

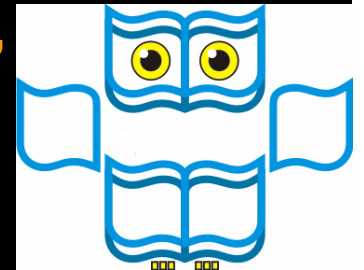


Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Космос крізь об'єкти орбітального телескопу “Хаббл”



Всеукраїнський фестиваль науки 2010,
цикл науково-популярних лекцій
„Горизонти науки”
11 травня 2010 р.



Олександр Іванович Крамар,
доцент кафедри фізики
ТНТУ ім. Івана Пулюя

На даний час одними з найбільших у світі телескопів-рефлекторів є два телескопа Кека, розташовані на Гавайських островах (обсерваторія на вершині вулкану Мауна-Кеа, висота 4 205 м над рівнем моря). Кекс-I и Кекс-II введені у експлуатацію у 1993 та 1996 відповідно.

Ефективний діаметр кожного дзеркала 9,8 м.

Телескопи розташовані на одній платформі та можуть використовуватися у парі в якості дуже чутливого інтерферометра.



**Великий Канарський телескоп (The Gran Telescopio CANARIAS (GTC)),
Дзеркало, яке складається з 36 шестикутних сегментів, об'єднаних у
спільну структуру, має діаметр 10,4 м.**

**Телескоп розташований на вершині колишнього вулкану Мучачос на висоті
2400 м в обсерваторії Ла Палма на Канарських островах.
Будівництво телескопу тривало 7 років.**



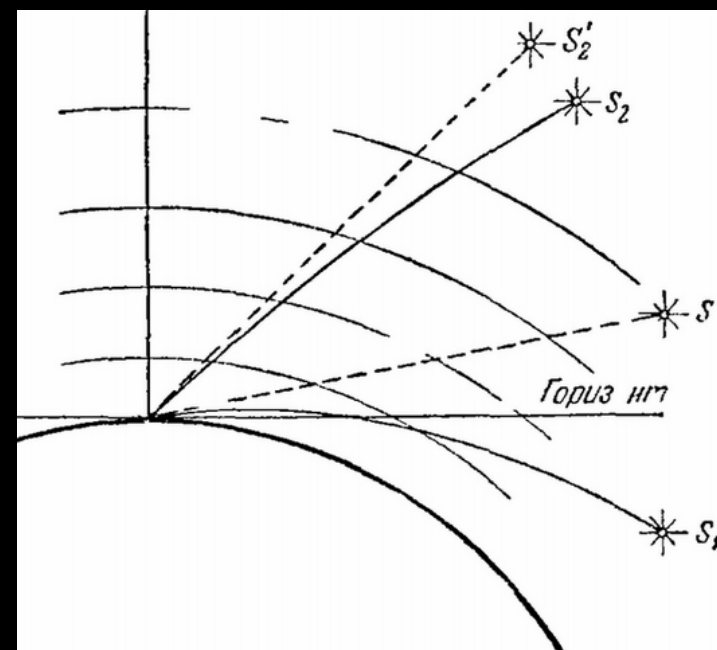
**В роботі над GTC були задіяні наукові установи з Іспанії, Мексики та США.
Загальна вартість телескопу та додаткових інструментів OSIRIS и
CanariCam склала 105 мільйонів €.**



“Миготіння” зірок внаслідок впливу флуктуацій у атмосфері Землі

Поглинання атмосферою випромінювання (особливо в ІЧ- та УФ-діапазоні)

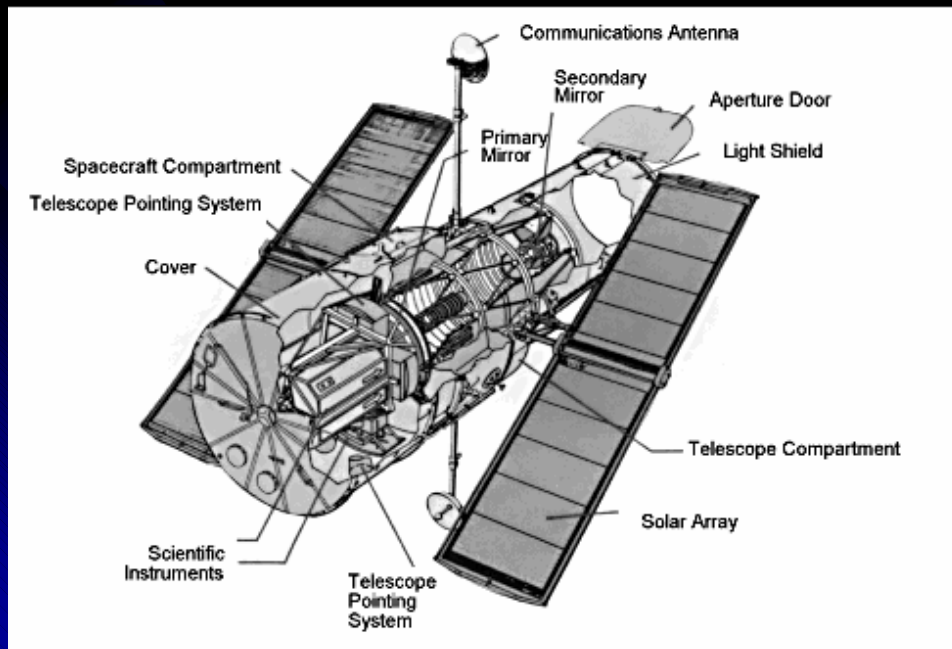
Вплив рефракції в атмосфері на поширення світлових променів від небесних тіл





Космічний телескоп “Хаббл” (Hubble Space Telescope) – це автоматична обсерваторія, названа на честь Едвіна Хаббла (спільний проект NASA та ESA). *Витрати на проект сягають на момент запуску 2,5 млрд. доларів США, в загальному - близько 6-7 млрд. доларів США.*

- Довжина телескопа – 13,3 м.
- Розмір сонячних батарей – 2 м.
- Загальна маса телескопа – 12,5 т
- Діаметр головного дзеркала - 2,4 м
- Діаметр вторинного – 0,34 м
- 5 відсіків для оптичних приладів.

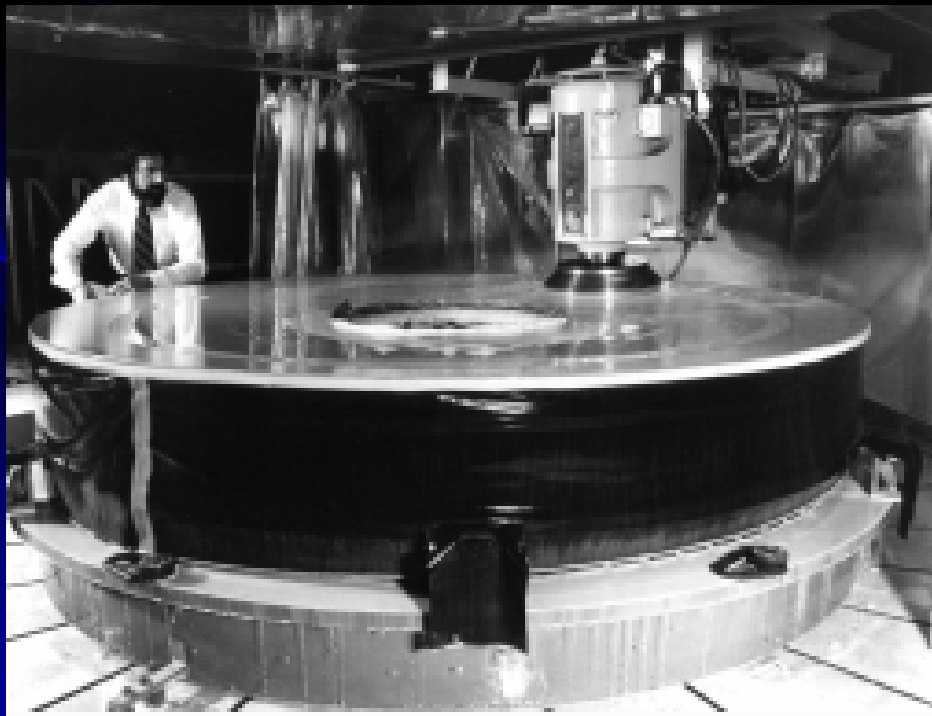
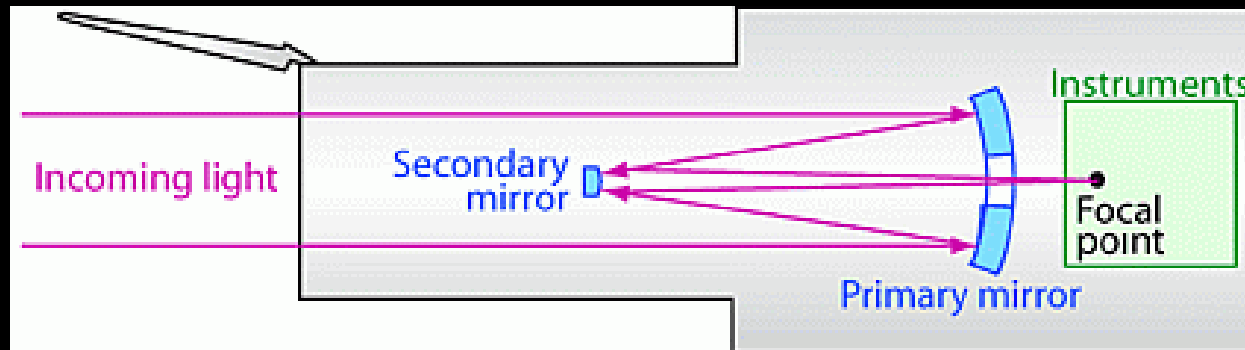


