



## IST. TECN. NAUTICO BUCCARI

ANNO SCOLASTICO 2002-2003: PROGETTO DI CORSO INTEGRATIVO:

### BIG-BANG E RELATIVITA': SOGNO, TEORIA E REALTA'

Fra i sogni più antichi e persistenti dell'uomo c'è quello dell'eternità. Modernamente si sono aggiunti quelli della velocità e dell'ubiquità. La diffusione anche se sommaria delle teorie del Big - Bang e della relatività ha accentuato nei giovani curiosi il desiderio di trovare una soluzione razionale ai sogni.

#### OGGETTO

Esposizione in forma discorsiva della teoria del Big - Bang: 1) nascita ed evoluzione del nostro universo; 2) nebulose, galassie, stelle; 3) vita e morte dell'universo; 4) la relatività di massa, spazio e tempo; 5) viaggi fra le stelle.

#### OBIETTIVO

Offrire agli alunni una panoramica delle moderne visioni concernenti l'universo che ci circonda.

#### DESTINATARI

Un gruppo di 10 alunni di tutte le classi accomunati dalla curiosità intorno all'esistenza.

#### MODALITA' ESECUTIVE

12 ore in unità di 2 ore settimanali in orario extracurricolare nei mesi di marzo e aprile 2003. Lezioni frontali seguite da discussioni in risposta a domande degli alunni.

#### MATERIALE DIDATTICO

Computer, proiettore di immagini, internet, CD, lavagna, gesso, ecc.

### SVILUPPO

E' proprio necessario credere in un Dio? Forse no, ma sin dalla più remota antichità gli uomini hanno sentito la necessità di immaginare un ente che non avesse le sue stesse limitazioni: cioè per esempio fosse immortale, anziché avere un passaggio breve e spesso doloroso in questa "valle di lacrime". Che poi il Dio sia uno solo o multiplo, buono o cattivo, di forma umana o animale o misto, che sia un fenomeno naturale come il fulmine o la pioggia, oppure un essere soprannaturale e inconoscibile, aveva e ha poca importanza: almeno la fantasia non ha mai avuto limiti.

Ma questo Dio ha bisogno di un intermediario, di un interprete, di un uomo che ne ascolti i precetti e li trasmetta agli altri uomini, e ne sorvegli l'esecuzione.

E inoltre ha spesso bisogno di essere rappresentato in parole oppure in statue o in dipinti o in simboli che lo ritraggono in forme sempre comprensibili anche ai meno dotati di fantasia.

### OGGI E' POSSIBILE PENSARE CHE ANCHE L'UOMO PUO' DIVENTARE IMMORTALE.

L'uomo comune è legato alla Terra, è troppo pesante e poco muscoloso per andare veloce: ecco allora inventare il cavallo come macchina per correre ed evocare immagini come il vento o invidiare gli uccelli apparentemente slegati dalla Terra. Anche molti dei tuttavia soffrono come gli uomini per il peso ed ecco inventate creature divine dotate di ali oppure uccelli dotati di natura divina. E guai agli uomini che sognano e tentano di volare anch'essi! La punizione è pronta e terribile: Icaro non si accontenta dell'umile spostamento fra due luoghi, si esalta e viene punito.

## OGGI LA VELOCITA' PUO' ESSERE PENSATA IN TERMINI DI INFINITO O QUASI, RICORRENDO AD UN PARADOSSO RELATIVISTICO.

Come sarebbe bello se potessi essere in aula e contemporaneamente in campagna, al sole, con la mia ragazza! Dove abita Dio? Nelle antiche culture il Dio abitava, era presente solo nei luoghi a lui dedicati: il tempio, il pozzo, la montagna, ecc. Modernamente in molte culture Dio è "in ogni luogo", è cioè sempre presente dappertutto e osserva tutto e tutti sino a poter affermare con un proverbio che "non si muove foglia che Dio non voglia". Questa immanenza panteistica ha qualche riscontro nell'antichità, ma legata ad un'anima universale; oggi invece Dio è considerato una presenza reale anche se invisibile. Tuttavia ancora c'è chi ritiene indispensabile andare in chiesa o in moschea o in sinagoga o in un altro luogo ben preciso e delimitato per poter essere alla presenza della divinità.

## PER ORA L'UBIQUITA' NON PUO' NEPPURE ESSERE PENSATA PERCHE' SIAMO FATTI DI MATERIA.

### IL BIG - BANG.

Principio antropico. In fisica vige il principio di causa ed effetto: data una causa deve verificarsi un effetto, e viceversa se si nota un effetto deve cercarsi una causa. E' ovvio che all'inizio c'è non un effetto ma una causa. Noi ormai siamo quasi certi dell'effetto Big-Bang: rimane da cercare la sua causa. Per quanto mi riguarda questa ricerca non mi toglie il sonno, mi basta, almeno per ora, sapere che c'è stato e ciò mi affascina e mi fa fantasticare a sufficienza. Quel che trovo invece non conveniente è il passare dalla ricerca di una causa per il Big-Bang (problema di fisica) alla ricerca di un "perché". Mettendo da parte la risposta religiosa (non si chiede a Dio "perché" ha fatto qualcosa!) rimane da discorrere brevemente del cosiddetto principio antropico, secondo il quale l'infinita sequenza di avvenimenti dal Big-Bang ad oggi ha avuto l'unico scopo di creare l'uomo che osserva ciò che è avvenuto. Cioè il fine ultimo insito nella Natura (personificata!) è quello di creare il suo osservatore, cioè ancora i cani esistono solo perché l'UOMO possa portarli a passeggio la sera con guinzaglio e museruola, cioè ancora se questo universo non avesse creato l'uomo non avrebbe creato neppure i cani, né le pulci che abitano su di essi, né.... e così via indietro nel tempo. Se io fossi abbastanza superbo, potrei dire che l'unico scopo di tutta la creazione è stato farmi nascere, e quando io sarò morto, con me sarà morto il miglior prodotto del big-bang, ragion per cui l'universo rimarrà senza nessuno scopo! Insomma, per farla breve, se non c'è osservatore, non c'è niente da osservare! E' questo per sommi capi il principio antropico (antropos = uomo in greco) e ciò per me è più vicino al principio di un Dio creatore che alla fisica.

Da un punto di vista meno metafisico (la metafisica studia di più i "perché" delle cose anziché i "come") alcuni studiosi pongono quest'altra definizione: le caratteristiche chimiche e fisiche, comprese le costanti universali come la velocità della luce, la costante di Planck, la carica dell'elettrone, ecc. sono state "fatte" in modo che in questo universo abbia potuto nascere l'uomo. In realtà se la Terra fosse stata più vicina al Sole, oppure con meno acqua, oppure senza ossigeno, ecc. l'uomo non avrebbe potuto nascere. Ne segue che, visto che le possibilità a noi offerte sono state così peculiari rispetto alle infinite combinazioni, deve esserci un qualche Ente che ha voluto far sì che accadesse quel che è accaduto. Ma, allo stesso tempo, non pregiudica il fatto che ci siano infiniti altri universi nei quali la vita come noi la conosciamo non esiste, oppure che ci siano altri infiniti universi nei quali la vita è completamente diversa dalla nostra.

Molti sono stati i modi inventati dalle diverse culture per spiegare la genesi del nostro universo. Uno dei noti a noi occidentali, ma non solo a noi, è quello descritto nella Bibbia, proprio con il nome di Genesi, cioè nascita della Terra e di tutto il visibile sulla volta celeste. In modo molto sommario la Genesi suppone che esista da sempre e sempre esisterà un ente superiore, chiamato Dio, il quale per suoi fini, ha creato il tutto dal nulla. E finché si resta nel campo della fede e della religione non c'è

nulla da obiettare: ciascuno è libero di credere quel che gli pare, secondo anche solo quello che la sua tradizione culturale pretende. Diverso è il caso quando si passa alla Scienza con la s maiuscola. In questo caso è indispensabile conoscere le leggi che regolano i fenomeni naturali, si pongono delle ipotesi e si studia una teoria da sottoporre a verifiche e prove sperimentali. Se le verifiche prolungate nel tempo danno risultati certi e conformi alla teoria, solo allora si accetta la teoria come vera.

