

***IL VUOTO***

***Conferenza Novembre 2003***

By

Leonardo Malentacchi

Il vuoto

## Indice

1) Premessa .....	4
2) Introduzione.....	4
3) Cosa è il vuoto .....	5
3.1) Il vuoto relazionale .....	6
3.2) Il vuoto nell'universo nel macrocosmo .....	7
3.3) Il vuoto della materia nel microcosmo.....	11
3.4) Quantifichiamo il vuoto.....	16
3.4.1) Verifica del rapporto R universale.....	18
3.5) Universi paralleli.....	20
3.6) Considerazioni .....	22
4) Storia del vuoto.....	22
4.1) Mitologia.....	23
4.1.1) Prima di tutto il Caos .....	24
4.1.2) Uovo primordiale.....	26
4.1.3) Il flusso vitale e le forze.....	27
4.1.4) Materiale Primordiale .....	28
4.2) Filosofia .....	29
4.2.1) I monisti .....	30
4.2.2) Fuori dal coro: l'Apeiron.....	31
4.2.3) I Pluralisti.....	31
4.2.4) E il Verbo si fa numero.....	33
4.3) Horror Vacui ed Etere.....	34
4.3.1) Miti .....	35
4.3.2) L'horror vacui.....	35
4.3.3) Omero .....	37
4.3.4) Anassagora.....	37
4.3.5) L'etere di Empedocle .....	38
4.3.6) Il fine della materia di Aristotele .....	38
4.3.7) L'universo secondo Aristotele.....	38
4.3.8) Il moto e il vuoto secondo Aristotele.....	40
4.3.9) Gli stoici.....	42
4.4) Si scopre il vuoto sulla terra.....	42
4.4.1) Galileo.....	44
4.4.2) Berti .....	46
4.4.3) Torricelli .....	47
4.4.4) Il vuoto in Europa .....	49
4.5) Si scopre il vuoto nell'universo.....	50

## **Indice delle Figure**

Figura 1	La materia del sistema Solare .....	8
Figura 2	Struttura cristallina.....	12
Figura 3	Struttura di un atomo, modello a sistema planetario.....	13
Figura 4	I vari livelli di composizione dell'atomo.....	14
Figura 5	L'esperimento della clessidra .....	37
Figura 6	Il modello delle sfere dell'universo di Aristotele .....	39
Figura 7	Pompa aspirante e premente di Ctesibio di Alessandria .....	42
Figura 8	Vite di Archimede.....	43
Figura 9	Esperimento di Berti .....	46
Figura 10	Barometro di Torricelli .....	48
Figura 11	L'esperimento di Otto Von Guerick.....	50

## **Indice delle Tabelle**

Tabella 1	Volume dei corpi maggiori del sistema solare.....	8
Tabella 2	Numero corpi celesti nel sistema solare.....	9
Tabella 3	Volume dei corpi minori del sistema solare.....	9
Tabella 4	Tabella dei Rapporti Vuoto/pieno nel macrocosmo.....	11
Tabella 5	Tabella dei Rapporti Vuoto/pieno nel microcosmo .....	15
Tabella 6	Tabella dei Rapporti Vuoto/pieno nell'universo .....	16
Tabella 7	Grafico Rapporti Vuoto/pieno nell'universo .....	17
Tabella 8	Abbondanza relativa degli elementi nell'universo causale.....	18
Tabella 9	Schema riassuntivo di Cosmogonie e teogonie.....	23
Tabella 10	Suddivisione elementi nell'universo secondo Aristotele.....	39
Tabella 11	Caratteristiche base dell'universo di Aristotele .....	40
Tabella 12	Cinematica di Aristotele .....	41

## 1) Premessa

Questo documento è una dispensa realizzata a seguito di una mia conferenza svoltasi nel novembre del 2003 presso la sede del gruppo astrofilo, SAF di Firenze, di cui faccio parte. Un ringraziamento particolare lo devo a due componenti del gruppo, una sera, presso la sede SAF, mi portarono il libro "Da zero a infinito - La grande storia del nulla" di Jhon D.Barrow chiedendomi se era possibile poterci costruire una conferenza. Anche se l'argomento appariva molto ostico accettai ben volentieri, e dopo un anno di preparazione adesso l'opera è pronta. Ne valeva la pena perché l'argomento prende in esame le domande fondamentali della natura. Anche se il titolo può far apparire che non si parli di niente di importante, di nulla, del vuoto, su questo sono stati costruiti i primi miti, la prima filosofia occidentale, dai fisiologi greci per arrivare ai giorni nostri. Gran parte della fisica dell'ultimo secolo è stata costruita in base alle proprietà del vuoto. Personalmente sono riuscito a raggiungere un buon livello di intuizione di come sia costituita la materia, da cosa derivi. Preparare questa conferenza mi è servito come stimolo per poter analizzare l'universo con un occhio diverso dal solito, permettendomi di poter realizzare nuove idee su come sia fatto. Per preparare il documento ho preso spunto da Internet libri e riviste scientifiche. Chi rilevasse degli errori, o volesse aggiungere delle informazioni, o semplicemente scambiare qualche opinione, può scrivere a [Leonardo377@supereva.it](mailto:Leonardo377@supereva.it).

## 2) Introduzione

Il vuoto nella storia dell'uomo ha significato più di quanto la parola stessa indichi, tanto che ha condizionato il suo pensiero sin dall'antichità. La storia del pensiero dell'uomo può essere visto sotto l'aspetto evolutivo del vuoto. Il suo concetto è così profondo che l'uomo attraverso la sua analisi è arrivato a porsi le domande più fondamentali della vita: perché il mondo è fatto così, perché esistiamo, come è nato l'universo, etc. Il vuoto ha ispirato sia persone comuni che filosofi e teologi. Nel passato il vuoto per molte civiltà era un tabù o presentava delle difficoltà tali che il numero zero della matematica non poteva essere accettato; prima che a livello numerico, doveva superare delle barriere filosofiche e teologiche. Sin dall'antichità il concetto di vuoto ha subito molte trasformazioni. Dalla filosofia greca che aveva il terrore del vuoto, l' "Horror vacui", alla teologia cristiana occidentale per la quale la creazione è partita dal nulla, si è passati a riempire e svuotare il vuoto continuamente come fosse un recipiente mentale. Arrivando all'epoca moderna (fine 1800) abbiamo un trionfo del vuoto pieno, a tal punto che si ammette l'esistenza di decine di tipi di etere. Ma proprio quando sembrava essere arrivati all'apice del suo successo, Maxwell nel 1873 opera l'unificazione di tutti gli eteri con una sola teoria, un esperimento cambia la direzione del concetto di vuoto: nel 1881 Michelson esegue un test per misurare la velocità della corrente d'etere senza successo. Dal fallimento di questa apparente e banale misura, l'etere comincia a svuotarsi e seguono alcune decine di anni di sbandamento. Il massimo viene raggiunto nel 1905 con Albert Einstein il quale ne decreta la fine con la teoria della relatività ristretta: per una corretta spiegazione del mondo è necessario eliminare il concetto di etere, l'etere per definizione non esiste. Proprio mentre si concludeva il capitolo della sua fine, contemporaneamente, e sempre ad opera del suo carnefice, benché sia stato scacciato dalla porta principale come un Boomerang pian piano stava preparando il suo ritorno. Lo stesso Einstein riapre la strada al concetto di etere: dieci anni dopo aver sepolto il pieno del vuoto, lo resuscita tramite la relatività generale. Lo spazio ha proprietà nuove, si può piegare, ma ciò che non esiste non si può curvare e pertanto l'etere è necessario. Per

ironia della sorte, sempre con il contributo del carnefice dell'etere, nei primi del 1900 si gettano le basi per un'altra nuova rivoluzione della fisica: Einstein spiega il fenomeno dell'effetto fotoelettrico attraverso il concetto dei quanti. Questi primi mattoni sviluppano una nuova teoria che è alla base di tutta la fisica moderna, che ancora oggi non è completamente capita e che non ha finito di svilupparsi: la meccanica quantistica. Come una fenice che rinasce dalle sue ceneri può forte di prima, il concetto di uno spazio pieno comincia a farsi strada sempre più prepotentemente, ma questa volta ha cambiato nome, e proprio a causa del suo nome, "vuoto quantistico", rimane distaccato dall'immaginario collettivo. Alle basi c'è una nuova fisica che non è più alla portata dell'uomo di strada. Si è costruito una barriera, un gap culturale, ogni anno sempre più elevato tra chi ha studiato e chi no. La fisica dell'uomo comune si ferma alla fisica classica, alla fisica del 1900, mentre gli esperti navigano nel futuro. Non credo che manchi la capacità di capire, penso che la verità non venga raccontata nel modo giusto. I concetti non sono difficili, quello che è cambiata e che risulta sempre più complessa è la matematica che ci viene costruita sopra. Più andiamo avanti e più i concetti vengono coperti da nuove architetture matematiche sempre più difficili e articolate. Ma il concetto, a dispetto dei numeri, non può essere irraggiungibile; come sostenevano i filosofi greci, una legge deve essere prima di tutto semplice, armoniosa e bella. Il concetto della fisica può essere rivoluzionario, aprire nuove strade che prima non si sarebbero pensate, ma non difficili; se sono rese tali, allora significa che o manca qualcosa, o volutamente si vuol tenere criptica quella teoria per non diffonderla. Con sforzo da un non esperto a cui non tutto ancora è stato svelato, proverò a spiegare i nuovi concetti della fisica con cui si pretende oggi di rispondere a domande su come sia fatta la natura nel suo intimo. Attraverso l'analisi di questo nuovo personaggio, il vuoto, si scoprirà che non c'è fenomeno fisico, dal micro al macrocosmo, che non sia da lui governato, tanto che ogni nuova teoria si deve sempre confrontare con le sue proprietà. Le nuove teorie sull'evoluzione dell'universo e della sua origine, tipo quella dell'inflazione, nascono dall'analisi delle proprietà del vuoto, i buchi neri evaporano grazie alle proprietà del vuoto, il futuro dell'universo dipende dalle proprietà del vuoto, le grandi unificazioni della fisica, delle forze della natura si ottengono analizzando il vuoto. Oggi come non mai, il vuoto ha riempito le conoscenze dell'uomo. Poiché sappiamo che la storia è ciclica e che il vuoto, l'etere, hanno cambiato tante volte aspetto, nel futuro ci possiamo aspettare altri dietrofront. Ma ogni volta che cambieremo direzione, ad ogni rivoluzione, avremo salito uno scalino della conoscenza del nostro mondo e la fisica della natura apparirà sempre più chiara.

### 3) Cosa è il vuoto

In genere per vuoto immaginiamo uno spazio dove non c'è niente, composto da nulla, questo nella storia ha comportato delle difficoltà sia pratiche che teoriche per la sua realizzazione. Con il tempo, benché si siano migliorate le tecnologie, si è dimostrato che non siamo in grado di realizzare il vuoto assoluto. La storia della sua realizzazione iniziò nel 1644 con Evangelista Torricelli il quale eseguì l'esperimento del barometro a mercurio in cui riuscì a creare del vuoto in un tubo di vetro asportandone l'aria. In realtà proprio di vuoto non si poteva parlare dato che rimase inevitabilmente una certa quantità di vapore di mercurio; 10 anni dopo questo esperimento, si cominciò a costruire le prime pompe a vuoto, grazie alle quali si riuscì a creare dei livelli di vuoto sempre più spinto. Oggi, per applicazioni su acceleratori di particelle, si riescono a realizzare, con macchine tecnologicamente sofisticate, dei livelli di vuoto elevato caratterizzato da una pressione di  $10^{-15}$  mm Hg. Benché si siano raggiunti tali risultati, quel vuoto può essere considerato pieno in confronto al vuoto presente nello spazio interstellare, in cui la pressione è estremamente bassa e dove la quantità di materia è dell'ordine di 1 atomo /  $\text{cm}^3$ . Ma anche se riuscissimo a realizzare un vuoto assoluto ci

accorgeremo che in realtà il vuoto non esiste, o almeno deve essere traslato il livello scala di indagine a dimensioni sempre più piccole.

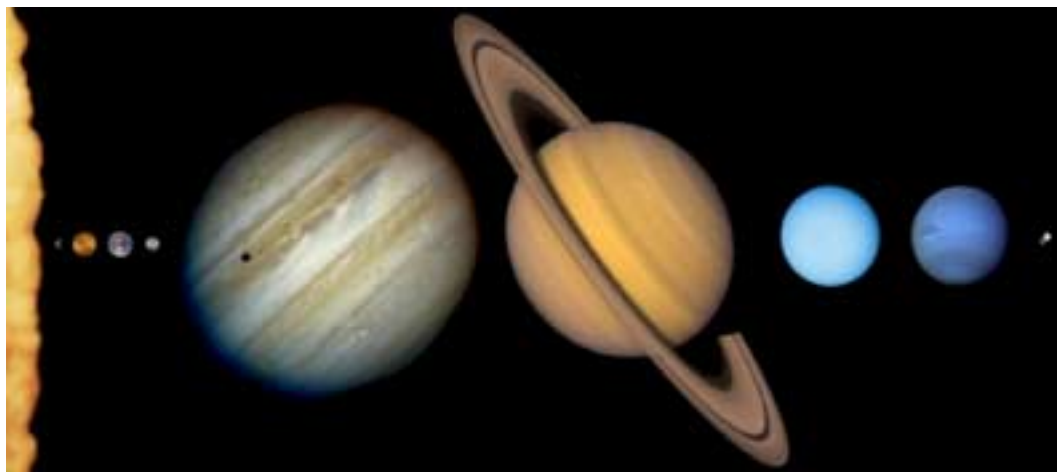
### **3.1) Il vuoto relazionale**

Perché il concetto di vuoto nella storia è stato facilmente modificabile? Perché è stato continuamente riempito e svuotato per dimostrare l'ipotesi di turno? Per capirlo dobbiamo ragionare su cosa intendiamo per vuoto ed osservare la nostra esperienza di tutti i giorni. Se appoggiamo una mano su di una tavola, sperimentiamo che non possiamo attraversarla: come tutti i solidi si oppone alla occupazione del suo volume, alla compenetrazione. Ma non tutta la materia si comporta allo stesso modo; ad esempio se ci muoviamo attraverso l'aria non abbiamo nessun impedimento ad occupare il suo volume. Possiamo introdurre, quindi, una definizione di volume relazionale. Mentre con i solidi abbiamo un volume di relazione, perché ci viene impedita la compenetrazione, per l'aria questo non è un problema. Ci possiamo muovere al suo interno talmente a nostro piacimento, che benché esista, parliamo di spazio vuoto anche in sua presenza. Possiamo parlare di vuoto ogni qual volta non vi sia una relazione evidente fra oggetti materiali. Infatti nell'esperienza di tutti i giorni, fra due persone che parlano definiamo che vi sia il vuoto (se ci fosse stato un ostacolo non avrebbero potuto parlarsi), una stanza con dei mobili assumiamo che sia piena, ma senza mobili la definiamo vuota, e così come per altri esempi di vita quotidiana. In via generale approssimiamo che l'aria non ha alcun volume di relazione, svolge appunto la funzione di vuoto relazionale. L'aria non è l'unico elemento che si presta a questa approssimazione, anche l'acqua può subire la stessa sorte. Allo stesso modo che noi trattiamo l'aria, i pesci possono considerare l'acqua: se in una zona vi è un branco di pesci affermeranno che è pieno di pesci, ma se in un'altra parte non vi saranno pesci penseranno che quella zona è vuota. L'aria e l'acqua sono molto simili, si fanno compenetrare dagli altri oggetti molto facilmente, ma questa loro proprietà è un inganno operato ai nostri sensi. Benché nella compenetrazione la nostra relazione è superficiale, (la presenza dell'aria e dell'acqua si evidenzia con una pressione sulla nostra pelle), ogni qual volta ci spostiamo in essi, spostiamo dei volumi. Quando entriamo in acqua dentro una vasca, il livello dell'acqua sale sino a compensare il volume di compenetrazione e lo stesso succede nell'aria. Ma anche una volta al loro interno, come accade a noi per l'aria ed ai pesci per l'acqua, il volume totale non verrà modificato, e ogni volta che ci muoviamo verrà spostato una quantità pari al nostro volume. Pertanto si può parlare di vero vuoto, contrariamente a come noi lo trattiamo ogni giorno, solo quando non vi è un fenomeno di compenetrazione. Se uno stato di compenetrazione non ci fornisce una garanzia di aver individuato il vuoto, possiamo dire di aver trovato il vuoto quando osserviamo una sovrapposizione di un corpo in un dato volume? Ad esempio nello spazio non abbiamo né aria né acqua e il moto dei corpi celesti è permesso finché non trovano alcun ostacolo. Se sul loro cammino incontrano un altro corpo celeste, dato che la sovrapposizione dei volumi non è possibile, avviene un urto. Normalmente mentre il loro corpo si propaga, si sovrappone nello spazio lungo il percorso senza problemi o almeno così sembra. Come noi consideriamo vuota la presenza dell'aria, allo stesso modo una qualsiasi essenza potrebbe essere considerata vuota fra gli oggetti celesti benché non osservata. Infatti sino al secolo scorso si pensava che l'universo fosse pervaso da una sostanza chiamata etere. Tutti i corpi celesti ne sarebbero immersi a tal punto che ogni interstizio ne sarebbe occupato. Ma anche se non esistesse alcuna essenza, potremo sperimentare che la materia si può sovrapporre, comportandosi come un fantasma. Lo spettro benché occupa un volume visivo relazionale, si può sovrapporre con la materia quando attraversa i muri. E difatti vedremo che in natura è possibile una sovrapposizione di più oggetti di materia, nello stesso volume. Non avendo alcun volume di relazione fra di loro possono lo stesso coesistere senza alcun problema nello stesso spazio. Se ci è permesso di poterli sovrapporre, in realtà è perché abbiamo a che fare con il vuoto.

Quello che siamo abituati a vedere non necessariamente deve occupare tutto il volume, la materia che osserviamo la associamo visivamente ad un volume globale, ma in realtà è solo una approssimazione, un'illusione dovuta alla mancanza di risoluzione dei dettagli. In tal caso si può parlare di volume mentale, di una rappresentazione, di una approssimazione dei nostri sensi della realtà che ci circonda. Noi assegniamo solo un valore mentale al volume che occupa la materia, dei confini virtuali, ovvero definiamo delle relazioni che ci semplificano le rappresentazioni, il resto viene approssimato. In tal modo siamo in grado di costruire solo delle relazioni e non delle visioni assolute. Si potrà parlare di volume pieno relazionale, come di volume vuoto relazionale, ma mai asserire di aver osservato un volume pieno e un volume vuoto assoluto. Ogni volta definiamo delle pregiudiziali che portano ad osservare con occhio relativo, e questo porta ad identificare mentalmente ed anche sperimentalmente, che ciò che identifichiamo essere un vuoto relazionale in realtà diventa sotto altri aspetti un pieno relazionale, e viceversa. In conclusione non siamo in grado di poter osservare un vuoto ed un pieno assoluto: per poterlo fare dovremo uscire dall'universo ed osservare con occhio da Dio qual è la verità. Dall'analisi del volume effettivamente occupato dalla materia, ci accorgiamo che in realtà l'universo è governato solo dal vuoto e per evidenziarlo, eseguiamo un viaggio virtuale attraverso il macro e il microcosmo. Prima di iniziare dovremo però porre delle condizioni, ovvero dobbiamo metterci d'accordo su cosa intenderemo per vuoto e per pieno. Per pieno indicheremo il volume di relazione che ci appare essere della materia, lo spazio da esso occupato, per vuoto il volume di relazione lasciato libero dalla materia. Ma ormai avrete capito che il vuoto può essere pieno e che il pieno può essere vuoto e lo vedrete strada facendo. Vediamo quanto vuoto relazionale troviamo nel nostro universo.

### **3.2) Il vuoto nell'universo nel macrocosmo**

Sin dall'antichità il cielo è stato osservato non come una regione vuota ma pieno di corpi spettacolari: polvere stellare, meteoridi, asteroidi, comete, lune, pianeti, stelle. Dal 1900 l'uomo si è abituato ad aumentare la popolazione dell'universo con nuovi oggetti come le galassie, gli ammassi, gli attrattori, le pareti, etc. I mass media, libri, giornali, televisioni, ci offrono immagini sempre più spettacolari di un universo pieno di colori e di oggetti celesti. Ma allo stesso tempo questo universo è diventato sempre più disseminato di spazi vuoti. Lo spazio che si estende fra le galassie è occupato dal mezzo intergalattico e presenta una densità circa 1 milione di volte inferiore al mezzo interplanetario e interstellare, già di per sé vuoto. Nell'universo sono disseminati vuoti immensi, regioni di 10-30 milioni di anni-luce di diametro, che non contengono essenzialmente alcuna galassia visibile. Ma quanto vuoto c'è nell'universo? Proviamo a fare un po' di calcoli partendo dal nostro sistema solare. Il sistema solare è composto da corpi minori e corpi maggiori. Nella figura 1 sono mostrati i corpi maggiori ed è evidente ciò che consideriamo vuoto e pieno relazionale. Il volume della materia è quello occupato dai corpi celesti, rappresentato da tutto ciò che è colorato, mentre il vuoto relazionale è tutto quello che vediamo mostrato nero. Già a questo livello è evidente chi è il padrone dell'universo, quanto sia enorme il rapporto del vuoto rispetto al pieno. L'immagine non mostra le distanze reali ma lo spazio di relazione di tali corpi celesti è enorme, si muovono in orbite kepleriane a distanze elevate. Ma quello che ha più importanza in questo momento, è che l'immagine mostri in proporzione le dimensioni dei vari corpi celesti ed è evidente che i corpi terrestri come Mercurio, Venere, Terra, Marte, Plutone siano molto piccoli rispetto ai pianeti gassosi come Giove, Saturno, Urano, Nettuno. Fra i pianeti, la parte del leone la svolgono i pianeti gassosi come Giove e Saturno. Giove da solo rappresenta circa il 60 % e Saturno circa il 35%, ed insieme pertanto sono circa il 95 % del volume di tutti i pianeti del sistema.



**Figura 1 La materia del sistema Solare**

Come mostrato dalla Tabella 1, è evidente come i pianeti, a loro volta, sono piccoli rispetto alle dimensioni del nostro Sole. Confermando quello che ci appare visivamente, conoscendo il raggio di ogni corpo ne possiamo confrontare i volumi. Se sommiamo il volume di tutti i pianeti, notiamo che è molto più piccolo del nostro sole di ben 1 / 548. Ma anche se consideriamo le varie lune del sistema solare, il rapporto non varierà di molto, ad esempio se prendiamo la luna della terra abbiamo un volume di: (R = 1738 Km)  $2.20 \cdot 10^{10} \text{ km}^3$ , ben 1 / 116.818 volte il volume di tutti i pianeti.

