

N° 1I BUCHI NERI N° 1HANNO ASCOLTATO IL PIANTO

DALLO SPAZIO PIU' PROFONDO E' ARRIVATO UN SUONO PROVENIENTE DAL  
COSMO.

E' UNA NOTA DAL TONO COSI' BASSO DA ESSERE MILIARDI DI VOLTE AL DI  
SOTTO DELLA PERCEZIONE UMANA.

PROVIENE DA UN "BUCO NERO", UN MISTERIOSO CORPO COSMICO GENERATO  
DALLA MORTE DI UNA GRANDE STELLA.

IL CUORE DI UN CORPO CELESTE CHE SI STA DISTRUGGENDO

IL CUORE DI UNA STELLA CHE MUORESI' "MANGIA" LE GALASSIE

Esiste una spettacolare immagine, scattata dal Telescopio Spaziale "HABBLE", mostra un "Buco Nero", uno degli oggetti cosmici più misteriosi, mentre sta letteralmente "divorando" un'intera Galassia.

Il "Buco Nero" si forma quando una stella molto più grande del nostro Sole muore: si genera così un corpo celeste dalla forza di gravità talmente potente che attira a sé tutto ciò che sta intorno: stelle, pianeti, asteroidi e persino la luce. Il circolo luminoso che possiamo vedere nella spettacolare immagine è infatti formato da migliaia di stelle che stanno per precipitare all'interno del "Buco Nero".

"I "BUCHI NERI" SONO IL MISTERO PIU' AFFASCINANTE DELL'UNIVERSO"

Anche le stelle piangono.

Lo hanno scoperto gli astronomi che sono riusciti a captare un "grido" che viene dal cielo. Si tratta di un suono, che viene da un "buco nero", uno degli oggetti più misteriosi dell'Universo: un suono cosmico, di una tonalità talmente bassa da essere miliardi di volte al di sotto della soglia di percezione umana.

Per dare un termine di paragone, il suono che arriva dallo spazio è 58 volte al di sotto della nota che, in un pianoforte, viene chiamata "do centrale". Insomma un rumore così flebile da non poter essere percepito da alcun orecchio umano ma che sensibilissimi strumenti scientifici hanno raccolto alla perfezione.

Ma da dove arriva questo suono e perché gli scienziati lo hanno classificato come il "Pianto" di una stella? Innanzi tutto il suono proviene, come abbiamo detto, da un "Buco Nero" localizzato nella costellazione di "Perseo", a circa 250 milioni di Anni Luce dalla Terra. Scoprire un'emissione sonora da parte di un "Buco Nero" rappresenta una novità assoluta in astronomia e infatti è ancora presto per dire con certezza a cosa questo suono si riferisca. Si tratta comunque di una scoperta eccezionale, effettuata grazie alle rilevazioni del Telescopio Orbitale "Chiandra" (in orbita dal 1999) inviato nel Cosmo apposta per poter studiare al meglio le fasi terminali della vita delle stelle.

Ma perché la comunità scientifica internazionale dedica così tanta attenzione allo studio dei "Buchi Neri"? Perché questi rappresentano uno degli enigmi più affascinanti del "Cosmo".

I “Buchi Neri” infatti, mettono alla prova tutte le teorie della fisica fino ad oggi conosciute, al punto da fare immaginare a qualcuno che attraverso di loro si possa fermare lo scorrere del tempo. Ma vediamo più da vicino cosa sono, e come si formano, questi misteriosi corpi celesti.

Noi sappiamo che la fine del ciclo vitale di una stella è un momento di trasformazioni spettacolari: finita la scorta di combustibile principale (l'idrogeno) nella fornace nucleare che c'è nel cuore di qualsiasi stella, si iniziano a bruciare anche i prodotti di scarto delle reazioni nucleari precedenti. Questo determina una profonda trasformazione nella struttura della stella che si espande come un palloncino fino, praticamente, a scoppiare: in questo caso si libera una grande quantità di energia e parte della materia che ne componeva la superficie. Il resto, come dicono gli astronomi invece, “collassa”, cioè crolla in se stesso; in pratica si autodivora.

Tuttavia una stella collassata (se di grandi dimensioni) non dà vita a un'altra stella più piccola e fredda, genera invece un altro corpo cosmico: un “Buco Nero”. Per effetto della forza di gravità, dopo il collasso, tutta la materia che componeva la stella si restringe in un'unica sfera (per fare un esempio, se la Terra potesse diventare un “Buco Nero”, tutta la sua massa si ridurrebbe alle dimensioni di una biglia di vetro).

La sua forza di gravità, cioè la proprietà che ha un corpo di attirare a sé altri corpi, si concentra quindi in quell'unica sfera. La forza di gravità di questa stella collassata diventa talmente potente da attirare su di sé non solo altri corpi celesti ma persino la luce che non riesce a propagarsi più al di fuori di essa.

-----  
**“ANCHE LA LUCE SPARISCE DAL CIELO**

in una certa immagine, scattata dal Telescopio Hubble, si può vedere un “Buco Nero” posto nella Galassia NGC4438, mentre sta “divorando” particelle di luce. Tra poco in questa zona del cielo non brillerà più alcuna luce: ci sarà solo “Buco Nero”.

