

salto in alto: superata l'asticella ad una quota maggiore di quella di tutti gli altri, egli passa dallo stato di concorrente allo stato di vincitore.

Nel caso dell'inflazione restano quindi altri due problemi: 1) c'è stato? 2) cosa lo ha determinato? Per tentare di dare soluzione a queste (e forse molte altre) domande dovremmo avere una "sonda" 100, 1.000, 1.000.000 di volte più veloce della luce, per andare a "vedere" al di là delle attuali sorgenti di informazione. Ma dovremmo anche avere vita infinita (o quasi) per studiare le osservazioni fatte dalla sonda ultraveloce e sempre ci rimarrebbe il dubbio: se la sonda fosse stata ancora più veloce, avrebbe scoperto qualcos'altro?

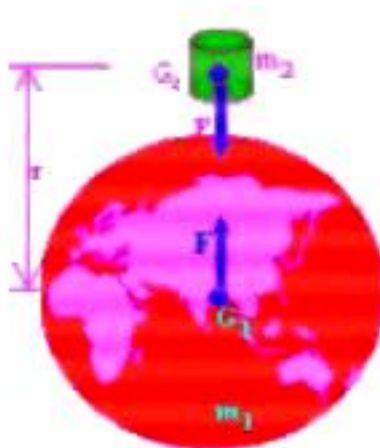
Felice, Tolomeo di Alessandria! La Terra è ferma, poche cose le girano intorno, Dio provvede al movimento delle sfere celesti e tutto è chiaro e semplice! Anche il perché tutto accada gli è chiaro: lo sa Dio e ciò può e deve bastare, di qualunque Dio si tratti.

NASCITA DELLE STELLE E DELLE GALASSIE.

Come nascono le stelle e le galassie (e i pianeti, e le meteoriti, e le comete e tutto il resto)? Occorrono solo due cose: materia e movimento. Ed entrambe le cose nascono al momento del big-bang. E ciò ancora una volta assicura che tutto il futuro, compresa la nostra esistenza individuale, è presente già nel big-bang. Le masse, qualunque esse siano, dovunque si trovino, qualunque struttura fisica o chimica possiedano, esercitano fra loro una forza di mutua attrazione espressa con la relazione

$$F = k * m_1 * m_2 / r^2$$

La mela di Newton (1642 - 1727) cade perché è una massa attratta dalla Terra, che è un'altra massa. Ma se c'è in vista la Luna, la mela cade più lentamente.... Oppure: la mela è ferma e la Terra "sale" per raggiungerla..... Naturalmente quest'ultima ipotesi è "vera" solo tendenzialmente. La legge fondamentale della dinamica $F = (m * a)$ si applica sia alla Terra intera che alla mela, ma le accelerazioni che nascono nei due oggetti sono infinitamente diverse. Ricaviamole: rispettivamente sono $a_T = F / m_T$ e $a_m = F / m_m$. Poiché $m_T \gg m_m$, risulta $a_T \ll a_m$ e quindi accade che ben prima che la Terra si muova per raggiungere la mela, questa è già arrivata da un pezzo!



E se la mela fosse molto grande? Basta vedere l'azione della Luna: essa non riesce a "muovere" la Terra intera, ma almeno le acque tende a strapparle (le maree). Noi chiamiamo "peso" l'attrazione gravitazionale del nostro pianeta sugli oggetti che stanno su di esso. Possiamo però estendere arditamente il significato di peso a tutte le attrazioni gravitazionali e quindi parlare di peso rispetto al Sole, alla Luna, alla galassia di Andromeda, ecc. Esiste una situazione di assenza di peso? In modo assoluto no, ma è possibile in modo relativo a qualcosa: immaginiamo di muoverci su una

traiettoria rettilinea verso la Luna: durante il viaggio diminuisce la attrazione verso la Terra (poiché cresce la distanza da essa) e aumenta quella verso la Luna (poiché diminuisce la distanza da essa): c'è un punto nel quale le due attrazioni sono uguali e quindi il peso relativo ai due oggetti è zero. Attenzione però: resta il peso rispetto al Sole, a Giove, a Sirio, ecc. La forza di gravitazione probabilmente condiziona il futuro (lontano!) del nostro Universo. Questo è ora in espansione, "creando"(*) continuamente nuovo spazio, ma, secondo una certa ipotesi, a lungo andare i corpi celesti perderanno l'energia cinetica iniziale dovuta al Big-Bang a causa della mutua attrazione gravitazionale fra le galassie. A quel punto rimarrebbe solo quella forza, la quale costringerebbe tutte le masse a riunirsi in un unico punto producendo una implosione (Big-Crash) da cui potrebbe nascere un nuovo Universo, cominciando un nuovo ciclo.

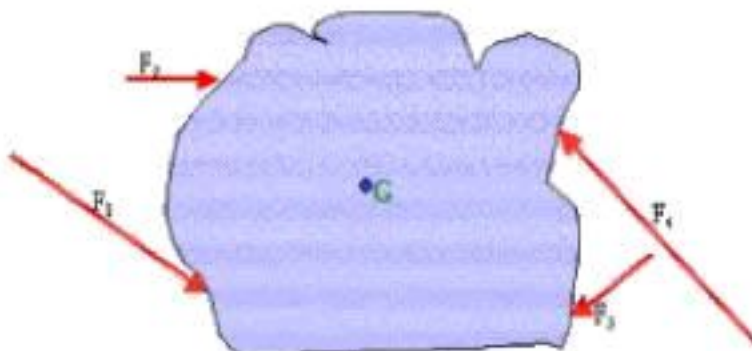
La Via Lattea, come i pianeti, le stelle e le altre galassie, è dotata di moto rotatorio intorno ad un asse. Perché moto rotatorio? Perché è quello che consente di avere la più stabile condizione di equilibrio dinamico, come mostra l'effetto giroscopico, a causa della presenza del momento di inerzia nelle leggi che regolano tale moto. Si chiama momento di inerzia la quantità $J = m * d^2$ dove m è la massa in rotazione e d la distanza dall'asse di rotazione. Il momento di inerzia è un "numero" che misura la facilità (o la difficoltà) di mettere in moto rotatorio una massa (o di arrestarla).

Supponiamo che una forza F agisca sulla periferia di una massa m ad una distanza r dal baricentro: nasce un momento $M = F * r$ il quale rappresenta l'azione rotante, così come la forza F rappresenta l'azione che produce il moto rettilineo, quando passa per il baricentro. Come conseguenza nasce una velocità periferica pari a $v = \omega * r$. Essendo però anche $F = m * a$ sostituendo si ha:

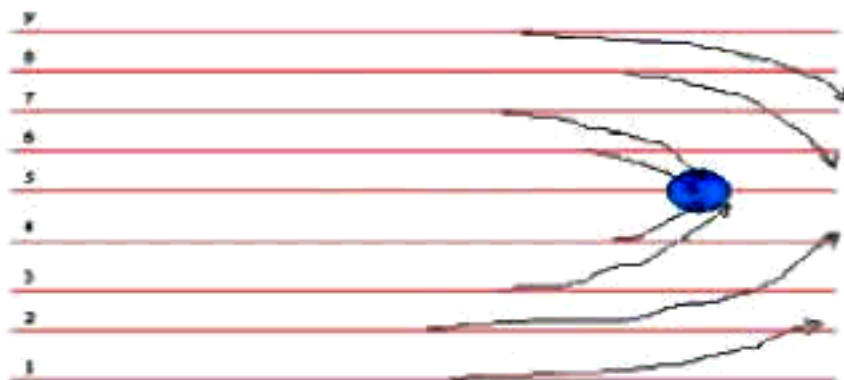
$$M = m * a * r = m * (v_2 - v_1) * r / t = m * (\omega_1 * r - \omega_2 * r) * r / t = m * r^2 * (\omega_2 - \omega_1) / t = J * \varepsilon$$

essendo ε l'accelerazione angolare $(\omega_2 - \omega_1) / t$.

