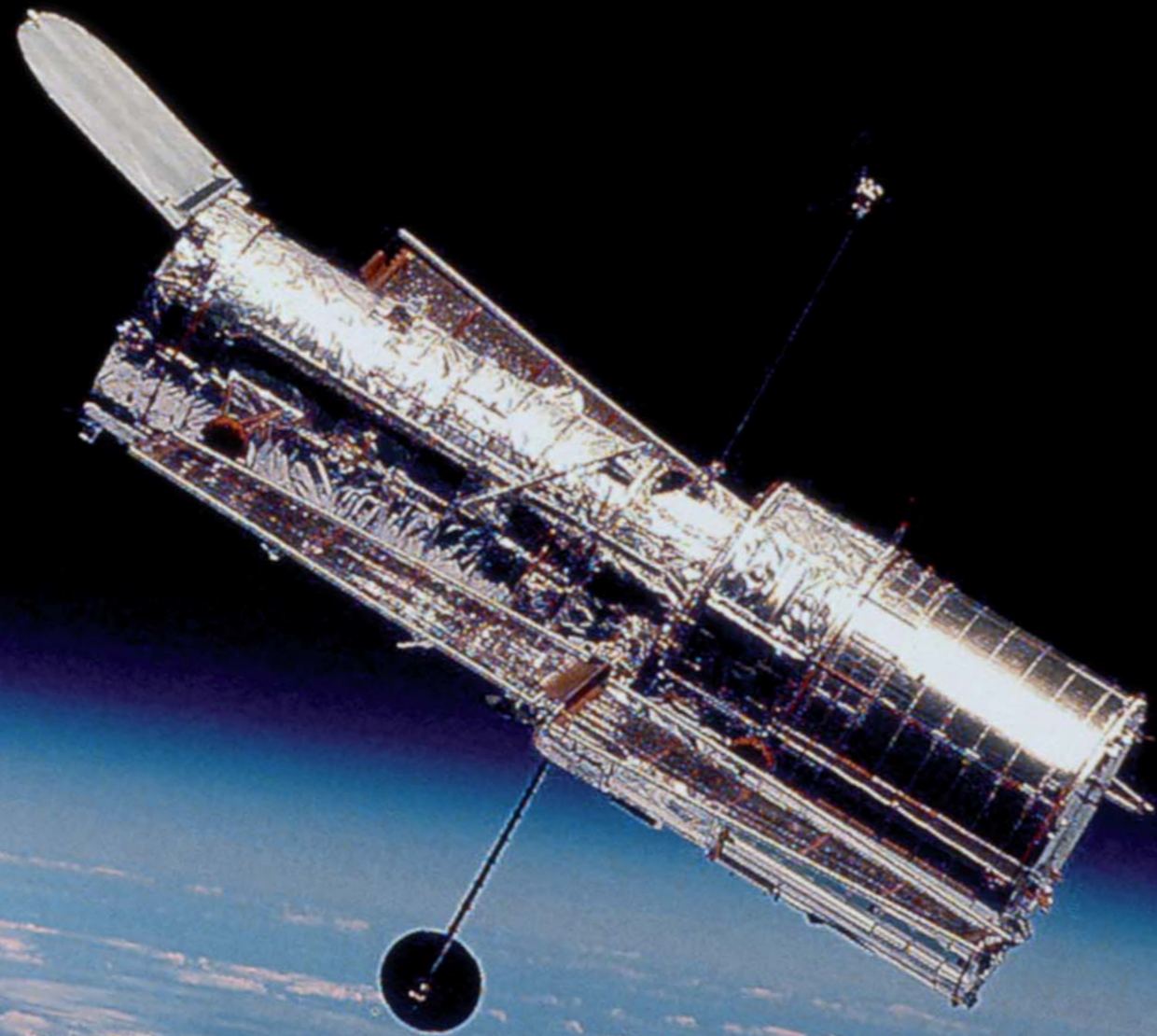


HUBBLE



Il telescopio spaziale Hubble nella sua orbita a 600 km di altezza.

IL TELESCOPIO
IN ORBITA
È PIÙ CHE
"MAGGIORENNE"
MA CONTINUA
AD ESSERE UNO
STRUMENTO
DI PUNTA PER
GLI ASTRONOMI.