-----  
 Al punto che ciò che noi possiamo vedere nel cielo è per l'appunto, soltanto un “Buco Nero” capace letteralmente di “mangiare” la luce.

Tutto ciò che entra nel campo gravitazionale di questo “cannibale cosmico” viene divorato nel “Buco Nero” precipitano anche astri, stelle, pianeti, asteroidi vicini. Il punto che nell'Universo sembra più adatto per scoprire “Buchi Neri” pare essere il centro delle Galassie: qui la concentrazione di materia è tale per cui si possono creare delle stelle di enormi dimensioni (centinaia di migliaia di volte più grandi del nostro Sole) definite “stelle massive”. A loro volta, quando daranno origine a “Buchi Neri” questi diventeranno i cosiddetti “Buchi Neri Massivi” di cui solo oggi cominciamo a comprendere i segreti.

Ma perché si pensa che i “Buchi Neri” possano essere delle porte aperte per i viaggi nel tempo? In realtà non esiste nessuna prova di ciò, ma solo complicate congetture della fisica teorica.

Eppure lo stesso Albert Einstein si divertiva ad immaginare i “Buchi Neri” come dei ponti capaci di mettere in comunicazione o due angoli remoti dell'Universo se quando non addirittura lo stesso Universo ma in momenti differenti, secondo la teoria degli Universi Paralleli.

Al di là delle complicate teorie della fisica, una notazione lascia aperte della fantasia: dato che leggi della termodinamica dicono che in natura nulla si crea e nulla si distrugge, dove finiscono tutti quei corpi celesti assorbiti dai “Buchi Neri”? Le leggi della fisica dicono che quella materia non può semplicemente svanire. Ecco allora, che a fianco dei cosiddetti “Buchi Neri” c'è chi immagina l'esistenza di “Buchi bianchi”, che riemettono la materia assorbita dal collega oscuro per mantenere l'Equilibrio Universale. Purtroppo le teorie sono destinate a rimanere tali, dato che non esiste il modo di inviare nemmeno una sonda meccanica in direzione di un “Buco Nero” per vedere che cosa succede. Il viaggio richiederebbe milioni e milioni di anni, con i mezzi a nostra disposizione. Anzi non resta che studiare a distanza

**questi enigmi oscuri, sperando che le profonde note che emettono possano presto essere tradotte in linguaggio capace di risolvere il cso.  
(Giulio Divo)**

## **N° 2**

### **I BUCHI NERI N° 2**

**La scienza è sapere**

**Astronomia**

**Benvenuto!**

**Stai navigando su un sito nato per tutti coloro che sono appassionati all'astronomia, che cercano materiale per svolgere delle ricerche, ma soprattutto che sono curiosi e vogliono avvicinarsi a questa scienza nel modo più veloce possibile: ovvero visitando tante pagine come la mia!**

**Nel mio lavoro potrai trovare, informazioni su argomenti diffusi (come i pianeti del sistema solare), ma anche su argomenti meno conosciuti (come pulsar, quasar e buchi neri). Tutto questo avvalendoti dell' index alla tua sinistra che cliccando sull'icona dell'argomento desiderato guiderà i tuoi spostamenti.**

**Dopo questa premessa non posso fare altro che augurarti buon viaggio!!**

**Pulsar, Astronomia, quasar, buchi neri, astronomia quasar astronomia maya**

## **N° 3**

### **I BUCHI NERI N° 3**

-----  
**Dai buchi neri alle prime cellule.  
Itinerari di Astronomia**

-----  
**I BUCHI NERI  
di Chiara Allais V C**

**DEFINIZIONI  
LA TEORIA DEI BUCHI NERI  
TEORIE SUI BUCHI NERI DI HAWKING E PENROSE  
Stephen Hawking sui buchi neri quantistici  
Roger Penrose su teoria quantistica e spazio – tempo  
Storia della scoperta dei buchi neri**

**Definizioni**

**BUCO NERO:** In astrofisica, oggetto celeste che esercita un'attrazione gravitazionale così intensa da impedire alla materia e anche alla luce (o a qualunque altra radiazione elettromagnetica) di allontanarsi da esso: in questo senso, non emette luce ed è quindi nero. In un buco nero, la materia è estremamente addensata in una regione di spazio relativamente piccola, tanto che, in teoria, la sua massa può essere considerata riunita in un punto. Un buco nero, è caratterizzato da una superficie immaginaria il cui raggio è direttamente proporzionale alla massa; un buco nero, di massa pari a quella del Sole avrebbe un raggio di 3 km, mentre per una massa pari a quella della Terra il raggio sarebbe di solo 1 cm.

**Formazione di un buco nero:** Può avvenire in seguito all'esplosione di una stella di grande massa (supernova): la parte centrale della stella subisce un violento collasso gravitazionale e, se la sua massa è almeno tre volte quella solare, il collasso comprime la materia indefinitamente, generando il buco nero, che successivamente può catturare altra materia e aumentare così la propria massa (in rari casi, per fusione con altri buchi neri.) fino a valori di milioni di volte quella del Sole; prima di cadere nel buco nero., la materia gli ruota attorno muovendosi a spirale e formando un disco di accrescimento.