Параметри орбіти

- Нахил до площини орбіти Землі – 28,469 градусів.
- Апогей (найвіддаленіша точка навколоземної еліптичної орбіти) – 571 км.
- Перигей (найближча точка навколоземної еліптичної орбіти) – 565 км.
- Період обертання навколо Землі – 96,2 хв.
- Кут огляду – 360 градусів.

Телескоп "Хаббл" належить до класу рефлекторів системи Річі-Кретьєна.

Світло спочатку потрапляє на головне дзеркало, відбивається і спрямовується на вторинне дзеркало (відстань між дзеркалами 4,9 м), яке фокусує світло та направляє його в систему наукових інструментів телескопу через малий отвір в головному дзеркалі.



Полірування головного дзеркала телескопу, лабораторія компанії Перкін-Елмер, травень 1979р.

Наукові інструменти "Хаббла" при запуску



Ширококутна і планетарна камера

(Wide Field and Planetary Camera, **WFPC**) - оснащена набором з 48 світлофільтрів для виділення ділянок спектру, які представляють особливий інтерес для астрофізичних спостережень.

Спектрограф високої роздільної здатності
(Goddard High Resolution Spectrograph, **GHRS**) - для роботи в ультрафіолетовому діапазоні.

Камера зйомки тьмяних об'єктів (Faint Object Camera, **FOC**)

- для зйомки об'єктів в ультрафіолетовому діапазоні з високою роздільною здатністю до 0,05 кутової секунди.

Спектрограф тьмяних об'єктів (Faint Object Spectrograph, **FOS**)

- для дослідження особливо тьмяних об'єктів в ультрафіолетовому діапазоні.

Датчики точного наведення (Fine Guidance Sensors)

- забезпечують астрометрію з точністю до кутової мілісекунди.



Телескоп “Хаббл” вийшов на
заплановану орбіту
24 квітня 1990 р.

Проблема з головним дзеркалом.

Допуск для його виготовлення був
встановлений приблизно в 30 нм.



Для усунення дефекту головного
дзеркала була встановлена система,
призначена для корекції зображення
COSTAR.

На рисунку для порівняння показано
знімки до і після встановлення **COSTAR.**



Деякі експедиції по вдосконаленню обладнання телескопа "Хаббл"

12.1993 р. - заміна високошвидкісного фотометра на систему оптичної корекції **COSTAR**. Встановлена нова модель ширококутної і планетарної камери (**WFPC 2**). Замінені сонячні батареї, чотири гіроскопи системи наведення, два магнітометри і оновлено обчислювальний комплекс; виконана корекція орбіти.

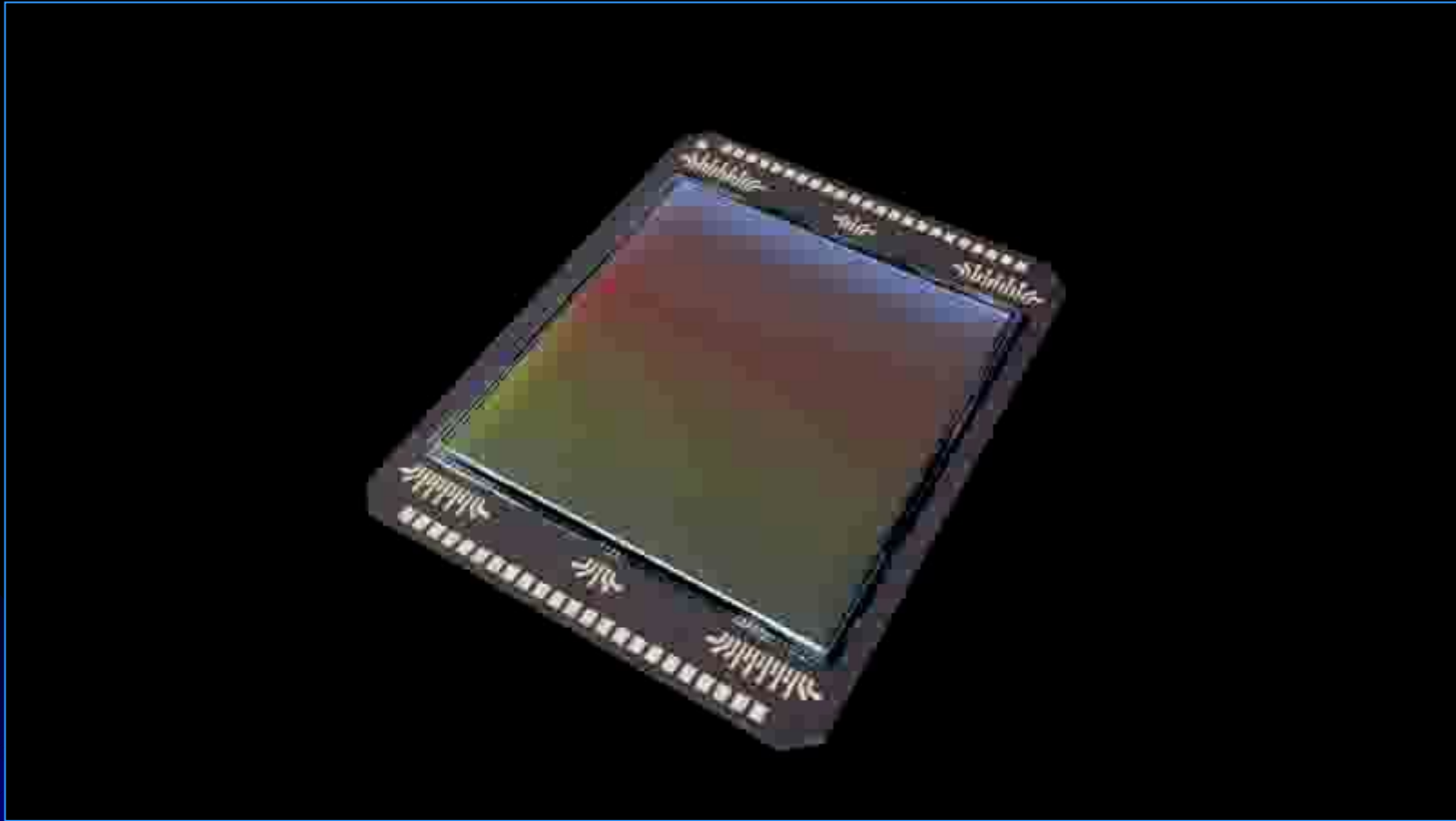
02.1997 р. - спектрограф Годдарда і спектрограф тьмяних об'єктів замінені на реєструючий спектрограф космічного телескопу (**STIS**) і камеру та мультиоб'єктний спектрометр близького до інфрачервоного діапазону хвиль (**NICMOS**); проведено ремонт теплоізоляції та знову виконана корекція орбіти.