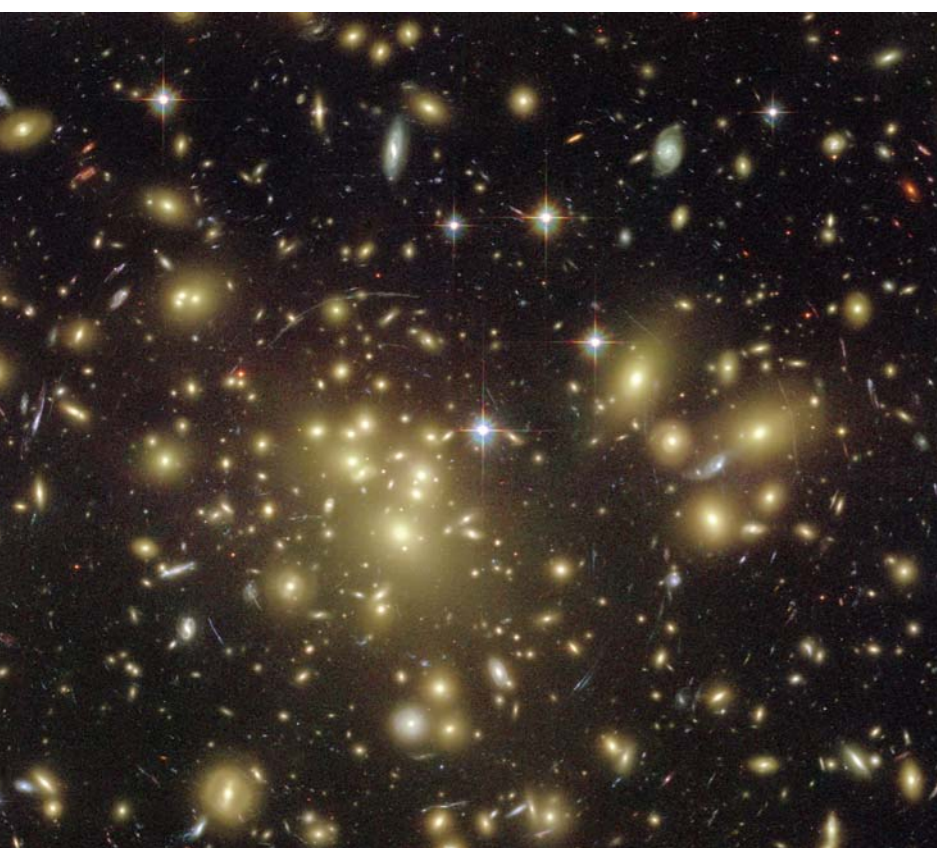
COMPIE 20 ANNI

di Sperello di Serego Alighieri

Da sempre gli astronomi hanno sperato di poter guardare il cielo senza essere disturbati dall'atmosfera terrestre, che, anche in assenza di nuvole, lascia passare solo un piccolo intervallo di lunghezze d'onda e anche questo lo distorce con le sue turbolenze. Tuttavia hanno dovuto attendere l'inizio degli anni '90 del secolo scorso per poter utilizzare al fuori dell'atmosfera un telescopio che potesse stare alla pari con i migliori telescopi a terra. Era infatti il 24 aprile 1990 quando lo shuttle Discovery ha portato in orbita attorno alla terra il telescopio spaziale Hubble (HST), nell'ambito di una collaborazione scientifica fra NASA ed ESA, le agenzie spaziali americana ed europea. Il giorno dopo HST veniva portato fuori dalla stiva dello shuttle e lasciato nella sua orbita a 600 km di altezza dove è rimasto per 20 anni. In questo periodo ha fornito risultati strabilianti che hanno rivoluzionato molti aspetti della nostra conoscenza dell'Universo. In queste pagine passerò in rassegna i più importanti di questi risultati, cercando di spiegarli anche ai non addetti ai lavori.

