Отчет о проделанной работе и план о непроделанной

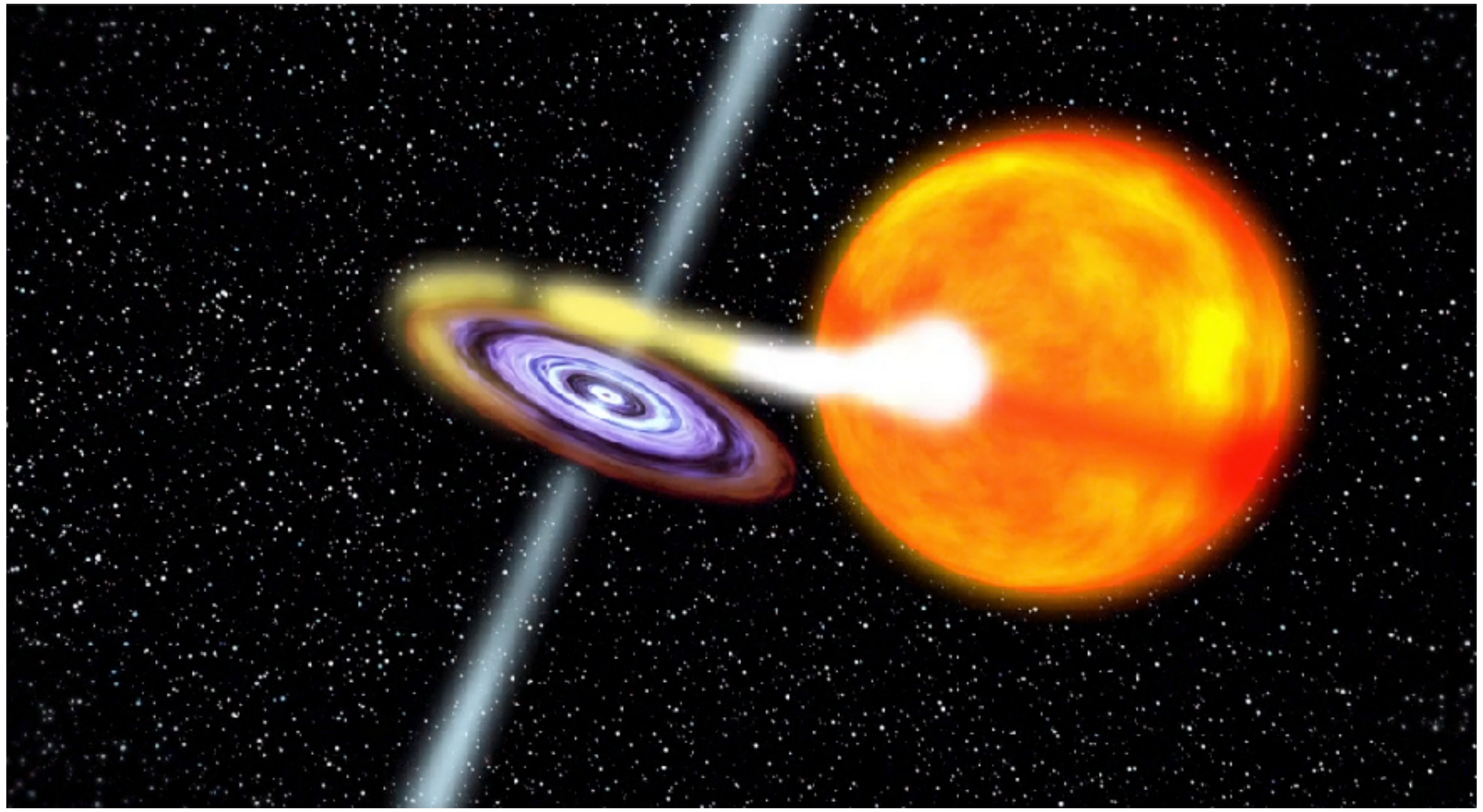
Константин Маланчев

7 ноября 2017, микросеминар отдела релятивистской астрофизики, ГАИШ МГУ

План доклада

- Моделирование рентгеновских новых
- Конвективная устойчивость тонких ламинарных аккреционных потоков
- Трёхмерное гидродинамическое моделирование аккреции
- Разработка и поддержка софта
- Наблюдения аккрецирующих систем на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ
- Преподавание
- Будущее
- Публикации

Рентгеновские новые. Рентгеновские двойные



NASA's Goddard Space Flight Center

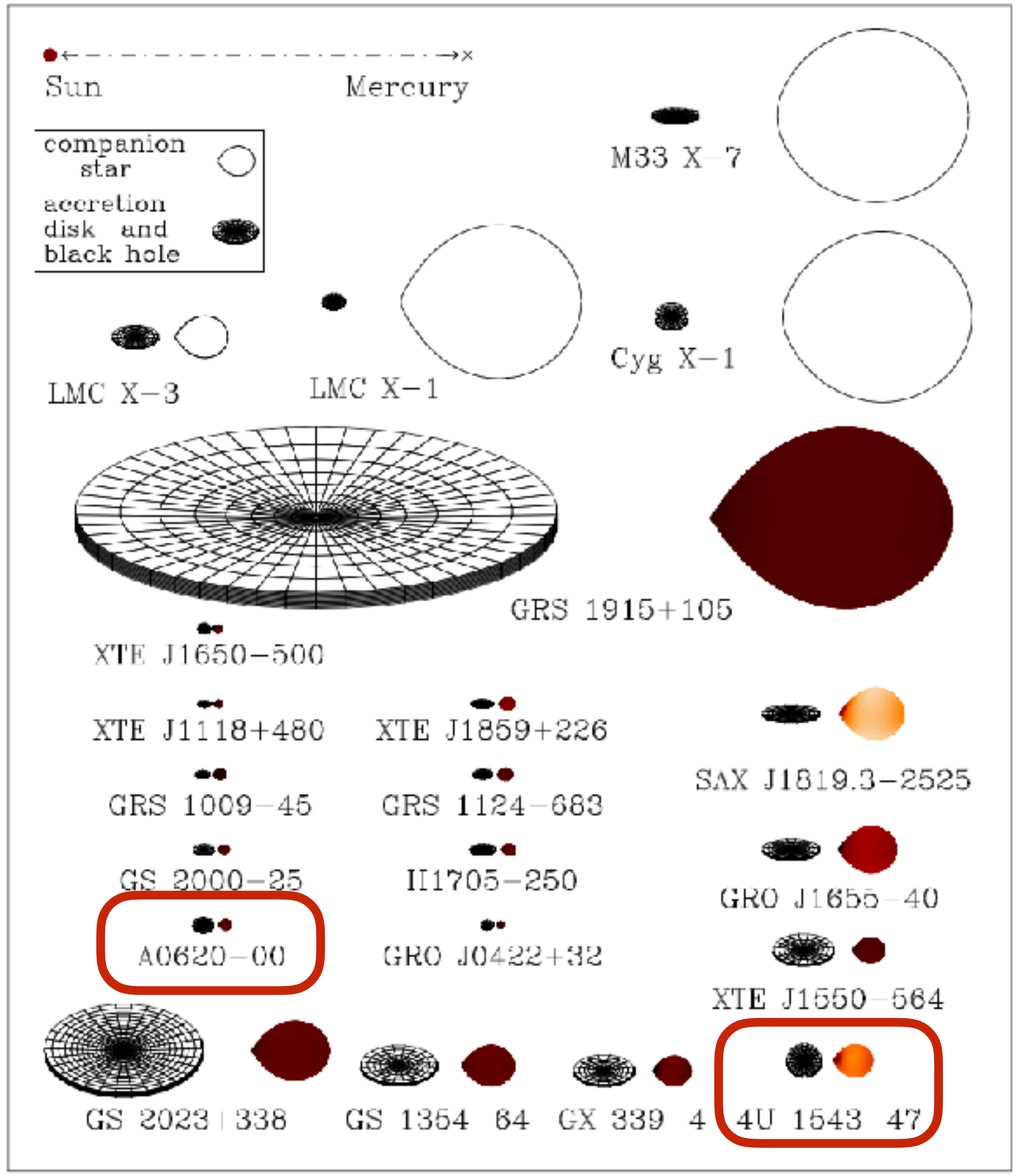


Fig. 1 Schematic sketch to scale of 21 black hole binaries (see scale and legend in the upper-left corner). The tidally-distorted shapes of the companion stars are accurately rendered in Roche geometry. The black holes are located in the center of the disks. A disk's tilt indicates the inclination angle i of the binary, where $i = 0$ corresponds to a system that is viewed face-on; e.g., $i = 21°$ for 4U 1543–47 (bottom right) and $i = 75°$ for M33 X-7 (top right). The size of a system is largely set by the orbital period, which ranges from 33.9 days for the giant system GRS 1915+105 to 0.2 days for tiny XTE J1118+480. Three well-studied persistent systems (M33 X-7, LMC X-1 and Cyg X-1) are located in the upper-right corner. The other 18 systems are transients. (Figure courtesy of J. Orosz.)

J. E. McClintock et. al., 2014, Space Science Reviews, Volume 183, Issue 1-4, pp. 295-322. arXiv:1303.1583

Рентгеновские новые. Структура диска

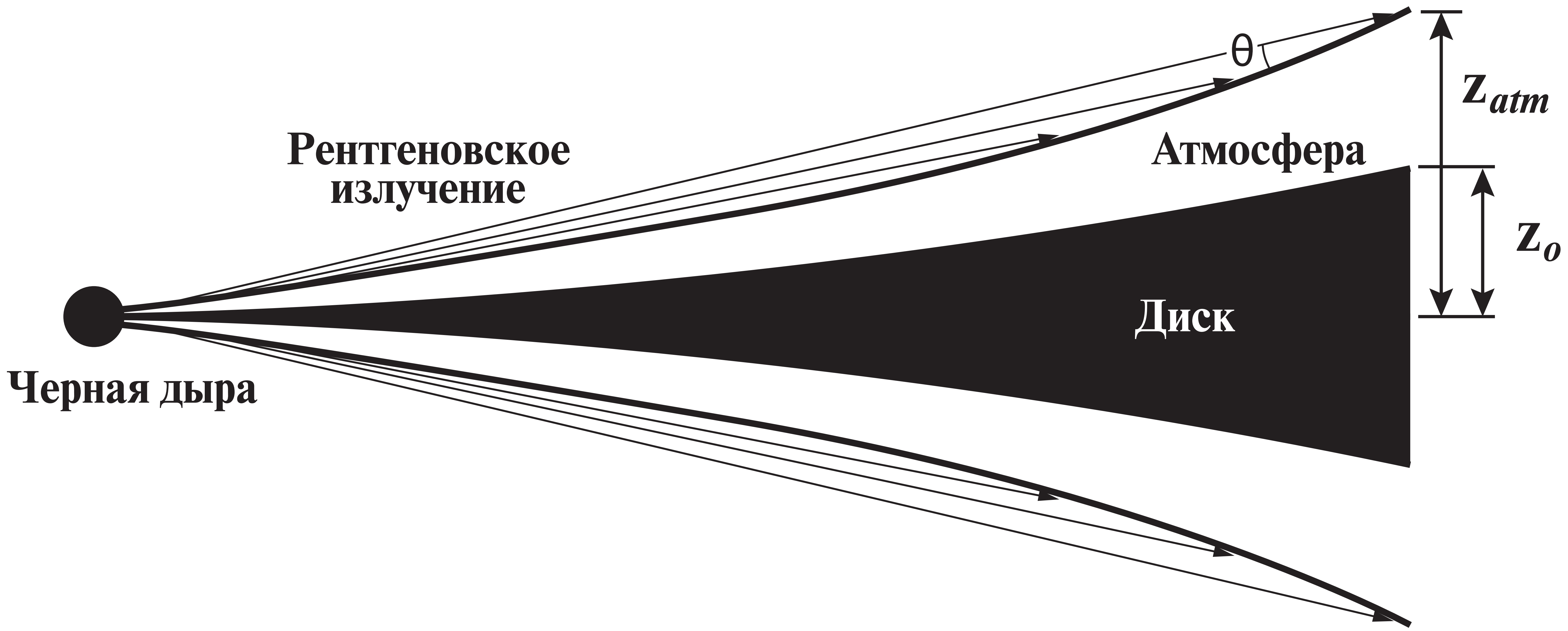
$$\frac{\partial \Sigma}{\partial t} = \frac{1}{4\pi} \frac{(GM)^2}{h^3} \frac{\partial^2 F}{\partial h^2},$$