12.1999 р. - заміна всіх гіроскопів системи наведення та установка нового обчислювального комплексу, стійкого до радіації (на базі процесора INTEL).

03.2002 р. - камера зйомки тьмяних об'єктів замінена на вдосконалену оглядову камеру (**ACS**); відновлено функціонування **NICMOS**, в системі охолодження якого в закінчився рідкий азот. Заміна сонячних батарей (30% виграшу в енергії, одночасна робота всіх приладів).

05.2009 р. - встановлено 6 нових гіроскопів стабілізації, 6 нових акумуляторів, новий комп'ютер, нова ширококутна камера (**WFPC 3**) та новий спектрограф космічного випромінювання. Відновлено роботу **STIS** та **ACS**, які вийшли з ладу у 2007.



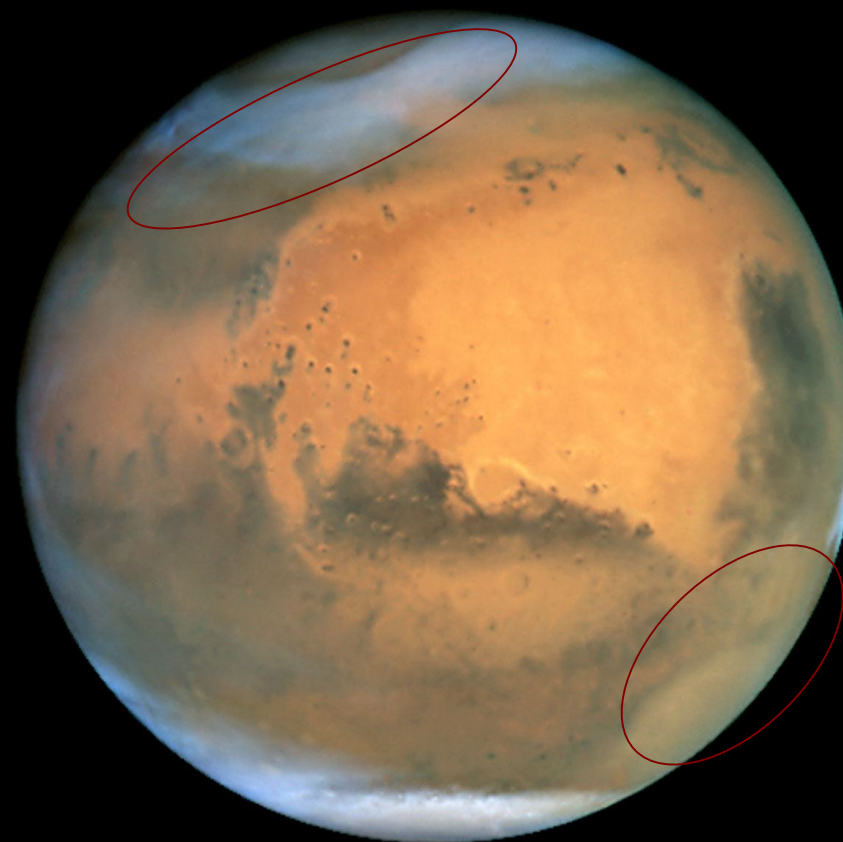
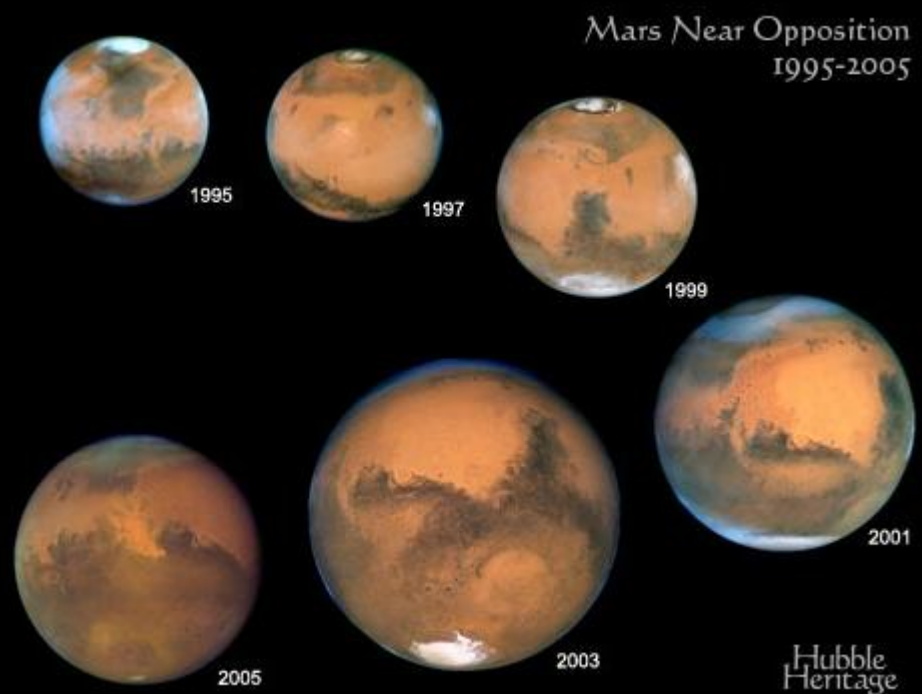


Принцип роботи ПЗЗ-матриці фотокамери
("пристрій із зарядовим зв'язком",
CCD, "Charge-Coupled Device")



Монохромні знімки, кожен з яких відповідає за певний інтервал електромагнітного випромінювання, “прив’язані” до певного кольору та явища, утворюють зображення

Дослідження Сонячної системи:
Венери, Марса, Юпітера, Сатурна, Урана, Нептуна та малих планет
(Плутона, Церери, Ериди тощо).