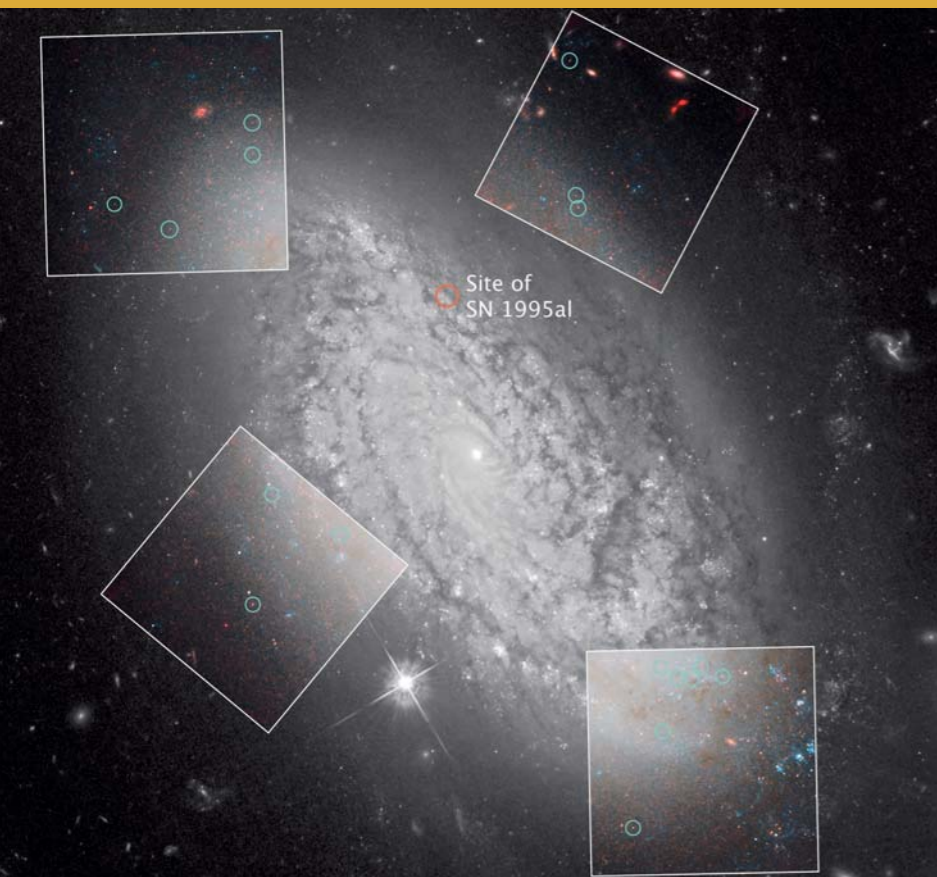
Con il suo specchio principale del diametro di 2,4 metri HST non è un telescopio particolarmente grande, se confrontato con i più grandi telescopi a terra, i cui specchi hanno ormai diametri di 10 metri e sono attualmente allo studio telescopi da 30 metri. Tuttavia la possibilità di operare fuori dall'atmosfera lo rende uno strumento ancora molto competitivo in grado di compiere osservazioni che sono impossibili da terra. E' stupefacente anche per gli addetti ai lavori che HST sia così longevo, perché in un campo altamente tecnologico e all'avanguardia come quello dei satelliti artificiali gli strumenti invecchiano presto e devono essere sostituiti dopo solo pochi anni di attività nello spazio. Il motivo della straordinaria longevità di





Sopra, HST guarda attraverso una lente gravitazionale: i globi gialli sono galassie di un ammasso, la cui gravità distorce le immagini di galassie di fondo molto più lontane, deformandole in archi di luce, visibili ai bordi della foto.

Stelle variabili Cefeidi nella galassia NGC 3021 (nei cerchi verdi): la loro luminosità si può determinare dal periodo di variazione della luce. Quindi sono utili indicatori di distanza nelle galassie vicine e servono per calibrare le distanze delle supernove, che possono poi essere usate nelle galassie più lontane.



Site of SN 1995al

HST sta nel fatto che è stato concepito per essere periodicamente rinnovato e riparato, se e quando necessario, grazie alle costose missioni dello Space Shuttle americano. In effetti nessuno dei 5 strumenti di piano focale del telescopio, cioè quegli apparecchi che trasformano la luce raccolta dallo specchio primario in dati utilizzabili dagli astronomi, è più lo stesso che 20 anni fa: sono stati tutti sostituiti da strumenti più moderni e performanti. Inoltre molte sono state le riparazioni eseguite su altre parti di HST durante successivi voli dello Shuttle, a partire dal primo, che nel dicembre del 1993 ha consentito di porre rimedio ad un grave difetto di nascita di HST, cioè ad un errore nella curvatura del suo specchio primario. Certo lo Space Shuttle come vettore di satelliti in orbita non è economicamente competitivo con i razzi automatici e per via della necessità di avere l'uomo a bordo è costato la vita di diversi astronauti; tuttavia, se le riparazioni effettuate dallo Shuttle non ci fossero state, HST sarebbe morto da tempo, anzi non avrebbe nemmeno mai cominciato a funzionare a dovere. Esaminiamo adesso i principali successi scientifici di HST in questi suoi primi 20 anni di vita.

LA SCALA DI DISTANZE E L'ETÀ DELL'UNIVERSO

Da più di mezzo secolo sappiamo che l'Universo si espande in seguito alla grande esplosione iniziale, il cosiddetto Big Bang. Il risultato di questa espansione è duplice: da un lato la velocità con cui un corpo celeste si allontana da noi è proporzionale alla sua distanza (più un corpo celeste è lontano, maggiore è la sua velocità di allontanamento), e questo consente di misurare la sua distanza conoscendone la velocità di allontanamento e la costante di espansione (H_0), cioè la velocità di espansione per unità di distanza; dall'altro lato dalla costante di espansione si può ricavare l'età dell'Universo, risalendo indietro fino al Big Bang, quando tutti i corpi erano concentrati in un punto. Tuttavia per decenni gli astronomi hanno litigato sul valore di H_0 : c'era chi era convinto che avesse un certo valore (50 km/s/Mpc) e chi invece credeva che valesse il doppio, un'incertezza non da poco. Finalmente HST, osservando stelle Cefeidi (stelle variabili, il cui periodo di variazione cambia con la luminosità) in un gran numero di galassie, ne ha determinato la distanza e ha fissato per H_0 il valore di 71 km/s/Mpc con gran precisione (a lato). Questo ha consentito di fissare la



STRUMENTI A BORDO DI HST

ACS camera a grande campo ed alta risoluzione nell'ottico e ultravioletto.

