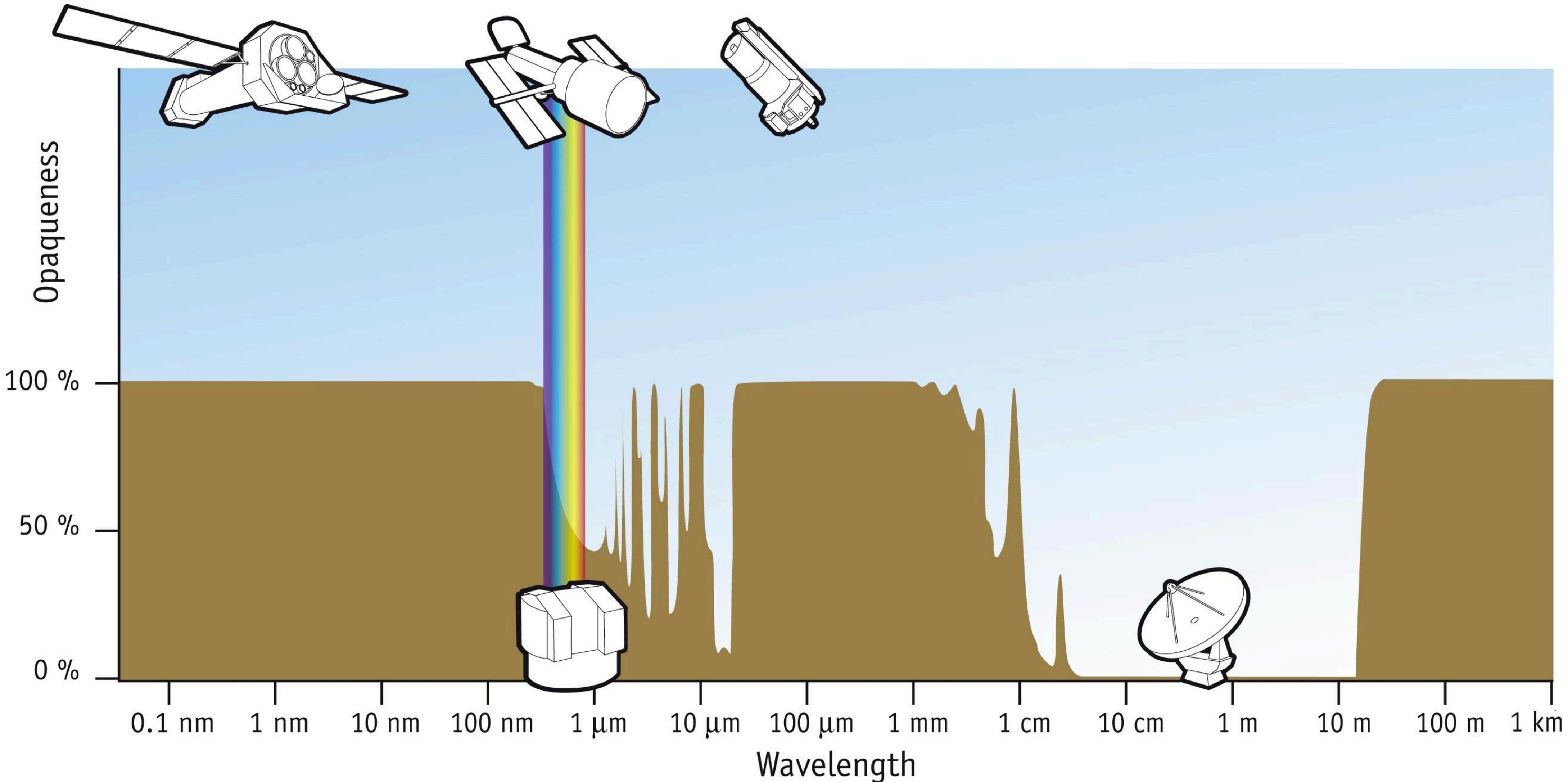


В предыдущих сериях

Непрозрачность атмосферы Земли в разных диапазонах



Рентгеновской излучение

Диапазон: 0.1 – 100 keV (100 – 0.1 Å)

Источники:

- Сильно нагретые $\sim 10^6 - 10^8$ К
- Сильно намагниченные $\sim 10^{12} - 10^{14}$ Гс

Тепловое излучение

$$B_{\nu}(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

$$h\nu_{peak} = \alpha kT \approx (2.431 \times 10^{-4} \text{ эВ/К}) \cdot T$$

$$h\nu \sim 1 \text{ кэВ} \rightarrow T \sim 10^7 \text{ К}$$

Как нагреть?

- Уронить (аккреция)

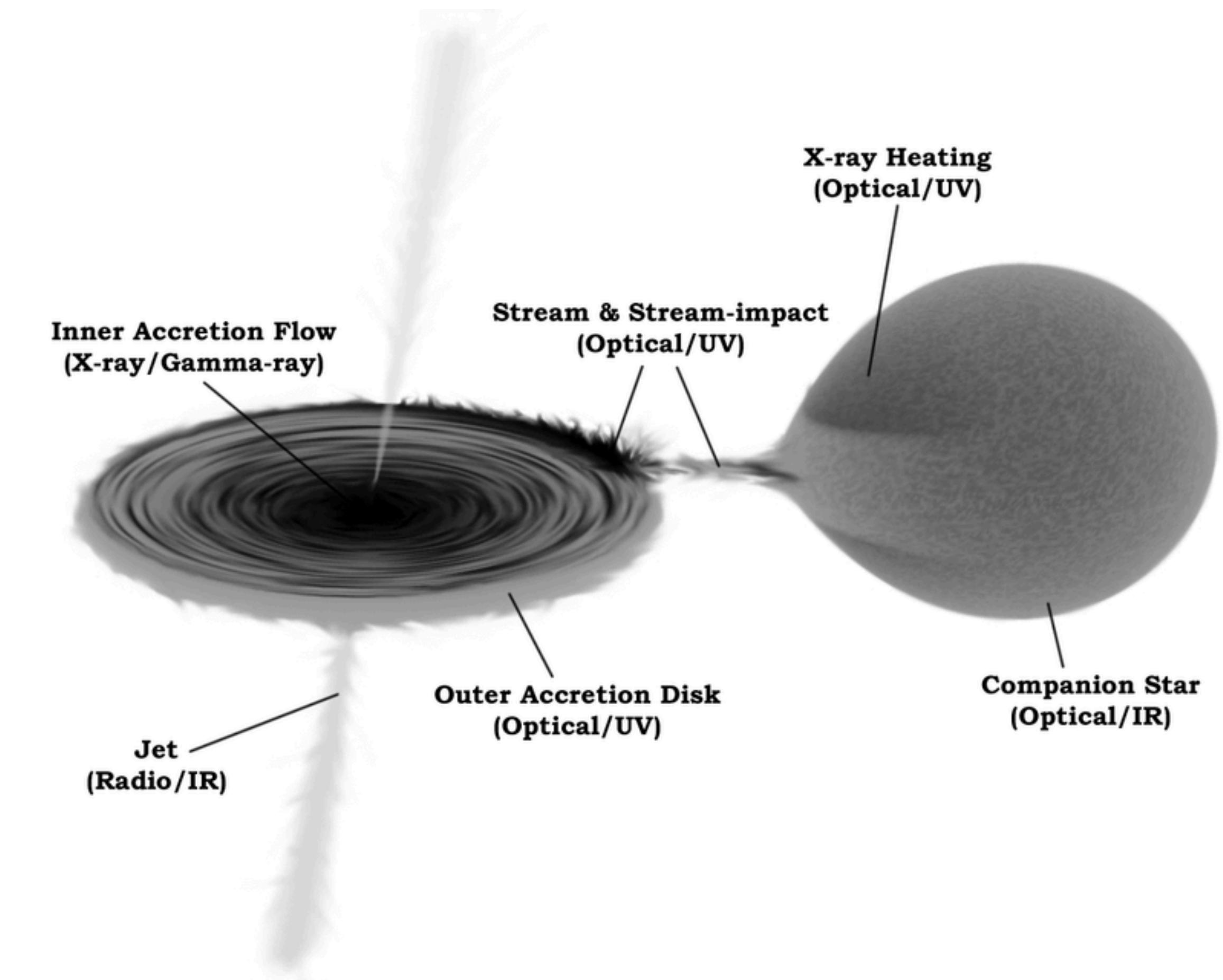
$$\epsilon \approx \frac{GM}{R} = \frac{c^2}{2} \frac{R_g}{R} \quad R_g = \frac{2GM}{c^2}$$

$$L = \frac{1}{2} \frac{GMM}{R} = \eta \dot{M} c^2 \quad \eta = \frac{1}{4} \frac{R_g}{R}$$

