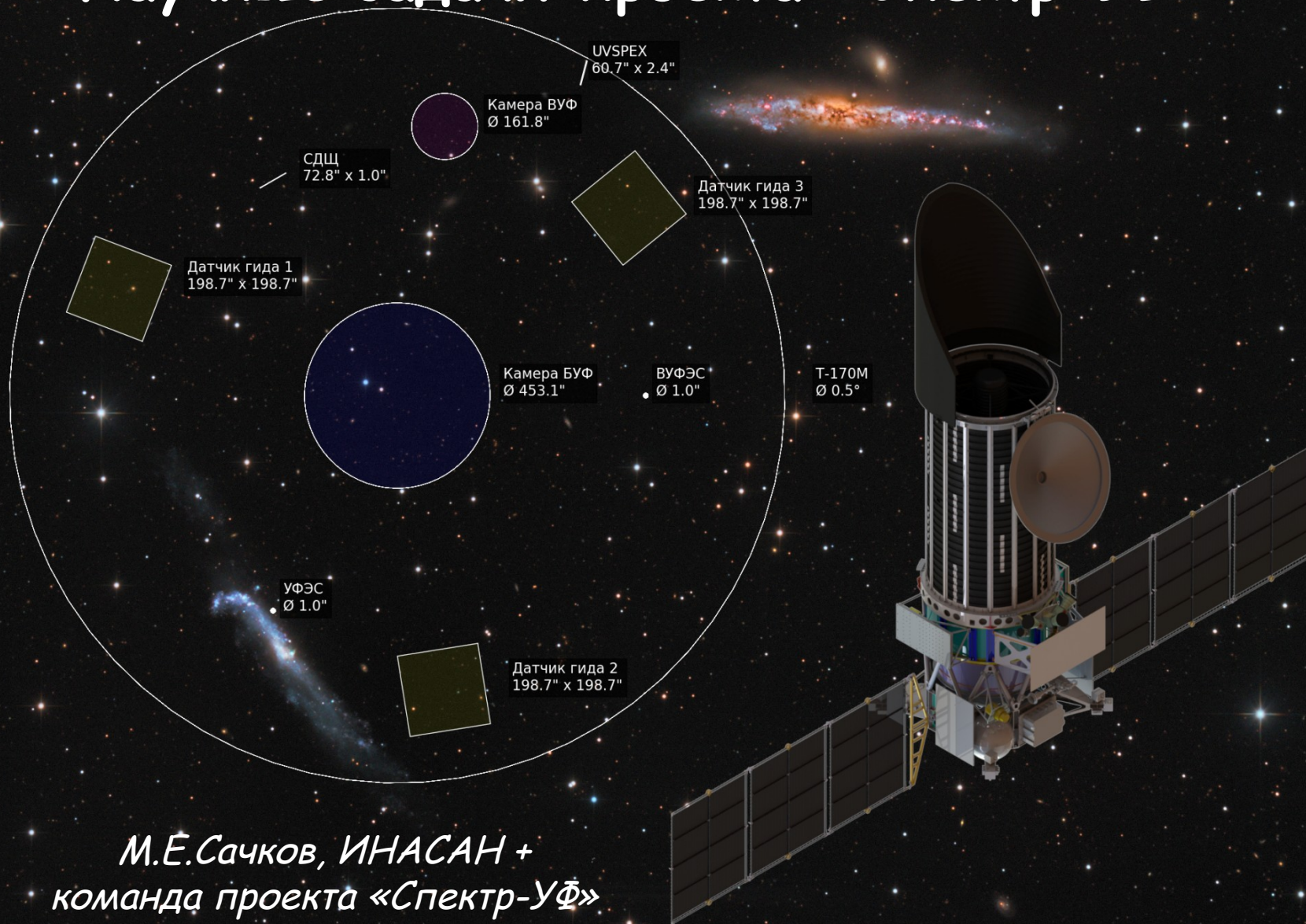


Научные задачи проекта «Спектр-УФ»



*М.Е.Сачков, ИНАСАН +
команда проекта «Спектр-УФ»*

Звездообразование в УФ

Индикаторы звездообразования – молодые массивные звезды.

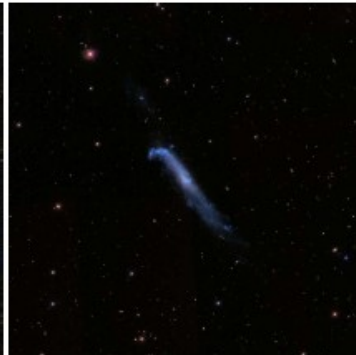
Яркие – наблюдаются в далеких галактиках

Коротко-живущие (10 млн. лет для O-звезд) – отслеживают современное звездообразование в исходном пространственном распределении (до времени, когда звездные комплексы и ассоциации «растворятся»)

Горячие – максимум излучения приходится на УФ

Звздообразование в УФ

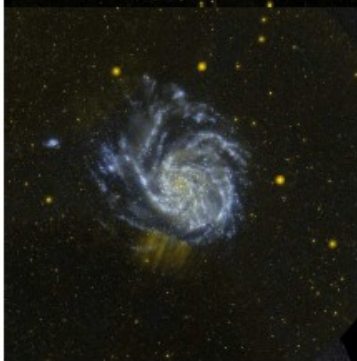
NGC4656



M81



M101

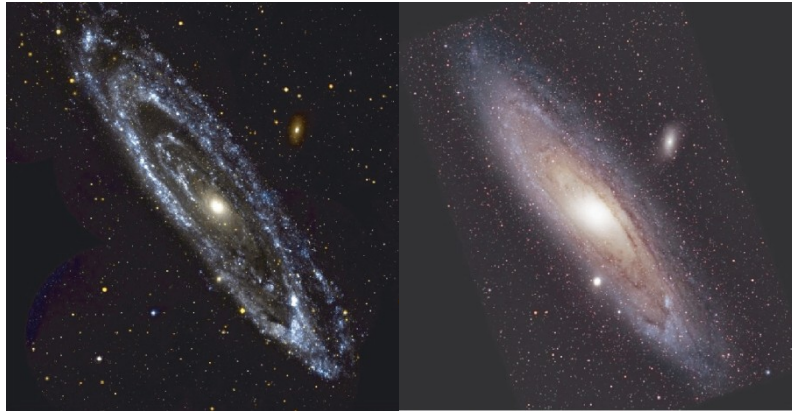


GALEX

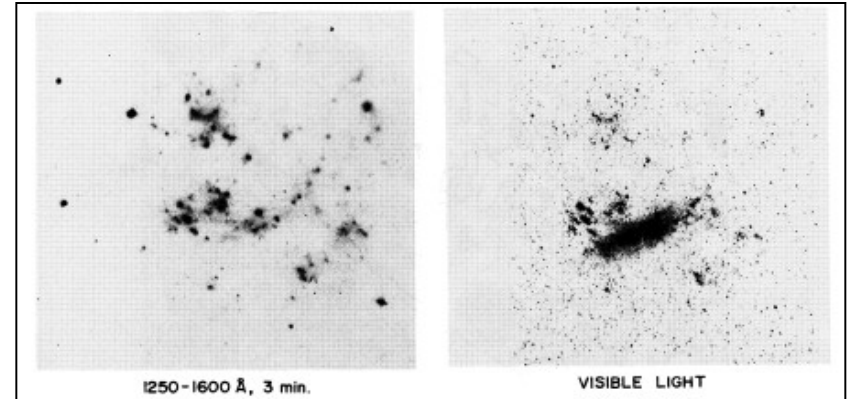
Optical

УФ изображения - «мгновенный снимок» областей звездообразования (вклад в излучение в более длинных волнах старого населения значителен).

Звездообразование в УФ

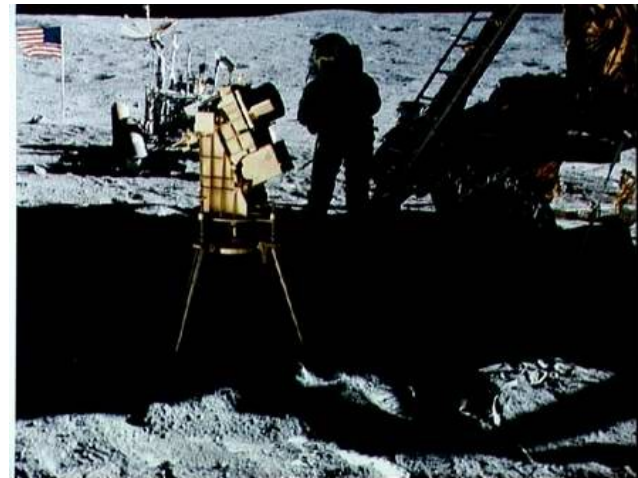


Области звездообразования в М31 в УФ (слева, GALEX) и оптическом диапазоне.



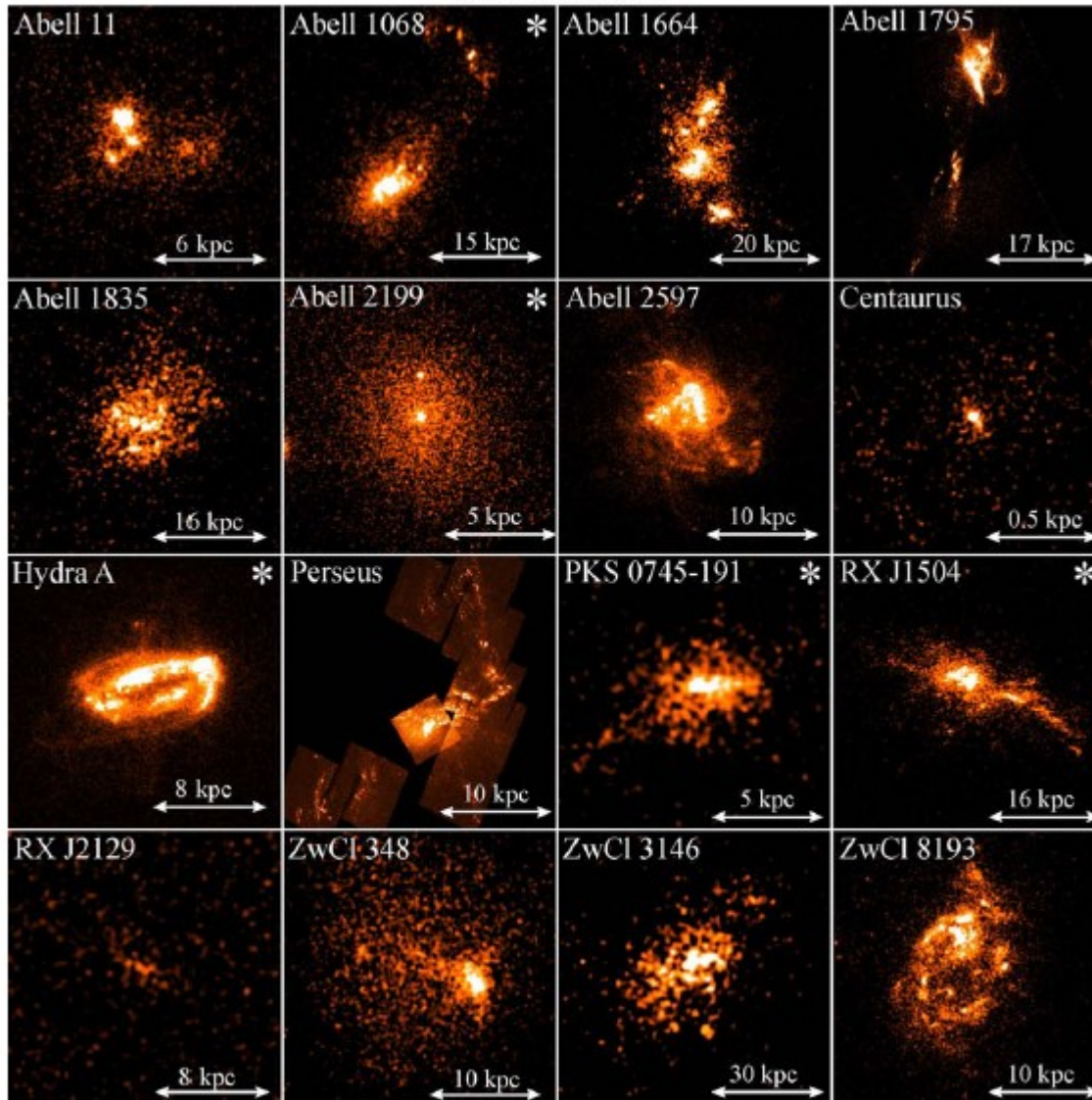
LMC в УФ (слева, Apollo-16 камера с поверхности Луны, 1972) и оптическом диапазоне