Come si vede lo stato di quiete o di moto di una massa in rotazione dipende da J , il quale assume valori enormi quando r è grande poiché cresce con il quadrato della distanza (o del raggio). Questo vuol dire che, se è vero che è "difficile" porre in rotazione le masse, è altrettanto "difficile" arrestarle.



Rispetto ai corpi celesti quindi, non è tanto necessario indagare perché sono dotati di moto rotatorio (una volta assunto tale moto, "nessuno" può toglierglielo), quanto sapere "quando e come" si sono dotati di tale moto. Supponiamo che la materia nata al momento del Big-Bang fosse dotata di moto rettilineo in allontanamento dal punto di esplosione (se la materia fosse stata dotata dall'inizio di moto rotatorio, la domanda posta prima sarebbe inutile; non solo, ma l'universo tutto intero sarebbe ancora in rotazione, e così sembra che non sia: l'espansione appare per ora rettilinea in tutte le direzioni osservate). Per cause fortuite (forse!) due "pezzi di materia" si uniscono e formano un centro di attrazione gravitazionale rispetto ad altri pezzi. Perché inizia la rotazione? Perché il moto di avvicinamento al centro di attrazione "non è e non può essere" rettilineo provenendo da tutte le direzioni. Alcune aggregazioni "devono" avvenire in direzione tangenziale e ciò provoca il sorgere di momenti. Una volta innescato, il moto rotatorio si mantiene stabilmente perché il momento di inerzia diventa sempre più grande e l'effetto giroscopico diventa eterno.



tutte le particelle hanno inizialmente traiettorie rettilinee e parallele muovendosi verso destra. le particelle 4 e 6 vengono attratte da 5 che quindi aumenta di massa e attrae anche 3 e 7, sempre continuando a muoversi; a questo punto anche 2 e 8 iniziano a deviare dalla retta e si piegano verso 5, che raggiungeranno in un punto più a destra; ora però la massa di 5 è così grande da attrarre anche 1 e 9. le particelle in moto, avendo massa e accelerazione (le loro traiettorie sono curve quindi hanno accelerazione centripeta), possiedono una forza e perciò costringono 5 a mettersi in rotazione. la massa 5 può essere un "pezzo" di supernova esplosa finita dentro una nube di gas.

(*) La creazione di sempre nuovo spazio discende anche dalla necessità di sempre nuovi scambi di energia, dal luogo di produzione (le stelle, le supernovae, ecc.) ad un altro luogo. E' regola generale della termodinamica che il calore (rappresentato dai fotoni) si "muove" da temperature superiori a temperature inferiori. Se l'universo fosse limitato, i fotoni, nei 15 miliardi di anni della loro vita, si sarebbero accumulati al confine producendo un aumento di temperatura all'interno del contenitore-universo, oppure sarebbero rimbalzati indietro mostrando che il calore proviene da due direzioni opposte. Poiché queste due possibilità non si sono ancora verificate possiamo concludere che o l'universo è per natura illimitato, oppure esso si espande proprio per effetto dell'azione della massa-energia che conosciamo. Immaginare un confine significa anche domandarsi come e di cosa è fatto e cosa c'è aldilà. Io preferisco pensare che tale confine non esiste e che lo spazio oltre i punti raggiunti da qualcosa non è vuoto ma "non esiste".

Le galassie sono estesissimi sistemi di stelle legate fra loro dalla gravitazione universale e dotate di moto rotatorio intorno al proprio centro e traslatorio verso un punto comune a due o più di esse, così costituendo gli ammassi. Le galassie sono gli organismi "normali" del nostro universo, cioè non esistono, se non relativamente rare, le stelle isolate. Ciò dipende probabilmente dal fatto che, al momento del Big-Bang si costituirono enormissime nubi di idrogeno separate fra loro. Da ogni nube si costituirono una o più galassie. Nubi piccole non sono in grado di generare nuove stelle e vagano ancora nello spazio intergalattico, aspettando di essere catturate da sistemi più grandi oppure di riunirsi in modo da avere massa sufficiente a trasformarsi a loro volta in galassie(*). Le galassie sono delle isole nell'universo che noi osserviamo, isole lontane fra loro. Ce ne sono piccole (10.000 anni-luce di diametro), grandi (100.000 anni-luce), grandissime (300.000 - 1.000.000 anni-luce), ma le distanze fra loro sono sempre superiori a milioni di anni-luce. Accanto a galassie antiche ed esaurite (globulari) ci sono galassie in piena fioritura e altre ancora in formazione con la generazione di nuove stelle. Alla periferia di molte galassie, come la via Lattea, ci sono ammassi globulari, cioè gruppi di milioni di stelle ormai vecchie(**), e nubi di idrogeno che sono speranze di nuove stelle. Le forme assunte dalle galassie sono varie, ma sempre come risultato di moti rotatori. Le più spettacolari sono forse quelle a spirale con due o più bracci, che hanno quasi l'aspetto di stelle marine. Non mancano però forme a disco, ellittiche, sferiche, sfrangiate. Talvolta si dividono in due parti, altre volte si scontrano(***) per formarne una sola oppure si attraversano poi separandosi. Naturalmente molte di queste cose sono a livello di ipotesi ben fondate, poiché tutto ciò che si è detto avviene in tempi di milioni di anni e le nostre osservazioni sono troppo "giovani" per aver visto realmente ciò che avviene. Basti pensare che sino a 100 anni or sono le galassie erano dette "nebulose" perché i telescopi non erano in grado di distinguere le stelle al loro interno e quindi sembravano nuvole luminose vaganti nello spazio infinito.

(*) Bisogna distinguere fra massa della nube e densità della nube: la massa può anche essere enorme, ma se la densità è piccola (cioè le molecole componenti sono molto distanti fra loro) la forza di attrazione gravitazionale non è sufficiente ad innescare il processo di aggregazione. Ricordiamo che la forza gravitazionale è direttamente proporzionale al prodotto delle masse e inversamente al quadrato della distanza. Ne segue che se la massa è piccola (e tale è quella delle molecole che costituiscono le nubi) e la distanza è grande (non in termini assoluti ma relativi, nel senso che due atomi distanti un millimetro sono in proporzione distanti come la Terra dal Sole) la forza di attrazione è praticamente zero. Se però, per esempio, nel loro vagare, le nubi incontrano un qualche "pezzo" di materia, magari proveniente dall'esplosione di una nova, allora tale pezzo funge da primo attrattore, aumenta la sua massa, attrae altra massa perché la sua forza è aumentata e così via, sino a generare un nuovo corpo celeste.

(**) La vecchiaia delle stelle è di diversi tipi a seconda della massa iniziale. Gli ammassi globulari sono costituiti da stelle che hanno esaurito tutte le possibilità di trasformazione perché erano troppo piccole. Quelle più grandi diventano stelle di neutroni o buchi neri.

(***) Scontrarsi e attraversarsi sono parole un poco improprie poiché le distanze fra le stelle componenti le galassie sono pur sempre grandi rispetto alle dimensioni fisiche [la stella più vicina al Sole (si chiama Proxima Centauri, che in latino significa Vicina del Centauro) si trova a 4,4 anni luce di distanza]. Ciò non toglie che siano possibili veri e propri abbracci di fuoco, a seguito di fusioni generate dalle forze di attrazione gravitazionale.

LA RELATIVITA' DEL TEMPO, DELLA MASSA E DELLO SPAZIO

1) LA RELATIVITA' DEL TEMPO: LA FAVOLA DEI DUE GEMELLI.