$\eta \simeq 0.06 - 0.42$ для НЗ и ЧД

$\eta \sim 10^{-9}$ химические реакции

$\eta \simeq 0.007$ термоядерные реакции



Приближение Роша

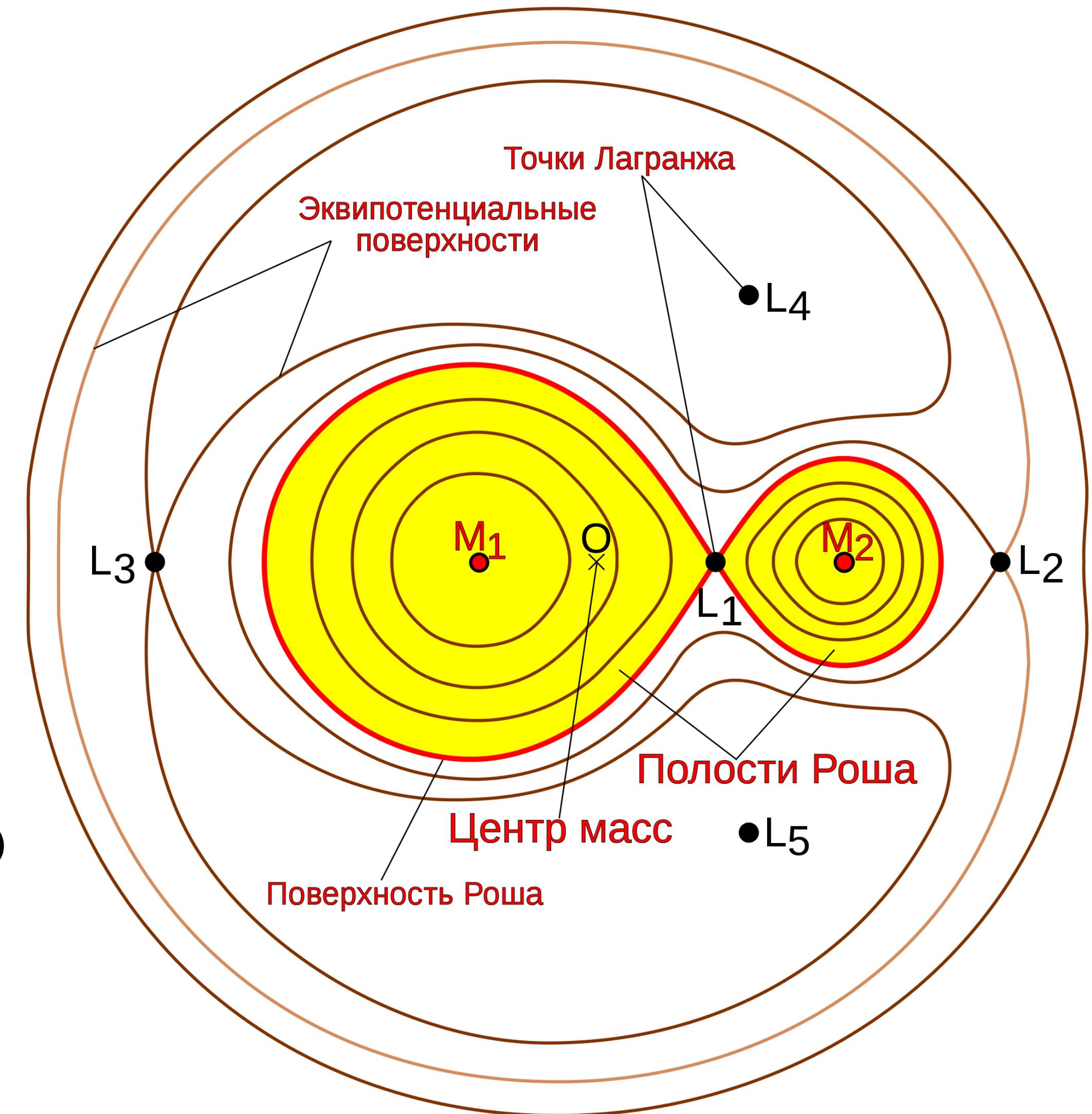
Звезды считаются точечными
массами

Собственными моментами импульса
можно пренебречь по сравнению с
орбитальным

$$\Phi = -\frac{GM_1}{r_1} - \frac{GM_2}{r_2} - \frac{1}{2}\omega^2[(x - \mu a)^2 + y^2]$$

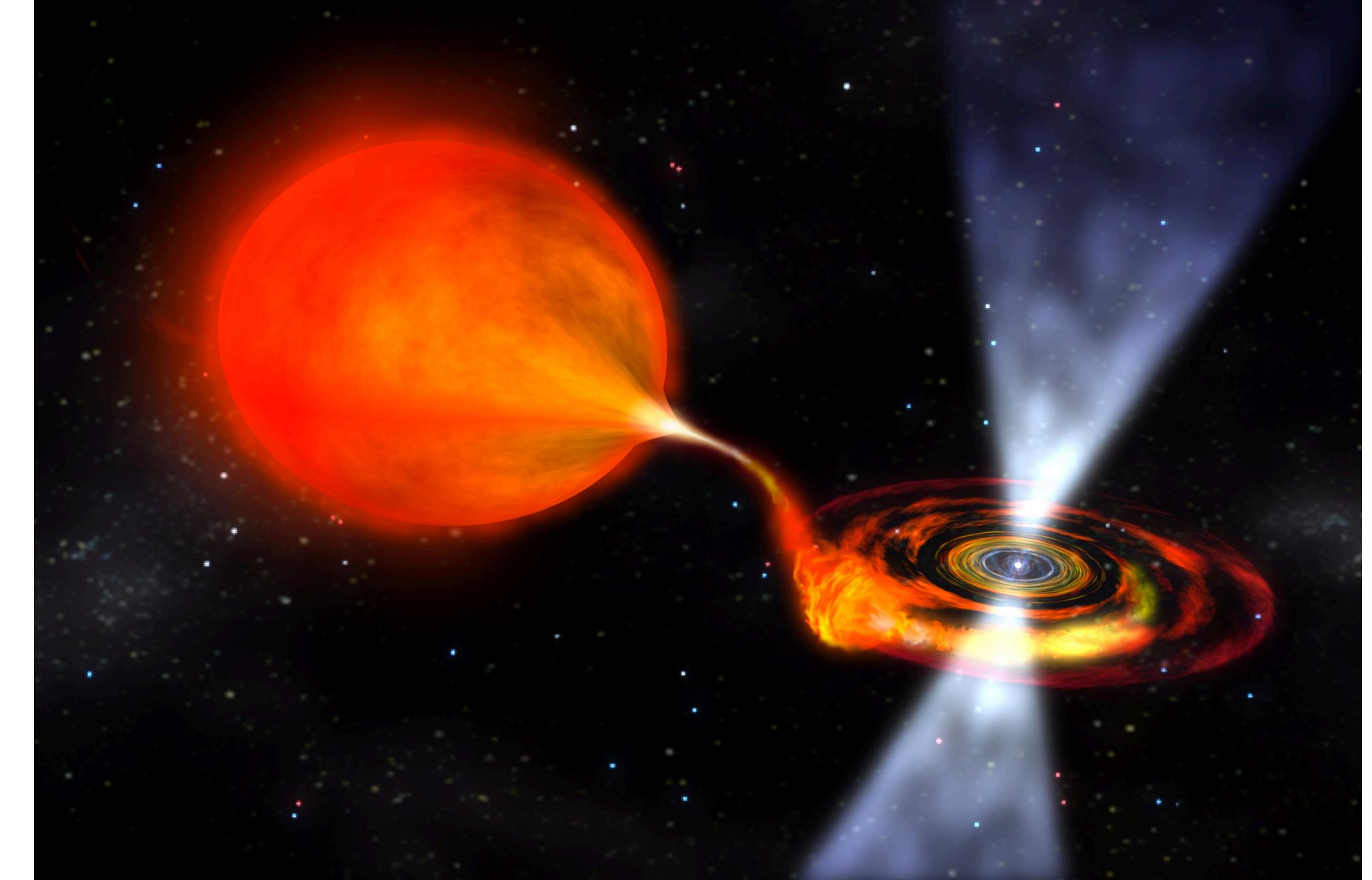
$$r_1 = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, r_2 = \sqrt{(x - a)^2 + y^2 + z^2}, \mu = M_2/(M_1 + M_2)$$