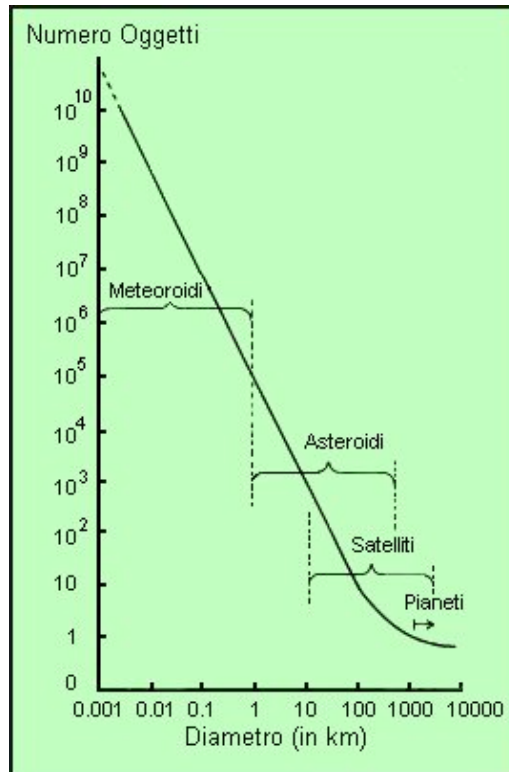
<b>VOLUME DEI CORPI MAGGIORI</b>		
<b>Corpo celeste</b>	<b>Raggio (R) (Km)</b>	<b>Volume (<math>\frac{4}{3} \pi R^3</math>) (Km<sup>3</sup>)</b>
Sole	696.000	$1,41 \cdot 10^{18}$ (1,41 Miliardi di Miliardi)
Mercurio	2.439	$6,07 \cdot 10^{10}$
Venere	6.052	$9,28 \cdot 10^{11}$
Terra	6.378	$1,08 \cdot 10^{12}$
Marte	3.396	$1,64 \cdot 10^{11}$
Giove	71.500	$1,53 \cdot 10^{15}$
Saturno	60.000	$9,05 \cdot 10^{14}$
Urano	25.900	$7,28 \cdot 10^{13}$
Nettuno	24.700	$6,31 \cdot 10^{13}$
Plutone	1195	$7,15 \cdot 10^9$
Tot. Pianeti		$2,57 \cdot 10^{15}$ (2,57 Milioni di Miliardi)

**Tabella 1 Volume dei corpi maggiori del sistema solare**

Se non riusciamo a confrontare il volume del Sole con i corpi maggiori, vediamo se possiamo farci aiutare dai corpi minori: il nostro sistema solare è ricco di asteroidi, comete, polvere etc. Dal grafico della tabella 2 possiamo vedere che il numero dei corpi del sistema solare aumenta enormemente al diminuire del diametro; prendiamo per esempio il numero dei corpi stimato che non superano 1 Km



di diametro, il loro numero arriva ad essere di circa 100.000 oggetti e benché il numero sia alto, il loro volume totale, vedere tabella 3, crolla paurosamente,  $\approx 2 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ , circa 1/1,3 Miliardesimo di volte inferiore a quello totale dei pianeti.



**Tabella 2** Numero corpi celesti nel sistema solare

VOLUME DEI CORPI MINORI			
Diametro (Km)	Volume Totale ( $\approx \text{Km}^3$ )	Rapporto Volume pianeti / volume	
100 - 1000	$\approx 2 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^6$	1/1,3 Milionesimi
10 - 100	$\approx 2 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^7$	1/13 Milionesimo
1 - 10	$\approx 2 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^8$	1/130 Milionesimi
0,1 - 1	$\approx 2 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^9$	1/1,3 Miliardesimo
0,01 - 0,1	$\approx 2 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^{10}$	1/13 Miliardesimo
0,001 - 0,01	$\approx 2 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^{11}$	1/130 Miliardesimo

**Tabella 3** Volume dei corpi minori del sistema solare

Proviamo allora a prendere i corpi non superiori a 0,001 Km di diametro i quali arrivano alla favolosa cifra stimata di 100 miliardi ( $10^{11}$ ) di oggetti, ma il loro volume totale arriva al massimo a malapena  $\approx 419 \text{ km}^3$ ,  $\approx 6134$  Miliardi di volte inferiore al volume dei pianeti. Questi esempi ci insegnano che benché il numero di oggetti aumenti enormemente al diminuire delle dimensioni, il loro volume sarà sempre enormemente inferiore a quello raccolto dagli oggetti più grandi. Pertanto possiamo affermare che il nostro Sole è in grado di rappresentare, da solo, il volume dei corpi di

tutto il sistema. Se prendiamo come grandezza del sistema solare la distanza sino a Plutone di 5.900 milioni di km ( $5,9 \cdot 10^9$ ), il volume della sfera di relazione del sistema planetario del nostro sole arriva a  $2,15 \cdot 10^{29} \text{ Km}^3$ . Già qui possiamo notare come il vuoto relazionale sia enormemente grande, si estende per un valore di  $2,15 \cdot 10^{29} \text{ Km}^3 / 1,41 \cdot 10^{18} \text{ km}^3 = \mathbf{152 \text{ miliardi}}$  ( $1,52 \cdot 10^{11}$ ) volte superiore a quello della materia. Certo ho trascurato che vi sono milioni, miliardi di altri minuscoli corpi ma, come già detto, questi non superano le dimensioni del volume dei corpi più grandi. La sfera di influenza del nostro sistema solare arriva ad oltre le distanze dove gravitano i pianeti. Vi sono zone come la fascia di Kuiper o la nube Oort. A distanze più elevate potremmo trovare il decimo pianeta, oppure scoprire che il nostro sole è un sistema multiplo scoprendo stelle ormai spente e quindi con luminosità estremamente bassa da non essere viste. Anche se dovessimo considerare una grandezza pari ad 1 a.l. (Anno Luce) e raccogliere una quantità di materia pari in volume al nostro sole, raggiungendo la favolosa cifra di  $2,82 \cdot 10^{18} \text{ km}^3$  il rapporto fra vuoto e materia, non migliora a favore della materia, anzi sale ancora paurosamente. Nella distanza di 1 a.l. ( $9,46052584624 \cdot 10^{12} \text{ Km}$ ) la sfera di influenza del sole occupa un volume di  $\approx 3,6 \cdot 10^{39} \text{ km}^3$ . Il rapporto del vuoto relazionale con il volume relazionale della materia sale a  $R = 3,6 \cdot 10^{39} \text{ km}^3 / 2,82 \cdot 10^{18} \text{ km}^3 = 1,27 \cdot 10^{21}$ . Un rapporto del vuoto pari a **127 miliardi di miliardi di volte** il volume occupato dalla materia. E le cose non migliorano se aumentiamo la distanza di indagine. Il nostro sole non è altro che uno dei tanti, presenti in quella che è l'immensa città delle stelle che ci ospita, ovvero la nostra galassia, chiamata anche Via lattea. In questa zona dell'universo è stato stimato essere raccolti almeno 200 Miliardi di concittadini. La Via lattea, ha una dimensione di circa 130.000 a.l., e si presenta come una galassia a spirale con forma a disco a rigonfiamento centrale, ma in realtà grazie alla materia oscura potremo considerare che presenta una distribuzione sferica per una distanza pari a 10 volte quella visibile con una massa 10 volte maggiore da quella deducibile dalle osservazioni. Ipotizzando che la massa della galassia occupi un volume proporzionalmente a quello del nostro sole, abbiamo che il nostro rapporto diventa:

$$\text{Raggio della galassia} = (\text{Diametro Galassia visibile} / 2) \times 10 (\text{Materia oscura}) =$$

$$R_g = 130.000 \text{ a.l.} / 2 \times 10 = 130.000 \times 9,46 \cdot 10^{12} (\text{Km}) / 2 \times 10 = 6,149 \cdot 10^{18} \text{ Km.}$$

$$\text{Volume Galassia} = 4 / 3 \pi R_g^3 = 4 / 3 \pi 6,149 \cdot 10^{18} = 9,74 \cdot 10^{56} \text{ Km}^3$$

Considerando che mediamente le stelle occupano un volume equivalente del nostro sole abbiamo:

$$\text{Volume Stelle} = 200 \text{ Miliardi} \times 10 (\text{Materia oscura}) \times \text{Volume sistema solare}$$

$$\text{Volume Stelle} = 2 \cdot 10^{11} \times 10 \times 2,82 \cdot 10^{18} \text{ km}^3 = 5,64 \cdot 10^{30} \text{ km}^3$$

Il nostro rapporto fra il volume relazionale della materia e il vuoto relazionale è salito a:

$$R = \text{Volume Galassia} / \text{Volume delle stelle} = 9,74 \cdot 10^{56} / 5,64 \cdot 10^{30} = 1,73 \cdot 10^{26}$$

**173 milioni di miliardi di miliardi.** Il rapporto, essendo stato portato alla dimensione di una galassia, è cresciuto di 1,42 milioni di volte. In realtà la galassia è solo un piccolo oggetto perduto nell'universo, e per risparmiarci tutti i vari passaggi intermedi di livelli di organizzazione della materia, potremo considerare tutto l'universo causale. Il massimo di universo che possiamo ad oggi osservare è stimato essere non più grande di circa 13 miliardi di a.l., e pertanto il suo volume è pari a:

$$\text{Volume Universo} = 4 / 3 \pi R_u^3 = 4 / 3 \pi (13 \text{ Miliardi a.l.})^3$$

$$\text{Volume Universo} = 4 / 3 \pi (13 \cdot 10^9 \cdot 9,46 \cdot 10^{12} \text{ Km})^3 = 7,8 \cdot 10^{69} \text{ Km}^3$$

Le galassie contenute al suo interno sono stimate essere di circa 100 miliardi, ma nell'universo la materia è stimata essere al massimo il 5 %, mentre circa il 30 % è costituito da materia oscura esotica e il restante 65 % da energia oscura. Tralasciando l'energia oscura, e supponendo che la materia oscura esotica occupi proporzionalmente lo stesso volume della materia tradizionale, possiamo approssimare che la materia dell'universo occupi un volume pari a  $30 / 5 = 6$  volte

maggiore di quella visibile. Il volume relazionale della materia a livello universale potrebbe quindi possedere un valore equivalente a:

Volume relazione univers. = Volume Rel. Galassia \* 100 Miliardi (Galassie) \* 6 Materia (esotica).

$$\text{Volume relazione universale} = 5,64 \cdot 10^{30} * 100 \cdot 10^9 * 6 = 3,38 \cdot 10^{42} \text{ Km}^3$$

Il rapporto diviene:

$$R = \text{Volume Universale} / \text{Volume relazionale della materia}$$

$$R = 7,8 \cdot 10^{69} \text{ Km}^3 / 3,38 \cdot 10^{42} \text{ Km}^3 = 2,3 \cdot 10^{27}$$

Come evidenziato dalla tabella 4, questa volta il valore del vuoto è cresciuto solo di circa 10 volte a **2300 milioni di miliardi di miliardi**: o si è stabilizzato o vi sono degli errori di valutazione per quanto riguarda la massa della galassia o dell'intero universo causale.

<b>IL "VUOTO" NEL MACROCOSMO</b>			
<b>Struttura dell'universo</b>	<b>Dimensioni sfera relazionale (Km)</b>	<b>Volume Vuoto R = ----- Volume Pieno</b>	
Sole-Plutone	5,9 10 <sup>9</sup> 5900 Milioni	<b>1,52 10<sup>13</sup></b>	152 Miliardi
Sole- 1 a.l.	9,46 10 <sup>12</sup> 9460 Miliardi	<b>1,27 10<sup>21</sup></b>	127 Miliardi di Miliardi
Galassia	130.000 a.l.	<b>1,73 10<sup>26</sup></b>	173 Milioni di Miliardi di Miliardi
Universo Causale	13 10 <sup>9</sup> a.l. 13 Miliardi	<b>2.3 10<sup>27</sup></b>	2,3 Miliardi di Miliardi di Miliardi
Universo Infinito	∞	<b>∞ (??)</b>	?????

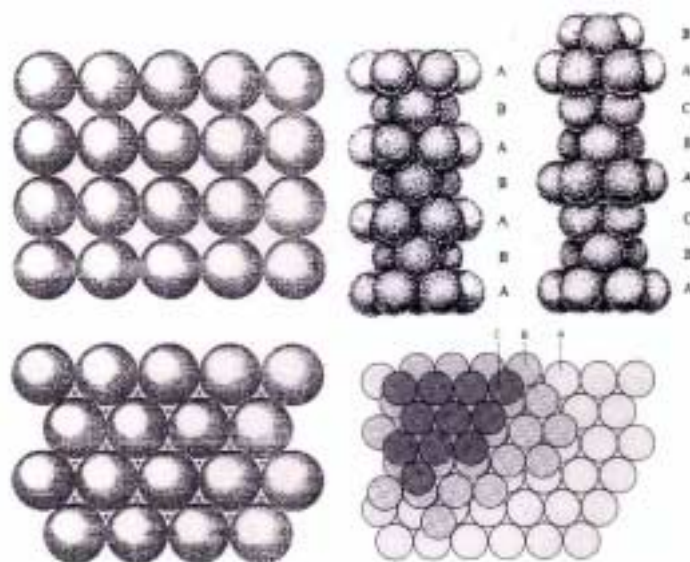
**Tabella 4 Tabella dei Rapporti Vuoto/pieno nel macrocosmo**

L'universo è molto più grande rispetto a quello che noi possiamo vedere, può essere infinito, ma dato che noi ad oggi non siamo in grado di andare oltre a quello causale non possiamo essere sicuri di cosa ci sia oltre quella barriera visuale. Apparentemente sembra che la curva del rapporto-dimensione universo, come mostrato dalla tabella 4, sia arrivato ad un asintoto, e quindi forse siamo giunti ad un valore universale per il macrocosmo, anche se tutto quello che possiamo affermare sono solo delle congetture. E' molto probabile che in futuro tali numeri possano essere rivisti, ma anche se avessimo sbagliato in valutazione di 1 milione di volte, il messaggio evidente è che nell'universo la materia occupa un volume potenziale relazionale molto ridotto rispetto al volume globale disponibile; pertanto il vuoto relazionale appare essere una regola dell'universo e la materia un'eccezione. La dimensione di quest'ultima, straordinariamente piccola, potrebbe essere approssimata per difetto alla non esistenza, senza commettere alcun errore rilevante.

### **3.3) Il vuoto della materia nel microcosmo.**

Dopo aver analizzato il macrocosmo e con grande sorpresa aver scoperto che i corpi celesti si muovono pressoché nel vuoto, vediamo cosa accade invece nel microcosmo. Prima di iniziare il

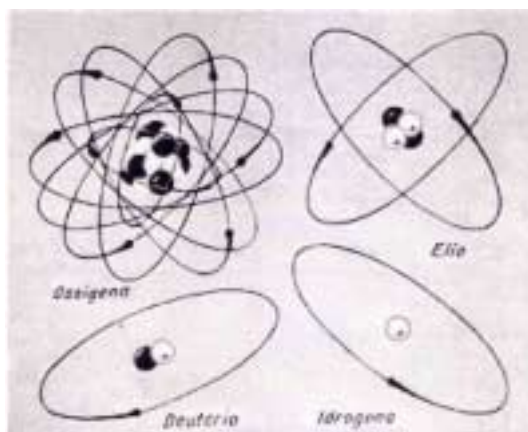
viaggio nel macrocosmo ci eravamo messi d'accordo su cosa intendevamo per pieno relazionale, ma tutto ciò che osserviamo essere un pianeta ha veramente un volume pieno? Nell'esperienza comune è difficile parlare di vuoto: intorno a noi siamo circondati da materia, dove non c'è un solido, terra o oggetti costruiti dall'uomo, troviamo l'atmosfera, e l'atmosfera sappiamo che è costituita, anche se trasparente, da un pieno di materia. Il vuoto dalla materia può essere sperimentato solo dagli astronauti quando escono dall'astronave nello spazio, lontano dalla terra; ma anche in quelle condizioni, di vero vuoto non possiamo parlare, esiste una densità più bassa ma troviamo comunque delle particelle interstellari ed un flusso incessante proveniente dal sole: il vento solare, il flusso di fotoni, il flusso di neutrini e altro ancora. Ma la nostra esperienza non conta, in realtà anche dove c'è materia c'è il vuoto, contro la nostra intuizione il vuoto la fa da padrona. Un qualsiasi solido ci appare continuo impenetrabile, l'aria benché trasparente la possiamo sentire, basta agitare una mano, si crea una piccola brezza che ne evidenzia la presenza. Queste sono tutte esperienze che provocano un'illusione, un'approssimazione della realtà. Se prendiamo in esame un solido come la tavola, possiamo provare ad affondare la mano e possiamo sperimentare che è impenetrabile. Quando ci sediamo su di una seggiola, sappiamo che è impenetrabile, contiamo su questo per poter stare in una posizione comoda. Ma la realtà è tutta un'altra storia, viviamo in un mondo di illusioni, di approssimazioni.



**Figura 2**      **Struttura cristallina**

Tutti i solidi non occupano il volume efficientemente al 100 %. Mentalmente assegniamo alla materia dei confini per mancanza di definizione dei dettagli. L'assenza di risoluzione obbliga la nostra mente a crearsi una realtà virtuale immaginandosi dei confini, una continuità nella materia, una superficie. Ma se dovessimo osservare con occhio più attento ed operiamo un ingrandimento, si rende evidente che in ciò che appariva liscio e continuo, in realtà sono presenti discontinuità come monti e valli. Appena l'uomo ha avuto la tecnologia per poter osservare la natura con ingrandimenti più elevati ha dimostrato che tutta la materia è formata da elementi di base chiamati atomi (fig 2). Tutto ciò che ci circonda è composto da tali unità di base, ed a secondo di come si organizzano abbiamo le varie forme della materia. Se non sono organizzati, ovvero legati, si ha un gas come

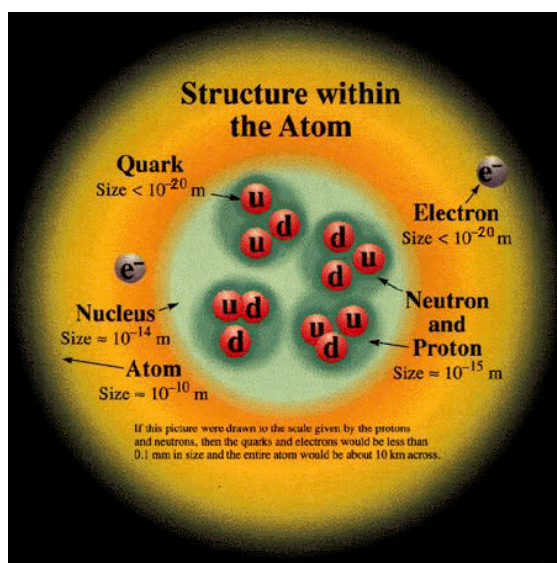
l'aria, ma se si creano delle strutture organizzate, legate, chiamate strutture cristalline, si ha un solido. Una struttura cristallina non occupa tutto il volume, sono presenti dei buchi, ma quanto sono larghi questi buchi? Il modello di un atomo è un solido sferico e pertanto anche avvicinandone uno all'altro è impossibile occupare tutto il volume. Perché il volume sia interamente occupato avremmo bisogno di atomi cubici, ma essendo sferici l'efficienza di occupazione del volume dipende da come si dispongono nello spazio. Vi sono molti modi, nella figura 2 sono presenti solo 2 delle varie possibilità, se si dispongono ordinatamente, ciascuno in linea, vediamo che lo spazio occupato non è efficiente. Ma se prendiamo il cristallo più compatto, l'argento metallico con un raggio di 1,44 Angstrom ( $1,44 \cdot 10^{-10}$  m), che ha una struttura cristallina ccp a file e piani sfalsati, struttura in basso della figura 2, lo spazio occupato si eleva al 74 %; ciò significa che il 26 % dello spazio come minimo rimane sempre inutilizzato e a disposizione ancora del vuoto. Tutto sommato il 26 % di vuoto non è poi così elevato, quando ci mettiamo a sedere sopra una panchina il vuoto è maggiore, ci sorregge ugualmente, e pertanto apparentemente non c'è di che preoccuparsi. Ma quando l'uomo ha migliorato la tecnologia ed ha avuto la possibilità di osservare la natura con un dettaglio ancora maggiore si è accorto che per l'ennesima volta tutto quello che si era immaginato era solo un'approssimazione, un'illusione, un inganno operato ai nostri sensi, questa volta "strumentale" dato che non possiamo osservare direttamente.



**Figura 3**      **Struttura di un atomo, modello a sistema planetario**

Si è scoperto che gli atomi non erano la materia fondamentale dell'universo, ma a loro volta frutto di un altro livello di organizzazione della natura. Il modello ad oggi più elementare di un atomo è un minisistema planetario costituito da un nucleo e da piccolissime particelle (elettroni) che vi girano intorno (fig 3). Ciò che noi precedentemente chiamavamo atomo in realtà era l'osservazione del guscio di elettroni che giravano intorno al nucleo. Gli elettroni almeno ad oggi sono considerati puntiformi e pertanto il volume della materia è rappresentato essenzialmente dal nucleo. Se operassimo un ingrandimento di un atomo fino a farlo diventare come un enorme pallone di 100 metri di diametro, il nucleo ci apparirebbe di dimensioni non superiori a quelle di una biglia da 1 cm scoprendo che anche qui lo spazio è ancor più vuoto, anzi esiste praticamente solo il vuoto. Quello che a noi appariva come un solido si svela non essere altro che un'approssimazione del nostro cervello, ovvero dei nostri strumenti. Ai nostri occhi si nascondeva quasi il 100 % di vuoto, uno spazio con minuscoli nuclei ed elettroni separati da enormi intervalli di spazio vuoto. Cosa succederebbe se potessimo ridurre questo spazio? La natura lo sperimenta già con le stelle di neutroni. Oppenheimer e volkoff definirono che se la massa di una stella è maggiore di 8-10 masse

solari, alla fine della sua vita, dopo varie vicissitudini, perde la maggior parte della massa ma ne rimane comunque un nucleo estremamente massiccio compreso tra 1,4 < (Stella Neutroni) < 2,5 Masse solari. Il nucleo lasciato scoperto della stella è inerte da un punto di vista nucleare, ovvero ormai non possono avvenire più reazioni che portano energia e quindi temperatura, e la pressione gravitazionale non è più controbilanciata. La pressione di gravità è così elevata che gli atomi vengono compressi a tal punto che gli elettroni vengono spinti ad avvicinarsi ai protoni, riducendo enormemente lo spazio fra di essi. Quando gli elettroni e i protoni sono portati ad essere molto vicini, si possono unire a formare i neutroni, ed ecco perché la stella viene definita stella di neutroni, un corpo celeste con densità elevatissime, formata da solo particelle di neutroni. Per rendere conto dell'estremità della situazione, ad esempio il nostro sole con un diametro di 1.390.180 Km si ridurrebbe ad un diametro di appena 10 Km, con una diminuzione del volume pari a **2,68 milioni di miliardi di volte** ( $2,68 \cdot 10^{15}$ ).