**Високодеталізовані зображення
Марса**

**Марс – середня відстань від Сонця
1,52 а.о. (228 млн. км)**

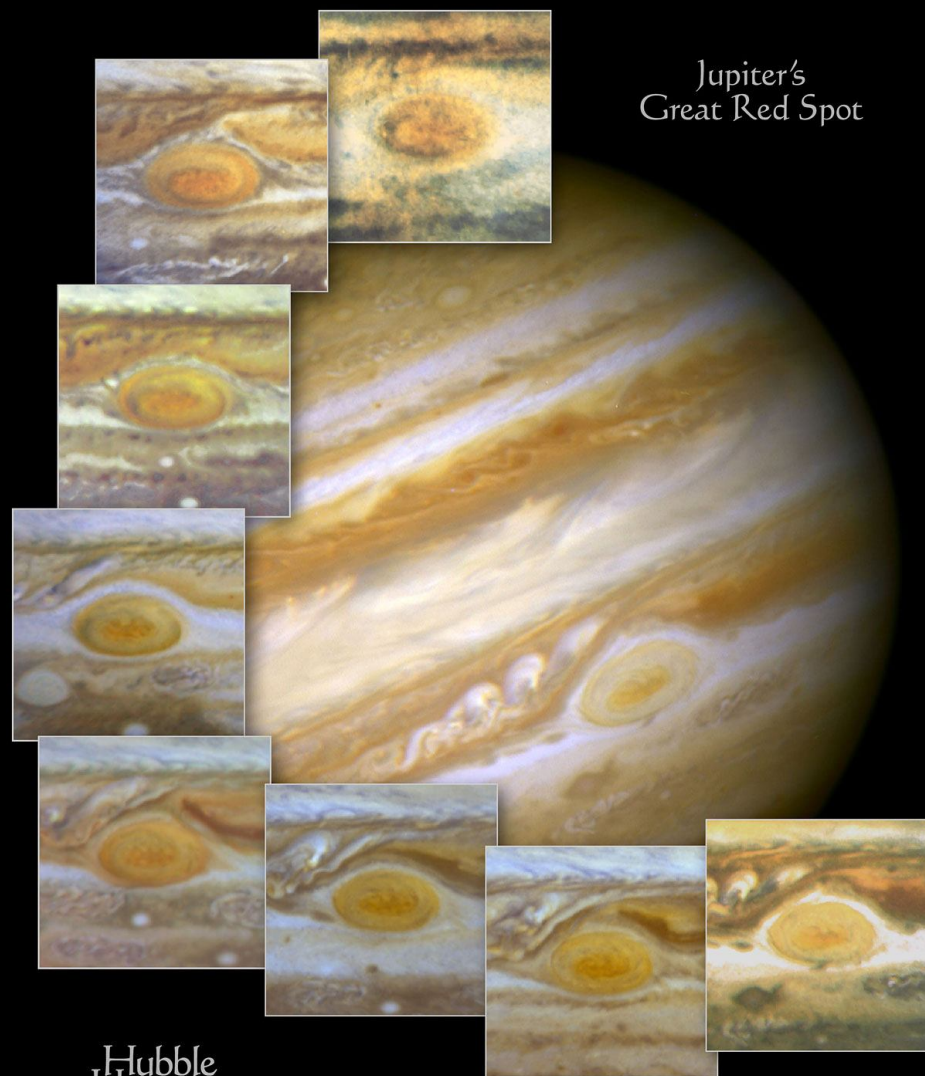
Пилові бурі на Марсі

Юпітер – середня відстань від Сонця 5,2 а.о.

Велика Червона Пляма – найбільший атмосферний вихор у Сонячній системі (до 40 000 км в довжину и 14 000 км в ширину).

Цей величезний вихор бушує вже як мінімум 340 років, обертається проти годинникової стрілки з швидкістю близько 435 км/год.

Яскраво-оранжевий колір, ймовірно, зумовлений наявністю **сірки та фосфору** у атмосфері.



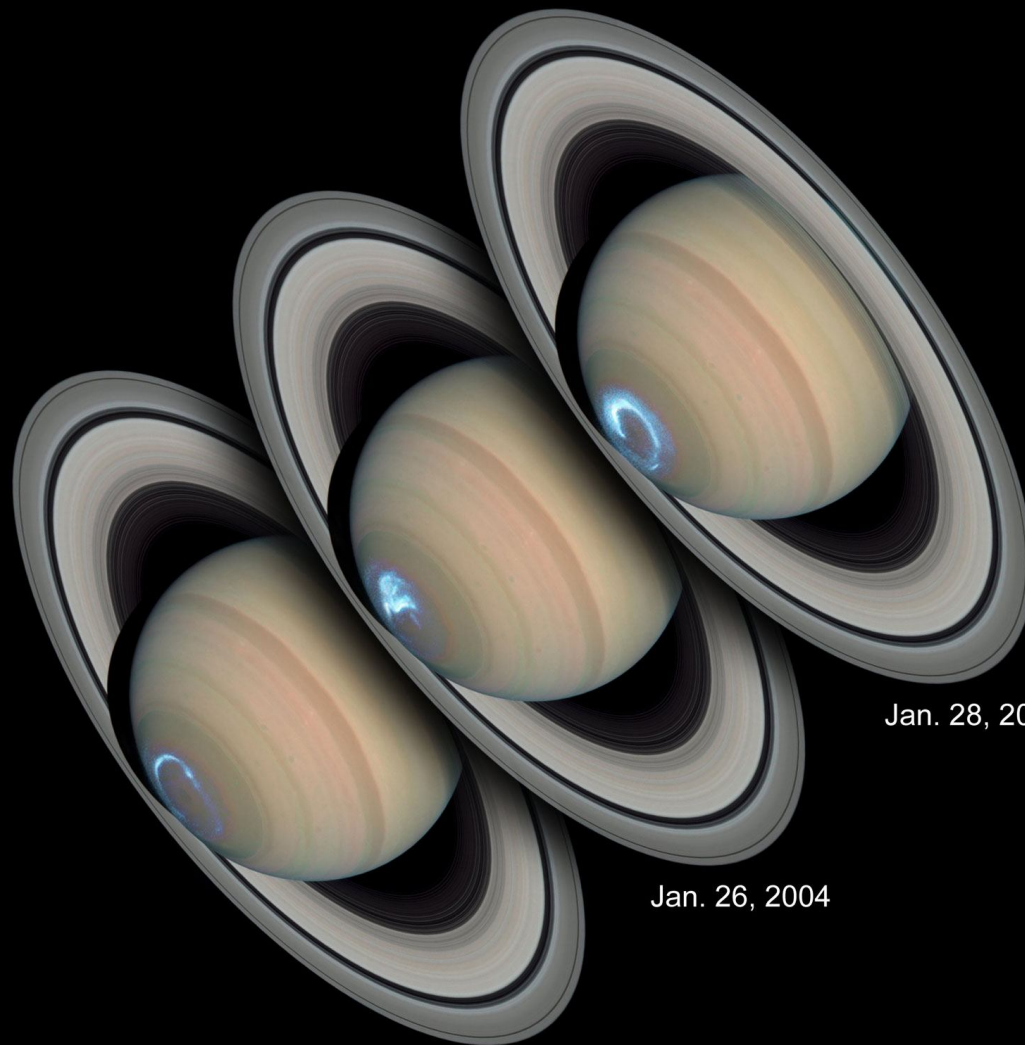
Hubble
Heritage

•Полярні саява на Юпітері

•Зіткнення з кометою Шумейкерів-Леві 9
(осколки комети падали на Юпітер протягом
тижня, починаючи з 16 липня 1994 року)



Полярні сяйва на планеті Сатурні (середня відстань від Сонця 9,58 а.о.)



