

Stephen Hawking

L'astrofisico inglese Stephen Hawking, morto il 14 marzo 2018, all'età di 76 anni, era noto per le osservazioni filosofiche, non solo sulla scienza ma anche sulla vita
«ricordatevi sempre di guardare le stelle, non i piedi»

Luisa Spairani

Ivrea 10 gennaio 2019



La persona

Stephen William Hawking era un astrofisico, cosmologo, fisico e matematico nato a **Oxford l'8 gennaio 1942 e morto a Cambridge il 14 marzo 2018**, noto per gli studi sulla **cosmologia** e sulla **gravità quantistica**, e conosciuto dal grande pubblico grazie alla pubblicazione del 1988 del libro ***Dal big bang ai buchi neri. Breve storia del tempo*** con cui rese accessibile a tutti la **cosmologia moderna**. Più di recente le sue vicende sono finite al centro dell'attenzione pubblica grazie al film ***La teoria del tutto*** del **2014**, basato sulla biografia ***Verso l'infinito***, scritta dalla ex prima moglie di **[Stephen Hawking](#)**, in cui si racconta sì la storia d'amore tra i due ma anche il **ruolo** che **gli studi** e la **malattia** hanno avuto nella vita dell'astrofisico.



I primi anni

Stephen William Hawking nacque l'8 gennaio 1942 (300 anni dopo la morte di Galileo) a Oxford.

Nel 1950 il padre di Stephen si trasferì all'Istituto per la ricerca medica a Mill Hill.

La famiglia si trasferì a Saint Albans in modo che il viaggio verso Mill Hill fosse più facile.

Stephen frequentò la St Albans High School for Girls (che accettò i maschi fino all'età di 10 anni).

Quando era più grande frequentò la scuola di St Albans.



Gli Inizi

Hawking fu convinto dal padre a studiare chimica come materia principale.

A Marzo 1959 Hawking sostenne gli esami d'ammissione a Oxford per le scienze naturali.

Gli fu assegnata una borsa di studio, nonostante avesse avuto una cattiva prestazione alla sessione d'esame e all'University College si specializzò in fisica

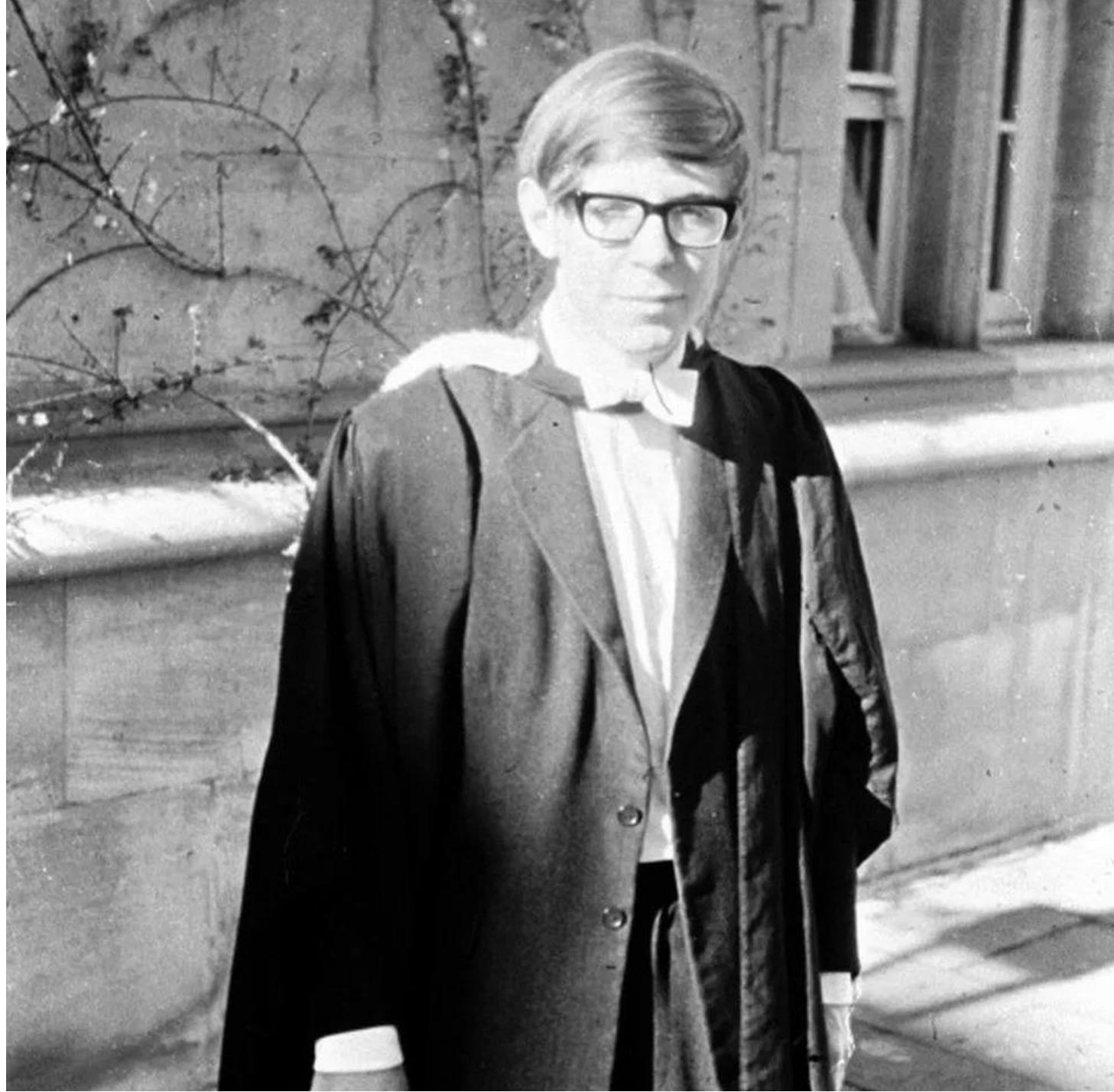


Gli studi di Hawking

Cambridge

Vi giunge dopo una laurea in fisica ottenuta, a soli **20 anni**, presso lo University College di **Oxford**. Proprio quando diventano chiari i segni della sua malattia e arrivano le prime e allarmanti diagnosi, viene qui nominato professore di matematica in quella che era stata, 300 anni prima, la cattedra di [Isaac Newton](#), che ha lasciato (dopo 30 anni) solo nel 2009.

È qui che ha trascorso la quasi totalità della sua carriera professionale (con solo una breve parentesi a Pasadena, in California), è qui che ha elaborato tutte le **teorie cosmologiche** per cui è conosciuto ed è alla **Cambridge University** neò il ruolo di direttore della ricerca presso il dipartimento di matematica applicata e fisica teorica fino alla pensione.



La malattia



Stephen Hawking studiò all'**Università di Oxford** con l'intento di continuare gli studi in Cosmologia all'università di Cambridge. E' durante il 1963, una volta arrivato a Cambridge, che sviluppa qualche difficoltà nell'uso degli arti: gli viene diagnosticata una malattia degenerativa dei motoneuroni. La diagnosi del 1963 ipotizzava che gli rimanessero circa altri due anni di vita: **Stephen Hawking** è arrivato al 2018, vivendo ogni giorno come se fosse l'ultimo con il suo impegno nella ricerca. Nel **1985** fu inoltre colpito da una polmonite che compromesse le sue **funzioni vocali**. Grazie però al sintetizzatore vocale trasformava in suono ciò che scriveva su un apposito computer.



Sintetizzatore vocale

Da quando, nel 1985, **Hawking** viene sottoposto a una tracheotomia per colpa di una grave polmonite, perdendo la **capacità vocale**, comunica solo grazie al supporto della tecnologia. Dapprima, grazie a un **sintetizzatore vocale** che trasforma in suono quel che lo scienziato digita su un apposito **computer** producendo una **voce artificiale**, dall'accento curiosamente americano, che ormai lo scienziato considera *la sua*.

Negli ultimi anni, con il progredire della paralisi dovuta alla malattia, che lo conduce all'immobilità quasi totale, inizia invece a servirsi di un sistema di **riconoscimento facciale**, frutto della tecnologia a infrarossi, capace di interpretare e tradurre in parole e frasi anche movimenti minimi della bocca, della guancia destra e del bulbo oculare: gli unici che può ancora compiere.



Innovatore non solo in fisica

Un sistema, quello che consentiva a **Hawking** di esprimersi, sempre in fase di studio e miglioramento e che, grazie anche allo sviluppo di un [software predittivo personalizzato](#), gli dava la possibilità di comunicare molto più velocemente rispetto ai tempi della tastiera.

