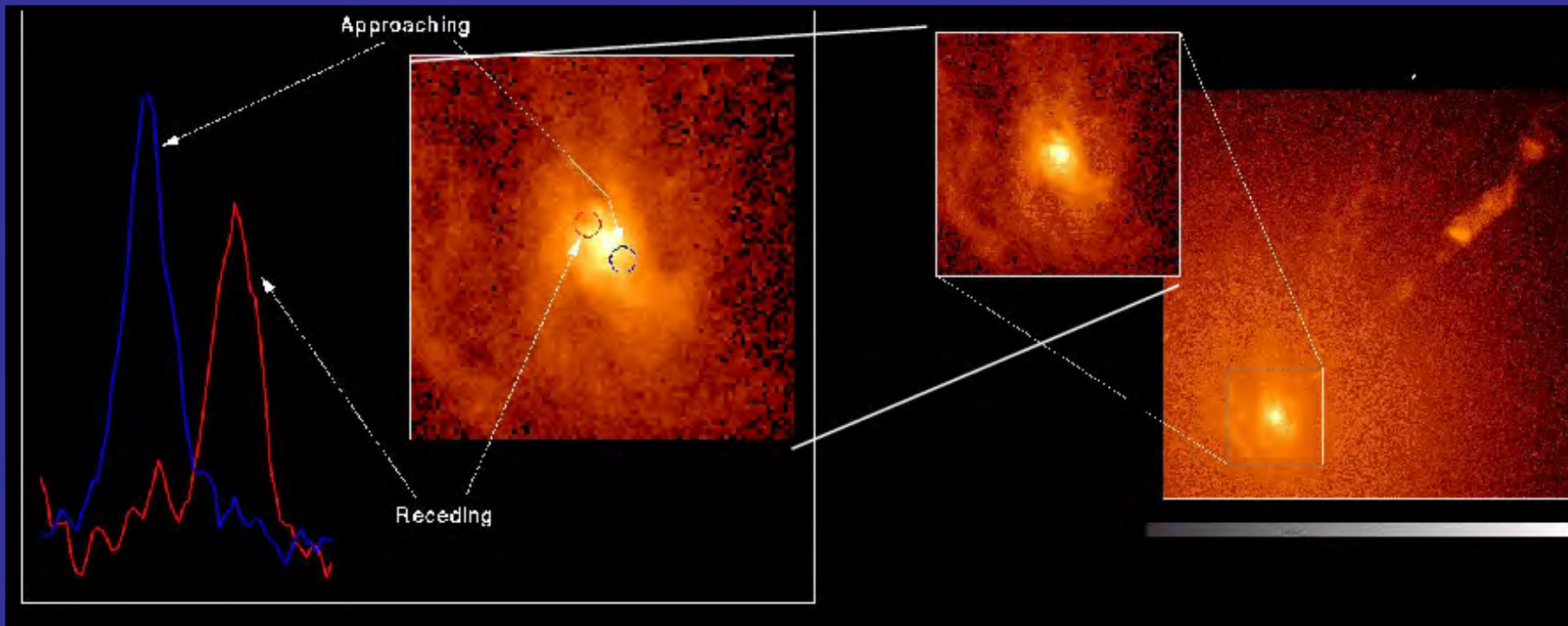
380 Arc Seconds
88,000 LIGHTYEARS

HST Image of a Gas and Dust Disk



17 Arc Seconds
400 LIGHTYEARS

M87



Μοντέλο : Εκπομπή δίσκου συσσώρευσης Πηγή θέρμανσης= απελευθέρωση δυναμικής ενέργειας (θερμική, κινητική)

Καθώς το αέριο περιστρέφεται και επαυξάνεται στο δίσκο θερμαίνεται λόγω τριβής και ακτινοβολεί