$$\nabla \Phi = 0 \Rightarrow \text{точки Лагранжа}$$



Типы двойных звезд

- разделенные двойные системы
- полуразделенные



X-ray binary



Algol binary (Algol paradox)

Некоторые подклассы двойных систем

Катализмические переменные (CV)

Рентгеновские двойные системы:

-маломассивные (LMXB)

- массивные (HMXB)

Распределение Пуассона

$P_i(t)$ - вероятность зафиксировать i событий за время t , n - темп

$$P_1(dt) \xrightarrow{dt \rightarrow 0} ndt$$

$$P_2(dt) \xrightarrow{dt \rightarrow 0} n^2 dt^2 \rightarrow 0$$

$$P_0(dt) \approx 1 - P_1(dt) \rightarrow 1 - ndt$$

$$\begin{cases} P_0(t + dt) = P_0(t)P_0(dt) = P_0(t)(1 - ndt) \\ P_0(t + dt) = P_0(t) + \frac{dP_0(t)}{dt}dt \end{cases} \Rightarrow \frac{dP_0(t)}{dt} + nP_0(t) = 0$$

$$P_0(t) = \exp(-nt), P_0(0) = 1$$

Распределение Пуассона

$$\text{Распределение } P_K(t) = \frac{(nk)^k}{k!} \exp(-nt)$$

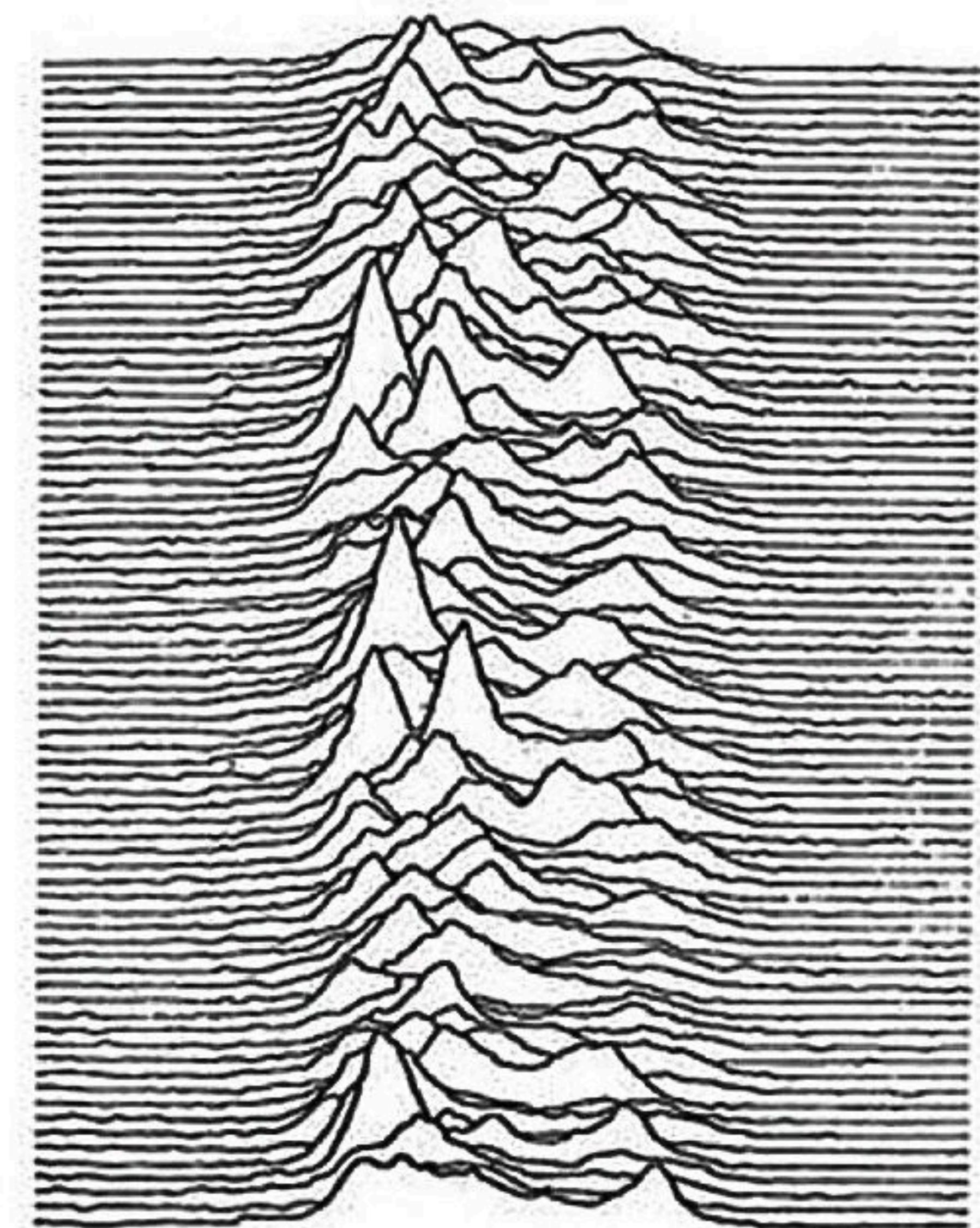
Среднее $\bar{x} = nt$

Дисперсия $D = \bar{x}$

Ошибка $\sigma \equiv \sqrt{D} = \sqrt{\bar{x}}$

Нейтронные звезды

Первую нейтронную звезду PSR B1919+21 (LGM-1) обнаружила Дж. Белл в 1967. Это был радиопульсар с периодом 1.3373 сек.