Jan. 28, 2004

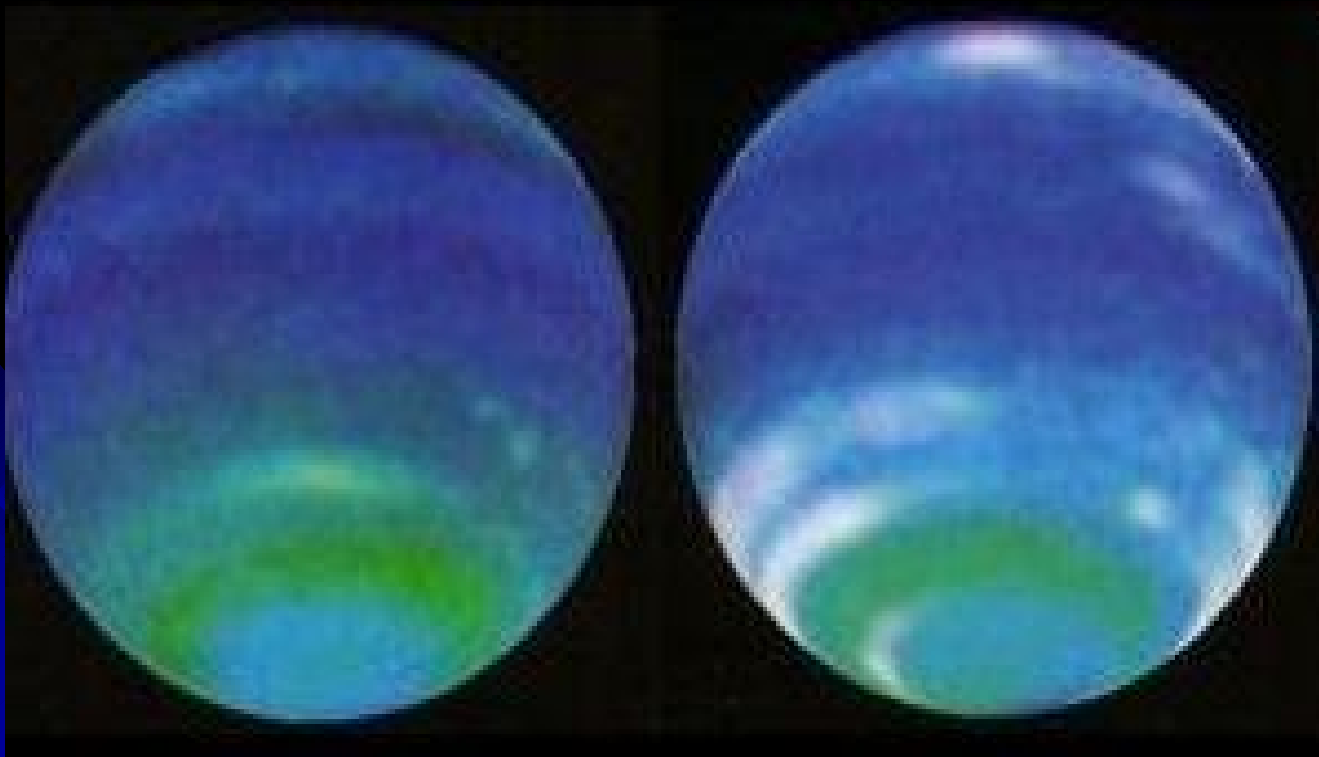
Jan. 26, 2004

Jan. 24, 2004

Нептун - середня відстань від Сонця 30,1 а.о. (4,55 млрд. км)

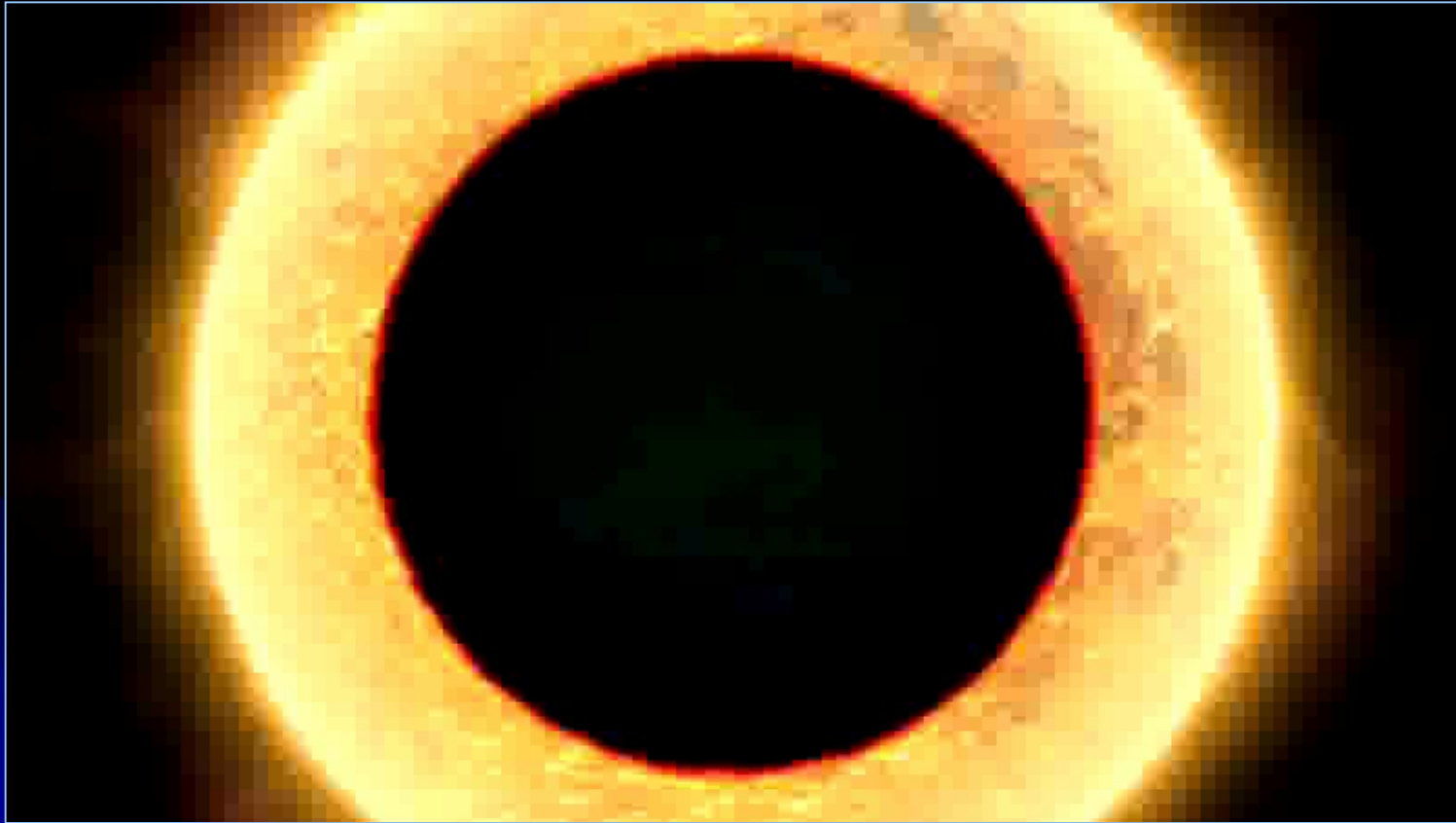
Виявлено потепління південної частини планети.

За розрахунками, сильне потепління на Нептуні матиме місце в період з 2005р. по 2046р.



Фотографії Нептуна, зроблені телескопом "Хаббл"
в 1996 і 2002 роках

Зірка **Фомальгаут** - альфа Південної Риби (спектральний клас A3 V, температура 8500 K) знаходиться на відстані 25 світлових років від Землі.
Знайдена екзопланета шляхом фотографування.



- Навколо зірки є диск газу, але його центр не співпадає з зіркою
- Планета, ймовірно, втричі більша за Юпітер та може мати систему кілець.

Туманність — хмара з пилу, газу та плазми, яка виділяється своїм випромінюванням чи поглинанням у порівнянні з навколишнім космічним простором.



ПЛАНЕТАРНІ ТУМАННОСТІ

Однією з перших була відкрита планетарна туманність Гантеля (також відома як об'єкт Мессьє 27, M27, або NGC 6853) у сузір'ї Лисички. Знаходиться на відстані 1250 світлових років від Землі.

Cat's Eye Nebula • NGC 6543



Hubble
Heritage

NASA, ESA, HEIC and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)
Hubble Space Telescope ACS • STScI-PRC04-27

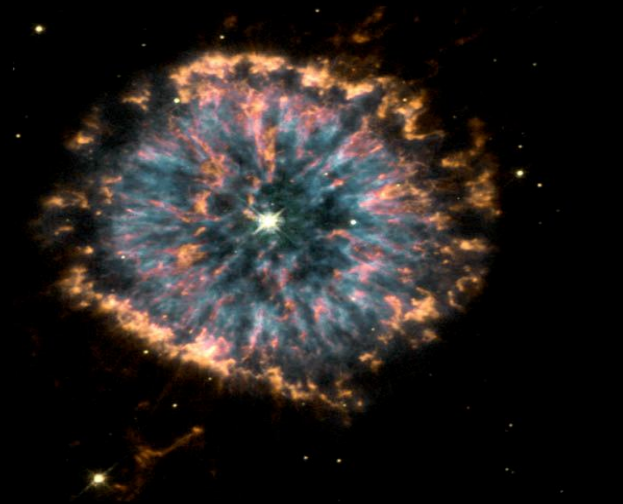


Planetary Nebula NGC 6751

Planetary Nebula Mz 3



Hubble
Heritage



Hubble
Heritage

PRC00-12 • Space Telescope Science Institute • NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