COS spettrografo nell'ultravioletto.

FGS sensori per la guida di HST e per astrometria.

NICMOS camera e spettrografo nell'infrarosso.

STIS camera e spettrografo nel visibile e ultravioletto.

WFC3 camera a grande campo nell'ottico e infrarosso.

scala di distanze di tutti i corpi celesti e di stabilire che l'età dell'Universo è di circa 14 miliardi di anni.

IL DESTINO DELL'ESPANSIONE E L'ENERGIA OSCURA

Un altro dilemma che da tempo faceva arrovellare gli astronomi era il destino dell'espansione dell'Universo: sarebbe durata per sempre o si sarebbe ad un certo momento arrestata per dar luogo ad una contrazione e quindi forse

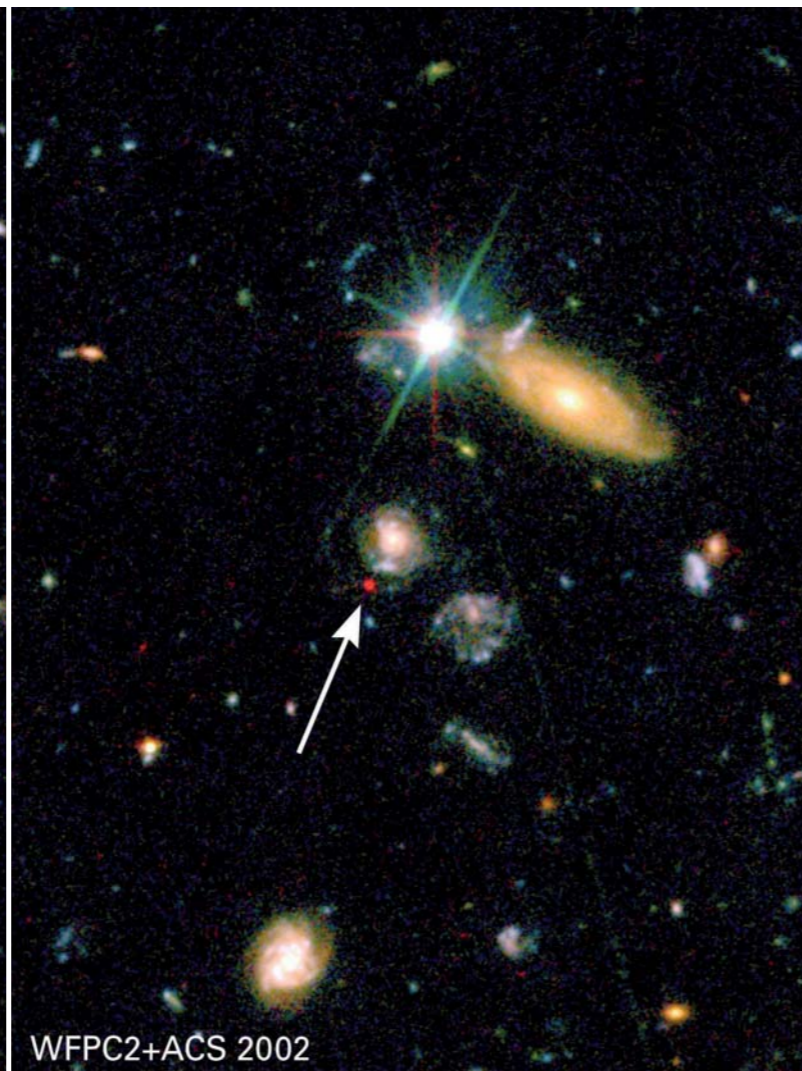
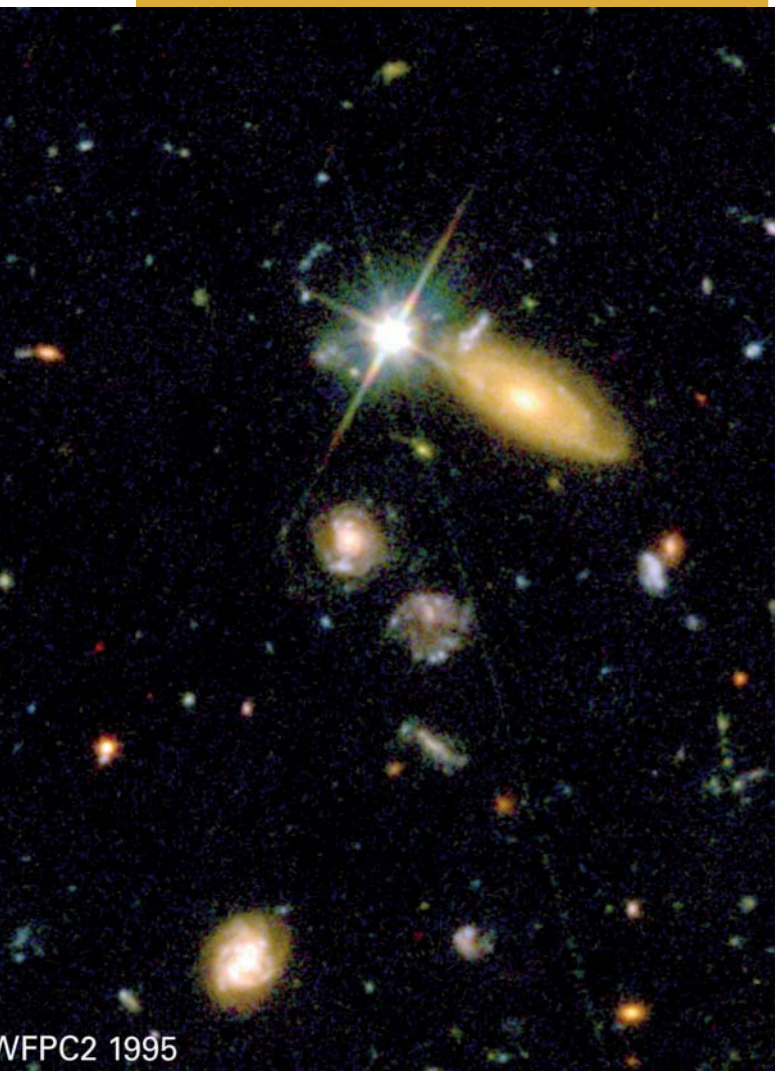
ad un Universo ciclico con tanti Big Bang successivi? Sembrava infatti ovvio che l'espansione dovesse comunque rallentare, perché contrastata dall'attrazione gravitazionale che lega tutti i corpi. Invece HST ha stupito tutti dimostrando non solo che l'espansione dell'Universo non si arresterà mai, ma addirittura che sta accelerando. Per farlo ha dovuto misurare in maniera molto precisa la distanza di tante galassie lontane, utilizzando le supernove. Le supernove sono stelle, che, arrivate alla fase finale della loro vita esplodono emettendo grandi quantità di luce e rendendosi così visibili a grandissime distanze. Gli astronomi hanno stabilito da tempo che la luce emessa da un particolare tipo di supernove, riconoscibili dalla durata della loro esplosione, è sempre la stessa: quindi misurandone la luminosità apparente si può determinarne la distanza. Per far questo con grande precisione in galassie molto lontane è stata necessaria la nitidezza delle immagini di HST, non disturbate dall'atmosfera terrestre. E' risultato che queste galassie sono ad una