E che ha rappresentato un punto di svolta nello sviluppo di tecnologie di supporto per i disabili di tutto il mondo



Pluripremiato ma senza Nobel

Nel corso della sua straordinaria carriera, lo scienziato britannico ha collezionato un numero sterminato di premi e onorificenze.

Oltre a essere membro della Royal Society (da cui ha ricevuto le prestigiose medaglie Hughes e Cople) e della Royal Society of Arts, nel 1986 è stato ammesso alla ristrettissima cerchia della Pontificia Accademia delle Scienze.

Nel 2009, invece, Barack Obama gli ha consegnato la Medaglia presidenziale della libertà, la più alta onorificenza degli Stati Uniti d'America.

Un po' a sorpresa, nella sua bacheca è mancato il riconoscimento forse più ambito: il premio Nobel.



Il personaggio

Come anche messo in luce dall'adattamento cinematografico della biografia con **La teoria del tutto** e anche dalla sua partecipazione a **serie tv di successo** come **The big bang theory**, era un uomo dotato di grande senso dell'umorismo e ironia. Noi oggi vogliamo ricordare l'astrofisico **Stephen Hawking** come un uomo che ha speso tutta la sua vita nella ricerca scientifica.

Un'icona pop dei nostri tempi, familiare tanto ai fan della serie tv *I Simpson* quanto a quelli di *Star Trek* e ultimamente anche alle giovani seguaci della boy band One Direction o ai patiti di *The Big Bang Theory*.



Frasi celebri

"Per quanto difficile possa essere la vita, c'è sempre qualcosa che è possibile fare. Guardate le stelle invece dei vostri piedi"

"C'è una fondamentale differenza tra la religione, che è basata sull'autorità, e la scienza, che è basata su osservazione e ragionamento. E la scienza vincerà perché funziona"

"Grazie al modello matematico posso dirvi Come è nato l'universo: non chiedetemi il Perché"

"È quando le aspettative sono ridotte a zero che si apprezza veramente ciò che si ha"

"Avevo scommesso con Gordon Kane dell'Università del Michigan che il bosone di Higgs non sarebbe stato trovato. Sembra proprio che io abbia appena perso 100 dollari"



«Non rinunciate al lavoro: il lavoro dà significato e scopo alla vita, che diventa vuota senza di esso. Se siete abbastanza fortunati a trovare l'amore, ricordatevi che è lì e non buttatelo via».

«Cerca di dare un senso a quello che vedi e chiediti quello che fa vivere l'universo. Sii curioso».

«Servirsi di Dio come di una risposta alla domanda sull'origine delle leggi equivale semplicemente a sostituire un mistero con un altro».

«La più rimarchevole proprietà dell'universo è di aver generato creature in grado di porre domande».

«Siamo solo una specie evoluta di scimmie su un pianeta minore di una stella media. Ma siamo in grado di capire l'universo. Questo ci rende qualcosa di molto speciale».

«C'è una fondamentale differenza tra la religione, che è basata sull'autorità, e la scienza, che è basata su osservazione e ragionamento. E la scienza vincerà perché funziona».

«Le persone silenziose sono quelle che hanno le menti più rumorose».

«La vita sarebbe tragica se non fosse divertente».

«Considero il cervello come un computer che smetterà di funzionare quando i suoi componenti si guastano. Non c'è paradiso né aldilà per i computer rotti. L'aldilà una favola per le persone che hanno paura del buio».

«Non ho idea del mio quoziente. Le persone che si vantano del proprio quoziente intellettuale sono dei perdenti».

«Le mie aspettative sono state ridotte a zero quando avevo 21 anni. Tutto da allora è stato un bonus».

«Il più grande nemico della conoscenza non è l'ignoranza, è l'illusione della conoscenza».

«Se gli alieni dovessero venire a farci visita, il risultato sarebbe come quando Colombo sbarcò in America: in quell'occasione non andò bene ai nativi americani».

«L'intelligenza è la capacità di adattarsi al cambiamento».

«Una delle regole fondamentali dell'universo è che nulla è perfetto. La perfezione semplicemente non esiste... Senza imperfezione, né tu né io esisteremmo».

«Non ho paura della morte, ma non ho fretta di morire».

Scienziato rock

Nel 1994, il leggendario gruppo prog-rock Pink Floyd pubblica l'album *The Division Bell*. Nella nona traccia, *Keep Talking*, compare la voce metallica di Stephen Hawking che parla per mezzo del suo sintetizzatore: «Per milioni di anni gli uomini vissero come animali. Poi qualcosa accadde che scatenò il potere della nostra immaginazione. Imparammo a parlare».

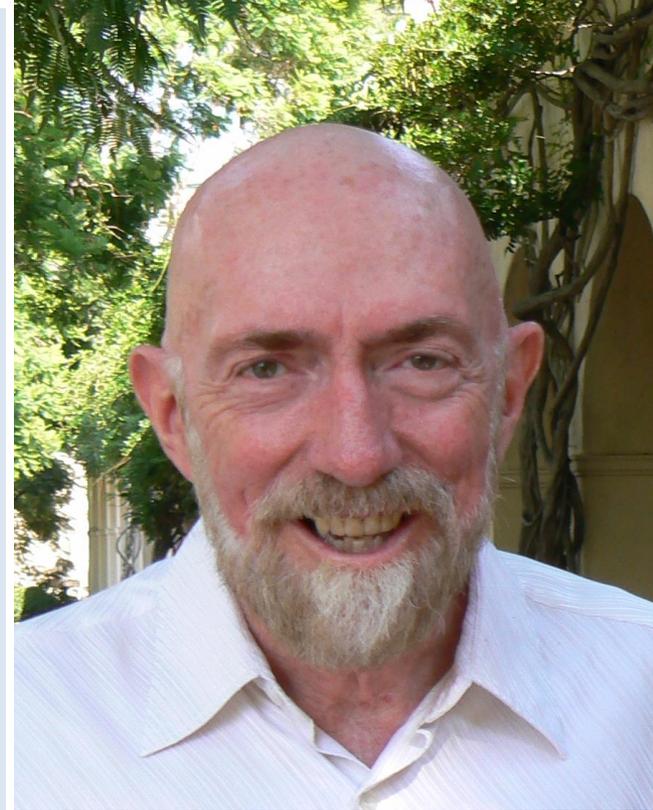


La "collaborazione" ha avuto un seguito nel più recente *The Endless River* (2014), dove l'astrofisico fa capolino nel brano *Talkin' Hawkin'*.

Ha scritto assieme alla figlia Lucy libri scientifici per bambini

Scommettiamo che...

Nel 1975 Stephen Hawking affermò che i buchi neri erano oggetti in grado di "divorare" tutto, distruggendo anche l'informazione di ciò che inghiottivano per, forse, farla riapparire in un altro universo. La rivoluzionaria teoria contraddiceva la meccanica quantistica, secondo cui l'informazione contenuta nella materia non può andare persa del tutto: ecco perché il fisico John Preskill e Kip Thorne del *Californian Institute of Technology* scommise con Hawking che si trattasse di un abbaglio. In palio c'era un'enciclopedia sul baseball, che quasi 30 anni dopo Hawking consegnò nelle mani del collega: nel 2004, durante una conferenza a Dublino, [ammise infatti sportivamente](#) che «sui buchi neri avevo torto».



Altra scommessa: il Bosone di Higgs

“Sembra proprio che io abbia appena perso 100 dollari”, ironizzava Hawking all’indomani della scoperta della [dannata particella](#). Il pretesto, una [scommessa](#) risalente al **1964** (l’anno in cui **Peter Higgs** cominciò a sviluppare le sue teorie) e passata poi alla storia, dove Hawking, convinto allora che il bosone di Higgs non sarebbe mai stato trovato, si mise in gioco contro Gordon Kane, fisico dell’università del Michigan.

“È senza dubbio un ottimo scienziato”, scherzarono in seguito alla scoperta i suoi colleghi, *“ma di certo un pessimo scommettitore!”*.



GLI ALIENI ESISTONO, MA MEGLIO STARNE ALLA LARGA

Nel 2008, intervenendo al 50esimo anniversario della Nasa, il cosmologo disse che, data la vastità dell'universo, è quasi certo che in altri pianeti si siano sviluppate delle forme di vita primordiali, sebbene non sia da escludere che qualche parte esistano anche esseri intelligenti.

In una serie di documentari andati in onda nel 2010 sull'emittente britannica Discovery Channel, dal titolo *Into the Universe with Stephen Hawking*, affermò poi che il contatto con la vita extraterrestre potrebbe avere esiti catastrofici: se gli alieni riuscissero ad arrivare fino a noi, significherebbe che hanno una tecnologia talmente avanzata da consentire la colonizzazione della Terra e la sottomissione del genere umano. In modo non molto differente da come fecero i conquistatori europei dopo la scoperta dell'America nel 1492.