Supponiamo di avere due gemelli. Uno, Andrea, fa il mestiere di contadino, l'altro, Biagio, è astronauta ed hanno entrambi 30 anni. Finalmente per il secondo, l'astronauta, arriva il momento del grande viaggio in direzione delle stelle: sale sulla navicella, accende i motori e parte verso l'infinito. A bordo ha un orologio, un calendario e una foto del fratello rimasto sulla Terra ad aspettarlo pazientemente. La navicella è un nuovo modello, il più veloce costruito sino a quel momento, addirittura può raggiungere la velocità della luce in poco tempo.

Passano 20 anni, sulla Terra, si susseguono estati e inverni, periodi di abbondanza e di carestie, guerre seguite da paci che originano nuove guerre, ecc., come è normale abitudine sul nostro pianeta. Ecco che radio e televisione annunciano il ritorno di Biagio. Una gran folla di persone curiose e di giornalisti e di cronisti e di uomini politici si raccolgono all'astroporto. Fra gli altri, con il vestito buono del matrimonio c'è Andrea, il contadino: invecchiato, curvo, con l'artrosi, senza denti, il cranio spelacchiato, con il viso coperto di rughe e di color ruggine. Chi gli sta vicino gli chiede cosa prova, se è contento, gli fa gli auguri e i complimenti per il fratello.

Si apre il portello della nave ed esce Biagio ... giovane e bello quasi come quando era partito!!

Come è possibile che quelli che erano gemelli ora non lo siano più? Questa è per ora una favola, ma è una favola scientifica perché ha una spiegazione perfettamente razionale e sperimentata, non così in grande ma sicura. Il segreto è nella teoria della relatività: quando la velocità cresce il tempo rallenta; se la velocità è uguale a quella della luce, il tempo si arresta e si diventa eterni!

Ma attenzione! Chi vive a quella velocità non ha nessuna sensazione del fermarsi del tempo: solo al momento di un confronto con una realtà a piccola velocità è possibile vedere e constatare la differenza temporale. Questo vuol dire che Biagio ha visto correre il suo orologio, ha tolto i fogli del calendario, ha mangiato bevuto dormito con un ritmo per lui assolutamente normale, secondo le abitudini che aveva sulla Terra, niente gli indicava che lui invecchiava più lentamente di Andrea. Ed eccolo infatti scendere la scaletta della nave atante e forte e sorridente: ha solo 35 anni! E chi è questo vecchietto mal ridotto che mi viene incontro con la faccia ruvida e sorpresa? Sono Andrea, mormora timido, spinto da un telecronista. Biagio torna dentro, torna fuori con la foto: guarda quell'uomo, guarda la foto: Andrea.....?

Prove sperimentali? Sono ormai numerose e di tipo diverso, per esempio:

1. Orbita di Mercurio:

Fu la prima dimostrazione della teoria della relatività. In modo sommario la questione era la seguente: di Mercurio si sapeva tutto, massa, distanza dal Sole, forma dell'orbita, periodo di rotazione e di rivoluzione, ma c'era una discrepanza abbastanza grande (per gli astronomi!) fra le quantità calcolate e le osservazioni. In pratica l'anno di Mercurio "durava" qualche minuto in più (mettiamo 15) di quanto doveva secondo i calcoli e non si trovava la spiegazione. Verso il 1935 un astronomo più intraprendente applicò all'orbita di Mercurio le leggi della relatività, tenendo conto del fatto che il pianeta ha una velocità ben maggiore di quella della Terra, cioè 48 km/s contro 30 km/s, (vedi l'articolo su [Mercurio](#) nelle pagine di astrofisica). Ne segue che il tempo su tale pianeta "passa" più lentamente, per cui l'anno mercuriale misurato dalla Terra è più corto di quello misurato stando su Mercurio. Di quanto è più corto? Esattamente di 15 minuti, i 15 minuti che mancavano per "chiudere" l'orbita di Mercurio.

2. Vita media del mesone:

Il mesone è una particella atomica di massa intermedia (perciò si chiama mesone) fra quella del protone e quella dell'elettrone (1840 volte più piccolo). Sono presenti in natura nel "vento solare" ma hanno però vita brevissima: appaiono e subito dopo (mettiamo un millesimo di secondo) scompaiono in una "nuvola di energia". Appaiono artificialmente quando negli acceleratori di particelle due atomi vengono fatti "scontrare" ad altissima velocità. In questo caso la loro vita è più lunga, mettiamo un secondo!

3. Orologi sugli aerei:

E' stato effettuato un esperimento sulla Terra usando due orologi atomici capaci di misurare i milionesimi di secondo: un orologio "fermo" a terra, l'altro montato su un aereo in volo. Al ritorno a terra l'orologio montato sull'aereo ha mostrato che il "suo" tempo era trascorso più lentamente, cioè: prima di partire i due orologi segnavano entrambi ad esempio le ore 12:00:00,000.000 mentre, al rientro dell'aereo, l'orologio fermo segnava le ore 18:00:00,000.000 e l'altro le ore 17:59:59,999.999, cioè un milionesimo di secondo in meno.

La conclusione è che chi si muove invecchia più lentamente di chi sta fermo, ma di ciò è possibile accorgersi soltanto quando i due tempi si confrontano direttamente: finchè non c'è confronto, il tempo è unico (tempo locale).

Il tempo è una funzione della velocità secondo la relazione

$$t_v = t_0 [1 - (v / c)^2]^{1/2}$$

nella quale t_v è il tempo misurato su una massa che si muove alla velocità v ; t_0 è il tempo misurato su una massa che si muove ad una velocità di riferimento 0; c è la velocità della luce. Come si vede quando la velocità v tende a diventare uguale a quella della luce, il rapporto v / c tende a diventare 1 e quindi dentro la radice rimane zero e infine t_v tende a zero, cioè il tempo si arresta e la massa dotata di quella velocità diventa eterna: quando noi avremo raggiunto la velocità della luce saremo eterni!

Ci sono due piccoli problemi: 1) almeno per ora: è impossibile raggiungere la velocità della luce; 2) quando la massa raggiunge la velocità della luce si trasforma in energia.

1) Infatti per far raggiungere ad una massa la velocità c occorre una energia infinita in quanto, mentre il tempo tende a fermarsi, al crescere della velocità la massa tende a diventare infinita facendo crescere quindi anche l'energia necessaria a produrre il moto. Il fenomeno è simile a quello che si deve affrontare per lanciare un proiettile: per sparare un proiettile più "pesante" occorre usare una carica esplosiva più grande; se il peso è infinito la carica esplosiva deve essere infinita.

Per ora l'uomo non ha energia infinita: il sogno di diventare immortali è per ora non realizzabile.

Vediamo però per curiosità quanto tempo guadagneremmo se raggiungessimo il 90% della velocità della luce. Il tempo di un'ora (3.600 secondi) misurata alla velocità di rotazione della Terra (circa 1.667 km / h) diventerebbe:

$$v = 0,9 * c = 0,9 * 300.000 = 270.000 \text{ km/s}$$

$$t_0 = 1 \text{ h} = 3.600 \text{ s}$$

$$t_v = 3.600 * [1 - (270.000 / 300.000)^2]^{1/2} = 3.600 * 0,436 = 1.569 \text{ s}$$

cioè un'ora diventerebbe meno di mezz'ora! Cioè meglio: mentre sulla Terra passa un'ora media solare, su una massa che viaggia a 270.000 km / s passano soltanto 0,44 ore.

Alla velocità $v = 99 \% c$ il tempo di un'ora si riduce a:

$$t_v = 3.600 * 0,141 = 507 \text{ s}$$

un anno, cioè 365 giorni, diventano $365 * 0,141 = 51$ giorni!