Negli ultimi cento anni si sono susseguite con ritmo sempre più incalzante scoperte e invenzioni che hanno portato, verso la fine degli anni venti del secolo scorso, alla formulazione di una teoria di natura fisica e astronomica che riguarda proprio la genesi del nostro universo, nota sotto il nome di teoria del big-bang. Alcune delle scoperte sono: 1) le nebulose (nuvole) sono in realtà aggregazioni di miliardi di stelle, che noi ora chiamiamo galassie; 2) il moto di allontanamento delle galassie fra loro (che noi ora chiamiamo espansione dell'universo); 3) l'attività nel campo della radiazione x delle galassie più antiche; 4) il processo di formazione degli elementi in modo artificiale negli acceleratori di particelle; 5) lo spostamento verso il rosso, red shift, (o verso il violetto) della radiazione luminosa (effetto Doppler); ecc.

Quella del Big-Bang è appunto una teoria sulla nascita dell'Universo come lo conosciamo ora. Il Grande Scoppio è avvenuto tra 15 e 25 miliardi di anni or sono. Il nostro Sole è una stella giovane poiché ha "solo" 5 miliardi di anni. La grande incertezza sulla data di "nascita" dell'universo dipende dalla, per ora, impossibilità di determinare con "esattezza"(\*) la distanza delle stelle più lontane e la loro velocità. Tutto dipende dal valore da dare a una costante (costante di Hubble) la quale può variare, a seconda degli studiosi, da 50 a 100, per cui l'età del nostro universo può essere 10 o 30 miliardi di anni. E' però generalmente accettata la teoria del Big-Bang. Le discussioni, sempre più ampie, nascono quando si cerca di definire: 1) cosa c'era all'istante  $t = 0$ ; 2) cosa è accaduto fra  $t = 0$  e  $t = 10^{-35}$  s(\*\*); 3) cosa accadrà nel futuro. Chiaramente nessuno scienziato si pone il problema di studiare per quale motivo ciò è avvenuto: agli studiosi interessa conoscere il "come" e il "quando"(\*\*\*) , mentre il "perché" è di pertinenza della religione. I conflitti nascono quando la religione si occupa del come e del quando del mondo fisico (vedi le vite di Copernico, di Keplero, di Galileo, ecc.), oppure quando lo scienziato pieno di fede in una certa religione affianca ai risultati sperimentali una spiegazione sul "fine" dei fenomeni osservati, del tipo: ciò accade per punire o premiare gli uomini.

La teoria del Big-Bang per ora poco può dirci su ciò che accadde nei primi centomilionesimi di miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo, ma ci sono ottime spiegazioni di ciò che avvenne da allora ad oggi. In particolare, dopo 3 minuti dall'inizio era tutto finito, cioè l'universo da allora ad oggi non poteva funzionare in nessun altro modo che quello che vediamo: tutto ciò che ci circonda e noi stessi abbiamo il nostro passato e il nostro futuro scritto in quei 3 minuti. Avremmo potuto essere diversi (o non esserci del tutto) se in quei 3 piccolissimi minuti fosse successo qualcosa di diverso da quello che è successo.

## NASCITA DEL NOSTRO UNIVERSO: PRIMA FASE

(seguendo il libro "L'universo alle soglie del duemila" della prof. Margherita Hack, Biblioteca universale Rizzoli, 1996)

All'inizio c'era un uovo .... Si potrebbe cominciare così la storia del nostro universo, ma qualcuno potrebbe giustamente chiedere: per fare l'uovo prima deve esserci la gallina .... Ecc ecc. Riprenderemo nel seguito questa questione, per ora diciamo che ci è impossibile sapere cosa c'era prima dell'uovo. Chi vuole può tranquillamente pensare che la gallina c'era da sempre e aspettava semplicemente la voglia o la necessità di fare un uovo. L'importante è rendersi conto che il big-bang è un evento assolutamente singolare per noi e quindi per ora non siamo in grado di stabilire con certezza cosa c'era prima e cosa ha determinato il cambiamento di situazione che ha portato alla nascita di questo universo.

C'era un uovo .... Dove? Quando? Secondo la teoria del big-bang il dove non esiste perché il luogo, cioè lo spazio, nasce insieme all'uovo: il primo luogo è quello dove si trova l'uovo e non ce ne sono altri; man mano che l'uovo cresce si crea lo spazio, l'uovo stesso con le sue dimensioni è lo spazio.

Possiamo anche dire che per noi lo spazio è rappresentato dalla distanza fra due oggetti distinti: ma se siamo in un punto matematico (e quindi senza dimensioni!), se l'oggetto è uno solo, allora non possiamo misurare distanze, cioè lo spazio non esiste. Immaginiamo di avere un palloncino di gomma inizialmente grande come un punto matematico, dentro il quale si trova un microbo ancora più piccolo, il quale costringe il palloncino a gonfiarsi. All'inizio per il microbo esiste lo spazio? Certo che no! Conosce qualcosa fuori del palloncino? Certo che no! Per lui lo spazio è quello che man mano si va formando con la dilatazione del palloncino. Vedremo una ipotesi (fluttuazione di un campo di forze) sul palloncino iniziale, ma subito possiamo dire quale cosa lo fa gonfiare: una energia di intensità straordinaria!

Seguiamo lo schema suggerito dalla professoressa Margherita Hack. Supponiamo che tutto ciò che conosciamo, stelle, pianeti, calore, luce, galassie, ecc. si avvicinino all'infinito fra loro a causa della attrazione gravitazionale. Quale conseguenza si ha? Una molto semplice: maggiore pressione, maggiore temperatura; la temperatura è una diretta conseguenza dell'agitazione degli atomi, i quali si scontrano con sempre maggiore energia sino a "rompersi" nei loro costituenti più intimi. Come possiamo affermare una cosa del genere? E' questo un risultato sperimentale ottenuto negli acceleratori di particelle, macchine nelle quali elettroni e protoni sono portati a velocità simili a quella della luce e fatti scontrare fra loro: a quella velocità i protoni si "rompono" in particelle più piccole chiamate quark.

Ma la temperatura raggiunta quando tutta la materia dell'universo si concentra in un punto è ben maggiore di quella ottenuta nelle nostre macchine: più alta di  $10^{32}$  °K! E quanto spazio occupa questa "cosa"? Tendenzialmente uno spazio zero, perché non c'è motivo per cui la concentrazione della materia si fermi, in quanto l'attrazione gravitazionale è sempre più "forte" man mano che la distanza fra le particelle diminuisce: minore è la distanza, maggiore è la forza, minore lo spazio occupato, sino a ridursi ad un punto nel quale lo spazio non ha più significato!

E' la situazione che ancora oggi si verifica nel cuore dei buchi neri. Per avere un'immagine visiva, prendiamo una pinza a coppette e raccogliamo una porzione di gelato e immaginiamo che più stringiamo e più piccole diventano le coppette, sino a quando gelato e coppette diventano un punto.

Ecco: era questa la situazione al momento del big-bang e questa sarà la situazione fra 15 o 20 o 30 miliardi di anni se l'espansione dell'universo si arresterà e inizierà la contrazione verso un nuovo big-bang.

Cosa succede quando la contrazione finisce? Cosa succede al tempo zero nel quale tutto comincia? A queste domande non si può rispondere perché a tempo zero e spazio zero le leggi fisiche e chimiche che noi conosciamo non valgono più e non possiamo inventare leggi e formule senza nessun esperimento che ne certifichi la validità.