**Figura 4 I vari livelli di composizione dell'atomo**

Una riduzione che se ci pensiamo bene era possibile solo in presenza del vuoto. Ma allora quando ci appoggiamo ad un tavolo o ci mettiamo a sedere, in realtà ciò che ci sorregge è un immenso vuoto. Ovvero, visto che anche noi siamo fatti di materia, il vuoto del nostro corpo è sorretto dal vuoto del tavolo e dal vuoto delle seggiole. Il miracolo della natura è che, benché tutto sia vuoto, il tavolo vuoto impedendone la compenetrazione sorregge il nostro corpo vuoto, agisce tramite l'interazione. Ogni componente della materia benché distante da un altro riesce con questo ad interagire tramite le forze, le quali determinano dei campi d'azione che vanno al di là della barriera dei volumi dei corpi. Questo miracolo ad oggi è ancora incomprensibile; quando ci fermiamo ad analizzare e cercare di capirne le cause di come ciò possa essere possibile, si scopre che in realtà abbiamo scalfito solo uno dei tanti livelli di organizzazione della natura. Quando l'uomo ha potuto migliorare ancora ulteriormente la tecnologia è stato in grado di osservare la natura con un dettaglio ancora inferiore e per l'ennesima volta si è accorto che ciò che aveva osservato prima era un inganno operato ai nostri sensi strumentali, ancora una volta un approssimazione derivata dalla mancata risoluzione dei dettagli. Ovvero i nuclei dell'atomo a loro volta sono composti da protoni e neutroni. Dallo studio della diffusione di elettroni accelerati ad alta energia e fatti collidere con protoni e neutroni,

chiamati anche nucleoni, si è scoperto che hanno un diametro di circa  $10^{-15}$  metri. Rispetto al valore di diametro di un nucleo  $10^{-14}$  metri abbiamo un rapporto dimensionale di 10 volte inferiore ma con un volume 1000 volte inferiore. Quello che ci appariva essere un nucleo intero in realtà erano dei componenti più piccoli che operavano in uno spazio di relazione più piccolo. In realtà non ci interessa sapere quanto è la dimensione del nucleo di un atomo, questo perché se prendiamo come riferimento la stella di neutroni, la materia si trova già in uno stato speciale chiamato degenerare; il volume relazionale delle particelle occupa un volume minimo con un'efficienza altissima. In quelle condizioni le particelle non possono occupare un volume ancora più piccolo, per farlo la stella deve trasformarsi ancora, diventare un buco nero.

<b>IL "VUOTO" NEL MICROCOSMO</b>			
<b>Struttura dell'universo</b>	<b>Dimensioni (m)</b>	<b>Volume Vuoto</b>	
		<b>R = -----</b>	<b>Volume Pieno</b>
Cristallo "ccp"	$10^{-9}$	<b>0,32</b>	
Atomo	$10^{-10}$	<b>0</b>	
Nucleo	$10^{-14}$	<b>2,68 <math>10^{12}</math></b>	2.680 Miliardi
Barioni (Protoni/Neutroni)	$10^{-15}$	<b>2,68 <math>10^{15}</math></b>	2,68 Milioni di Miliardi
Quark	$\leq 10^{-20}$	<b>8 <math>10^{29}</math></b>	800 Miliardi di Miliardi di Miliardi
Sub-Quark	??????	??????	??????
.....	??????	??????	??????
.....	??????	??????	??????
Stato fondamentale	$\approx 1 / \infty$	$\infty$ (??)	??????

**Tabella 5      Tabella dei Rapporti Vuoto/pieno nel microcosmo**

Quando, ancora una volta, la tecnologia lo ha permesso siamo stati in grado di capire che a loro volta il protone e il neutrone non sono particelle elementari ma composte. Ancora una volta la natura aveva operato un inganno ai nostri limitati sensi strumentali. Oggi sappiamo che i nucleoni sono composti da quark, fig 4. I quark, come gli elettroni, ad oggi si considerano puntiformi, ma comunque dagli esperimenti ad oggi effettuati si sono fissati dei limiti inferiori del diametro pari a  $10^{-20}$  m. Non sappiamo se i quark siano in realtà ancora più piccoli ma, avendo il solito limite strumentale, dobbiamo approssimare che il limite fissato sia la dimensione della particella. Abbiamo scoperto che i nucleoni non erano altro che lo spazio di relazioni di queste 3 particelle ad oggi elementari. Benché la loro dimensione sia estremamente piccola, il volume del protone e del neutrone è il volume occupato dall'estensione dei caotici moti di queste particelle. Una dimensione effettiva di circa 100.000 ( $10^5$ ) volte più piccoli del nucleone e pertanto con una riduzione in volume pari a  $\approx (10^5)^3 \approx 10^{15}$ . Per ogni nucleone ci sono 3 quark, pertanto lo spazio occupato si riduce di un fattore  $(10^{-15} / 10^{-20})^3 / 3 \approx 3 \cdot 10^{14}$  volte. Il rapporto fra il vuoto e il pieno della materia è quindi diventato essere il rapporto della stella di neutroni incrementato dal rapporto del vuoto del nucleone:

$$R = \text{Rapporto Stella neutroni} * \text{Rapporto Nucleoni in Quark}$$

$$R = 2,68 \cdot 10^{15} \cdot 3 \cdot 10^{14} = 8.04 \cdot 10^{29}$$

Ad oggi ci dobbiamo fermare ai Quark, vedi tabella 5, ma potremmo ben presto scoprire che esiste un altro livello organizzato più piccolo di particelle elementari che ho chiamato i Sub-Quark, e poi potremmo scoprire che a loro volta sono ulteriormente suddivisibili. Molto probabilmente la natura ci nasconde una matrisca di livelli di organizzazione della materia che ci porta ad evidenziare come la realtà che ci permette di relazionarsi sia caratterizzata sempre più dal vuoto. Vi potrebbe essere un'infinità di livelli oppure potremo arrivare ad un livello ultimo, finito, fondamentale dell'universo. Fino ad oggi, ad ogni livello svelato si è scoperto un volume sempre più piccolo, e potremmo arrivare a definire che lo spazio della materia possa, al livello ultimo, essere un infinitesimo, praticamente inesistente. Questo però è valido solo per il vuoto relazionale come noi lo abbiamo definito in partenza, si potrebbe poi scoprire che la realtà della natura è tutta un'altra cosa. Cambiando la relazione di analisi potremmo scoprire ciò che noi adesso abbiamo chiamato vuoto in realtà sia costituito da pieno.

### 3.4) Quantifichiamo il vuoto.

Abbiamo visto come nel macrocosmo vi sia un rapporto fra il volume relazionale della materia e il vuoto pari a:  $R = 2.3 \cdot 10^{27}$  Volte.

<b>IL "VUOTO" NELL'UNIVERSO</b>			
<b>Struttura dell'universo</b>	<b>Ordine Dimensionale</b>	<b>Volume Vuoto R = ----- Volume Pieno</b>	
<b>Microcosmo</b>	$10^{23}$	$8 \cdot 10^{29}$	<b>800 Miliardi di Miliardi di Miliardi</b>
<b>Macrocosmo</b>	$10^{23}$	$2,3 \cdot 10^{27}$	<b>2,3 Miliardi di Miliardi di Miliardi</b>
<b>Totale</b>	$10^{46}$	$\approx 2 \cdot 10^{57}$	<b>20.000 Miliardi di Miliardi di Miliardi di Miliardi di Miliardi di Miliardi di Miliardi</b>

**Tabella 6 Tabella dei Rapporti Vuoto/pieno nell'universo**

Successivamente indagando sul pieno della materia ci siamo accorti che in realtà il microcosmo è dominato dal vuoto con un rapporto  $R = 8,04 \cdot 10^{29}$ , vedere tabella 6, unendo le due analisi, nell'universo abbiamo un vuoto più esteso rispetto alla materia per un rapporto pari a:

$$R = 2,3 \cdot 10^{27} \cdot 8,04 \cdot 10^{29} = 1,85 \cdot 10^{57}$$

$$R \approx 2 \cdot 10^{57}$$

Nella natura in cui ci muoviamo, il vuoto è così il padrone ed è più esteso della materia di circa **20.000 miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di volte.**

Se disegniamo un grafico del rapporto R (Vuoto / Pieno relativo) in funzione della dimensione, (tabella 7), mettendo in scala logaritmica (considerando gli esponenti dei numeri) si ottiene un grafico simile ad una scala. Il rapporto R non cresce in modo continuo ma si ferma per determinate grandezze.



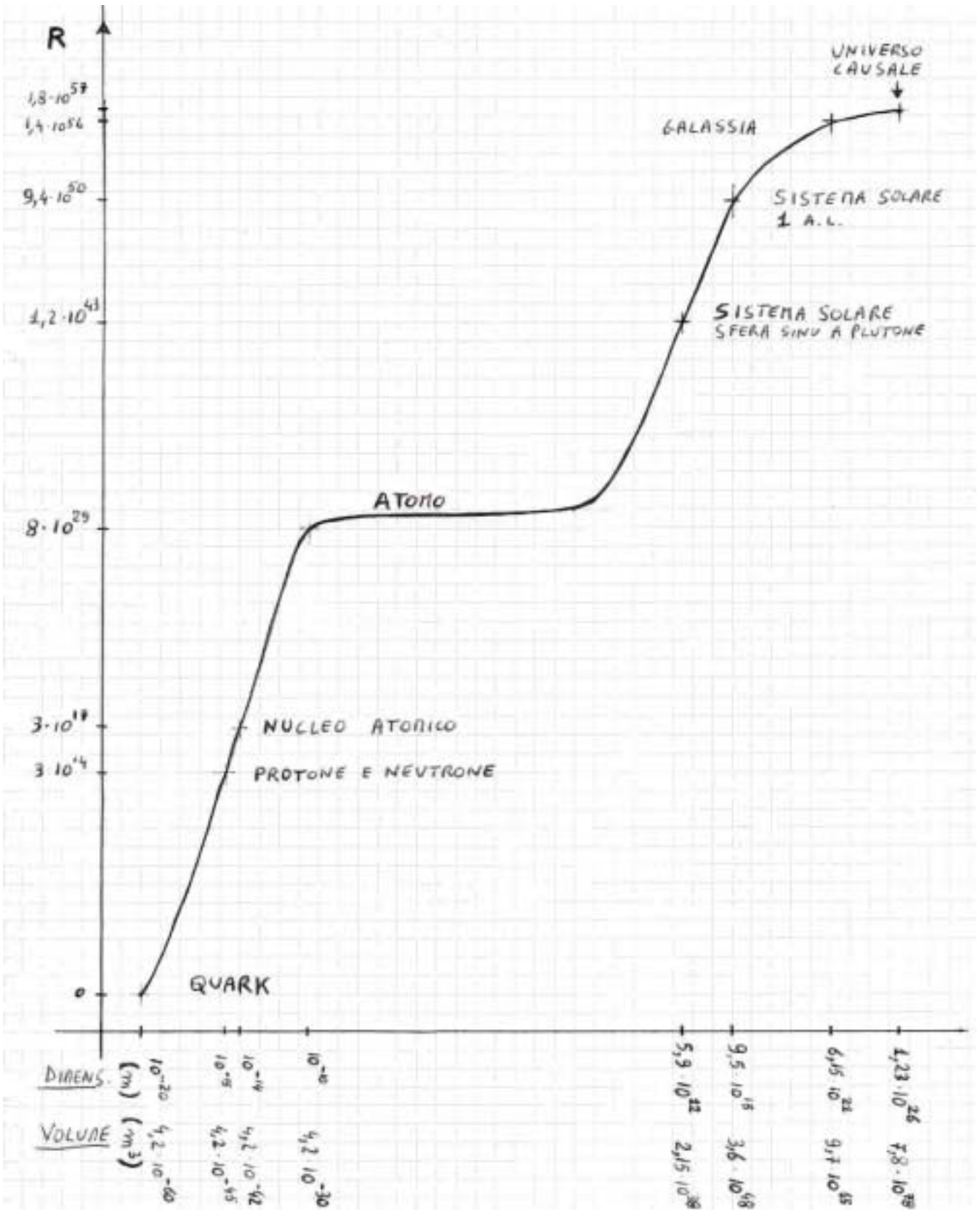
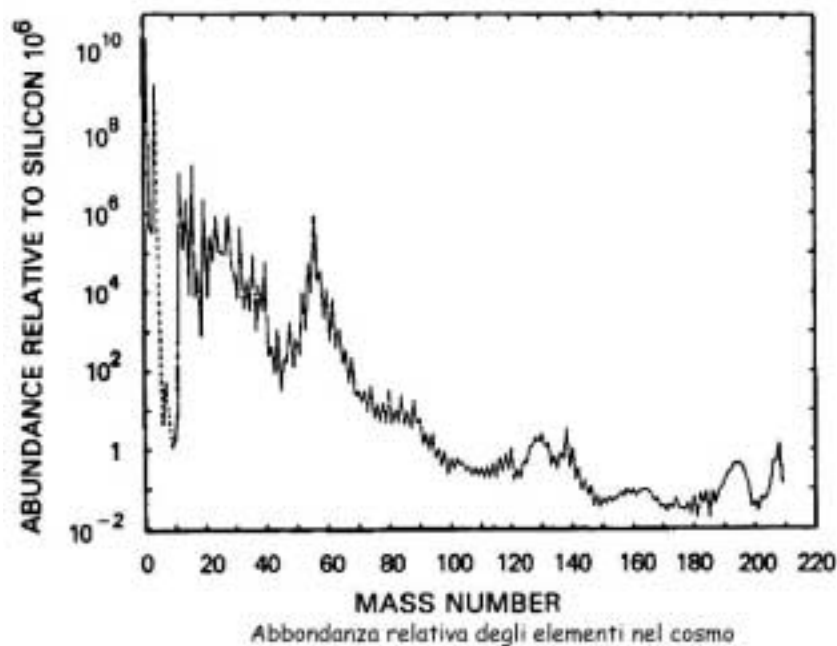


Tabella 7 Grafico Rapporti Vuoto/pieno nell'universo

Si possono identificare nella materia degli stati di organizzazione ben precisi. A livello microcosmico il mondo è dominato dagli atomi che governano l'universo per un'elevata scala di grandezze, evidenziato dallo scalino centrale. A livello più grande si può identificare come la tendenza dell'universo nel macrocosmo sia quella di presentare un altro scalino, di organizzare delle strutture a galassie, o come potrebbe essere il nostro intero universo causale; il problema è che non sappiamo se la curva si confermerà essere piatta o varierà di pendenza. Dal grafico inoltre si evince che potrebbe esistere un livello sub-microcosmico ancora da identificare, ma ad oggi le informazioni si fermano al Quark, il quale conferma la curva di pendenza e pertanto, per metodo induttivo, non può essere il gradino eventuale. In futuro è prevedibile che indagando a dimensioni più piccole si possa trovare l'altro gradino e conseguentemente una struttura come quella atomica, padre relativa di tutte le strutture osservate ad oggi.

### 3.4.1) Verifica del rapporto R universale.

Il rapporto R universale calcolato nei paragrafi precedenti, è stato ricavato operando diverse supposizioni e approssimazioni, quindi potrebbe essere non corretto. Occorre pertanto identificare un metodo che possa in altro modo confermarne tale valore. Un aiuto in tal senso viene dalla teoria del Big Bang, in particolare dalla teoria della nucleosintesi. Oggi nell'universo si osserva che la distribuzione degli elementi è ben particolare, vedere tabella 8, e la teoria della nucleosintesi è in grado di giustificare una siffatta distribuzione, diventando uno dei pilastri della dimostrazione della teoria del big bang.



**Tabella 8**      **Abbondanza relativa degli elementi nell'universo causale**

Alla nascita dell'universo, la materia era costituita da un brodo primordiale che poi ha portato all'universo come oggi noi lo osserviamo. Uno dei parametri che descrivono la sua composizione iniziale è il rapporto fra Barioni (Protoni e Neutroni) e fotoni (onde elettromagnetiche), ovvero è come dire il rapporto fra materia ed energia. Il rapporto attualmente riconosciuto è intorno a 1 barione ogni 1 miliardo di fotoni. Le abbondanze relative degli elementi nell'universo dipendono da tale rapporto; se questo fosse diverso, la distribuzione degli elementi oggi osservata sarebbe modificata. E' stato simulato che se tale rapporto variasse di 10 volte, da 1 a 10 barioni per  $10^9$  fotoni, si dovrebbe osservare una variazione di percentuale nell'universo dei vari elementi e isotopi. Prendendo un isotopo dell'idrogeno, il deuterio, subirebbe una variazione di 4 ordini di grandezza, e pertanto di 10.000 volte. Se oggi misuriamo il fondo di deuterio nell'universo, anche se non con grande precisione, siamo in grado di definire quasi esattamente il numero dei barioni. Se conoscessimo approssimativamente il valore del rapporto e il numero dei fotoni, saremmo in grado di determinare il numero dei barioni. In nostro aiuto sono venuti incontro Arno Penzias e Robert Wilson nel 1964, i quali scoprirono che nell'universo è presente un fondo di radiazione a microonde, che guarda caso non è altro che la temperatura residua dell'intero dell'universo, il residuo dell'esplosione iniziale, ovvero i fotoni primordiali. Questa osservazione poi è andata a formare l'altro pilastro della conferma della teoria del big bang. Questa temperatura ad oggi è stata misurata con estrema precisione ed è di circa  $2,735^\circ \text{K}$ , ma quello che ci interessa di più è che una ricerca recente, eseguita tramite il satellite COBE nel 1992, ha osservato che sia distribuita omogeneamente in tutto l'universo con fluttuazioni inferiori a 1 parte su 100.000. Il fatto che sia così estremamente omogenea ci aiuta: è sufficiente identificare un ben determinato numero di fotoni in una porzione di universo che poi lo possiamo estrapolare per l'intero universo causale. Il numero dei fotoni medio può essere ricavato dalle formule dell'energia elettromagnetica, le quali ci indicano che ad ogni temperatura è associato un ben preciso numero di fotoni; alla temperatura di  $2,735^\circ \text{K}$  il numero dei fotoni medio è pari a: 400 fotoni per  $\text{cm}^3$ , ovvero  $4 \cdot 10^{17}$  per  $\text{km}^3$ .

Estrapolandolo per l'intero universo causale avremo un numero pari a:

$$\text{Numero fotoni universo causale} = \text{Volume dell'universo} * \text{Densità fotoni}$$

$$\text{Numero fotoni universo causale} = 7,8 \cdot 10^{69} \text{ Km}^3 \cdot 4 \cdot 10^{17} / \text{km}^3 = 3,12 \cdot 10^{87}$$

Dal rapporto universale dei fotoni con i barioni abbiamo che questi ultimi sono presenti nell'universo in numero pari a:

$$\text{Numero dei barioni universo causale} = \text{Numero fotoni} / 1 \text{ Miliardo}$$

$$\text{Numero barioni} = 3,12 \cdot 10^{87} / 10^9 = 3,12 \cdot 10^{78}$$

Ogni barione è formato da 3 quark e quindi:

$$\text{Numero quark universo causale} = \text{Numero barioni} * 3$$

$$\text{Numero quark} = 3,12 \cdot 10^{78} * 3 = 9,36 \cdot 10^{78}$$

Partendo dal limite inferiore della dimensione del quark rilevato ad oggi:  $10^{-23} \text{ km}$  ricaviamo il volume relazionale dei quark nell'universo:

$$\text{Volume Quark Universo causale} = \text{Volume Quark} * \text{Numero Quark}$$

$$\text{Volume tot Quark} = 4 / 3 \pi (10^{-23})^3 \cdot 9,36 \cdot 10^{78} = 3,92 \cdot 10^{10} \text{ km}^3$$

Il rapporto del vuoto con l'universo barionico diviene pertanto:

$$R = \text{Volume universo} / \text{Volume quark}$$

$$R = 7,8 \cdot 10^{69} \text{ Km}^3 / 3,92 \cdot 10^{10} \text{ km}^3 = 1,99 \cdot 10^{59}$$

$$\mathbf{R \approx 2 \cdot 10^{59}}$$

Ma il rapporto tra Barioni e fotoni, di 1 su 1 Miliardo, tiene conto solo di una caratteristica del brodo primordiale dell'universo, ovvero dei barioni; in tale analisi non è stata considerata la materia esotica. Precedentemente avevamo supposto che la materia esotica era circa 6 volte la materia

tradizionale, barionica, e che per approssimazione occupasse lo stesso volume in proporzione alla propria massa, correggendo abbiamo pertanto:

$$\begin{aligned} R_{\text{mbarionica+mesotica}} &= R_{\text{mbarionica}} / 6 \\ R &\approx 2 \cdot 10^{59} / 6 \approx 3 \cdot 10^{58} \\ \mathbf{R} &\approx \mathbf{3 \cdot 10^{58}} \end{aligned}$$

Un valore circa 10 volte superiore a quello ricavato precedentemente; è evidente a questo punto che le approssimazioni che avevo inserite, sul valore della massa barionica, sono state per eccesso. Dopo tante approssimazioni qualche errore ci poteva comunque rientrare, ed è comunque insignificante rispetto alla conclusione e ai numeri in gioco. Avremmo potuto sin dall'inizio calcolare questo rapporto ma era più importante eseguire un viaggio attraverso il macro e microcosmo per poter capire cosa in realtà intendiamo per vuoto e pieno, e difatti con il viaggio nel microcosmo abbiamo abbattuto delle barriere mentali che ci facevano assegnare un volume pieno ai corpi celesti nel macrocosmo. La conclusione è che il volume dell'universo è vuoto e che, maggiore è il grado di approfondimento, minore diventa il volume relazionale della materia. Ma a dispetto di tutti questi calcoli, nel vuoto, c'è ben più di quanto non appaia a prima vista. La natura del vuoto possiede delle proprietà che vedremo in seguito.