Διαφορετικά περιοχές του δίσκου εκπέμπουν διάφορα τμήματα του φάσματος

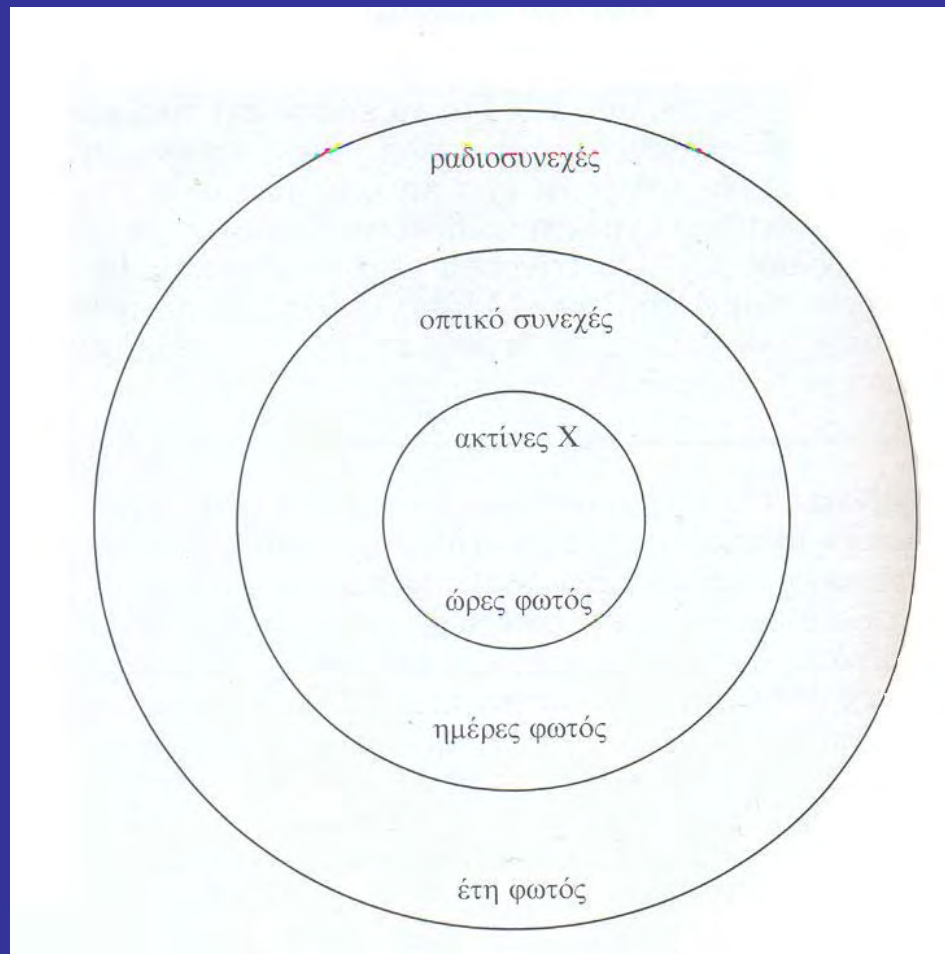
$$T(r) \sim 6.3 \cdot 10^5 \left(\frac{\dot{M}}{\dot{M}_E} \right)^{1/4} M_8^{-1/4} \left(\frac{r}{R_s} \right)^{-3/4} \quad (\text{K})$$

$M=10^8 M_\odot$, $r=3R_s$, $M=M_E$, $T=6 \cdot 10^5 \text{ K}$ μέγιστο στα 100 \AA δηλαδή μαλακές ακτίνες X