A gravità zero

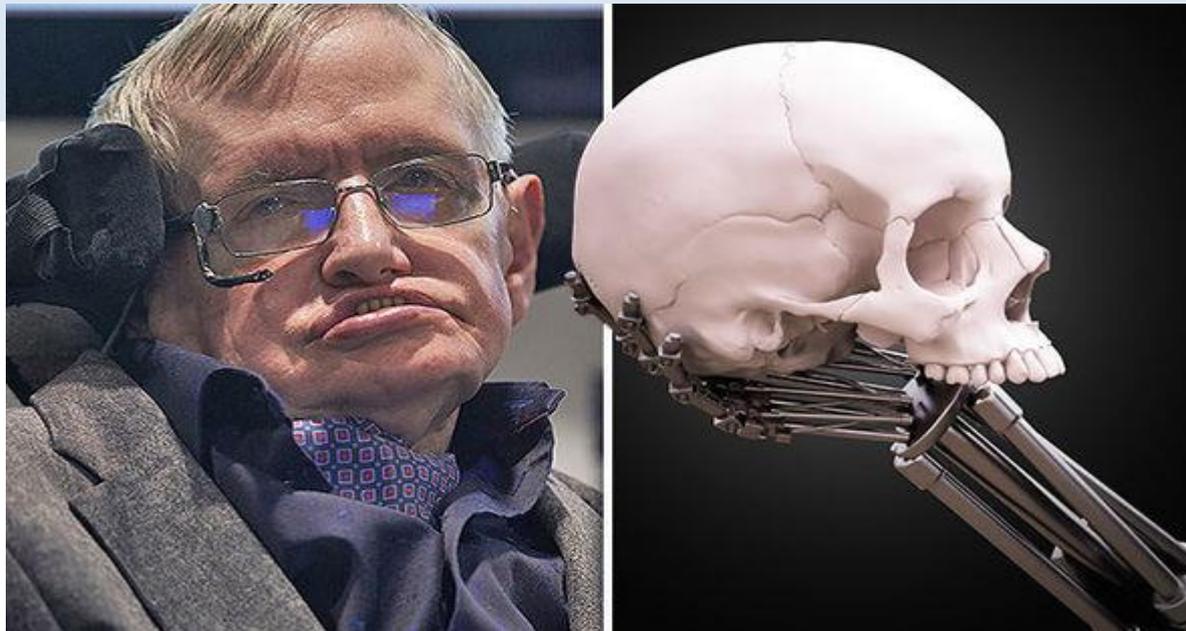
Nel 2007, all'età di 65 anni, Stephen Hawking ha sperimentato per alcuni secondi l'assenza di peso in volo parabolico (tradotto: la microgravità viene simulata attraverso la caduta libera dell'aereo) grazie alla compagnia Zero Gravity Corporation. Il suo sogno più grande rimase ovviamente quello di viaggiare nello spazio; a tal proposito il magnate Richard Branson, fondatore della Virgin Galactic, gli offrì un viaggio gratuito a bordo di una delle sue astronavi. Ora non più possibile.



Pianeta Terra

Hawking riteneva che la Terra sia allo stremo e che a fronte di una continua crescita demografica, all'abuso del Pianeta e alla scarsità di risorse, è ora che mettiamo in moto un **piano B** per non rischiare che la **specie umana** si estingua. Uno di questi, suggerì, è colonizzare lo Spazio, spostandoci sulla **Luna** o su **Marte**, auspicabilmente entro i prossimi cento anni.

Via libera quindi all'esplorazione degli altri pianeti del Sistema solare e dei loro satelliti, alla ricerca del luogo adatto a costruire l'umanità del futuro
Preoccupazioni per l'uso dell'Intelligenza Artificiale.



Gli ultimi momenti

Con la prima moglie e i tre figli



Il suo campo di ricerca

I suoi contributi principali alla ricerca sono, tra gli altri, gli studi sulla **teoria cosmologia** sull'inizio dell'universo e la **termodinamica dei buchi neri**.

Stephen Hawking ha dedicato tutta la sua vita alla ricerca e alla divulgazione scientifica, facendo in modo che i suoi saggi venissero compresi anche dal grande pubblico.

I primi passi sui buchi neri

Tra il 1965 e il 1970 Hawking lavorò sulle singolarità nella teoria della relatività generale, combinando con successo la teoria della relatività generale con la teoria dei quanti grazie a tecniche matematiche per studiare quest'area della cosmologia. Dal 1970 Hawking iniziò ad applicare le sue idee precedenti allo studio dei buchi neri.

Continuando questo lavoro sui buchi neri, Hawking scoprì nel 1970 una proprietà notevole. Usando la teoria quantistica e la relatività generale è stato in grado di dimostrare che i buchi neri possono emettere radiazioni.



Big Bang

Nel 1971 Hawking indagò sulla creazione dell'Universo e predisse che, dopo il big bang, sarebbero stati creati molti oggetti pesanti come 109 tonnellate ma con la dimensione di un protone!

Questi mini buchi neri hanno una grande attrazione gravitazionale governata dalla relatività generale, ma si applicano anche le leggi della meccanica quantistica a oggetti così piccoli.

Un altro notevole risultato ottenuto da Hawking usando queste tecniche fu la sua proposta di un universo illimitato, fatta nel 1983 con Jim Hartle della Santa Barbara University



I Buchi Neri di Hawking

LASCIATE OGNI SPERANZA, VOI CH'ENTRATE.

Entrata nell'antinferno (1-21) - Gli ignavi (22-69) - Caronte - Dante attraversa il fiume Acheronte (70-136)



William Herschel
(1738-1822)

Un po' di storia

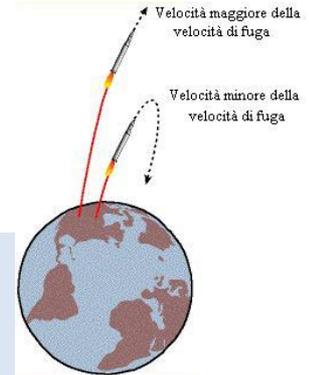
L'idea di "buco nero" ha raggiunto il grande pubblico solo di recente. Tuttavia in realtà risale ad almeno 2 secoli fa:

- Nel 1770 John Michell, Rettore di Thorhill e astronomo, speculava sull'azione esercitata dalla gravità sulla luce;
- Le idee di Michell furono riprese da William Herschel, nel 1791, per spiegare la natura delle nebulose;
- Nel 1796, Pierre Simon de Laplace ipotizzò che potevano esistere stelle tanto massicce da trattenere la luce e quindi apparire ad un osservatore assolutamente nere;
- L'idea di buco nero torna infine alla ribalta agli inizi del secolo, con la formulazione della teoria della Relatività Generale di Albert Einstein.



Albert Einstein
(1879-1955)

La Velocità di Fuga



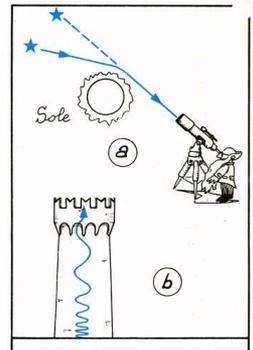
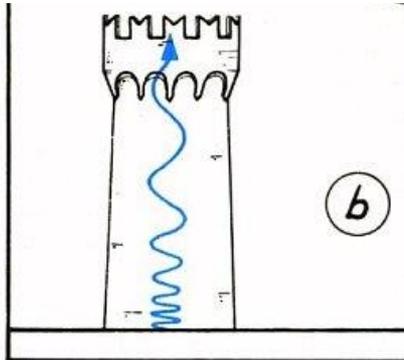
Cerchiamo di capire cosa è un buco nero:

- Supponiamo di lanciare in aria qualunque oggetto, è immediato, e quasi banale, osservare che l'oggetto salirà tanto più in alto quanto maggiore è la velocità impressa all'oggetto alla partenza.
- Se la velocità iniziale fosse sufficientemente alta, oltre la velocità di fuga, il grave potrebbe non ricadere più sulla Terra e sfuggire alla sua attrazione gravitazionale.
- La velocità di fuga sulla Terra è circa 11 km/s, sulla Luna 2.4 km/s e sul Sole 620 km/s.
- All'aumentare della massa (e al diminuire del raggio) del corpo considerato aumenta la velocità di fuga!

$$v_{fuga} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

La Relatività Generale

- La teoria della relatività ha mostrato che effettivamente la gravità influenza la traiettoria dei raggi di luce.
 - La prima verifica sperimentale fu ottenuta da A. Eddington, durante l'eclisse di Sole del 1919.
- Ci sono anche altri effetti della gravità sulla radiazione elettromagnetica:
 - Un raggio gamma perfettamente monocromatico spedito dalla base di una torre raggiunge la cima con una frequenza un po' più bassa che alla partenza.
- Queste osservazioni vengono interpretate nel contesto della relatività generale come il manifestarsi di distorsioni dello spazio-tempo.