Ma subito dopo l'inizio, al tempo  $t = 10^{-44}$  secondi, cioè un centesimo di milionesimo di miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo, con la temperatura scesa a

$10^{32}$  °K, allora si che possiamo cominciare a ragionare, in funzione delle nostre conoscenze su ciò che accade negli acceleratori di particelle. Cosa c'è nel palloncino che ha appena appena cominciato ad espandersi da una situazione che non possiamo immaginare? Nel palloncino ci sono particelle di materia e di antimateria, ci sono forze, ci sono fotoni, in un miscuglio indistinto e tale che le diverse cose si scambiano di natura e di ruoli.

In primo luogo ci sono i QUARK, cioè le particelle di materia che ancora oggi formano l'universo. Dicendo 1 la massa dell'elettrone si va dal quark up (su, in inglese) che vale 2, sino al quark top (alto) che vale 350.000 volte la massa dell'elettrone.

Ci sono poi i LEPTONI (dal greco leptos che vuol dire leggero, sottile) che comprendono gli elettroni, i neutrini, i muoni e i tauoni, "cose" che ora hanno scarsa importanza salvo i primi.

E infine ci sono i GLUONI, brutta parola che viene dall'inglese glue, che vuol dire "colla": i gluoni sono infatti le forze che legano fra loro ad esempio i quark i quali costituiscono i protoni (2 up e 1 down) e i neutroni (1 up e 2 down).

Ma accanto ad ogni particella ci sono le antiparticelle, con la stessa massa ma carica elettrica opposta: i positroni, cioè antielettroni, gli antiprotoni, gli antimuoni, ecc. Quando due elementi opposti si incontrano si annullano (annichilano, dal latino nihil che vuol dire "nulla") cioè scompaiono e al loro posto nasce una dose di pura energia, un raggio gamma.

Ecco la tabella delle particelle riprodotta dal libro della prof. Hack:

VARIE SPECIE DI PARTICELLE

Nome	Simbolo	Massa (elettrone = 1)	Carica (protone = 1)
<b>QUARK</b>			
up (su)	u	circa 2	$\frac{2}{3}$
down (giù)	d	circa 6	$\frac{1}{3}$
charm (incanto)	c	circa 3000	$\frac{2}{3}$
strange (strano)	s	circa 200	$\frac{1}{3}$
top (alto)*	t	circa 350 000	$\frac{2}{3}$
bottom (basso)	b	circa 9000	$\frac{1}{3}$
<b>LEPTONI</b>			
elettrone	e-	1	-1
neutrino elettronico	$\nu_e$	minore di 0,0001	0
muone	$\mu^-$	207	-1
neutrino muonico	$\nu_\mu$	minore di 1,1	0
tauone	$\tau^-$	3491	-1
neutrino tauonico	$\nu_\tau$	minore di 500	0
<b>GLUONI</b>			
gluoni forti		0	$\frac{1}{3}$ (*)
gluoni deboli	W	85	-1 o -1
	Z	95	0 (**)
fotoni		0	0 (***)
gravitoni		0	0 (****)

(\*) Interazione forte: Lega i quark dentro gli adroni.  
 (\*\*) Processo di decadimento radioattivo degli adroni e dei leptoni.  
 (\*\*\*) Onde elettromagnetiche: legano gli elettroni al nucleo.  
 (\*\*\*\*) Gravitazione: lega i pianeti al Sole e le stelle alle galassie.

\* Rivelato nel febbraio 1995 dal Fermilab.

Questo fenomeno è di immensa importanza perché è l'ennesima conferma dell'equivalenza fra massa ed energia in quanto è indifferente per l'equilibrio dell'universo la presenza di una certa massa al posto di una data quantità di energia o viceversa. Ne segue che se l'energia è sufficiente si possono formare coppie di masse opposte, oppure se ci sono masse opposte si possono trasformare in energia: è essenziale che la somma delle masse sia zero e sia zero la somma delle cariche elettriche.

Materia e antimateria non possono esistere nello stesso luogo; all'inizio c'è tanta materia quanta antimateria: perché ora c'è solo materia? Possiamo dividere la discussione in tre parti:

1. la materia ha una vita estremamente breve ma un poco più lunga di quella dell'antimateria (è questo un risultato sperimentale) per cui fra le coppie create dall'energia iniziale sono sopravvissute solo quelle di materia che ora formano tutto l'universo a noi noto;

2. non sappiamo se da qualche parte ci sono antigalassie, antistelle, antipianeti, antialberi e antiuomini; 3. particelle di antimateria viaggiano nello spazio provenienti dalle stelle dove vengono prodotte con continuità e antimateria si produce sulla Terra nelle macchine acceleratrici. La formazione della materia e dell'antimateria produce una diminuzione della temperatura iniziale di  $10^{32}$  °K, mentre l'annichilamento la fa risalire. Però man mano la materia aumenta rispetto al suo opposto, per cui in definitiva essa diminuisce.

Quando la temperatura scende a un milione di miliardi di gradi, i quark si uniscono finalmente a formare protoni e neutroni e i loro opposti; l'universo è nato da  $10^{-12}$  secondi. Vediamo di descrivere alcune di queste particelle.

I gluoni forti sono le forze che legano fra loro i quark che formano i protoni, i neutroni e i mesoni (i mesoni sono particelle effimere, cioè che scompaiono in brevissimo tempo, di massa intermedia fra protone ed elettrone; trovandosi "in mezzo" sono chiamati appunto mesoni).

I gluoni deboli servono per cambiare la natura dei quark da strange o charme in up o down. I fotoni sono le forze che tengono insieme il nucleo e gli elettroni che ruotano intorno: per far cambiare orbita verso l'esterno ad un elettrone occorre fornire fotoni; quando l'elettrone ritorna sull'orbita di partenza, riemette lo stesso fotone.

I gravitini sono le particelle che generano l'attrazione gravitazionale e non sono doppi, cioè per ora non conosciamo l'antigravità.

I neutrini elettronici forse non hanno massa; sono prodotti in enormi quantità da tutte le stelle e viaggiano indisturbati per tutto l'universo; si calcola che ciascun centimetro quadrato di superficie sia attraversato, senza lasciare traccia, da 1.000 miliardi di neutrini al secondo! Il fatto è che il neutrino è soggetto solo al gluone debole il quale agisce a distanze molto minori del raggio del nucleo, per cui ben difficilmente può essere catturato e quindi rivelato in tutta la sua natura.