**Osservazione di buchi neri:** Poiché non emettono radiazioni, i buchi neri non possono essere osservati direttamente. E' però possibile rilevare le radiazioni (soprattutto raggi X) emesse dal gas molto caldo del disco di accrescimento. Questo accade, per esempio, nei sistemi binari in cui una delle stelle è un buco nero se esso sottrae gas alla stella compagna. Si ritiene che i fenomeni energetici osservati nelle galassie con nucleo attivo dipendano da quanto avviene nel disco di accrescimento di un buco nero estremamente massiccio posto nel loro centro.

**Singolarità :** Stando alla relatività generale, in certe condizioni estreme alcune regioni dello spazio-tempo acquistano una curvatura infinitamente grande e diventano singolarità: qui le usuali leggi fisiche cessano di valere. Nei buchi neri, per esempio, dovrebbero esservi singolarità nascoste dietro l'orizzonte degli eventi.

### **La Teoria Dei Buchi Neri**

Si immagini una regione dello spazio nella quale la forza gravitazionale attrattiva è così intensa che i raggi luminosi a cui capita di passare troppo vicino vengono deviati secondo una traiettoria circolare una regione da cui la materia, la radiazione o qualunque tipo di comunicazione non può mai fuggire. Questa regione, chiamata buco nero, è uno dei fenomeni più entusiasmanti della fisica teorica e forse l'oggetto più bizzarro dello spazio. Sebbene essi fossero implicitamente previsti dalla teoria della gravitazione di Einstein del 1915, cioè dalla relatività generale, i buchi neri furono "scoperti" teoricamente per la prima volta da Oppenheimer e Snyder nel 1939.

Però, a causa delle loro proprietà pochissimo intuitive, i buchi neri non furono presi in seria considerazione dalla maggior parte dei fisici e degli astronomi fino alla metà degli anni Sessanta. Oggi si è sul punto di confermare la scoperta del primo buco nero nello spazio. Il concetto di buco nero porta alle estreme conseguenze i nostri concetti di spazio e tempo. La superficie di un buco nero chiamata orizzonte, è una superficie di separazione chiusa entro la quale la velocità di fuga è maggiore della velocità della luce. La previsione di tale superficie per corpi abbastanza compatti può essere fatta sulla sola base della teoria della gravitazione di Newton insieme alla relatività ristretta: la velocità di fuga di una particella lanciata dalla superficie di una massa sferica M di raggio R è  $v_f = \sqrt{2GM/R}$ . Quando  $M/R$  soddisfa la relazione  $2M/R > c^2$ ,  $v_f$  supera la velocità della luce e nessuna particella e nessun fotone può fuggire, come è richiesto dalla relatività ristretta. Un risultato notevole è che l'interno di un buco nero non ha relazione causale con il resto dell'universo: nessun processo fisico che avvenga all'interno dell'orizzonte può comunicare la propria esistenza o i propri effetti all'esterno. Per un buco nero sferico di massa M, l'orizzonte è una sfera la cui circonferenza è uguale a 2 n volte il raggio di Schwarzschild del buco  $R_s$ , dove  $R_s = 2M/c^2$  (1' esatta

coincidenza numerica di questo raggio con l'analogo newtoniano è casuale). Un buco nero con una massa uguale a quella del Sole avrebbe un raggio di Schwarzschild di 2,95 km. Secondo la relatività generale, lo spazio e il tempo sono deformati dal campo gravitazionale dovuto ai corpi dotati di massa e la deformazione è più forte in prossimità di un buco nero. La gravitazione influenza tutti i sistemi fisici in maniera universale e quindi tutti gli orologi (siano essi transizioni di una molecola di ammoniaca o battiti cardiaci di un essere umano) e tutti i regoli graduati indicherebbero che il tempo è rallentato e lo spazio allungato in prossimità di un buco nero. Oppure si possono descrivere gli effetti del campo gravitazionale del buco su una misura locale degli intervalli di tempo e delle distanze come un'accelerazione del riferimento di Lorentz locale (in cui è valida la relatività ristretta) rispetto agli altri riferimenti di Lorentz locali in differenti posizioni. I buchi neri si formano quando stelle massicce subiscono il collasso gravitazionale totale. Nell'emettere calore e luce nello spazio, le stelle si equilibrano contro la loro stessa gravità con la forza diretta verso l'esterno dovuta alla pressione generata dal calore dell'energia nucleare liberata al loro interno. Ma ogni stella deve morire. Quando il suo combustibile nucleare si sarà esaurito, essa si contrarrà. Se la sua massa è minore di circa tre volte la massa del Sole, la stella in contrazione si stabilizzerà a un diametro minore, quando l'attrazione gravitazionale diretta verso l'interno non potrà più costringere le particelle che costituiscono la stella ad avvicinarsi ulteriormente l'una all'altra. Una stella siffatta vivrà per l'eternità come nana bianca o stella di neutroni. Ma se la massa della stella è maggiore di circa 3 masse solari, la teoria prevede che la forza diretta verso l'esterno, per quanto grande essa possa essere, non riuscirà a evitare la schiacciante compressione gravitazionale, e la stella imploderà, scomparendo per sempre dalla vista e dando origine ad un buco nero. Recenti dimostrazioni matematiche, eseguite per mezzo della teoria della relatività generale di Einstein, indicano che un buco nero è uno dei più semplici oggetti naturali e può essere descritto completamente da tre sole grandezze: la sua massa, il suo momento angolare e la sua carica elettrica totale. All'infuori di queste tre grandezze, tutte le informazioni sulla stella progenitrice, per esempio se era costituita da particelle o antiparticelle, se era piatta come una frittella o sferica, sono andate perdute mediante onde gravitazionali ed elettromagnetiche poco dopo la formazione del buco. I buchi neri rotanti, chiamati buchi di Kerr (quelli non rotanti sono chiamati buchi di Schwarzschild) si circondano di una regione chiamata ergosfera in cui lo spazio e il tempo sono deformati a un punto tale che tutte le particelle, i fotoni e persino i riferimenti di Lorentz locali sono costretti a ruotare intorno al buco. A grandi distanze da un buco nero, il suo campo gravitazionale si comporta come se fosse generato da una stella ordinaria di massa  $M$ , ubbidendo alla legge newtoniana dell'inverso del quadrato della distanza. Vicino a un buco nero, il campo gravitazionale è di gran lunga più forte di quanto sarebbe previsto dalla teoria newtoniana. Un uomo che fosse risucchiato in un buco nero avente una massa pari a quella del Sole sarebbe fatto a pezzi dalla forza gravitazionale differenziale agente lungo il suo corpo molto tempo prima di avere raggiunto l'orizzonte del buco nero. Dopo che l'orizzonte del buco si è formato, non si possono più ricevere informazioni sul destino ultimo della stella collassata che racchiude al suo interno. I calcoli del collasso (supposto sferico) indicano che la stella è compressa fino a volume zero e densità infinita nel centro del buco nero, in cui forma un punto di forza gravitazionale infinita chiamato singolarità. Per una stella in collasso, la cui massa sia pari a qualche massa solare, gli ultimi spasimi dell'agonia terminerebbero in qualche centomillesimo di secondo (misurato localmente). Gli effetti quantistici, tralasciati nella teoria classica della relatività generale, arresterebbero forse il collasso stellare a una densità inimmaginabile  $\rho$  circa uguale a  $c^5/hG^2$  che corrisponde a  $5 \times 10^{93}$  g/cm<sup>3</sup>, dove  $h$  è la costante di Planck, impedendo così la creazione di singolarità; ma tali effetti non potrebbero impedire la formazione di buchi neri. Secondo le attuali teorie dell'evoluzione stellare, potrebbero esistere ben 100 milioni di buchi neri nella Galassia; ma la loro ricerca non è