I Buchi Neri

Riassumendo:

1. La gravità influenza effettivamente la propagazione della luce;
2. La velocità di fuga aumenta all'aumentare della densità dell'oggetto considerato;
3. Aggiungiamo che la velocità della luce è la massima velocità possibile ed otteniamo gli ingredienti teorici per la comprensione di un buco nero:
 - Un oggetto la cui forza di gravità è così intensa da rendere impossibile persino la fuoriuscita della luce e quindi di qualunque altro segnale o corpo materiale;
 - Un oggetto di questo genere non può che apparire nero ad un ipotetico osservatore!

I Buchi Neri

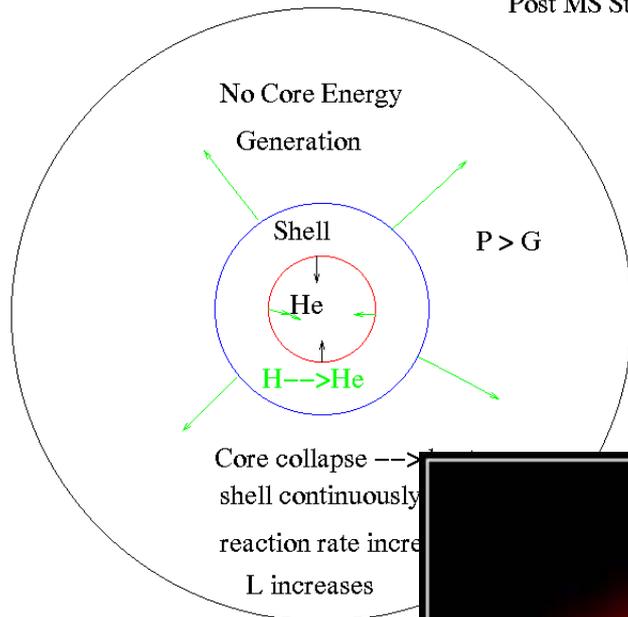
Dove si possono trovare simili oggetti in natura?

- Esistono, in realtà diversi fenomeni astronomici che possono portare alla formazione di un buco nero:
 - Buchi neri come prodotto degli ultimi stadi dell'evoluzione stellare;
 - Buchi neri primordiali, prodottosi alla nascita dell'universo stesso;
 - Buchi neri al centro di galassie attive.
- I Buchi neri vengono invocati per spiegare una grande quantità di fenomenologie:
 - dischi di accrescimento, jets, nuclei galattici attivi, dinamica di nuclei galattici e di ammassi stellari, ecc.
 - Allo stato attuale delle ricerche sarebbe molto complesso interpretare le osservazioni astronomiche se i buchi neri, per ipotesi, non esistessero.

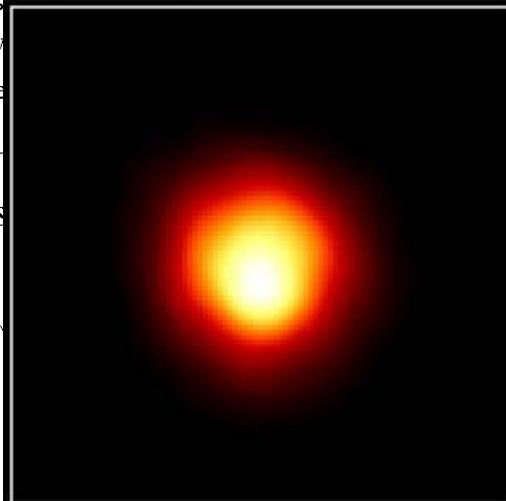
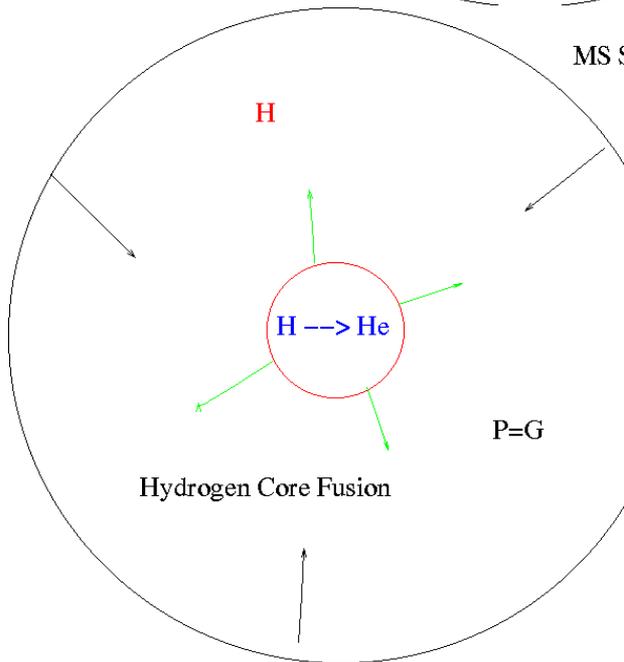
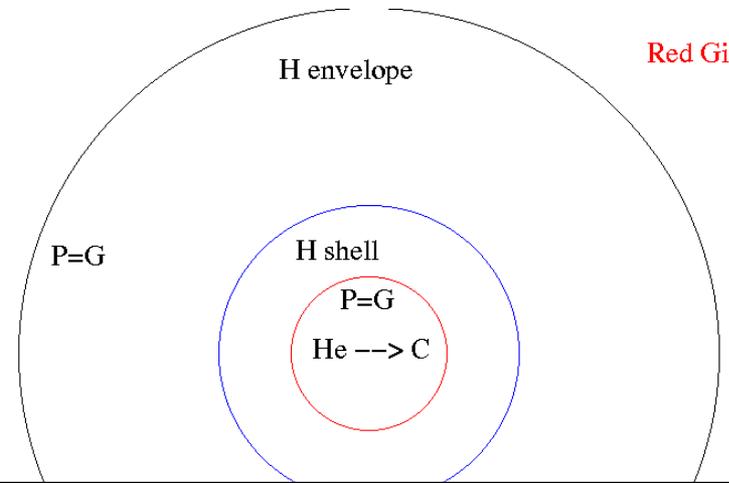
Stelle Nane e Giganti

- Una volta che le stelle si sono formate e comincia ad instaurarsi una stabile fusione nucleare nelle zone centrali si dice che la stella è nella sequenza principale.
 - Una stella in questa fase fonde idrogeno nel centro a temperature di circa dieci-venti milioni di gradi.
- Con l'andare del tempo l'idrogeno al centro comincerà a scarseggiare e la fusione si sposterà negli strati esterni.
 - Questo provoca una grande espansione degli strati esterni della stella e si dice allora che si è formata una gigante rossa.
- All'esaurirsi del combustibile nucleare anche nei gusci esterni, la stella attraversa una fase di instabilità più o meno pronunciata.
 - La temperatura interna raggiunge i 100 milioni di gradi e la fusione dell'elio diventa possibile.