$$\Sigma \equiv \int_{-z_0}^{z_0} \rho \, \mathrm{d}z,$$

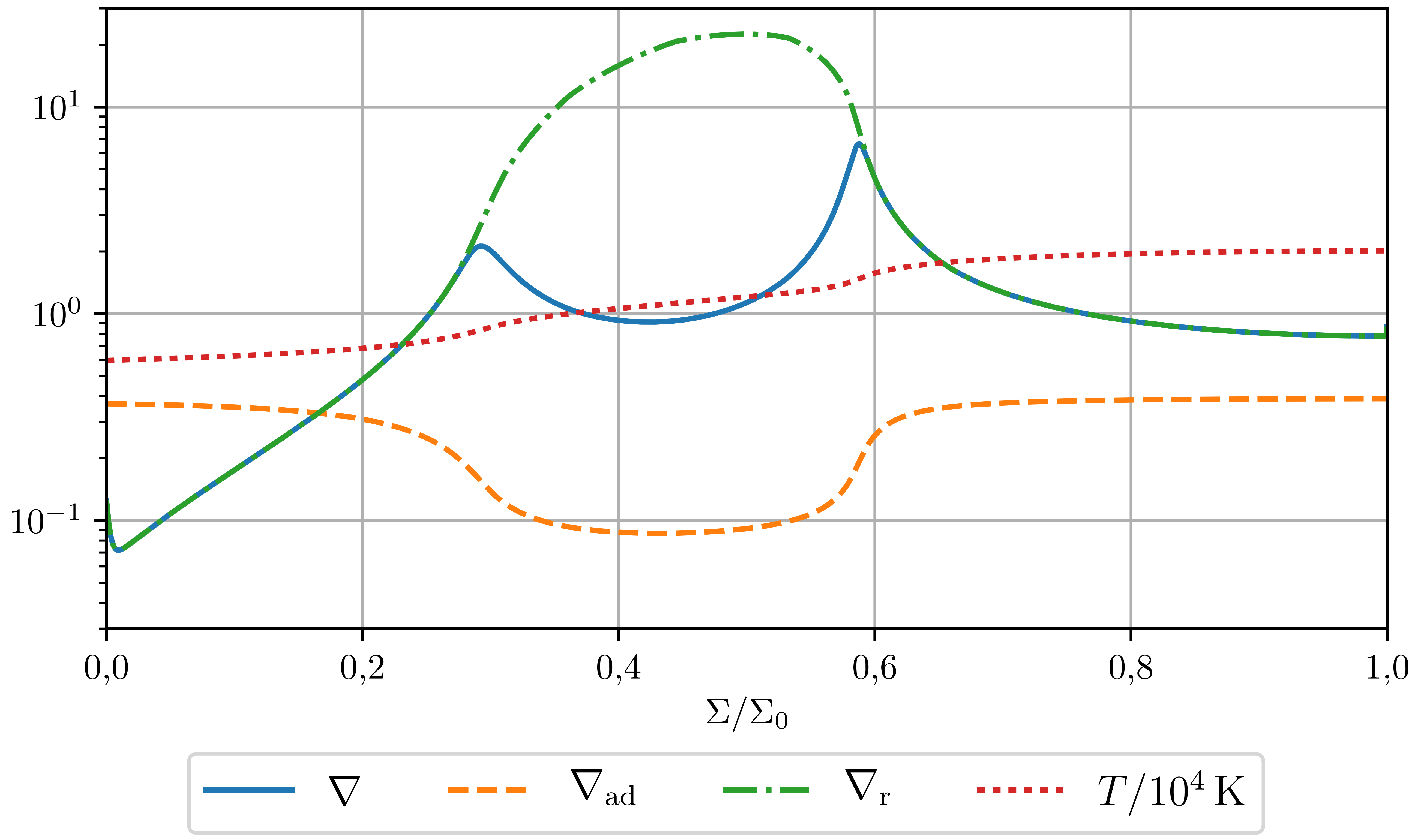
$$F = 2\pi r^2 \int_{-z_0}^{z_0} w_{r\varphi} \, \mathrm{d}z,$$

$$h = \sqrt{GMr},$$

$$\dot{M} = \frac{\partial F}{\partial h}.$$



Рентгеновские новые. Вертикальная конвекция



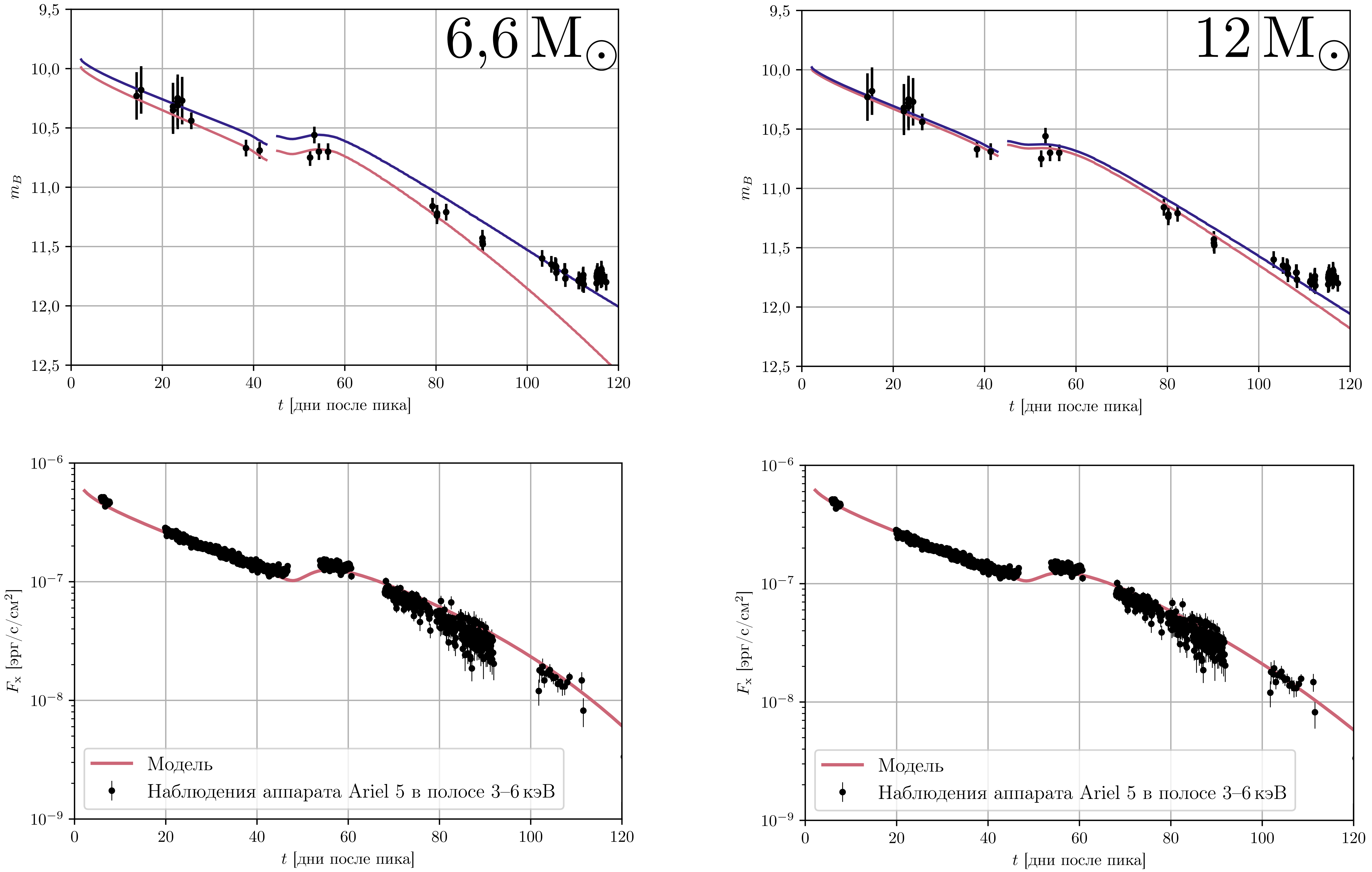
$$\nabla_{\mathrm{adiab}} \equiv \left(\frac{\mathrm{d}\ln T}{\mathrm{d}\ln P}\right)_{\mathrm{adiab}} = \frac{2 + \Xi\left(\frac{5}{2} + \frac{Ry}{kT}\right)}{5 + \Xi\left(\frac{5}{2} + \frac{Ry}{kT}\right)^2},$$

для чистого водорода $\Xi = i(1-i)$.

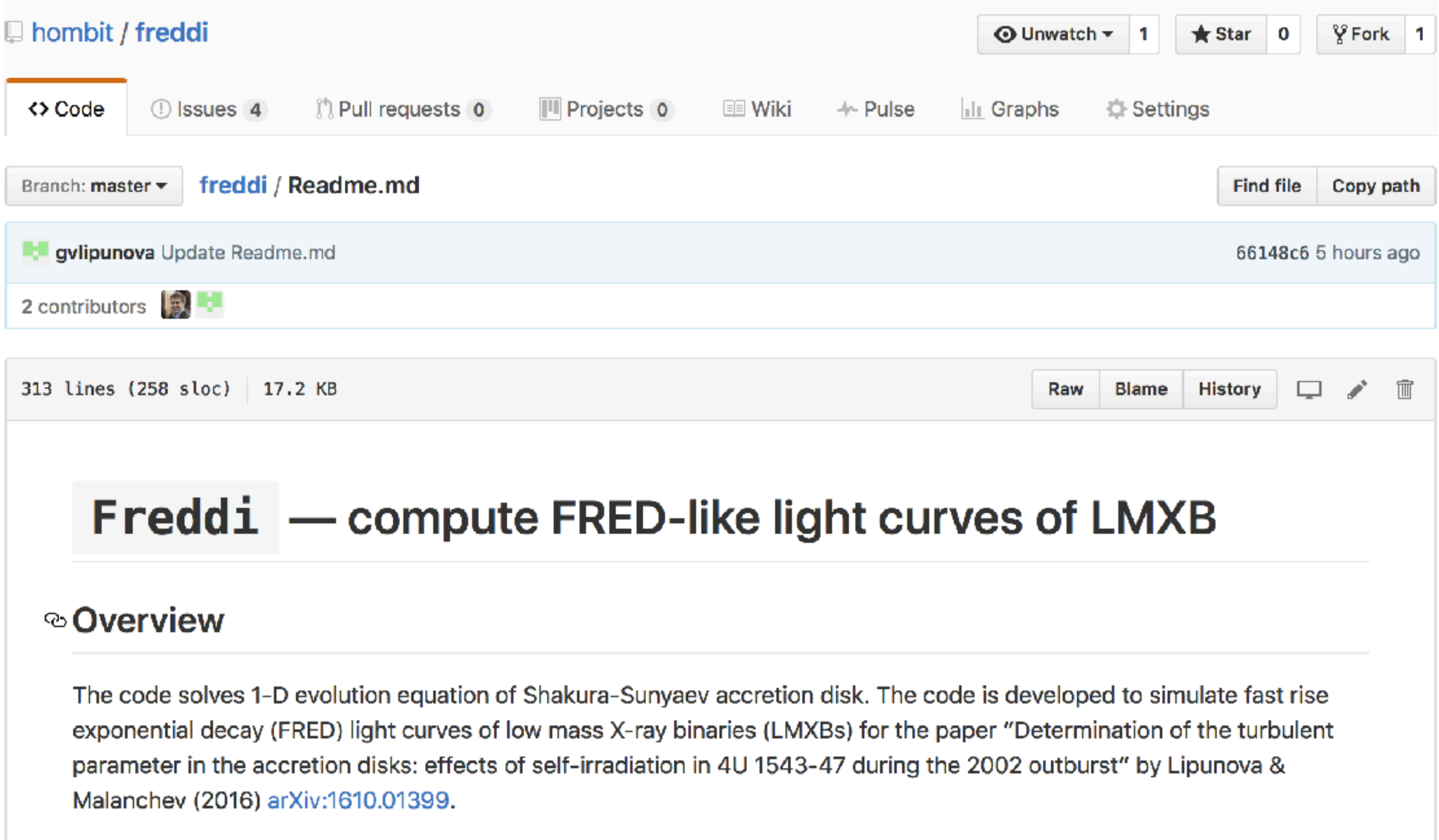
$$\nabla_{\mathrm{radiative}} \equiv \frac{3\varkappa\rho P q}{4acT^4}\left(\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}z}\right)^{-1},$$

$$\nabla_{\mathrm{average}} \equiv \frac{P}{T}\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}z}\left(\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}z}\right)^{-1}.$$

Рентгеновские новые.
Результаты. A 0620–00



Рентгеновские новые. Freddi


hombit / freddi

Unwatch 1 | Star 0 | Fork 1

Code | Issues 4 | Pull requests 0 | Projects 0 | Wiki | Pulse | Graphs | Settings