Eagle Nebula
M16



Hubble
Heritage

Horsehead Nebula



Hubble
Heritage

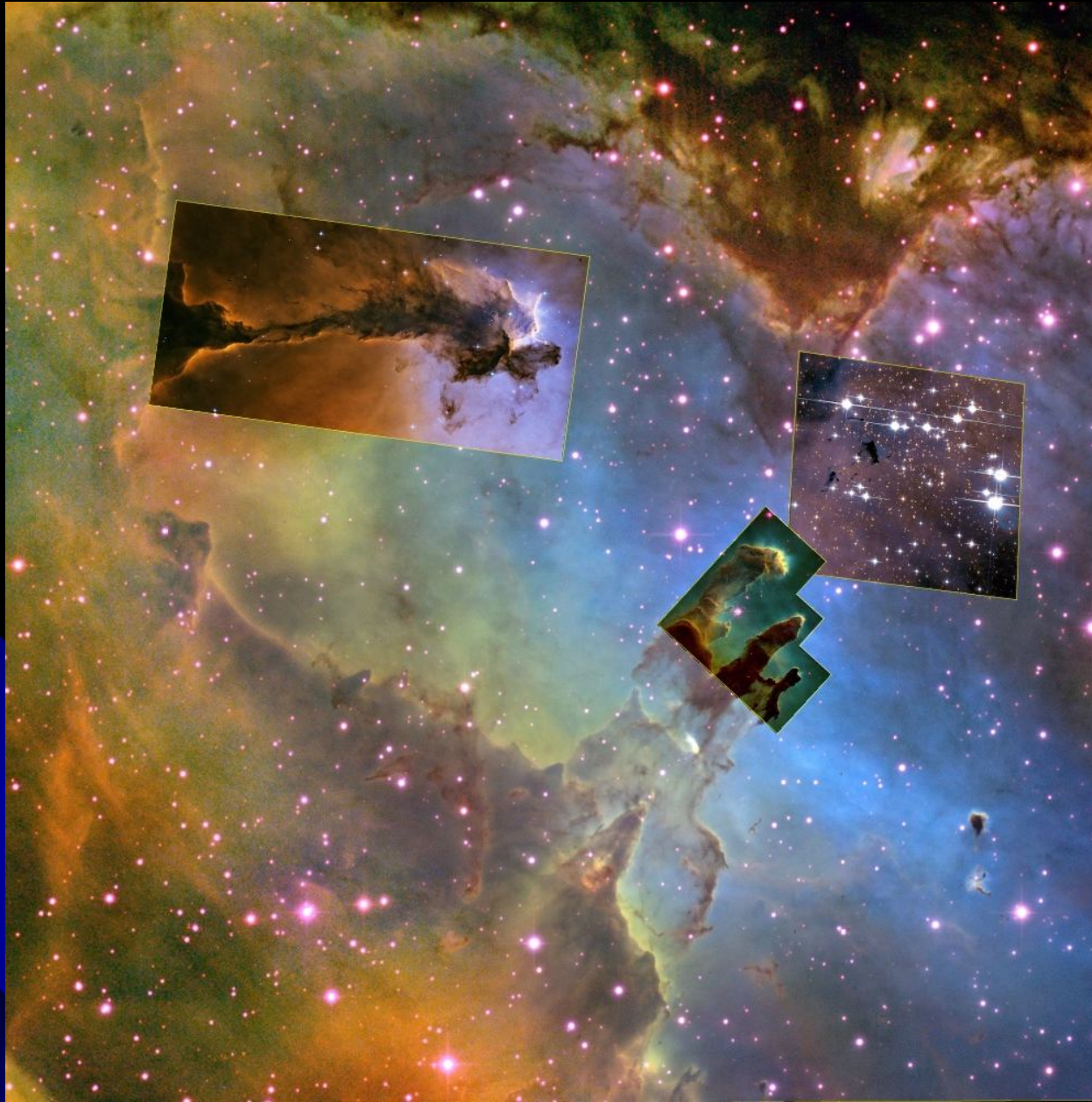
Trifid Nebula



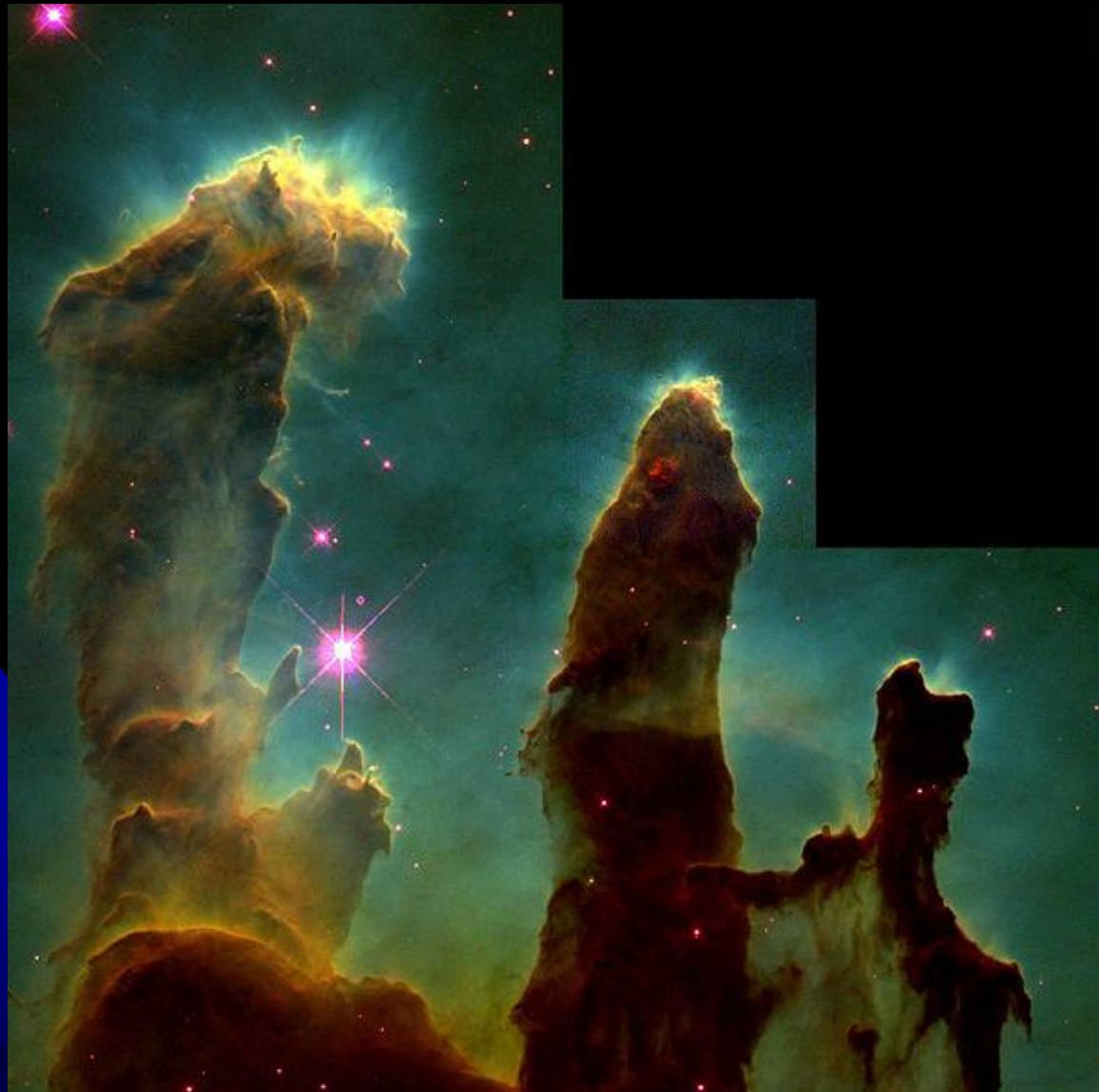
Hubble
Heritage

Деякі туманності –
протяжні області
активного зореутворення

Туманність Орел (об'єкт Мессьє 16, М16 або NGC 6611)
— молоде зоряне скупчення у сузір'ї Змії.