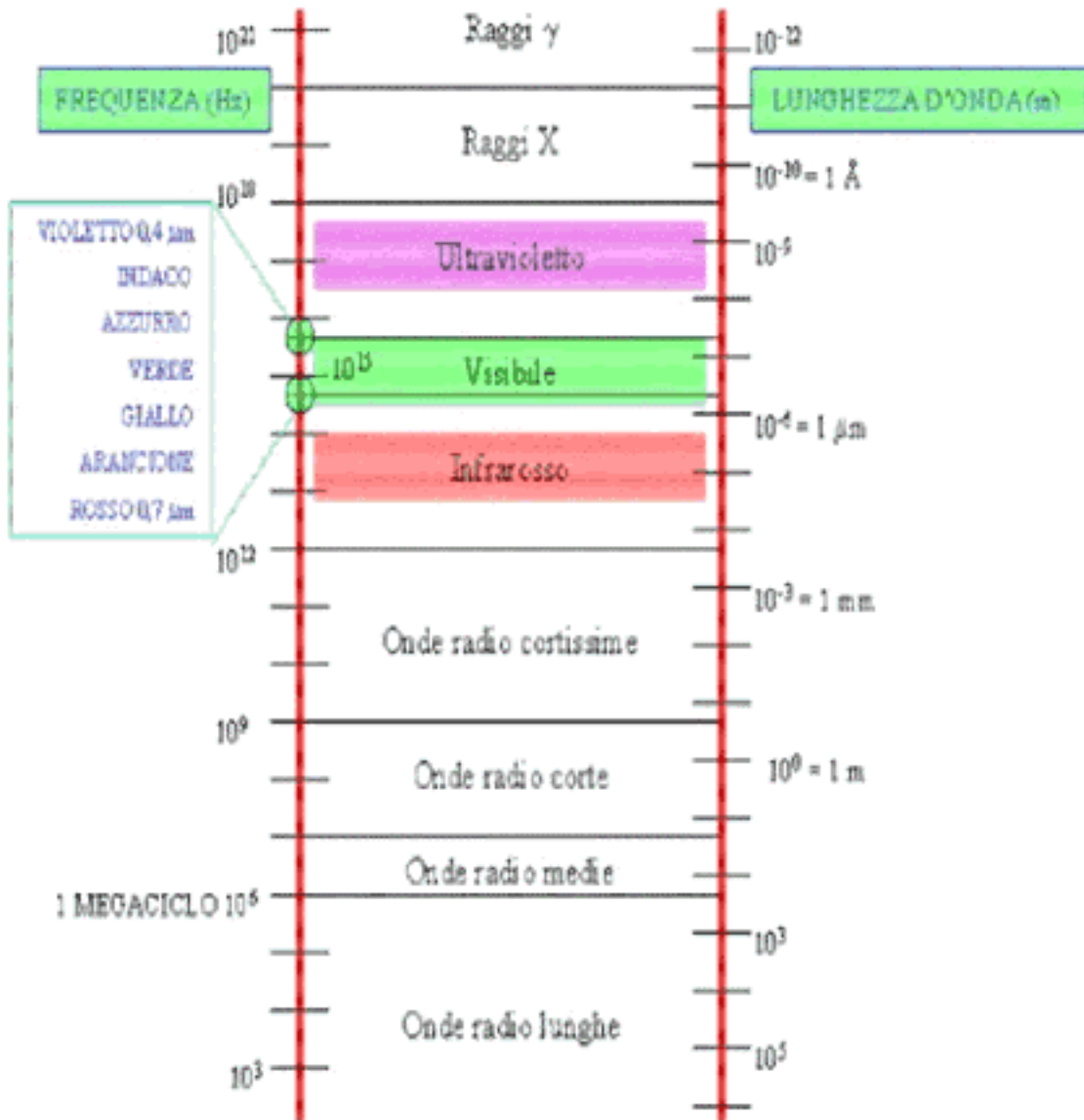
E' importante ricordare che tutte le caratteristiche non materiali sono quantizzate, cioè possono essere scambiate (acquistate o cedute) solo in quantità intere multiple di una quantità minima detta appunto "quanto". A questa regola sfugge solo la gravità, rappresentata dal gravitone, che è invece una grandezza continua che permea tutto l'universo. Ma anche la gravità, come la luce, non ha velocità infinita, ma si propaga nello spazio alla velocità della luce, producendo ad esempio onde gravitazionali che sono simili per certe caratteristiche alle onde elettromagnetiche.

## LA RADIAZIONE SOLARE.

Cosa è un'onda elettromagnetica? Il campo elettrico, cioè il campo creato da una carica elettrica, si comporta esattamente come una calamita. Purtroppo però i due fenomeni elettricità e magnetismo non sono separabili quando la carica elettrica o il magnete sono in movimento: il moto dell'uno genera l'altro. Seguendo uno schema molto semplificato diremo che: gli atomi del Sole si trovano in uno stato di grande agitazione (temperatura superficiale circa 6.000 °K, temperatura interna superiore a 10.000.000 °K), e, poiché essi possiedono cariche elettriche in movimento, generano un campo elettromagnetico variabile che si propaga nello spazio alla velocità della luce. Il Sole si comporta in modo simile ad una calamita G. Nel suo viaggio il campo incontra gli atomi della Terra, i quali a loro volta contengono cariche elettriche in movimento. Queste cariche subiscono le azioni di G e si comportano come calamite rivelatrici a, b, c. Naturalmente le cose non sono così

semplici, sia perché le cariche elettriche sul Sole si muovono in tutti i modi possibili, sia perché gli atomi sulla Terra hanno masse diverse tra loro, etc.

Il Sole come generatore emette onde di tutte le frequenze e di tutte le lunghezze possibili, secondo lo schema seguente:



La lunghezza d'onda è la distanza fittizia alla quale la calamita si trova di nuovo nello stesso stato (per esempio  $\lambda$  max). Questa distanza  $\lambda$  non è una vera distanza in quanto si tratta della stessa calamita, ma si ottiene come risultato aritmetico tenendo conto della frequenza  $f$  e della velocità di propagazione della luce  $C$ :

$$1) C = \lambda / T$$

$$2) 1 / T = f$$

$$3) C = \lambda * f$$

$$4) \lambda = C / f$$

La 1) è la classica formula di definizione della velocità: spazio  $\lambda$  fratto tempo T; ma  $1 / T$  non è altro che la frequenza e quindi si ottiene la 4). Ricordando che la velocità della luce è  $C = 300.000.000 \text{ m / s}$ , è facile passare dalla scala f alla scala l dello schema riportato in alto.

Lo schema ci dice però anche un'altra cosa molto importante: luce e calore sono la stessa cosa. Sì, perché sono entrambi onde elettromagnetiche. Perché quotidianamente diciamo che sono cose diverse, da non confondere? Perché luce e calore producono effetti diversi e sono "rivelati" da strumenti diversi. È difficile riscaldare le mani con le onde radio, oppure vedere la propria ragazza usando le onde X! Tuttavia è evidente l'unitarietà del fenomeno fisico, dalle onde radio lunghe sino ai raggi  $\gamma$ . È facile convincersi di questo fatto: esistono apparecchi che ci fanno "vedere" usando gli infrarossi; se mettiamo una mano al Sole e l'altra all'ombra, sentiamo più "caldo" dove c'è anche la "luce", ecc. ecc. È chiaro che non tutti gli atomi della Terra possono reagire allo stesso modo alle azioni delle onde emesse dal Sole. Le onde "luce" agiscono in un modo sulla retina dell'occhio, in altro modo sulle cellule della pelle. Viceversa i raggi ultravioletti non producono l'effetto "vedere" sulla retina, ma agendo sulla pelle di noi mediterranei di origine latina producono l'abbronzatura, ecc. ecc. Come detto prima, il fenomeno emissione è lo stesso, il fenomeno ricezione varia da strumento a strumento (se insieme alle calamite a, b, c appendiamo anche un pezzo di legno, su di esso non accade niente di simile a ciò che accade su di quelle, eppure il campo magnetico è lo stesso).

## NASCITA DEL NOSTRO UNIVERSO: SECONDA FASE

Accanto ai numeri estremamente piccoli che raccontano il tempo, si pongono i numeri estremamente grandi che raccontano le temperature: si comincia da forse (nel primo periodo) più di  $10^{32} \text{ }^\circ\text{K}$ , a  $10^{28}$  nel secondo, sino a  $10^9$  (un miliardo di  $^\circ\text{K}$ ) all'età di 3 minuti(\*\*\*\*). Alla fine dei 3 minuti, il tempo è cresciuto da 0 a 180 secondi e la temperatura è diminuita da  $10^{32}$  a  $10^9 \text{ }^\circ\text{K}$ . È inimmaginabile sia la grandezza della temperatura, sia la violenza dei fenomeni in un così breve lasso di tempo!

Ma proseguiamo ancora un poco. Sono passati 100.000 anni, la temperatura è scesa a  $3.000 \text{ }^\circ\text{K}$ : l'universo è ancora piccolo e soprattutto opaco verso l'esterno (ammesso che ci sia un posto esterno): la luce non riesce ad uscire dallo spazio che si sta formando perché gli elettroni sono liberi e bloccano e deviano i fotoni(\*\*\*\*\*). Finalmente si formano gli atomi (quasi esclusivamente idrogeno, deuterio e trizio) come li conosciamo oggi: nuclei positivi al centro ed elettroni negativi in periferia(\*\*\*\*\*). La luce può rompere il guscio e iniziare il suo viaggio, che ancora continua liberamente, alla velocità di  $300.000 \text{ km/s}$  (la luce per fortuna non si stanca!) e darci notizia di ciò che accade. La sfera di 100.000 anni, quando la luce era prigioniera, quella è per noi una sfera opaca: non possiamo vedere niente dentro di essa: con strumenti sempre più potenti potremo indagare il nostro universo sempre più indietro nel tempo, ma arrivati a 100.000 anni dalla nascita potremo solo avere notizie indirette, proprio perché il messaggero, la luce, non poteva uscirne. Avviene cioè come per le porte munite di rivelatori: i metalli non si vedono, chiusi nelle valigie, ma sono scoperti da un altro strumento: nel caso che stiamo esaminando, l'altro strumento è il cervello, non l'occhio, con l'aiuto della sperimentazione.