Branch: master | freddi / Readme.md | Find file | Copy path

gvlipunova Update Readme.md — 66148c6 5 hours ago

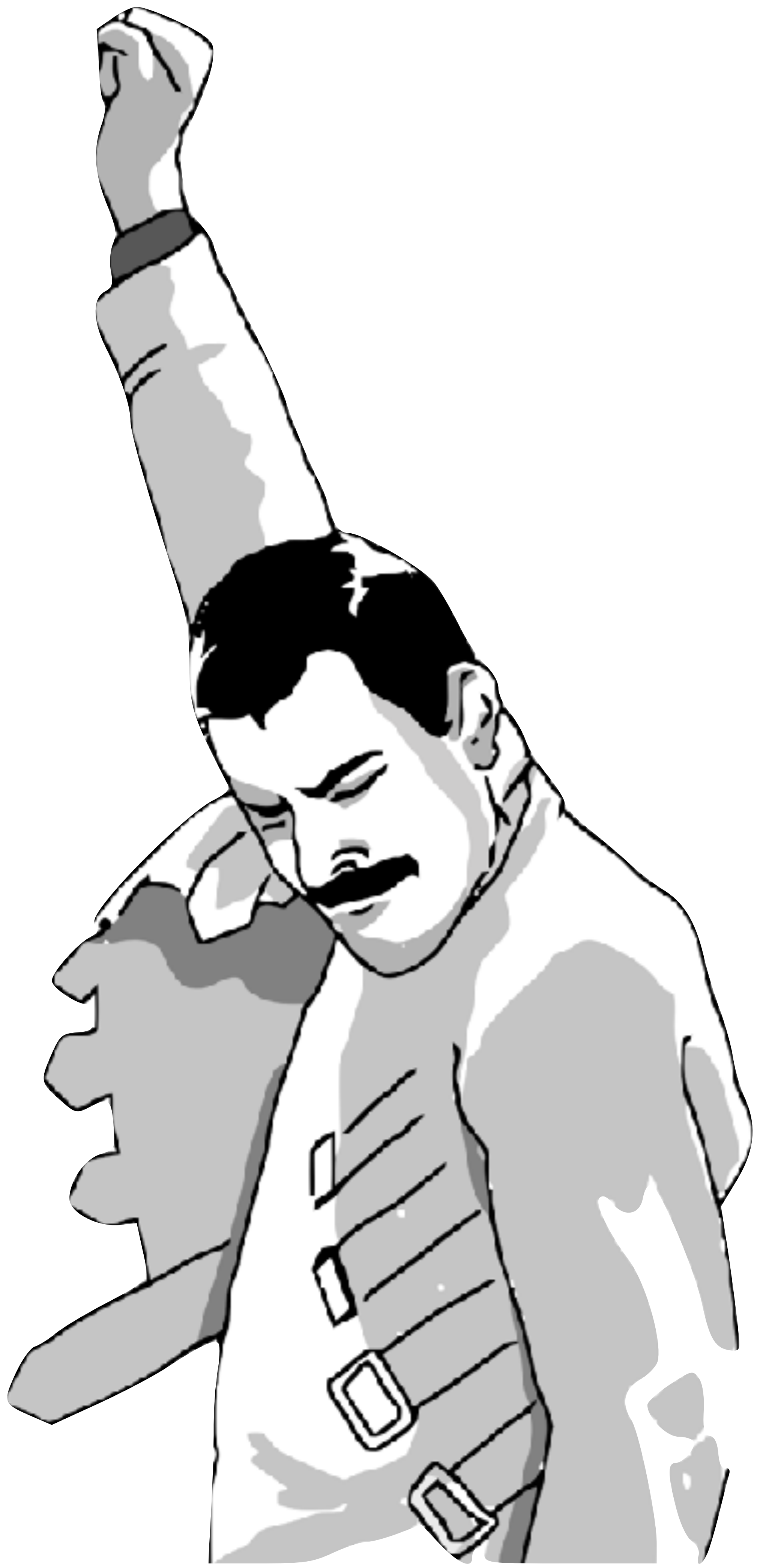
2 contributors

313 lines (258 sloc) | 17.2 KB | Raw | Blame | History

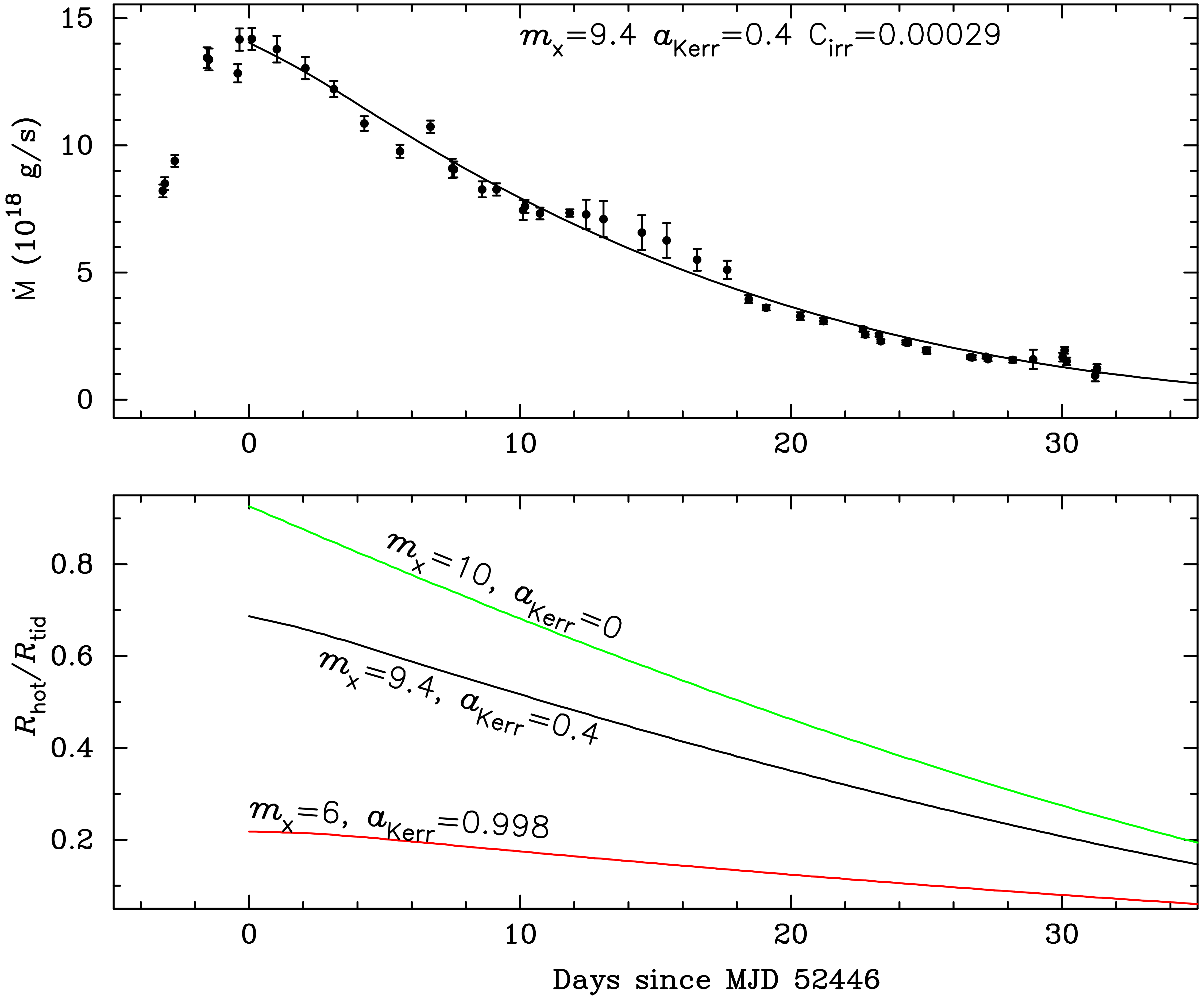
`Freddi` — compute FRED-like light curves of LMXB

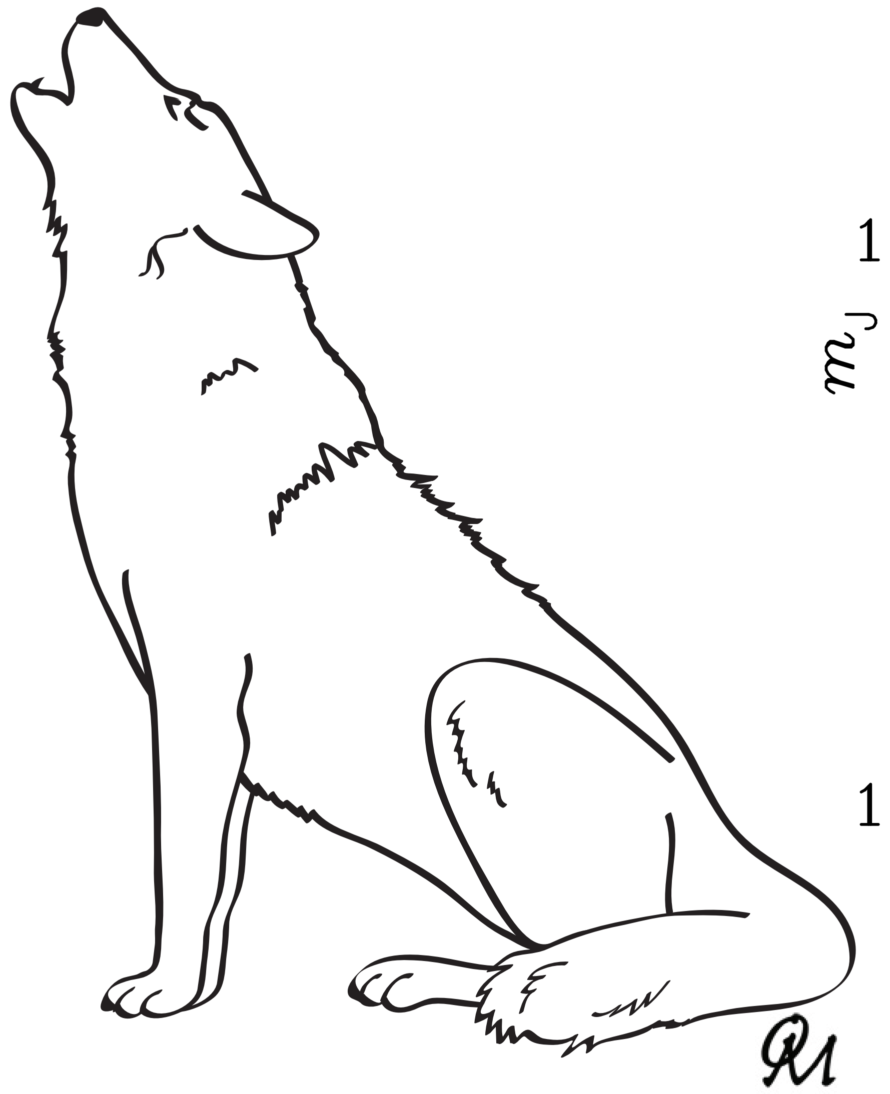
Overview

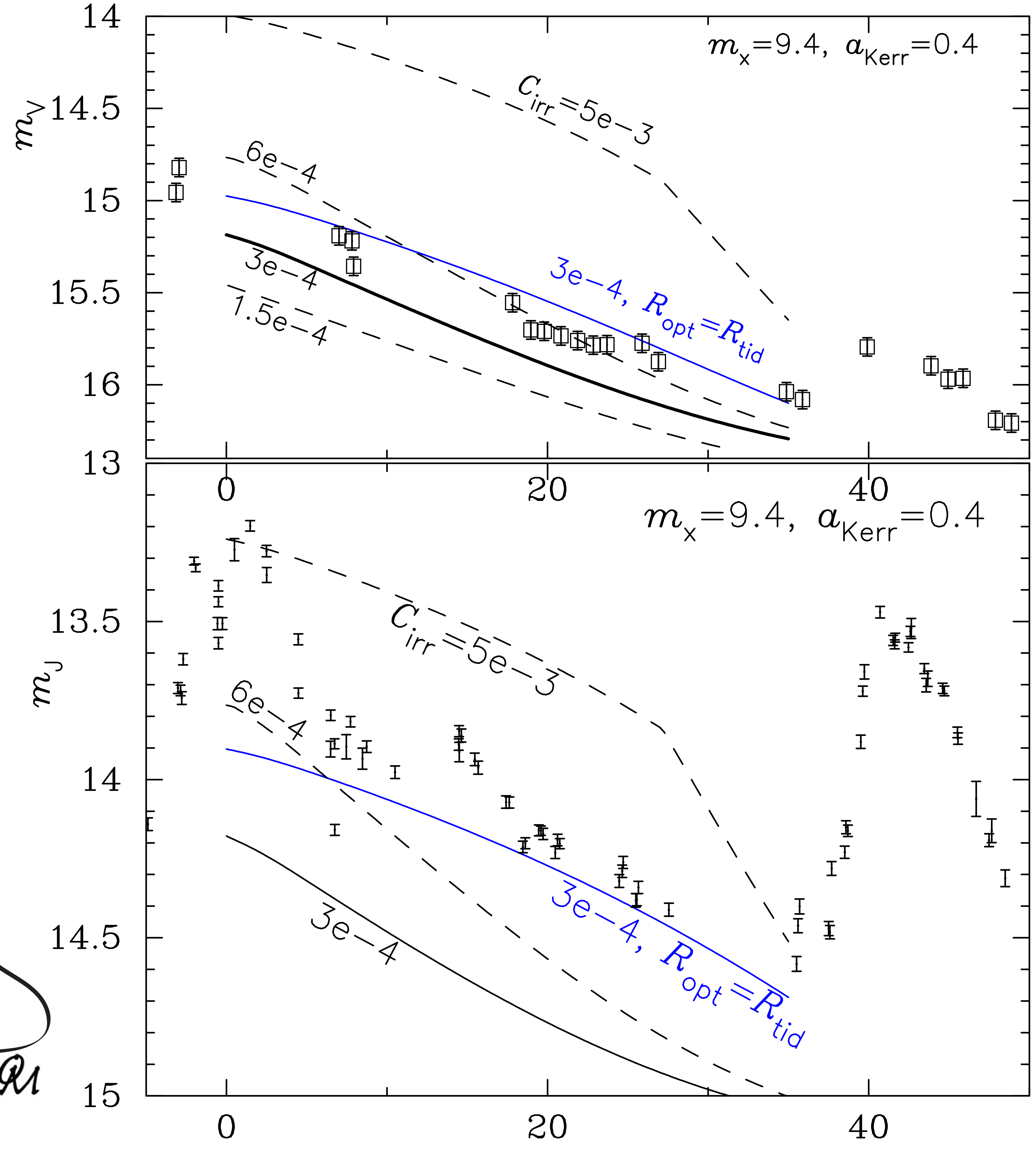
The code solves 1-D evolution equation of Shakura-Sunyaev accretion disk. The code is developed to simulate fast rise exponential decay (FRED) light curves of low mass X-ray binaries (LMXBs) for the paper "Determination of the turbulent parameter in the accretion disks: effects of self-irradiation in 4U 1543-47 during the 2002 outburst" by Lipunova & Malanchev (2016) arXiv:1610.01399.