Нейтронные звезды

$$M_{NS} \sim 1.4 M_{\odot}$$

$$R_{NS} \sim 10 - 14 \text{ км}$$

Нейтронные звезды

$$\Phi = \int B ds = const \Rightarrow B_1 R_1^2 = B_2 R_2^2 \Rightarrow B_{NS} = B_0 \left(\frac{R_0}{10 \text{ км}} \right)^2 = 10^{11} \text{ Гс}$$

$$L = I\omega = const \Rightarrow \omega_1 R_1^2 = \omega_2 R_2^2 \Rightarrow P_{NS} = P_0 \left(\frac{10 \text{ км}}{R_0} \right)^2$$

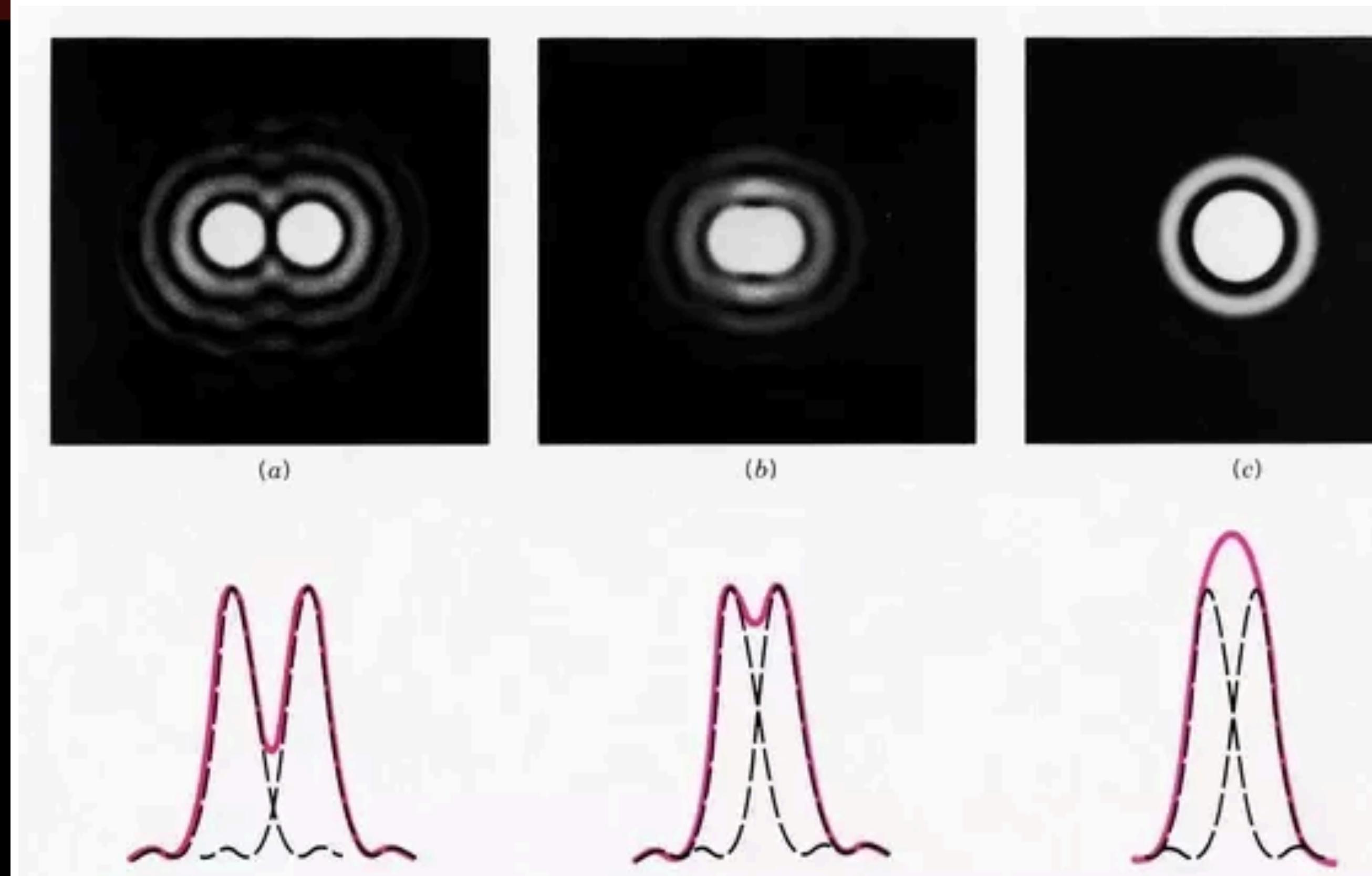
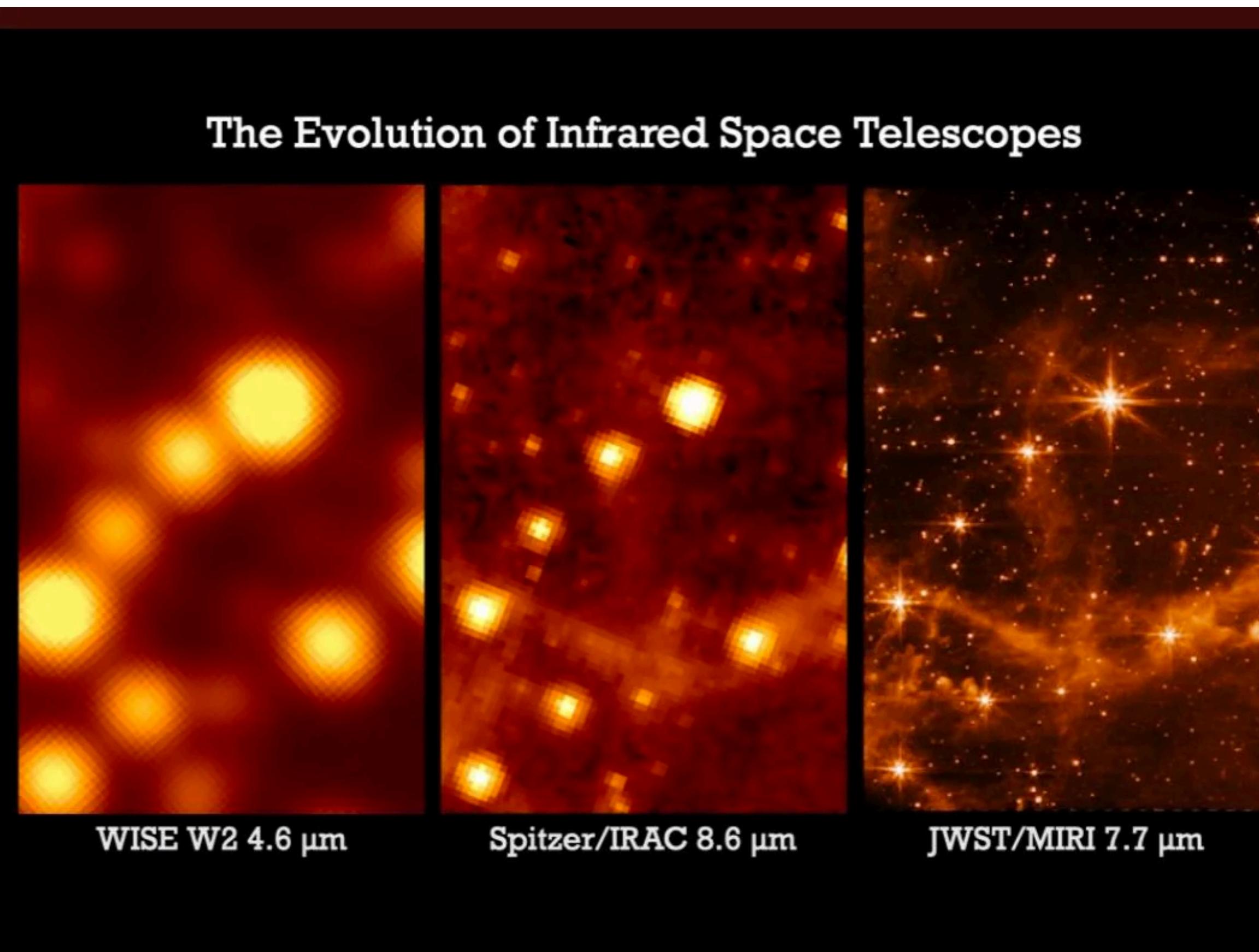
Обработка и анализ рентгеновских астрофизических данных на Python

