

ლექცია #11

აკრეციული დისკები

აკრეცია

ზემპლავრი ენერგიის წყარო:

- კვაზარები
- აქტიური გალაქტიკური ბირთვები (გალაქტიკები)

სწრაფი ცვალებადობა:

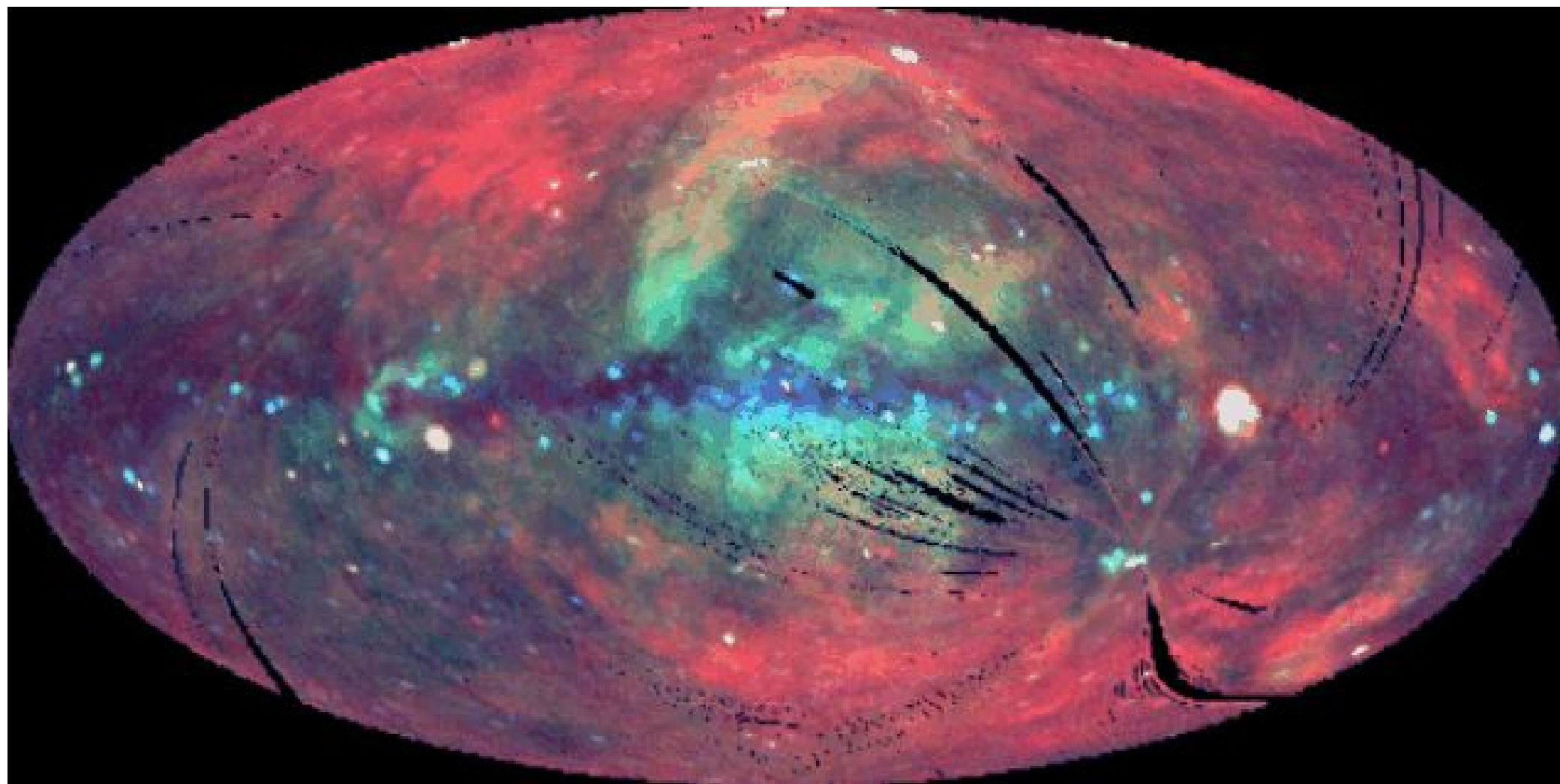
- აკრეცია ვარსკვლავებზე (კატაკლიზმური ცვლადები, ტ-ტაური, ჯეტები,)
- კვაზიპერიოდული ოსცილაციები
- რენტგენული და გამა გამოსხივების ვარიაციები

აკრეციული დისკების ტიპები:

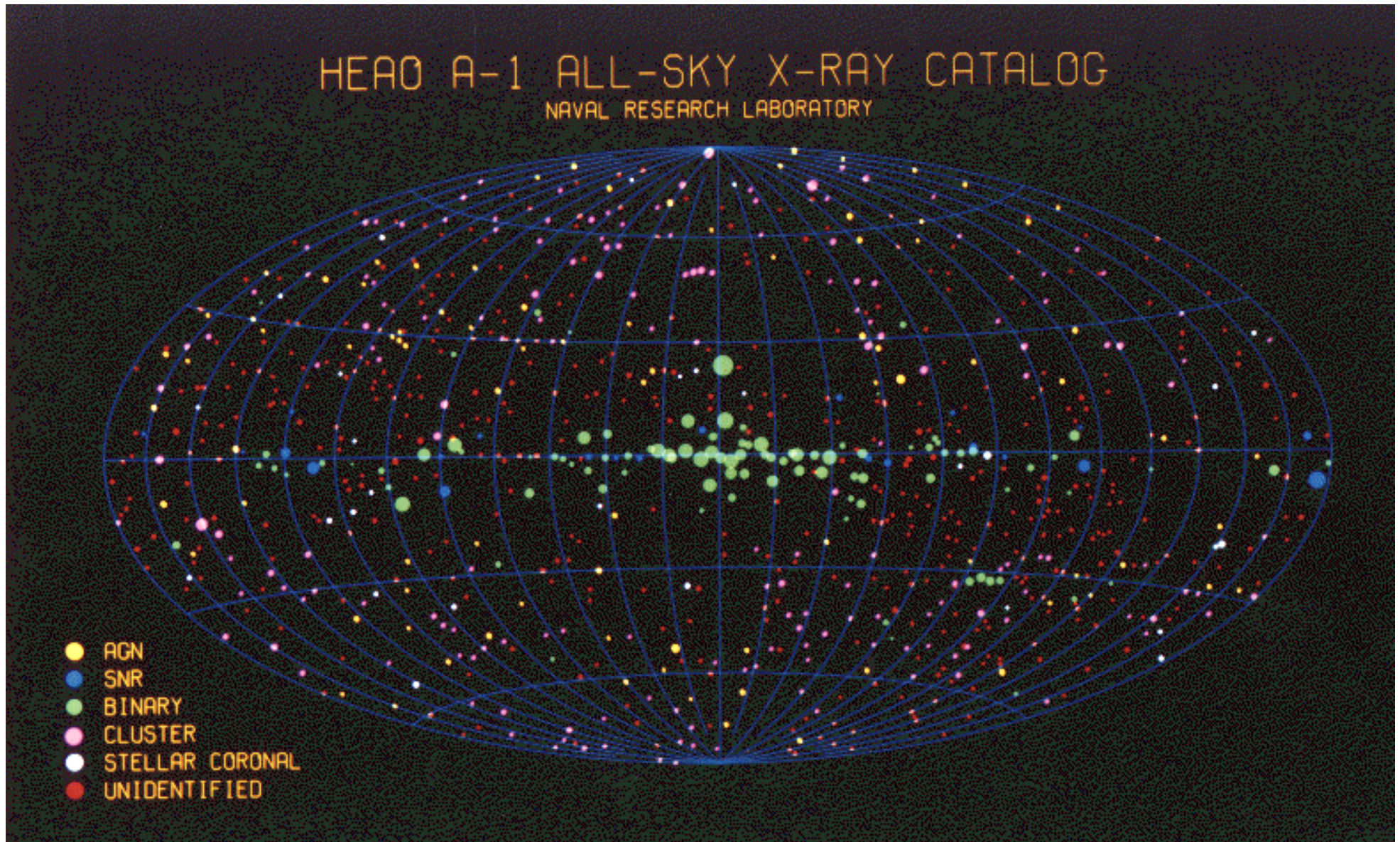
- პროტოგალაქტიკური,
- პროტოვარსკვლავური,
- პროტოპლანეტარული