Un'altra domanda: che fine ha fatto l'energia iniziale? È ancora tutta chiusa nello spazio che conosciamo(\*\*\*\*\*), ma ad una temperatura ben più bassa di quella iniziale:  $2,75 \text{ }^\circ\text{K}$ , cioè circa meno  $270 \text{ }^\circ\text{C}$ (\*\*\*\*\*). È questa la temperatura dello spazio intergalattico, cioè del vuoto fra le galassie. Essa viene detta "fossile" essendo il resto di quella esistente all'inizio dell'espansione. Ma l'espansione è infinita, eterna, oppure finita con un ritorno al punto di partenza? Tutto dipende dalla quantità di materia presente nell'universo: se essa è solo quella che si vede, l'espansione è infinita; se ce n'è altra, per ora non visibile e perciò detta "oscura", allora essa è finita. La materia visibile è solo il 2% di quella necessaria a fermare l'espansione. D'altra parte però, non si spiegano le osservate attrazioni fra le galassie se non supponendo che c'è anche un'altra grande quantità di massa per ora oscura (è stata anche avanzata l'ipotesi che, al centro dell'universo, si crea con continuità nuova massa man mano che procede l'espansione di quella vecchia, come se un fornai

aggiungesse nuova pasta dentro il panettone che lievita, facendolo diventare sempre più grande). In definitiva abbiamo altri due misteri: come fanno le galassie ad attrarsi e qual'è il futuro del nostro universo.

Ci si può anche chiedere quale forma ha l'universo a noi noto. Per rispondere bisogna prima distinguere fra massa ed energia, cioè: la forma è data dai "punti" raggiunti dalla massa o dai "punti" raggiunti dall'energia? In entrambi i casi la forma (immaginando di poter guardare da "fuori") potrebbe essere sferica (potrebbe, perché non sappiamo se l'universo all'inizio dell'espansione era omogeneo ed isotropo(\*\*\*\*\*) oppure no), ma potrebbe avere qualunque altra forma. Di certo per noi è impossibile accertarne la forma e la misura. Per ottenere simili informazioni dovremmo essere in grado di "vedere" tutto l'universo contemporaneamente e ciò non è possibile. Noi sappiamo che la Terra è grosso modo sferica, ma lo sappiamo attraverso una sperimentazione diretta e attraverso il calcolo. Supponiamo ora di trovarci sul mare e di sapere solo attraverso gli occhi vedendo al massimo alla distanza di 1 km (l'orizzonte, che può darci qualche informazione sulla forma della Terra, si trova a circa 15 km): in tali condizioni potremo dire che ci troviamo su una sfera? Un microbo su un pallone può intuire che il suo universo è sferico? Senza termini di confronto e senza informazioni in contemporanea da diversi luoghi, non è possibile definire la forma: a noi sul mare e al microbo sul pallone sembrerà di essere su un piano.

D'altra parte, quando vediamo con gli strumenti un oggetto distante 1.000.000 di anni-luce, vediamo "ora" ciò che "era" 1.000.000 di anni or sono, ma non sappiamo "cosa è successo" nel frattempo, cioè ancora: vedere più lontano nello spazio per conoscere la forma, significa vedere più lontano nel tempo. E' come con la posta: riceviamo oggi la fotografia di una ragazza giovane e bella, ma la lettera è stata spedita 50 anni fa e probabilmente quella ragazza non è più né giovane né bella o magari è morta! Analogamente: la stella Proxima Centauri potrebbe essere scomparsa da 4 anni e noi non lo sappiamo ancora, il Sole potrebbe essere scomparso da 8 minuti e noi non lo sappiamo ancora, la Luna potrebbe essere scomparsa da 1,3 secondi e noi non lo sappiamo ancora: noi sappiamo ciò che la luce (e l'altra radiazione elettromagnetica) ci racconta quando arriva. Tutto il resto è ipotesi, plausibile di più o di meno, ma ipotesi.

Ci si può anche chiedere: se e quando le masse, finita l'espansione, torneranno indietro per il Big-Crash finale, tornerà indietro anche la luce? Oppure l'energia emessa in tutti i miliardi di anni trascorsi continuerà a viaggiare "in fuori" per sempre? Cioè: l'energia ha vita infinita? Certo la sua "densità", rappresentata dalla temperatura, è destinata a diminuire, ma: diventerà mai zero? E' meglio rispondere: chi vivrà, vedrà! A tutto ciò aggiungiamo che la luce non viaggia sempre in linea retta: essa viene deviata dalla presenza delle masse (lo spazio è curvo intimamente, poiché contiene materia: la geometria euclidea può definire la retta che si allunga all'infinito mantenendo una ed una sola direzione; nella realtà fisica ciò non esiste). Ma se esiste la massa oscura, noi non sappiamo davvero da che parte sono le cose che vediamo: la luce che vediamo davanti a noi, forse è prodotta da una stella che si trova alle nostre spalle, come accade quando guardiamo in uno specchio: ciò che vediamo davanti, è in realtà dietro(\*\*\*\*\*).

Insomma ci conviene dire: per quel che ne sappiamo oggi, le cose stanno così; però fra uno o mille anni potremmo accorgerci di aver sbagliato tutto. Questo non vuol dire sfiducia nei confronti degli scienziati che hanno elaborato con genio le ipotesi accennate in queste pagine. Vuol dire invece coscienza del fatto che sono ipotesi e fin quando non ci saranno le prove sperimentali (se mai ci potranno essere), ipotesi resteranno. Troppo spesso nel passato le ipotesi sono state smentite dai fatti per poter avere cieca e totale fiducia nelle costruzioni puramente mentali.

(\*) L'esattezza qui deve assumere un significato molto particolare. Normalmente una cosa si dice esatta quando la differenza fra il vero e il misurato è minima (o meglio ancora è zero!). Nella fisica la misura vera non esiste, poiché nessun ente superiore ce ne fornisce il valore. Ciò che noi possiamo ottenere sono delle misure più o meno approssimate in funzione degli strumenti e dei metodi adoperati (teoria degli errori di Gauss). Quando le difficoltà di misura sono grandi, si accetta un certo grado di incertezza, rappresentato da una probabilità, dicendo ad esempio: la distanza fra A e B è, col 75% di probabilità,  $(X \pm a)$  km. Quando "a" è piccolo rispetto a X la misura si dice

buona, altrimenti essa è cattiva. Nel caso della costante di Hubble si può scrivere  $H = 75 \pm 25$ . Ciò equivale a dire: il mio tavolo è lungo  $L = (3 \pm 1)$  m. Nessuno accetterebbe per buono dire che il tavolo ha la lunghezza compresa fra 2 e 4 metri! Se però: il tavolo è lontano e si muove a gran velocità in una certa direzione, mentre noi ci muoviamo ad un'altra velocità in un'altra direzione e la misura la facciamo con un binocolo sfocato, bé, allora il concetto di esattezza deve essere allargato e quindi si deve considerare il risultato sinora ottenuto per la costante di Hubble come ottimismo.