S-201 UV camera, Apollo 16: 1st lunar observatory (0.075-m telescope, 20° FOV). Astronaut Young pointed it at the LMC.



Морфология звездообразования

FUV Continuum

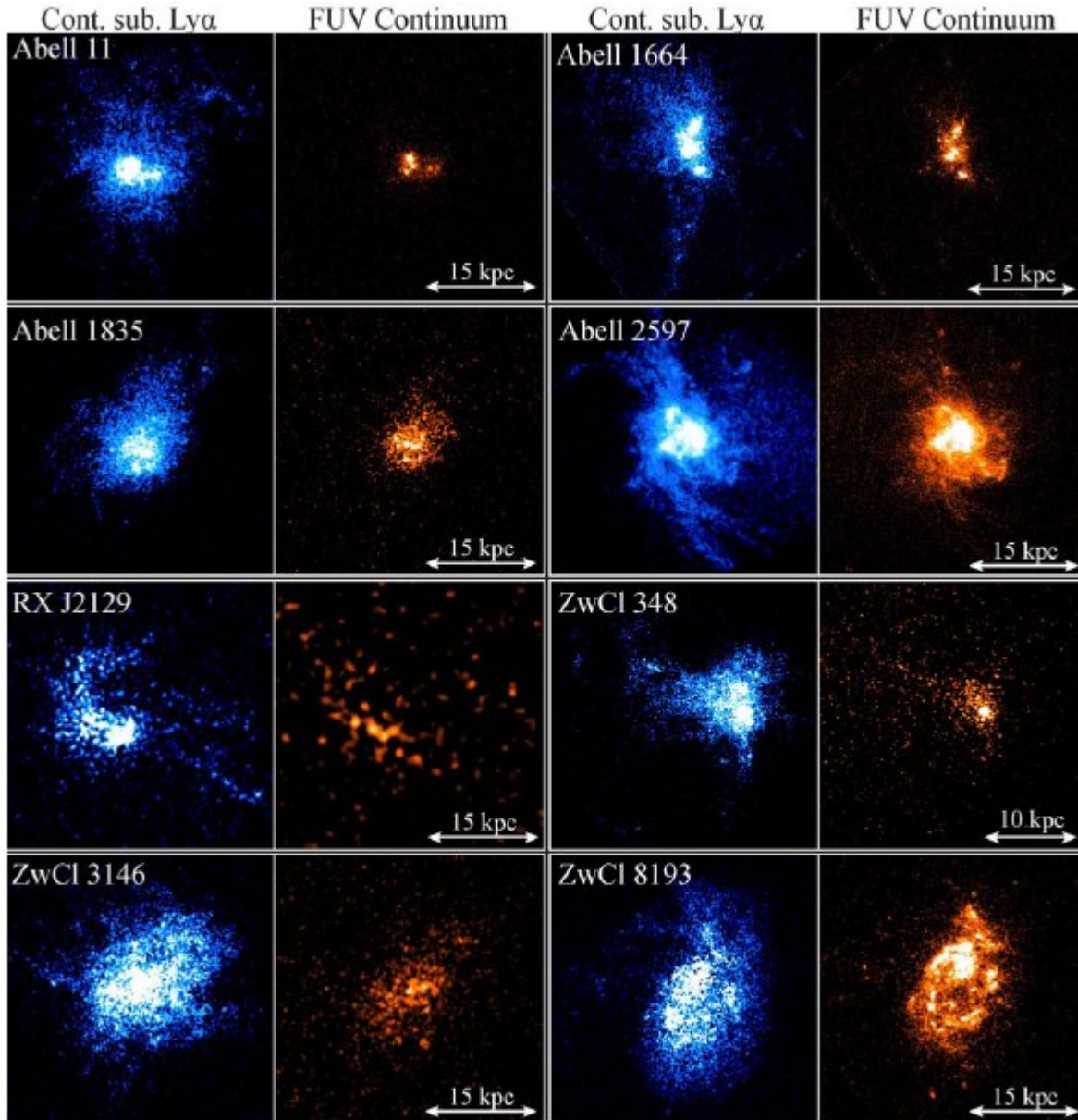


FUV изображения с КТХ (Bianchi et al. 2015)

Области звездообразования, ассоциированные с массивными звездами в центре.

Образование не в монолитных облаках, а в сложных филаментных образованиях

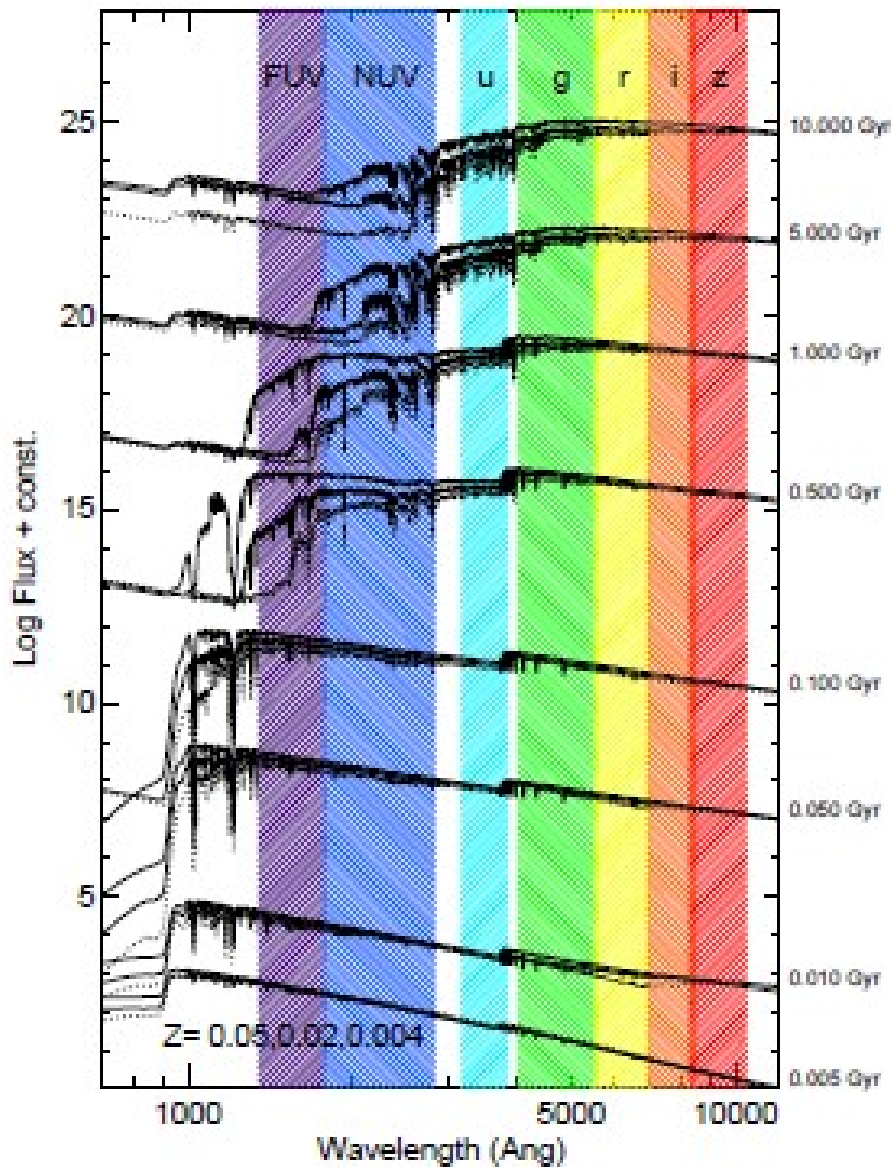
КТХ: Ly α и FUV



Ly α гораздо протяженнее (более чувствительно к резонансному рассеянию). Звездная фотоионизация (FUV континуум) полностью объясняет эмиссию в Ly α

O'Dea et al. 2010

Звздообразование в УФ



- (i) УФ показатели цвета (FUV-NUV) помогают четко отличить O - звезды от поздних O/ранних-B (оптические показатели цвета не чувствительны, Bianchi 2007)
- (ii) УФ показатели цвета выделяют молодое население (<1 млрд. лет) в интегральном звездном населении