პროტოპლანეტარული დისკები: პლანეტების ფორმირება;

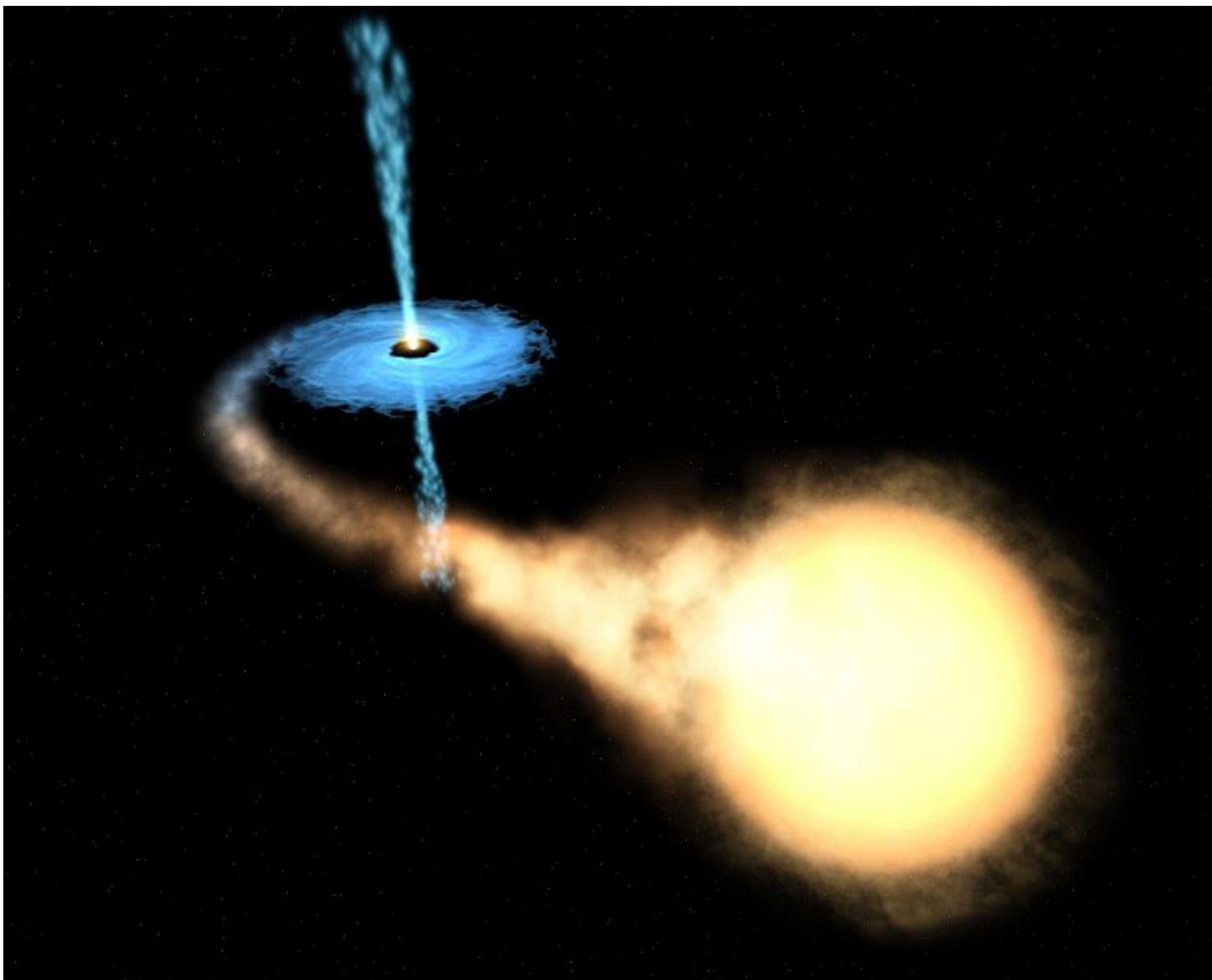
რენტგენული ასტრონომია (x-ray map)



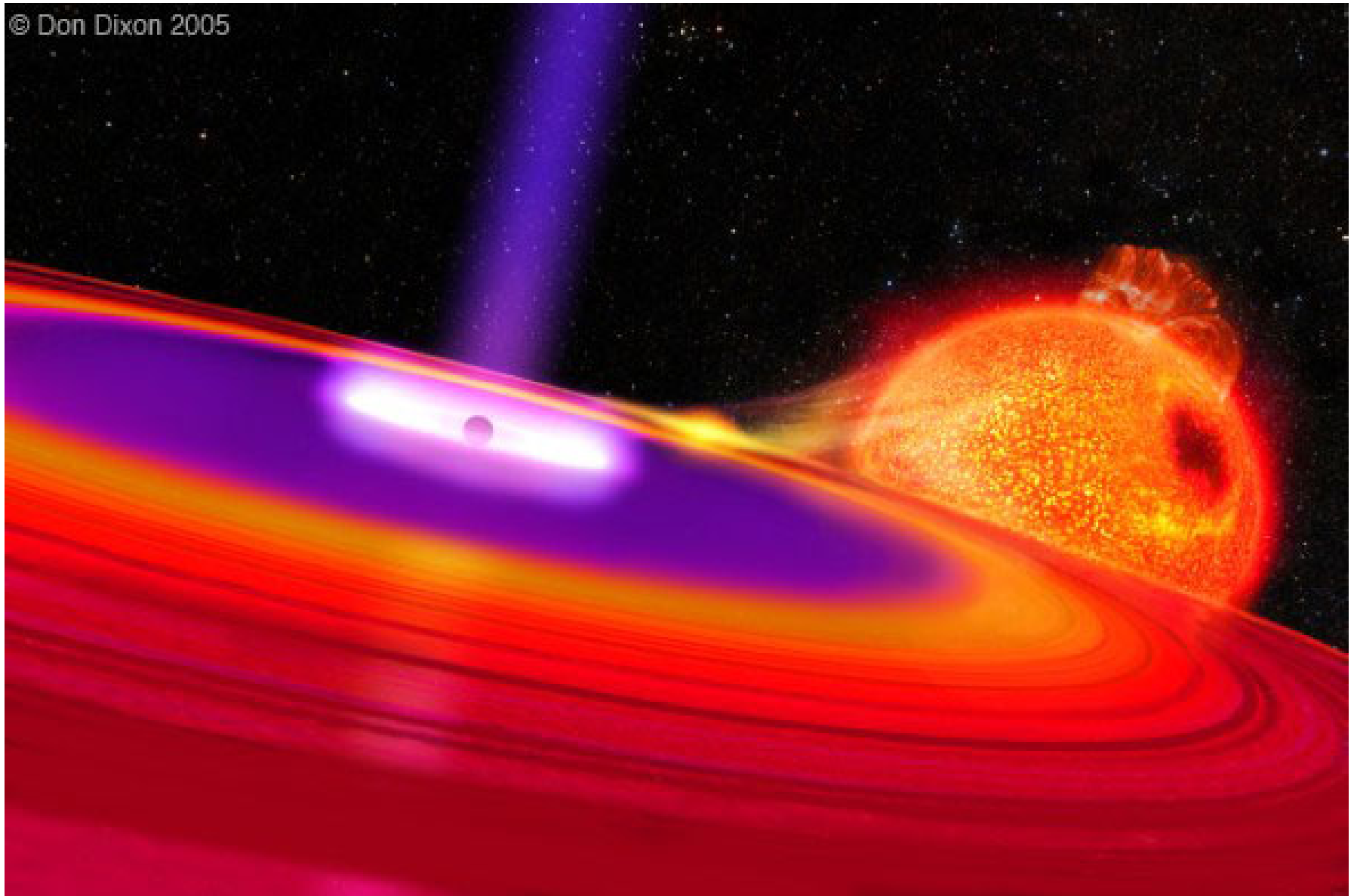
რენტგენული ასტრონომია (x-ray map)