**facile, poichè non si potrebbe mai rivelare la presenza di una macchiolina nera di qualche chilometro di diametro contro il cielo notturno**

**Si devono invece cercare i segni dell'interazione fra i buchi neri ed i loro vicini. Quello che potrebbe essere scoperto più facilmente sarebbe un buco nero orbitante intorno ad una stella normale in un sistema binario. Usando le leggi di Keplero, l'analisi del valore e del periodo dello spostamento Doppler della stella normale visibile consente di calcolare se la compagna invisibile ha tanta massa quanto basta per essere un buco nero. Inoltre si potrebbero osservare gli intensi e tremolanti raggi X prodotti quando il gas proveniente dalla stella normale è risucchiato verso il buco nero e riscaldato ad una temperatura di miliardi di gradi mentre percorre la traiettoria a spirale che lo porta nel buco nero in cui verrà distrutto. Tali sono i segni rivelatori della sorgente di raggi X binaria Cygnus XI, un eccellente candidato per un buco nero distante circa 8000 anni luce dalla Terra e situato nella costellazione del Cigno. I buchi neri sono un fenomeno naturale fondamentale. Lo spazio può essere disseminato di buchi neri, che ci attraggono con i loro segreti del tempo e dello spazio dietro un manto di oscurità impenetrabile, una sfida e un premio per la perseveranza di astronomi e fisici.**

### **TEORIE SUI BUCHI NERI DI HAWKING E PENROSE**

#### **Stephen Hawking sui buchi neri quantistici**

**La teoria quantistica dei buchi neri.... sembra condurre a un nuovo livello di imprevedibilità in fisica, oltre all'indeterminazione abitualmente associata alla meccanica quantistica. Ciò si deve al fatto che i buchi neri sembrano avere un'entropia intrinseca e perdere informazioni dalla nostra regione dell'universo.**