UV 1500 \AA $R_{UV}=50 R_s= 10^{15} \text{ cm} \sim 0.6 \text{ η.φ}$

Οπτικό 5000 \AA $R_o=240 R_s= 7 \cdot 10^{15} \text{ cm} \sim 2.8 \text{ η.φ}$

Σχηματικό διάγραμμα των διαφόρων περιοχών εκπομπής ενός AGN

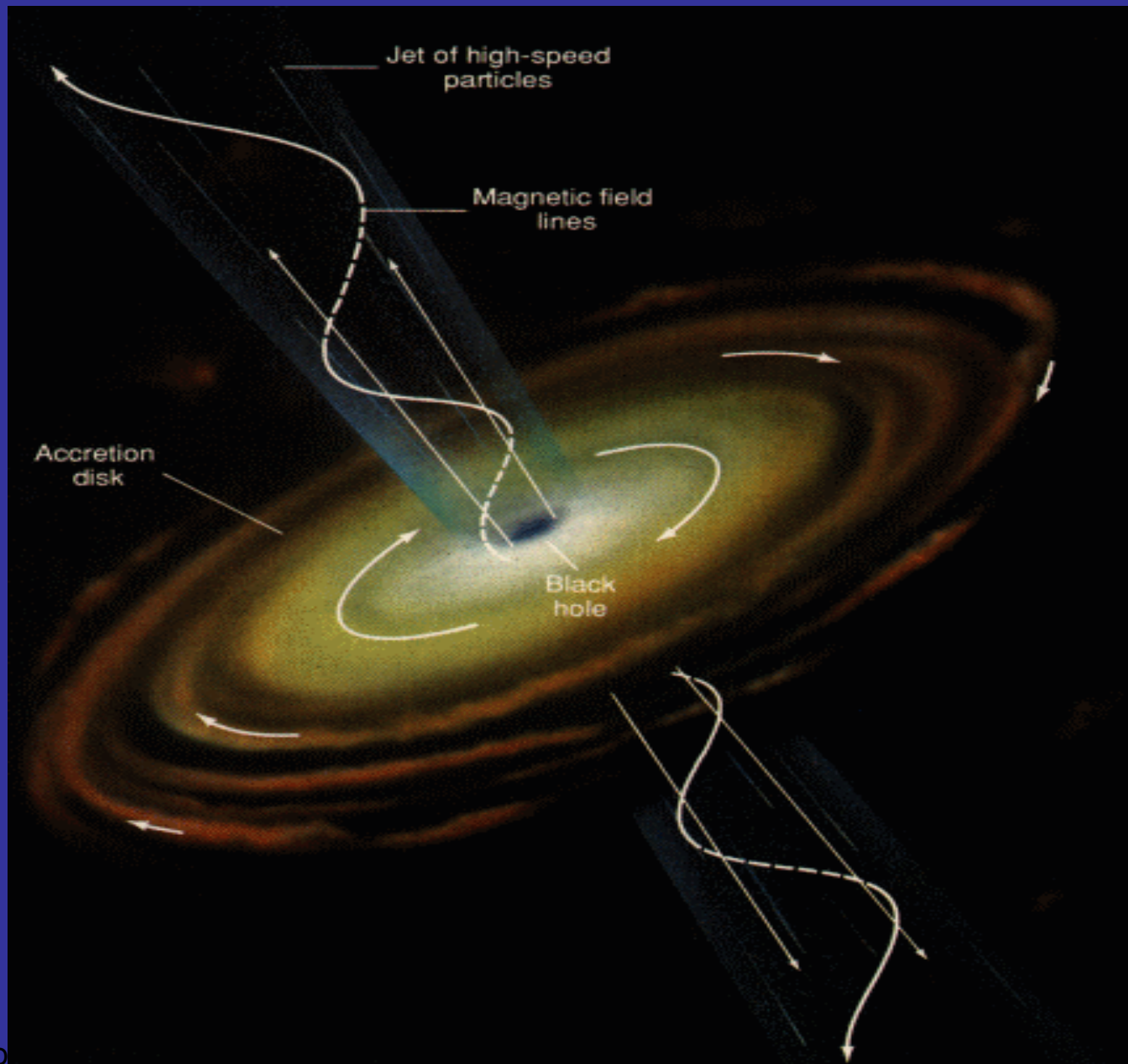


Επανεκπομπή οπτικών φωτονίων από απορρόφηση ακτίνων X

Παρατήρηση: ταυτόχρονες μεταβολές στο οπτικό και UV μη αναμενόμενες από τοπικές μεταβολές σύμφωνα με το μοντέλο των θερμικών ζωνών