გამოსხივების წყარო: აკრეცია

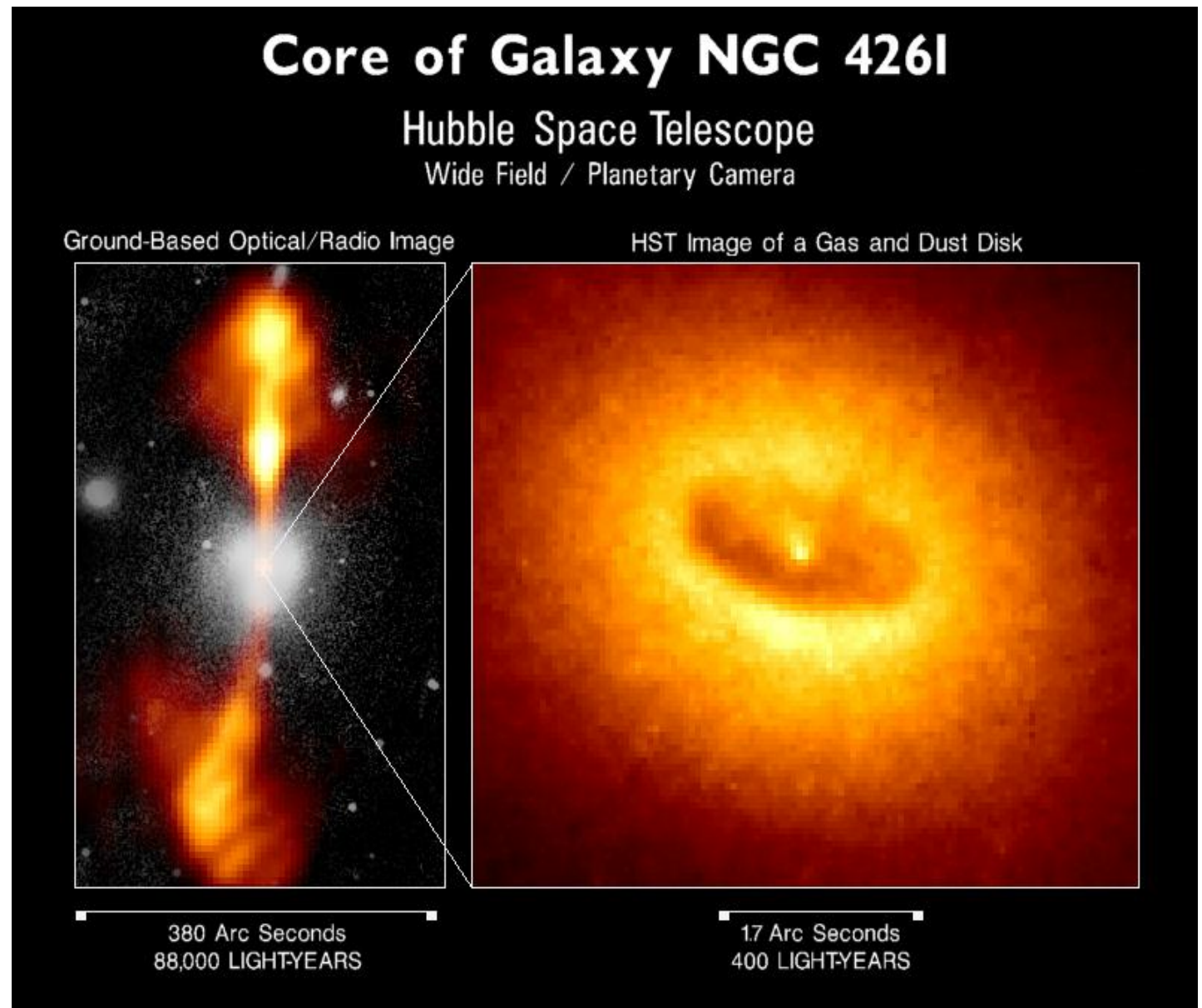


აკრეცია ორმაგ სისტემაში



აკრეცია ორმაგ სისტემაში: დაკვირვებები

აქტიური
გალაქიკური
ბირთვები

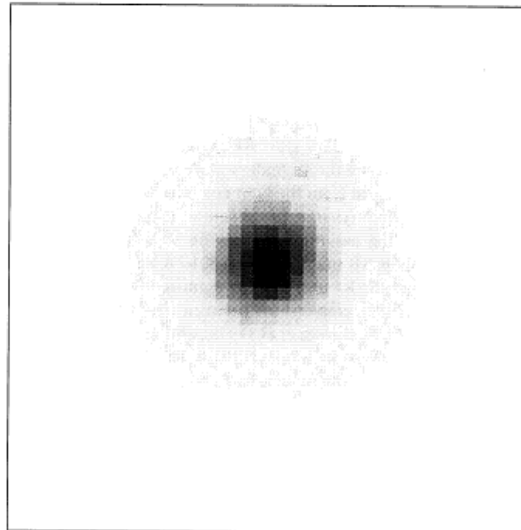


აკრეცია: დაკვირვებები

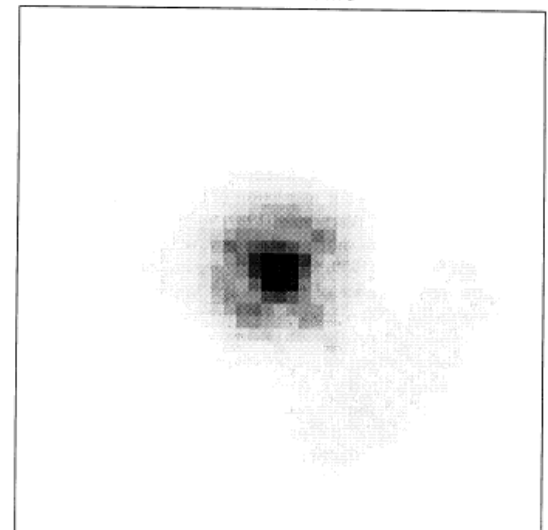
აკრეცია
ვარსკვლავზე:

დაბალენერგეტიკული
აკრეციული
დისკი

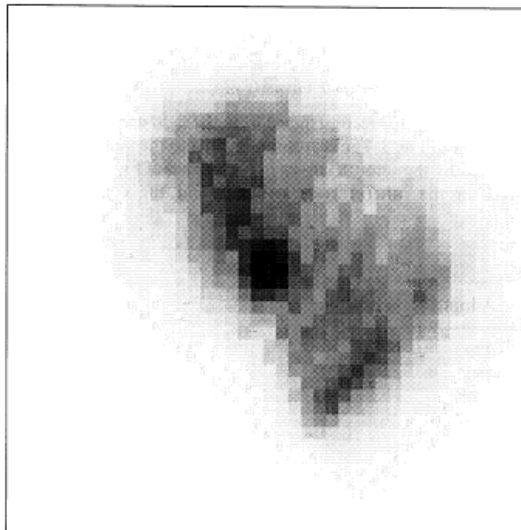
a: RW Tri



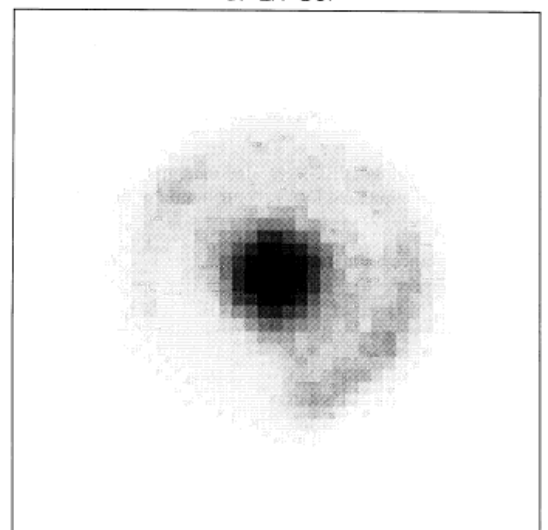
b: UX UMa



c: SW Sex



d: LX Ser



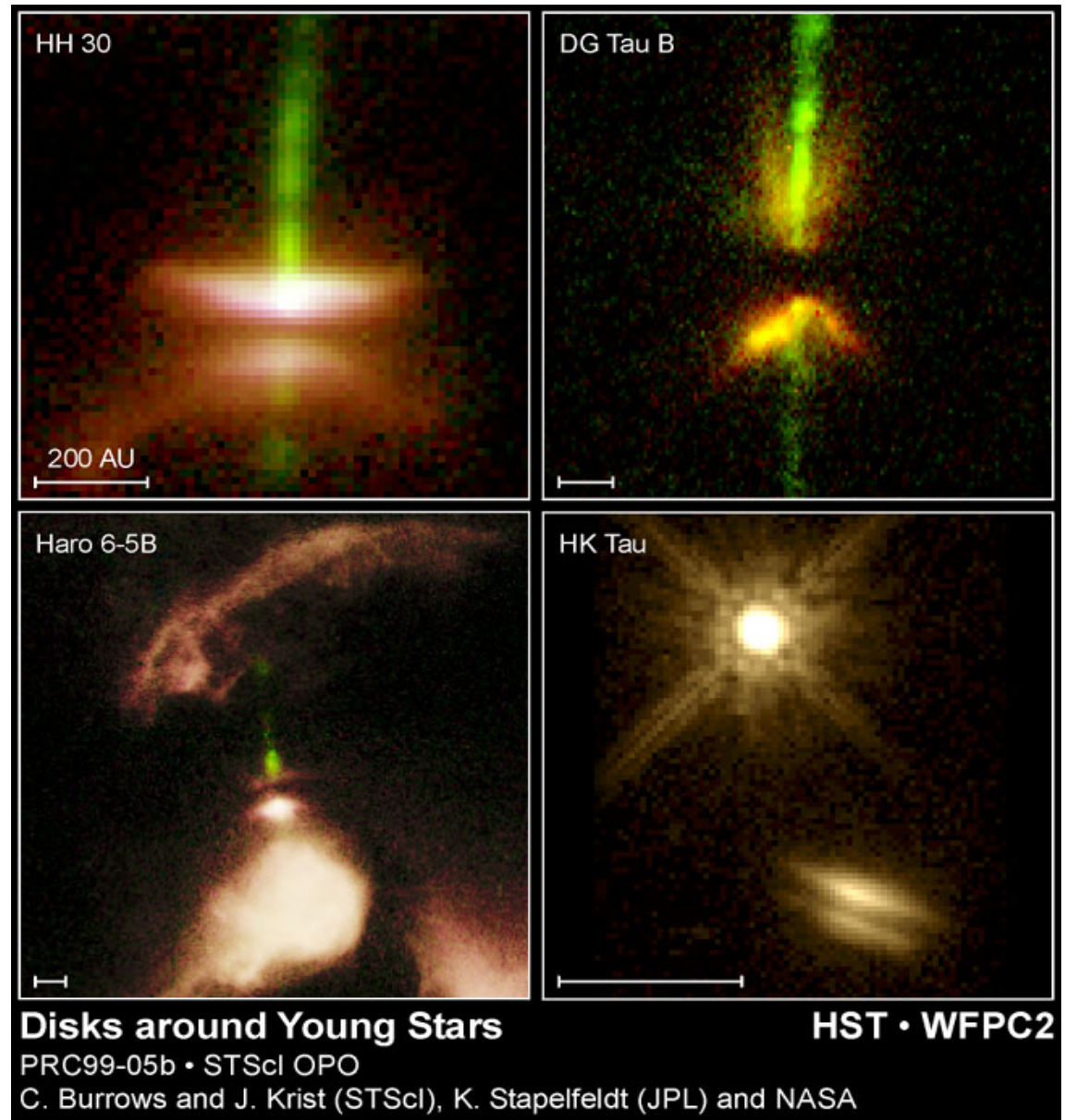
აკრეცია: დაკვირვებები

აკრეცია ახალგაზრდა
ობიექტების ირგვლივ

T-Tauri stage

ვარსკვლავური ჯეტები

Hebrig-Haro objects

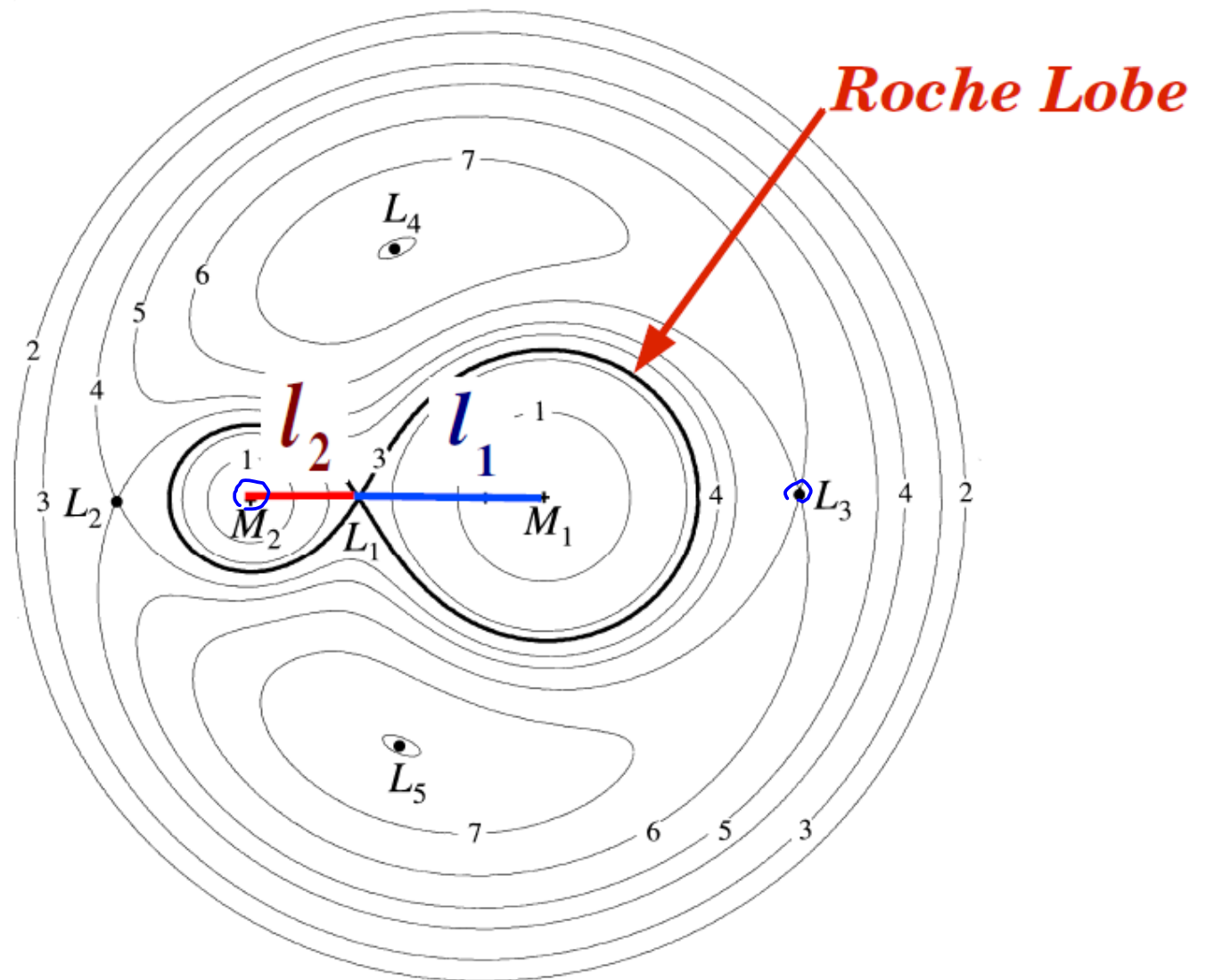


ორმაგი სისტემა

როშეს სფერო

ლაგრანჟის
წერტილები