FUV-NUV:reddening free

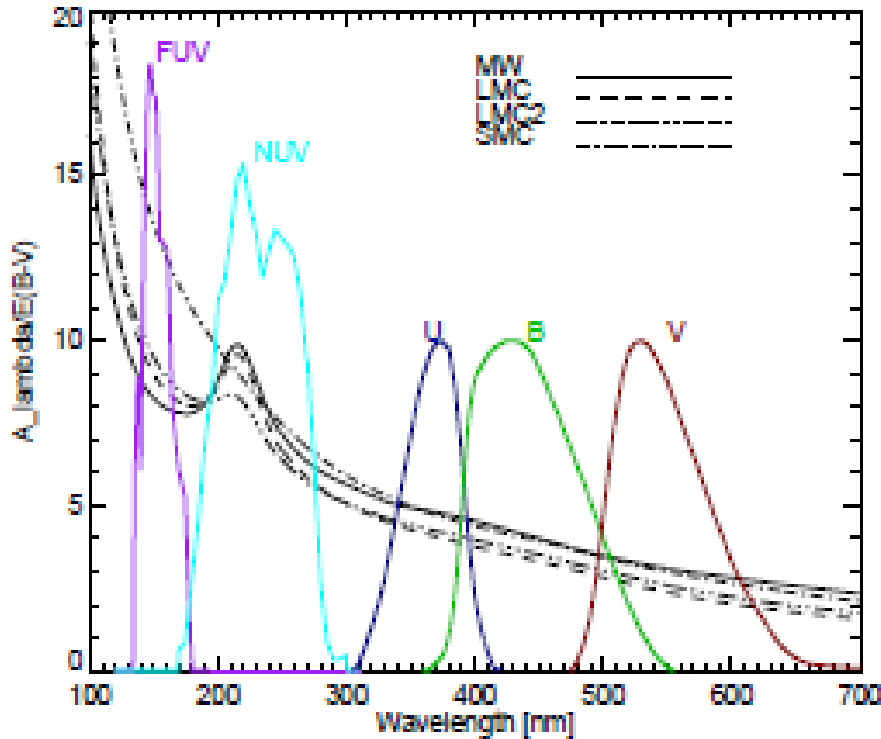
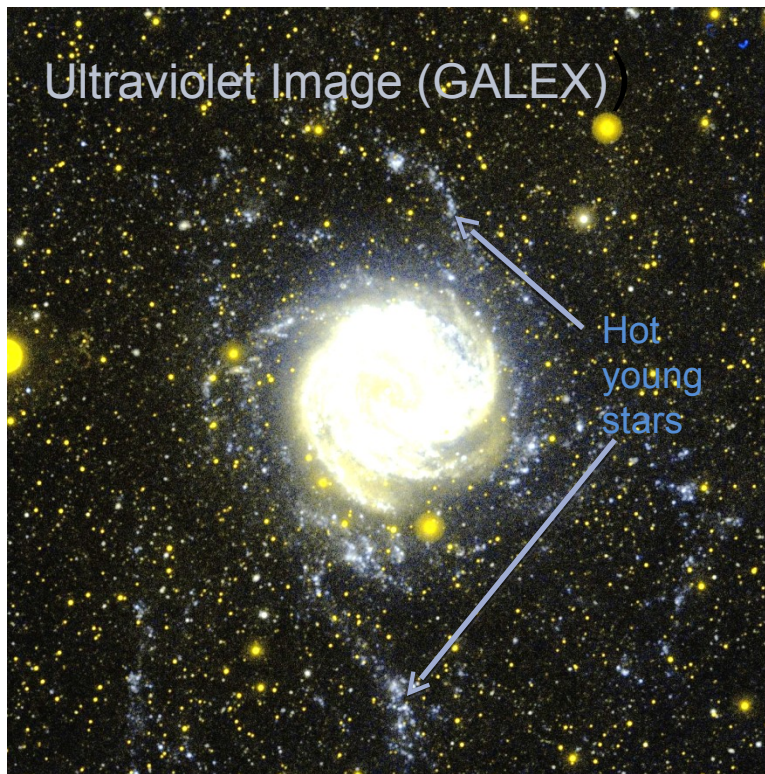


Fig. 4 Selective extinction A_λ/E_{B-V} for some known, and largely differing, types of IS dust, shown with passbands of GALEX NUV & FUV, and classical U B V filters (the transmission curves are normalized arbitrarily for visibility).

Хотя селективное поглощение $A/E(B-V)$ растет к более коротким длинам волн, полоса NUV GALEX (шириной 100 нм) полностью включает на длине волны 217.5 нм и общее поглощение не сильно отличается в FUV и NUV

Возраст звездного населения получается из моделей (FUV-NUV) model практически независимо от поглощения

Протяженные УФ диски. M83. GALEX



GALEX:

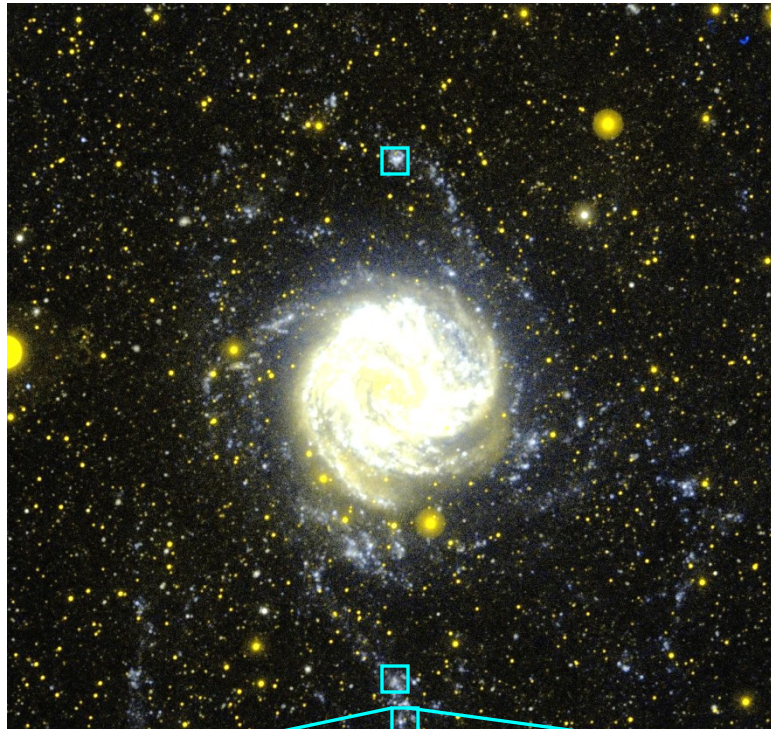
спиральная галактика M83

Слабые протяженные спиральные рукава (в 5 раз более протяженные, чем в оптике).

Молодые массивные звезды в УФ (GALEX UV images).

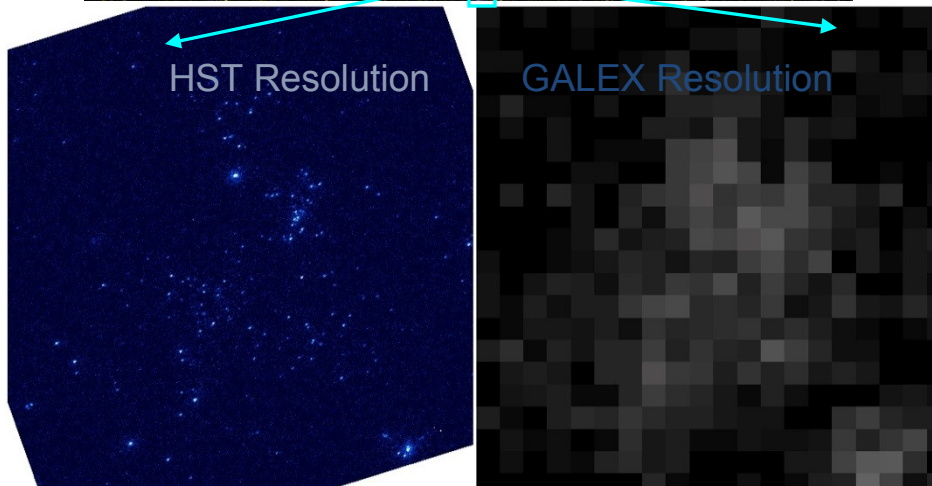
Credits: Optical: R. Gendler; GALEX: NASA/JPL-Caltech.

Протяженные УФ диски. КТХ



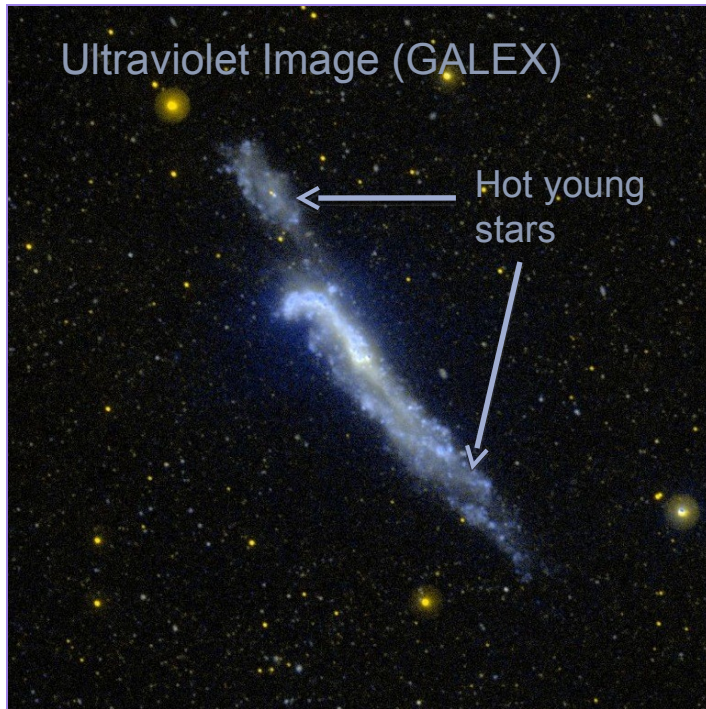
The Hubble Space Telescope (HST) follow up наблюдения подтвердили наличие молодых горячих звезд в протяженных УФ спиральных рукавах.

1/3 спиральных галактик с протяженными УФ дисками



Credits: NASA/JPL-Caltech; HST/D. Thilker et al.

The Big Picture. NGC 4656



Вид «с ребра» спиральной галактики NGC 4656.

GALEX показывает УФ-излучение от горячих молодых звезд в протяженных резервуарах газа вокруг галактик.

Credits: SDSS/NASA/JPL-Caltech/L. Bianchi.