(\*\*) In modo schematico: 1) nulla da dire se non ipotesi più o meno artistiche fra  $t = 0$  e  $t = 10^{-43}$  s; 2) ipotesi e teorie contrastanti fra  $t = 10^{-43}$  e  $t = 10^{-35}$  s; 3) difficile ma non impossibile precisare i fenomeni avvenuti fra  $t = 10^{-35}$  s e  $t = 3$  minuti. Attenzione però: non è detto che il tempo in quelle condizioni, allora, fosse uguale a quello di adesso! Alle alte energie, evidenziate dalle temperature, il tempo si modifica e magari 1/1.000.000 di secondo di allora valeva quanto un secolo di oggi (teoria della relatività di spazio e tempo).

(\*\*\*) **IL VUOTO**. Secondo una fantastica e meravigliosa teoria, l'universo non è altro che una fluttuazione (variazione) casuale di un campo di forze sconosciuto e noi siamo fatti (come ineluttabile conseguenza della fluttuazione) in modo da percepire secondo certe modalità (materia, energia) tale campo di forze. In pratica è come per la febbre: la febbre è una manifestazione di una malattia, ma non è la malattia. Quel campo di forze non ha agito solo al momento del Big Bang (in modo grandioso!), ma continua ad agire ancora oggi, per cui anche adesso in ogni punto dello spazio si verificano fluttuazioni che originano materia ed energia (per nostra fortuna in piccole dosi!). Studiando i risultati delle collisioni negli acceleratori di particelle, i fisici hanno proprio osservato il fenomeno della "nascita" di qualcosa là dove "nulla" doveva esserci. Per tentare di spiegare, basta pensare che la forza di gravità non si vede, non si tocca, non è una cosa, eccetera eppure agisce, produce effetti, eccetera. La forza di attrazione gravitazionale costituisce un campo che occupa tutto l'universo e produce effetti in tutto lo spazio. Il misterioso campo di cui si parlava prima, produce (come la gravità produce quella cosa che chiamiamo "peso") materia ed energia, che altro non sono che manifestazioni a nostro uso e consumo di qualcosa che non è. Poiché però anche noi non siamo che materia ed energia, anche noi non siamo altro che "apparenza di qualcosa che non è". Altra conseguenza di tale teoria è che ad esempio il vuoto non esiste, essendo presente in ogni luogo quel campo di forze, che in ogni istante e in ogni luogo può far nascere quelle cose che chiamiamo, erroneamente distinguendole, materia ed energia.



La causa prima di tale fluttuazione è Dio? Oppure il campo stesso è Dio?

Il diametro "normale" degli atomi è di 1 Angstrom ( $10^{-7}$  mm, cioè un decimo di milionesimo di millimetro). Il nucleo ha un diametro 100.000 volte più piccolo, cioè  $10^{-12}$  mm. Se non ci fossero gli elettroni che con il loro campo elettrico tengono lontani gli altri atomi, la materia potrebbe essere un milione di miliardi più densa, originando ad esempio i pulsar. E' perciò che si dice che la materia come la conosciamo è fatta di vuoto. Per avere un'idea della situazione si può dire: se il nucleo di un atomo diventasse grande come la Terra, gli elettroni si troverebbero 9 volte più lontani del Sole (il diametro della Terra è solo 11.000 volte più piccolo del raggio dell'orbita).

(\*\*\*\*) Per ora non siamo in grado di ottenere questi livelli di energia sulla Terra e quindi non possiamo sperimentare.

(\*\*\*\*\*) I fotoni sono granuli di luce: per certi fenomeni la luce si comporta come se fosse fatta di materia (nuclei di elio).

(\*\*\*\*\*\*) All'inizio, quando tutto era solo futuro indistinto, c'era tanta materia quanta antimateria; iniziato l'ordine, rimane una sola qualità di materia; l'altra, quella che chiamiamo antimateria (protoni negativi ed elettroni positivi) sopravvive in qualche atomo vagante e viene prodotta con enorme difficoltà sulla Terra (nelle macchine dette acceleratrici di particelle). Niente però vieta di ipotizzare che da qualche parte, lontano, ci siano stelle, galassie, ecc. di antimateria.

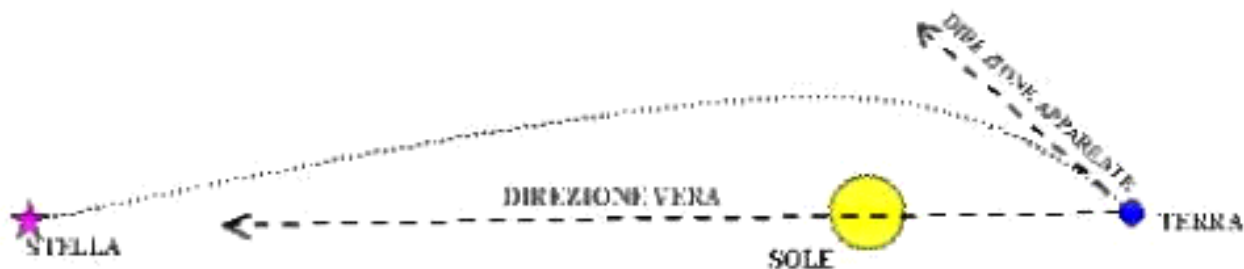
(\*\*\*\*\*\*) A meno che non ci siano "buchi" verso altri universi.

(\*\*\*\*\*\*) Naturalmente ci sono punti dove la temperatura è superiore (le stelle). Però è ben difficile che, all'esaurirsi di tutte le stelle, la temperatura diventi molto maggiore di 0 °K. Il valore 2,75 °K è stato prima una ipotesi di calcolo e poi un risultato sperimentale misurato pochi anni or sono attraverso l'osservazione degli spettri di emissione delle regioni "vuote" tra le galassie. Ciò spiega anche perché il cielo notturno ci appare nero, cioè privo di luce, nonostante le stelle siano innumerevoli e riempiano praticamente tutto lo spazio osservabile: la densità di energia è troppo bassa per "riempire" i nostri occhi. Se noi, al buio, osserviamo un pezzo di ferro "freddo", non lo vediamo, cioè anch'esso è "nero". Se la sua temperatura sale sino a circa 500 °C esso diventa sorgente di una luce rossastra che illumina gli oggetti ma non il vuoto (in realtà l'aria) circostante.

(\*\*\*\*\*\*) Omogeneo: si definisce così qualcosa che ha la stessa natura o composizione chimica o fisica in ogni suo punto: il diamante è carbonio in ogni suo punto e quindi è omogeneo. Questa definizione ha però un limite nella scala di osservazione: se l'oggetto diamante lo osserviamo alla scala dei cristalli, esso non è più omogeneo poiché in alcuni punti ci sono gli atomi di carbonio, mentre fra di essi c'è il vuoto. Se poi penetriamo nella scala degli atomi la disomogeneità è ancora maggiore: in alcuni punti c'è un tipo di materia (protoni e neutroni), in altri c'è un altro tipo di materia (elettroni), in altri ancora (almeno in prima approssimazione) non c'è nulla (lo spazio fra il nucleo e la nuvola di elettroni, fra gli elettroni nelle diverse orbite, ecc.). Lo stesso accade nel nostro universo (stelle, pianeti, spazio vuoto o quasi fra di loro, spazio intergalattico, ecc.). In modo analogo si può parlare di omogeneità rispetto all'energia presente o assente, di un tipo anziché di un altro.

Isotropo: si definisce così (o al contrario anisotropo) qualcosa che ha le stesse caratteristiche (fisiche, chimiche, meccaniche, elettriche, ecc.) in tutte le direzioni. L'isotropia ha in generale gli stessi limiti della omogeneità, cioè la proprietà dipende dalla scala di osservazione. Inoltre essa può essere modificata dalle condizioni locali, naturali o artificiali. Ad esempio il suono nell'aria si trasmette in modo isotropo, cioè secondo sfere concentriche con la sorgente emettitrice: se però c'è vento o un muro o l'aria è stratificata ecc. il suono si propaga in altri modi, cioè secondo direzioni preferenziali. Anche la luce attraversando alcuni materiali trasparenti si propaga (o non si propaga) diversamente nelle diverse direzioni (polarizzazione) oppure può essere deviata in modo da concentrarsi verso qualcosa (specchi, lenti, ecc.).