**Dovrei dire che queste sono tesi controverse: molte persone che lavorano sulla gravità quantistica, compresi quasi tutti coloro che sono entrati in questo campo provenendo dalla fisica delle particelle, rifiuterebbero istintivamente l'idea che si possa perdere informazioni sullo stato quantico di un sistema. Essi hanno avuto però ben poco successo nei loro tentativi di mostrare come si possano estrarre informazioni da un buco nero. Io credo che saranno infine costretti ad accettare il mio suggerimento che l'informazione è andata perduta, così come sono stati costretti ad ammettere che i buchi neri irraggiano, cosa che era contraria a tutti i loro preconcetti. Il fatto che la gravità sia attrattiva significa che tenderà a formare concentrazioni di materia, le quali daranno origine a oggetti come stelle e galassie. Queste possono resistere per un certo tempo alla tendenza a un'ulteriore contrazione grazie alla pressione termica nel caso delle stelle, o alla rotazione e a moti interni nel caso di galassie. Col tempo, però, il calore o il momento angolare si dissipano e l'oggetto comincia a contrarsi se la massa è inferiore a una volta e mezzo circa la massa del Sole, la contrazione può essere arrestata dalla pressione di degenerazione di elettroni o neutroni. L'oggetto si stabilizzerà nella forma, rispettivamente, di una nana bianca o di una stella di neutroni. Se invece la massa è superiore a questo limite, non c'è nulla che possa arrestarne la contrazione e impedirle di continuare a contrarsi. Una volta che il volume di questo oggetto sia diminuito al di sotto di una certa grandezza critica, il campo gravitazionale alla sua superficie sarà così intenso che i coni di luce saranno orientati verso l'interno... Potete vedere che persino i raggi che riescono a uscire sono inclinati l'uno verso l'altro e sono perciò convergenti anziché divergenti. Ciò significa che c'è una superficie intrappolata chiusa. Deve esserci quindi una regione dello spazio e del tempo da cui non è possibile evadere all'infinito. Questa regione viene detta buco nero. Il suo confine è chiamato l'orizzonte degli eventi ed è una superficie nulla formata dai raggi di luce che non riescono per una inezia a sfuggire verso l'esterno. Quando un corpo collassa a formare un buco nero, va perduta una grande quantità di informazioni. Questa perdita di informazione non aveva in realtà molta importanza nella teoria classica. Si**

potrebbe dire che tutta l'informazione sul corpo collassante era ancora contenuta all'interno del buco nero. La teoria quantistica cambiò però tutto questo. Innanzitutto il corpo in collasso emetteva - prima di attraversare l'orizzonte degli eventi - solo un numero limitato di fotoni, i quali erano insufficienti a trasportare tutta l'informazione sul corpo stesso. Ciò significa che, nella teoria quantistica un osservatore esterno non ha alcun modo per misurare lo stato del corpo collassato. Si potrebbe anche non attribuire una grande importanza a questo fatto, dato che l'informazione sarebbe ancora contenuta nel buco nero, nonostante l'impossibilità di misurarla dall'esterno. Ma a questo punto interviene il secondo effetto della teoria quantistica dei buchi neri.... La teoria quantistica comporta un'irradiazione e perdita di massa dei buchi neri. Pare che essi siano destinati a sparire infine completamente, portando con sé l'informazione contenuta al loro interno.

### Roger Penrose su teoria quantistica e spazio – tempo

Le grandi teorie fisiche del XX secolo sono state la teoria quantistica, la relatività ristretta, la relatività generale e la teoria quantistica dei campi.

Queste teorie sono legate l'una all'altra: la relatività generale fu costruita sulla base della relatività ristretta e la teoria quantistica dei campi si fonda sulla relatività ristretta e sulla teoria quantistica. Benché le quattro teorie menzionate abbiano avuto un successo notevole, non sono senza problemi. La relatività generale predice l'esistenza di singolarità dello spazio - tempo. Nella teoria quantistica c'è il "problema della misurazione". Si può ritenere che la soluzione dei vari problemi che affliggono queste teorie si trovi nel fatto che, prese a se, sono incomplete. Per esempio molti prevedono che la teoria quantistica dei campi eliminerà in qualche modo le singolarità della relatività generale.... Vorrei ora parlare della perdita di informazione nei buchi neri, che sostengo sia pertinente a quest'ultimo problema. Sono d'accordo con quasi tutto ciò che Stephen ha da dire sull'argomento. Mentre però Stephen considera la perdita di informazione dovuta ai buchi neri un'incertezza di più in fisica, al di là dell'indeterminazione della teoria quantistica, io la considero una "indeterminazione complementare". Può darsi che una piccola quantità d'informazione sfugga, al momento dell'evaporazione del buco nero... ma questo piccolo guadagno di informazione sarà molto minore della perdita d'informazione nel collasso (in quello che io considero un quadro ragionevole quanto qualsiasi altro della scomparsa finale del buco nero). Se, per fare un esperimento concettuale, noi chiudiamo questo sistema in una grande scatola, possiamo considerare l'evoluzione dello spazio delle fasi della materia all'interno della scatola. Nella regione dello spazio delle fasi corrispondente a situazioni in cui è presente un buco nero, le traiettorie dell'evoluzione fisica convergeranno e i volumi che seguono queste traiettorie si contrarranno. Di questi sviluppi è responsabile la perdita di informazione nella singolarità nel buco nero. Questa contrazione è in diretta contraddizione con il teorema della meccanica classica ordinaria noto come teorema di Liouville, il quale dice che i volumi nello spazio delle fasi rimangono costanti. Lo spazio - tempo di un buco nero viola dunque questa conservazione. A mio modo di vedere, però questa perdita di volume dello spazio delle fasi è controbilanciata da un processo di "misurazione quantica" spontanea" in cui si guadagna informazione e i volumi dello spazio delle fasi aumentano. Ecco perché io considero l'indeterminazione dovuta alla perdita di informazione nei buchi neri "complementare" all'indeterminazione nella teoria quantistica: l'una è il rovescio della medaglia dell'altra.... Vorrei suggerire che qualcosa va storto nelle sovrapposizioni delle geometrie alternative dello spazio- tempo che si verificherebbero quando comincia a essere coinvolta la relatività generale. Può darsi che una sovrapposizione di due geometrie diverse sia instabile, e che decada in una delle due possibilità alternative.