Протяженные УФ диски. Как это изменило взгляды на звездообразование

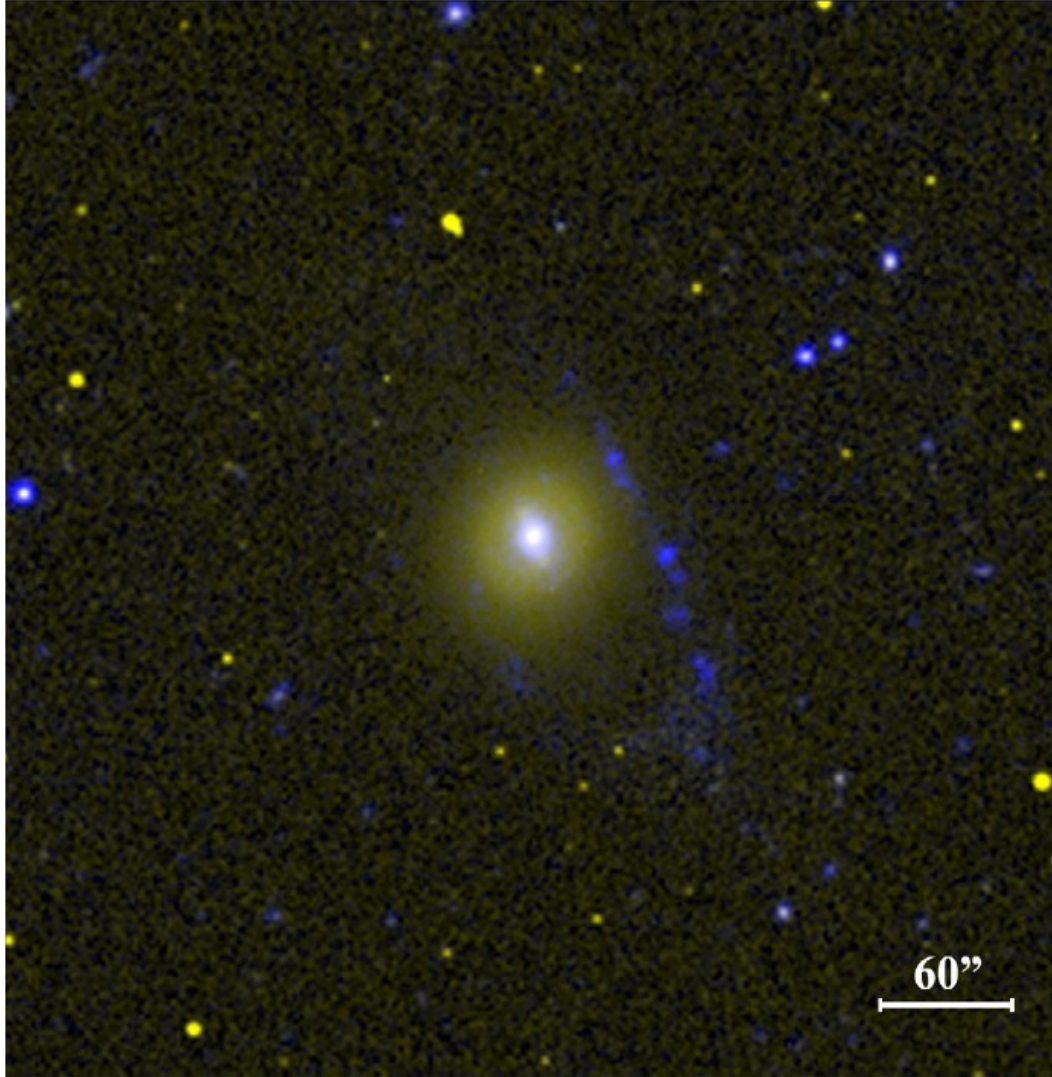


M83 in three views: in visible light, in GALEX's UV image, and with radio emission added to illustrate the distribution of its extended disk of low-density gas where the new young stars were found. Credits: R. Gendler/NASA/JPL-Caltech/NRAO/AUI/NSF/MPIA.

Звезды формируются из облаков газа, но считалось, что плотность газа во внешних областях галактик недостаточна для звездообразования

Результаты GALEX показали, что при определенных условиях (все еще открытый вопрос!!!) даже в таких тонких образованиях газ конденсируется для звездообразования

УФ кольца вокруг галактик



30% сферических галактик показывают наличие УФ продолжения без оптической части.

Fig. 1. GALEX combined FUV and NUV image of NGC 4262 (blue=FUV, yellow=NUV), showing how individual knots forming the far-UV-bright ring.

УФ кольца вокруг галактик

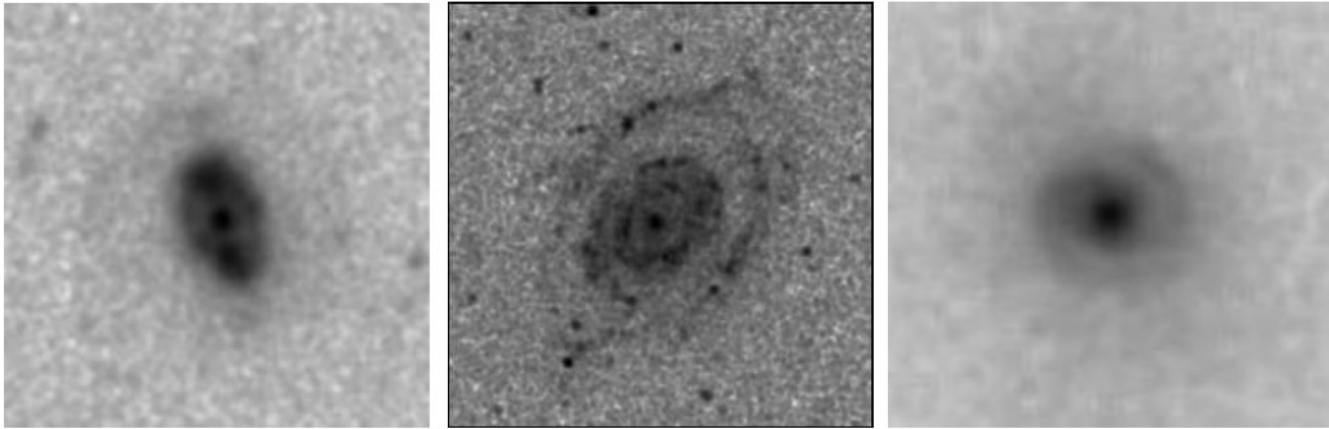
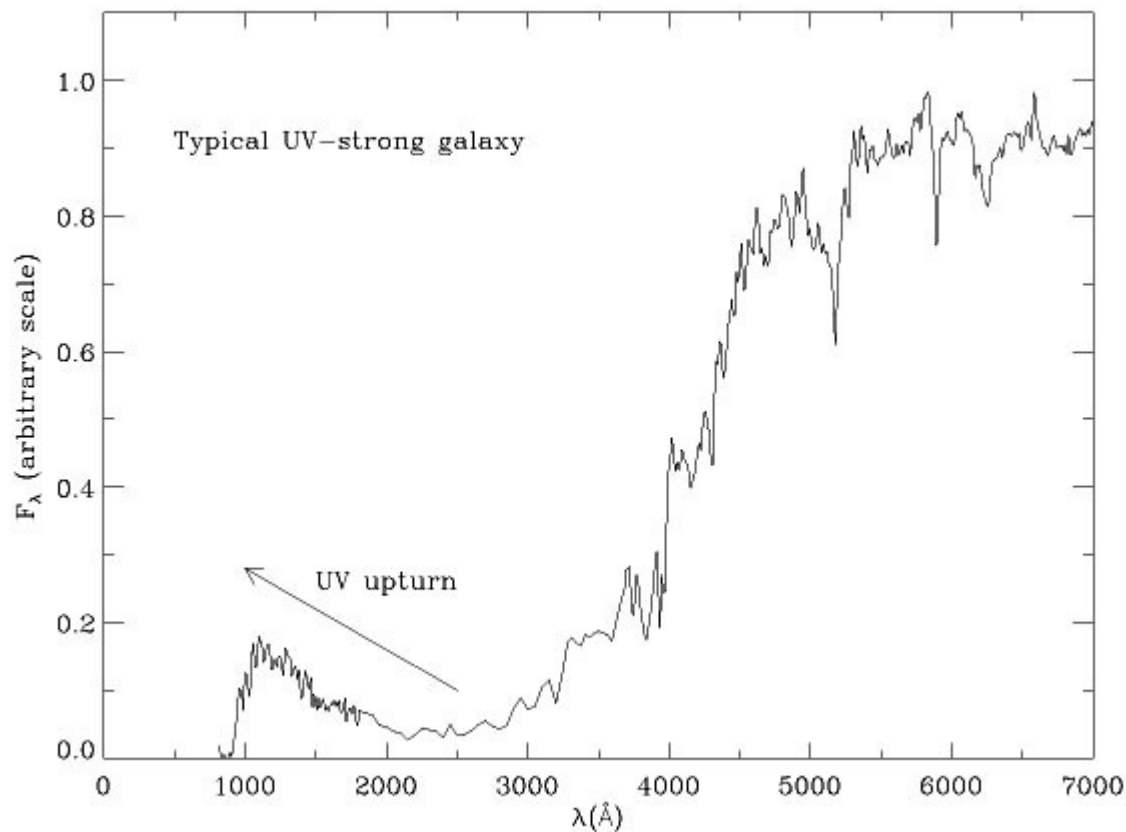


Рис. 3. Примеры изображений GALEX, фильтр NUV, для галактик с кольцевыми структурами R, которые соответствуют различным видам, отмеченным в последнем столбце таблицы 1. Левый рисунок: тип кольца 1 — незамкнутое (NGC 3380, поле 2'5); в центре: тип кольца 2 — клочковатое (IC 5267, поле 8'); справа: тип кольца 3 — заполненный диск (NGC 2681, поле 2').

Теории происхождения: «Резонансные кольца» - образованы из собственного газа диска галактики, «разогнанного» и собранного на радиусе баром галактики. «Импактные» кольца - следствия вертикального, квазицентрального падения на диск галактики другой галактики. «Натекание» газа соседней галактики (Сильченко и др.).