Лекция 8: телескопы

23.11.2022

Основные характеристики телескопов

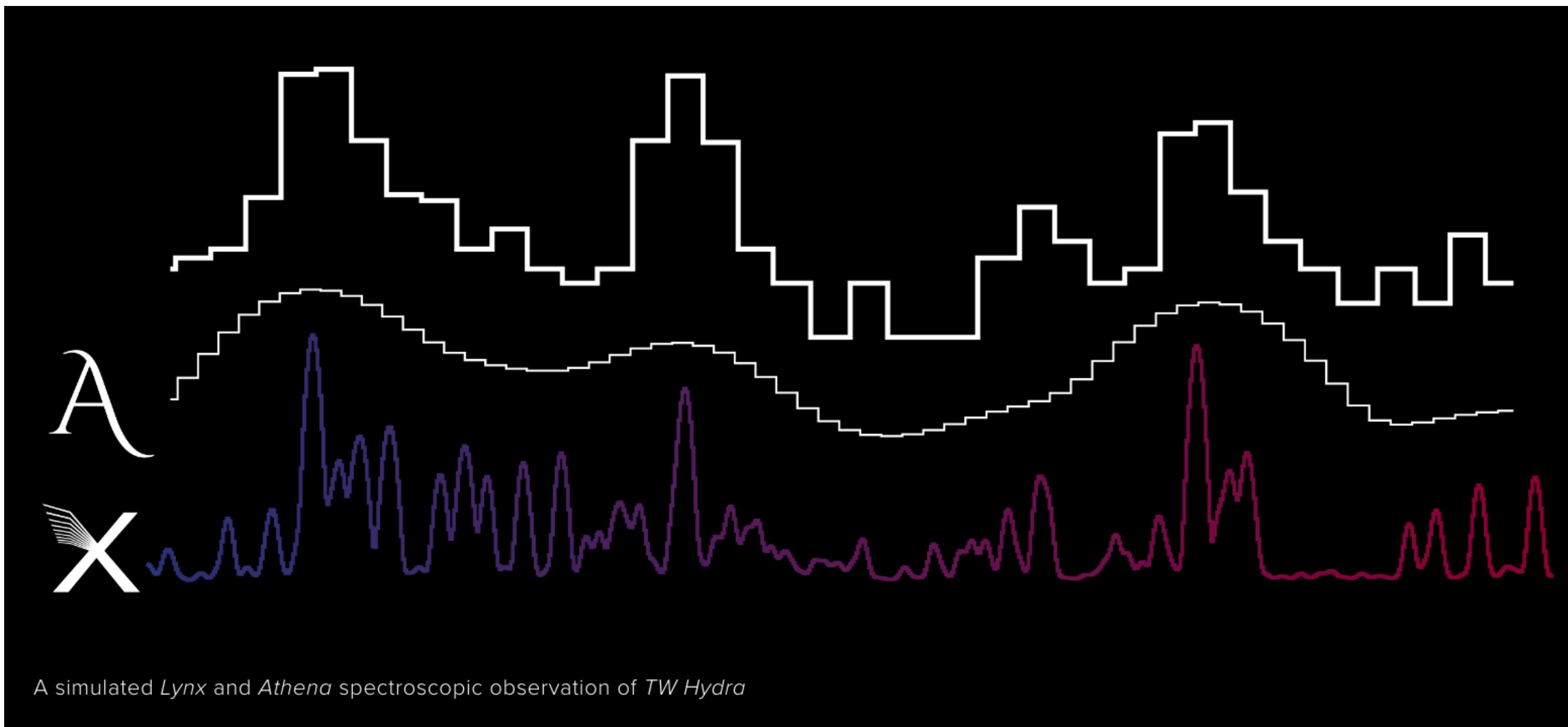
угловое разрешение - минимальный угол при котором можно различить два одинаковых источника



Telescope	Angular Resolution	Wavelength
JWST	0.1 arcsec	IR
EHT	20 μarcsec	Radio
NuSTAR	9.5 arcsec	Hard X-ray
Chandra	0.5 arcsec	Soft X-ray
Keck Observatory	0.04 arcsec	Optical

Основные характеристики телескопов

спектральное разрешение - минимальное $\Delta\lambda$, ΔE которое может различить телескоп



Основные характеристики телескопов

временное разрешение (в основном определяется свойствами детектора)

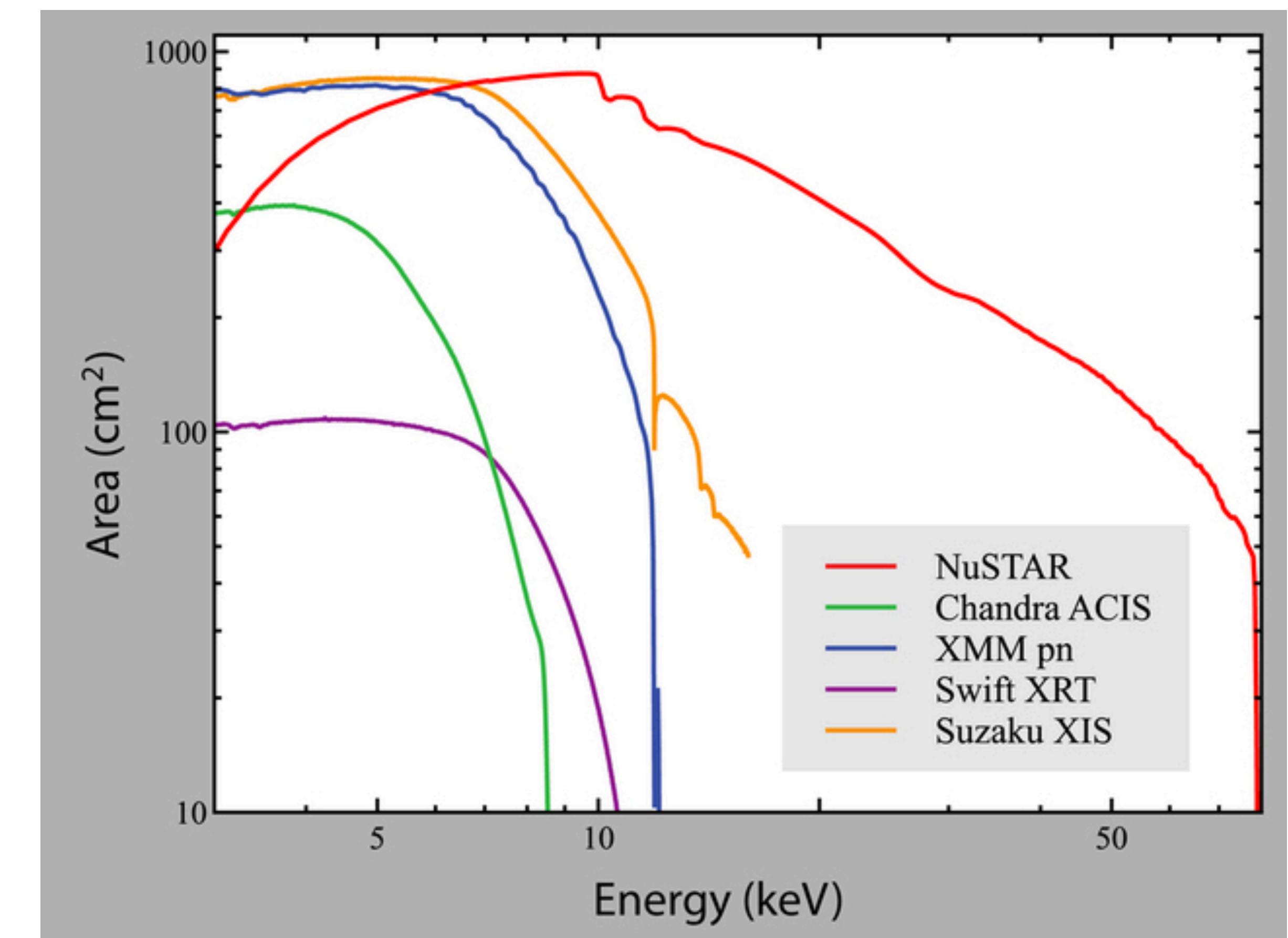
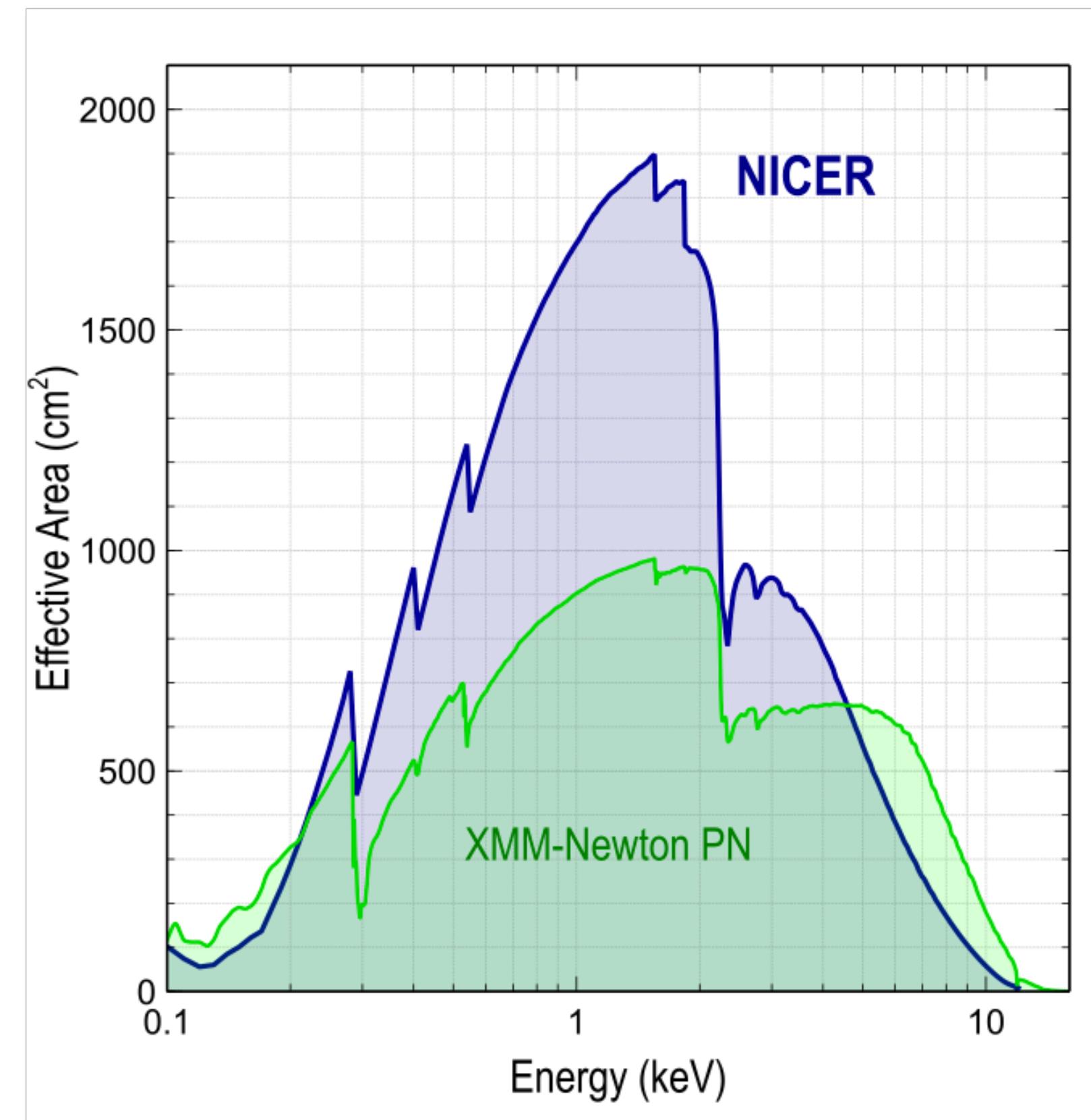
Основные характеристики телескопов