Рентгеновские новые. Результаты. 4U 1543–47

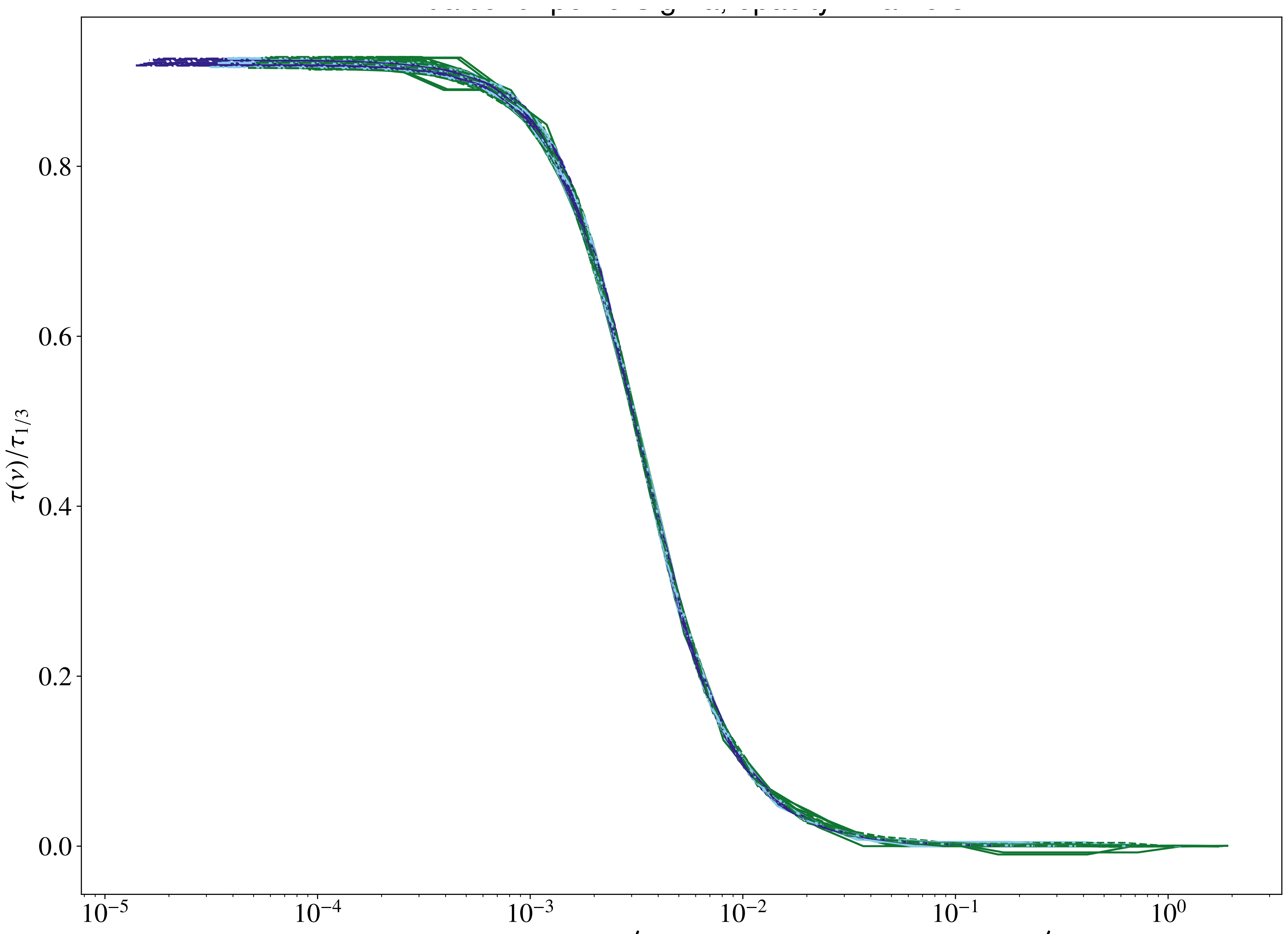




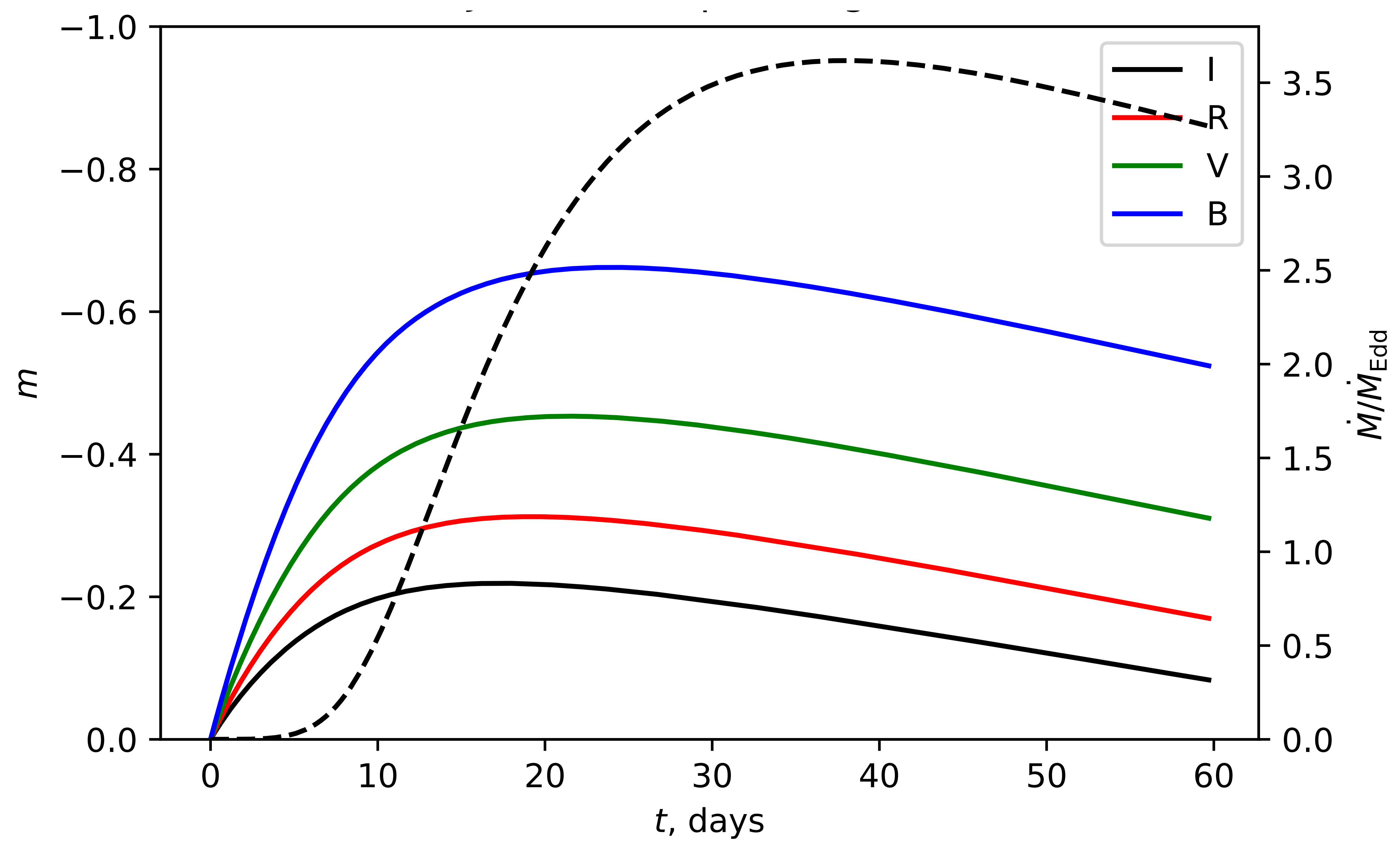


Рентгеновские новые. Кривая задержек

$$\frac{\tau(\nu)}{\tau_{1/3}}$$



$$\frac{\nu}{\nu_0}\left(\frac{R_{\rm out}}{R_\odot}\right)^{3/4}\left(\frac{R_{\rm in}}{R_{\rm in\odot}}\right)^{-3/4}$$



Конвективная устойчивость. Модальный анализ

Линеаризованные уравнения для малых колебаний

$$f(r,z) = f_0(r,z) + f_1(z)\exp\left(\mathrm{i}\omega t - \mathrm{i}kr\right),$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial z} - \mathrm{i}k_r u_r + \frac{1}{\rho_0}\frac{\partial \rho_0}{\partial z}u_z = 0,$$

$$(\mathrm{i}\omega + \nu k_r^2)u_r - 2\Omega u_\phi = \mathrm{i}k_r \frac{p_1}{\rho_0},$$

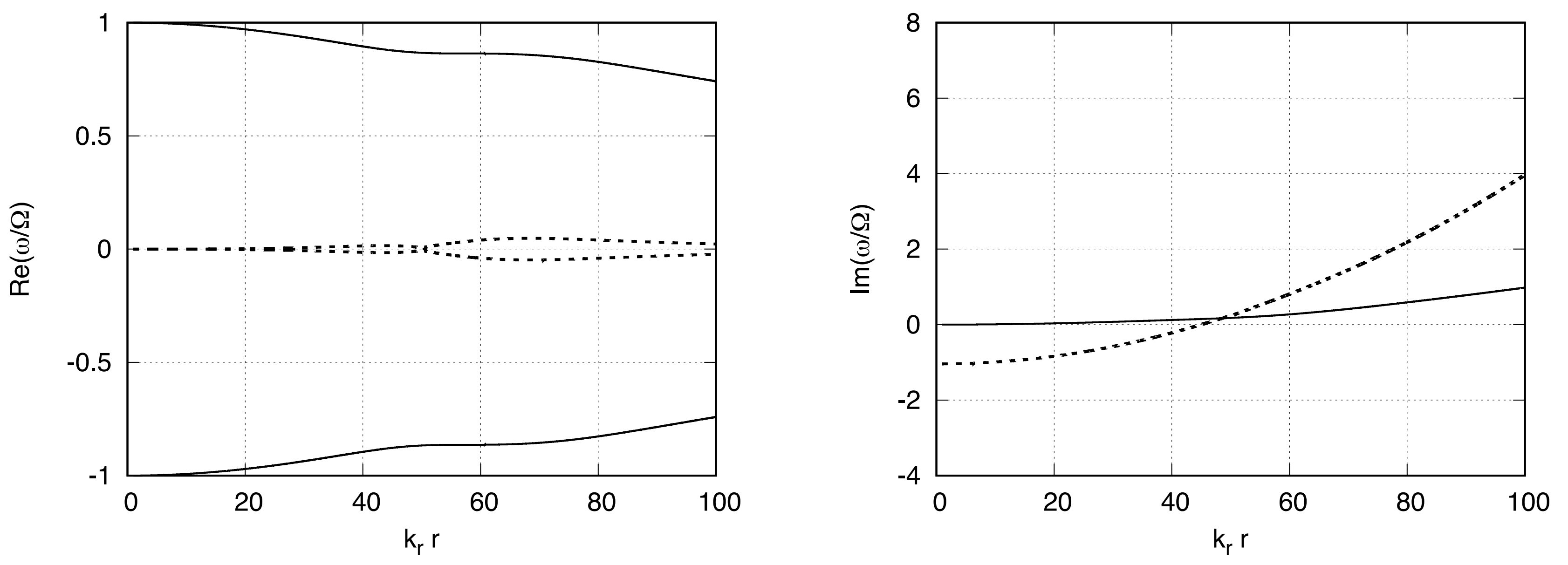
$$(\mathrm{i}\omega + \nu k_r^2)u_\phi + \frac{\varkappa^2}{2\Omega}u_r = 0,$$

$$(\mathrm{i}\omega + \nu k_r^2)u_z = -\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p_1}{\partial z} + \frac{\rho_1}{\rho_0}\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p_0}{\partial z},$$