Io chiamo questo decadere nell'una o nell'altra possibilità alternativa "riduzione obbiettiva", che mi piace come nome perché ha un acronimo molto bello e appropriato, OR (che in inglese

significa" o"). Quale relazione ha con ciò la lunghezza di Planck di  $10^{-33}$  cm? il criterio della natura per determinare quando due geometrie siano significativamente diverse sarebbe la scala di Planck, la quale fissa la scala di tempo alla quale si verifica la riduzione nelle possibilità alternative.

### Storia della scoperta dei buchi neri

**1900**

**Max Plank scopre la radiazione di corpo nero.**

**1905**

**Con un articolo sulla radiazione di corpo nero, Albert Einstein dimostra la natura crepuscolare della luce.**

**1915**

**Tramite studi spettroscopici, Walter S. Adams scopre che la debole compagna di Sirio (cui è dovuta la lieve oscillazione del moto di Sirio) è una piccola stella calda e densa: una nana bianca.**

**1916**

**Einstein pubblica la teoria generale della relatività, formulando equazioni che descrivono la gravitazione.**

**Karl Schwarzschild dimostra che esiste un valore del raggio di un oggetto in collasso per il quale le equazioni della gravità di Einstein diventano "singolari": il tempo sparisce e lo spazio diventa infinito.**

**1924**

**Einstein pubblica il lavoro di Satyendra Nath Bose sulla radiazione di corpo nero, sviluppando la meccanica statistica per una classe di particelle (tra le quali i fotoni). Sir Arthur Eddington propone che la gravità possa strappare elettroni dalle orbite atomiche delle nane bianche.**

**1925**

**Wolfgang Pauli formula il principio di esclusione, che stabilisce che certe particelle non possono occupare lo stesso stato quantico.**

**1926**

**Enrico Fermi e P.A.M. Dirac sviluppano la statistica quantistica per le particelle che obbediscono al principio di esclusione di Pauli (come elettroni e protoni). Quando vengono compresse, queste particelle si respingono reciprocamente, dando luogo alla cosiddetta pressione di degenerazione.**

**1930**

**Sfruttando la statistica quantistica e il lavoro di Eddington sulle stelle, Subrahmanyan Chandrasekhar scopre che il limite di massa per le nane bianche è pari a 1,4 volte la massa del Sole e ipotizza che una stella di massa maggiore debba collassare nel nulla. Eddington si prende gioco di lui.**

**1932**

**James Chadwick scopre il neutrone, la cui esistenza spinge molti ricercatori a ipotizzare che le "stelle di neutroni" possano costituire un'alternativa alle nane bianche.**

1939

Ispirato da conversazioni con i colleghi, Einstein cerca di abbattere il raggio di Schwarzschild una volta per tutte, concludendo, in un articolo comparso in "Annals of Mathematics", che l'esistenza dei buchi neri è impossibile.

1939

Usando i concetti di stelle di neutroni in collasso e nane bianche, J. Robert Oppenheimer e il suo allievo Hartland S. Snyder formulano un'ipotesi sulla formazione dei buchi neri.

-----

## N° 4

### I BUCHI NERI N° 4

#### Gravità e Buchi neri

Il matematico francese Pierre Simon de Laplace nel lontano 1796 fu il primo a parlare di buchi neri. Per capire cosa sono e come funzionano occorre però fare riferimento al fenomeno della gravità:

L'intero mondo della fisica può essere descritto nei termini di quattro forze fondamentali:  
 interazione nucleare debole riguarda la natura più intima della struttura degli atomi  
 interazione nucleare forte riguarda la natura più intima della struttura degli atomi  
 forza elettromagnetica riguarda l'interazione degli atomi con il mondo esterno alla loro struttura

forza di gravità riguarda la più debole di tutte come intensità che assume significato solo quando un numero enorme di atomi è riunito insieme in oggetti delle dimensioni della Terra, o anche maggiori

Quest'ultima è la forza che domina la vita e la morte delle stelle e delle galassie.  
 Massa e Peso.

La Massa M è una proprietà intrinseca di tutti gli oggetti, costituiti da un atomo o da un gruppo di atomi, che definisce la quantità di materia presente in quell'oggetto.

Il Peso P è la forza esercitata dalla superficie terrestre su un oggetto, costituito da un atomo o da un gruppo di atomi, che tende a spingere questi oggetti verso il basso (centro della terra). A differenza della massa il peso dipende dal luogo in cui è situato l'oggetto. Sulla terra il peso di un oggetto è sei volte maggiore di quello che lo stesso oggetto avrebbe se fosse posto sulla Luna.

Quando il fisico Isaac Newton nel 17esimo secolo descrisse la gravità formulò la sua teoria affermando che una massa m attira a se un'altra massa M, con una forza che è direttamente proporzionale al prodotto delle masse in gioco e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza d.

$$F = m M / d^2 ;$$

La gravità quindi, è una forza di attrazione universale , che provoca "la caduta" nel senso più generale del termine e porta ad attirare tra loro gli oggetti come le stelle o le galassie, allo stesso modo in cui la Terra tende ad attirarci a se facendoci "cadere" .

Cos'è un buco nero ?