Questo risultato rende evidente come sia possibile vivere ben più a lungo andando più veloci. Per Biagio i 20 anni di Andrea sono diventati 5: a quale velocità media ha viaggiato?

$$5 \text{ anni} = X * 20 \text{ anni}$$

$$X = 5 / 20 = 0,25$$

$$0,25 = [1 - (y / 300.000)^2]^{1/2}$$

$$y = [300.000^2 - 0,252 * 300.000^2]^{1/2} = 290.470 \text{ km / s}$$

Tenendo conto del tempo necessario all'accelerazione e alla decelerazione, Biagio ha sicuramente viaggiato a lungo alla velocità della luce !

L'accelerazione e la successiva decelerazione sono in realtà le fasi che rendono per ora impensabili i viaggi a velocità prossime a quella della luce. Infatti l'organismo umano non è in grado in forma cosciente di sopportare grandi accelerazioni per lungo tempo. Basta ricordare che portare l'accelerazione al valore di 2 g (il doppio dell'accelerazione di gravità) significa raddoppiare il proprio peso e quindi costringere il cuore ad un lavoro doppio, perché anche il sangue raddoppia il suo peso specifico. Le difficoltà fisiologiche sono ancora insormontabili se non per persone, gli astronauti, particolarmente dotate e allenate.

Ma anche per esse c'è un limite invalicabile. Calcoliamo quanto tempo terrestre occorre per arrivare alla velocità di 100.000 km / s (un terzo di quella della luce) con una accelerazione costante di 2 g partendo naturalmente da fermo sulla Terra.

La formula che lega velocità, accelerazione e tempo si scrive ($100.000 \text{ km / s} = 100.000.000 \text{ m / s}$):

$$a = (v_2 - v_1) / (t_2 - t_1) = 2 \text{ g} ;$$

$$2 \text{ g} = (100.000.000 - 0) / (t_2 - 0) ;$$

$$t_2 = 100.000.000 / 2 \text{ g} = 5.097.000 \text{ s} = 1.416 \text{ h} = 59 \text{ giorni}$$

Con le attuali conoscenze medico - tecnologiche è impossibile vivere per due mesi ad accelerazione costante di 2 g!

In questo calcolo ovviamente non si è considerato il volume e il "peso" del combustibile necessario ad imprimere quell'accelerazione. Di questo problema ci occuperemo nel seguito.

2) Massa ed energia sono legate dalla velocità della luce: vedi il paragrafo seguente.

2) LA RELATIVITA' DELLA MASSA

Non solo il tempo varia al variare della velocità, ma anche la massa: in particolare, mentre il tempo diminuisce, la massa aumenta, tendendo a diventare infinita. Da ciò segue che man mano che la velocità cresce, cresce anche la potenza necessaria per sostenere il movimento. In pratica accade anche alle nostre automobili: aumentando la velocità aumenta la resistenza dell'aria e serve più potenza.

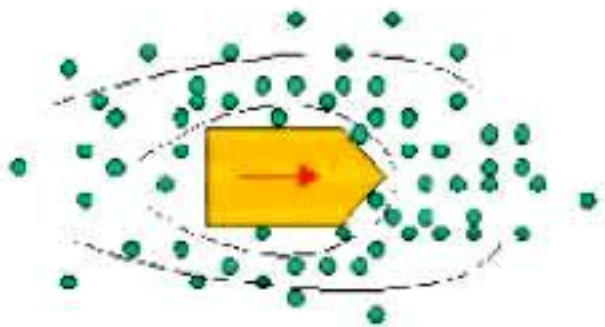
LA RESISTENZA DEL MEZZO

DEFINIZIONE: quando si parla di resistenze al moto, con la parola "mezzo" si indica il fluido "dentro" il quale (o "dentro" i quali) il moto avviene: il sottomarino immerso è "dentro" un fluido, quando è in emersione è "dentro" due fluidi (l'acqua e l'aria), mentre l'aereo è "dentro" l'aria(a).

MECCANISMO: il meccanismo che fa perdere energia "attiva" per trasformarla in energia "passiva" (calore) è sostanzialmente diverso rispetto all'attrito: nell'attrito c'è una forza (dipendente dalle attrazioni molecolari e dall'ingranamento delle superfici) che, muovendosi, produce lavoro e quindi calore, nella resistenza del mezzo l'oggetto in moto deve "aprirsi la strada" fra le molecole del fluido (legate dalla forza di coesione) respingendole ai lati del suo percorso; per ottenere questo risultato l'oggetto deve "spendere" una parte della sua energia cinetica, urtando le particelle del fluido: in questi urti(b) si produce calore.

ESEMPIO: immaginiamo di voler attraversare una stanza piena di patate, senza pestarle. Dobbiamo crearci un passaggio chinandoci a raccogliere le patate, lanciandole lontano dal sentiero nel quale passare: la "fatica" che facciamo è una misura della resistenza del mezzo e il "sudore" che versiamo è una misura del calore sviluppato.

CONSEGUENZE: durante il moto le particelle si addensano davanti al corpo (una parte di esse viene spinta in avanti) e si diradano dietro (occorre del tempo perchè rioccupino tutto lo spazio). Da ciò segue che si ha un aumento di pressione davanti e una diminuzione dietro il corpo (è quindi meno faticoso, a parte il rischio, mettersi dietro un camion andando in bicicletta!). Il fluido si muove lungo superfici (superfici di flusso) inizialmente parallele alla superficie del corpo e poi sempre più ampie e piane (tipico è il moto ondoso sviluppato dalle navi oppure le linee d'acqua intorno alle pietre affioranti in un fiume). Quando le superfici di flusso si incontrano dietro, esse si rimescolano disordinatamente, creando dei vortici (vedi la scia a poppa delle navi oppure a valle delle pietre affioranti in un fiume).



RIMEDI: per ridurre al minimo le conseguenze del moto nel fluido, si costruiscono i solidi con forme aerodinamiche nell'aria o idrodinamiche nell'acqua(c), il cui scopo è appunto quello di "tagliare" meglio il fluido e di ridurre la scia vorticoso.

CALCOLO: la resistenza del mezzo è una forza e pertanto occorre definire direzione, verso, punto di applicazione e modulo.

a) direzione: tangente alla superficie di flusso; b) verso: opposto a quello del moto; c) punto di applicazione: baricentro della superficie di flusso; d) modulo: $R = k * S * V^2$ dove: V è la velocità del corpo, S è la superficie della sezione maestra e k è un coefficiente di proporzionalità che dipende da numerosi fattori:

1) la velocità: quando è molto piccola, l'esponente di V è minore di 2, ma cresce rapidamente; si mantiene circa costante sino a 100 km / h, per poi aumentare di nuovo; alla velocità di 300 km / h il valore di R già dipende dal cubo di V . Da ciò segue la estrema difficoltà di raggiungere grandi velocità al suolo(d); infatti un piccolo incremento di velocità produce un grande incremento di R , e quindi un grande incremento della potenza necessaria alla macchina;

2) la sezione maestra: è l'area massima della sezione del solido misurata in direzione perpendicolare alla direzione del moto. Deve essere la minore possibile in rapporto alla forma del solido: un foglio di carta si muoverà in modo che nella direzione dello spostamento ci sia un lato, non una faccia;

3) il coefficiente k dipende da: a) stato della superficie (finitura): liscia - ruvida, ecc.

b) presenza di rientranze e sporgenze nel solido, le quali creano superfici di flusso secondarie che disturbano il moto (gli specchietti laterali delle automobili, i finestrini aperti, ecc. sono altrettante cause di disturbo e di freno);

c) forma del solido: deve essere allungata e affusolata per creare superfici di flusso compatte e lisce, sia nella parte anteriore che posteriore per penetrare nel fluido e produrre poca scia;

d) natura e temperatura del fluido: da questi due parametri nascono densità e viscosità;

e) turbolenza del fluido: dalla turbolenza o dalla calma del fluido dipende la forma delle superfici di flusso e quindi la forza R ; è ovvio che muoversi contro - vento o in favore di vento comporta resistenze diverse in funzione della energia cinetica già posseduta dal fluido.