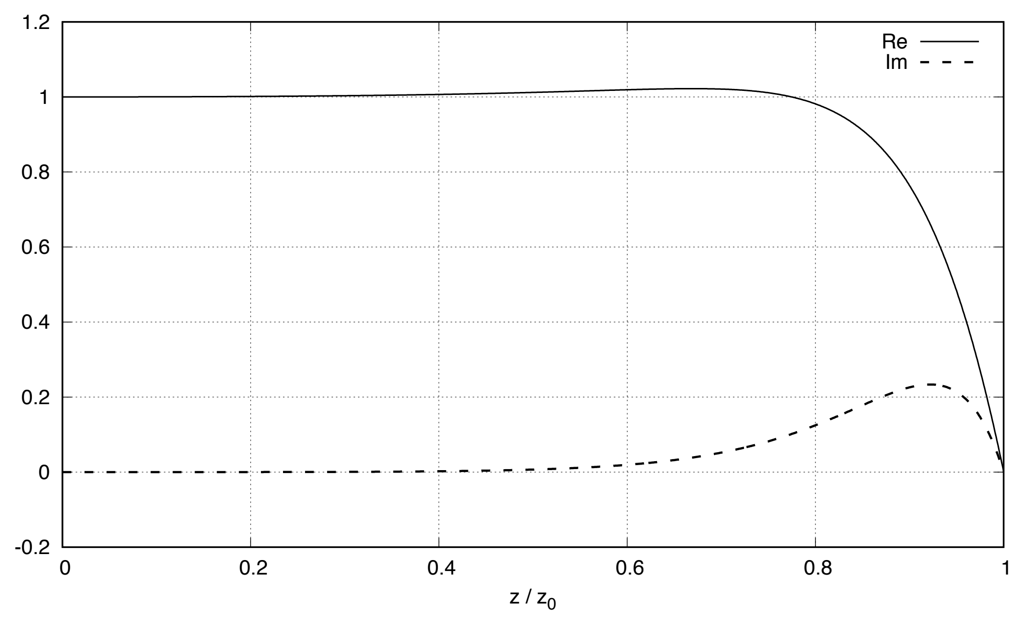
$$\frac{\rho_1}{\rho_0}\left[\mathrm{i}\omega + \frac{\nu k_r^2}{\mathrm{Pr}} - \alpha_{\mathrm{visc}}\frac{\nu}{\mathrm{Pr}}\frac{1}{T_0}\frac{\partial^2 T_0}{\partial z^2} - \alpha_{\mathrm{visc}}\nu\left(r\frac{d\Omega}{dr}\right)^2\frac{\mu}{\mathcal{R}T_0}\right]$$
$$= \frac{2\mathrm{i}k_r\nu r(d\Omega/dr)}{c_p\mathcal{R}T_0/\mu}u_\phi + \frac{1}{c_p}\frac{\partial s_0}{\partial z}u_z.$$

Решения на политропном фоне

Собственная частота



Собственный вектор $f_1(z)$



Конвективная устойчивость. Оптически тонкий диск

$$\frac{\rho\mathcal{R}T}{\mu}\left[\frac{\partial s}{\partial t}+(\mathbf{v}\nabla)\cdot s\right]=\frac{\mathrm{d}E_{\mathrm{visc}}}{\mathrm{d}t\,\mathrm{d}V}-\nabla\cdot Q\,.$$

В осесимметричном случае:

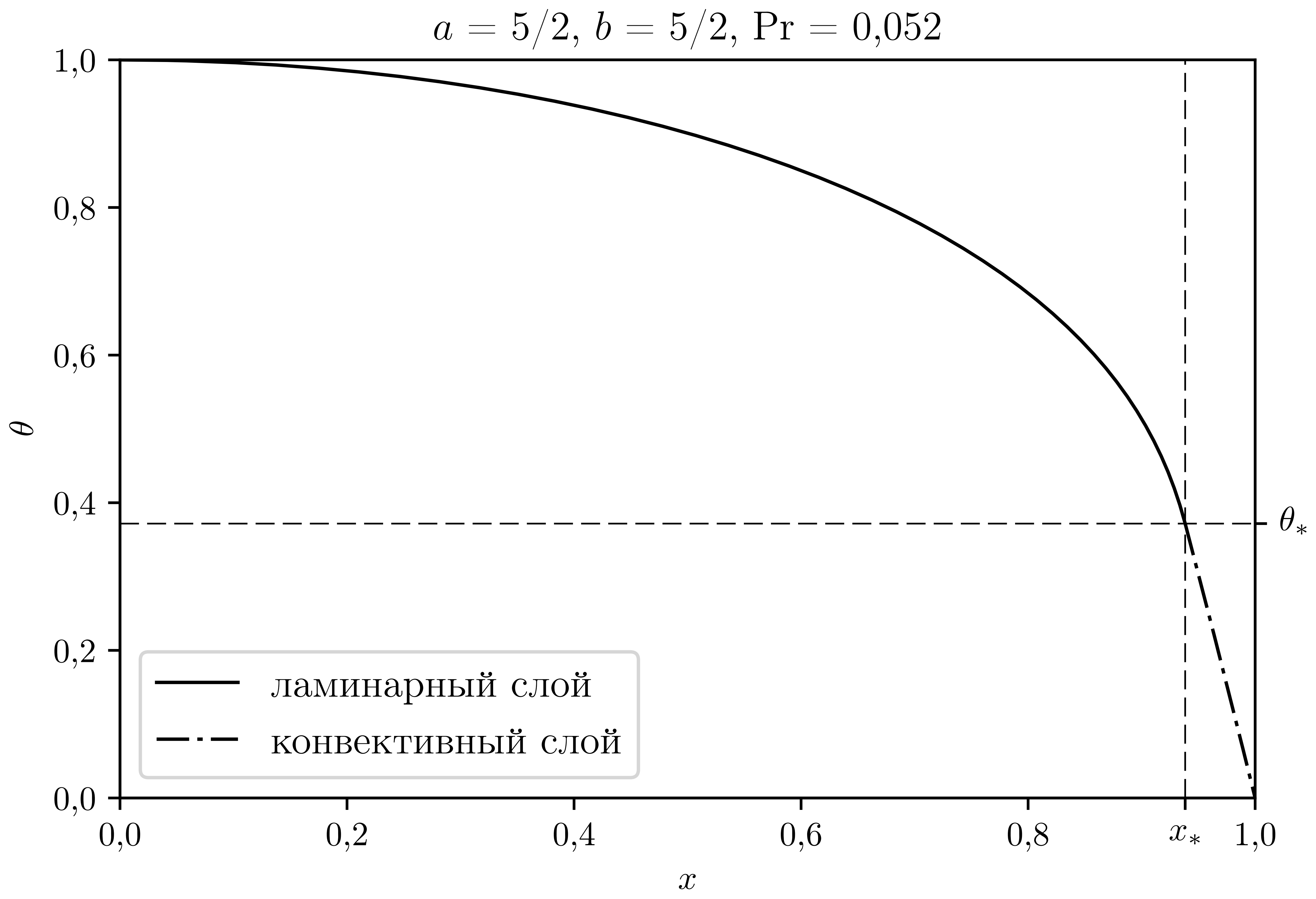
$$P\frac{\partial s}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\kappa(T)\,\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\eta(T)\,r^2\,\left(\frac{\mathrm{d}\Omega}{\mathrm{d}r}\right)^2\,.$$

В стационарном случае и считая

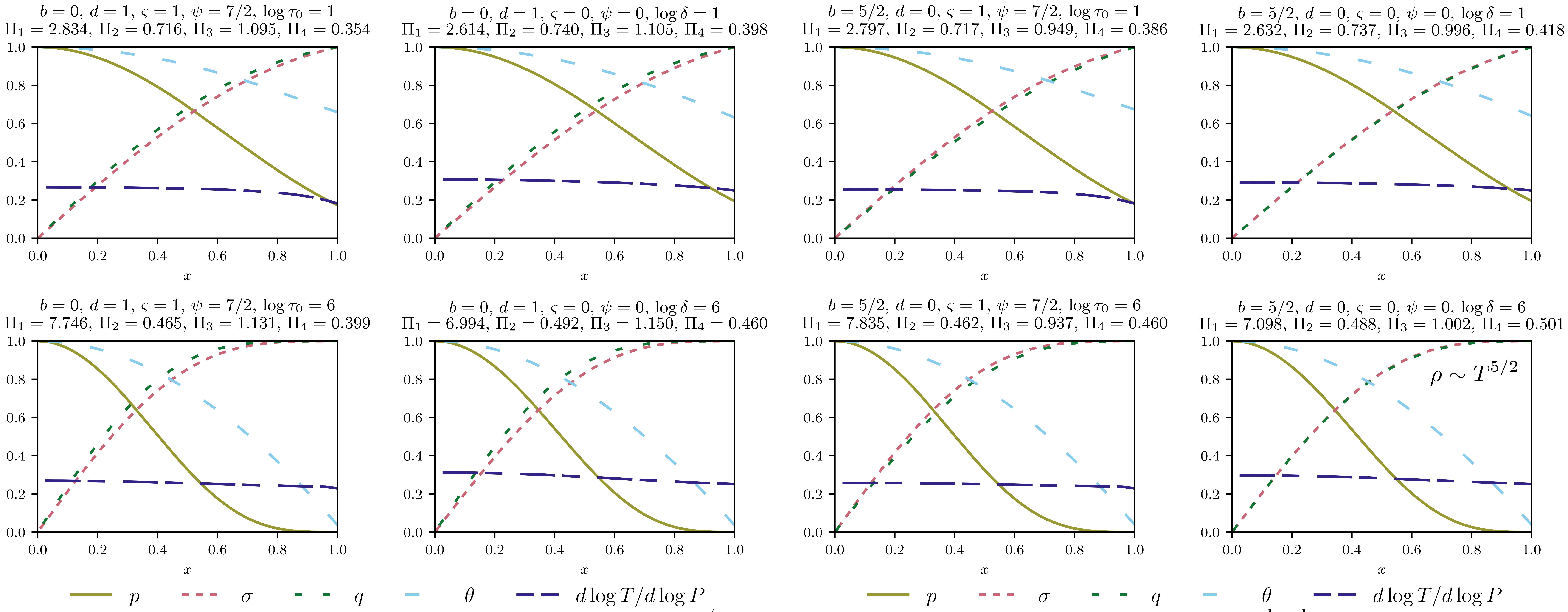
$\kappa(T)\sim T^a$ и $\eta(T)\sim T^b$:

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}+\frac{a}{\theta}\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\right)^2+B\theta^{b-a}=0\,.$$

$$\mathrm{Pr}_{\mathrm{crit}}=\left(\frac{\mathrm{d}\log\Omega}{\mathrm{d}\log r}\right)^{-2}=\frac{4}{9}$$



Конвективная устойчивость. Оптически толстый диск



Непрозрачность $\varkappa\sim\rho^{\varsigma}/T^{\psi}$ Динамическая вязкость $\eta\sim T^b p^d$

3D гидродинамика. Особенности модели

- Частично ионизованный идельный газ без самогравитации и магнитного поля
- Потери энергии рассчитываются с помощью функции охлаждения в предположении оптически тонкой среды
- Кривая блеска в белом свете рассчитывается на основе структуры течения, полученной в ходе газодинамического расчета