Se buttiamo una palla in aria, questa raggiungerà una certa altezza, dopodiché ricadrà verso il basso. Più forte la lanceremo, più in alto andrà. Laplace calcolò l'altezza raggiunta da un corpo, in base alle diverse velocità iniziali e trovò che la crescita non avveniva parallelamente: per raggiungere un'altezza elevatissima non era necessaria una velocità elevatissima. Ad una velocità di 40.000 chilometri orari disse lo studioso francese, l'altezza raggiunta diventerà elevatissima, tendente all'infinito. Questa velocità è chiamata velocità di fuga dalla superficie terrestre ed è la velocità che deve raggiungere qualsiasi razzo diretto verso la Luna o verso altri pianeti.

Essendo un matematico, Laplace risolvè questo problema per tutti i corpi sferici, non solo per la Terra. Trovò una formula molto semplice che ci dice che la velocità di fuga V è data da:

$$V = ( 2 G M / R )^{1/2}$$

dove G è una costante che definisce l'intensità della gravità, M è la massa o la quantità di materiale ed R il raggio. Questa formula ci dice che oggetti piccoli ma massivi ( cioè con un alto valore di M ed un basso valore di R ), hanno valori elevati della velocità di fuga. Per esempio, se potessimo comprimere la Terra ad 1/4 delle dimensioni attuali, la velocità di fuga raddoppierebbe. Questa semplice deduzione, ha dato un risultato uguale a quello ottenuto dall'intera Teoria della Relatività.

La luce viaggia ad una velocità di oltre 1 miliardo di chilometri all'ora e nel 1905 Albert Einstein provò che nulla può viaggiare ad velocità superiore a questa. La formula appena vista, può essere cambiata per sapere quale raggio deve avere un oggetto, la cui velocità di fuga corrisponde a quella della luce.

$$R = ( 2 G / c^2 ) M$$

dove c è la velocità della luce. Questo raggio particolare R è noto come "raggio di Schwarzschild" in onore dell'astronomo tedesco che per primo lo determinò partendo dalla Teoria della relatività. In questo modo, sappiamo che il raggio di Schwarzschild della Terra è inferiore ad un centimetro, rispetto al suo raggio attuale di 6.357 chilometri. Nella tabella sottostante sono elencati i valori per alcuni altri oggetti astronomici.

OGGETTO	MASSA ( Masse solari )	RAGGIO ( km )	VELOCITA' DI FUGA ( km/s )	RAGGIO DI SCHWARZSCHILD
Terra	0,00000304	6,357	11,3	9 mm
Sole	1 696 617	2,95	km	
Nana bianca	0,8 10	5.000	2,4	km
Stella di neutroni	2 8	250.000	5,9	km
Nucleo galattico	50.000.000	?	?	147.500.000 km

**Può sembrare strano paragonare la luce ad un razzo vettore o ad una palla, ma fu proprio Einstein a dimostrare che la luce può essere considerata come un insieme di particelle , chiamate fotoni, dotate di massa o più correttamente energia, in virtù della famosa formula**

$$E = M$$

che pone in relazione l'energia E e la massa M. I fotoni viaggiano sempre alla stessa velocità, quella ovviamente della luce, ma quando partono da un oggetto dotato di gravità, perdono energia e, ad un osservatore esterno, appaiono arrossati. Se i fotoni provengono da un buco nero, questa perdita di energia sarà completa e diventeranno completamente invisibili.

Se anche la luce non viaggia ad una velocità sufficiente a raggiungere il valore della velocità di fuga, ( e niente abbiamo detto viaggia più veloce della luce ), nessun segnale di alcun tipo potrà fuggire e l'oggetto sarà "nero". L'unica indicazione della presenza di questo oggetto sarà data dalla sua attrazione gravitazionale.

Sulla sua superficie, questo oggetto si comporta proprio come si dovrebbe comportare un oggetto della sua massa, se potessimo camminarci, la sua gravità cioè, tenderebbe a farci "cadere" ( come avviene in misura enormemente minore sulla Terra ) : ecco il "buco" !

La velocità della luce è di 299.800 km/s; 11 km/s corrisponde a 40.000 km/ora; 147.000.000 km è circa il raggio medio dell'orbita terrestre intorno al Sole.

[Pagina iniziale](#)  
[Inizio Pagina](#)  
[Mappa](#)

### Gravità e Buchi neri

Il matematico francese Pierre Simon de Laplace nel lontano 1796 fu il primo a parlare di buchi neri. Per capire cosa sono e come funzionano occorre però fare riferimento al fenomeno della gravità:

L'intero mondo della fisica può essere descritto nei termini di quattro forze fondamentali:  
 interazione nucleare debole riguarda la natura più intima della struttura degli atomi  
 interazione nucleare forte riguarda la natura più intima della struttura degli atomi  
 forza elettromagnetica riguarda l'interazione degli atomi con il mondo esterno alla loro struttura

forza di gravità riguarda la più debole di tutte come intensità che assume significato solo quando un numero enorme di atomi è riunito insieme in oggetti delle dimensioni della Terra, o anche maggiori

Quest'ultima è la forza che domina la vita e la morte delle stelle e delle galassie.  
 Massa e Peso.

La Massa M è una proprietà intrinseca di tutti gli oggetti, costituiti da un atomo o da un gruppo di atomi, che definisce la quantità di materia presente in quell'oggetto.