UV upturn in elliptical galaxies

Загадка остаточного звездообразования

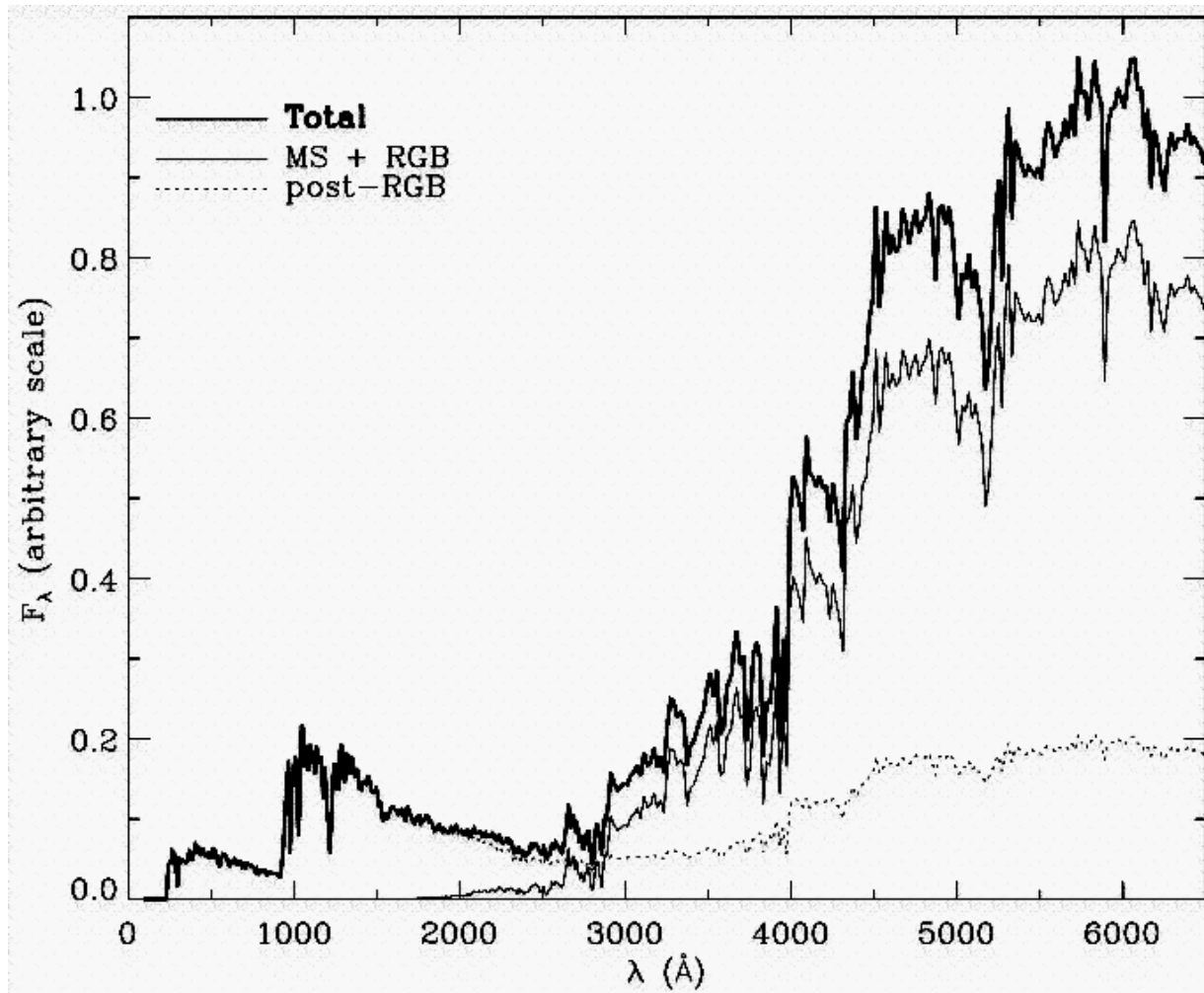


Природа УФ-излучения в эллиптических галактиках

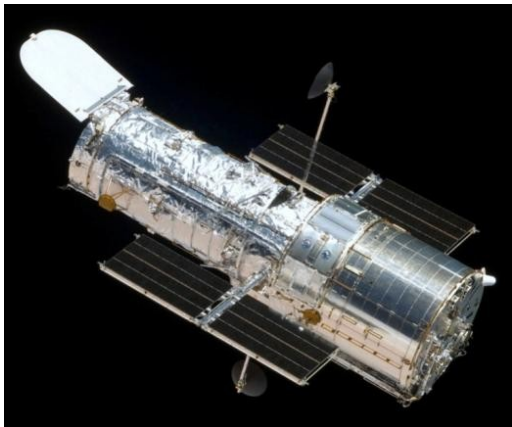
UV-upturn puzzle

(NGC 4552,
Yi et al., 1998)

Вклад sdBs
(He-burning,
30000K, 0.5 Msun)

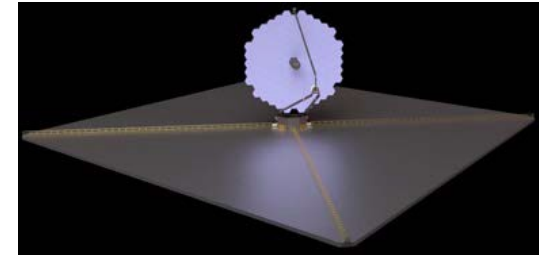


КТХ – главный УФ инструмент современности “dark UV epoch”



**Hubble Space
Telescope**

1990 - 2025 (?)



LUVVOIR

2039-.....

???

2025 - 2039 гг.

UV projects for astronomy

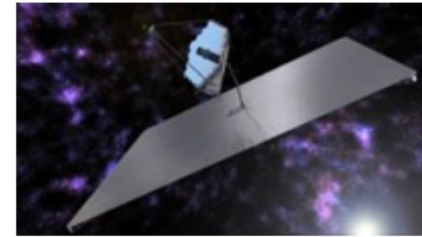
LARGE SATS:
 (3,000.... Meuro/20... yrs)
 800-1600 cm primary L2

MEDIUM SATS:
 (400-1,000 Meuro/15 yrs)
 170-250 cm primary LEO/HEO

SMALL SATS:
 (100 Meuro/5-7 yrs)
 40-60 cm primary LEO

CUBESATS:
 (1 Meuro/2 yrs)
 10-20 cm primary LEO

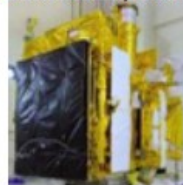
... **euvo**  **Pollux** 



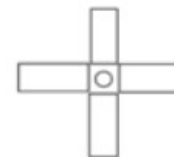
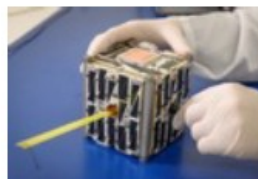
WSO-UV



ASTROSAT/UVIT



CubeSats



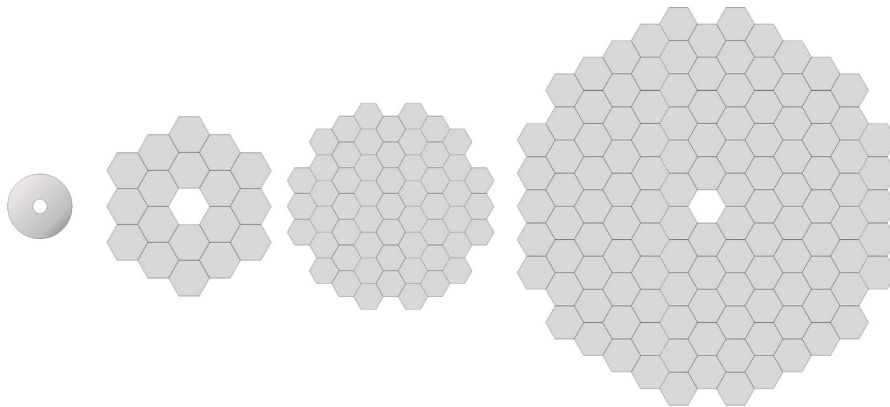


NASA Flagship mission LUVOIR

Large UV-Optical-IR-Surveyor 6-m

(LUVOIR Final Report, NASA 2019)

\$8000 – 35 000 M, 15.3 years



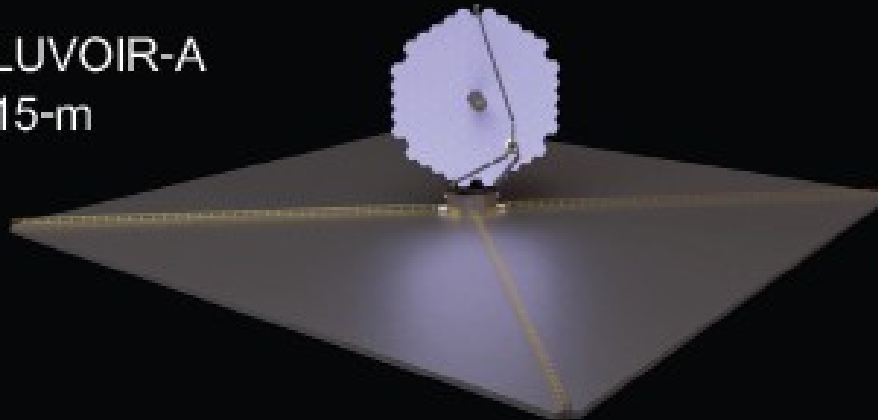
HST/WFIRST
2.4m Primary Mirror
On-Axis Design

JWST
6.5m Primary Mirror
On-Axis Design

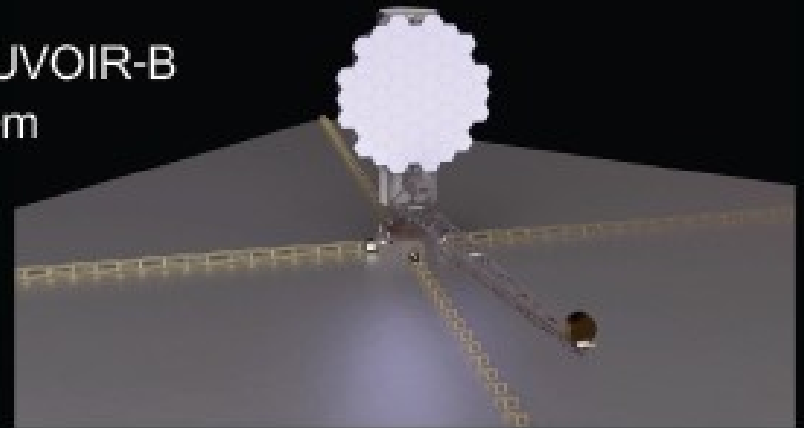
LUVOIR-B
8m Primary Mirror
Off-Axis Design

LUVOIR-A
15m Primary Mirror
On-Axis Design

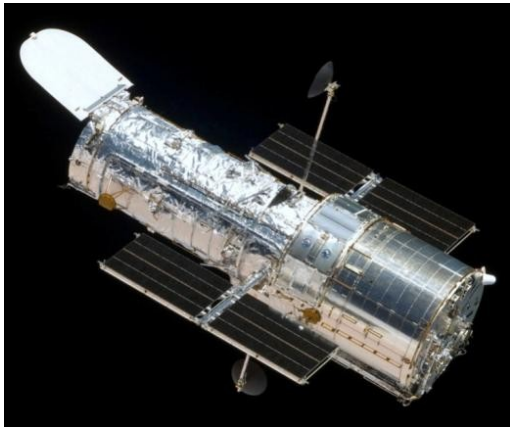
LUVOIR-A
15-m



LUVOIR-B
8-m

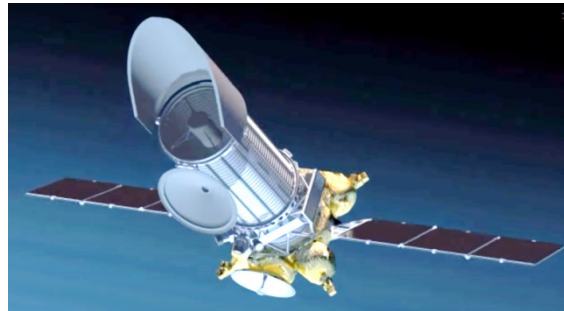


WSO-UV NO "dark UV epoch"



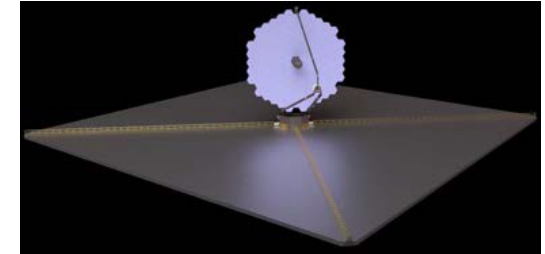
**Hubble Space
Telescope**

1990 - 2025 (?)



**World Space
Observatory -Ultraviolet**

2025(?) - 2035 гг.



LUVOIR

2039-.....