### **3.5) *Universi paralleli***

Abbiamo così dimostrato che la materia si muove pressoché in uno spazio vuoto. Per la materia quello che è importante è la comunicazione che avviene tramite l'interazione, senza questo modo di parlare in uno spazio vuoto non si potrebbero determinare le strutture dell'universo oggi osservate. Oggi sappiamo, ed è stato dimostrato, che la materia dell'universo si presenta sotto diverse forme, barionica ed esotica. Il mondo di interazione umana è basato sulla materia barionica: protoni, neutroni ed elettroni, organizzati in atomi. Tutte le svariate forme che abbiamo comunemente intorno a noi sono dovute alla interazione della materia con la forza elettromagnetica (EM), la quale si esprime tramite il fotone, messaggero della forza. Ma non tutta la materia interagisce tramite la forza EM; ad esempio la materia esotica ignorando il fotone, viene comunemente non vista, ma ad ogni modo è stata dimostrata la sua esistenza grazie alla sua interazione con la forza gravitazionale, che al momento risulta universale. A livello cosmologico l'interazione con la forza gravitazionale comporta il possedere una massa. Infatti nelle strutture elevate, dalle galassie in su, si evidenzia (indirettamente) la presenza di una massa superiore a quella giustificabile visivamente. Questo significa che comunemente noi oggi conviviamo con la materia esotica tranquillamente senza che si renda evidente con fenomeni macroscopici nella vita quotidiana, ed è vero il viceversa e, ugualmente, la nostra materia non si manifesta alla materia esotica. Il volume di relazione della materia esotica tranquillamente può convivere, ovvero sovrapporsi, con quello della materia tradizionale (umana). Nella nostra Galassia come nell'universo, e quindi anche nel nostro sistema solare, è presente un determinato quantitativo di materia esotica che ruota attorno al centro della galassia; in questo momento noi siamo attraversati continuamente da queste particelle di materia senza che ce ne accorgiamo. Dato che due volumi relativi considerati pieni si possono sovrapporre tranquillamente, si scopre come nella natura siano possibili sovrapposizioni di volumi relazionali di materia, dimostrando ancora una volta come l'osservare una sovrapposizione nel vuoto relativo, non ci dà una garanzia di aver identificato un volume di vuoto assoluto. Oltre alla materia esotica, ci sono altre forme di materia che stanno attraversando il nostro corpo a nostra insaputa: troviamo infatti anche la materia tradizionale, fotoni di determinate energie, come i raggi X che usiamo in medicina per effettuare una radiografia, le onde radio e televisive, particelle come il neutrino o i

raggi cosmici. Quindi comunemente siamo attraversati da un'infinità di particelle che dimostrano ancora una volta come il nostro volume di interazione sia governato dal vuoto, altrimenti tutta questa materia non avrebbe potuto superare i confini della nostra superficie ed attraversare il nostro volume di relazione così facilmente. In definitiva però, rimane sempre un piccolo volume a disposizione per la materia, ed è grazie a questo spazio che possono avvenire delle interazioni. La materia oscura esotica benché non interagisca con la Forza EM e quindi con la nostra materia, occupa, anche se piccolo, un volume il quale se incontra il volume della materia tradizionale (barionica) non può sovrapporsi, ed allora avverrà un evento cosmico di interazione, un semplice e banale "URTO". Rita Barnabei nel 2000 ha evidenziato questi urti: nella fattispecie il neutralino, presente nelle teorie supersimmetriche, sotto il Gran Sasso sarebbe stato pescato nell'atto di "conversare" con gli atomi. Se avessimo a disposizione nell'universo forme di materia che non si influenzano reciprocamente, che cioè non determinano interazioni tali da poter provocare effetti macroscopici osservabili, potrebbero esistere degli universi sovrapposti senza che l'uno sapesse dell'altro. Ad oggi si teorizzano particelle di materia che interagiscono debolmente, chiamate con il nome di materia oscura esotica, le quali non ragionano attraverso la forza elettromagnetica (e perciò non sono osservabili), ma attraverso la sola forza gravitazionale. La materia oscura si è resa necessaria attraverso le misure, le osservazioni, si è potuta idealizzare per questa sola sua componente gravitazionale, dato che influenza i moti dei corpi celesti come le galassie e l'universo intero. Ma se avessimo a che fare con forme di materia che interagiscono debolmente anche con la forza gravitazionale, si potrebbero avere delle forme di materia (che potremo chiamare strana o parallela) presenti nello stesso luogo senza influenzarsi a vicenda in modo rilevabile, neanche cosmologicamente, e quindi sarebbero molto più difficili da osservare. Ma, come spesso ho già citato, questo è permesso solo perché esiste il vuoto, un'enormità di spazio libero fra la materia. Vi possono essere degli universi paralleli che possono convivere nello stesso luogo senza effetti macroscopici rilevabili. Come evidenziato per il neutralino, l'unico modo di poter interagire fra un universo e l'altro è attraverso il volume occupato, ossia meccanicamente attraverso urti. Le varie forme di materia possono presentare rapporti differenti fra lo spazio ed il vuoto, ma non possono occupare lo stesso volume effettivo, pertanto quando si incontrano dovranno per forza interagire attraverso un urto. Ma come abbiamo ampiamente dimostrato il rapporto fra il vuoto e il pieno è enorme e quindi la probabilità di un incontro è estremamente bassa. Per poter aumentare la possibilità di un'interazione fra più universi occorrerebbe eseguire esperimenti di alta energia, ove la materia potesse raggiungere elevate densità, e contemporaneamente avere un laboratorio di un universo parallelo, nello stesso luogo, in cui fosse eseguito lo stesso esperimento; in questo modo si potrebbe realizzare una ipotetica conversazione e scambiarsi le nostre esperienze. In natura esistono corpi celesti di elevata densità, come le stelle di neutroni e i buchi neri; attraverso tali estremi oggetti stellari si possono aumentare enormemente le probabilità di interazione fra i più universi nello stesso luogo. Un attraversamento con un simile oggetto non provocherebbe una interazione come attrazione, ovvero non verremmo mangiati da un buco nero di un altro tipo di universo, ma si potrebbe osservare un minimo riscaldamento locale dovuto alla trasmissione meccanica tramite gli urti dell'energia dell'oggetto celeste estremo. Precedentemente abbiamo visto che la matrioska della materia potrebbe proseguire all'infinito e potremmo avere un rapporto fra il volume del vuoto e la materia tendente all'infinitesimo, ma questo genererebbe la possibilità dell'esistenza di un'infinità di universi tutti presenti nello stesso luogo, ognuno con la sue leggi della natura e le sue regole. Questi universi paralleli sono differenti da quelli comunemente trattati. I fisici oggi analizzano universi paralleli delocalizzati, ovvero universi presenti in altri luoghi anche infinitamente distanti, bolle di universi che nascono nell'inflazione perpetua del big bang. Nella fantascienza si evidenziano universi presenti in dimensioni parallele, ma facenti parte di altre dimensioni che occupano un

volume sempre diverso, delocalizzati. Nel nostro caso invece abbiamo a che fare con universi pienamente paralleli perché si trovano nello stesso spazio nello stesso luogo, nello stesso volume. Per questi tipi di universi sono sufficienti le uniche 3 dimensioni che comunemente siamo abituati a interagire, non è necessario inventarsi altre dimensioni spaziali e quindi sconfinare oltre la realtà, rendendo più probabile ciò che per molto tempo è stato relegato solo alla fantascienza.

### **3.6) Considerazioni**

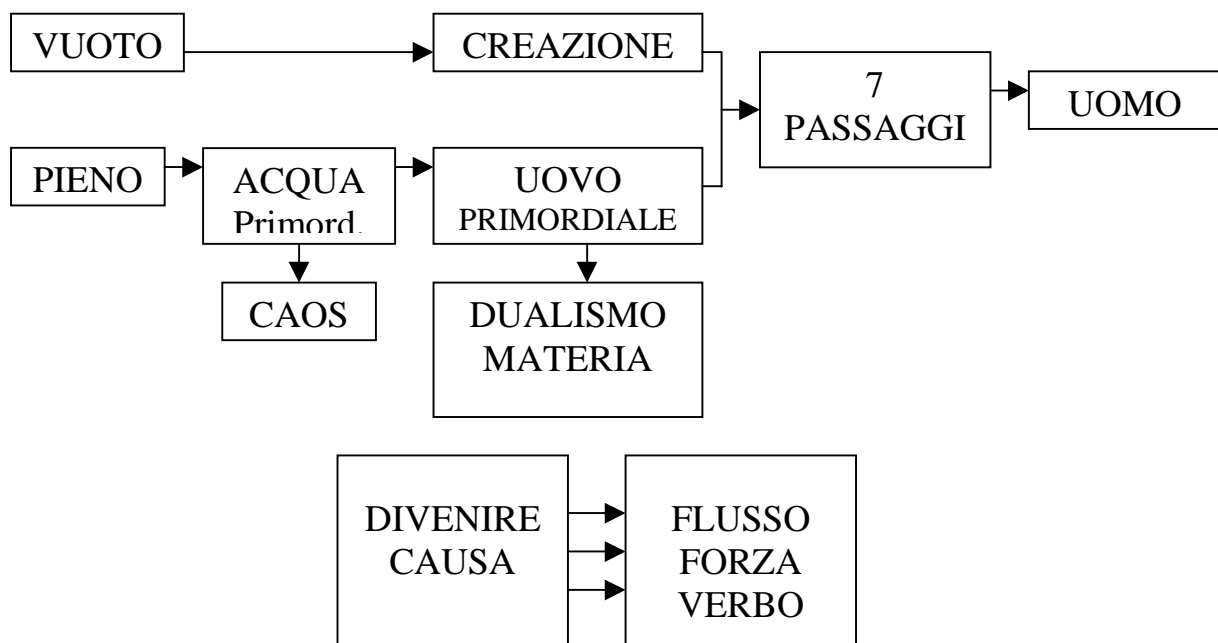
Come già evidenziato nei capitoli precedenti, ciò con cui abbiamo a che fare è un volume di relazione, quello che noi intendiamo per vuoto in realtà potrebbe essere solo un'approssimazione della realtà, e potrebbe risultare più pieno di quello che si possa essere motivati a pensare. L'uomo può non considerare l'aria come un volume occupato, un pesce allo stesso modo non si cura dell'acqua in cui sta nuotando, e un corpo celeste che si muove nell'universo non è detto che per forza debba muoversi nel vuoto, potrebbe allo stesso modo non considerare la struttura in cui si muove. Nella storia infatti si pensava che l'universo fosse pervaso da una sostanza che ne permetteva la sua esistenza; ci si poneva ad esempio il problema di come il calore del sole potesse raggiungere la terra: se fosse presente del vuoto, non poteva giungere al nostro pianeta, per cui doveva esistere un mezzo universale di trasmissione. Quello che è importante ricordare è che il mondo osservato è il frutto di varie illusioni osservative e mentali; quando ci spoglieremo di tutti i pregiudizi potremmo osservare l'universo con una visione più realistica dell'attuale, ma questo potrebbe comunque ugualmente non svelarci la vera realtà, perché avremo sempre una visione relativa e comunque vincolata ai nostri sensi e a quelli del laboratorio.

## **4) Storia del vuoto**

Attraverso le proprietà del vuoto l'uomo ha cercato di svelare i segreti più impenetrabili della natura, ma non avendo la capacità di poter osservare il suo reale vestito, ha sempre cercato di rivestirla con preconcetti che potessero giustificare, non le osservazioni, ma le varie necessità umane di piegare la ragione a ideologie proprie per scopi impropri. Sino all'epoca moderna ogni spiegazione doveva essere soggetta alla necessità teologica prima che scientifica, ed ancora oggi l'universo della conoscenza deve scrollarsi questa eredità. Il problema del vuoto è stato oggetto di congetture da parte dei filosofi greci e più antichi, e sino ad oggi ha subito vari ribaltamenti di fronte; il vuoto si riempie e si svuota a piacimento per dimostrare prima uno e poi un altro principio. Principalmente nel corso della storia si è assistito ad uno scontro "che è durato millenni" tra il pensiero di Democrito riguardante uno spazio che ha necessità del vuoto e il pensiero di Aristotele che invece lo riteneva pieno in quanto concepiva una natura che aveva paura del vuoto. La storia del vuoto pieno non è altro che la storia di quello che viene chiamato etere, e quella del vuoto la storia degli atomi e delle particelle. L'analisi della natura del vuoto ha coinvolto anche domande fondamentali esistenziali di come ha avuto origine l'universo ed ha alimentato lo scontro tra teologia e filosofi. Vi sono stati storicamente due fronti; l'uno teologico che risolve il problema dell'esistenza dell'universo attraverso la creazione, e l'altro filosofico greco che definisce un universo che è stato plasmato da materia preesistente. Per quanto riguarda il vuoto, eseguiamo sempre osservazioni relative e purtroppo non arriveremo mai ad avere un giudizio definitivo, pertanto ci dovremo abituare a vuotare e svuotare continuamente la sua esistenza ancora per molto tempo e forse per sempre.

#### 4.1) Mitologia

La storia più antica del vuoto si può far risalire alle civiltà più antiche della terra, ed è legata alla mitologia della cosmogonia e della teogonia, ovvero di come sia nato l'universo. Nei tempi antichi (quando la scrittura ancora non era conosciuta) le conoscenze venivano tramandate solo in forma verbale e probabilmente furono arricchite di storie che potessero facilitarne la trasmissione di generazione in generazione. Ma la conoscenza è anche potere e molto probabilmente vi è stato costruito sopra per tenere una versione per il popolo ed una chiave di lettura per i sacerdoti e i dotti. Rileggendo tali racconti in chiave moderna inevitabilmente le conoscenze ci appaiono sotto forma di allegorie. Purtroppo però non tutte le chiavi sono state scardinate, comunque in genere è stato evidenziato che il disegno principale è basato sui movimenti del cielo, delle costellazioni, rappresentate sotto forma di dei. I moti del cielo nell'antichità costituivano la massima conoscenza applicata alla pratica: dato che non avevano l'orologio, erano importanti per definire con precisione il calendario, necessario e vitale per civiltà dedite prevalentemente all'agricoltura. Si dovevano prevedere anche fenomeni naturali, come le eclissi, relegate a portare informazione degli dei, e spesso nefaste; chi era in grado di prevederle aveva il potere di parlare con le divinità (stelle). Troviamo una dimostrazione di un antico retaggio culturale comune a popolazioni che, seppur diverse fra loro per cultura e luogo d'origine, convergono nell'ipotesi di un universo primordiale; il vuoto (pieno o non) pervaso da una condizione primordiale da cui tutto ha origine: il caos. Come mostrato dalla tabella 9, possiamo inquadrare i vari concetti in un preciso schema in cui quasi tutte le civiltà hanno avuto convergenza nei loro miti.



**Tabella 9 Schema riassuntivo di Cosmogonie e teogonie**

Nella maggior parte delle mitologie si parte da un universo preesistente, dove il nostro vuoto relazionale è considerato essere pieno, riempito da una sostanza chiamata acqua primordiale, indipendente dalla materia visibile. Non viene mai affrontato il perché già ci fosse ma vengono raccontate le sue proprietà, ovvero che è pervaso dal Caos. Attraverso un uovo primordiale deposto,

ove operano due elementi o forze contrapposte, abbiamo la formazione del nostro mondo. L'atto di generazione corrisponderebbe alla separazione dei due contrari. Invece nelle teogonie prevalentemente si parte da un universo ove è presente solo il vuoto, e con atto di creazione, da parte di un unico dio, di un demiurgo, il vuoto viene totalmente riempito. Il mondo esisterebbe solo per grazia divina. Nelle varie versioni l'universo in 7 passaggi, arriva a creare i 4 elementi base riconosciuti allora: Fuoco, Aria, Acqua e Terra, e poi di seguito per arrivare all'uomo. Nella mitologia i vari passaggi sono pervasi dalle divinità. Ad ogni livello abbiamo un set di divinità diverse, ma questo può essere visto come un'allegoria delle varie trasformazioni della materia dell'universo. La cosmogonia antica spogliata degli dei non sembra poi tanto lontana dalla cosmogonia moderna: oggi si ritiene che la nascita dell'universo è dovuta ad un evento avvenuto circa 13 miliardi di anni fa, in cui una condizione di caos quantistico preesistente, una fluttuazione del vuoto ha generato lo start della nostra storia: il big bang. Il brodo primordiale era pervaso da due forme della natura, materia e antimateria. Una simmetria violata avrebbe portato a uno squilibrio della dualità della materia, e ad una separazione dei contrari facendo prevalerne una rispetto all'altra. Dopo questa separazione attraverso vari cambiamenti di fase e organizzazione della materia, perveniamo alla nascita del nostro sistema solare, delle stelle e di conseguenza all'uomo. Questa similitudine con i racconti del passato non fa altro che alimentare l'idea che in antichità si siano raggiunte elevate conoscenze, nel tempo perdute ed oggi ritrovate. Rimanendo con i piedi in terra, di seguito una carrellata di mitologie del passato che attraversano queste ben precise fasi.

#### 4.1.1) Prima di tutto il Caos

Il Caos è uno stato di una qualsiasi sostanza primordiale, "sorta dal nulla" o una proprietà del nulla, che a causa di uno squilibrio fra contrari fa sorgere il mondo.

In oriente abbiamo lo Zhuangzi, un mito cinese cosmogonico, in cui la trasmutazione del Caos (non-essere) alle Diecimila Cose è descritto con 7 passaggi rappresentati come sette aperture praticate nel corpo dell'Imperatore Hundun ("Caos"), provocandone la morte:

*L'Imperatore del Sud si chiamava Shu, l'Imperatore del Nord si chiamava Hu, e l'Imperatore del Centro si chiamava Hundun. Shu e Hu a volte si incontravano nel territorio di Hundun, che li trattava con grande generosità. Così Shu e Hu discussero come potevano ricambiare la virtù di Hundun, e dissero: "Tutti gli uomini hanno sette aperture per vedere, sentire, mangiare e respirare. Soltanto lui non le ha. Facciamogliele". Ogni giorno praticarono un'apertura, e il settimo giorno Hundun morì. [21/7/33-35]*

Un altro brano del Zhuangzi [5/2/49-51] descrive il processo cosmogonico in sette stadi in senso inverso, partendo dalla fase precedente la manifestazione e retrocedendo sino al suo inizio più remoto:

- [7] Vi è un inizio [ovvero l'inizio della manifestazione]
- [6] Vi è un tempo prima dell'inizio
- [5] Vi è un tempo prima del tempo dell'inizio
- [4] Vi è l'Essere
- [3] Vi è il Non-essere
- [2] Vi è un tempo prima del Non-Essere
- [1] Vi è un tempo prima del tempo prima del Non-Essere

Nei miti mesopotamici, seguendo il mito Sumerico, i Babilonesi raccontano che quando ancora non esisteva il mondo tutto era un caos d'acqua. Vi erano solo due sostanze e cioè:



- il principio maschile: l'oceano di acqua dolce, Apsu, detto il calmo, l'oceano cosmico.
- il principio femminile: l'oceano di acque salate e amare Tiamat (raffigurata come un drago dalle larghe fauci spalancate) o Mammu la ribollente, il Caos del mare.

Quando si mescolarono insieme nacquero gli dei e tutte le cose create. I primi dei furono la coppia divina: Ansar, lo Spirito del Cielo, e Kisar, lo spirito della Terra, dalla cui unione eterna nasce continuamente la vita. (Probabilmente ripreso dalla tradizione antica egiziana Anki o Ankh). Dalla loro Unione nasce Ea un sovrano delle acque da cui nascerà la divinità solare Marduk (raffigurato come un Dio alato, armato di folgori), l'assiro Assur, che porterà la luce nel mondo e genererà le altre divinità, vincendo il Caos primigenio (Tiamat), la quale voleva riappropriarsi delle tenebre. Questo mito è simile a quelli del greco Urano e del latino Cronos.

Vi sono diversi miti egiziani di cui: il Dio Seth, Dio del Caos precosmico, smembrando Osiris genera la realtà sensibile e nello stesso tempo apre all'uomo la via per la speranza e l'immortalità attraverso il rito Osiriaco, reso possibile solo dalla morte e dalla rinascita di Osiris. Il rituale smembramento, ricorda il mito cinese cosmogonico.

La cosmogonia del centro egiziano teocratico di Menfi parte da Phat che è il pensiero di Nu, fino a quando era in Nu, distinto da Nu, ma intrinseco a Nu stesso. Il nu era il grande oceano caotico primordiale che racchiudeva il tutto. Ma quando Phat, in virtù dell'azione dell'otogdade valicò i non confini di nu, divenne Ta-Tenen, da cui ebbe origine il tutto. Il pensiero (Path) divenne parola (Ta-Tenen): il pensiero di Nu, grazie al movimento delle 4 coppie, vibrò.

Nell'antica mitologia greca Esiodo nella Teogonia (V.116) scrive:

*"Dunque, per primo fu il Caos.*

*Dal caos nacquero Erebo (l'oscurità primordiale) e la nera Notte.*

*E dalla Notte nacquero l'Etere (lo spazio superiore luminoso) e il giorno (Emera) ...."*

All'inizio era il Caos, luce ed oscurità, mare e terra mescolati in un insieme senza forma; da questo grande insieme incoerente si forma Gea, la dea dai profondi seni. Essa esisteva prima dell'inizio del tempo, infatti il Tempo era uno dei suoi figli, partorì per prima Urano (il cielo) così grande da poterla abbracciare, e con Urano generò tutti gli altri dei. Partorì i Titani, i Ciclopi, Ponto (il mare), e Cronos (il tempo). Urano non vedeva di buon occhio i suoi figli ed allora Gea fu costretta a racchiuderli dentro di sé, finché non ve ne furono troppi. Riprendendo il mito egizio, Gea creò un falchetto a denti di sega e lo consegnò all'ultimo figlio, Cronos. Quando Urano si accoppiò con Gea, Cronos lo evirò, e Gea fu fecondata dal sangue sgorgato generando le *Erinni*, i *Giganti* e le *Ninfe*: le *Melie* da cui generò l'umanità.

I miti polinesiani di Tahuata, attuali isole marchesi nella Polinesia francese, credevano in Atea (con significato letterale di spazio) il Dio primordiale che una mattina emerse dal Caos (Tanaoa). Costruì una camera ove visse con la moglie Atanua e con la quale generò un figlio, Tu Mea, il primo uomo. In altre versioni il Dio primordiale si divise in due parti, di cui una diventò il dio Rangi, mentre l'altra la Dea Papa che successivamente procrearono tutti gli altri Dei.

Nei miti giapponesi il caos è come un oceano d'acqua salmastra oleosa, priva di forma, all'inizio il cielo (Izanagi) e sua sorella Terra (Izanami), non erano separati; insieme formavano un caos che assomigliava ad un Uovo con al centro un germe.

I miti scandinavi sono costituiti prevalentemente da racconti incentrati sulle figure di dei ed eroi sovrumani e sulle loro imprese. Nelle iscrizioni runiche è descritto il martello, l'arma che produce il tuono, in mano al Dio Thor, protettore dell'ordine stabilito e promotore della fertilità che sconfigge i

giganti che rappresentano il caos. Il culto e la venerazione di Thor furono assai diffusi in tutto il nord, particolarmente in Islanda, dove si conservavano le più antiche tradizioni.

Per i maya l'inizio era un caos primitivo da cui emersero il cielo e l'acqua, "c'erano soltanto l'immobilità e il silenzio nelle tenebre della notte". Ma con la potenza del Verbo, gli dei creatori, Gukumatz e Hurakan (dal quale deriva la parola uragano), gridando fecero comparire "La Terra". I primi dei formarono foreste, praterie, fiumi e infine crearono una moltitudine di animali. Ma poiché questi ultimi erano incapaci di rendere omaggio agli dei, essi furono destinati a servire soltanto da nutrimento e dunque ad essere uccisi e divorati.

#### 4.1.2) Uovo primordiale

Altro punto in comune presente nei miti passati è il richiamo a un uovo primordiale da cui deriva l'origine del cosmo. In origine, nel grande vuoto del non-essere, viene deposto l'uovo primigenio che il più delle volte è covato sopra l'acqua primordiale e che per effetto dell'energia contenuta, ad un certo punto si rompe in due, separando Cielo e Terra e facendo emergere l'essere, l'universo. Ma a questo punto le varie versioni dovevano dare giustificazione di chi avesse prodotto l'uovo: un essere alato primordiale, una tartaruga, la notte, Chronos, il tempo, Eros, un essere luminoso, un demiurgo, Dio e tanti altri.

In Cina all'inizio del tempo tutto era caos, la sua forma era un uovo, nell'uovo c'erano Yin e Yang, le due opposte forze di cui è costituito tutto l'universo: tenebre e luce, femmina e maschio, freddo e caldo. Un giorno le contrastanti energie che risiedevano nell'uovo lo lacerarono. Gli elementi più pesanti andarono a fondo, a formare la terra, e quelli più leggeri galleggiarono, a formare il cielo. Tra la terra e il cielo c'era P'an-ku, il primo essere vivente.