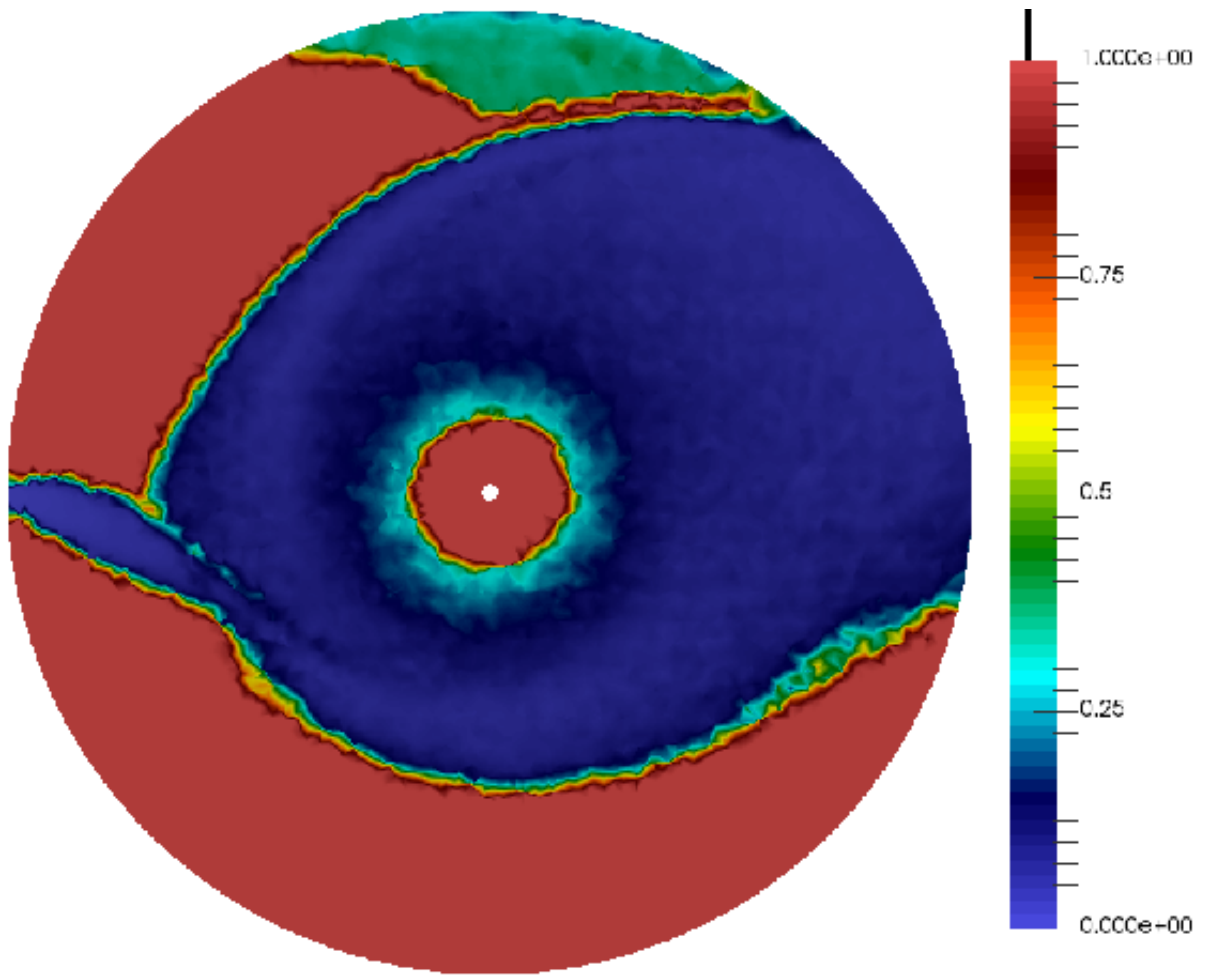
$$P = \rho k T \frac{1+i}{m_{\mathrm{p}}},$$

$$i = \left[1 + P\left(\frac{2\pi\hbar^2}{m_{\mathrm{e}}}\right)^{3/2} (kT)^{-5/2}\, \mathrm{e}^{\mathrm{Ry}/kT}\right]^{-1/2},$$

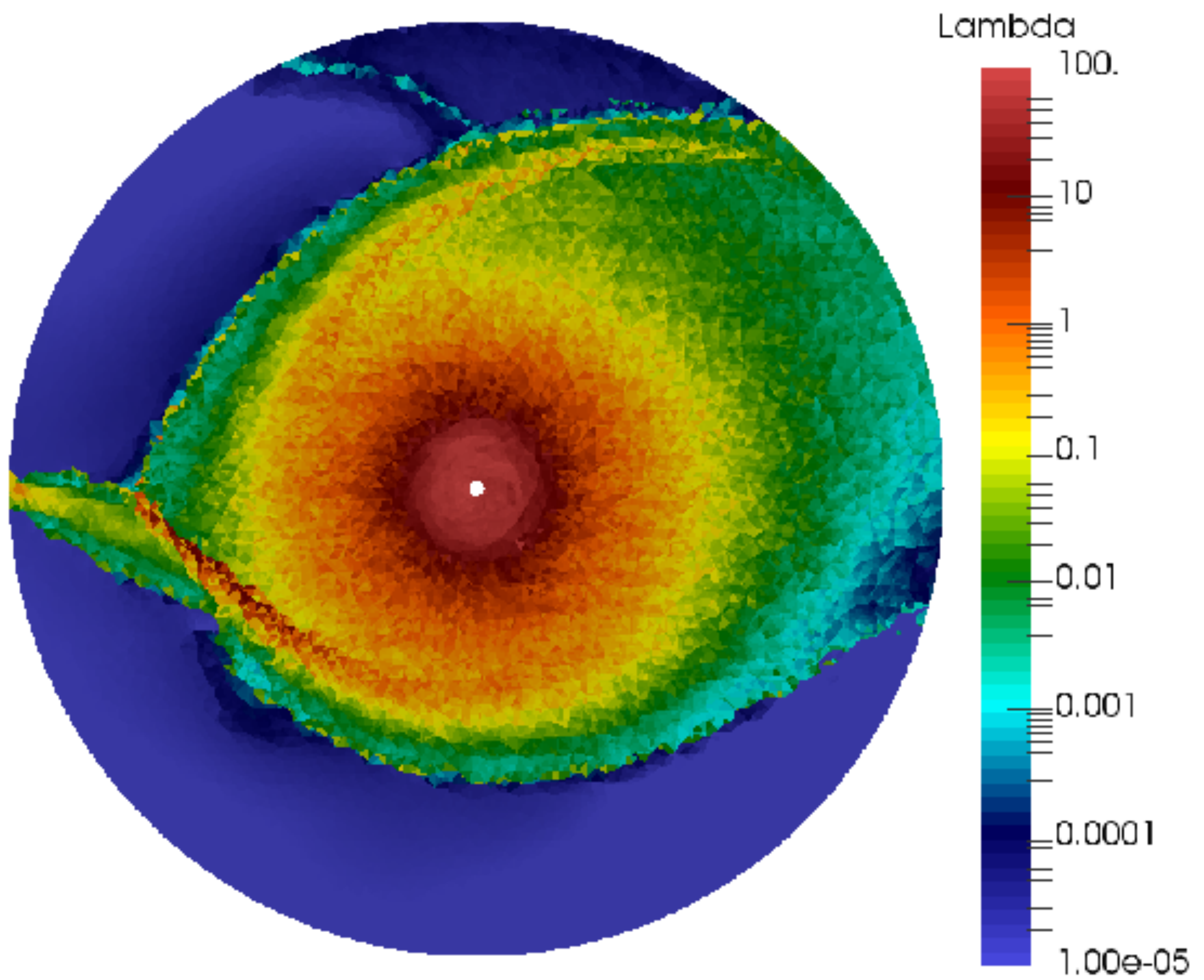
$$v_{\mathrm{s}}^2 = \frac{P}{\rho} \frac{5 + i(1-i)\left(\frac{5}{2} + \frac{\mathrm{Ry}}{kT}\right)^2}{3 + i(1-i)\left[\left(\frac{3}{2} + \frac{\mathrm{Ry}}{kT}\right) + \frac{3}{2}\right]}.$$

$$\alpha_{\mathrm{Pl}} = \frac{\Lambda(\rho, T)}{4\sigma_{\mathrm{SB}} T^4}, \quad \mathrm{d}\tau = \alpha_{\mathrm{Pl}}\, \mathrm{d}z, \quad I = \frac{\Lambda}{4\pi}.$$

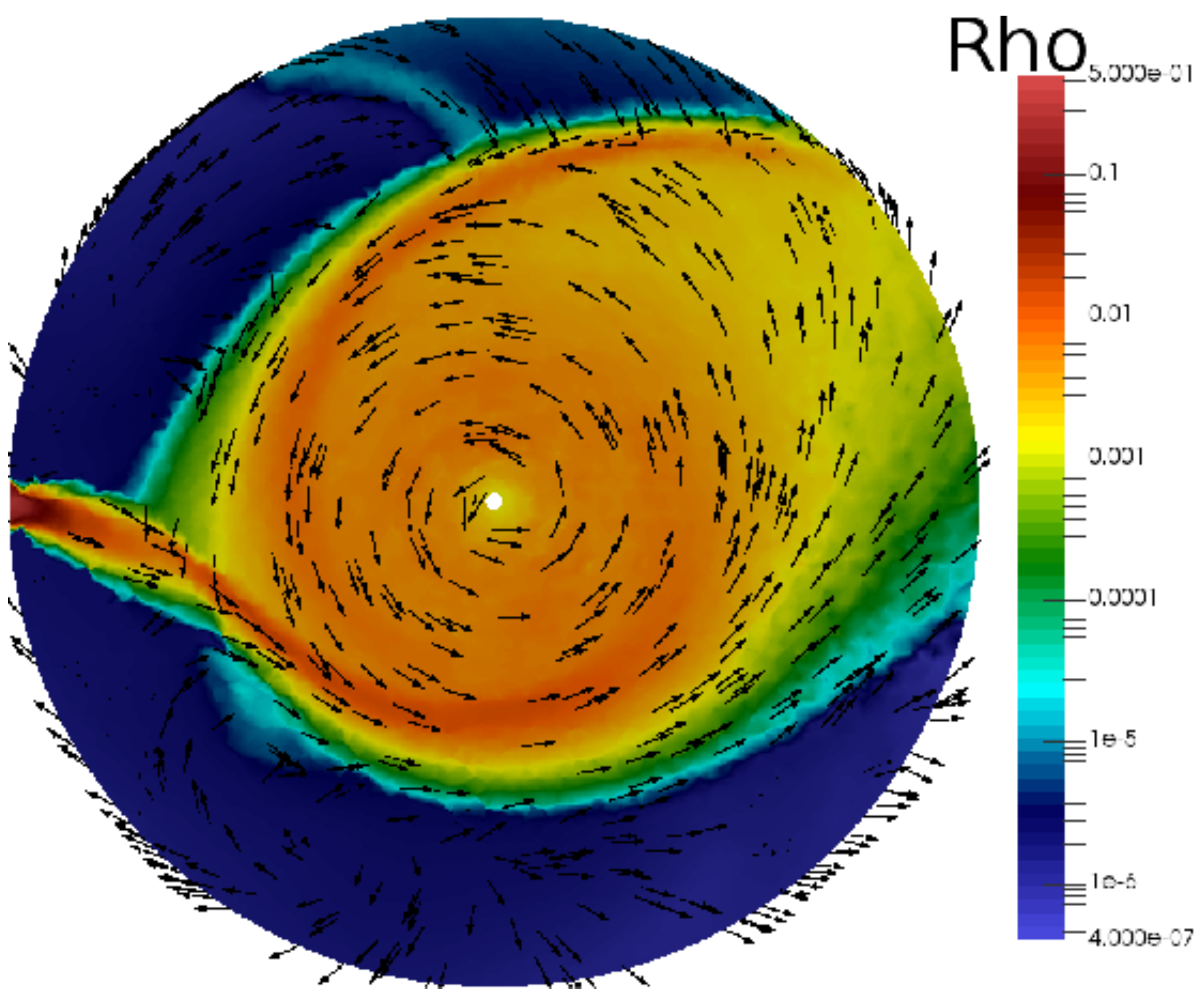
3D гидродинамика.
Структура диска и струи