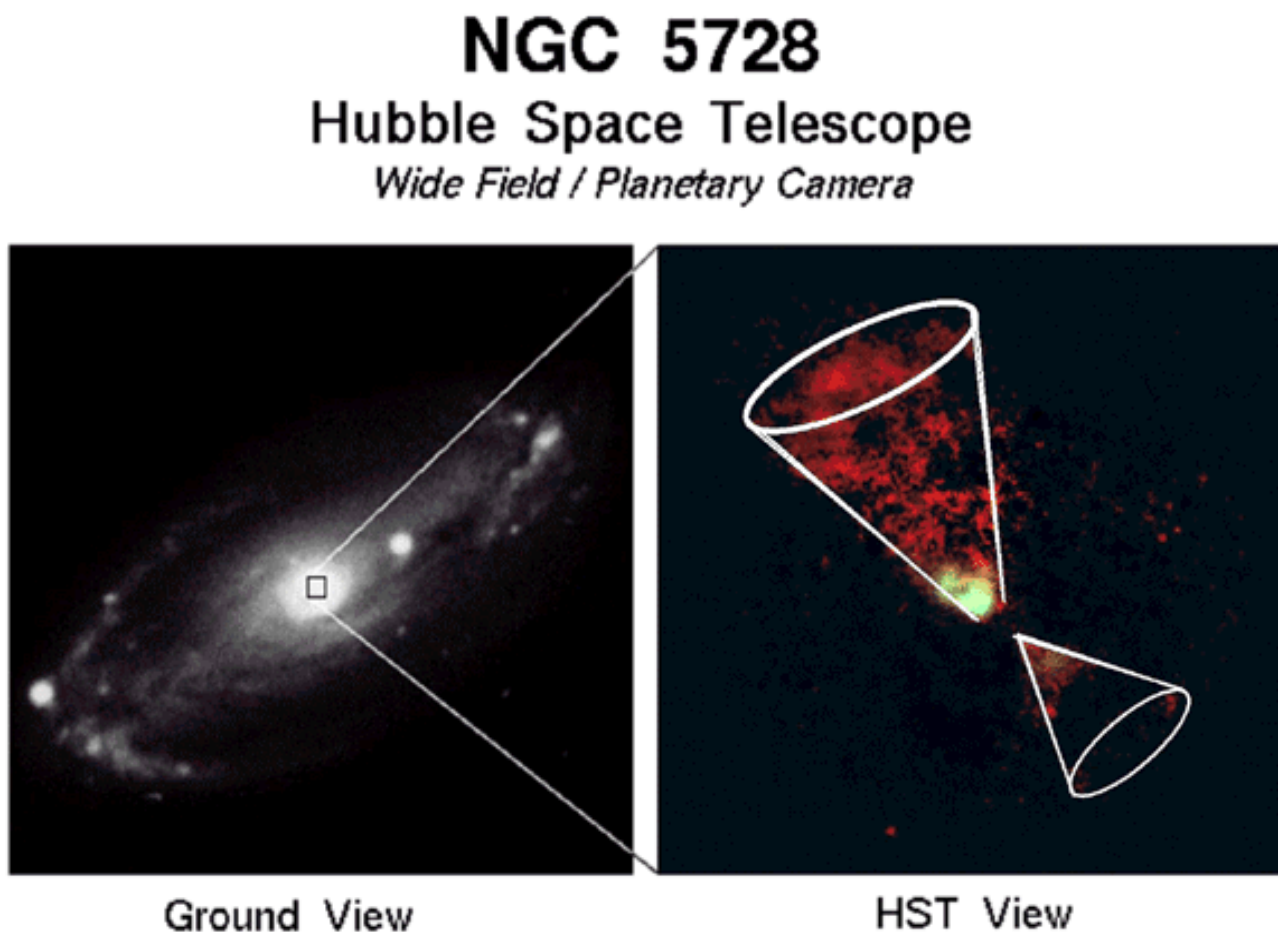
Μοντέλο: πηγή ακτίνων X πάνω από το δίσκο προσαύξησης (εξόγκωμα), ισοτροπική μισό εκπέμπεται στον παρατηρητή και μισό προσπίπτει στο δίσκο όπου απορροφάται και επανεκπέμπεται (ff εκπομπή από το ιονισμένο αέριο) στο οπτικό και UV

Συσχετισμένες μεταβολές στη ροή στο οπτικό και στις ακτίνες X με χρονική καθυστέρηση που οφείλεται στη διαφορά απόστασης από την πηγή των ακτίνων X και τα τμήματα δίσκου που εκπέμπουν τη οπτική ακτινοβολία.