Nella mitologia indiana, il dio nasce dall'uovo d'oro, deposto nell'acqua primordiale. L'essenza assoluta e primordiale riproduce se stessa come Brahma, il creatore. Brahma diviene l'essere supremo, il creatore dell'universo; il suo nome significa il grande, è anche chiamato Prajapati, padre di tutti gli esseri. Il suo nome è anche Purusa, l'uomo cosmico, il principio maschile dell'universo.

In America a Tiahuanaco, il mito parla di un "padre di tutte le cose" rappresentato dall'uovo cosmico, di nome Mut (Mout). Il Dio dalle quattro dita, raffigurato sulla porta del sole a Tiahuanaco, è considerato il signore del tuono e del fulmine, viene adorato anche in Amazzonia.

Dalla "Bhavricha Upanishad": *"Al principio del mondo la Dea - Durga - era sola. Ella depose l'Uovo del Mondo."*

Sankaracharya introduzione alla "Bhagavad Gita": *"L'Uovo d'Oro è prodotto dall'Immanifesto. La Terra con le sue sette isole, e tutti gli altri mondi, sono nell'Uovo. "*

Nel Mito cosmogonico giapponese: *"All'inizio il Cielo e la Terra, Izanagi e Izanami, non erano separati; insieme formavano un caos che assomigliava ad un Uovo con al centro un germe. "*

Una versione orfica racconta che nel grembo infinito di Erebo (l'oscurità) all'inizio esisteva la Notte. Aveva l'aspetto di un uccello dalle neri ali. Fecondata dal vento, depose il suo uovo d'argento e da quest'uovo balzò fuori Eros, chiamato anche Fanete, denominato Protogonos, il primogenito di tutti gli dei; dalle spalle splendenti per le ali d'oro, simile ai veloci turbini del vento.

Lo spazio cavo dell'uovo era il chaos. Con la nascita di Eros si liberano dall'uovo primordiale anche il Cielo e la Terra, fino a quel momento nascosti all'interno, i quali unendosi diedero origine a tutto.

Nell'antica Grecia troviamo il mito della creazione con Eurionome la prima dea nata dal Chaos, la quale danzando sui flutti, divise il cielo dalle acque e diede origine al vento. Dopodiché il vento si trasformò nel serpente Ofione e si unì con Eurionome, la quale depose l'uovo universale diventando la madre di tutte le cose.

Miti peruviani raccontano che dopo una grande alluvione, quando le acque si ritirarono dalla terra, furono depositate 5 uova su di una cima di un monte, da una di queste uova nasce il grande eroe Inca Paricaca.

Nell'antico Egitto i sacerdoti non mangiavano le uova perché le ritenevano un simbolo divino di creazione e quindi sacre, si pensava che l'uovo riunisse in sé i 4 elementi dell'universo: Aria, acqua, Terra e Fuoco. Secondo un mito egiziano, dalla bocca del Dio primordiale Ptah esce l'uovo della vita della creazione. Lo scarabeo entra nella metafora della creazione, diventando uno dei maggiori simboli egiziani. Il maschio depone le uova nel proprio sterco e le fa rotolare nella sabbia finché non diventano una pallina solida e rotonda. Gli antichi egiziani identificano questo sferico involucro che contiene la vita, con il mondo (l'universo) e lo scarabeo diventa il simbolo del principio generatore e della paternità.

In India gli indù credevano nell'uovo primordiale, infatti l'induismo è basato sulla concezione dell'universo inteso come un grande uovo cosmico con cieli, mondi infernali, oceani e continenti disposti intorno all'India.

Miti Polinesiani parlano di una grande isola delle Hawaii dove un grande uccello depose un uovo primordiale quando ancora non esistevano altre terre.

Fin dall'antichità vi sono stati tanti miti che pretendono di raccontare l'inizio tramite un filone che si può racchiudere in un ente primordiale in cui tutto a origine. Ma qualsiasi teoria non si è scrollata dal paradosso dell'uovo e della gallina. Se un uovo primordiale è stato deposto da un uccello primordiale, le varie teorie non si sono chieste da dove sia venuto questo uccello primigenio, ovvero viene supposto che sia sempre esistito. La risposta è contenuta nelle proprietà del vuoto dell'universo da cui tutto ha origine, ma benché la scienza possa in futuro fare passi da gigante e mostrarci tutte le sue proprietà, ci accorgeremo che la risoluzione del paradosso non sta nella scienza ma nella filosofia. L'universo non ha mai avuto origine, è sempre stato e sempre sarà, solo la sua relazione si trasforma, l'universo non è stato né creato né plasmato, è e basta. Non deve essere ricercato a tutti i costi un principio primo, dietro al primo ne troveremo un altro, in una successione infinita, potremo analizzare solo principi secondari.

### 4.1.3) Il flusso vitale e le forze

Le varie mitologie cosmogoniche e teogoniche, oltre ad evidenziare la presenza dei vari elementi primordiali, definiscono anche quali proprietà siano state presenti. Queste caratteristiche ci aiutano a capire quali siano le prodezze nascoste contenute nel vuoto, nello spazio. Molte mitologie presentano la primigenia potenzialità dell'universo nella contrapposizione. Antichi miti cinesi che si fanno risalire a più di 5000 anni a.C., esplicitano le prime proprietà nello Ying e Yang, maschio e

femmina, due forze contrapposte da cui poi tutto deriva. Replicherà il greco Anassimandro tra il 600 e il 500 a.C. con una sostanza universale ed eterna, la quale dà la forma agli oggetti, tramite le sue due proprietà del freddo/umido (femminile) e del caldo/secco (maschile) che agiscono attuando condensazioni e rarefazioni, dando luogo al divenire dei fenomeni visibili di cambiamento. Praticamente quasi tutte le civiltà inseriscono delle divinità primordiali maschio/femmina. Oltre alla contrapposizione abbiamo inoltre presente il motivo per cui tutto si genera. Per esempio nel mito egiziano: "il pensiero (Path) divenne parola (Ta-Tenen): il pensiero di Nu, grazie al movimento delle 4 coppie, vibrò." In molti miti l'universo possiede una coscienza, se prima era assopita in qualche modo si risveglia. Ovviamente questo lo dobbiamo vedere come un'allegoria, non ci basta definire che esista del materiale primigenio, e questo gli antichi l'avevano capito, occorre svelare quali siano le regole della sua interazione: la legge della natura, la legge dell'universo. Come diremmo oggi: le leggi della fisica. Questa presenza è molto forte nella religione giudaico-cristiana come dimostra il seguente brano: *"All'inizio era il Verbo e il Verbo era Dio. Tutte le cose furono da esso create e senza di Lui niente era fatto. Il verbo governa l'esistenza di tutte le cose e tutte le creature."*

Per i maya l'inizio era un caos primitivo da cui emergono il cielo e l'acqua, "c'erano soltanto l'immobilità e il silenzio nelle tenebre della notte". Ma con la potenza del Verbo, gli dei creatori, Gukumatz e Hurakan gridando fecero comparire "La Terra".

Nel **Gilgameš e gli inferi** abbiamo il verbo è come il vento lil, Enlil è il soffio vitale è la parola creatrice.

Il flusso vitale, il vento, rappresenterebbero le leggi universali per cui tutto ha movimento e storia.

#### 4.1.4) Materiale Primordiale

Come già suggerito nei capitoli precedenti il vuoto non è altro che una condizione relazionale, pertanto può diventare equivalente a un componente primordiale da cui tutto si genera. Nei miti cosmogonici e teogonici non mancano presenze di componenti primordiali indipendenti dalla materia, non percepibili all'uomo. La materia, a noi comune, entra in scena solo nella creazione successiva, evidenziandosi con i 4 elementi universali: Aria, Terra, Acqua e Fuoco. La ricerca che state leggendo esula dalla materia, dagli elementi costituenti l'universo a noi cari per il fatto di esserne il prodotto. Quello che a noi importa affrontare sono le caratteristiche dei materiali precedenti a tale forma da cui poi la materia deriva, e che più si avvicina al vuoto che è oggetto di questa ricerca. Il vuoto può essere frutto solo di una esperienza relazionale ed essere facilmente rappresentabile con i materiali primevi della mitologia. L'elemento primevo che troviamo comune alle molte mitologie è l'acqua primordiale; non è equivalente all'acqua dell'esperienza umana di tutti i giorni, ma sicuramente vi è un elevato parallelismo caratteriale. Tutta la vita sulla terra dipende dall'acqua chimica, e da essa dipende la fecondità dei campi. Non è stato difficile adottare tale denominazione per un contenitore dell'universo che allo stesso modo, ma ad un livello gerarchico più elevato, ha dato vita al cosmo intero ed ai suoi abitanti immortali, ai giganti esseri viventi del cielo (gli dei) come: galassie, stelle, pianeti, Lune etc. Per gli egiziani l'acqua primordiale da cui derivano tutte le cose è il Nu o Nun. La grande massa d'acqua aveva le sue origini in un vasto abisso primordiale di acque, senza distinzione di un su e di un giù e di lato, ma solo una profondità senza limite: interminabile, buia ed infinita, fonte di ogni essere e di ogni cosa. Tale abisso primordiale è descritto nel papiro di Nes-Menu (312 a.c.) ove viene descritto il mito della creazione che risale

probabilmente a prima del III millennio a.C. Il Nu racchiude il tutto, in quanto tutto è Nu. Nessun termine può identificare il Nu in quanto egli è prima di tutto. L'unica possibilità di descriverlo è attraverso delle negazioni:

Nu non è duale  
Nu non è uno  
Nu non ha attributi  
Nu non ha dimensione  
Nu non ha nome  
Nu non ha origine  
Nu non ha fine.

Ma Nu non è solo questo, è anche questo.

Nella fase precedente alla creazione tutto era compreso entro i non confini di Nu, sussisteva la non origine della creazione. Tempo e conoscenza erano tenuti assieme da Nu, in quanto compresi nel suo non essere. Secondo la tradizione di Ermopoli il Nu, seguendo le tracce dei Taoisti, in un dato momento rompe il suo sonno indistinto, e al suo interno si evidenziarono 4 coppie, maschio-femmina, che diedero vita all'irradiamento. Con tutta probabilità le 4 coppie si unirono in modo difforme, l'equilibrio dinamico si ruppe e vi fu un'esplosione o portò alla formazione del primo pensiero (legge dell'universo) di Phat.

#### **4.2) Filosofia**

Abbiamo visto come in epoca in cui la scrittura era assente, la storia delle caratteristiche del materiale primordiale, del nostro vuoto relazionale, la conoscenza è passata nelle antiche civiltà, attraverso le allegorie dei miti e le religioni. Tale mezzo costituiva l'unico modo di poter trasmettere la conoscenza, ma di civiltà in civiltà le cosmogonie e le teogonie, si sono via a via trasformate adattandosi al volere della teologia imperante o del signore di turno. Ogni civiltà doveva trovare nelle leggende e nei miti una parte delle sue gesta, i propri luoghi d'origine, i suoi culti; ma ad ogni passaggio si trasformavano e perdevano frammenti di conformità al primordiale racconto. Ciò che ci è pervenuto non rappresenta più l'idea originale del creatore di tale retaggio di tutti i popoli, ma solo dei vari spezzoni con inclusi vari errori; oggi dobbiamo esaminare più racconti al fine di evidenziare, nella pur differenziazione, i vari elementi che potrebbero essere conformi all'originale. Più passa il tempo e più i miti si modificano; procedendo nel tempo non potremo più affidarci alle allegorie, e allora vediamo che la storia della conoscenza del materiale primordiale (del nostro vuoto relazionale) passa di mano dalla mitologia alla scienza. L'inizio della scienza occidentale si può far risalire a Talete di Mileto tra il 624 e 546 a.c. quando l'ingegnoso mercante iniziò ad analizzare i fenomeni naturali. Talete non ha lasciato alcuno scritto, ma le sue opere sono conosciute attraverso Aristotele. La scienza fa il suo ingresso ancora non concepita come metodo sperimentale (che avremo con Galileo), ma come filosofia: la tecnologia non è in grado di eseguire esperimenti e l'unico modo di poter trattare la natura è solo tramite il ragionamento. I primi filosofi sono i fisiologi, coloro che analizzano la natura ("la physis") e il principio di tutte le cose. La scuola ionica o scuola di Mileto, creata da Talete, ebbe come principale obiettivo la ricerca del principio primo di tutte le cose, del materiale primordiale definito come l'Arché, e diede avvio ad un primo tentativo di spiegazione della realtà in termini razionali. Per la prima volta si tentò di analizzare la natura liberandosi dalle entità divine, di fare uno sforzo per capire meglio la "physis" senza che si facesse più riferimento a fenomeni magici e sovrannaturali. Fra i primi naturalisti greci troviamo: Talete, Anassimene, Anassimandro. I fisiologi si possono dividere in due correnti di pensiero: i monisti e i pluralisti. Ovvero coloro che riconducono lo studio della natura ad un unico principio

primo, o a più principi primi. Con i filosofi il materiale primordiale, il nostro vuoto relazionale, perde una parte del suo fascino: l'Arché viene ricercato fra il materiale già presente, deve essere questa volta visibile, si parte dai 4 elementi mitologici Aria, Terra, Acqua e fuoco, si deve osservare la natura come si presenta e non inventarsi nulla. Mentre per la mitologia gli elementi sono una configurazione successiva, un aspetto materiale dell'elemento primordiale, per i fisiologi, dato che dovevano stare con i piedi più in terra e basarsi sull'osservato, il materiale primordiale doveva essere parte degli elementi, base dell'esperienza di tutti i giorni. Infatti per Talete il materiale primordiale è l'acqua, ma questa volta senza allegorie, l'acqua fisica. A quei tempi non esisteva un esperimento in grado di dare ragione all'una o all'altra ipotesi. E dato che abbiamo a che fare con i filosofi, la teoria, prima che essere valida doveva essere bella e armoniosa, e pertanto a seconda del ragionamento, attraverso validi motivi, tutti i 4 elementi potevano salire sul podio come elemento primordiale: tutti potevano essere l'Archè.

#### 4.2.1) I monisti

Per Talete (624 -546 a.c.) l'elemento primordiale è l'acqua; il ragionamento base è che tutta la natura da noi osservata è fatta di acqua, il nostro corpo, ed in generale le piante e gli animali contengono acqua condensata e dopo la morte ritorneranno all'acqua. Come prova abbiamo che senza l'acqua risulta impossibile la vita, e che essa si può trovare sotto 3 forme da cui può trasformarsi dall'una all'altra:

1. Solido,
2. Liquido,
3. Aeriforme

Tutto è fatto di acqua e tutto fa ritorno all'acqua. L'acqua diviene così **l'Archè**, il principio primo, l'elemento primordiale, origine di tutte le cose. Pertanto anche la terra ne subisce le conseguenze: è di forma ondulata e galleggia sul fiume oceano. Tramite i processi di rarefazione e condensazione, l'acqua si trasforma in ogni altra cosa, in aria come vapore, fuoco come intenso gas rarefatto e terra come residuo.

Per Anassimene (586 a.c. circa e il 528 a.c) l'acqua non poteva generare il suo contrario: il fuoco per cui era più corretto introdurre l'aria come archetipo primordiale. L'aria come Archè diviene la sostanza primordiale infinita ed in movimento incessante. L'aria è un elemento più sottile dell'acqua, si regge senza supporto e si può diffondere ovunque. L'aria è anche soffio e respiro e principio della vita e di animazione di tutti gli esseri, tutti gli esseri viventi devono respirare, se togliamo l'aria essi muoiono. L'universo analogamente è considerato un enorme organismo vivente che respira. Dall'aria deriverebbero le varie sostanze presenti nel mondo per via della condensazione e rarefazione, a secondo che essa si contraiga o si dilati. Dalla rarefazione dell'aria ha origine il fuoco, dalla sua condensazione l'acqua e poi la terra. L'acqua avrebbe comunque generato la materia. La terra sarebbe una tavola piatta in mezzo al mare di acqua, che ha dato origine a tutti i corpi celesti. L'aria circonda il mondo e ne permette la vita. La dottrina di Anassimene ebbe molto successo.

Per Eraclito di Efeso (550 - 470 a.c.) l'agente trasformatore, l'elemento primordiale, è il fuoco, in quanto è tra i 4 elementi il più etereo e quindi capace di diffondersi rapidamente. E' un elemento mobile e distruttore per eccellenza, simboleggia la visione del cosmo come energia in perpetua trasformazione. Tutti gli stati della materia si attuano per condensazione e rarefazione generati dal calore. Tutto ciò che esiste proviene dal fuoco e ritorna al fuoco. Il fuoco primordiale è l'agente

trasformatore da cui si genera l'acqua. Dall'acqua si genera la terra. La materia si trasforma in fuoco in un eterno ciclo. Tutto è precario perché è un continuo fluire in un moto perenne ed universale.

Non avendo a disposizione un metodo sperimentale che potesse escludere una o un'altra ipotesi, filosoficamente si poteva accettare qualsiasi tipo di teoria, ma quella di Talete è quella più seguita. Forse perché ha dato il via alla scienza e alla filosofia occidentale, o forse perché ha scelto l'acqua, presente in molti miti. L'acqua pertanto è diventato l'elemento base dell'universo per quasi 2000 anni ovvero fino all'epoca moderna.

#### 4.2.2) Fuori dal coro: l'Apeiron

Non tutti i fisiologi la pensavano allo stesso modo; fra tutti si differenzia Anassimandro di Mileto (610 circa -546 a.c.). Con molta probabilità fu un discepolo di Talete. Anassimandro identifica l'elemento primordiale non in uno dei 4 elementi materiali, ma fece un passo indietro e si ispirò ai precedenti miti. Contestò che l'acqua fosse l'elemento primordiale perché essa non avrebbe potuto generare il suo contrario: il fuoco. Sottolineò che i materiali terrestri hanno proprietà distinte e contrarie: caldo e secco, freddo e umido. I materiali secchi si distinguono per l'assenza di acqua, pertanto diventa difficile spiegare le proprietà di questi materiali in assenza della sostanza primordiale. In un mondo fatto d'acqua, tutte le cose avrebbero dovuto essere umide. Ma in generale nessuno dei 4 elementi poteva essere l'Arché, altrimenti sarebbe prevalso sugli altri, si sarebbe rotto l'equilibrio e non avremmo ora un mondo ordinato (kata kosmos). Egli suggerì che fonte di tutte le cose doveva essere qualcosa di diverso, che doveva essere illimitato e indefinito:

*"Non è né l'acqua né un altro dei cosiddetti elementi, ma un'altra natura infinita, dalla quale tutti i cieli provengono e i mondi che in essi esistono: da dove, infatti gli esseri hanno l'origine, ivi hanno anche la distruzione secondo necessità"*. Anassimandro identifica un elemento primordiale da cui derivano tutte le cose (che ancora come nei miti precedenti non è chiamato etere) e lo soprannominò "**Apeiron**" con il significato di Infinito, verrà introdotto nel libro: "Confutazione di tutte le eresie". Concepisce un fondo universale **inconoscibile ai nostri sensi** al di sopra delle parti, infinito indeterminato indifferenziato, un qualcosa che precede ogni forma da cui iniziano tutti i processi di localizzazione nello spazio e nel tempo. Fu influenzato dalla filosofia cinese dello Yin e Yang, la sostanza universale ed eterna da cui derivano tutti i contrari, imprime la forma agli oggetti tramite le sue due proprietà contrapposte del freddo/umido (femminile) e del caldo/secco (maschile) che agiscono attuando condensazioni e rarefazioni, dando luogo al divenire dei fenomeni visibili del cambiamento. I contrari si manifestano quando si separano l'uno dall'altro, ed ogni nascita è l'esito di una separazione dei contrari, ed ogni morte è l'unificazione nell'Apeiron. Quando i contrari si separano, rompono l'armonia e sono costretti ad espiare la colpa con la morte, in seguito alla quale verranno riassorbiti nel principio per essere di nuovo generati, secondo una legge infinita, ciclica. Per Anassimandro i mondi sono infiniti ed il loro moto eterno genera e distrugge continuamente la materia. Tutto deriva dall'Apeiron tramite la separazione che genera i mondi infiniti che si susseguono in un ciclo eterno. Per ogni mondo è prefissato il tempo della nascita, della durata, della fine. La teoria dell'Apeiron arrivò molto oltre fuori del suo tempo, e molti oggi vi trovano diverse connessioni con le proprietà del vuoto della fisica moderna.

#### 4.2.3) I Pluralisti

In contrapposizione ai monisti, che ricercavano un unico Archè, un unico elemento padre di tutte le cose, contemporaneamente si sviluppa una diversa corrente filosofica che riconduce l'universo a più

elementi primari. L'analisi pluralista è rappresentata dalla corrente di pensiero che è l'atomismo: gli atomisti concordano nel ritenere che nell'universo è presente un vuoto di grandezza infinita popolato di particelle mobili. Per quanto ci riguarda, però, l'atomo è l'analisi del costituente primo della materia e non del vuoto. Gli atomisti comunque rivestono un'elevata importanza per essere arrivati a formulare una teoria vicino alla realtà della fisica ad oggi svelata ed hanno inoltre riconosciuto nel vuoto un ruolo importante per la vita dell'universo. Il loro passo in avanti è stato quello di aver separato l'Arché dal vuoto relazionale. L'Arché rappresenta il principio primo solo della materia e non quindi del vuoto. Nell'universo coesistono le due entità, una di vuoto e una di Arché. La storia inizia con **Leucippo di Mileto** (460 circa - 370 circa a.C.) il quale cercò di descrivere l'esistenza immutabile della sostanza primordiale di Anassimandro, l'Apeiron; egli teorizzò la presenza di una pluralità di oggetti imponderabili ed invisibili, perché troppo piccoli per cadere sotto l'osservazione dei nostri sensi. Queste particelle si muovono nel vuoto e sono tutte differenti ed in numero infinito, ma danno un numero finito di combinazioni ed il loro combinarsi e ricombinarsi spiega il fenomeno del divenire percepibile (come modificazione di forme che noi osserviamo in natura). Leucippo è stato per qualche tempo allievo della scuola filosofica di Elea, dove aveva insegnato Zenone con i suoi paradossi dell'infinito e dell'infinitesimo, e molto probabilmente, per evitare, per rifuggire a tali paradossi ha limitato la dimensione dei suoi atomi. Introdusse così l'ipotesi che la materia fosse composta da un fondo primordiale di unità fondamentali. Per Leucippo il mondo era costituito da atomi e dal vuoto in cui questi si muovevano. Leucippo affermava: *"A meno che non vi sia un vuoto dotato di un proprio essere, <l'ente> non può muoversi, e neppure può essere <molteplice>, non esistendo nulla che separi le cose"*. E quindi il vuoto era necessario, senza, non poteva esserci alcun movimento.

**Anassagora di Clazomene**. (500 circa 428 a.c.) invece non aveva paura dei paradossi di Zenone, per lui le particelle sono dei semi, infiniti e infinitamente divisibili. L'origine di tutte le cose deriva da un numero infinito di questi semi, simili ai nostri atomi, aventi qualità e natura simili a quelle delle cose da cui derivano. Per tale motivo vennero da lui definiti "omeomerie" = particelle similari.