Post MS Star



Red Giant



Size of Star

Size of Earth's Orbit

Size of Jupiter's Orbit



Atmosphere of Betelgeuse

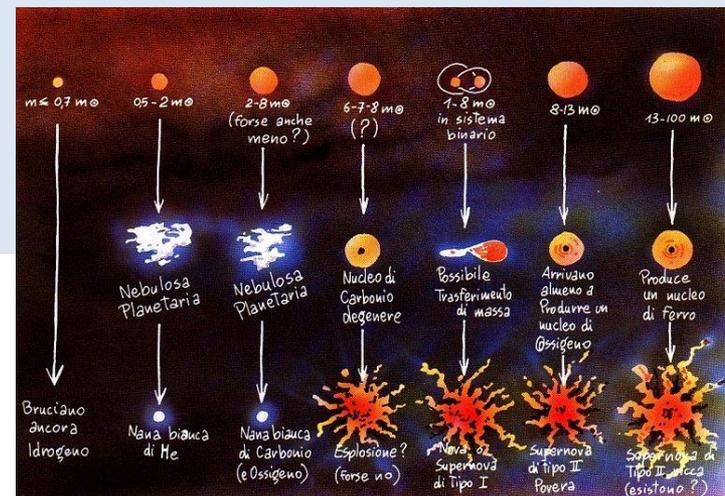
PRC96-04 · ST ScI OPO · January 15, 1995 · A. Dupree (CfA), NASA

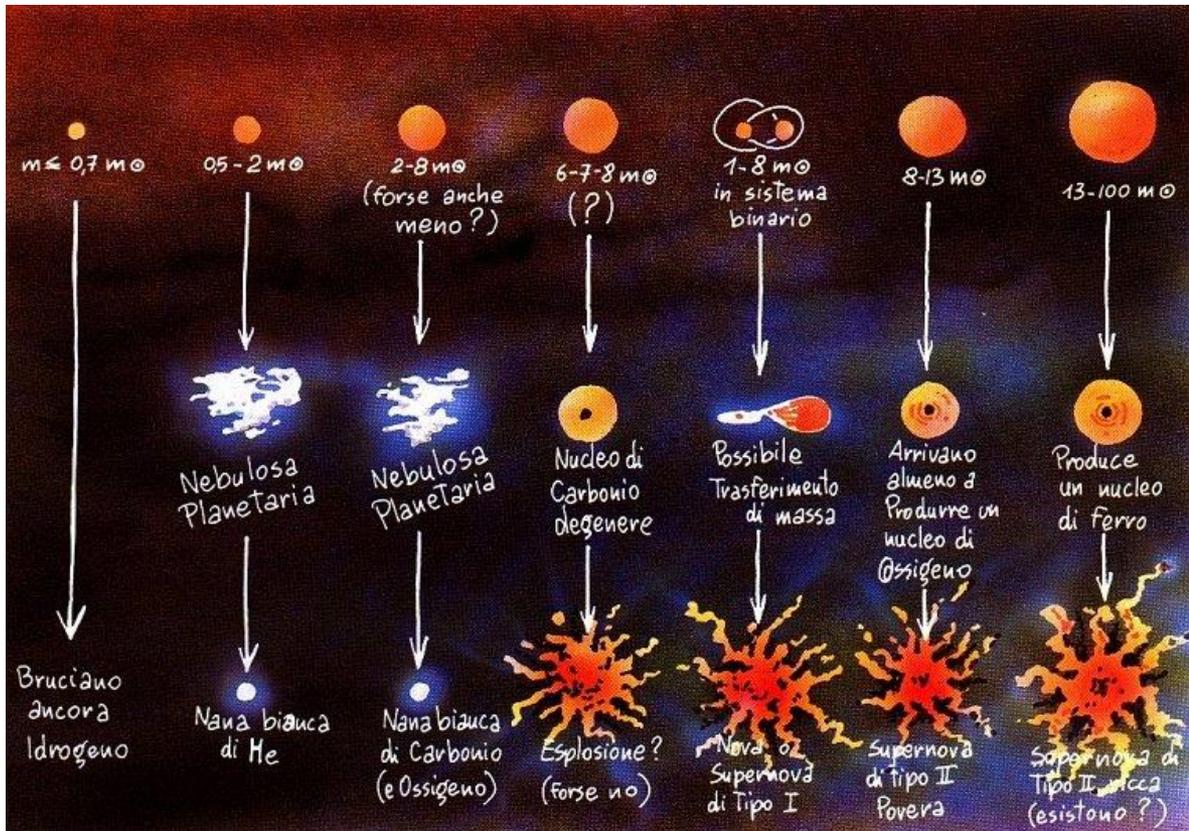
HST · FC

Le Ultime Fasi Evolutive

Il parametro più importante che determina l'evoluzione di una stella è la sua massa.

- Le stelle con una massa fino a circa 8 volte quella del Sole termineranno la loro esistenza come nane bianche.
- Le stelle più massicce, al contrario, hanno varie strade a loro disposizione e possono anche diventare supernovae.
- Altri fattori che possono influenzare l'evoluzione delle stelle sono la loro composizione chimica e, in molti casi, l'essere o meno parte di sistemi binari.





Le Supernove

Le stelle di massa più grande durante la loro evoluzione arrivano a produrre energia con un tasso estremamente alto.

- Tale produzione di energia può raggiungere dei livelli parossistici sviluppando una potentissima esplosione che distrugge quasi completamente la stella.
- In alcuni casi l'unico residuo dell'esplosione è un oggetto noto come stella di neutroni.
- L'esplosione di una supernova è uno degli eventi più spettacolari e drammatici dell'universo.
- In quest'atto finale la luminosità della stella che esplode può arrivare a rivaleggiare con quella di una galassia intera.

Neutroni, Pulsar e Buchi Neri



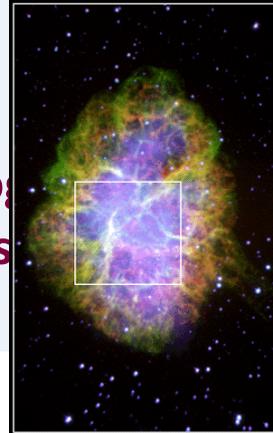
una supernova può lasciare come residui oggetti

una supernova può infatti sopravvivere all'esplosione sotto forma di un oggetto con una massa tipica di circa 1.4 volte quella della stella originale: una stella di neutroni.

una stella di neutroni risulta visibile sotto forma di pulsar, una stella di neutroni rotante ad altissima velocità e che emette impulsi di radiazione in ogni rotazione.

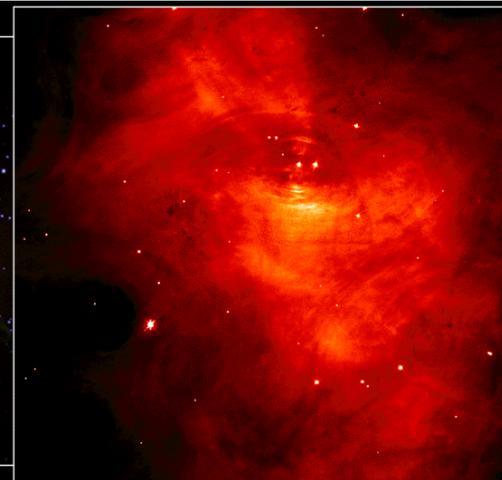
• Se la massa del residuo dell'esplosione è così grande da superare la forza di gravità alla superficie di questi oggetti, il campo gravitazionale è così tanto elevato da rendere impossibile persino la fuga dalla gravità: un buco nero.

Crab Nebula

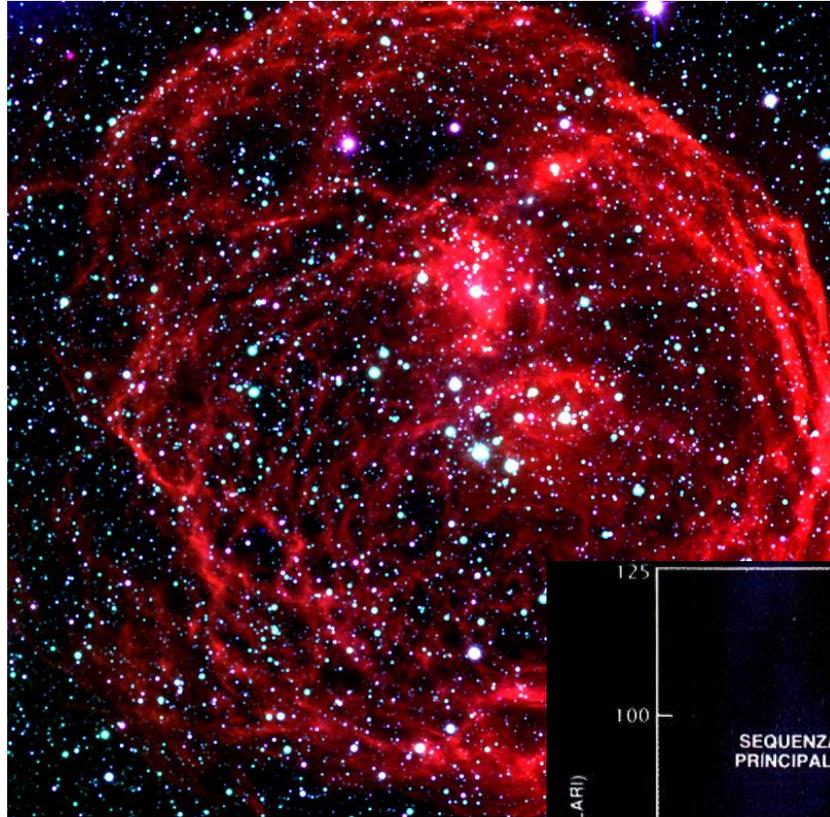


Palomar

PRC96-22a · ST ScI OPO · May 30, 1996
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.) and NASA