VALORI: a parità di tutte le altre cose, la resistenza dell'acqua è almeno 100 volte maggiore di quella dell'aria e quindi nelle navi la cura della forma dello scafo deve essere almeno 100 volte maggiore di quella dedicata alle sovrastrutture.

(a) Qui si parla della resistenza del mezzo su un solido. Fenomeni analoghi accadono anche fra due fluidi in moto relativo fra loro: le correnti marine, la superficie del fiume rispetto all'aria, gli strati d'aria calda in ascesa e quelli freddi in discesa, ecc.

(b) La parola urto deve intendersi in senso molto largo: nella realtà si "urtano" i campi elettrici degli atomi, sia in questo caso che in quello dell'attrito. La vera differenza è nell'usura: l'attrito la produce, la resistenza del mezzo no: per quante volte una nave possa percorrere un tratto di mare, le molecole di acqua non si consumano.

(c) Le navi, che si trovano immerse nei due fluidi, hanno forma idrodinamica nella parte immersa ma, di solito, non molto aerodinamica nella parte emersa, perché la resistenza dell'aria, a piccola velocità, è molto minore di quella dell'acqua. Per le navi veloci e per i velocissimi motoscafi è invece indispensabile ricorrere ad entrambi i tipi di forma.

(d) Gli aerei possono raggiungere grandi velocità quando sono in quota, dove la densità è minore. I razzi per le esplorazioni nello spazio partono con velocità relativamente piccola, e la aumentano man mano che si allontanano dal suolo (naturalmente ciò avviene anche per evitare di creare una enorme forza d'inerzia, dovuta alla grande massa di simili macchine). Per i proiettili questo problema non si pone che in piccola misura: essi hanno ben altro scopo che quello di vincere la resistenza del mezzo, basta aumentare la quantità dell'esplosivo di lancio!

Per la massa accade un fenomeno simile: al crescere della velocità la massa cresce ancora più rapidamente per cui attualmente è impossibile portarsi appresso tanto combustibile da poter soltanto avvicinare la velocità della luce.

Ecco come varia la massa al crescere della velocità:

$$m_v = m_0 / [1 - (v / c)^2]^{1/2}$$

espressione inversa rispetto a quella che regola le lunghezze. Infatti quando v / c tende a diventare 1, il denominatore tende a zero e quindi il rapporto, cioè m_v , tende a diventare infinito. La massa m_0 è quella che si misura nello stato iniziale, anche se la velocità non è zero.

E' ovvio che in queste condizioni anche il motore per la nostra nave e il suo combustibile tendono a diventare di massa infinita (oltre che tendere a trasformarsi in pura energia!) con la conseguenza che non potremo raggiungere la velocità della luce in forma umana.

Ma, si può chiedere qualcuno, è dimostrabile la conversione di massa in energia e viceversa? La prima trasformazione l'abbiamo vista parlando della fusione nucleare che avviene all'interno delle stelle. La seconda è molto più difficile perché non disponiamo di mezzi sufficienti per ottenere velocità ed energie sufficienti nei nostri laboratori. Tuttavia le stelle ci vengono in aiuto: quando un

raggio gamma, proveniente dallo spazio, "colpisce" un atomo si trasforma in due masse: un elettrone e un positrone, che subito si riaccoppiano dando vita di nuovo al raggio gamma: e ciò è stato verificato in laboratorio.

3) LA RELATIVITA' DELLO SPAZIO.

Per noi spazio significa volume e volume significa distanza. Percorrere una certa distanza significa andare da un punto ad un altro. Ma andare si può a diverse velocità, cioè percorrendo quella distanza in un certo tempo. Ma il tempo è variabile a seconda della velocità e quindi è variabile anche la distanza!

Per nostra definizione infatti $v = \text{spazio} / \text{tempo}$. Siccome il tempo è variabile al variare della velocità v , anche lo spazio deve essere variabile, cioè al crescere della velocità le distanze si accorciano. Non solo, noi pensiamo alla distanza misurata su una retta: nel nostro universo le rette non esistono, perché le masse rendono tutto curvo, tanto più quanto più sono grandi e vicine.

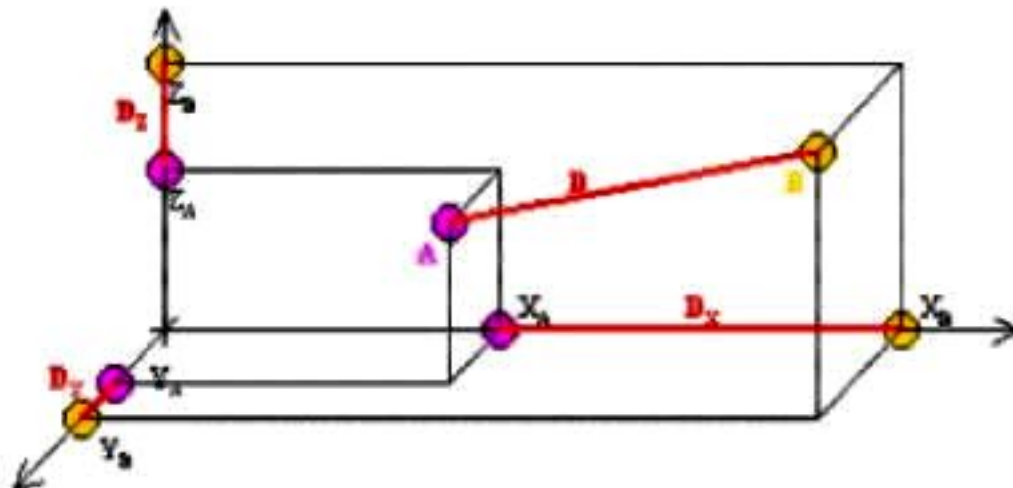


la traiettoria rappresentata nella figura è apparentemente curva, nella realtà di un eventuale viaggio è rettilinea in quanto è la via seguita dalla luce. come si vede la deviazione dalle nostre ipotesi di spazio euclideo sono tanto maggiori quanto maggiore è la massa della stella.

Come è possibile allora misurare la distanza fra due punti? Usando le regole della geometria analitica, data una terna destrorsa di assi cartesiani ortogonali $X Y Z$ la distanza D fra due punti A e B è data dalla somma vettoriale dei tre segmenti $D_X = X_B - X_A$, $D_Y = Y_B - Y_A$, $D_Z = Z_B - Z_A$ che ha per modulo, usando il teorema di Pitagora:

$$D = [D_X^2 + D_Y^2 + D_Z^2]^{1/2} = [(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2]^{1/2}$$

come si ricava facilmente dalla figura in basso.



Se però ad esempio il punto B si muove parallelamente all'asse X verso destra a velocità maggiore di B, il segmento D_X cresce di meno dei segmenti D_Y e D_Z . A questo punto l'espressione della distanza nello spazio euclideo non vale più, occorre tener conto di un termine che dipende dal tempo. In pratica accade che la lunghezza misurata inizialmente D_{X0} (quando il punto B ha piccola velocità, oppure è fermo rispetto al punto A) diventa

$$D_{Xv} = D_{X0} [1 - (v/c)^2]^{1/2}$$

essendo D_{Xv} la lunghezza del segmento quando la velocità è v e c la velocità della luce.