**Democrito di Abdera** (460 - 370 circa a.C.) fu allievo di Leucippo di Mileto, sviluppò ulteriormente la teoria atomica del maestro. Considerava le minuscole entità non soggette al cambiamento e fu il primo a dare il nome alle particelle come "Atomi" (dal greco átomos = che non può essere diviso). Identificò il principio della realtà della natura negli atomi, concepiti come punti di consistenza della materia, infiniti di numero e indivisibili. Attribuiva agli atomi soltanto le proprietà delle dimensioni e della forma. Le trasformazioni della materia, come il calore, il colore, o il dolce e l'amaro ed altre proprietà non sono attribuibili alla materia atomica, ma alla interazione della materia con il vuoto, al movimento della materia e alle sue aggregazioni che si effettuano nel tempo in modo predeterminato dalle possibilità del moto garantite dal vuoto.

Grazie ad **Epicuro di Samo**, vissuto tra il 341 e 270 a.C., la teoria atomista fu portata a rango di filosofia, dopo di che divenne molto nota. Come Democrito egli riteneva che il mondo fosse costituito da atomi in movimento, che combinandosi tra loro, formassero tutte le cose. Mentre in Democrito abbiamo un determinismo meccanico, Epicuro ammette le possibilità del caso, la libertà di scelta degli atomi che definisce essere la "parénklisis", che Lucrezio, scrittore latino, tradusse in "clinamen". Grazie a questo principio gli atomi possono spontaneamente deviare dal loro percorso deterministico e essere liberi di costruirsi una loro storia. Questo principio è molto simile al principio di indeterminazione di Heisenberg della meccanica quantistica, il quale ha soppiantato la fisica classica deterministica. In qualche modo i due filosofi hanno anticipato lo scontro avvenuto nel 1900 tra le teorie classiche della meccanica deterministica e quelle moderne quantistiche. La teoria atomista a parte qualche sostenitore, come in epoca Romana nella vece di **Lucrezio**, il quale scrisse il celebre poema "De Rerum Natura", non ebbe molto fortuna. Vi erano delle avversità alla



teoria; l'ostacolo maggiore era il vuoto in quanto l'opinione più comune era quella aristotelica che considerava impossibile l'esistenza del vuoto. Il vuoto privo di entità spaziale sarebbe privo anche di tempo. Pertanto le particelle non avrebbero potuto muoversi nel vuoto in alcun tempo definibile. Data l'enorme influenza di Aristotele, la concezione atomista per lungo tempo non fu seguita, e poté fare il suo ingresso non prima dell'epoca moderna, permettendo la nascita nel periodo arabo e poi medioevale dell'alchimia.

#### 4.2.4) E il Verbo si fa numero

Come per i miti antichi anche per i fisiologi il materiale primordiale senza una legge che determina il suo movimento non è permessa alcuna storia (il divenire) non si ha evoluzione. Per Epicuro la possibilità di un divenire lasciato in piena libertà di scelta è garantito dal "parénklisis" che Lucrezio poi chiamerà il Clinamen. Per Eraclito di Efeso la legge ragionevole dell'universo a cui l'uomo stesso appartiene è il "**Logos**", dotato di infinita saggezza ed intelligenza. Questi concetti, insieme all'Apeiron indefinito di Anassimandro, non possono essere sperimentati dall'uomo ma solo intuiti. Eraclito contagiato dai miti cinesi, vede il Logos operare nella contrapposizione dei contrari nelle caratteristiche dell'interdipendenza e dell'inscindibilità degli opposti. L'unità degli opposti lo porta a ritenere che l'armonia del mondo non risiede nella conciliazione dei contrari, ma che la vita è lotta ed opposizione e la sua armonia risiede proprio in questo fatto senza cui non ci sarebbe l'essere (universo). Inoltre Eraclito è "il filosofo del divenire", in quanto concepisce il mondo come un flusso perenne, in cui "tutto scorre" (**panta rei**), analogamente alla corrente di un fiume le cui acque non sono mai le stesse. La forma dell'essere è il divenire, poiché ogni cosa è soggetta al tempo e alle trasformazioni, ed anche ciò che sembra statico e fermo in realtà è dinamico. Per Eraclito il fluire del divenire si concretizza con il principio delle cose, con il fuoco; il Logos e il fuoco stavano tra loro come pensiero e azione della attività di formazione creativa della natura intelligente.

Per gli stoici il collante che genera continuità nello spazio universale è una reazione che avviene tra l'aria ed il fuoco che, similmente a quanto avviene nel respiro, genera il pnêuma, un composto che trasforma tutta la materia da passiva in attiva e vitale, è il **respiro dell'universo** è il principio vivificatore, la ragione universale che anima e ordina il mondo. Il termine pnêuma comunque è introdotto da Anassimene per denominare il principio di tutte le cose "l'aria", ma poi gli stoici gli attribuiranno il significato di "principio vitale".

Anassagora, essendo la materia indiscernibile, concepì l'intelletto (Nus o Nous), da lui inteso come materia più leggera e più sottile, dotata di forza motrice e di conoscenza, che ha dato ordine all'universo, regolando le rivoluzioni degli astri. All'inizio era il caos e poi venne l'intelletto che diede ordine a tutte le cose.

L'intelligenza dell'universo si esprime nella mitologia come il verbo (vedere il paragrafo § 4.1.3 "Il flusso vitale e le forze"), ma esiste una corrente di pensiero che la collega alla matematica: i pitagorici. I pitagorici seguono la dottrina di Pitagora ma, non avendo egli lasciato alcuno scritto, la sua figura è avvolta nella leggenda; pertanto si parla più di scuola di Pitagora che del personaggio stesso. Fra i pitagorici il mito di Pitagora era arrivato a tal punto che era divenuta famosa l'espressione: "autòs efa, ipse dixit", peraltro utilizzata ancora oggi come ipse dixit, "l'ha detto lui", sottinteso quindi è vero. I pitagorici hanno avuto il merito di inventare la matematica in forma astratta-speculativa, portando il ragionamento oltre l'uso delle applicazioni pratiche e stabilendo delle regole di dimostrazione. I pitagorici, come i sofisti, si ponevano il problema del principio primo, dell'Arché, ma spostarono la soluzione dalla fisicità ad una teoria astratta, identificandola con i numeri. Essendo molti fenomeni osservabili spiegati in termini matematici, la natura può essere espressa come un numero, il mondo non è un caos disordinato, ma regolato da un'armonia

matematicamente misurabile. Studiarono le armonie del suono ed evidenziarono che i suoni delle note musicali sono onde che possono esprimersi come rapporti di successioni numeriche. Essendo la musica matematicamente misurabile, era utilizzata come uno strumento purificativo. Misurabili erano anche i cicli degli astri, delle stagioni, il periodo della gravidanza e altri fenomeni naturali. Essendo la descrizione di vari fenomeni riconducibile all'unità dei numeri, i numeri ne sono il principio. Così il numero diviene la sostanza delle cose, l'Arché, il flusso vitale dell'universo; l'Apeiron e il Logos non sono altro che numeri, la successione dei numeri interi è l'archetipo informatore di tutte le cose. Il numero si trova tra l'Aria e l'acqua e le regole sono esprimibili in un ordinamento geometrico esprimibili con i numeri. La filosofia dei pitagorici si basa sul dualismo, la realtà è spiegata in base alla contrapposizione di principio, fra i numeri avevano distinto che esiste un livello ultimo oltre i numeri, a monte dei quali vi sono due insiemi principi supremi:

- Numeri Pari
- Numeri Dispari

Questi due insiemi sono i fattori primordiali da cui scaturiscono tutti i numeri e da cui derivano tutte le cose; il pari e il dispari sono il principio, sono l'Arché. Possiamo riscontrare, come per tutte le precedenti forme di Arché, che i Pitagorici sono influenzati dai contrari Yin e Yang della più vecchia filosofia cinese. Questa visione matematica delle cose rappresenta molto bene la fisica attuale, oggi si è raggiunto una complessità delle conoscenze della physis (natura) a tal punto che le teorie sono più avanti della tecnologia per poterle verificare. Molte teorie sono così avanti che probabilmente occorreranno secoli per poter dire quale sia la direzione giusta da percorrere. Il flusso vitale della fisica attuale è come non mai la matematica, le teorie che vengono costruite sono prima di tutto numeri e geometria, astratte, prima che materiali, reali. Oggi i teorici costruiscono le teorie come potevano pensarle 2.500 anni fa i filosofi, non possono essere provate immediatamente e pertanto viene utilizzato il ragionamento e l'ausilio di matematiche sempre più complesse. Oggi prima di essere provate con il metodo sperimentale, come aveva dettato Galileo, il ragionamento si basa sulla filosofia della teoria stessa, questa deve essere prima di tutto bella e armoniosa, una teoria più generale che introduce effetti nuovi, ma che allo stesso tempo comprende tutta la fenomenologia precedente come approssimazione. Come non mai la filosofia di Pitagora è divenuta attuale, la natura è geometria e numero e solo tramite esso oggi può essere espressa e prevista in alcune sue forme. Ad ogni buon conto anche se un giorno avessimo a disposizione tutta la tecnologia necessaria per dimostrare l'esattezza delle teorie, la matematica sarebbe sempre il coadiuvante della fisica. I termini espressi dalla fisica si muovono in un universo regolato da strutture geometriche e da numeri. Qualsiasi legge prima di tutto si esprime in termini numerici e geometrici: il flusso del tempo viene espresso con dei numeri, la distanza fra due corpi è espressa con dei numeri e così via. La matematica riesce a comprendere i vari fenomeni della natura: dai più semplici e lineari come lo spazio descritto dalla geometria euclidea, a fenomeni più complessi con descrizione non lineare. Lo sviluppo di nuovi strumenti in matematica ha raggiunto complessità tali che anche descrizioni di spazi non lineari, curvi (spazi non euclidei), possono essere piegati alla logica del numero. La matematica così è uno dei verbi necessari per poter descrivere la natura, oppure possiamo dire che la natura è descritta dal soffio vitale (dalle leggi), che si muove nel verbo del numero.

### **4.3) Horror Vacui ed Etere**

Fino ad ora ho ricercato nell'elemento primordiale le caratteristiche della relazione del vuoto, ma cosa pensavano del concetto di vuoto gli antichi ? Come si arriva alla generazione di quello che poi nella storia diventerà etere ?

#### 4.3.1) Miti

Il concetto di etere parte da molto lontano, molto prima della filosofia greca, anche se con nomi diversi; nella sostanza non viene accettato che la natura possa contenere degli spazi vuoti. Come già dimostrato, nell'universo il vuoto è il padrone, ma allo stesso tempo abbiamo visto che ciò che si osserva non è altro che un'illusione dei nostri sensi e abbiamo quindi introdotto il vuoto di relazione. Questo significa che la natura non è tanto facile da identificare, ciò che si osserva vuoto può essere svelato essere pieno, ed in effetti in tutta la storia della conoscenza umana si può riconoscere un filone che si esprime nel tentativo di riempire tale spazio. Nella mitologia abbiamo visto che dalle proprietà dello spazio derivano tutte le forme di materia dell'universo e che si fa ampio uso di sostanze invisibili primordiali. L'idea che lo spazio non sia vuoto ma che sia pervaso da un'essenza universale che riempie ogni luogo appare in tempi diversi in molte civiltà antiche ed in luoghi diversi della terra, dai Babilonesi ai Sumeri agli Egiziani all'India e alla Cina, troviamo la sua presenza anche in culture Polinesiane ed altre. Nella ricerca dell'origine dell'universo, le varie civiltà giustificano la presenza di questa essenza universale con una sostanza amorfa, eterna, molto spesso in preda al caos, da cui sarebbero emerse in seguito tutte le strutture. Nei primi miti, sull'origine dell'universo, sull'etere prevale una sostanza come acqua primordiale. Le antiche civiltà furono ispirate principalmente dall'acqua che occupava un posto sacro in quanto origine di vita. La giustificazione a tale concetto deriva dall'inondazione periodica di fiumi come il Nilo, il Tigri e dell'Eufrate i quali apportano, fertilizzando i terreni attigui, un nuovo ciclo di vita ogni anno. Anche quando inizia la prima analisi scientifica con la filosofia greca dei fisiologi, si ricerca il principio primo, l'Arché, la sostanza che, riempiendo il vuoto, pervade l'intero universo e da cui il tutto deriva. Tutta la storia dell'uomo pare essere pilotata da una paura del vuoto che dobbiamo a tutti i costi riempire. In questo scenario nasce l'etere, erede e successore dei materiali primordiali mitologici.

#### 4.3.2) L'horror vacui

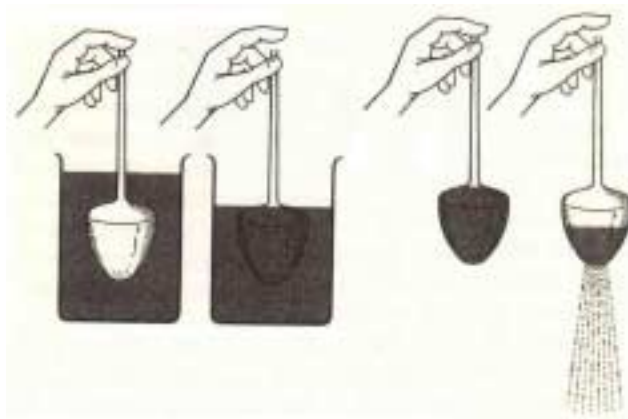
Come già fatto presente, le varie civiltà che si sono susseguite hanno avuto paura del vuoto, del nulla, ed in qualche modo hanno articolato spiegazioni per il suo riempimento o eliminazione. Varie teologie come quella giudaico-cristiana credevano in un Dio che crea l'universo dal nulla, dallo spazio vuoto. Il nulla era un qualcosa di indesiderabile, uno stato che il Dio ha voluto eliminare. Il nulla è lo stato in cui troviamo i nemici e avversari di Dio, parlare dello spazio vuoto era ritenuto da atei, significava ammettere l'esistenza di parti dell'universo in cui Dio non era presente. Lo spazio vuoto era assegnato al Demonio, a tal punto che gli scrittori e filosofi dovevano esprimere i loro pensieri in forme scherzose, in allegorie, inventando giochi di parole e paradossi in modo da poter confondere e dissimulare il vero concetto espresso. Il paradosso con una teoria sospetta veniva il più delle volte difeso tramite un ragionamento per assurdo. Sono molte le civiltà che hanno avuto terrore del vuoto, gli artisti islamici dovevano riempire ogni spazio vuoto con fregi e intricati disegni geometrici. Anche i Maya hanno sentito lo stesso bisogno, dovevano riempire ogni spazio vuoto con pittogrammi, non doveva essere lasciato posto ad alcun vuoto. L'avversità al vuoto ha provocato molti danni culturali nella società occidentale, in particolare nella matematica dove provocò un ritardo dell'accettazione del numero "Zero". Cosa che invece non accadde nella cultura Indiana, la quale non aveva alcun timore a trattare con il vuoto, anzi possedeva un sistema ricco di parole con diversi significati di nulla e vuoto che hanno poi consentito di poter accettare senza difficoltà il numero zero ed apportare la rivoluzione nell'aritmetica. La non accettazione del vuoto la

troviamo presente anche nella filosofia greca tramite il filosofo **Parmenide di Elea**, 550-450 a.C., per lui l'universo è l'essere. L'essere è unico, eterno, ingenerato, ed essendo immutabile e statico si contrappone al movimento. Parmenide affermava che: "L'essere è e non può non essere". Il non essere è il vuoto, ma essendo il contrario dell'essere, il non essere non può esistere. La dimostrazione si basa sul concetto che tutto ciò che non esiste non può essere pensato e quindi è non essere. Ogni qualvolta si pensa o si parla si deve pensare o parlare di qualcosa, e quindi devono già esistere cose reali di cui parlare o pensare e pertanto diviene automaticamente essere. Questo pensiero porta a concludere che tali cose devono esserci sempre state e non possono mai cambiare. Il vuoto diviene impossibile anche perché essendo non essere contraddice l'assunto che l'universo riempie tutto lo spazio. Se l'universo è costituito da uno spazio, tale spazio esiste e quindi è essere, ma ciò che è pieno, ovvero di essere, non può essere vuoto, e quindi il vuoto è assente, e quindi non esiste. L'essere avrebbe le seguenti caratteristiche:

1. L'essere è ingenerato e imperituro, perché se nascesse o perisse implicherebbe il non essere e quindi l'essere è eterno. Se fosse nel tempo implicherebbe il non essere del passato o il non essere del futuro.
2. L'essere è immutabile e immobile, perché se mutasse o si muovesse implicherebbe di nuovo il non esistere, in quanto si troverebbe in una serie di stati o di situazioni in cui prima non era.
3. L'essere è unico e omogeneo, perché se fosse molteplice o in sé differenziato implicherebbe degli intervalli di non essere.
4. L'essere è infinito, se fosse finito cederebbe il posto al non essere.

Per Parmenide esistono due verità: Alétheia e Doxa. Doxa deriva dal greco "opinione" ed è la conoscenza basata sull'opinione soggettiva, è la verità degli uomini dei nostri sensi, della natura come è osservata. Alétheia è la verità assoluta che può essere indicata dagli dei o svelata al di fuori dei nostri sensi, è il sentiero della verità basato sulla ragione che ci porta a conoscere la vera natura dell'universo. Il mezzo migliore per arrivare all'Alétheia era la filosofia, con essa si riteneva che si potesse raggiungere le alte sfere della ragione. Parmenide era contrario alla concezione teologica di un universo creato, le cose non potevano comparire dal nulla né scomparire nel nulla. Se esiste un prima dell'essere, esso era "non essere" e cioè il suo contrario. Esistono solo le cose che sono sempre esistite e le trasformazioni sono solo un inganno percettivo, non capaci di aiutare a capire la verità dell'essere. La ragione pertanto deve opporsi ai sensi, il vuoto relazionale sarebbe così il frutto della Doxa, mentre il materiale primordiale, l'Arché, l'essere, l'etere rappresenterebbero il frutto della ragione, la verità svelata dal raziocinio, dall'Alétheia. Al vuoto si rifuggiva non solo per filosofia; c'è stato un esperimento, fra i pochi che si potevano eseguire in antichità, e che in particolare ha contribuito nella civiltà greca ad alimentare l'horror vacui. Tale esperienza, nota come "l'esperimento della clessidra", ha giustificato la necessità dell'arché o sostanze come l'etere che riempiono ogni spazio vuoto, vedere fig 5. La clessidra non è lo strumento per misurare il tempo, ma un contenitore bucherellato, simile a quello per il tè. Se prendiamo un recipiente pieno di acqua e ci pratichiamo un foro, il liquido, con grande sorpresa degli antichi, non scende fintanto che non ne pratichiamo un altro, solo dopo che l'aria prende il posto dell'acqua. Come evidenziato dalla fig. 5, benché il contenitore sia forato ad una prima immersione si poteva constatare che l'acqua si rifiutava di entrare, l'unico modo per permetterlo era quello di lasciare libera l'apertura superiore. Già questo per gli antichi era misterioso, figuriamoci poi quando ritappando la parte superiore con un dito e sollevandolo sopra la superficie dell'acqua si evidenziava che il liquido, benché nel contenitore vi fossero più fori, si rifiutava di scendere come la gravità impone. L'unico modo per convincere il liquido a seguire il suo destino, la gravità, è lasciando aperta di nuovo la parte superiore. Gli antichi si erano domandati il perché di tutto ciò, e la loro conclusione fu nel giustificarlo con l'horror vacui. Ovvero l'acqua se usciva, dato che il contenitore era chiuso, avrebbe

dovuto lasciare un posto, un volume vuoto. Dato che in natura si osserva che non può esistere perciò deve essere riempito, per convincere l'acqua a scendere si deve così rimpiazzare il volume vuoto creato con un altro elemento e difatti quando si alza il dito dall'estremità superiore, l'aria può prendere il posto dell'acqua che a questo punto può seguire il suo destino di caduta per gravità.



**Figura 5 L'esperimento della clessidra**

Apparentemente questo esperimento dimostra che la natura evita la formazione del vuoto, la materia sembra a tutti i costi voler riempire il vuoto, nella clessidra se non è entrata l'aria l'acqua non si convince a scendere. Questo porta alla necessità di riempire a tutti i costi il vuoto, e sotto questi fondamenti comincerà a nascere l'epica dell'etere.

#### 4.3.3) Omero

Benché il concetto di etere sia introdotto successivamente da Empedocle, la parola appare per la prima volta in scritti precedenti prodotti da Omero (1100 - 500 a.C.). Omero scrive dell'igneo etere, come atmosfera superiore o luce celeste, sotto il cielo. La parola deriva dalla radice greca, che significa infiammare, risplendere. Alcuni hanno sostenuto che l'etere di Omero non si riferisce a un solo luogo, all'ardente atmosfera superiore in cui si muovono il Sole e le stelle, ma può anche essere il chiarore emanato dal cielo che permette di vedere distintamente gli oggetti. L'idea che i corpi celesti si trovino in una regione di aria ignea, la troviamo anche dopo Omero e appare negli scritti di tutti gli antichi filosofi greci. L'osservazione che il fuoco tende naturalmente a muoversi verso l'alto suggerì che le regioni più esterne dell'universo fossero le più ignee.

#### 4.3.4) Anassagora

L'etere di Omero si trasformò con Empedocle e Anassagora e cominciò ad assolvere una funzione più speciale, contemporaneamente l'aria stessa venne ad assumere un significato meno limitato di foschia o nebbia leggera. Anassagora credeva che tutte le cose fossero equivalenti e intercambiabili, ma ipotizzò che i componenti dominanti fossero aria ed etere. "Su tutti predominavano l'aria e l'etere, essendo entrambi illimitati: sono infatti questi nella massa totale i più grandi per quantità e per grandezza." Anassagora descrive la nascita del mondo attraverso i semi primordiali, le omeomerie, che si sarebbero combinati grazie alla mente divina del Nous. Il Nous ha ordinato la materia che originariamente riposava nel caos, provocando un vortice in un punto singolo e dando

origine a un movimento sempre più ampio. La rotazione deviava i semi primordiali nei 4 elementi: fuoco, aria, acqua e terra. All'inizio l'universo si separò in due strati l'aria (Interno) e l'etere (Esterno), poi dall'aria si separò l'acqua, e da questa la terra. Il processo prosegue per divisione delle parti eterogenee e riunione di quelle omogenee, generando le cose.

#### 4.3.5) L'etere di Empedocle

La ricerca di una spiegazione all'esperimento della clessidra (fig. 5) rappresentò una sfida per scienziati e filosofi per più di 2000 anni. **Empedocle di Agrigento** (490-430 a.c.), eseguì diverse osservazioni a tal punto da accorgersi che se la clessidra viene immersa senza togliere l'aria, l'acqua non può penetrarvi. Empedocle è sul punto di dedurre qualcosa circa la pressione esercitata dall'aria dell'atmosfera terrestre, ma dovranno passare altri 2000 anni perché si fornisca la spiegazione corretta. Empedocle fu contagiato da tale esperimento; dato che la materia evita il vuoto, il vuoto nell'universo non esiste. Per poter scansare il vuoto vi doveva essere una sostanza che permea tutto l'universo, e all'incirca nel 450 a.C. Empedocle indica l'aria, che chiama etere, come 4° elemento che permea tutto il mondo. La materia sarebbe dotata di pori pieni di questo misterioso mezzo leggero. Ogni luogo dell'universo doveva essere riempito, impregnato con tale sostanza ad evitare la formazione del vuoto.