Серия "Спектр" в Федеральной программе России



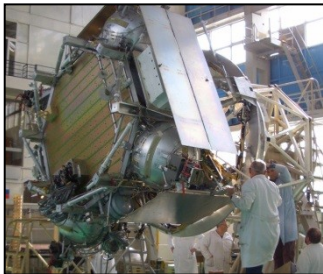
Спектр-Р
(Радиоастрон)
Успешно работал
2011 - 2019



Спектр-РГ
(с E-Rosita)
На орбите
2019 - 2025



Спектр-УФ
WSO-UV
Должен быть
запущен в ?? 2025



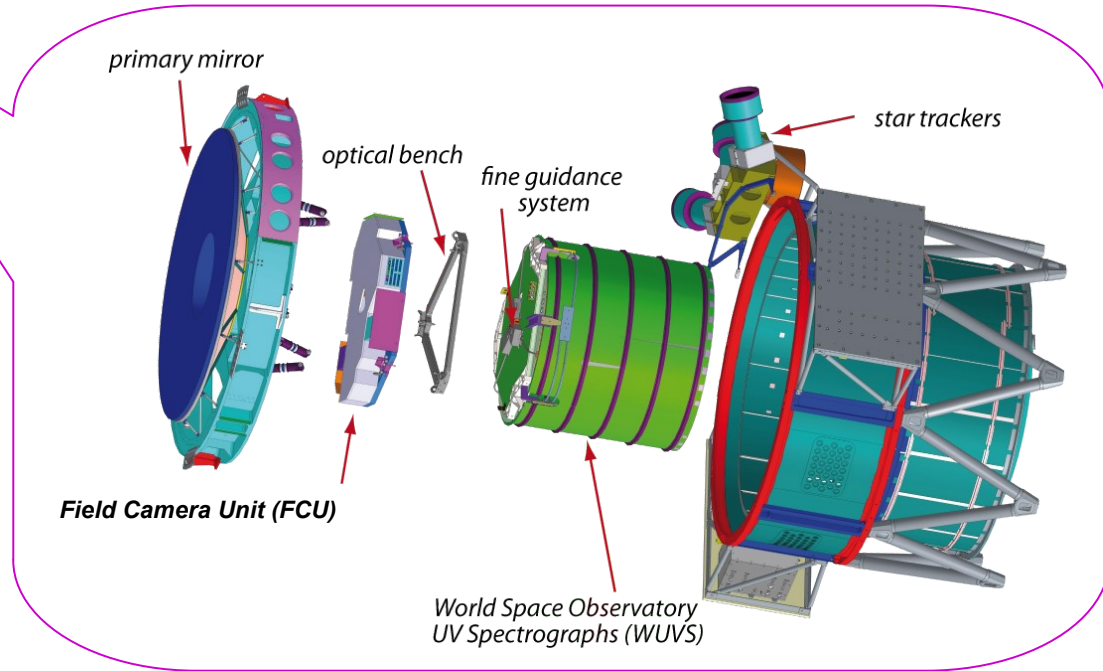
**Унифицированная платформа
НАВИГАТОР**



WSO-UV mission concept

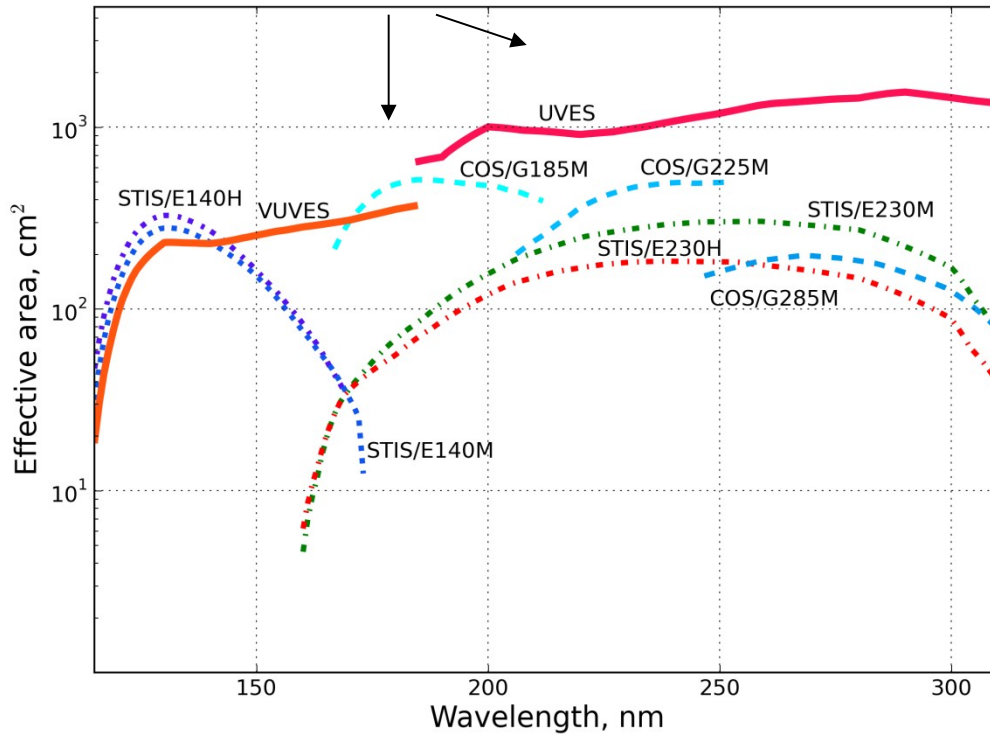
WSO-UV (WORLD SPACE OBSERVATORY-ULTRAVIOLET) Project

=
New UV Project +
"Spektr-UF" Russian National Project

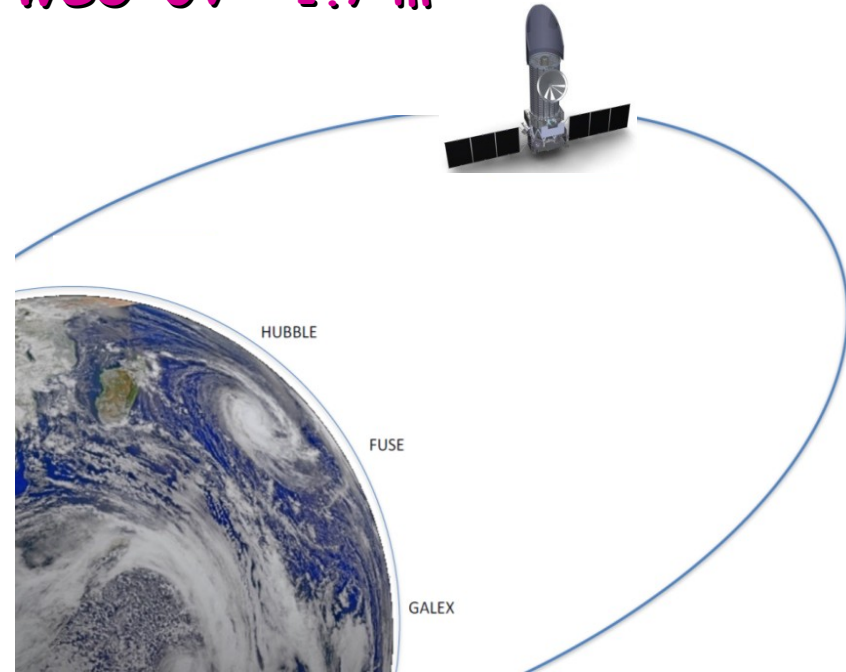


WSO-UV as the HST "successor"

WUVS



HST - 2.4 m
WSO-UV - 1.7 m



Efficiency of WSO-UV Spectrographs

A geosynchronous orbit ("above" the geocorona)

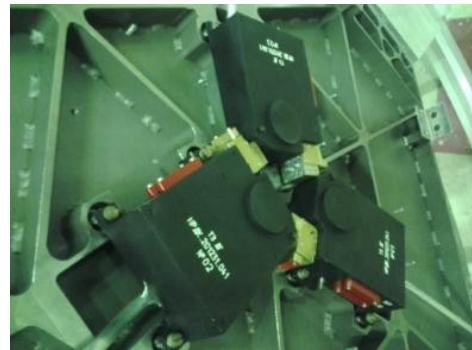
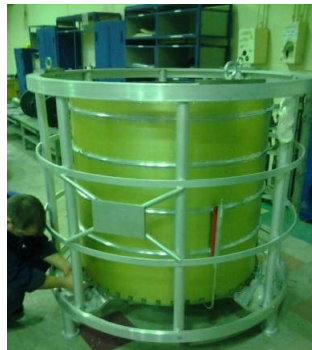
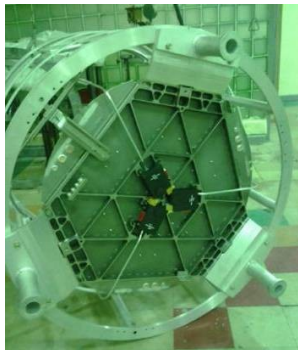
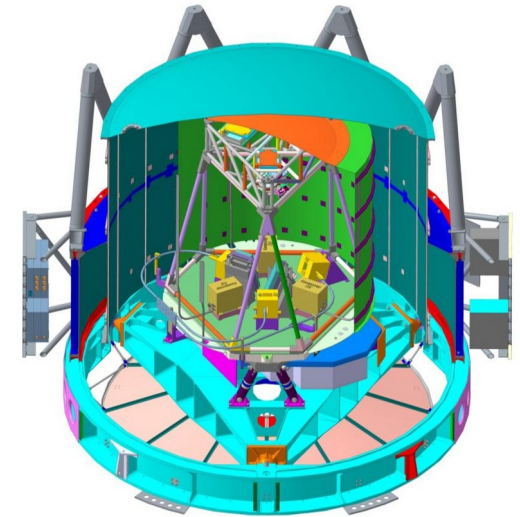
Блок спектрографов WUVS (WSO-UV Spectrograph)

Три спектрографа (канала) :