Quando la velocità del punto uguaglia quella della luce, il segmento è senza lunghezza, cioè qualunque massa alla velocità della luce si riduce ad un punto, "pesante" quanto la massa iniziale ma senza dimensioni. Naturalmente questo effetto va aggiunto all'altro che dice che la massa alla velocità della luce si trasforma in energia

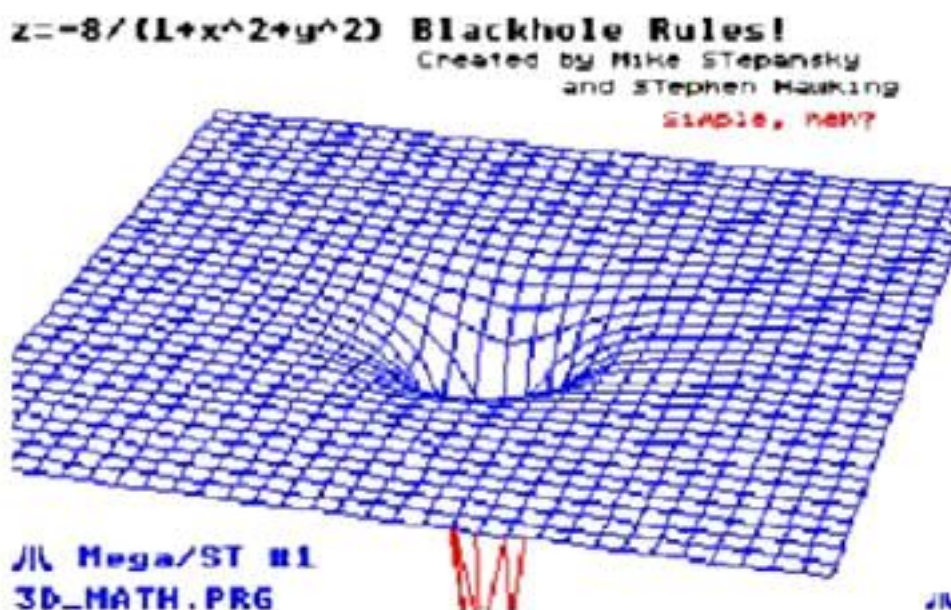
I BUCHI NERI

La figura(*) in calce è la rappresentazione matematica di un buco nero. Essa va interpretata in questo modo: una massa che si trova su una linea radiale si muove verso il centro con velocità sempre crescente e precipita all'interno "all'infinito", così come si allungano verso il basso le linee del disegno. La rappresentazione ha però due difetti molto importanti: 1) è piana; 2) le linee circolari sono chiuse.

1) Il buco nero agisce in tutte le direzioni, secondo superfici sferiche, e quindi bisogna immaginare una sfera con il centro all'infinito, un imbuto sferico che non riempie mai il recipiente al quale è applicato, con linee di forza dirette secondo tutti i raggi, senza preferirne nessuno. Poiché la forza di attrazione diminuisce con l'aumentare della distanza, esiste una sfera tale che, per distanze maggiori, si può fuggire, per distanze minori non c'è scampo al precipitare verso il centro. La superficie sferica così definita prende il nome di orizzonte degli eventi. Il suo raggio non è costante ma cresce man mano che "qualcosa" viene inghiottito. E' come se una bottiglia, più viene riempita, più è vuota e quindi più liquido può contenere.

2) Le linee circolari, sia quelle della figura, sia quelle della sfera descritta al punto 1), non possono essere chiuse poiché così rappresenterebbero stati di equilibrio stabile. Le linee sono probabilmente delle spirali, come le filettature delle viti, con raggio sempre più piccolo, sino a terminare in una "punta" dove avviene In definitiva lo stato di equilibrio all'interno dell'orizzonte degli eventi non è probabilmente possibile, cioè al suo interno si trova una unica direzione di moto: verso il centro.

E' invece possibile allontanarsi se la traiettoria è tangenziale rispetto all'orizzonte degli eventi(**). Ma non basta: il buco nero, o meglio la massa che lo costituisce, come tutti i corpi celesti, ruota intorno ad un asse a grandissima velocità (migliaia di giri al secondo). La simmetria del campo gravitazionale quindi non è perfettamente sferica: nelle direzioni inclinate rispetto all'asse di rotazione, può accadere che le "cose" attratte dal buco nero passino per il suo centro e riemergano "dall'altra parte" in uno spazio dove invece della gravità c'è l'antigravità, qualunque cosa significhi questa parola.



L'esistenza dei buchi neri pare accertata (sono stati accertati casi di stelle che cedono materia verso qualcosa che non si vede) e quindi nasce spontanea l'ipotesi: visto che c'è qualcosa che "mangia" non può esserci qualcosa che "rigurgita"? A questi ipotetici oggetti è stato assegnato il nome di "buchi bianchi". Ai buchi bianchi possono essere assegnati ad esempio due compiti:

- 1) portare in questo universo nuova materia che sostituisce quella sottratta dai buchi neri, o magari anche di più;
- 2) essere collegati con un tunnel ai buchi neri in modo che, penetrando nell'uno, si esce dall'altro percorrendo il tunnel a velocità maggiore di quella della luce, in modo che si finirebbe per riemergere da quello bianco prima di essere entrati in quello nero.

I buchi neri già formati sono però destinati a scomparire, quasi ad evaporare, poiché sono sede di moti rotatori a grandissime velocità. Ma per poter ruotare essi devono spendere una parte della loro energia il che significa appunto la necessità di una loro scomparsa. Naturalmente altri se ne formano con continuità, originati dalla morte delle stelle di grande massa.

(*) L'autore della figura è il prof. Stephen Hawking, inglese, uno dei massimi esponenti nello studio dell'astrofisica. Nel libro (che purtroppo non conosco) dal quale è stata tratta si trova certamente una spiegazione migliore della mia per la sua forma.

(**) La velocità di fuga dalla attrazione gravitazionale di una massa m di raggio r è data da $v = (2 \cdot k \cdot m / r)^{1/2}$ essendo k la costante universale. Nel buco nero $r = 0$ e quindi $v =$ infinito. Se supponiamo che v sia uguale a c (velocità della luce) allora il raggio dell'orizzonte degli eventi vale $r = 2 \cdot k \cdot m / c^2$. Se il buco nero ha una massa pari a quella del Sole il raggio vale solo 35 km; per una massa 100.000.000 di volte quella del Sole $r = 350.000.000$ km. Questa seconda situazione è veramente rara, per cui i raggi dei buchi neri sono di solito piccoli e quindi essi non sono facilmente individuabili (per individuarli occorre scoprirli in azione, cioè mentre "inghiottono" qualcosa).

I TUNNEL DEI BUCHI NERI.

Riprendiamo in esame il compito N° 2 assegnato ai buchi bianchi nel paragrafo precedente: essere collegati con un tunnel ai buchi neri in modo che, penetrando nell'uno, si esce dall'altro percorrendo il tunnel a velocità maggiore di quella della luce, in modo che si finirebbe per riemergere da quello bianco prima di essere entrati in quello nero.

Questa ipotesi è naturalmente tutta da verificare, ma è un indice della estrema possibilità di fantasticare sulla realtà partendo da "ragionamenti" plausibili, cioè fondati su sviluppi di conoscenze acquisite.

Con termine inglese questi tunnel sono indicati con il nome di wormhole e sono una estrema frontiera per pensare di poter viaggiare nel tempo, sia in avanti che indietro. Abbiamo visto che viaggiare nel futuro di qualcuno è difficile ma teoricamente possibile. E viaggiare nel passato?