#### 4.3.6) Il fine della materia di Aristotele

**Aristotele di Stagira** (384 - 322 a.C) catalizzò tutte le credenze del passato generando un modello di universo che rimarrà lo stato dell'arte per molto tempo. Ebbe il merito di raccogliere in un unico modello tutte le credenze di quel periodo. Non credendo nell'esistenza del vuoto, il vuoto è impossibile, e quindi la natura ha orrore del vuoto, la "natura abhorret a vacuo". Se si crea del vuoto la materia si muove per riempirlo, senza la materia non è permesso alcun movimento e la natura avrebbe impedito che questo si realizzasse. Riteneva che il fenomeno dipendesse dal carattere teologico del mondo, la materia era forzata a riempire il vuoto perché questo era il fine a cui tendeva. Aristotele nel 350 a.C. riempie il vuoto con l'etere di Empedocle ma lo divide dall'aria spostandolo a quintessenza, un fluido sottile e imponderabile che avrebbe riempito lo spazio fuori dell'atmosfera, la sfera sublunare. Per Aristotele l'etere era un continuo statico e passivo, eternamente in quiete. Contemporaneamente fuori dal coro vi erano solo gli atomisti i quali sostenevano che la materia è costituita da atomi indivisibili che si muovono nel vuoto; Epicuro, ad esempio, affermava che senza il vuoto i corpi non potrebbero sapere dove andare. Ma il pensiero prevalente fu quello dell'Horror Vacui, e grazie alla figura di grandi personaggi come Aristotele ebbe un tale successo che generalmente fu accettata fino al XVII secolo, cioè fino alla nascita della scienza moderna.

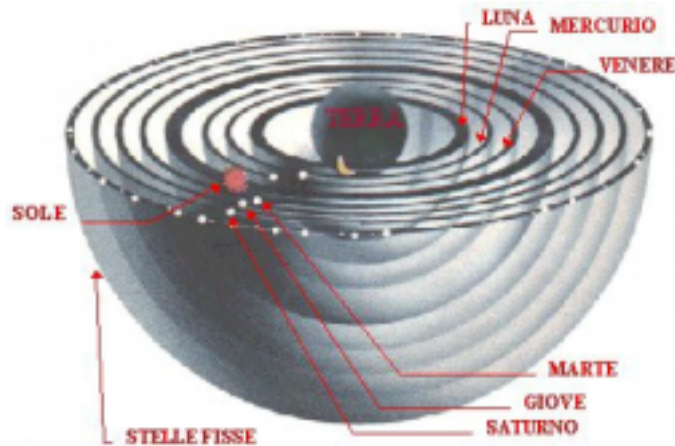
#### 4.3.7) L'universo secondo Aristotele

Per poter capire il concetto di vuoto e delle sue relazioni al tempo dei greci, si deve analizzare quello che è stato il concetto della fisica per Aristotele, il suo modello cosmologico. Il mondo secondo Aristotele, riprendendo le teorie di Eudosso e di Calippo, era costituito da vari livelli di sfere, vedi fig. 6, ogni corpo celeste aveva la sua sfera. Per poter spiegarne i loro moti differenziati, e affinché il moto delle sfere non interferissero con quelle delle stelle, furono inserite delle sfere intermedie, Aristotele arrivò a ritenere necessarie ben 55 sfere in tutto. Suddivise le sfere in due insiemi ben distinti, vedere tabella 10:

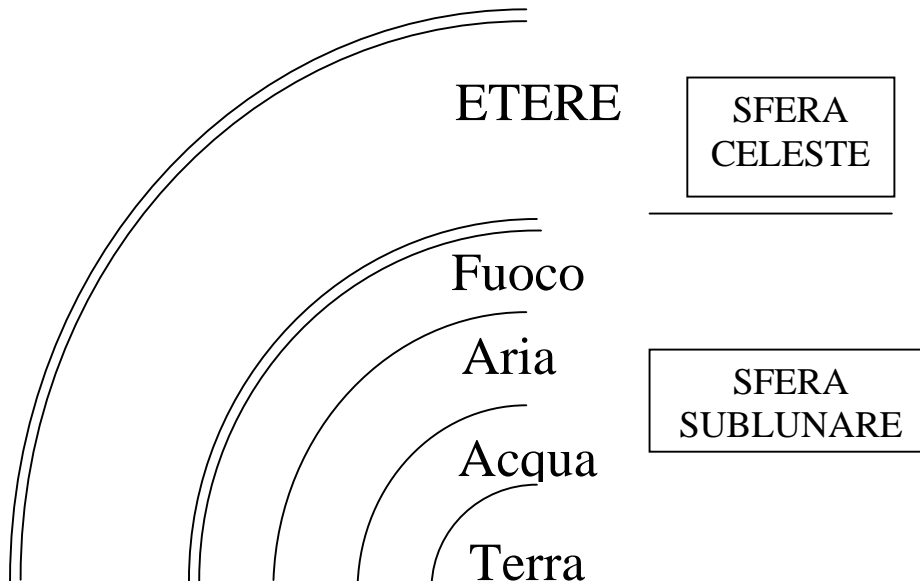
1. La zona delle sfere celesti
2. La zona della sfera Sublunare

Al loro interno indicò una posizione ben precisa per ogni elemento dell'universo. Secondo il suo modello, esistevano 5 elementi: i primi 4 corruttibili, relegati alla sfera sublunare:

1. Terra
2. Acqua
3. Aria
4. Fuoco



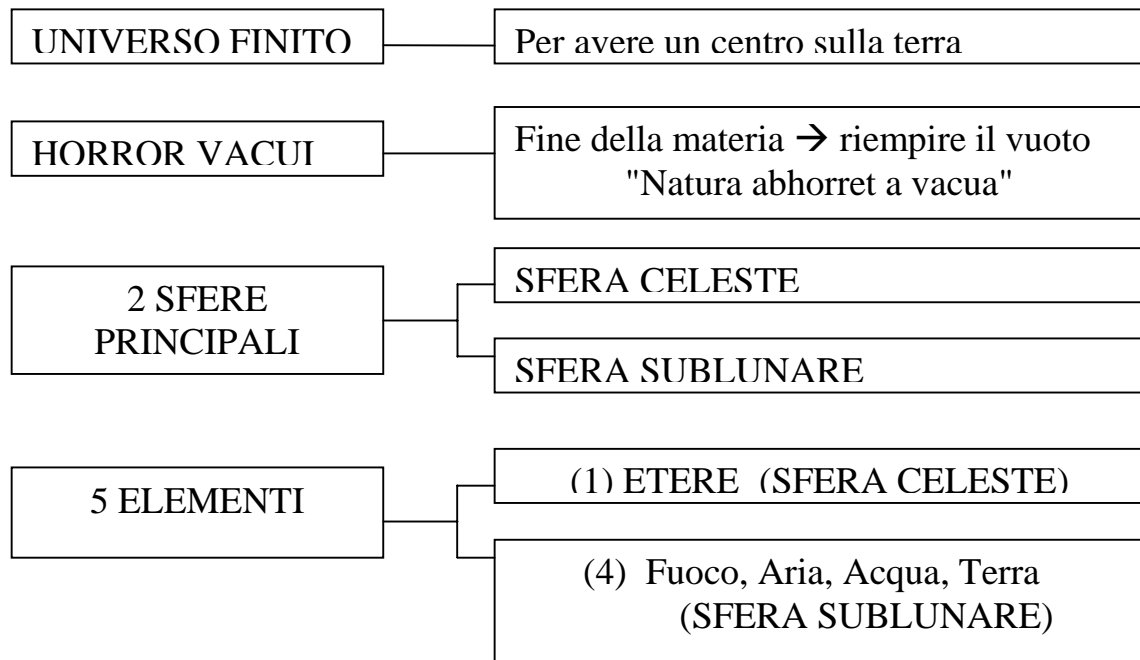
**Figura 6** Il modello delle sfere dell'universo di Aristotele



**Tabella 10** Suddivisione elementi nell'universo secondo Aristotele

Il mondo sublunare è caratterizzato da tutte le forme di mutamento, fra le quali predominano la generazione e la corruzione. L'altro elemento, l'ultimo, il quinto, e da cui la denominazione di

quintessenza è l'Etere, il materiale celeste e quindi non corruttibile, perfetto. Gli oggetti celesti, le divinità, dovevano essere tutti costituiti da questo elemento. Nella sfera celeste non vi è mutamento, non può avere luogo la corruzione, né generazione, né alterazione, né aumento né diminuzione. Il cielo è osservato sempre identico da tutte le generazioni, pertanto gli oggetti celesti non sono mai nati, e di conseguenza sono immortali. Aristotele credeva che la Terra fosse al centro dell'universo, e pertanto l'universo non poteva essere infinito. Se l'universo fosse infinito, non avrebbe un senso definire un centro e quindi la Terra perderebbe di importanza, pertanto l'universo deve essere finito, terminare con la sfera delle stelle fisse. Di seguito, nella tabella 11, sono riassunte le caratteristiche base dell'universo di Aristotele.



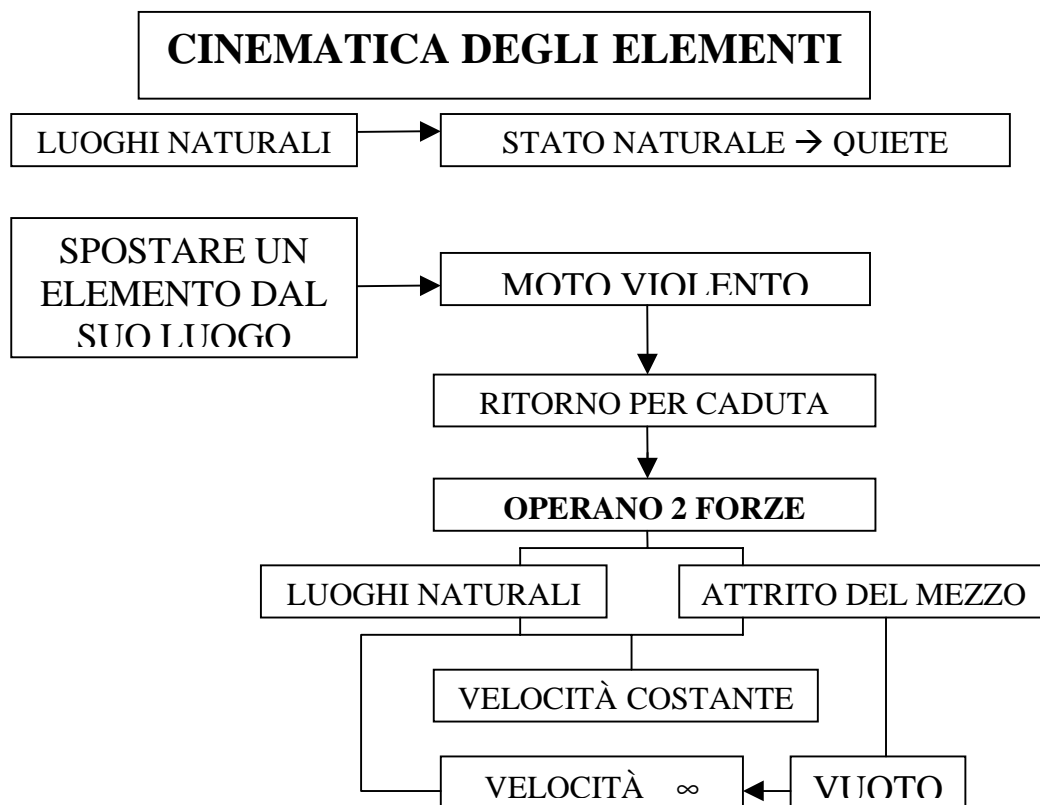
**Tabella 11** Caratteristiche base dell'universo di Aristotele

#### 4.3.8) Il moto e il vuoto secondo Aristotele

Per Aristotele il fine della materia è quello di occupare il vuoto, e la materia si suddivide in 5 elementi. Ad ogni elemento è assegnato un ben preciso luogo dell'universo, vedi tabella 10. L'elemento più denso e corruttibile è la terra e pertanto è relegato al centro dell'universo, del nostro pianeta; al di sopra troviamo l'acqua, meno densa, l'aria e il più etereo degli elementi corruttibili, il fuoco. La sfera del fuoco termina al confine con la sfera della Luna, oltre la quale iniziano le sfere delle divinità, le più ignee, pure, e quindi il luogo naturale dell'etere. Tutta la cinematica di Aristotele è basata sul movimento dei corpi che si muovono verso un fine, tendono ad andare verso i loro luoghi naturali, cascano verso l'alto o verso il basso se non si trovano nel loro luogo (tabella 12). Il basso luogo naturale è considerato il centro della Terra che nella cosmologia Aristotelica è il centro dell'universo, l'alto luogo naturale sono le stelle. Spostare un corpo dal suo luogo naturale costituisce un moto violento, questo deve avere una causa e dura fintanto che la causa è applicata, si esaurisce quando il corpo tende a ritornare verso il suo luogo naturale. Per tali ragioni un corpo immerso nel suo luogo naturale tende a stare in quiete. Se un corpo si trova fuori del suo luogo naturale tende a tornarci spostandosi per caduta o verso il basso se più denso come la Terra e



l'acqua, o in caduta verso l'alto se meno denso come l'aria o il fuoco. Per Aristotele, se applichiamo una forza ad un corpo non si provoca una accelerazione ma una velocità; la velocità pertanto aumenta all'aumentare della forza applicata e diminuisce con la resistenza che offre il mezzo. Un mezzo offre resistenza ad un corpo e tende a rallentarlo, l'attrito è proporzionale alla densità del mezzo. Per Aristotele un corpo in caduta libera è sottoposto quindi a due forze, una che tende a far tornare nel suo luogo naturale il corpo, e un'altra (l'attrito del mezzo) che cerca di frenarne il moto, determinandone così la velocità. Pertanto un corpo in caduta libera raggiungerà una velocità inferiore se immerso in un materiale denso, invece avrà velocità maggiori se non viene frenato, ovvero se viene immerso in un materiale meno denso. Essendo la velocità di un corpo in caduta libera inversamente proporzionale alla densità del mezzo, nel vuoto, che non oppone alcuna resistenza, tenderebbe ad essere infinita. Dato che per i greci trattare gli infiniti e gli infinitesimi è un paradosso (paradossi di Zenone) una velocità infinita è fuori di ogni senso comune, ed è un'altra dimostrazione per l'impossibilità dell'esistenza del vuoto.



**Tabella 12 Cinematica di Aristotele**

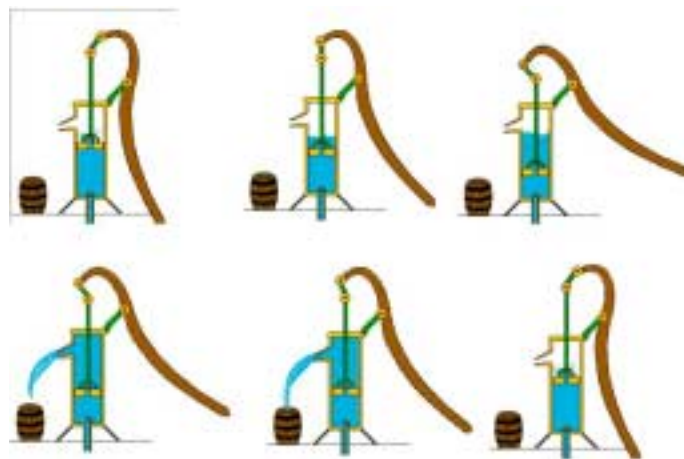
Al moto rettilineo corruttibile dei 4 elementi di base sublunari, dall'alto verso il basso e viceversa si contrappone il moto del 5° elemento, l'etere, non corruttibile e pertanto circolare. L'etere non si muove né verso il basso né verso l'alto, non è né pesante né leggero.

#### 4.3.9) Gli stoici

La paura del vuoto prosegue e si propaga anche fra gli **stoici** i quali rinominano nel II secolo a.C. l'etere come "pnêuma", come un fluido onnipresente che riempie lo spazio. Essi sostenevano che tutte le cose costituissero un continuo, il cosmo doveva avere un'anima, trasportata da uno spirito o "**pnêuma**" universale che lega assieme tutti gli oggetti del cielo e della terra in un destino comune, una sorta di miscela elastica di fuoco e di aria che pervadeva tutto. Questo modo di interpretare la natura pertanto impediva di far esistere alcun spazio vuoto tra gli atomi. Comunque gli stoici non escludevano che potesse esistere uno spazio vuoto nell'universo. Questo materiale di rango elevatissimo, un'estensione della quintessenza di Aristotele, fu identificato da alcuni con la Divinità stessa. La novità apportata dagli stoici rispetto ad Aristotele è che ipotizzavano un etere dinamico su cui si può agire e che reagisce alle azioni della materia, un etere più simile all'etere che verrà analizzato in epoca moderna. Immaginavano l'etere come un mezzo attraverso il quale gli effetti del suono o di altre forze si potessero propagare allo stesso modo come accade quando perturbiamo la superficie dell'acqua. Con tali teorie si avvicinarono a quello che successivamente fu considerato l'etere luminifero.

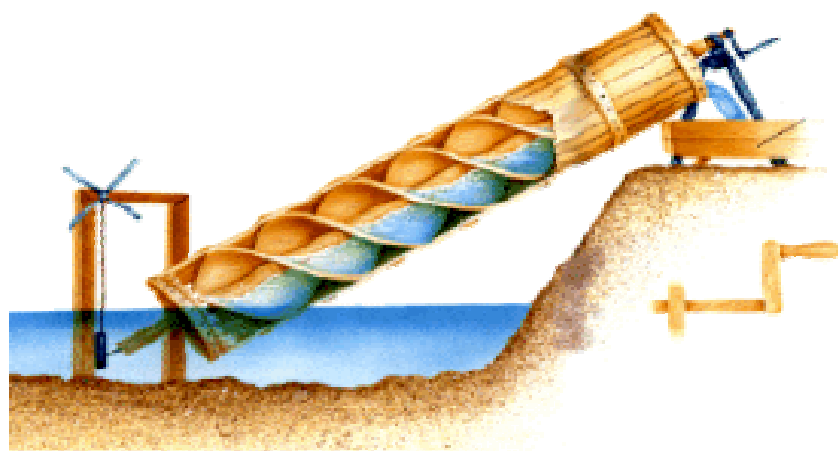
#### 4.4) Si scopre il vuoto sulla terra

Per poter vedere delle novità nel concetto di vuoto si devono aspettare gli sviluppi tecnologici operati nel secolo del 1600. Nel medioevo l'argomento del nulla, del vuoto, era un tabù, si poteva rischiare di essere inquisiti dall'autorità della chiesa. Parlare del vuoto, poteva significare mettere in discussione dei principi della vita, delle concezioni teologiche della creazione del mondo, avrebbe potuto destabilizzarne le fondamenta religiose rischiando di essere considerati eretici con estrema facilità. Quindi si cercava di rifuggire dall'argomento non uscendo dai dettami della chiesa. Ma questo timore non poté fermare la rivoluzione scientifica e tecnologica in atto in Europa, il progresso avanzava nonostante tutto. Grazie a Galileo si incominciò a vedere i fenomeni naturali in modo nuovo, il metodo sperimentale portò a nuovi successi evidenti che rivoluzionarono anche le fondamenta del concetto di vuoto.



**Figura 7** Pompa aspirante e premente di Ctesibio di Alessandria

La tecnologia e le nuove scoperte stavano avanzando per piccole innovazioni una dietro l'altra. Dopo il primo esperimento della clessidra, che dimostrava l'orrore della materia per il vuoto, finalmente si arriverà a capirne la vera natura. La rivoluzione partì da un problema pratico, e coincise con la risoluzione dell'enigma delle pompe idrauliche, dalla pneumatica. Per prelevare l'acqua dai pozzi, si utilizzavano delle prime tecniche che sfruttavano il vuoto. A prima vista la natura si comportava grazie al principio Aristotelico dell'Horror Vacui, la materia rifuggiva il vuoto. Se si aspirava l'aria il liquido risaliva a riempire il vuoto generato, e quindi per svuotare un recipiente dall'aria o dall'acqua, l'unico modo era di risucchiarla, creando della differenza di pressione tra il fuori e il dentro del recipiente. Le prime pompe ad aria compressa e quelle a vuoto, venivano già utilizzate molto tempo prima di Cristo, ad esempio la pompa ad acqua, fig. 7, fu sviluppata molto probabilmente dal fisico greco Ctesibio (Ktesibios di Alessandria III sec a.C.) la cui invenzione è nota da una descrizione di Vitruvio. Ctesibio di Alessandria inventò la pompa aspirante e premente nota sino al rinascimento come Ctesibia machina, l'invenzione fu possibile grazie anche all'introduzione, da parte dello scienziato, della valvola. Una delle applicazioni principali è per l'eliminazione dell'acqua dalle miniere. Ogni volta che si scava un buco in un terreno, tutta l'acqua che è presente intorno lo va a riempire, in una miniera questo problema diviene preponderante, la proporzione dell'acqua rispetto al materiale estratto può essere intorno a 20:1. Questo problema ricade economicamente sull'estrazione, migliori sono le tecniche di eliminazione dell'acqua ed inferiori sono le spese di gestione di una miniera. Nelle miniere a cielo aperto il problema era risolto con macchine del tipo a vite di Archimede, fig. 8, che sollevavano l'acqua in vasche successive risalendo la miniera; questo metodo è stato utilizzato nelle miniere in epoca romana.



**Figura 8 Vite di Archimede**

Per le miniere a pozzo il metodo di Archimede non poteva essere utilizzato; pertanto fu adottata la pompa aspirante a manovella. Ma inevitabilmente si verificava uno strano fenomeno: oltre una certa altezza queste non funzionavano, oltre i 7 e 8 metri non si riusciva a far salire l'acqua, pertanto occorrevano più pompe che la alzassero in vasche successive per estrarla. Il problema del limite in altezza quindi era ben conosciuto, ma probabilmente si riteneva che la difficoltà fosse di natura tecnologica a causa della non perfetta tenuta stagna delle parti della pompa. Ma anche quando successivamente nel 1600 furono apportati dei miglioramenti tecnici e benché si riuscisse ad

arrivare a quote più alte, si arrivò ad un limite invalicabile e il problema esplose con tutte le sue implicazioni.

#### 4.4.1) Galileo

In quel periodo, oltre che per le miniere, le pompe erano molto diffuse per portare l'acqua sulle navi, nei campi e per gli acquedotti. Verso il 1630 alcuni fontanieri fiorentini dovevano installare una nuova pompa, con la quale avrebbero dovuto sollevare l'acqua ad una altezza di 32 piedi. Benché l'attrezzatura fosse tutta in regola non riuscirono a metterla in funzione, l'acqua non si sollevava per più di circa 10 metri. Dopo vari tentativi, con le stesse conclusioni, pensarono si trattasse di qualche fenomeno nuovo dovuto alla natura, ed essendo Galileo riconosciuto come la massima autorità scientifica dell'epoca a lui si rivolsero per avere spiegazioni e consigli. Galileo aveva già conosciuto il problema negli anni 1593-1594, ideò un progetto di pompa per il sollevamento dell'acqua, e trovò che l'acqua non si sollevava oltre le 18 braccia (10,5 metri) e non riuscì ad andare oltre. Allora ai fontanieri fiorentini Galileo rispose semplicemente che: *"l'orrore del vuoto ha anch'esso i suoi limiti, 18 braccia"*. Galileo che credeva nell'Horror vacui, era quindi a conoscenza che vi era un limite, un limite che immaginò fosse dovuto alla resistenza della natura a produrre il vuoto, e che avesse una forza misurabile; l'acqua non poteva essere aspirata attraverso il vuoto per più di 10,5 metri, che chiamò "altezza limitatissima"; oltre quell'altezza la materia non cercava di rifuggire più al vuoto, e cercò di capirne i motivi ma senza risultato. Questa esperienza fu raccolta nello scritto "Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze" del 1638. Ad ogni modo i presupposti della soluzione li gettò Galileo, affrontò diversi argomenti che potevano portare alla sua soluzione.