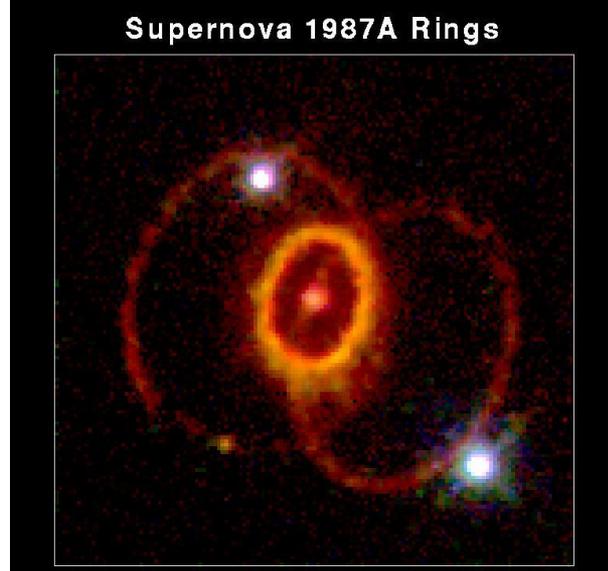


HST · WFPC2



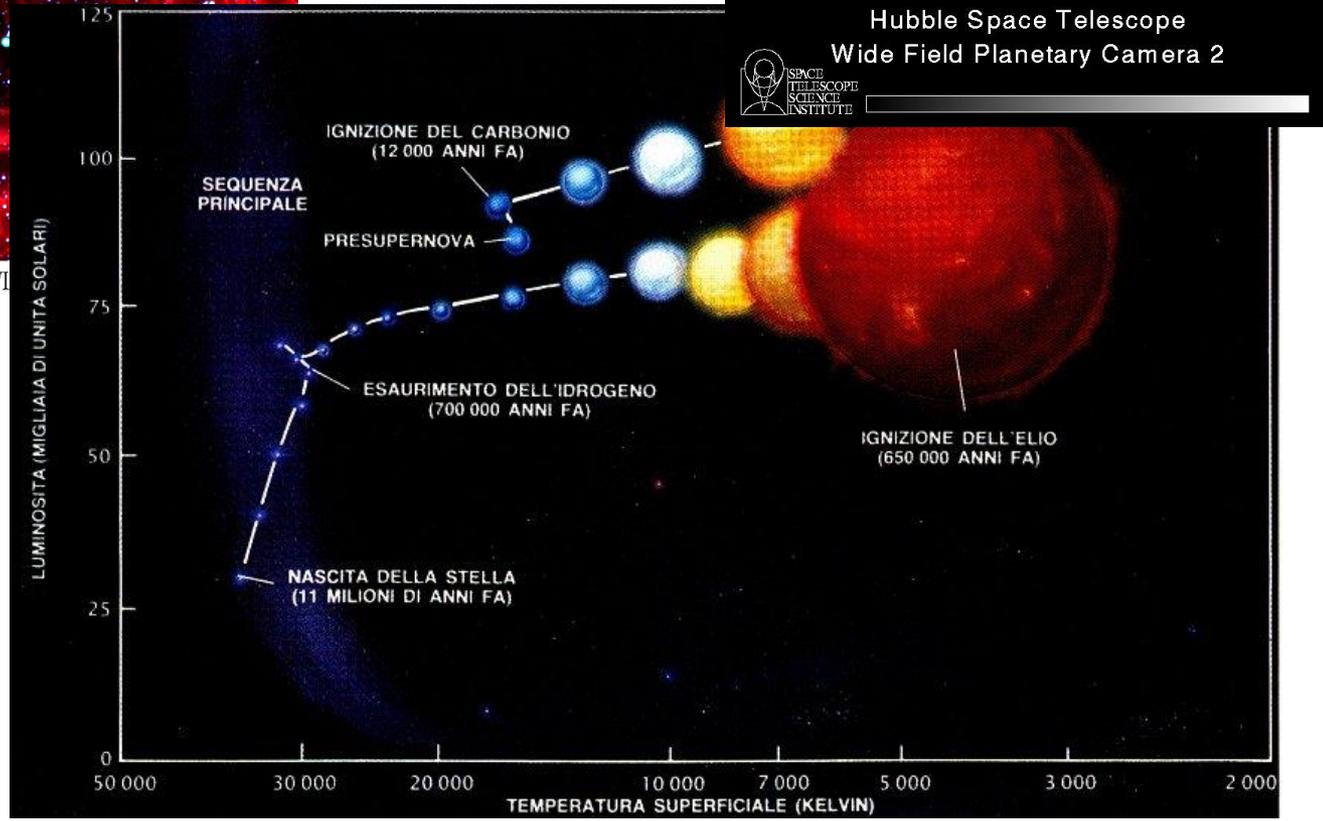
N 70 Nebula in the Large Magellanic Cloud (VL

ESO PR Photo 40d/99 (17 November 1999)



Supernova 1987A Rings

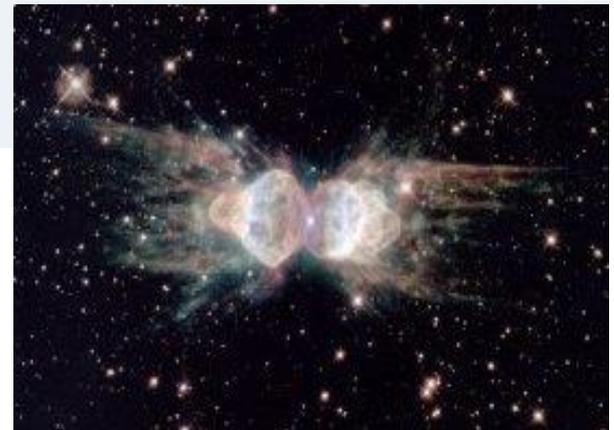
Hubble Space Telescope
Wide Field Planetary Camera 2



Osservazioni di Buchi Neri

Ma è possibile "osservare" un buco nero?

- In linea di principio un buco nero, non emettendo radiazioni elettromagnetiche, è per definizione; inosservabile.
- Con un telescopio per radiazioni elettromagnetiche, ovviamente.
- Sono osservabili però i suoi effetti nell'ambiente circostante.
- Se il buco nero non è completamente isolato tenderà a mostrare la sua presenza a causa dell'attrazione gravitazionale sulla materia circostante.



Dimensioni di un Buco Nero

Un buco nero è una stella collassata sotto il proprio peso, ma qualcuno si può chiedere quanto deve essere grande una stella perchè ci dia un buco nero.

La risposta fu trovata per la prima volta da un giovane indiano Chandrasekhar che stabilì che le stelle con massa superiore a tre volte quella solare collassano in un "black hole", termine inglese di buco nero.

Swarzchild riuscì a stabilire anche che raggio avrebbe un buco nero conoscendone la massa e la sua formula è:

$R_s = 2.95 \times$ (la massa della stella collassata espressa in masse solari) Km

dove R_s sta per raggio di Swarzchild. Ad esempio se una stella con massa pari a 10 masse solari collasserebbe al suo posto troveremmo un buco nero di 29.5 Km. Una delle parti più importanti di un "black hole" è l'orizzonte degli eventi,

L'orizzonte degli eventi

L'orizzonte degli eventi. coincide con un'immaginaria superficie sferica o quasi sferica che copre il buco nero.

Su questa superficie la velocità di fuga è pari a quella della luce.

Volendo porci al centro del buco nero e quindi all'interno del buco, l'orizzonte degli eventi costituisce un limite insuperabile all'osservazione degli avvenimenti circostanti.

La massa, escluso il suo campo gravitazionale, svanisce in un'entità priva di dimensioni chiamata singolarità. Queste entità, ancora in parte sconosciute, continuano a richiamare l'attenzione degli scienziati, e non possiamo negare il loro fascino.

Un raggio di luce dentro un buco nero

Ipotizziamo il comportamento di un raggio di luce nei suoi pressi. Questo raggio ha, per così dire, tre scelte, o passa all'esterno dell'orizzonte, o rimane nell'orizzonte, o vi cade dentro.

Nel primo caso il raggio verrà distorto e formerà il cosiddetto effetto lente gravitazionale predetto da Einstein.