$$q = M_2/M_1$$



ორმაგი სისტემა

ორბიტის ევოლუცია მასის გადასვლისას:

$$\frac{da}{dt} = 2a\dot{M}_1 \frac{M_1 - M_2}{M_1 M_2}$$

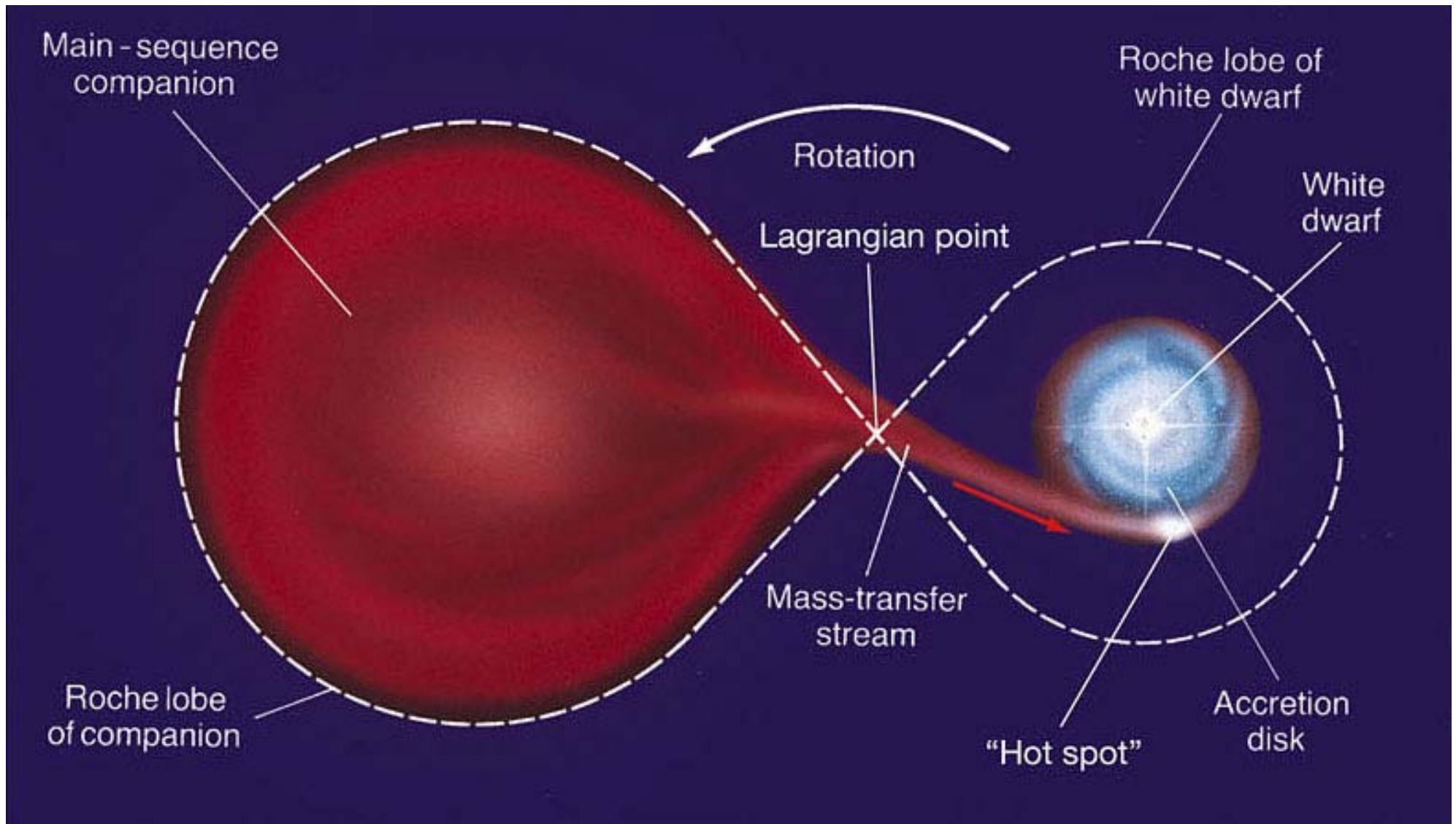
a - მანძილი ცენტრებს შორის

M_2 - დონორი

$$\frac{da}{dt} > 0, \quad M_1 > M_2$$

$$\frac{da}{dt} < 0, \quad M_1 < M_2$$

ორმაგი სისტემა



ორმაგი სისტემა

დაბალი მასის რენტგენული ორმაგი სისტემა:

$$M_2 < M_1$$

Low Mass X-Ray Binary (LMXB)