distanza superiore a quella che si ricava dalla loro velocità di allontanamento, se si suppone che l'espansione sia costante. Quindi l'espansione deve accelerare, contrariamente ad ogni ovvia previsione. Deve insomma esistere qualche cosa che riesce a contrastare l'attrazione gravitazionale. Non si sa esattamente cosa sia, ma deve essere una forma di energia, detta

quindi energia oscura, che domina sulla gravità. Questo è un cambiamento notevole del nostro modo di considerare l'Universo, in quanto prima si pensava che la gravità fosse la forza dominante sulle enormi scale cosmologiche. Invece ora sappiamo che deve esistere una forma di energia ancora più grande, della quale però sappiamo ben poco. Come spesso accade, questa nuova scoperta ha aperto nuovi quesiti.

HUBBLE HA MISURATO L'ETÀ DELL'UNIVERSO SCOPRENDO CHE LA SUA ESPANSIONE ACCELERA A CAUSA DELLA MISTERIOSA ENERGIA OSCURA.

L'esplosione di una Supernova in una galassia lontana: le foto sono state prese a un mese di distanza, prima e dopo l'esplosione di una supernova, che appare come un punto rosso nella foto di destra. Si è così stabilito che la distanza della galassia ospite è di 8 miliardi di anni luce.

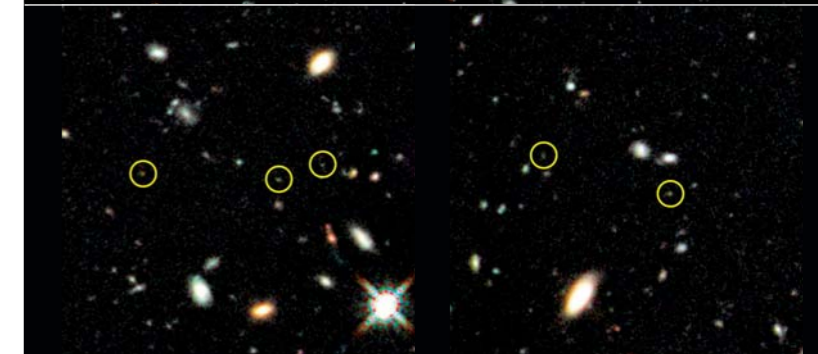
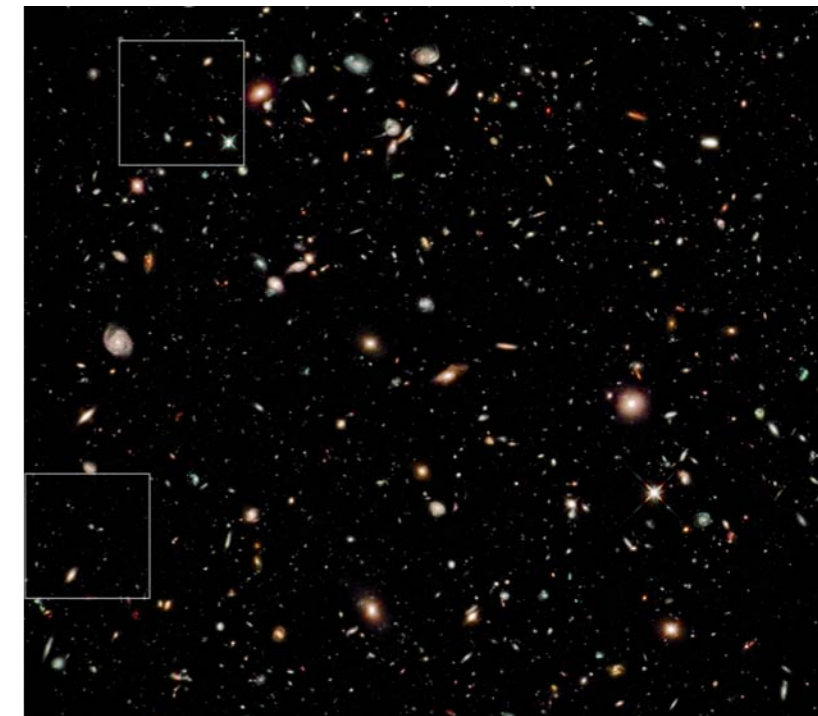


LA FORMAZIONE ED EVOLUZIONE DELLE GALASSIE

Le galassie, cioè quelle ristrette zone dell'Universo in cui si raggruppano le stelle, rappresentano le unità fondamentali di materia che possono essere studiate alle più grandi distanze, quando l'Universo era molto più giovane di adesso. Per capire come l'Universo si è evoluto nei suoi 14 miliardi di anni, è quindi fondamentale capire come si siano formate e sviluppate le galassie. Due sono le teorie dominanti: il cosiddetto modello gerarchico, che prevede che le galassie più brillanti si siano sviluppate in tempi relativamente recenti per unione di galassie più piccole, e il modello "monolitico", secondo il quale anche le galassie più brillanti si sarebbero formate quando l'Universo era molto giovane per condensazione di enormi nubi di gas primordiale. La realtà probabilmente sta in qualche punto intermedio fra questi due estremi, che comunque sono utili per focalizzare le idee. Anche in questo campo HST ha dato un impulso fondamentale, soprattutto con immagini estremamente profonde di aree selezionate del cielo, nelle quali si contano molte migliaia di galassie lontanissime (alcune sono così lontane che la luce che vediamo è partita da loro quando l'Universo aveva solo un miliardo di anni): l'Hubble Deep Field (HDF: 6,5 giorni di posa nel dicembre 1995 a Nord e 6,5 giorni di posa nel settembre-ottobre 1998 a Sud), l'Ultra Deep Field (UDF, 11,3 giorni di posa nel settembre 2003 - gennaio 2004). Solo l'acuta visione di HST può non solo vedere galassie così lontane, ma è anche in grado di studiarne la morfologia e di stabilirne le dimensioni. Si è così visto che anche a grandi distanze, quindi quando l'Universo aveva meno di metà della sua età attuale, già esistevano galassie molto brillanti e massicce. Quindi, se si sono formate da unioni di galassie più piccole, questo deve essere avvenuto all'inizio della loro evoluzione.