Nel secondo il raggio ne rimarrà intrappolato e non potrà fare altro che girare su questa superficie;

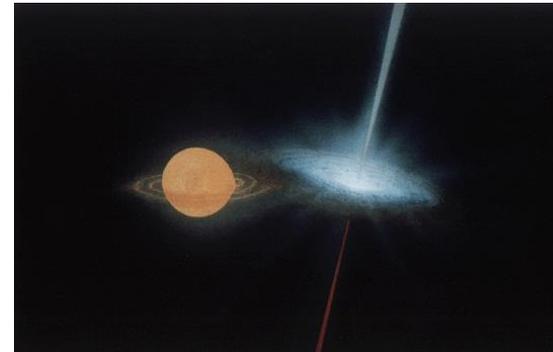
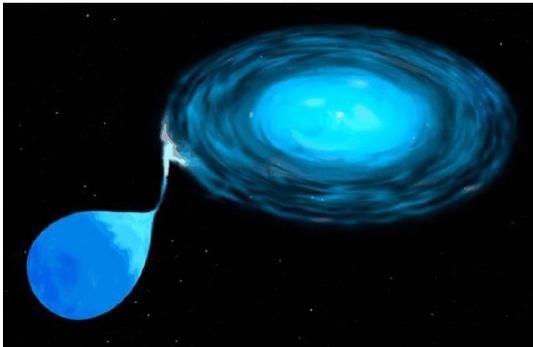
mentre nel terzo caso il raggio non potrà più uscire. Questo è il destino di tutto ciò che attraversa questo infernale confine che coincide appunto con il raggio di Swartzchild.

Quasi tutto nel nostro universo è in rotazione e il modello di buco nero presentato da Swartzchild nel 1916 non si può considerare un modello molto attendibile nella realtà in quanto presuppone che l'oggetto sia immobile.

Osservazioni di Buchi Neri

Uno degli scenari teorici di maggior successo prevede lo scambio di materia in un sistema binario fra una stella evoluta ed un oggetto compatto.

- L'oggetto compatto può essere un buco nero, ma anche una nana bianca o una stella di neutroni.
- Il meccanismo prevede che la materia estratta dalla stella "normale" cada sul buco nero spiraleggiando andando a formare un disco di accrescimento.



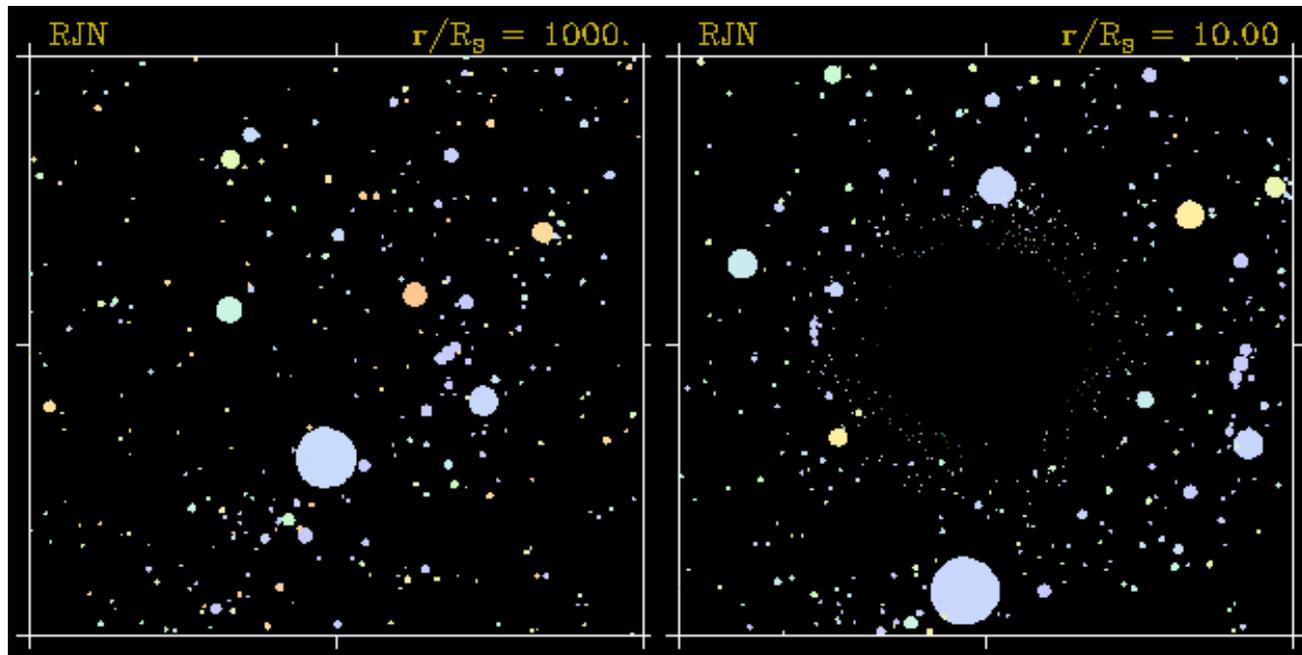
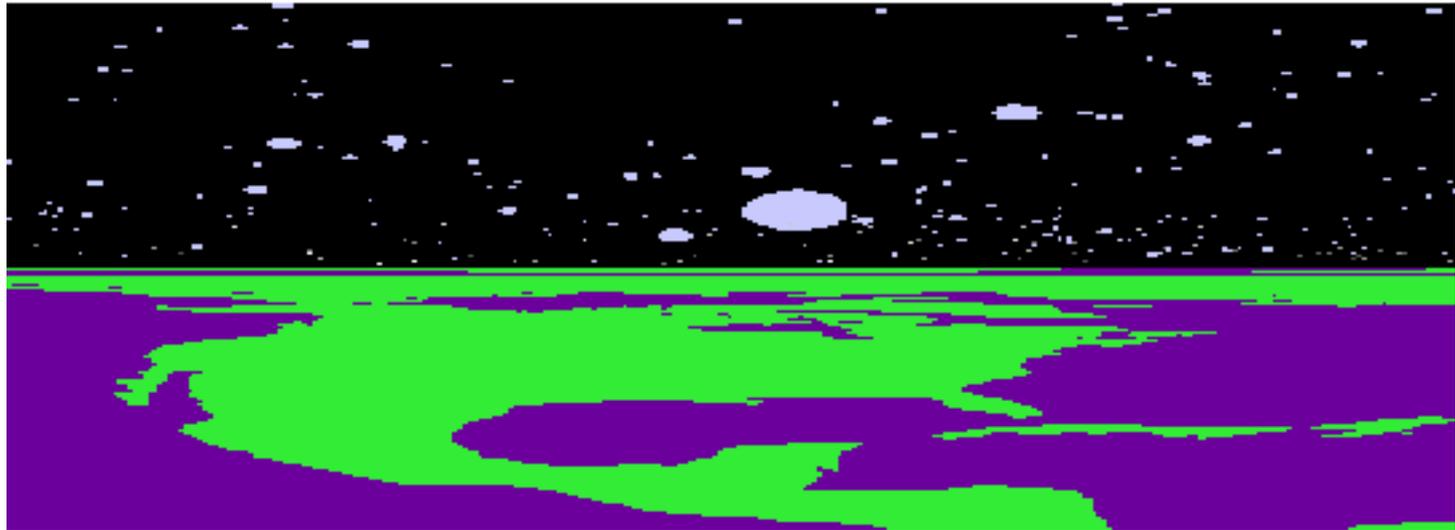
Se fossimo nelle vicinanze di un buco nero?

Se fossimo nelle vicinanze di un oggetto compatto, un buco nero ma anche una stella di neutroni, avremmo familiarità con una grande quantità di fenomeni per noi invece peculiari.

- Uno degli effetti più eclatanti sarebbe quello della deflessione dei raggi di luce. Sarebbe infatti "normale" vedere le immagini delle stelle nei dintorni del buco nero sdoppiate.

Se invece fossimo sulla superficie di una stella di neutroni l'intero universo ci apparirebbe distorto.

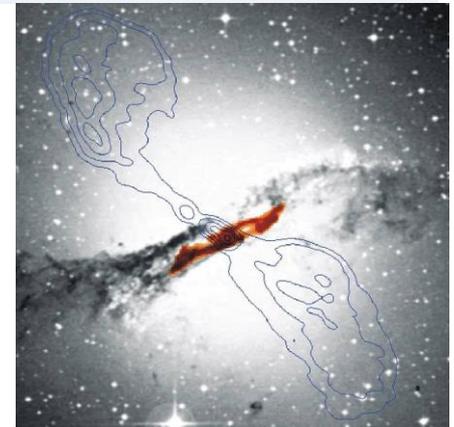
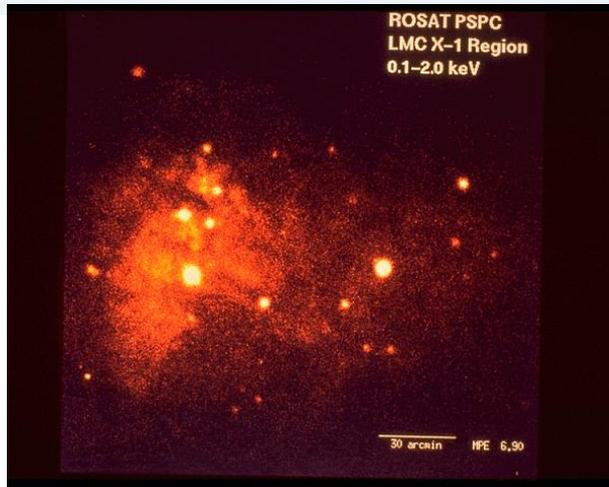
- Sarebbe ancora una volta possibile vedere immagini duplicate del cielo stellato, ma anche dell'intera superficie della stella.
- A causa dell'intensa gravità superficiale sarebbe possibile addirittura vedere la propria schiena guardando davanti a noi!