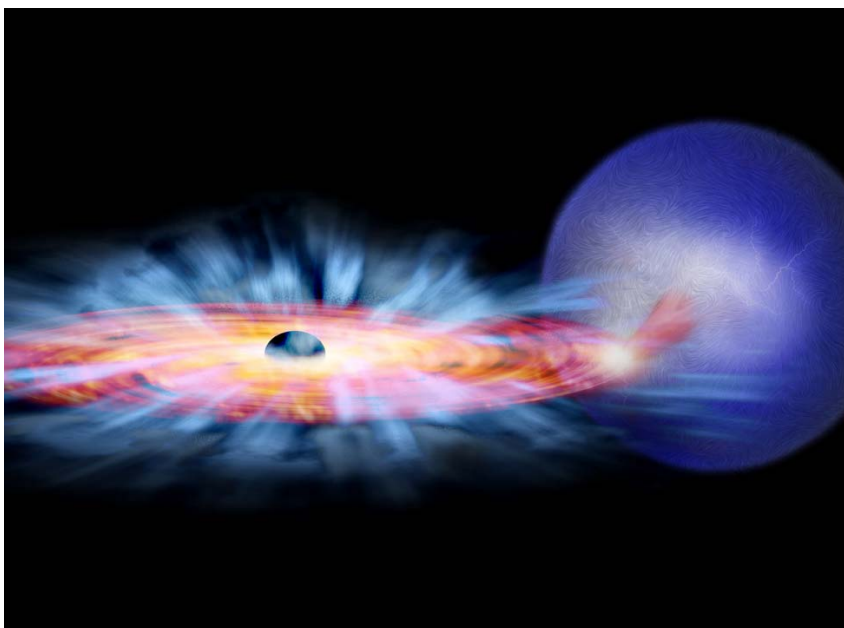
ჩაჭერილი ვარსკვლავი? (შავი ხვრელი + $1 M_{\odot}$)

მაღალი მასის რენტგენული ორმაგი სისტემა:

$$M_2 > M_1$$

High Mass X-Ray Binary (HMXB)