Поле зрения FOV (field-of-view) – телесный угол (область неба), в котором чувствительность телескопа превышает некоторый порог

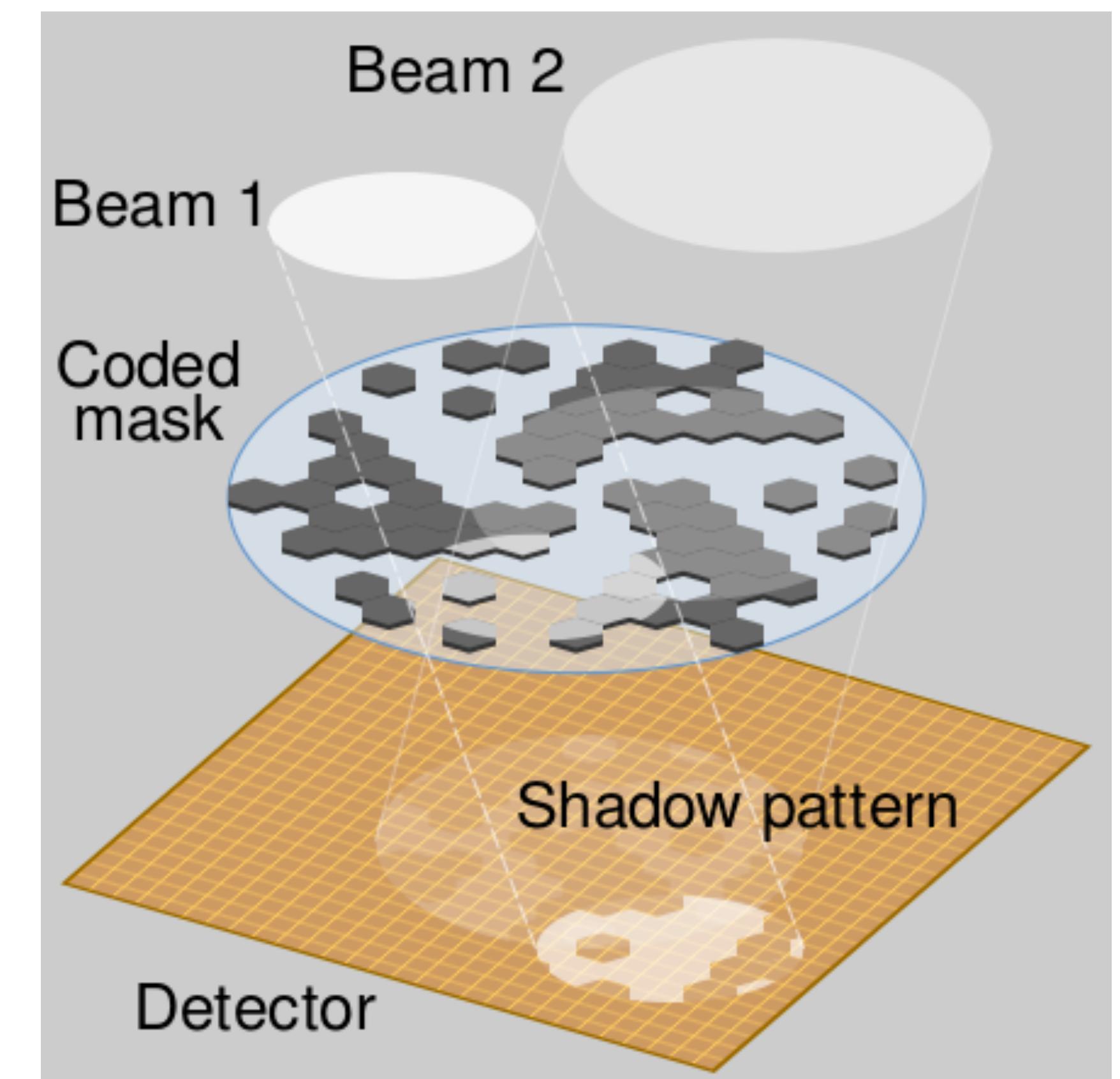
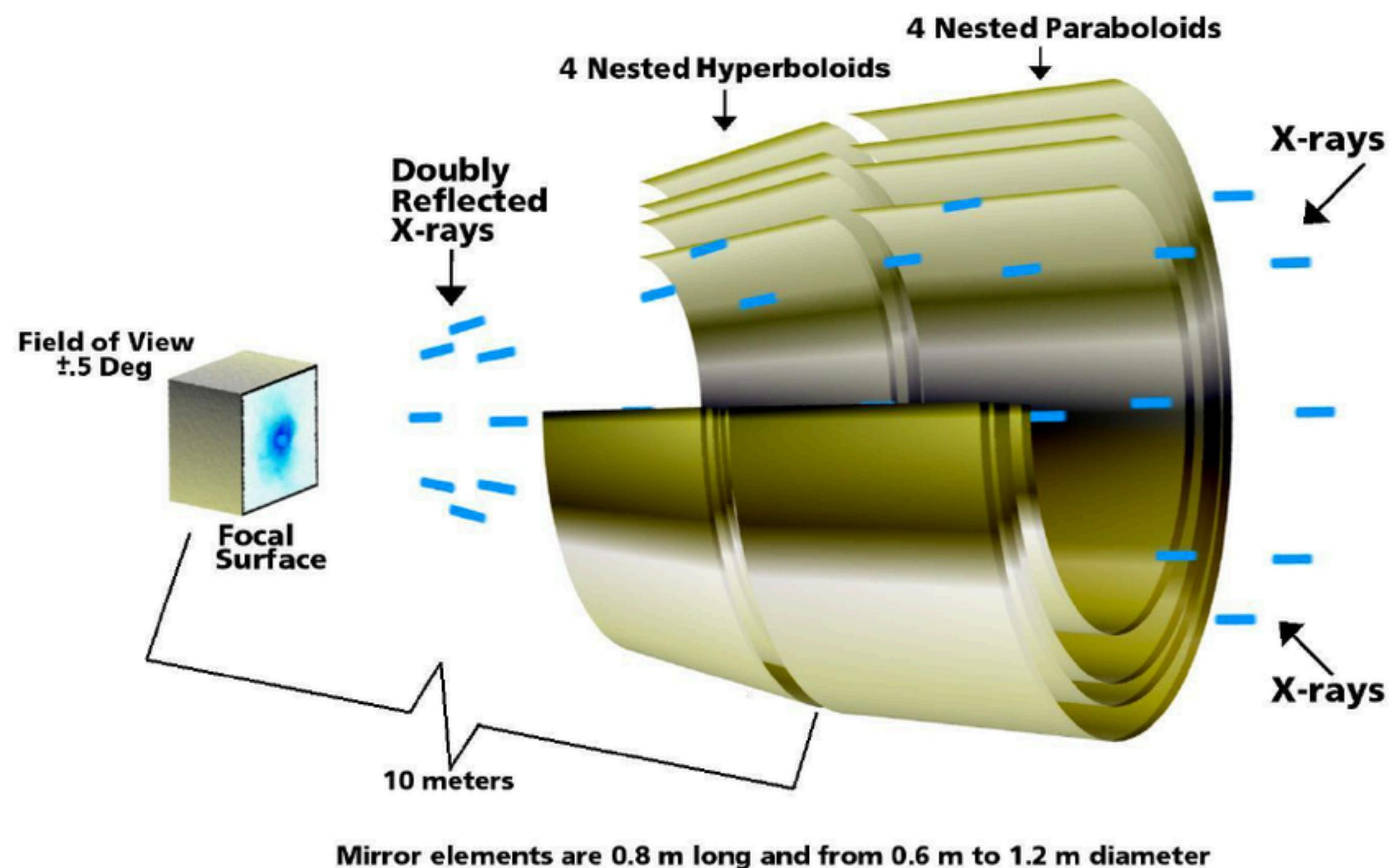
Основные характеристики телескопов