Si è visto che il tempo ad una certa velocità trascorre in un certo modo, sempre nello stesso verso: da una causa ad un effetto, mai da un effetto alla sua causa. Diciamo positiva questa direzione. Alla velocità della luce il tempo si azzerava, cioè causa ed effetto in un certo senso sono contemporanei, cioè avvengono insieme. E' facile pensare che superando la velocità della luce sia possibile far scorrere il tempo in verso negativo, cioè dall'effetto alla causa, o, meglio, proiettarsi in un certo momento della storia, nel quale il tempo riprende a scorrere nel verso positivo.

Per essere chiari: all'età di 50 anni ritorno al momento nel quale ne avevo 20. A questo punto il tempo riprende il suo corso "normale" perché la mia velocità è tornata ad essere "normale". E' credibile una simile situazione? Biagio può tornare sulla Terra "prima di partire"? per ora dobbiamo dire: "ciò non è possibile", per alcune buone ragioni:

- 1) Nello stesso luogo ci sono Biagio 1 che deve partire e Biagio 2 che è tornato;
- 2) Biagio 1 può decidere di non partire, ma intanto Biagio 2 ha nel suo passato il viaggio che Biagio 1 ha già fatto;
- 3) Biagio 1 può morire mentre sale sulla navicella: come ha fatto Biagio 2 a fare il viaggio dal quale è tornato?
- 4) Se Biagio 1 parte può di nuovo tornare prima di partire e allora nell'astroporto ci sono 3 Biagi: uno che deve partire e 2 che sono già tornati;
- 5) Ma anche le navicelle sono 2: una che deve partire, l'altra che è già tornata! E così via.

Al risultato che non è possibile il viaggio a ritroso nel tempo si può giungere anche per via algebrica. Infatti se nella formula

$$t_v = t_0 [1 - (v / c)^2]^{1/2}$$

si mette $v > c$, cioè se si pensa di viaggiare a velocità maggiore di quella della luce, risulta $v / c > 1$ e quindi dentro la radice rimarrebbe un numero negativo. Per le nostre convenzioni matematiche non ha senso estrarre la radice quadrata di un numero negativo, o meglio per certe operazioni si dice che il risultato è un numero immaginario.

Naturalmente bisogna poi mettersi d'accordo sulla questione se la fisica dipende dalle formule, oppure se esse derivano dalla fisica. Per qualcuno in effetti la fisica è fatta di formule, che, una volta scritte, assumono il significato di vangelo. Invece è la formula che deve cambiare ogni volta che la fisica, specialmente quella sperimentale, mostra che occorre rivedere o affinare le conoscenze. E' qui ovvio accennare al cambiamento di punto di vista quando si passa dalla meccanica newtoniana a quella relativistica a quella quantistica a quella probabilistica, avendo trascurato ovviamente quelle più antiche. Per essere più chiari: la formula scritta prima potrebbe essere valida solo a velocità minori di c , mentre quando la velocità è maggiore di c occorre scrivere un'altra relazione. Ne segue che fidarsi dei risultati algebrici è quasi sempre buona cosa, ma in ambiti ben precisi e sperimentati. Davanti a problemi nuovi o nuove investigazioni, è meglio lasciar da parte le formule e indagare il fenomeno con nuovi occhi per trovare nuove leggi.

Insomma le formule descrivono la fisica, ma non sono la fisica!

In definitiva a mio parere il viaggio a ritroso nel tempo è impensabile perché la natura conosce solo una cosa e cioè il movimento: che esso avvenga in un verso o nell'altro, sempre movimento è! Questa considerazione è del tutto analoga a quella che definisce la temperatura dello zero assoluto.

Se diciamo (teoria cinetica dei gas) che la temperatura è funzione del moto degli atomi, lo zero assoluto corrisponde allo stato di atomi fermi; una temperatura minore dello zero assoluto dovrebbe corrispondere ad un moto inverso degli atomi. Ma un moto in verso opposto è pur sempre un movimento e quindi ha per effetto una temperatura maggiore dello zero assoluto! Insomma: se la

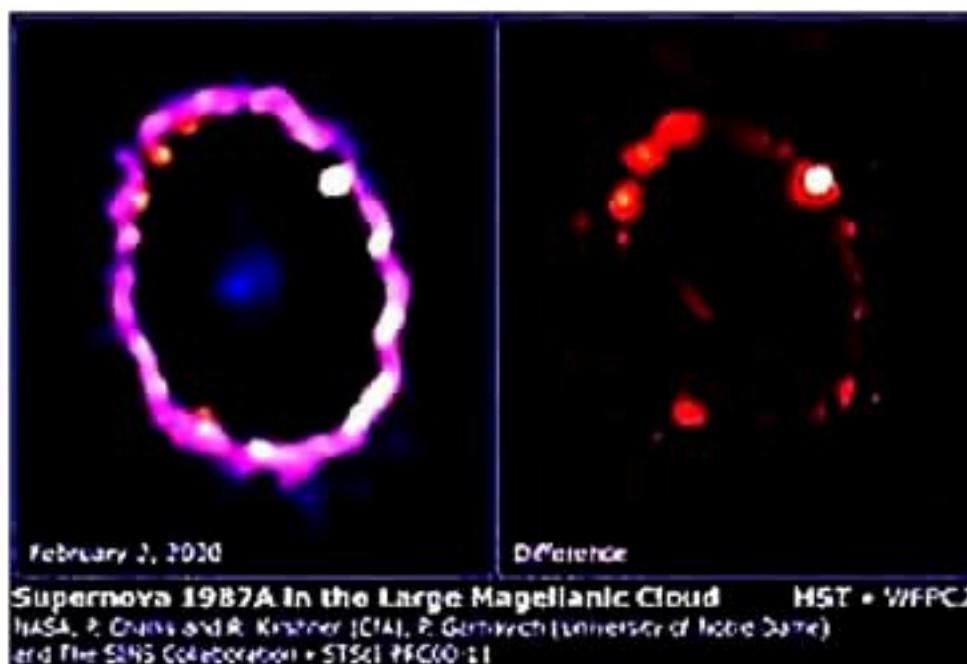
vita e l'esistenza dell'universo hanno come anima il movimento, è indifferente che esso abbia un verso o l'altro per cui il tempo, come la temperatura, non può che essere positiva. Per rendere più "visiva" la questione ricordiamo il film "ritorno al futuro" (oppure al passato?), quando il protagonista torna indietro al momento in cui sua madre è ancora una ragazzina che si innamora del futuro figlio. Costui ha ancora memoria del suo passato e quindi evita di unirsi con la madre. Ma immaginiamo che non riesca a resistere al fascino della madre e si unisca con lei: diventerebbe figlio di se stesso?

LA MORTE DELLE STELLE.

La vita delle stelle consiste nella continua trasformazione dell'idrogeno originario in elio, con la conseguente produzione di calore, luce, insomma radiazione visibile e invisibile(*) di tutte le frequenze. In modo sommario, due nuclei di deuterio si uniscono a formare un nucleo di elio, perdendo una parte di massa che appunto si trasforma in energia (**).

Pian piano quindi l'idrogeno finisce e le stelle si contraggono perché non c'è più sufficiente pressione all'interno. Allora la temperatura sale oltre i 100.000.000 di gradi Kelvin e inizia la sintesi dell'elio in carbonio; finito l'elio, la temperatura riprende a crescere per effetto di una nuova contrazione raggiungendo il miliardo di gradi; a questo punto inizia la sintesi del carbonio, e così via. Alla fine, non essendoci più niente da "bruciare" la contrazione è sempre più grande, sino a raggiungere densità di migliaia di miliardi di volte maggiore di quella dell'acqua, tanto che gli elettroni si uniscono ai protoni e quindi tutti gli atomi diventano in pratica neutroni. La parte superficiale della stella, cadendo verso il centro si riscalda a tal punto che iniziano a verificarsi quelle reazioni che prima si verificavano soltanto nel nucleo, con una tale produzione di energia che il mantello esplode disperdendosi nello spazio interstellare.