Одна з найбільш відомих фотографій “Хаббла” (1995 р.) –
“Стовпи творіння”
активна область зореутворення (темні ділянки в туманності - протозорі)





Pillar and Jets HH 901/902
Hubble Space Telescope • WFC3/UVIS

NASA, ESA, and M. Livio and the Hubble 20th Anniversary Team (STScI)

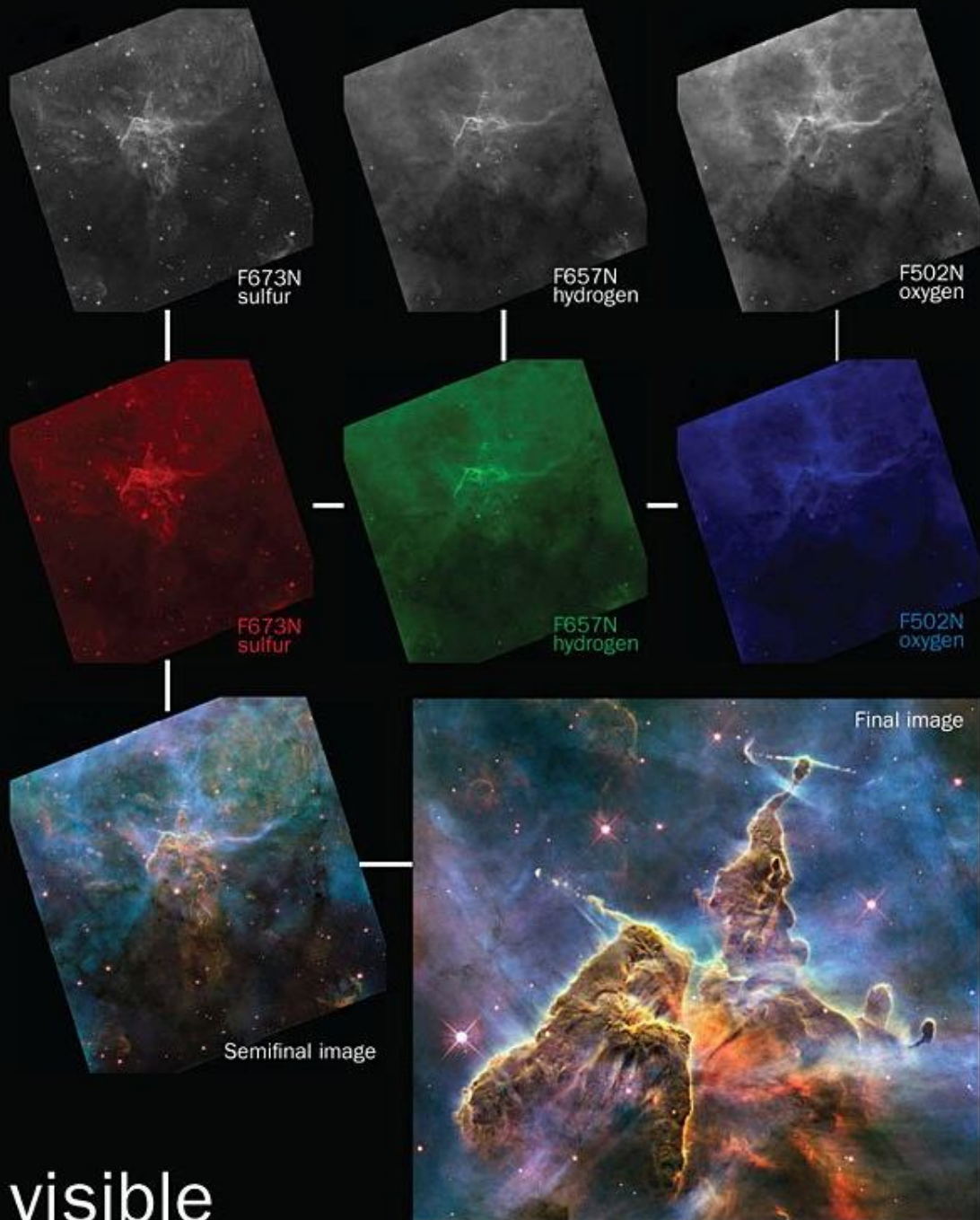
STScI-PRC10-13a

**Туманність Каріна -
розташована на відстані
приблизно 7 500 св. р.**

**Містить велику кількість
молодих масивних зірок –
результат вибухового процесу
зореутворення.**

**Зоря-гігант Ета Кіля
розташована поблизу
туманності Каріна.**

Один з найновіших знімків - опублікований 23 квітня 2010 р.



Для утворення
остаточного зображення
використовуються фото,
отримані через 6
фільтрів:
три у інфрачервоній та
три у видимій частині
спектру.

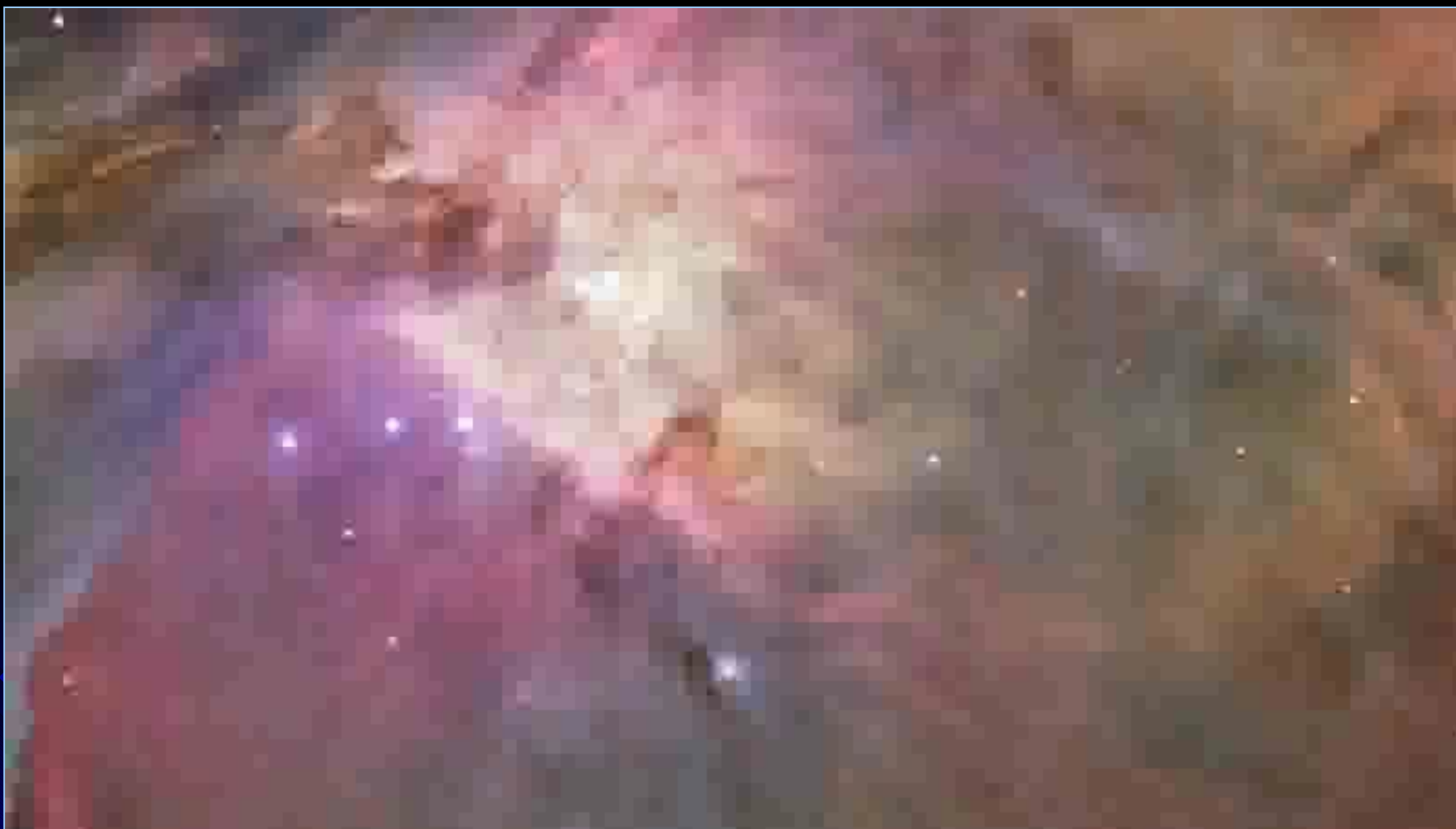
Туманність Оріона (об'єкт Мессьє 42, M42 або NGC 1976) – світла емісійна туманність (з областю H II) із зеленуватим відтінком.