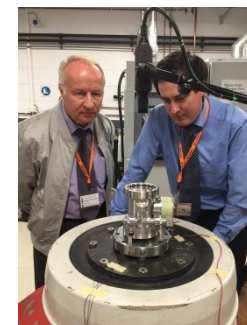
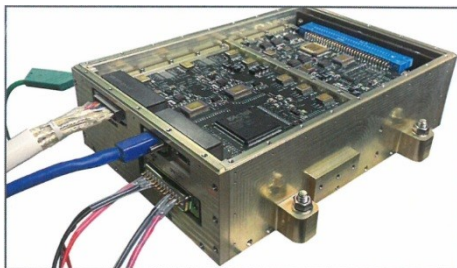
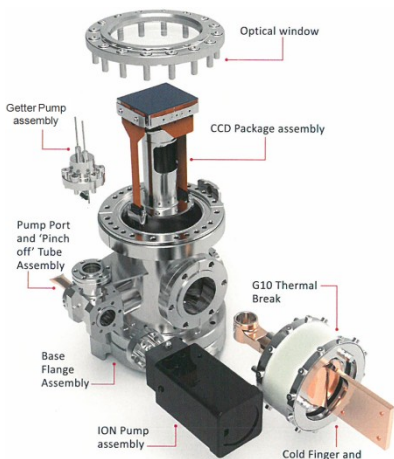
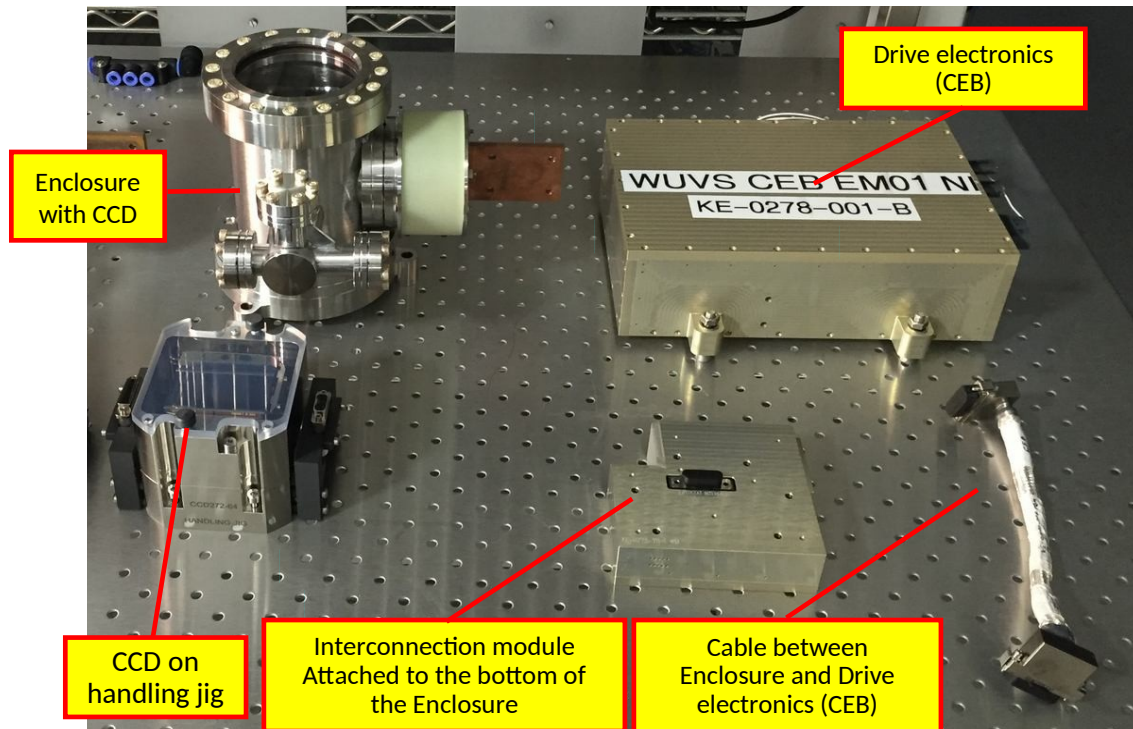
Vacuum **U**ltraviolet **E**chele **S**pectrograph
VUVES - 115-176 nm, $R \approx 50\ 000$

Ultraviolet **E**chele **S**pectrograph
UVES - 174-310 nm, $R \approx 50\ 000$

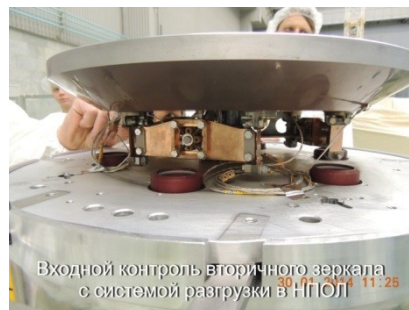
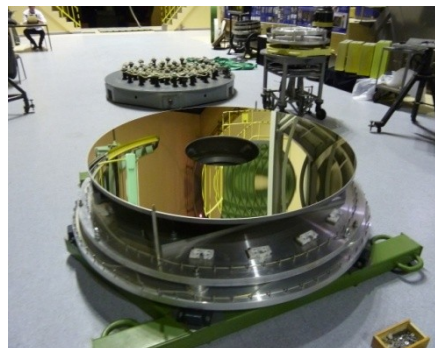
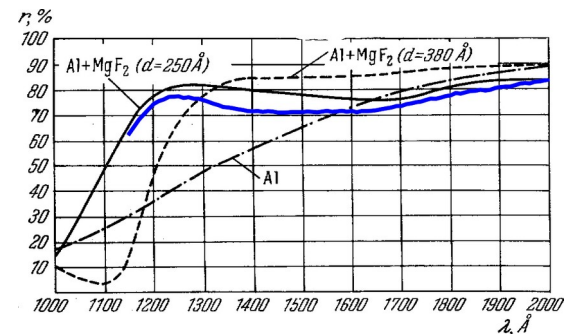
Long **S**lit **S**pectrograph
LSS - 115-305 nm, $R=1000$



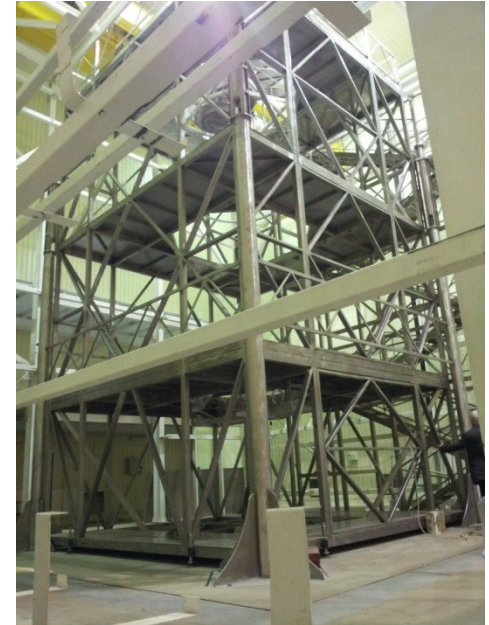
WSO-UV Detectors. CCD. Teledyne-e2v/RAL (flight models delivered to Russia)



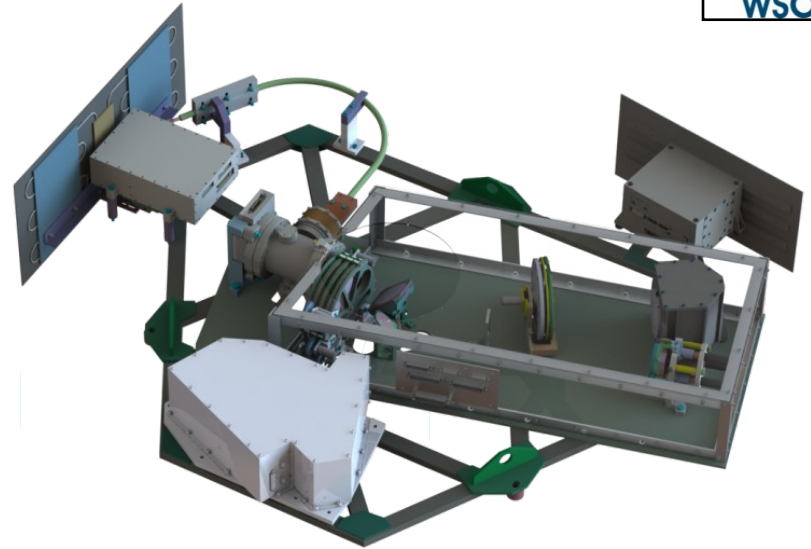
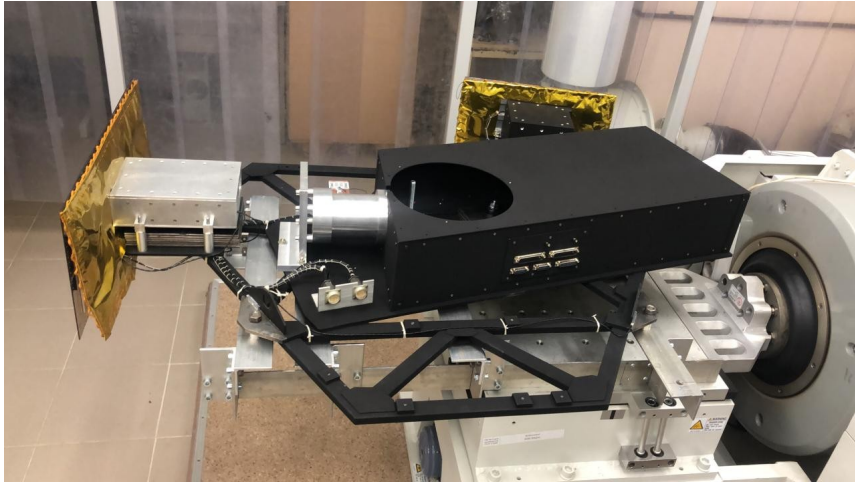
Телескоп Т-170М



Стенд сборки телескопа



Блок камер поля

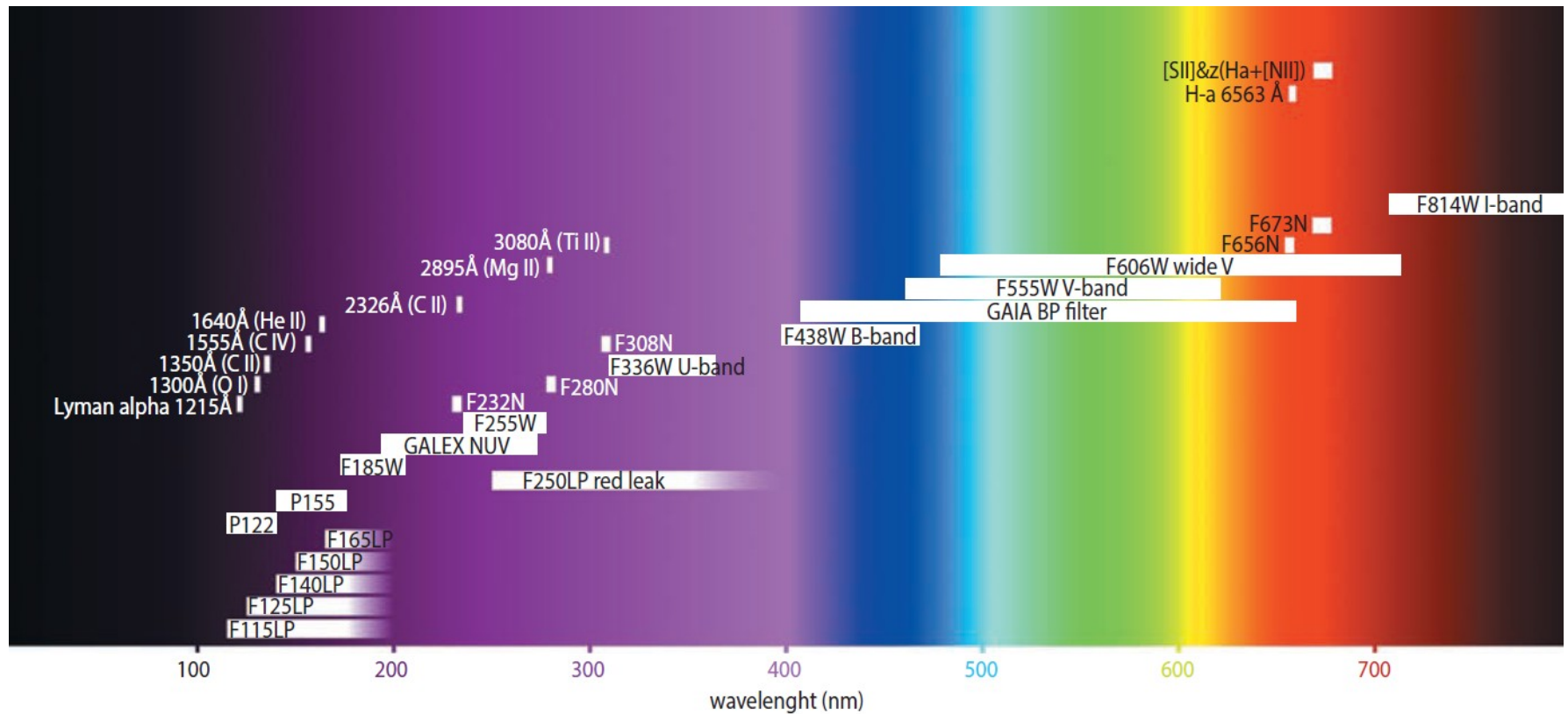


Два канала:

- **FUV channel with MCP detector, 115-176 nm**
 - Solar blind detector
 - Diffraction-limited imaging in FUV
 - High sensitivity in photon-counting mode

- **NUV channel with CCD detector, 174-310nm**
 - Low resolution field spectroscopy
 - Possibility for extended spectral range: 115-1000 nm

Фильтры блока камер поля

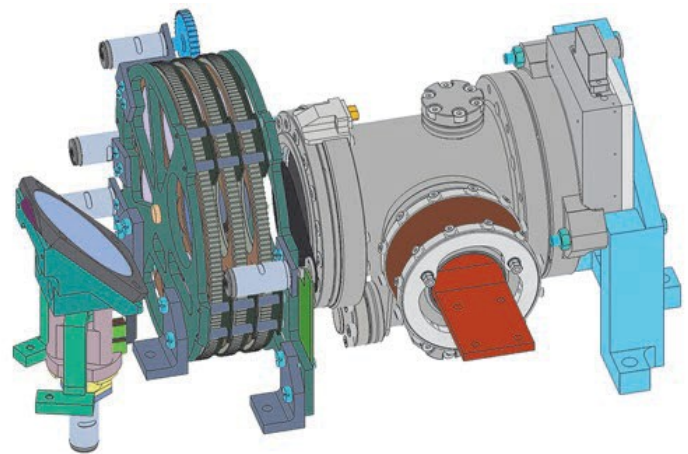


Field Camera Unit Filters (15 for NUV)



UV photometric bands proposed as standards (PROPOSAL FROM THE WORKING GROUP ON ULTRAVIOLET ASTRONOMY DIVISION B, Gomez de Castro et al.)

Band ID	Spectral Range	Objective
UV1	90-110 nm	FUSE window
UV2	120-140 nm	Far UV avoiding geocoronal Ly-alpha
UV3	140-180 nm	GALEX FUV
UV4	180-210 nm	Continuum shortward of the UV bump
UV5	210-230 nm	UV bump
UV6	230-280 nm	Near UV continuum, Fe bands
UV7	280-350 nm	Ozone cut-off window



- + GALEX NUV
- + ASTROSAT/UVIT Filters
- + CASTOR Filters

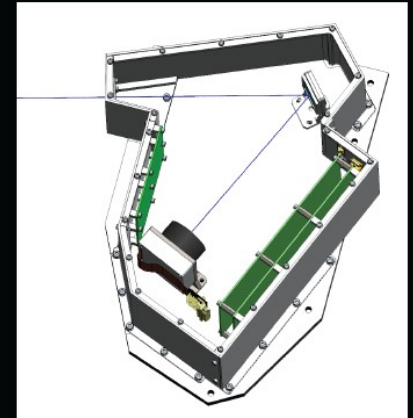
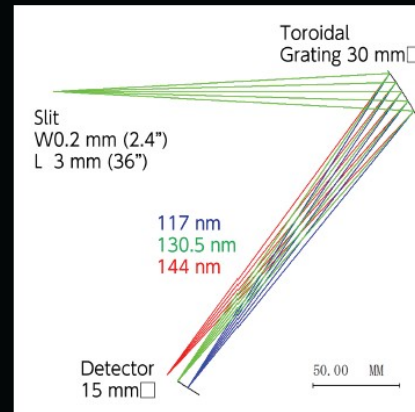
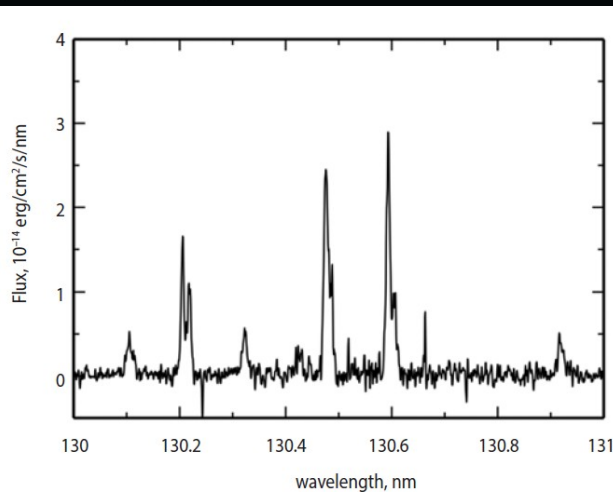
And your suggestions!!!

UVSPEX

UV spectrograph for Exoplanets (UVSPEX)

- Slit + Concave (Toroidal) grating + Detector (MCP)
- Spectral range : 117-144 nm
- Spectral resolution : ~ 0.3 nm @130 nm
- Slit : 2.5" (= 200 μ m)
- Grating : Toroidal blazed grating, Al+MgF2 coating, ϕ 30 mm, 2400 gr/mm, $f = 250$ mm
- Detector : Image Intensifier (CsI photocathode + Funnel-type Microchannel Plate (MCP))

- 10-20 Earth-size exoplanets
Oxygen \leftrightarrow Ocean
- Earth-like TRAPPIST-1e can be detected in ~ 13 transits
- Model for upper atmosphere



Научные программы ВКО-УФ

Базовая (Core Program, CP): научный комитет ВКО-УФ

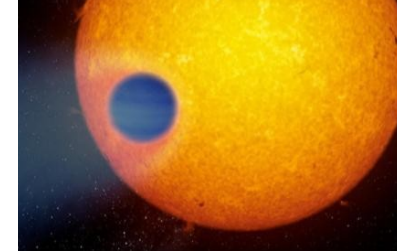
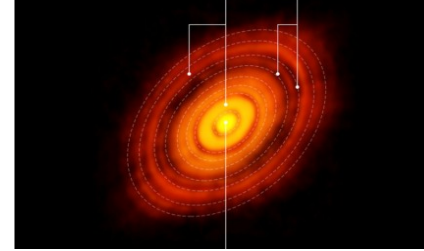
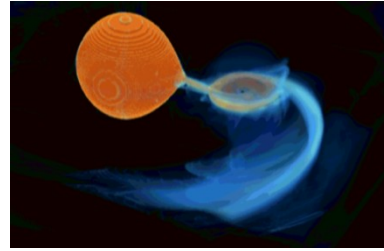
Открытая (Open Program, OP): заявки от международного астрономического сообщества, научный комитет ВКО-УФ

Национальная (Funding Bodies Program, FBP): национальные научные комитеты

Политика распределения времени (соглашение о Time sharing policy)

- Первый и второй год на орбите: 48% для CP, 50% для FBR, 2% для DDT (*Director Discretionary Time, время реакции 30 минут*)
- С третьего года: 60% для FBR, 38% OT, 2% DDT.

WSO-UV core program

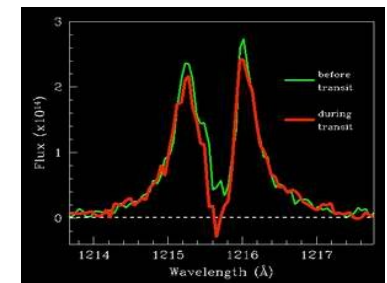
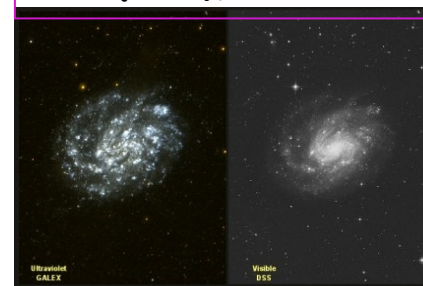
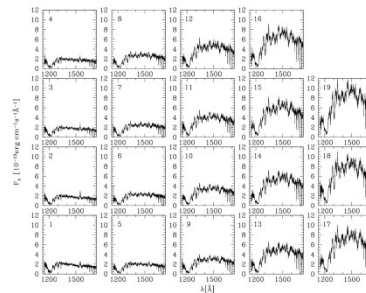
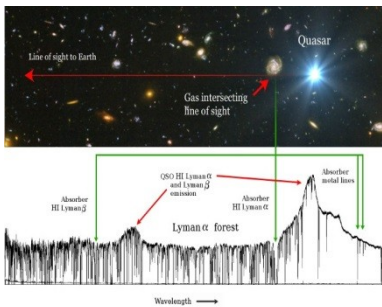


Chemical evolution of the Universe

Accretion processes and stellar physics

Star and planetary system formation

(exo) planetary atmospheres



The first Core Program Call

TAC meeting: April 08, 2019



Institution	Proposal title
Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)	Magnetospheric accretion or boundary layer? Understanding the formation of intermediate-mass Herbig Ae/Be stars from UV-spectra with the World Space Observatory
Institute of astronomy of the Russian Academy of Sciences	Accretion processes in magnetic cataclysmic variables
Institute of astronomy of the Russian Academy of Sciences	The WSO-UV survey of exoplanet atmospheres
Institute of astronomy of the Russian Academy of Sciences	UV spectroscopy of star-grazing comets
Institute of astronomy of the Russian Academy of Sciences	Studies of stellar activity of Sun-like stars and the stellar age-activity relation
Institute of astronomy of the Russian Academy of Sciences	UV spectroscopy of fast and ultra-fast late type rotators
Institute of astronomy of the Russian Academy of Sciences	Interstellar elemental depletions VS atypical extinction curves
Special Astrophysical Observatory	Relations between interstellar lines observed in UV and diffuse bands
Universidad Complutense de Madrid	Ultraviolet spectroscopy survey of T Tauri stars to understand planet formation
Universidad Complutense de Madrid	Observation of the Lyman-alpha variability in high velocity cool stars
Universidad Complutense de Madrid	Determination of the distribution of diffuse gas in the solar neighborhood
Universidad Complutense de Madrid	The UV counterpart to strong X-ray flares in the solar neighborhood
Universidad Complutense de Madrid	Detection of comet swarms around young stars
Universidad Complutense de Madrid	Pre-main sequence close binaries and its role in young planetary disk evolution



Спасибо за внимание!

**Апрель 2023
Всероссийская конференция
«Ультрафиолетовая Вселенная -2023»**