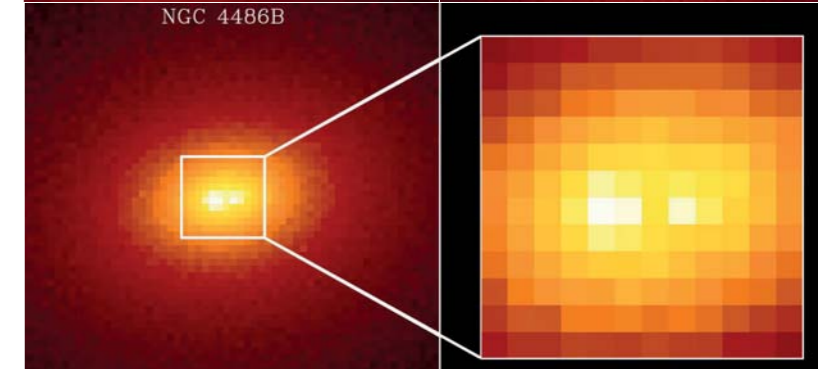
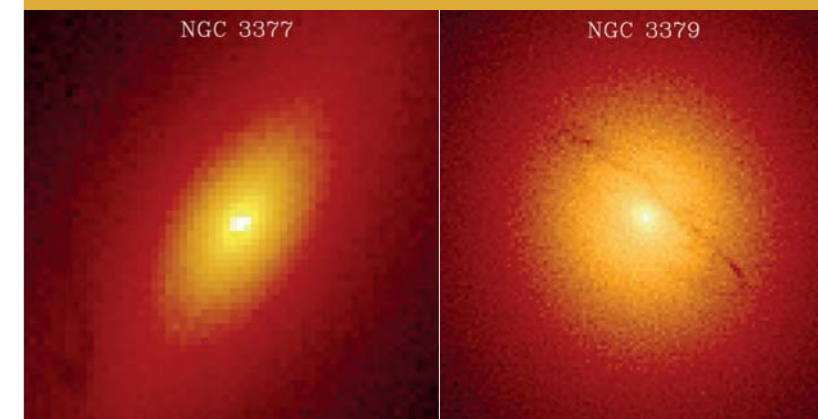
I BUCHI NERI MASSICCI AL CENTRO DELLE GALASSIE

I buchi neri sono formati da materia talmente condensata che crea un'attrazione gravitazionale fortissima, dalla quale nemmeno la luce può scappare. Se si cade in un buco nero, non si può più sfuggirne e si perde qualsiasi contatto con il mondo esterno. Alcuni buchi neri molto massicci si trovano al centro delle galassie e, anche se loro non sono direttamente visibili, creano nelle loro vicinanze perturbazioni ben visibili e note da molti anni. Più recentemente HST ha mostrato che probabilmente tutte le galassie hanno al loro centro un buco nero e, se molte non mostrano perturbazioni evidenti, è solo perché il loro buco nero è quiescente, in quanto non sta acquisendo materiale (a lato). Inoltre HST ha mostrato che la massa del buco nero è proporzionale alla massa della galassia che lo ospita. E' come se il buco nero sentisse in qualche modo tutta la galassia che lo circonda, o, meglio, deve esistere un meccanismo che regola la crescita del buco nero in funzione della massa della galassia ospite. Com'è riuscito HST a fare queste scoperte? Anche se un buco nero è quiescente, le stelle della galassia che ci girano attorno risentono della sua pre-



L'Hubble Ultra Deep Field: questa è l'immagine più profonda mai realizzata e mostra migliaia di galassie; quelle nei cerchi gialli degli ingrandimenti qui sopra, sono così lontane che sono fotografate quando l'Universo aveva solo uno miliardo di anni (ora ne ha quattordici).

Alcune galassie normali in cui il telescopio spaziale Hubble ha scoperto buchi neri, misurando le velocità delle stelle centrali.



senza. Misurando che le velocità di stelle crescono moltissimo vicino al centro della galassia, HST ha stabilito che un'enorme massa doveva essere contenuta in uno spazio molto piccolo, quindi non può che essere in un buco nero, di cui si conosce appunto la massa. La massa della galassia ospite si conosceva già da misure fatte a terra delle velocità delle stelle nelle parti più esterne della galassia, quindi è stato facile trovare la relazione di proporzionalità.

GLI ASSORBIMENTI NEI QUASAR DOVUTI A MATERIA INTERPOSTA

I quasar sono i nuclei estremamente luminosi di galassie che contengono un buco nero attivo. Essi sono visibili ad enormi distanze per la loro grande luminosità ed hanno aspetto stellare, cioè la loro luce ci appare concentrata in un punto. Sono quindi molto adatti come sorgenti di fondo per studiare la presenza di materiale interposto fra noi e il quasar. Questo materiale crea infatti degli assorbimenti nella radiazione del quasar che sono facilmente riconoscibili nello spettro della sua radiazione. La maggior parte di questi assorbimenti si trova nella regione ultravioletta dello spettro, cioè a lunghezze d'onda più corte di quelle visibili, che non vengono trasmesse dalla atmosfera terrestre. Si riesce ad osservarle comunque da terra per quegli oggetti che sono così lontani che lo spostamento verso il rosso (effetto Doppler), dovuto al loro allontanamento da noi per