Emissioni di Alta Energia

L'accrescimento su oggetti compatti è uno dei meccanismi di produzione di energia più efficienti che si conoscano.

- Le emissioni da un disco di accrescimento possono spesso essere rilevate come raggi-X o gamma.
- Lo stesso genere di fenomenologie sono invocate per descrivere le proprietà energetiche dei nuclei galattici attivi e dei quasar.
- In questo caso però le masse in gioco non sono di poche masse solari, ma di milioni o miliardi di masse solari!



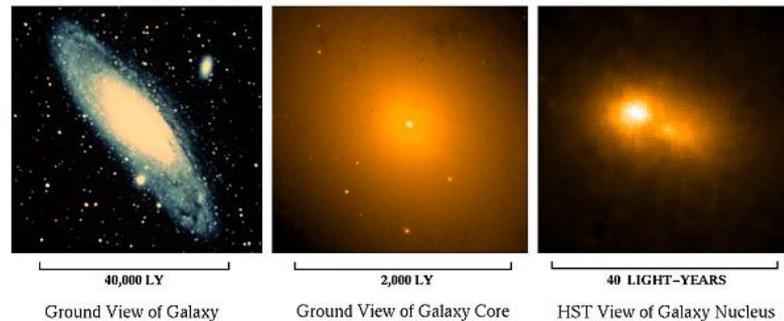
Buchi Neri e Galassie

In realtà esiste la possibilità che il centro di ogni galassia alberghi un buco nero.

- Anche se non in fase di accrescimento un buco nero può essere rivelato a causa delle perturbazioni gravitazionali che induce.
- Sono state osservate, infatti, fenomenologie di vario genere:
 - Nuclei doppi;
 - Moti peculiari della materia vicino al centro.

M 31

The Andromeda Galaxy



Classificazione dei buchi neri

I buchi neri vengono classificati in base alla loro massa M , indipendentemente dal loro momento angolare Q o dalla loro carica elettrica J . Esistono fondamentalmente **quattro categorie di buchi neri**:

- **supermassicci**
- **di massa intermedia**
- **stellari**
- **micro buchi neri**

Tipologia buco nero	Massa
Buco nero supermassiccio	$\sim 10^6 - 10^9$ Massa Sole
Buco nero di massa intermedia	$\sim 10^3$ Massa Sole
Buco nero stellare	$\sim 3 - 30$ Massa Sole
Micro buco nero	\sim fino a Massa Luna

I buchi neri non sono così neri dopotutto

Tra i suoi innumerevoli contributi alla cosmologia e alla fisica, ci concentriamo qui su quella che è forse la sua teoria più nota, quella della **radiazione di Hawking**, che ha come corollario il concetto di **evaporazione dei buchi neri**. La radiazione di Hawking è una radiazione termica che si ritiene sia emessa dai buchi neri a causa di effetti quantistici che hanno luogo nei pressi del cosiddetto orizzonte degli eventi, quella superficie limite oltre la quale nessun evento può influenzare un osservatore esterno – o se vogliamo, la superficie entro la quale niente può più uscire dal buco nero, nemmeno la luce.

In sostanza si tratta di una radiazione termica che si comporta come se fosse emessa da un *corpo nero* a una certa temperatura.



La radiazione di Hawking

Cos'è un corpo nero

Un corpo nero in fisica è quello che dice di essere: un corpo completamente nero che assorbe tutta la radiazione elettromagnetica che lo colpisce, senza rifletterla. Riesce però a emettere una radiazione termica, che dipende dalla sua temperatura. Un corpo nero è considerato solitamente un oggetto ideale, perché ci si aspetta che un qualsiasi materiale rifletta un po' di luce, ma è un utile modello che viene spesso usato quando si studiano i fenomeni elettromagnetici.

Che c'entra con i buchi neri

Ecco, Hawking ha dimostrato che i buchi neri, oggetti celesti, si comportano come un corpo nero: nonostante “mangino tutto”, compresa la radiazione elettromagnetica, riescono a emettere una radiazione termica, come se questa fosse emessa da un corpo nero ad una certa temperatura. In questo caso la temperatura dipende dalla massa del buco nero.

Questa radiazione emessa è chiamata a volte *evaporazione*, perché fa perdere energia al buco nero e dunque gli fa perdere massa. Perciò se il buco nero non mangiasse nulla per molto tempo, continuerebbe a “evaporare”, rimpicciolendosi fino a scomparire.

La teoria del tutto

La dimostrazione dell'esistenza di questa radiazione fa uso dei principi della Meccanica quantistica, applicati nell'ambito della Teoria della Relatività. Meccanica quantistica e Relatività non vanno molto d'accordo: dove funziona una teoria, fallisce l'altra e viceversa. Tuttavia negli anni si sono trovati dei modi per utilizzarle insieme. Esiste una teoria che permette di unificare la Meccanica quantistica con la Relatività Speciale. Questa teoria, chiamata *Teoria quantistica dei campi* (Quantum field theory) è molto complicata, ma ha permesso di ricavare il *Modello Standard delle particelle elementari*.

La **Teoria dei campi** funziona però solo con la Relatività Speciale, non con la Relatività Generale, ossia funziona quando si trascurano gli effetti della gravità.

Non siamo in grado di descrivere il comportamento quantistico della gravità stessa.

Principi sui buchi neri

I buchi neri non hanno capelli

Principio censorio: non esistono singolarità nude

Principio antropocentrico forte e debole

Principio olografico

Informazione: si perde? o no?

Le tappe fondamentali -1970

Stephen Hawking e Roger Penrose teorizzano che l'universo abbia avuto origine da una singolarità

Come? Confermando l'esistenza di regioni dove la materia ha una densità infinita, in cui per forza i concetti di **Spazio** e di **Tempo** sono privi di significato, le cosiddette singolarità gravitazionali teorizzate da Albert Einstein. E, più in generale, dimostrando assieme al collega Roger Penrose che a una di queste singolarità coincide il **Big Bang**, dove Spazio e Tempo iniziano a esistere, per poi trovare fine al centro esatto dei **buchi neri**, luogo in cui si trovano ulteriori singolarità e le due variabili si perdono

Le tappe fondamentali -1974

«Einstein sbagliò quando disse: «Dio non gioca a dadi». La considerazione dei buchi neri suggerisce infatti non solo che Dio gioca a dadi, ma che a volte ci confonda gettandoli dove non li si può vedere»

Buchi neri

Sono di certo la sua più grande passione ed è questo il settore dove ha realizzato i suoi lavori maggiori. Innanzitutto, elaborando per primo le **leggi termodinamiche** che li descrivono, rendendoli reali e non più solamente un'ipotesi fantascientifica. Poi, dimostrando che questi oggetti (per le loro caratteristiche di temperatura ed entropia) non erano completamente *bui*, bensì irradiavano **particelle subatomiche**: da qui la definizione della cosiddetta **radiazione di Hawking**, una nuova entità cosmica capace di rimpicciolire progressivamente la massa di un buco nero, fino alla sua completa **evaporazione**. E che è stata **dimostrata sperimentalmente nel 2014**.

Titoli di alcune pubblicazioni

- ***Universe in a Nutshell*** 《果壳里的空间之王》 / ***The Illustrated Brief History of Time*** (1988)
- ***Black Holes and Baby Universes and Other Essays*** (1993) 《黑洞、婴儿宇宙及其他》
- ***The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe*** 《时空本性》
- ***The Future of Spacetime*** 《未来的魅力》
- ***A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes*** 《时间简史——从大爆炸到黑洞》
- In 1992 American filmmaker Errol Morris helped make all-time best seller ***A Brief History of Time*** into a film about Hawking's life and work.



Grazie per l'attenzione

Luisa Spairani

luisa.spairani@netsurf.it

Gruppo Astrofili Eporediesi (GAE)

<http://www.ivreaastrofili.it>