Эффективная площадь - характеризует чувствительность телескопа и равна отношению зарегистрированного потока излучения определенной энергии $F[\text{фот с}^{-1}]$ из заданного направления к плотности падающего потока излучения $I[\text{фот с}^{-1} \text{ см}^{-2}]$, $S_{eff} = F/I$, $S_{eff} = S(\theta)$

$$I[\text{фот с}^{-1} \text{ см}^{-2}], S_{eff} = F/I, S_{eff} = S(\theta)$$



Оптическая система



ARF - Ancillary Response Files

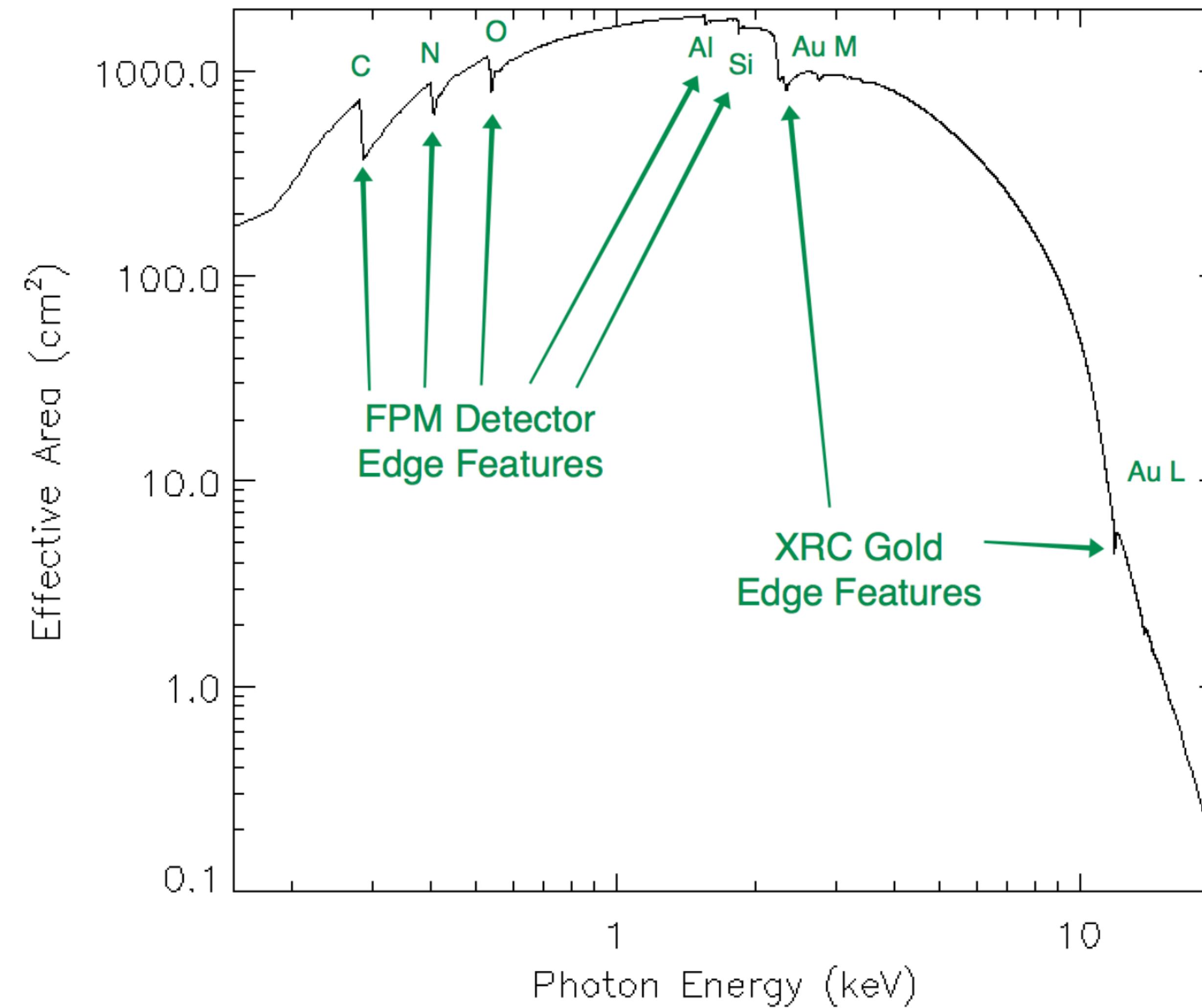


Figure 1. NICER full-array ARF (sum of 52 operating modules). Key detector and optics features are identified.