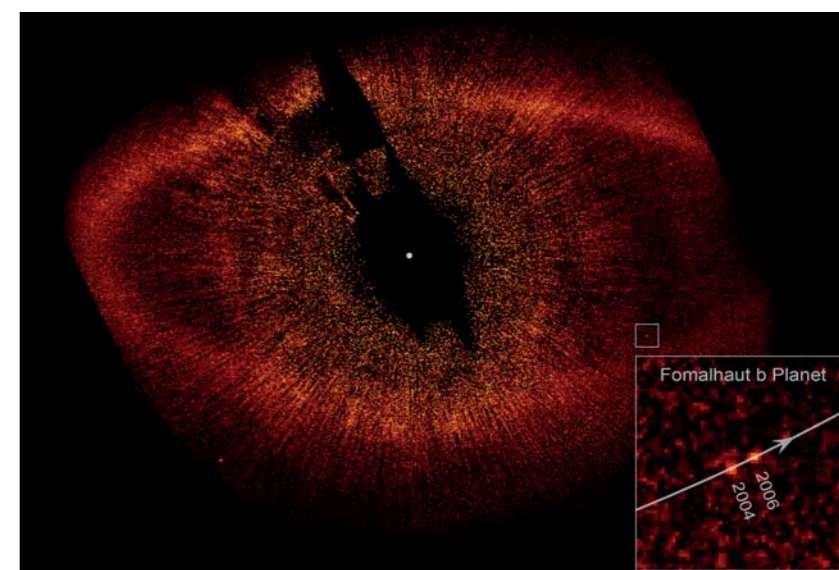
l'espansione dell'Universo, porta questi assorbimenti nella parte visibile dello spettro osservato. HST è invece l'unico strumento che riesce a studiare questi assorbimenti anche quando gli oggetti che li causano sono relativamente vicini a noi e gli assorbimenti rimangono quindi nell'ultravioletto. Quindi, mentre prima di HST si conosceva solo la distribuzione degli assorbitori lontani, poi è stato molto utile possibile studiare anche quelli vicini ed avere quindi una conoscenza completa della distribuzione di materia nell'Universo.

I PIANETI ATTORNO AD ALTRE STELLE

Quando HST è stato lanciato 20 anni fa, gli unici pianeti che si conoscevano erano quelli attorno al Sole. Oggi si conoscono più di 400 pianeti extrasolari, la maggior parte scoperti per le perturbazioni dinamiche che creano sulla stella parente. Infatti stella e pia-

HUBBLE HA SCOPERTO CHE TUTTE LE GALASSIE HANNO UN BUCO NERO AL CENTRO ED HA PER PRIMO FOTOGRAFATO UN PIANETA INTORNO A UNA STELLA CHE NON SIA IL SOLE.

netta ruotano entrambi intorno al baricentro comune e quindi anche la stella si muove un poco per effetto dei suoi pianeti. Poiché una stella è milioni di volte più brillante di un pianeta, che brilla solo di luce riflessa, è assai più facile rivelare i moti della stella, anche se piccoli. Questo tipo di osservazioni sono state effettuate con telescopi a terra, ma HST ha dato comunque il suo contributo determinante: infatti, grazie alla sua vista molto acuta, riesce a rivelare direttamente le presenza di pianeti attorno a stelle vicine al Sole. Per esempio è riuscito a fotografare un pianeta attorno alla stella Fomalhaut, la stella più brillante della costellazione del Pesce Australe a 25 anni-luce da noi, grazie alla tecnica della coronografia, cioè mascherando la luce preponderante della stella. Inoltre facendo due foto ad intervallo di due anni (foto in alto a destra) ha mostrato il moto del pianeta che ha una massa pari a circa tre volte quella di Giove. La scoperta e lo studio dei pianeti extrasolari ha ovviamente grande importanza per la ricerca di forme di vita fuori dalla Terra. Infatti, stando alle attuali conoscenze di biologia, la vita può svilupparsi solo su pianeti non troppo dissimili dalla Terra, sui qua-



li la temperatura media sia compresa fra quelle di congelamento e di ebollizione dell'acqua (0 e 100 gradi centigradi alla pressione di una atmosfera).

Concludiamo augurando ad HUBBLE di continuare con successo la sua missione, almeno fino a quando entrerà in funzione il suo successore, il telescopio spaziale James Webb da 6,5 metri.

L'immagine riprodotta sulle due pagine non si riferisce ad uno dei maggiori traguardi scientifici tagliati da HST, ma certamente è una delle più spettacolari. Scattata il 4 ottobre 2006, mostra metà del campo visivo del telescopio spaziale con nove stelle di varie dimensioni accompagnate dai cosiddetti "exoplaneti".