Знаходиться нижче сузір'я Пояс Оріона.

(для порівняння! більш ніж у 4 рази перебільшує площу повного Місяця.)

M42 знаходиться на відстані близько 1600 св. р. від Землі та має поперечні розміри у 33 св. р.





З допомогою телескопу “Хаббл” зафіксовано понад чотири десятки протопланетних дисків - проплідів, вивчення яких дозволить дослідникам краще пояснити процес формування планетарних систем.



Моделювання утворення нової планетарної системи



Galaxy Group Stephan's Quintet • HCG 92
Hubble Space Telescope • WFC3/UVIS/IR

NASA, ESA, and the Hubble SM4 ERO Team

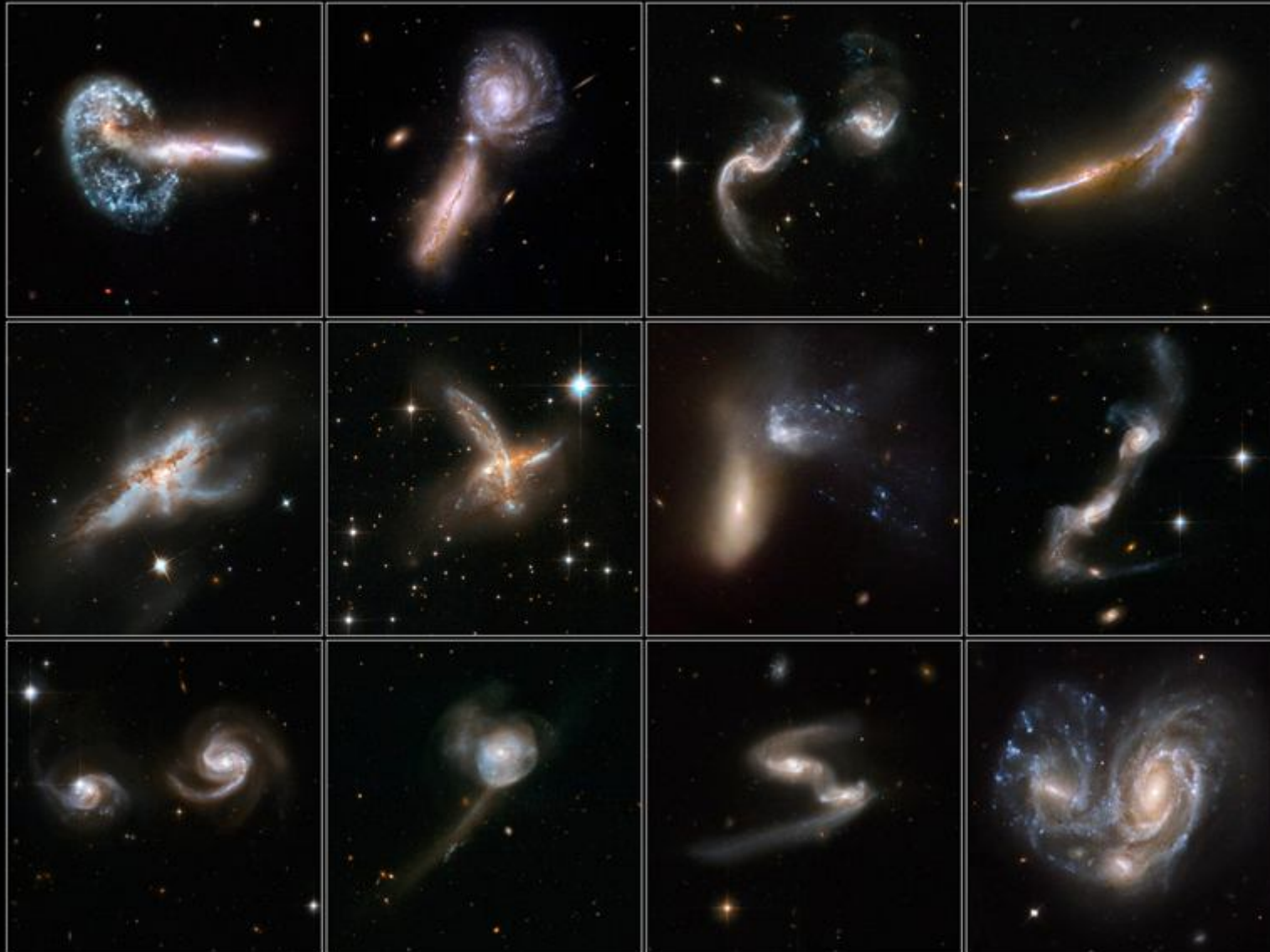
STScI-PRC09-25d

Квінтет Стефана (Stephan's Quintet, HCG 92) - група з п'яти галактик у сузір'ї Пегаса.

Взаємодіюча група галактик

Interacting Galaxies

Hubble Space Telescope • ACS/WFC • WFPC2



NASA, ESA, the Hubble Heritage (AURA/STScI)-ESA/Hubble Collaboration, and A. Evans (University of Virginia, Charlottesville/NRAO/Stony Brook University)

STScI-PRC08-16a



З допомогою нової камери Wide Field Camera 3 вдалося отримати фото найбільш віддаленої від нас частини Всесвіту.

**Тьмяні об'єкти мають вік приблизно 13-13,3 млрд. р. (галактики сформувалися всього через 600-900 млн. р. після Великого Вибуху).
Зображення отримані у ближній ІЧ-області спектру.**

Деякі важливі відкриття, зроблені на основі спостережень “Хаббла”

- спостереження явища гравітаційного лінзування



- непряме підтвердження існування чорних дір (спостереження за зоряним скупченням Омега Центавра (ω Centauri) або NGC 5139 з масою близько 5 мільйонів сонячних)



- підтвердження існування темної матерії

- уточнення сталої Хаббла $H=2,3 \times 10^{-18} \text{ с}^{-1}$ або $H=70,4 \text{ (км/с)/Мпк}$ (з похибкою $1,3 \div 1,4 \text{ (км/с)/Мпк}$, $1 \text{ Мпк}=3,08568 \times 10^{13} \text{ км}=3,2616 \text{ св.р.}$)

- підтвердження сучасної космологічної моделі Всесвіту: він розширюється і заповнений темною матерією та темною енергією;

уточнений вік Всесвіту - $13,7 \div 13,9$ млрд. р.

- проведення дуже деталізованого дослідження (Hubble Deep Field) ділянки неба розміром в одну тридцятимільйонну площі неба, що містить декілька тисяч тьмяних галактик.

Висновки

Орбітальний телескоп "Хаббл" є одним найцінніших телескопів агентств NASA/ESA, який впродовж багатьох років досліджував різні області Всесвіту.

У 2009 р. остання місія по обслуговуванню телескопа продовжила ресурс роботи "Хаббла" до 2014 р.

Планується запуск телескопа ім. Джеймса Вебба, який буде мати дзеркало розміром 6,5 м.

"Вебб" розмістять у другій точці Лагранжа L_2 , за 1,5 млн. км від Землі (ідеально підходить для космічного телескопа, оскільки тут Земля майже повністю заступає сонячне світло і сама не заважає спостереженням, оскільки обернена неосвітленим боком).



В роботі використано матеріали web-сайтів

<http://www.spacetelescope.org/>

<http://heritage.stsci.edu/>

<http://www.nebulacast.com/>

<http://ru.wikipedia.org/>

Подяки

студентам групи СП-11 Ігорю Кордяку та Богдану Орлову –
за відбір та монтаж матеріалу

всім присутнім - за увагу та подальше обговорення доповіді :)