(\*\*\*\*\*\*) Già più di 100 anni or sono è stata osservata una stella normalmente nascosta dal Sole: durante le eclissi, quando è possibile non essere accecati dalla radiazione visibile, gli astronomi hanno scoperto una stella che si trova geometricamente dietro il Sole.



noi vediamo la stella nella direzione apparente e, se la seguiamo, ci sembra di percorrere una traiettoria rettilinea proprio verso la stella: non ci accorgiamo di seguire una curva perché è appunto la luce che ci guida a fornirci le informazioni. Per correggere l'errore non c'è altra via che il calcolo, tenendo conto della curvatura relativistica dello spazio.

In queste condizioni la stella appare sulla Terra in una direzione apparente ben diversa da quella vera. Se le masse interposte fra noi e la stella sono numerose si potrebbe fare l'ipotesi di una rotazione della visuale anche di 180 gradi, per cui si vedrebbe davanti qualcosa che invece è alle nostre spalle.

### L'INFLAZIONE.

Un collega voleva illustrare ad alcuni alunni il significato del processo inflazionario subito dall'universo nei primi secondi dopo il big - bang. Per farsi capire ha detto all'incirca che nei primi istanti del nostro universo è avvenuto come se qualcuno soffiasse dentro un palloncino facendo quindi aumentare il suo volume interno di molte volte in poco tempo. Io mi sono opposto a questa interpretazione perché il palloncino divide lo spazio in due parti, uno interno e l'altro esterno, mentre non è dimostrato che il nostro universo abbia un confine e neppure che esista un volume esterno ad esso. A mio parere se si accetta la teoria del big - bang si deve credere che non esiste uno spazio più o meno grande da occupare ma che lo spazio è creato unicamente dal moto degli oggetti (massa ed energia) nati in quel momento.

Niente palloncini, niente vuoto da riempire, nessun confine preconstituito.

Se ci fosse un confine dovremmo chiederci cosa c'è oltre quel confine, e di cosa è fatto tale confine, se è in grado di fermare solo l'energia o solo la massa, oppure se è permeabile all'energia e alla massa, per cui fra 10 o 100 o 1.000 miliardi di anni la materia finirà con lo sbatterci contro, come un'auto contro un muro.

Secondo le nostre attuali conoscenze dell'universo, la luce ci porta notizie del passato e quindi in modo più o meno comprensibile possiamo costruire la storia dal big - bang ad oggi. Niente, assolutamente niente almeno per ora possiamo sapere del futuro, se non supporre che le attuali leggi fisiche continuino ad agire anche nel seguito. Non avendo notizie del futuro come poter onestamente discorrere di un confine per l'universo? Possiamo parlarne inventando tutte le favole che vogliamo, per esempio che c'è un enorme drago con la bocca aperta e noi siamo sulla sua lingua in attesa di precipitare nel suo stomaco! Oppure che al confine c'è Dio che aspetta che l'universo raggiunga le sue braccia aperte! Oppure ....

Pensateci voi.

### CREAZIONISMO E DETERMINISMO.

Analogamente è improprio porsi il problema di cosa c'era prima del big - bang, a meno che non si accetti di nuovo di lasciar libera la fantasia e allora qualunque soluzione è buona perché, almeno per ora, non ci sono riscontri sperimentali.

E anche alla domanda sul perché o sul come tutto è cominciato è sciocco tentare di rispondere in modo "scientifico" proprio perché lo stato iniziale non è noto. I modi di procedere sono essenzialmente due:

- 1) Creazionismo, cioè Dio un bel giorno decide di dare avvio a questo esperimento (c'è da chiedersi: era proprio necessario partire da così lontano per creare gli uomini? Non era più facile sistemarlo direttamente sulla Terra già mezzo formata, risparmiando almeno 15 miliardi di anni durante i quali non esisteva alcuna forma di vita? Oppure tutto fu studiato affinché miliardi di uomini si scervellassero a capire come funziona l'universo, dibattendosi fra continui errori e ripensamenti?). E' questo l'atteggiamento creazionista secondo il quale l'Uomo, giunto in prossimità di certe domande, deve ritrarsi e dire "lo sa Dio e ciò basta".

- 2) 2) Determinismo, che non chiede il come e il perché del primo passo, ma assicura che, fatto il primo passo, tutti gli altri sono sue conseguenze necessarie. Un esempio: c'è un masso fermo sul fianco di una collina; gli do una spinta e il masso rotola giù. Il determinismo non indaga il perché della spinta, ma ci spiega come avviene il moto del masso in funzione della forza applicata, della pendenza, della forma del masso, della resistenza dell'aria, della natura del terreno, ecc.
- 3) Il creazionismo è sicuramente comodo e facile: quando si incontra una difficoltà si va dal Prete il quale risponde di aver fede in Dio, il quale tutto sa e tutto ha fatto bene. L'uomo è un eterno bambino capriccioso che vuole smontare i giocattoli per vedere come sono fatti dentro e Dio ogni tanto gli dà uno scappellotto per farlo tornare alla ragione.
- 4) Il determinismo è più difficile del creazionismo perché si trova davanti a continue sfide e forse mai troverà il "passo zero", quello che ha fatto cominciare tutta la sequenza di avvenimenti. Riprendendo l'esempio del masso sulla collina, il creazionista dice: il masso lo ha spinto Dio, lui sa perché e non sono affari miei sapere di più. Il determinista dice: chi lo ha spinto? Perché lo ha spinto? Come è arrivato sulla collina? Perché ha scelto quel masso e non quello vicino? Come ha applicato la forza? Ecc. e va indietro nel tempo a cercare cause ed effetti, sin dove lo porta la scienza. E quando giunge ad un punto morto, non delega Dio a risolvere il problema, ma si pone in attesa di nuove conoscenze dicendo: ci penserò domani!
- 5) Sull'atteggiamento creazionista vivono tutte le religioni e tutti coloro che si arrogano il diritto di interpretare o mediare "la volontà di Dio", anche a costo di andare incontro a risultati antiscientifici, come accade ad esempio a chi segue alla lettera la Bibbia, secondo la quale l'universo ha poco più di 5.000 anni e nello stesso tempo è laureato in antropologia e sa che l'homo sapiens è vecchio di oltre 100.000 anni. Come è possibile sostenere insieme la veridicità della Bibbia e la veridicità dei ritrovamenti archeologici?
- 6) Il creazionista si consola continuamente e addirittura ha creato la favola secondo la quale chi più indaga la natura più si avvicina a Dio, perché, non trovando il passo zero, alla fine si arrende e decide che è necessario che ci sia stato un Ente superiore iniziatore di ogni cosa. Io penso che ciò possa avere valore per il singolo individuo, ma non può valere per l'umanità che, liberata dal peso della religione, troverà una soluzione, forse non a breve scadenza, ma la troverà.

## LA MATERIA OSCURA.

**DOMANDE:** 1) perché deve esserci? 2) dove si trova? 3) cosa può essere?

### 1) perché deve esserci?

La gravità è una delle forze elementari presenti nel nucleo di tutti gli elementi ed è sempre attrattiva (quella elettrica e quella magnetica sono doppie). Agisce a qualunque distanza, ma diminuisce col quadrato della distanza. Abbiamo visto che le galassie si attraggono per formare gli ammassi. E' vero che la massa delle galassie è grande (la Via Lattea ha una massa "visibile" di 500 miliardi di Soli), ma la distanza fra di loro è ancora più grande (sempre maggiore di milioni di anni-luce) e quindi la forza di attrazione è piccola piccola, tanto da non giustificare il formarsi degli ammassi e dei super ammassi. Se però la massa fosse 10 o 100 volte di più, allora si che i conti tornerebbero! Ma non basta: le galassie ruotano intorno ad un asse a velocità elevata. Tale velocità non è giustificata dalla sola massa visibile: a) con tale massa la velocità dovrebbe essere minore, altrimenti le galassie dovrebbero disfarsi; b) poiché esse sono ancora vive e vegete, deve esserci qualcos'altro di nascosto.