კომპაქტური ობიექტი + $10 M_{\odot}$



Roche Lobe overflow

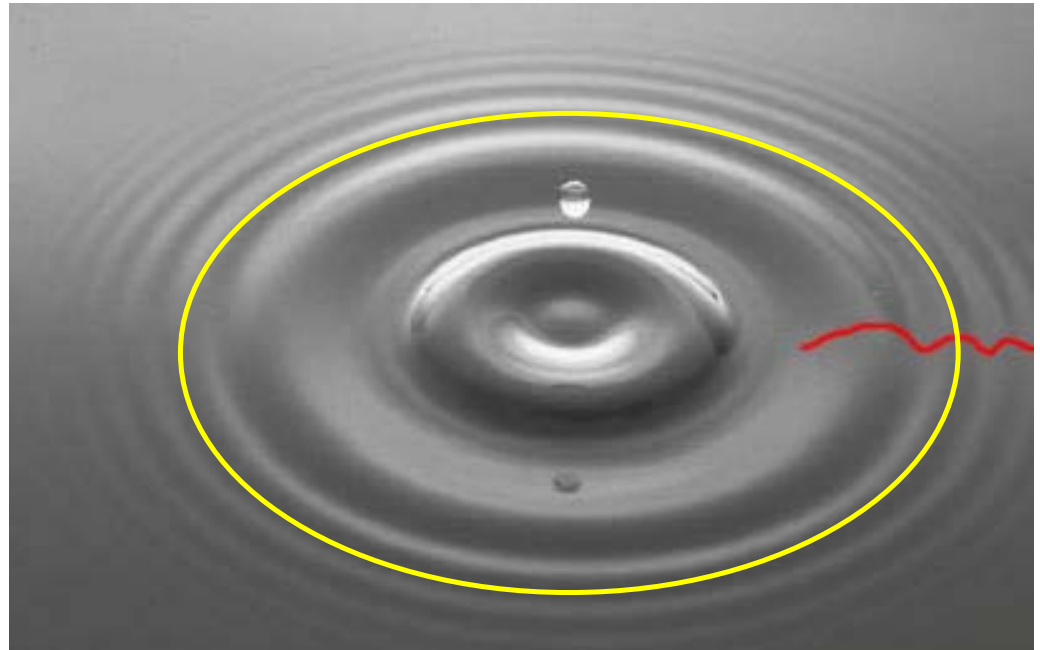
$$M_2 < M_1$$

ორბიტა იზრდება

$$M_2 > M_1$$

ორბიტა იკლებს

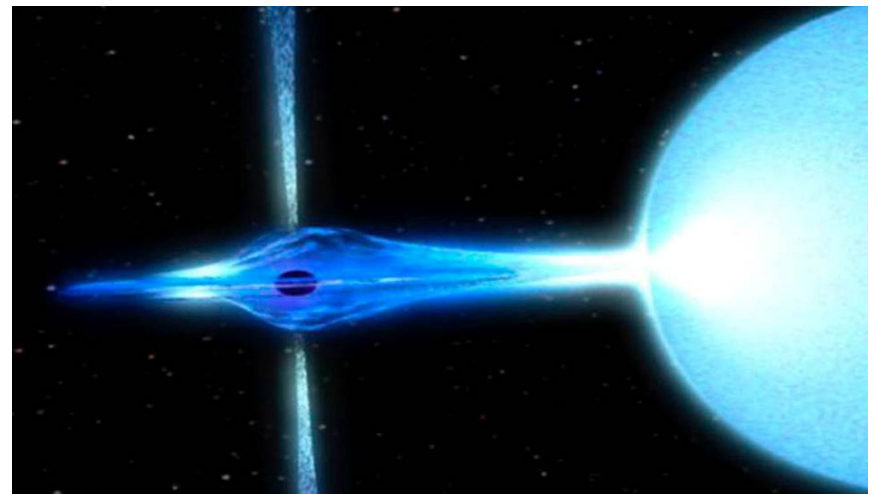
არამდგრადობა



კატაკლიზმური ცვლადები

X-Ray cataclysmic variable

novae



აკრეცია ორმაგ სისტემაში

სისტემის ბრუნვა + მატერიის აკრეცია = აკრეციული დისკი

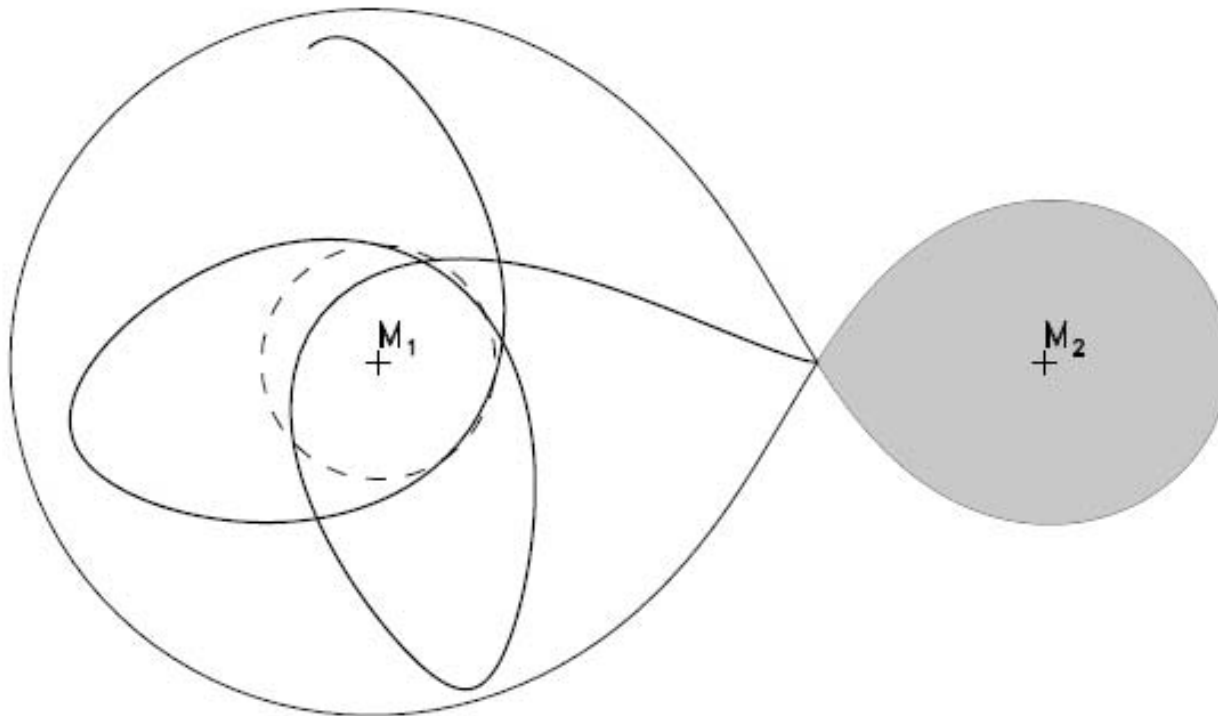


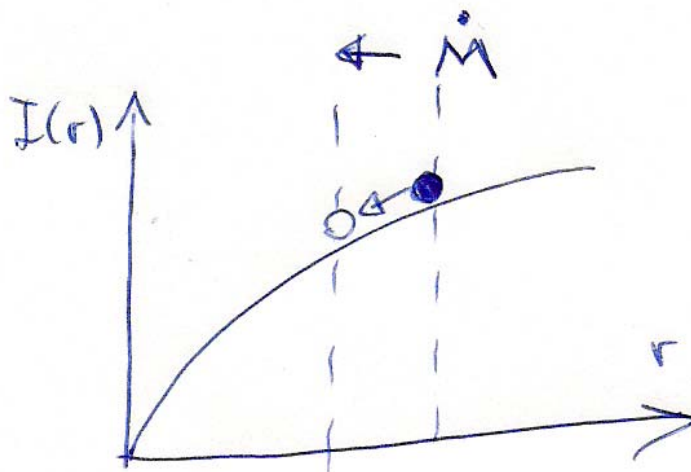
Figure 1. Roche geometry for $q = 0.2$, with free particle orbit from L_1 (as seen in a frame corotating with the orbit). Dashed: circularization radius.

აკრეცია: მექანიზმი

ბრუნვის მომენტის გადატანა: გარეთ

მასის გადატანა: შიგნით

გამოთავისუფლებული სიმბლავრე პროპორციულია მასის აკრეციის სიჩქარის



აკრეცია: სფერული, დისკური

აკრეციული დისკი სიბლანტით

სტაციონალური აკრეცია

უწყვეტობის და ნავიე-სტოქსის განტოლება ცილინდრულ კოორდინატებში:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} (R \rho u_R) = 0,$$

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial u_\phi}{\partial t} + u_R \frac{\partial u_\phi}{\partial R} + \frac{u_R u_\phi}{R} \right) \\ = \frac{\partial}{\partial R} \left(\eta \frac{\partial u_\phi}{\partial R} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{\partial u_\phi}{\partial z} \right) + \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} (\eta u_\phi) - \eta \frac{u_\phi}{R^2}. \end{aligned}$$