A questo punto quindi si ha un nocciolo estremamente compatto (stella di neutroni) e una immensa nube surriscaldata che si allontana a grande velocità. Il fenomeno sommariamente descritto va sotto il nome di supernova e i resti di tali trasformazioni sono ancora visibili nei nostri cieli: per esempio quelli della supernova A 1987, della quale riportiamo una fotografia. Sarà questa la fine del nostro Sole.



questa immagine dalla wide field and planetary camera 2 dell'hubble space telescope è una nuova immagine del resto della supernova 1987a, effettuata il 2 febbraio 2000. l'elaborazione dell'immagine aiuta a rivelare calde zone di emissione laddove l'onda d'urto dell'esplosione di 13 anni fa collide con l'anello circostante. si ringraziano la nasa, peter challis e robert kirshner (harvard-smithsonian center for astrophysics), peter garnavich (università di notre dame) e sins.

Non tutte le stelle finiscono in questo modo: tutto dipende dalla massa iniziale: quelle più piccole del Sole diventano nane bianche, quelle più grandi diventano giganti rosse o novae o buchi neri(***), quelle giganti esplodono versando nello spazio tutti gli elementi che conosciamo sulla Terra: questi elementi sono quelli che generano i pianeti. E' fantastica questa considerazione: la Terra, e gli altri pianeti, è figlia di una stella gigante esplosa prima di 5 miliardi di anni fa!

(*) I raggi gamma (γ) sono le radiazioni elettromagnetiche a più alta frequenza e a minore lunghezza d'onda e possiedono quindi la più grande energia. La loro origine è del tutto casuale poiché dipende dagli urti fra particelle o fra particelle e onde elettromagnetiche, per cui non è prevedibile quando un raggio γ verrà prodotto, mentre è possibile individuare in quali condizioni ciò può avvenire: a) urto fra un protone o un nucleone con un altro protone o un nucleone dotato di velocità prossima a quella della luce: nell'urto si formano delle particelle che dopo un istante spariscono facendo nascere un raggio γ ; b) un elettrone di grande energia urtando un protone o un nucleo sparisce dando luogo ad un raggio γ ; c) un elettrone molto veloce che "urta" un campo magnetico di grande potenza (stella di neutroni) scompare originando un raggio γ ; d) nell'urto fra elettrone e positrone o fra protone e antiprotone (protone con carica negativa) le particelle si annichilano e al loro posto nasce un raggio γ .

(**) Quando due nuclei di deuterio si uniscono, si ottiene un nucleo di elio e una certa quantità di energia, mentre scompare una parte della massa iniziale, secondo la relazione $E = m \cdot c^2$. Supponiamo di avere un protone e un neutrone: la loro massa è $m_p = 1,00759$ u.f.m. e $m_n = 1,00898$ u.f.m. (unità fisica di massa) e la loro somma vale $m_p + m_n = 2,01657$ u.f.m. La massa del deutone (deuterio senza elettrone) è invece di $m_d = 2,01418$ u.f.m. Diremo quindi: prima di unirsi la massa è 2,01657, dopo l'unione la massa è 2,01418 u.f.m.

La differenza è 0,00239 u.f.m. Nelle unità del sistema internazionale risulta $\Delta_m = 0,00239$ u.f.m. = $0,00239 \cdot 1,660 \cdot 10^{-27}$ kg = $396,74 \cdot 10^{-32}$ kg e quindi

$$\Delta_E = c^2 \cdot \Delta_m = (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 396,74 \cdot 10^{-32} = 357,066 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

Naturalmente questa quantità è estremamente piccola, ma le reazioni che avvengono ogni secondo è così grande che il Sole irradia l'energia che conosciamo: in pratica ogni secondo il Sole "brucia" milioni di tonnellate di idrogeno, per cui la potenza irradiata dalla fotosfera del Sole vale $P_s = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W} = 3,8 \cdot 10^{20} \text{ MW}$, cioè ogni secondo avvengono $1,1 \cdot 10^{39}$ fusioni nucleari ($3,8 \cdot 10^{26} \text{ W} / 357,066 \cdot 10^{-15} \text{ J}$). Ciascuna fusione trasforma in energia $396,74 \cdot 10^{-32}$ kg, e in totale

$$1,1 \cdot 10^{39} \cdot 396,74 \cdot 10^{-32} = 437 \cdot 10^7 = 4.370.000.000 \text{ kg / secondo} =$$

4.370.000 tonnellate / secondo

I nuclei di elio, ottenuti come sottoprodotto della fusione nucleare, possono assumere energia e velocità tanto grandi da diventare "luce", passando quindi dallo stato di "materia" allo stato di "energia". Questo fenomeno è comune nel nostro universo e l'elemento che distingue i due stati in materia ed energia, è proprio la velocità: se essa è uguale o di poco inferiore a quella della luce, si ha una cosa che chiamiamo energia; se la velocità è relativamente minore, la cosa è per noi materia. (***) I buchi neri si formano quando la stella di neutroni è tanto massiccia che neppure il nucleo superdenso è in grado di sopportare la pressione del suo mantello esterno.

RICAPITOLANDO

1. sogno:

vita eterna:

la radiazione e la materia, che in fin dei conti sono la stessa cosa, come assicura la legge $E = m c^2$, hanno vita eterna anche se in forme diverse. L'unico problema consiste nell'avere coscienza di sé e del proprio ruolo: se io non so di esistere, come forse gli animali, i vegetali e i minerali, è inutile esistere. Quando io mi sarò trasformato in una radiazione, nel collasso finale dell'universo, mi sarà di poco conforto essere diventato eterno. In fin dei conti, se è vera la teoria del big-bang, io ho almeno 15 miliardi di anni, ma siccome non me ne sono accorto, dico che di anni ne ho solo 65, o forse dovrei dire solo 60 o ancora meno, contando gli anni dal momento che mi sono accorto di esistere.

velocità della luce:

l'inizio della vita eterna cosciente, all'interno di un veicolo spaziale, coincide con il raggiungimento della velocità della luce, non una riga di meno (naturalmente dobbiamo escludere di raggiungere una riga di più). La legge per cui quando $v = c$ risulta essere $t = 0$ è molto suggestiva e promette appunto di dare l'eternità. Bisognerebbe però sapere di quale vita si tratta perché se il tempo "non passa" come facciamo a sapere se ieri c'eravamo oppure no e cosa abbiamo fatto, ecc., cioè la nostra vita sarebbe un eterno presente, uno stato di eterna immobilità intellettuale. In fin dei conti io mi accorgo di essere diventato eterno solo quando so che qualcun altro è morto; ma, per saperlo, mi devo fermare e allora comincio a morire (invecchiare) anch'io. Non so, se questo è vero, quanto possa essere desiderabile vivere / non vivere in tali condizioni.

2. teoria:

vita eterna:

è possibile: come si è detto le leggi della relatività consentono di raggiungere questo risultato e una serie di osservazioni e di esperimenti ci dicono che è possibile sconfiggere la morte, sia in modo parziale, allungando la vita in modo più o meno significativo, sia in modo definitivo.

velocità della luce:

è possibile: come si è detto le leggi della meccanica non escludono questo risultato, anche se richiedono una quantità di energia per ora non alla nostra portata per una massa diversa da un elettrone o da un protone. D'altra parte non credo sia auspicabile la trasformazione in pura energia!

3. realtà:

vita eterna e velocità della luce:

non sono realizzabili: è inutile distinguere i due sogni: non c'è attualmente la concreta possibilità di ottenere l'eternità raggiungendo la velocità della luce.

**SI PUÒ FARE PERÒ UN ALTRO SOGNO:
ENTRARE IN UN BUCO NERO
E VEDERE L'EFFETTO CHE FA!**