### 2) dove si trova?

Dappertutto. Dove vediamo vuoto, dove la densità è piccola, nello spazio intergalattico, fra gli atomi, dentro gli atomi?

### 3) cosa può essere?

Le ipotesi sono molte: a) i neutrini; b) le stelle brune; c) le WIMP:

a) i **neutrini** non sono "cose" ma radiazioni estremamente penetranti: niente li ferma, né le montagne, né i pianeti, né le stelle, che pure li generano. Attualmente il laboratorio del Gran Sasso è impegnato nel loro studio e così pure un laboratorio negli S.U.A. e un altro in Giappone. Nel 1998 il laboratorio giapponese ha annunciato che i neutrini hanno una massa, ma gli altri non hanno ancora confermato. Poiché l'universo è probabilmente "pieno" di neutrini, se essi avessero massa, il problema della massa oscura forse sarebbe risolto.

b) le **stelle brune** sono come il nostro Giove: pianeti grandi, grandissimi, ma non abbastanza grandi da diventare stelle e per noi ancora invisibili. E' questa una ipotesi lanciata da astronomi italiani e svizzeri: se le galassie, tutte, fossero circondate e riempite da stelle brune, e ce ne fossero nello spazio ora considerato vuoto, il problema della materia oscura forse sarebbe risolto.

c) le **WIMP** (particelle massicce debolmente interagenti, dette anche gravitini) sono studiate o meglio cercate al Gran Sasso dove è stato annunciato nel 1999 che "forse" esistono. La gravità è dovuta ad una particella sub-atomica, detta barione, presente negli atomi normali (se non ci fosse la massa non produrrebbe attrazione gravitazionale e quindi non esisterebbe il peso). Forse i gravitini sono barioni che, essendo fuori degli atomi, non agiscono fortemente con la materia e perciò sono di difficile individuazione?

Sono state fatte anche altre due ipotesi, una più fantastica dell'altra. Fantastiche, non fantasiose, perché avanzate dai più grandi studiosi dell'astrofisica:

#### A) **buchi bianchi,**

cioè oggetti che "rigurgitano" materia così come i buchi neri la "mangiano": noi non sappiamo dove finisce la materia (e l'energia) inghiottita da questi e non sappiamo, se esistono, da dove la prelevano gli altri.

B) **generazione dal "nulla":** la generazione di particelle dal nulla è cosa assodata, ma non nascono isolate e stabili, bensì in coppie di natura opposta (materia - antimateria) che si accoppiano istantaneamente di nuovo rigenerando l'energia che aveva dato loro vita. Qui invece si tratta dell'ipotesi che da qualche parte ci sia una vera e propria fabbrica di materia la quale continua a "spingere" l'universo che conosciamo, fornendo anche l'energia che sembra mancare per far avvenire i movimenti all'interno delle galassie e di queste fra loro.

## ALTRI UNIVERSI?

Quello che ci circonda, o, meglio, quello nel quale viviamo è l'unico universo? Questa è una domanda pura, senza alcuna risposta certa, né ora né mai, poiché l'unico veicolo delle nostre informazioni è la luce. Vediamo brevemente qualche considerazione in merito a questa questione veramente appassionante:

1) Buchi neri e buchi bianchi. I buchi neri sono "luoghi" dove la forza di attrazione gravitazionale (dovuta alla "massa") è così grande che tutto ciò che vi entra (compresa la luce) non può più uscirne. Potremo mai sapere cosa c'è dentro? Forse no, perché il veicolo delle informazioni, la luce appunto, non può uscirne. Conosciamo il suo contorno, alcuni fenomeni legati alla sua esistenza (come per esempio la creazione di materia e antimateria) ma per ciò che accade al suo interno nulla sappiamo di certo. La situazione è simile a quella che si verifica quando vediamo la gente che si dirige allo stadio e vi entra, ma non sappiamo, finché non entriamo noi stessi o udiamo le urla o parliamo con chi esce, quale partita si gioca e cosa accade sul campo. Bene, qualcuno ha fatto l'ipotesi che i buchi neri siano punti di contatto fra il nostro e un altro universo, per cui essi sono degli speciali "imbuti" che versano di là energia prelevata da qui. Ma, se questo fosse vero, dice un'altra ipotesi, perché non dovrebbero esserci anche buchi "bianchi" che portano l'energia (o qualcos'altro) da là a qui? E c'è un solo universo al quale conducono tutti i buchi neri, oppure ad ogni buco nero corrisponde un universo? Oppure tutti i buchi neri sono collegati fra loro e magari consentono di viaggiare dall'uno all'altro? E se ammettiamo che ci sia "un" altro universo, perché non devono essercene due, o tre, o infiniti?

2) La sfera opaca. Abbiamo visto alla pagina Big-Bang che non potremo mai indagare sperimentalmente nei primi 100.000 anni del nostro universo. E' possibile che tutto lo spazio allora creato fosse così uniforme da svilupparsi nell'unico modo che conosciamo? Non è possibile che in una certa parte della sfera opaca ci fossero condizioni speciali per creare un altro futuro? In fin dei conti, una alluvione in Cina non allaga le nostre case in Italia! Niente vieta, forse, di pensare che in diversi punti della sfera opaca, dal tempo  $t = 0$  al tempo  $t = 100.000$  anni si siano sviluppate delle "bolle" di materia-energia da ciascuna delle quali è "nato" un altro universo, magari con altre leggi chimiche e fisiche (perché non di "antimateria"?).

3) Tempo  $t = 0$  oppure  $t < 0$ . Si dice che tempo e spazio sono "nati" al momento del Big-Bang. Forse è vero per noi, qui, ora. Ma non potrebbero esserci stati due Big-Bang in contemporanea in due punti diversi dello spazio che c'era prima? E non potrebbe darsi che i Big-Bang si susseguano l'uno all'altro in "luoghi" diversi da  $t = -\infty$  a  $t = +\infty$ ?

4) L'inflazione. Si definisce cos'ì in economia, la rapidissima crescita del valore monetario di qualcosa: un uovo ieri costava 10, oggi 1.000 domani forse 1.000.000 oppure 1.000.000.000. L'inflazione è presente anche nei fenomeni fisici: alcuni fenomeni crescono (o diminuiscono) prima lentamente e poi subiscono una improvvisa accelerazione. Sembra cioè che certe condizioni mutino così intimamente da non potersi osservare, poi si manifestano in maniera esplosiva. Una pentola d'acqua sul fuoco cresce di temperatura in modo relativamente lento, sembra quasi che non debba mai giungere a bollire: poi ecco che all'improvviso tutta la massa d'acqua si agita fortemente e finalmente si vedono tutti i fenomeni legati all'ebollizione. Analogamente si è supposto che nei primissimi istanti di vita del nostro universo sia accaduto un fenomeno simile: una iniziale regolare uniforme omogenea isotropa espansione con regolare uniforme omogenea isotropa diminuzione di temperatura, seguita da una improvvisa disordinata disomogenea anisotropa espansione istantanea che genera "diversità" fra punto e punto del granello di spazio allora esistente (bolle di materia-energia).

Questa teoria dell'universo inflazionario rende conto dello stato attuale di distribuzione di materia, vuoto ed energia, ma: cosa può aver determinato l'inflazione? Nel caso della pentola d'acqua sul fuoco possiamo rispondere in modo semplice ed ordinato (attenzione: possiamo farlo ora, cento anni or sono era impossibile spiegare anche l'ebollizione!): le molecole accumulano l'energia fornita dal fuoco sino a quando avviene un "salto" di distanza fra loro. Tale salto noi lo chiamiamo passaggio di stato da liquido ad aeriforme. Come per un atleta di