RMF - Response Matrix Files

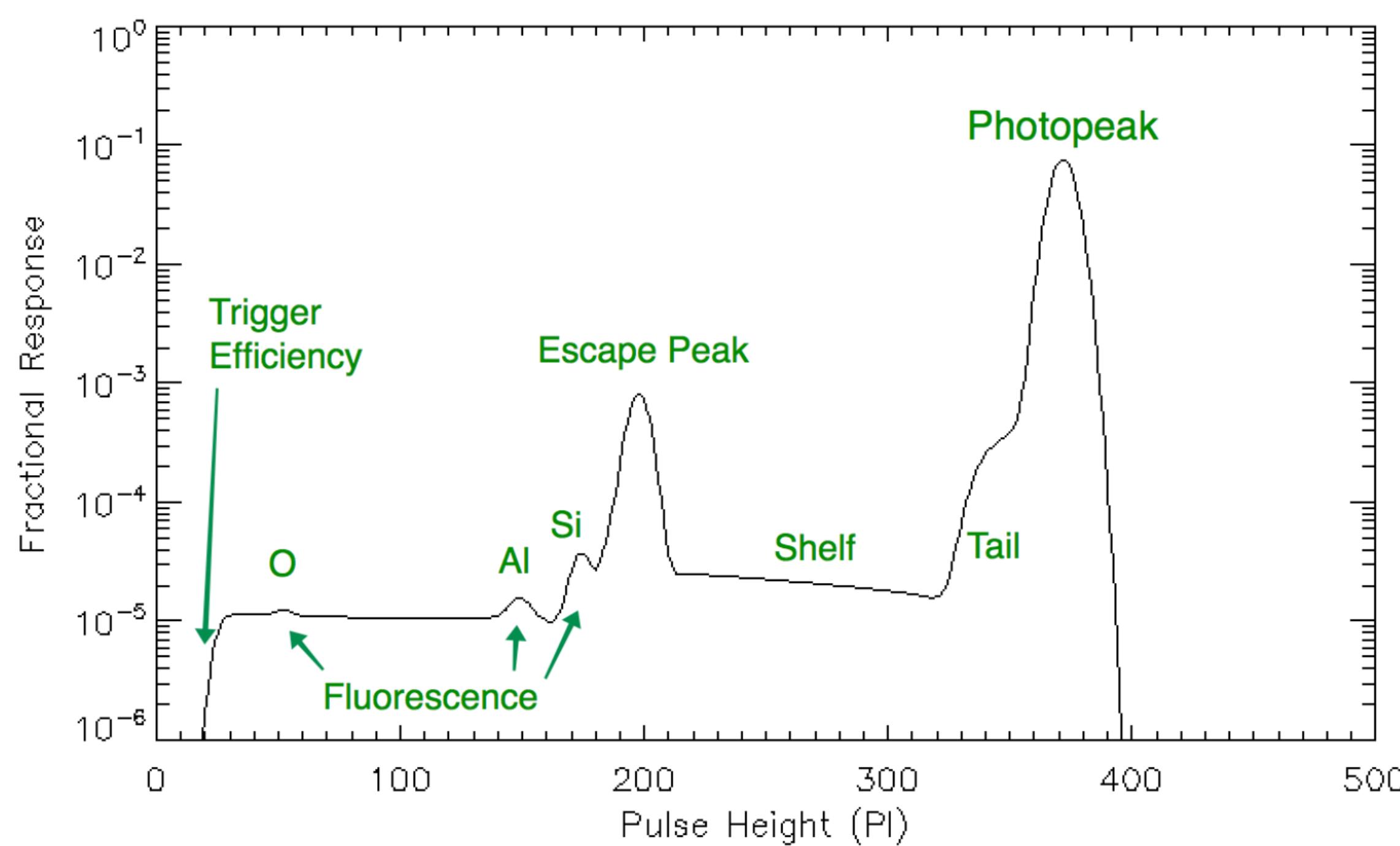


Figure 2. NICER sample RMF for a single module, and for an incident photon energy of 3.75 keV. Key detector features are identified.

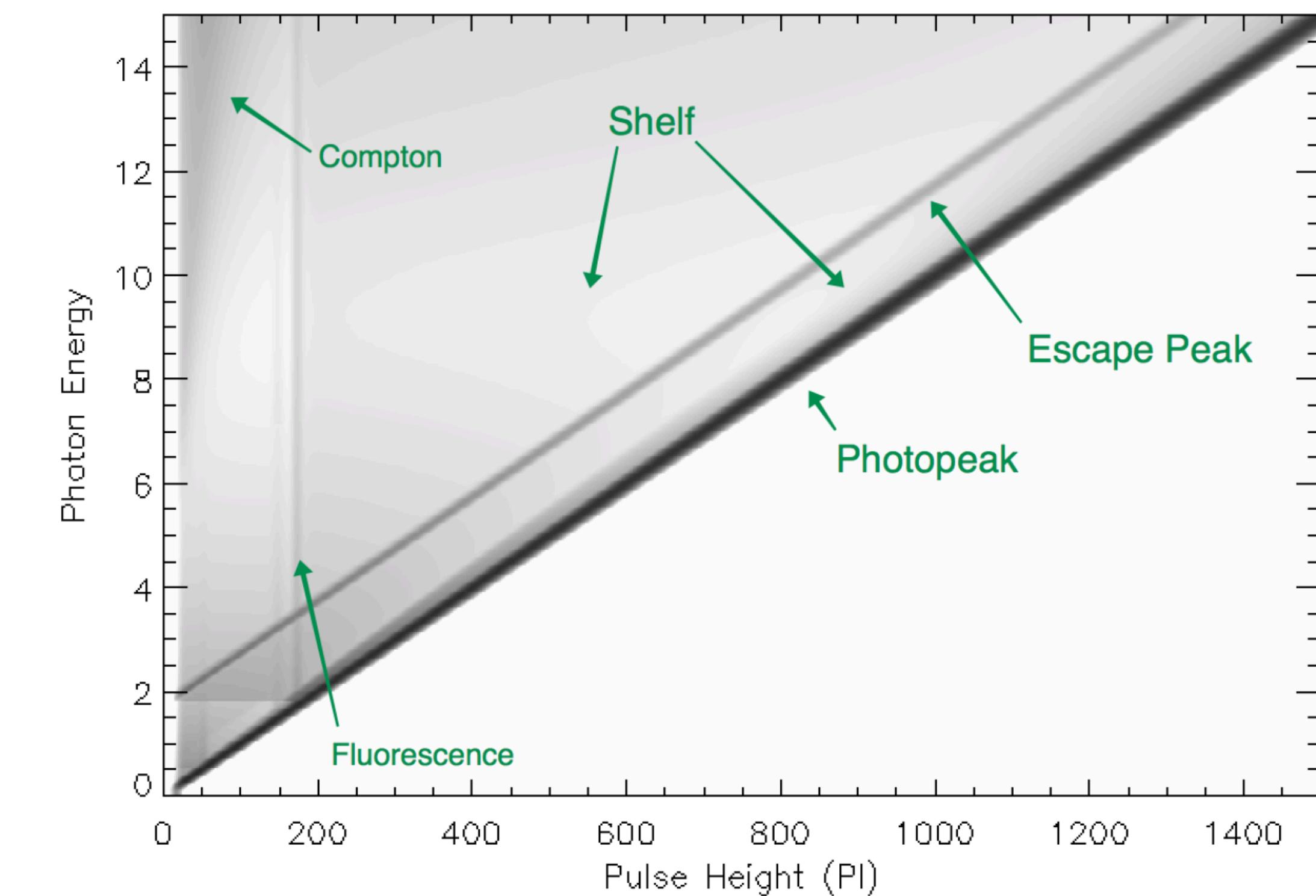


Figure 3. NICER sample RMF for a single module. Key detector features are identified.

С помощью ARF и RMF можно перевести измерения телескопа в реальные физические величины

Спасибо за внимание!