1. ღერძული სიმეტრია
2. $V_z = 0$

$$\Sigma = \int \rho dz$$

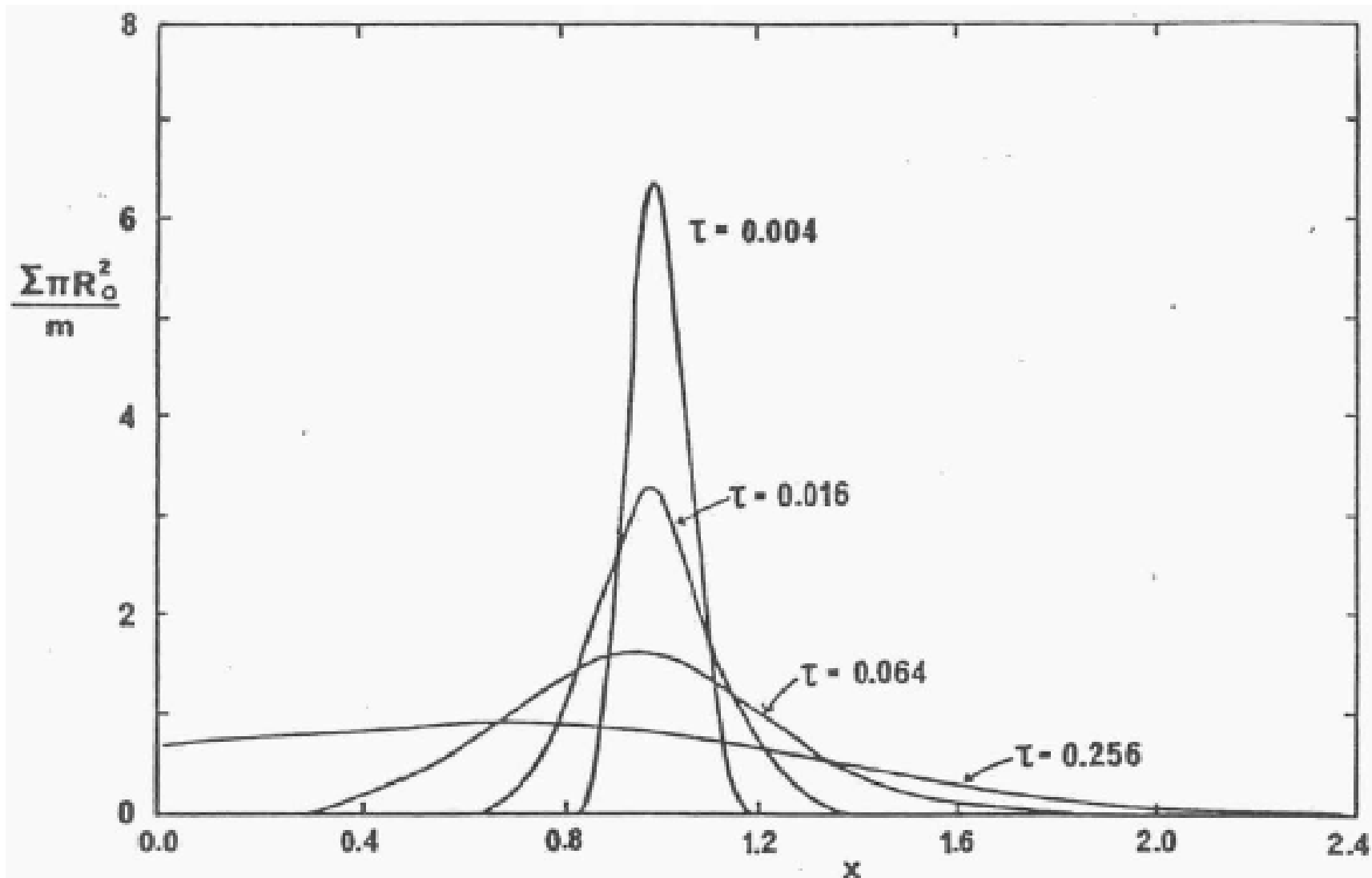
აკრეციული დისკი სიბლანტით

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial t} = \frac{3}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left[R^{\frac{1}{2}} \frac{\partial}{\partial R} \left(\nu \Sigma R^{\frac{1}{2}} \right) \right],$$

მუდმივი სიბლანტის კოეფიციენტი: ν

$$\dot{M} \sim U_R \sim \nu$$

აკრეციული დისკი სიბლანტით



ალფა მოდელი

$$\dot{M} \sim \nu \sim (Re)^{-1}$$

ასტრონომიული ობიექტების რეინოლდსის რიცხვი: $Re \sim \frac{UL}{\nu} \Rightarrow 10^{10} \quad (10^{14})$

ანომალური სიბლანტე: ტურბულენტობა (ქაოსი)

Shakura, Sunyaev, 1973

$$\underline{\underline{\nu_{eff}}}$$

$$\nu \approx \nu_{turb} l_{turb}$$

(ალფა მოდელი, პარამეტრიზაცია)

$$\nu_{eff} = \alpha \cdot c_s H$$

დაკვირვებული გამოსხივებებისათვის:

$$\alpha \leq 1 \quad (0.1, 0.2)$$

აკრეცია: მექანიზმი

რეილის მდგრადობის კრიტერიუმი:

$$\frac{\partial(R^2\Omega)}{\partial R} > 0,$$

კეპლერულ დისკებში: $J(r) \sim r^{1/2}$

ტურბულენტობის წყაროები (აღფა მოდელი):

- კონვექცია (ვერტიკალური სითბური არამდგრადობა)
- დიფერენციალური ბრუნვა (აღგებრული არამდგრადობები)
- მაგნიტური ველი (მაგნიტობრუნვითი არამდგრადობა)

ბრუნვის მომენტის არატურბულენტური გადატანა:

- კოჰერენტული სტრუქტურები (გრიგალები)
- სპირალური ტალღები

აკრეციული დისკი: მოდელი

თხელი დისკი

– კეპლერული ბრუნვა, ბრუნვით უზრუნველყოფილი დისკი

რადიალური და ვერტიკალური სტრუქტურა

$$g \sim z$$

$$\rho(r, z) = \rho_0(r) \exp\left(-\frac{z^2}{H^2}\right)$$

$$H = \frac{c_s(r)}{\Omega(r)}, \quad c_s^2(r) = \frac{\partial P_0(r)}{\rho_0(r)}$$

არამოდალური განხილვა:

გრიგალების ტრანზიენტული ზრდა; ტალღების გაჩენა; ...

—

კონვექცია

$$\omega_c = \omega_c(\kappa)$$

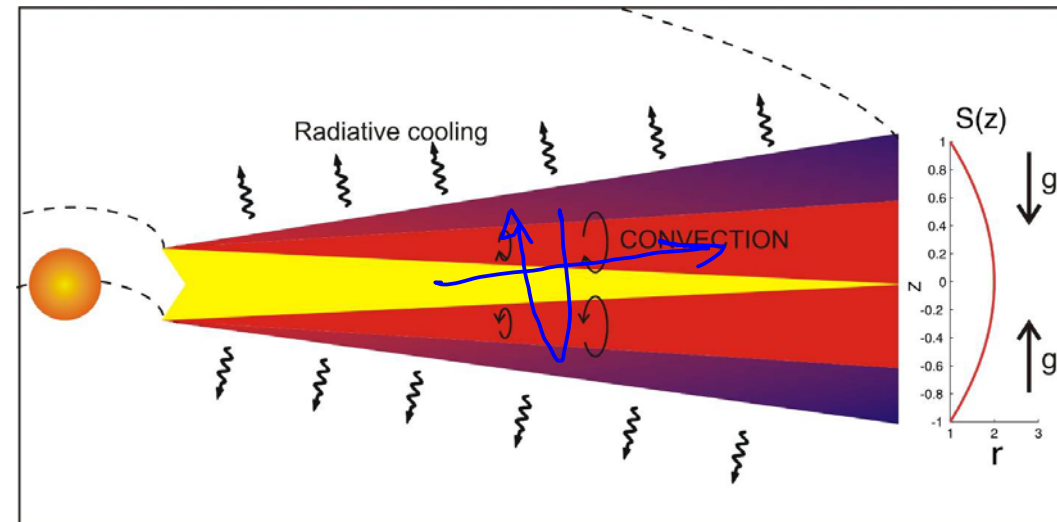
$$\psi_c$$

$$\frac{d^2 \psi_c}{dt^2} = -\omega_c^2 \psi_c$$

$$+ \Omega$$

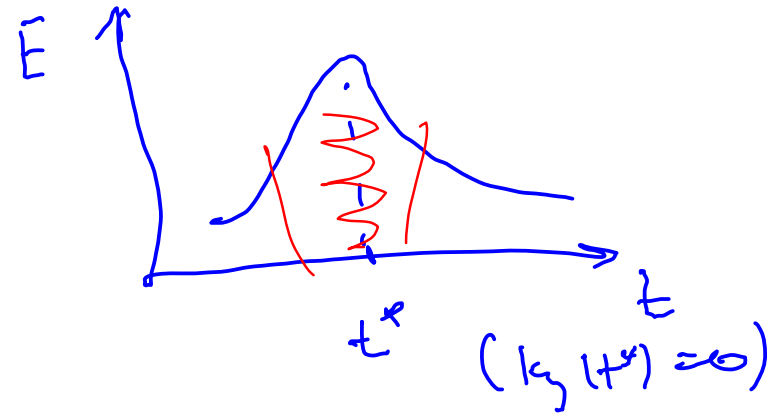
$$\psi_c = V_z, S, T,$$

$$\psi_c = aV_z + bV_\perp$$



$$V_0 = (A, y, 0)$$

$$\underline{k_y(t) = k_y(0) - A k_x t}$$



② p_v

$$k_v = \frac{2\pi}{p_v}$$

$$k > k_v$$