Il Peso P è la forza esercitata dalla superficie terrestre su un oggetto, costituito da un atomo o da un gruppo di atomi, che tende a spingere questi oggetti verso il basso (centro della terra). A differenza della massa il peso dipende dal luogo in cui è situato l'oggetto. Sulla terra il peso di un oggetto è sei volte maggiore di quello che lo stesso oggetto avrebbe se fosse posto sulla Luna.

Quando il fisico Isaac Newton nel 17esimo secolo descrisse la gravità formulò la sua teoria affermando che una massa m attira a se un'altra massa M , con una forza che è direttamente

proporzionale al prodotto delle masse in gioco e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza  $d$ .

$$F = m M / d^2 ;$$

La gravità quindi, è una forza di attrazione universale , che provoca "la caduta" nel senso più generale del termine e porta ad attirare tra loro gli oggetti come le stelle o le galassie, allo stesso modo in cui la Terra tende ad attirarci a se facendoci "cadere" .

**Cos'è un buco nero ?**

Se buttiamo una palla in aria, questa raggiungerà una certa altezza, dopodiché ricadrà verso il basso. Più forte la lanceremo, più in alto andrà. Laplace calcolò l'altezza raggiunta da un corpo, in base alle diverse velocità iniziali e trovò che la crescita non avveniva parallelamente: per raggiungere un'altezza elevatissima non era necessaria una velocità elevatissima. Ad una velocità di 40.000 chilometri orari disse lo studioso francese, l'altezza raggiunta diventerà elevatissima, tendente all'infinito. Questa velocità è chiamata velocità di fuga dalla superficie terrestre ed è la velocità che deve raggiungere qualsiasi razzo diretto verso la Luna o verso altri pianeti.

Essendo un matematico, Laplace risolvè questo problema per tutti i corpi sferici, non solo per la Terra. Trovò una formula molto semplice che ci dice che la velocità di fuga  $V$  è data da:

$$V = ( 2 G M / R )^{1/2}$$

dove  $G$  è una costante che definisce l'intensità della gravità,  $M$  è la massa o la quantità di materiale ed  $R$  il raggio. Questa formula ci dice che oggetti piccoli ma massivi ( cioè con un alto valore di  $M$  ed un basso valore di  $R$  ), hanno valori elevati della velocità di fuga. Per esempio, se potessimo comprimere la Terra ad  $1/4$  delle dimensioni attuali, la velocità di fuga raddoppierebbe. Questa semplice deduzione, ha dato un risultato uguale a quello ottenuto dall'intera Teoria della Relatività.

La luce viaggia ad una velocità di oltre 1 miliardo di chilometri all'ora e nel 1905 Albert Einstein provò che nulla può viaggiare ad velocità superiore a questa. La formula appena vista, può essere cambiata per sapere quale raggio deve avere un oggetto, la cui velocità di fuga corrisponde a quella della luce.

$$R = ( 2 G / c^2 ) M$$

dove  $c$  è la velocità della luce. Questo raggio particolare  $R$  è noto come "raggio di Schwarzschild" in onore dell'astronomo tedesco che per primo lo determinò partendo dalla Teoria della relatività. In questo modo, sappiamo che il raggio di Schwarzschild della Terra è inferiore ad un centimetro, rispetto al suo raggio attuale di 6.357 chilometri. Nella tabella sottostante sono elencati i valori per alcuni altri oggetti astronomici.

<b>OGGETTO</b>	<b>MASSA</b>	<b>( Masse solari )</b>	<b>RAGGIO</b>	<b>( km )</b>	<b>VELOCITA' DI FUGA</b>	<b>( km/s )</b>	<b>RAGGIO DI SCHWARZSCHILD</b>
Terra	0,00000304	6,357	11,3	9	mm		
Sole	1	696	617	2,95	km		
Nana bianca	0,8	10	5.000	2,4	km		
Stella di neutroni	2	8	250.000	5,9	km		

### Nucleo galattico 50.000.000 ? ? 147.500.000 km

Può sembrare strano paragonare la luce ad un razzo vettore o ad una palla, ma fu proprio Einstein a dimostrare che la luce può essere considerata come un insieme di particelle , chiamate fotoni, dotate di massa o più correttamente energia, in virtù della famosa formula

$$E = M$$

che pone in relazione l'energia E e la massa M. I fotoni viaggiano sempre alla stessa velocità, quella ovviamente della luce, ma quando partono da un oggetto dotato di gravità, perdono energia e, ad un osservatore esterno, appaiono arrossati. Se i fotoni provengono da un buco nero, questa perdita di energia sarà completa e diventeranno completamente invisibili.

Se anche la luce non viaggia ad una velocità sufficiente a raggiungere il valore della velocità di fuga, ( e niente abbiamo detto viaggia più veloce della luce ), nessun segnale di alcun tipo potrà fuggire e l'oggetto sarà "nero". L'unica indicazione della presenza di questo oggetto sarà data dalla sua attrazione gravitazionale.

Sulla sua superficie, questo oggetto si comporta proprio come si dovrebbe comportare un oggetto della sua massa, se potessimo camminarci, la sua gravità cioè, tenderebbe a farci "cadere" ( come avviene in misura enormemente minore sulla Terra ) : ecco il "buco" !

La velocità della luce è di 299.800 km/s; 11 km/s corrisponde a 40.000 km/ora; 147.000.000 km è circa il raggio medio dell'orbita terrestre intorno al Sole.

**Frère Natalino Cesare De Rossi (Ricerca)**