Степень ионизации

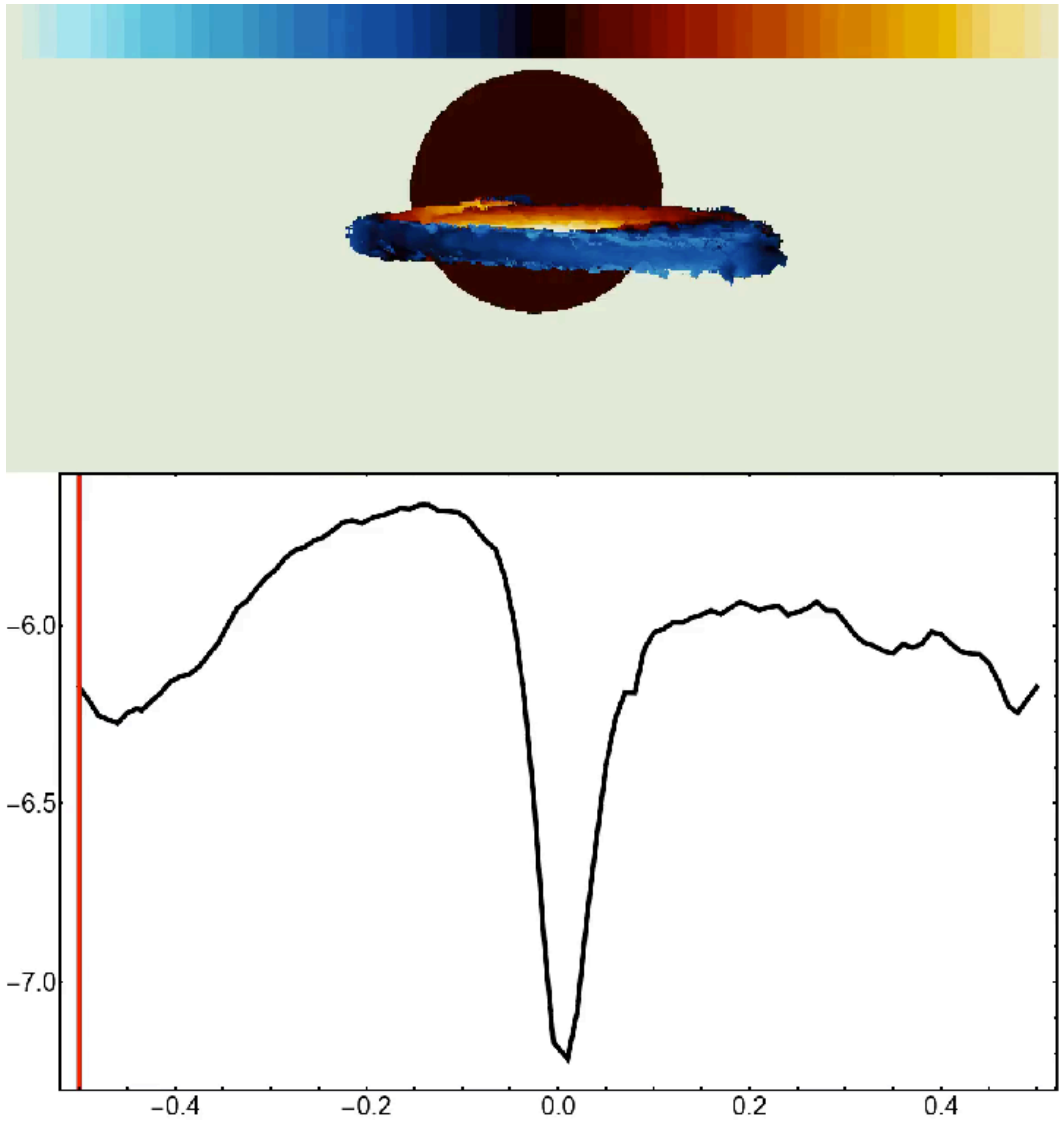


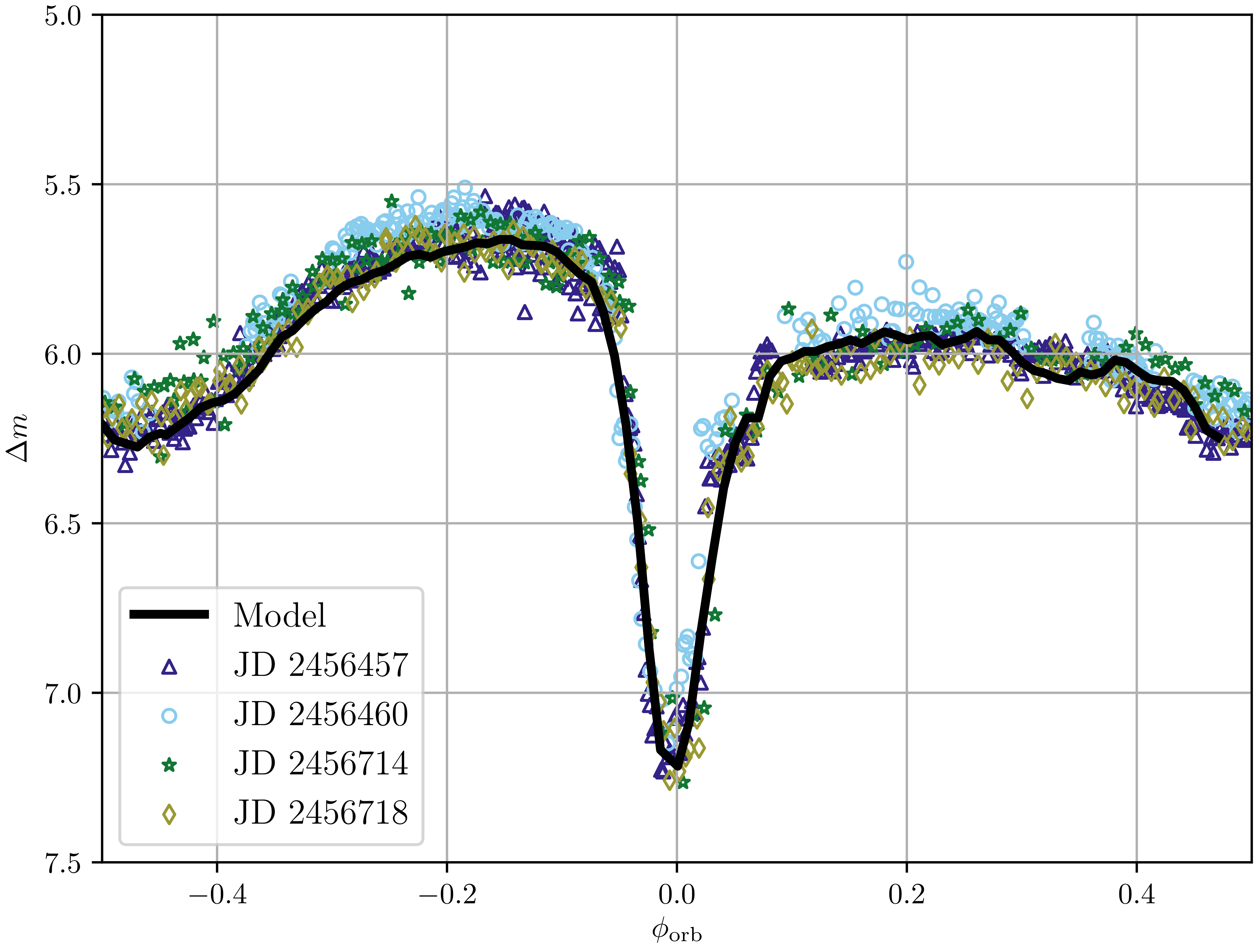
Функция охлаждения



Плотность и скорость

3D гидродинамика.
Орбитальная кривая блеска V 1239 Her



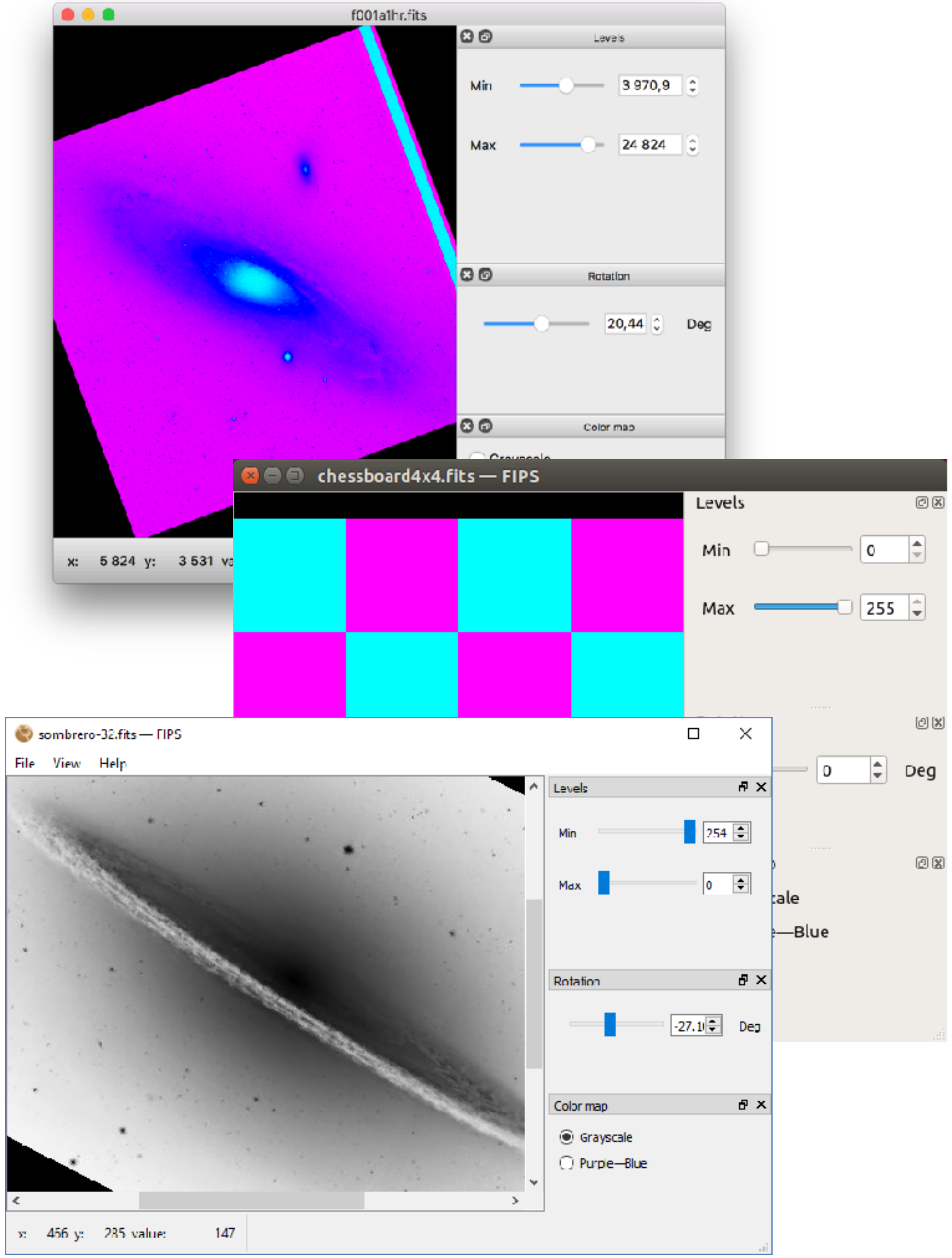


Софт FIPS 3

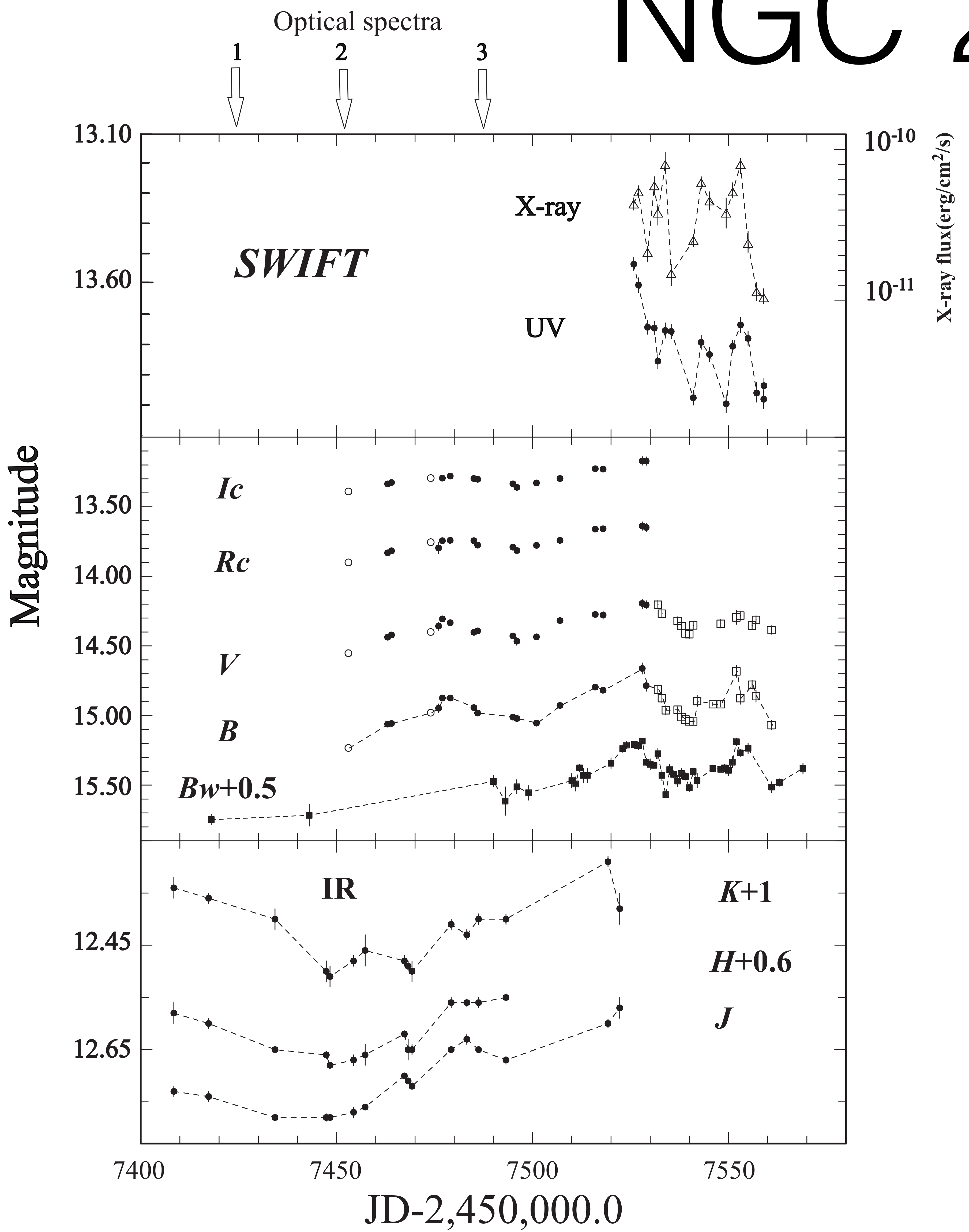
build passing build passing

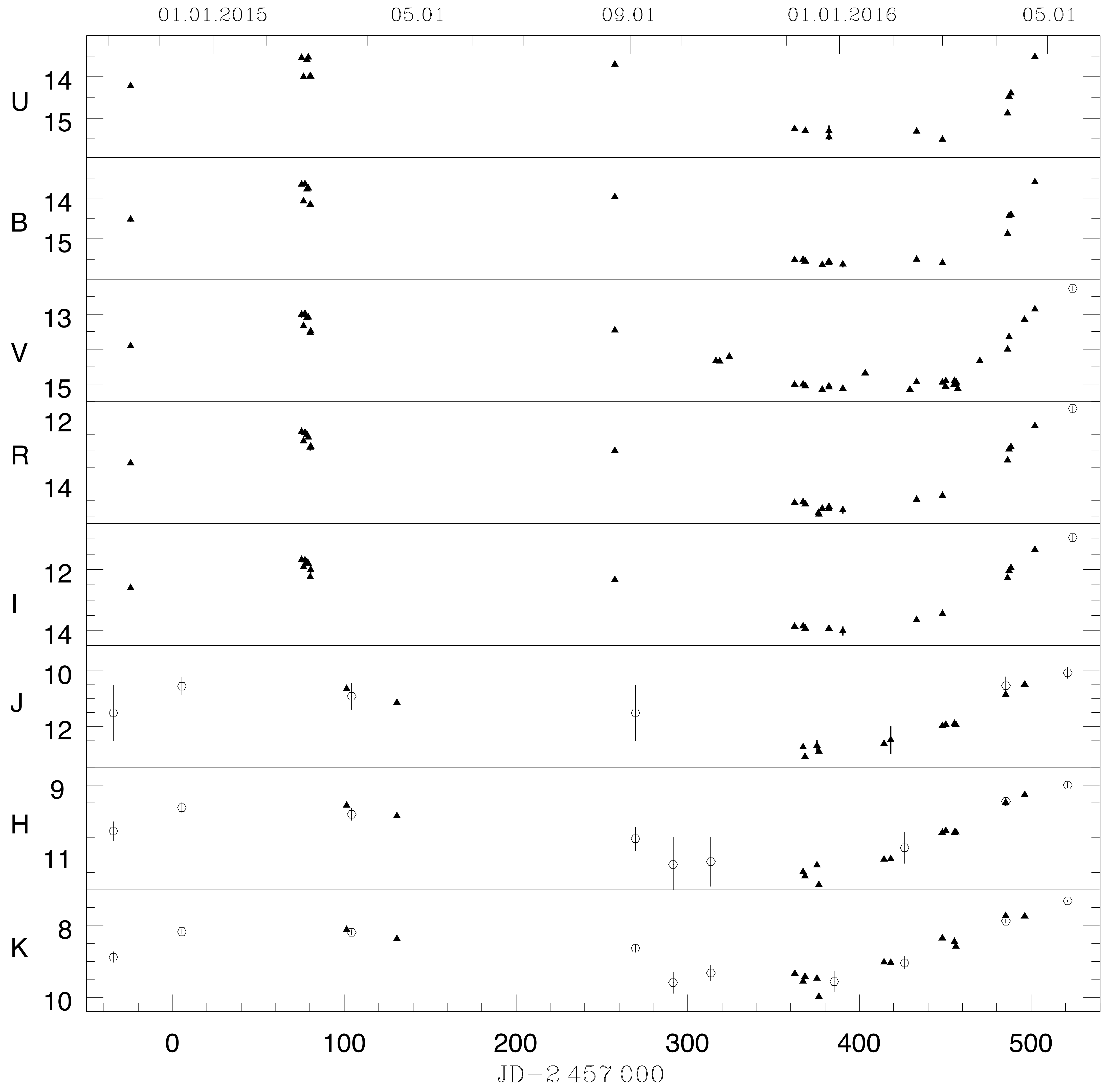
FIPS — OpenGL based FITS image viewer

FIPS is a cross-platform FITS viewer with responsive user interface. Unlike other FITS viewers FIPS uses GPU hardware via OpenGL to provide usual functionality such as zooming, panning and level adjustments. OpenGL 2.1 and later is supported.



Наблюдения в КГО
NGC 2617 и RW Aur A



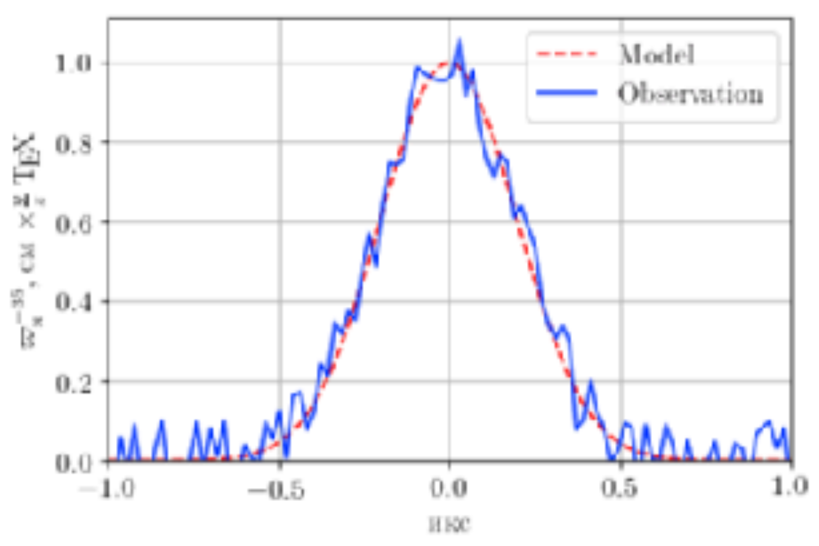


Преподавание
Спецкурс «Научный Python»

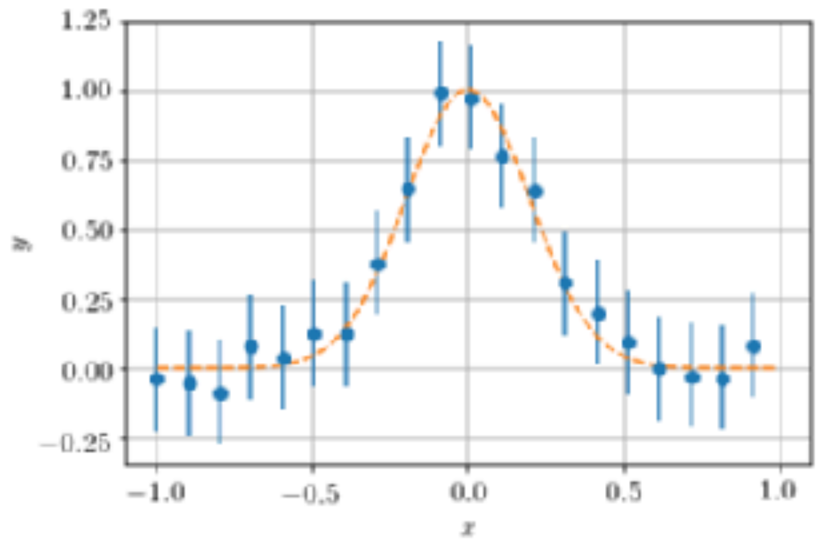
```python
# First of all, positional arguments can be called as keywords
def minus(x, y):
    return x - y
a, b = 2, 5
assert a - b == minus(x=a, y=b)
assert a - b == minus(y=b, x=a)

# Keyword arguments always go after positional arguments (as in function
# definition, as in function call). Keyword arguments have default value,
# often (not always!) None is used as special default value (remember
# dict.get(key, default=None)).
def hello(name='Ira'):
    return '{} {}'.format('hello', name)
assert 'hello Ira' == hello()
assert 'hello Joe' == hello(name='Joe')

# Keyword argument can be called as positional one:
assert 'hello Julia' == hello('Julia')

if __package__:
    from .utils import parallelogram_volume
else:
    from utils import parallelogram_volume
a, b, c = 1, 2, 3