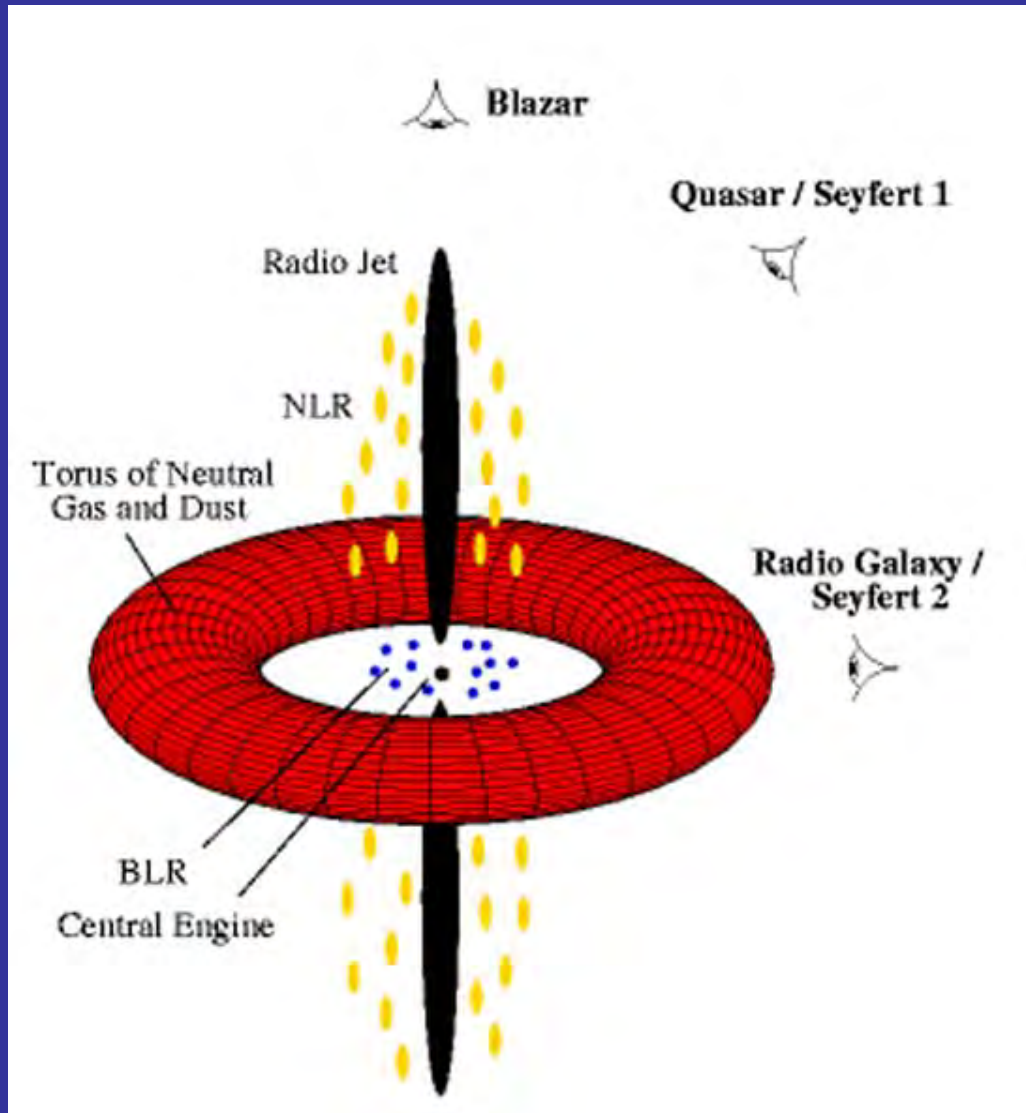


Πίδακας=διπολικές στενές δέσμες ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας κινούμενων σε μαγνητικά πεδία=ακτινοβολία σύγχροτρο

Ραδιοφωνικοί Λοβοί = άκρα των πιδάκων όπου οι πίδακες εισρέουν μέσα στην ISM . Εκπέμπουν θερμική και μη θερμική ακτινοβολία στο ραδιοφωνικό και στις ακτίνες X



Ενοποιημένο μοντέλο



Παρατηρήσεις μεταβλητότητας AGN στο οπτικό μέρος του φάσματος

- Όσο πιο γρήγορες είναι οι διακυμάνσεις λαμπρότητας ενός αντικειμένου τόσο μικρότερες πρέπει να είναι οι διαστάσεις του...