assert a == parallelogram_volume(a)
assert a * b == parallelogram_volume(a=a, b=b)
assert a * b == parallelogram_volume(b=b, a=a)
assert a * b * c == parallelogram_volume(a, b, c)
assert a * b * c == parallelogram_volume(a, b, c=c)
# Remember that keyword arguments as in function definition as in function call
# should go after positional arguments. This is a WRONG syntax:
# `parallelogram_volume(b=b,a)`.
```

```python
plt.plot(x_model, obs, color='#0033ff', label='Observation')
plt.xlim([x_model.min(), x_model.max()])
plt.ylim([0, None])
plt.grid()
plt.legend(loc='best')
# plt.savefig('/tmp/fig2.pdf')
```

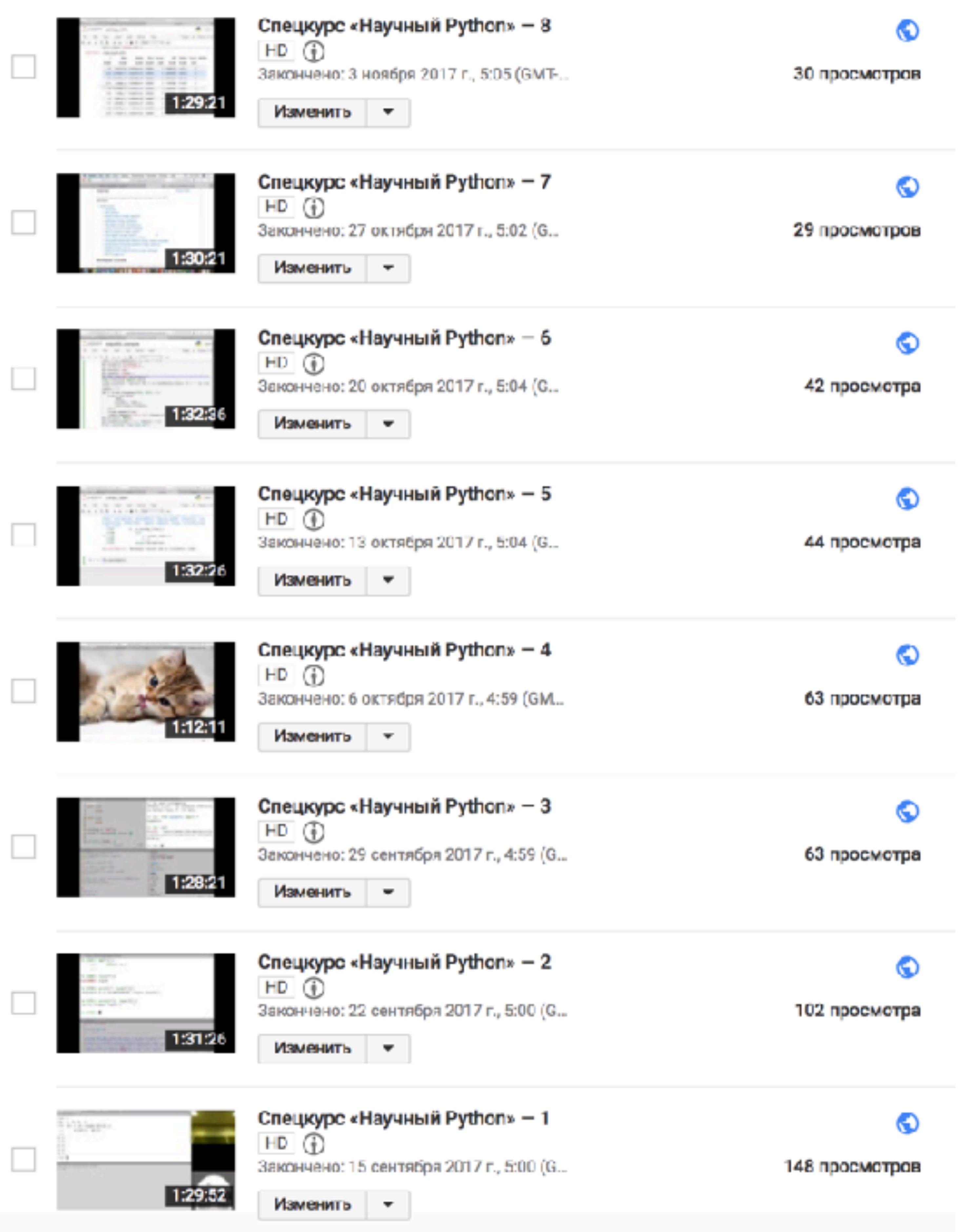
Out[5]: <matplotlib.legend.Legend at 0x7ffb590bf6d8>



In [6]:
```python
plt.cla()
plt.xlabel('$x$')
plt.ylabel('$y$')
plt.errorbar(x_obs, obs[obs_index], error, linestyle='None', marker='o')
plt.plot(x_model, model, '--', label='Model')
plt.grid()
```



In [7]:
```python
fig, ax = plt.subplots(
    2, 1,
    figsize=(5,6),  # inches
```



Планы на будущее

- Рентгеновские новые: моделирование отдельных систем, задержка между рентгеном и оптикой
- Модальный анализ устойчивости аккреционных дисков с реалистичным фоновым решением
- Новые задачи для 3-D моделирования аккреции
- Доработка FIPS 3
- Фотометрическая классификация СН методами машинного обучения
- Новые учебные курсы?

Публикации

- 6 реферируемых публикаций, в том числе 4 в MNRAS, 1 в ПАЖ, 1 в трудах конференции
- Соавторство двух глав в «Аккреционных процессах в астрофизике»
- 6 публикаций в нереферируемых трудах
- 1 телеграмма и 1 программа в ASCL
- 13 ссылок по NASA ADS

Спасибо за внимание