##### 4.4.1.1) Il vuoto secondo Galileo

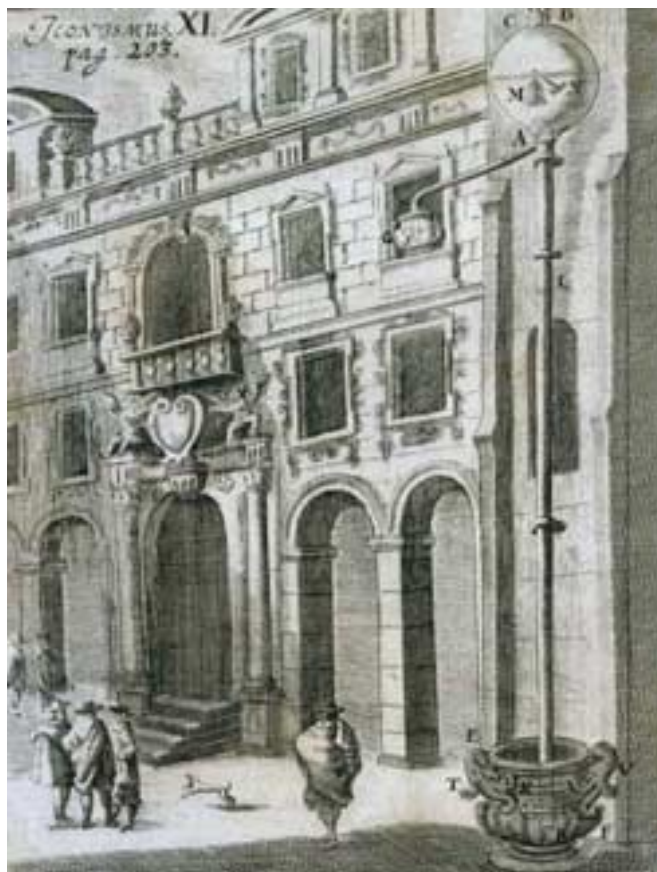
Benché creda all'horror vacui, Galileo utilizza il vuoto in diversi esperimenti mentali, e grazie a tale analisi raggiunge diversi risultati importanti. Una delle conquiste è nel campo della gravità della caduta dei gravi (corpi pesanti) e dei leggeri. Conosce che i mezzi esercitano una pressione per il principio di Archimede, arrivando ad affermare che il moto dei gravi nel vuoto cadrebbero alla stessa velocità dei leggeri. Tramite il principio di Archimede, respinge il concetto Aristotelico che l'aria e il fuoco sono spinti verso l'alto a causa di un principio della natura in cui gli elementi si avvicinano verso i luoghi naturali. Un corpo, ad esempio il fuoco, se immerso in un mezzo più denso, l'aria, sale per il principio di Archimede, allo stesso modo come il legno (un corpo più leggero) viene sospinto fin sulla superficie dall'acqua. La leggenda vuole che per dimostrare che i corpi cadono tutti alla stessa velocità effettuò un esperimento dalla torre di Pisa, ma non vi sono tracce storiche che lo abbia effettivamente effettuato. Comunque se realizziamo un esperimento Aristotelico e facciamo cadere una palla di piombo ed un batuffolo di cotone l'esperienza dà ragione al filosofo greco. Il motivo per cui l'esperienza inganna, è che nell'esperimento troviamo più fenomeni che si sommano. La differenza che esiste tra Aristotele e Galileo è che il primo osserva la natura, si basa sull'esperienza, mentre l'altro si basa sull'esperimento, ossia su un'esperienza controllata e quindi misurabile. Galileo intuisce che nell'esperienza di Aristotele il fenomeno non può essere osservato correttamente a causa dell'attrito dell'aria. Ma a questo punto si evidenzia il paradosso della scienza Galileiana: l'esperienza come vorrebbe Galileo è impossibile, negli esperimenti diviene complicato rendere trascurabili gli altri fenomeni. A causa di tali difficoltà Galileo allora risponde con esperimenti ideali. Capisce che c'è qualcosa che non torna secondo l'esperienza Aristotelica: due oggetti di peso diverso dovrebbero toccare terra in tempi diversi, ma se uniamo entrambi i corpi questi dovrebbero toccare terra ancora prima perché più pesanti: "Se

*infatti così fosse, allora un corpo intero cadrebbe più velocemente delle sue parti".* Allo stesso modo però, i corpi leggeri che costituiscono un grave, devono ridurre la velocità dell'insieme più pesante. In questa dimostrazione per assurdo si arriva a concludere due velocità diverse, una più elevata ed una inferiore. Dato che nell'esperimento l'aria interferisce con la prova, se l'aria fosse assente si potrebbe osservare il fenomeno correttamente. Ma a quei tempi Galileo non può realizzare il vuoto, il vuoto è ritenuto non esistere in natura, ed allora effettua un altro esperimento ideale: l'aria è un mezzo con una determinata densità, se proviamo a sperimentare con mezzi diversi come, l'olio, l'acqua e l'aria possiamo osservare che la velocità dei corpi in caduta si differenzia a secondo della densità in cui l'esperimento è immerso. Più il mezzo è denso e maggiore è la differenza che occorre fra i due gravi, l'oggetto leggero impiega maggiore tempo per il maggiore attrito occorso, e la differenza fra le due velocità risulta più elevata. Arrivando al limite che un oggetto con minor densità rispetto a quella del mezzo in cui si lascia cadere, non si muoverà neanche dato che per la spinta di Archimede tenderà a farlo galleggiare sulla superficie del mezzo più denso, ovvero se immerso non vi sarà una caduta ma tenderà a muoversi nel senso opposto. Possiamo quindi constatare che la differenza di velocità fra i due gravi diminuisce con il diminuire della densità del mezzo. Pertanto se realizziamo una esperimento in condizioni di perfetto vuoto le due velocità tenderanno ad essere uguali. In relazione al moto, Galileo idealizzerà altri esperimenti mentali con il vuoto, e grazie a tali analisi conseguirà risultati che troviamo scritti nei libri "Dialogo sui massimi sistemi del mondo" pubblicato nel 1632 dove sono presenti anche i primi concetti di inerzia e di relatività e poi nei "Discorsi intorno a due nuove scienze" pubblicato nel 1638. In relazione allo studio del moto è da evidenziare che Galileo introduce delle novità: essendo i moti in caduta accelerati non è facile eseguire in laboratorio esperienze in tempi ragionevoli, e per tal motivo inventa il piano inclinato per rallentarne la caduta, introduce l'analisi attraverso la matematica, e per poter misurare gli eventi si inventa degli strumenti come l'orologio ad acqua. All'inizio per misurare il tempo utilizza i battiti del polso ma successivamente utilizza una sorta di orologio ad acqua, un serbatoio da cui l'acqua cade, goccia a goccia, in un recipiente sottostante disposto sul piatto di una bilancia: l'ago della bilancia è l'indice del trascorrere del tempo. Galileo propone una nuova interpretazione del moto rispetto ad Aristotele, si oppone al millenario concetto che i corpi si muovono verso i propri luoghi naturali. Per mantenere i corpi in movimento nel vuoto non occorre applicare continuamente una forza, il movimento nel vuoto è permesso, e giunge a definire che un corpo nel vuoto si muove di moto uniforme. Introduce in tal modo il concetto di inerzia definendo che i corpi tendono a mantenere il loro stato di quiete o di moto. Nel vuoto i corpi mantengono il loro stato di moto rettilineo uniforme se alcuna forza non interviene a modificarne lo stato. Il concetto di Aristotele è così stravolto: lo stato naturale dei corpi non è la quiete ma il moto. Oltre ad avere individuato che l'aria può esercitare una spinta attraverso il principio di Archimede, altri risultati sono raggiunti nel campo della pressione e della pneumatica; Galileo sperimentò il peso dell'aria, e la prova è in una lettera del 1613 a Tolomeo Nozzolini, nella quale riferisce di una dimostrazione sperimentale della pesantezza dell'aria contenuta in un recipiente di vetro. Galileo nel 1586 aveva inventato una bilancetta per determinare le proporzioni dei pesi specifici dei metalli e delle gioie pesati nell'aria e nell'acqua, e quindi poteva anche determinare la proporzione della densità dell'aria e dell'acqua. A riprova, nel 1614 comunicò all'ingegnere genovese Giovan Battista Baliani 3 modi per pesare l'aria, e il rapporto tra il peso dell'acqua rispetto all'aria. Galileo trovò che questo fosse dell'ordine di circa 400 volte, mentre precedentemente aveva indicato 460, oggi il rapporto è conosciuto essere di 773 volte in condizioni normali. Con la visione moderna sembra assurdo che fino allora si ritenesse possibile che l'aria avesse un peso, ma non che fosse possibile un peso dell'aria nell'aria, ovvero che il peso dell'aria non portasse al concetto di pressione dell'atmosfera. Il principio ritenuto valido era quello Aristotelico per cui l'acqua non pesa

nell'acqua, né l'aria nell'aria, dato che questi occupano il loro luogo naturale. Ma la soluzione delle pompe idrauliche stava per essere trovata, in molti cominciarono a pensare alle vere cause, Baliani manifestò il dubbio a Galileo, che sul comportamento dei sifoni potesse essere implicato il peso dell'aria. Ma Galileo non ammise che poteva avere ragione e gli storici suppongono che ne parlò a Torricelli. Durante le conversazioni con Torricelli, entrambi si accorsero della perfetta reciprocità delle pompe aspiranti e delle pompe respingenti. Tutti i fenomeni idraulici e pneumatici erano simili, mentre una aspirazione è l'effetto di una depressione, una compressione è una spinta, è l'effetto di una sovrappressione, pertanto la pressione è una forza che può esercitarsi in qualunque direzione. Quando due pressioni uguali sono rivolti in sensi opposti, si annullano, mantenendo in equilibrio il sistema. Questi fenomeni gettarono le prime basi per la risoluzione dell' "altezza limitatissima", all'Horror Vacui.

#### 4.4.2) Berti

Intorno al 1640, a Roma, **Gasparo Berti** (1600-1643), allievo insieme a Torricelli di Benedetto Castelli, fu colpito dalle affermazioni dello scritto di Galileo, "Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze", che l'acqua non poteva essere sollevata di un capello più di 18 braccia, che vi fosse un' "altezza limitatissima" e volle sperimentare di persona il fenomeno.



**Figura 9**      **Esperimento di Berti**

Questo limite gli sembrava troppo poco, e per dimostrare che Galileo era in errore, eseguì un esperimento presso il convento dei minimi sul Pincio, costruì il primo barometro ad acqua, un tubo

di piombo lungo 22 braccia con all'estremità inferiore un rubinetto immerso in una botte, fig 9. Riempì il tubo dall'alto e ne sigillò l'apertura; aperto il rubinetto osservò che l'acqua scendeva, ma solo ad una certa altezza. In un primo momento con soddisfazione disse di aver scoperto che Galileo aveva sbagliato, perché il limite era più alto di 18 braccia, ma gli fu fatto notare che non avrebbe dovuto misurare l'altezza della colonna d'acqua dal fondo della botte, ma dalla superficie dell'acqua e confermò il limite di Galileo. Dato che si era dimostrato l'esistenza del limite alla paura dell'Horror vacui si pensò che nella parte lasciata libera vi potesse essere il vuoto, allora il Berti aggiunse un'ampolla di vetro alla sommità e ripeté l'esperimento di fronte a Raffaello Magiotti e ai Gesuiti Kircher e Niccolò Zucchi. Kircher chiese di poter inserire una campanella dentro l'ampolla, trattenendone un martelletto con una calamita dall'esterno. Dopo che l'acqua aveva lasciato il posto al vuoto, rimuovendo la calamita, si poteva accertare se il suono della campanella sarebbe risultata percepibile. Già allora si riteneva che il suono fosse un fenomeno ondulatorio che per propagarsi ha bisogno di un mezzo. Ma purtroppo il suono fu udito chiaramente, concludendo che benché l'acqua era scesa, non aveva lasciato il posto al vuoto ma vi era ancora qualcosa attraverso cui si poteva propagare il suono. In questo caso il suono si era udito non perché vi fosse ancora del gas, ma perché le vibrazioni della campanella nel vuoto non potendosi propagare si dissiparono sul filo metallico che la sosteneva, e il filo essendo fermato sul vetro trasmise le vibrazioni all'esterno. I presenti davanti all'evidenza sperimentale, conclusero che il vuoto era un'ipotesi vuota, Berti smontò la sua attrezzatura e non andò oltre, si era persa una grande occasione tutta italiana per giungere a diverse conclusioni che furono poi di altri scienziati di altri paesi. I risultati di questa esperienza furono divulgati solo nel 1647.

#### 4.4.3) Torricelli

La fine dell'Horror Vacui arriva con la risoluzione delle pompe idrauliche grazie ad un allievo di Galileo, il matematico e fisico **Evangelista Torricelli** (1608-1647), quando nella primavera del 1644 dimostrò che si poteva realizzare il vuoto in modo molto semplice. Torricelli viene chiamato ad Arcetri, in Firenze, nell'ottobre del 1641 per assistere Galileo nell'ultimo periodo della sua vita, e raccogliergli gli ultimi pensieri; Galileo morirà pochi mesi dopo, il 9 gennaio del 1642. Probabilmente aveva avuto molti scambi culturali su diversi esperimenti, sulla pressione, sulla pneumatica, e questi possono aver influito a tal punto da fargli comprendere per la prima volta, dopo l'esperimento della clessidra di 2000 anni prima, che è l'aria presente nell'atmosfera ad esercitare una pressione su di una superficie a causa del suo peso e non il vuoto. Per la prima volta la causa dell'altezza limitatissima che da tutti era cercata dentro il tubo, veniva ricercata all'esterno. Seguendo l'esperimento del Berti, l'aria sopra la superficie dell'acqua esercita una pressione a causa del suo peso, e il suo peso è equivalente alla colonna d'aria presente nell'atmosfera terrestre. Oggi sappiamo che l'aria posta sopra la nostra testa arriva fino all'Esosfera ad una determinata altezza (> 1000 Km) oltre la quale le particelle più leggere non sono più trattenute dalla gravità terrestre. Il peso di tale colonna d'aria, equivale all'unità di misura "atm" (atmosfera), misurata al livello del mare in una giornata serena alla temperatura di 0 °C, ed è di circa 1,033 Kg<sub>p</sub> / cm<sup>2</sup>. Il peso di questa colonna d'aria preme sulla superficie d'acqua; se il peso della colonna d'acqua che preme sulla stessa superficie è superiore, per gravità tende a scendere uscendo dal tubo. Uscendo dal tubo preme sulla superficie dell'acqua, la quale alzandosi spinge tutta la colonna d'aria a sollevarsi. Pian piano che il tubo si svuota, diminuisce il peso della colonna d'acqua, quando il suo peso è eguale alla colonna d'aria, si trova in equilibrio e si ferma. Viceversa se il livello della colonna d'acqua fosse più basso e quindi pesasse meno della colonna d'aria, l'aria vincerebbe sulla pressione della superficie dell'acqua spingendola dentro il tubo, fino a che il livello della colonna d'acqua

nuovamente raggiunge lo stesso peso. Quindi per Torricelli essendo la pressione dell'aria a sollevare l'acqua, quando la pressione dell'acqua è superiore a quella dell'aria, la pompa dei fontanieri non riesce più ad alzarla. Qualsiasi tecnica del vuoto raggiunge il suo limite in altezza in dipendenza della pressione dell'atmosfera, ovvero quando l'acqua raggiunge il peso di  $1,033 \text{ Kg}_p / \text{cm}^2$  al livello del mare a  $0^\circ\text{C}$ , e questo avviene quando la colonna d'acqua è alta circa 10,5 m. Ma in base a questa analisi capì che se avesse usato un liquido più pesante, l'altezza massima alla quale si sarebbe potuto pompare, sarebbe stata molto inferiore.



**Figura 10 Barometro di Torricelli**

Il liquido più denso in natura è l'argento vivo (il mercurio), 14 volte l'acqua, pertanto raggiunge un peso che trova equilibrio con la pressione dell'aria ad un'altezza della colonna 14 volte inferiore, ovvero a 76 cm. Con questi presupposti Torricelli costruì il primo barometro a mercurio senza bisogno di una pompa, fig. 10, semplicemente prese un tubo più lungo di 76 cm, chiuso ad una estremità, lo riempì del liquido metallico, tappò con un dito l'altra estremità e lo capovolsse immergendolo in una bacinella piena dello stesso liquido. Tolto il dito dal tubo, per gravità il mercurio scende, ma ad un certo punto si ferma quando la pressione dell'aria è in equilibrio con quella del mercurio. Ma cosa succede nel punto più alto del tubo? Il mercurio scendendo non ha potuto lasciare il posto all'aria, perché non c'era prima e non è potuta entrare dall'esterno: per la prima volta nella storia aveva dimostrato l'esistenza del vuoto, ..... orrore, la materia non aveva orrore del vuoto!!! Con questo esperimento si decretò la fine dell'Horror vacui, a questo punto la chiesa non poté opporsi, il vuoto era possibile e l'uomo non poté che cominciare a ripensarlo in altre vesti. Con il suo esperimento Torricelli provava così due concetti fondamentali: che la natura non aborre il vuoto e che l'aria pesa. L'esperimento di Torricelli verrà conosciuto tramite Michelangelo Ricci, il quale ne aveva avuta confidenza tramite scambi letterali, l'11 ed il 28 Giugno 1644, che costituiranno gli unici documenti redatti dallo scienziato. Inoltre in quel periodo non era facile



occuparsi di tali questioni, i discepoli della scuola di Galileo avevano effettuato molti esperimenti tra il 1639 e 1644, ma poi non avevano proseguito le ricerche, probabilmente per timore della Chiesa. Nel 1600 Giordano Bruno fu arso vivo, e Galileo in quel periodo era agli arresti domiciliari, imposti dalla santa inquisizione per le sue idee.

#### 4.4.4) Il vuoto in Europa

In realtà il vuoto di Torricelli non era un vuoto perfetto, perché nello spazio del tubo lasciato libero per la discesa del mercurio rimanevano i vapori del metallo. Quello che non portarono avanti gli scienziati italiani, lo provarono molti scienziati in tutta Europa, i quali si dettero da fare a realizzare diversi esperimenti in cui si riuscisse a creare dei livelli sempre più elevati di vuoto, volti a scoprirne le proprietà: fu sottoposto a magneti, a cariche elettriche, al calore della luce, sino all'eccesso di Robert Boyle (1627-1691) che esperimentò il vuoto su alcuni animali come topi e uccelli. Boyle comunque effettuò molti altri esperimenti con il vuoto, costruì una pompa per il vuoto creandola in un contenitore di vetro (nota come la pompa di Boyle), dimostrò che nel vuoto in assenza d'aria il suono non si propaga e la combustione non può avvenire, e contrariamente a Torricelli, ebbe il merito di aver dimostrato che il livello di mercurio dipendeva effettivamente dalla pressione dell'aria. Lo dimostrò attraverso un esperimento in cui riusciva a variarne la pressione. Boyle poi determinerà la prima legge fisica della storia  $PV = K$ , dove P è la pressione e V il volume. Ma gli esperimenti in realtà non erano poi tanto facili da effettuarsi. Francois du Verdu che era a Roma vide la lettera di Torricelli al Ricci, che spiegava dell'esperimento con il mercurio, e ne inviò una copia in Francia a Parigi a Marin Mersenne, il quale saputo del risultato, volle provare a fare altrettanto, ma fallì a causa della scarsa qualità dei tubi. I soffiatori di vetro di Parigi non erano in grado di fabbricare tubi abbastanza resistenti da non rompersi quando si formava il vuoto. L'esperimento diveniva facile per coloro che disponevano di vetro e di soffiatori di qualità, cosa che era possibile a Firenze e non a Parigi. Molto importanti furono le analisi del borgomastro di Magdeburgo **Otto Von Guericke** (1602-1686), studioso di scienza, il quale si occupò delle tecniche a vuoto e inventò una pompa per aspirare l'aria. Otto Van Guericke riteneva che i pianeti dovevano muoversi in uno spazio vuoto, perché altrimenti avrebbero finito per fermarsi a causa dell'attrito dell'aria che li circondava. Motivato da questa teoria cercò di dimostrare, come fece Torricelli, l'esistenza del vuoto. In un primo tempo utilizzò le pompe dell'epoca ad acqua per svuotare una botte, ma l'aria penetrava attraverso le falle e i pori del legno, pertanto passò a bidoni in metallo, che però durante la generazione del vuoto si schiacciavano. Cambiò forma e contenuto ai contenitori: utilizzò una sfera e levava aria anziché acqua; così raggiunse lo scopo di creare del vuoto. Questo esperimento segnò anche la nascita della prima pompa pneumatica che di anno in anno venne perfezionata sempre più. Essendo riuscito a realizzare del vuoto, O.V.Guerick operò degli esperimenti dimostrando che il suono in presenza del vuoto non si propaga, mentre le onde magnetiche sì, le fiamme si spengono e gli animali muoiono. La notorietà maggiore la ebbe quando effettuò un famoso esperimento, noto come quello delle emisfere di Magdeburgo, vedere fig. 11. Nel 1654, presso Ratisbona, di fronte al sovrano Ferdinando III e la dieta Imperiale, produsse il vuoto in due semisfere in rame di circa 50 cm di diametro rese ermetiche da una striscia di cuoio, ed attaccò ad ogni semisfera 8 cavalli. Le stesse rimasero incollate l'un l'altra con una forza tale che neanche le 4 coppie di cavalli che tiravano da entrambe le parti furono in grado di staccare. La forza che li teneva uniti non era il risucchio del vuoto, come pensavano gli aristotelici fino a Galileo, ma la pressione dell'aria che spingeva sulla superficie esterna della sfera. Un esperimento simile viene effettuato qualche volta anche in cucina: quando viene riscaldata una pentola, parte dell'aria interna esce per l'espansione del volume dovuto al calore, se la pentola ha un coperchio che aderisce molto

bene, quando si raffredda, non potrà entrare aria dall'esterno a sostituire quella uscita, quindi l'aria che ne rimane occuperà un volume minore rispetto a quello iniziale; esternamente la pressione sarà più elevata di quella interna e per aprire il coperchio occorrerà applicare una forza che la superi. Ma se il coperchio aderisce veramente bene, ogni sforzo può risultare inutile come quello operato dai cavalli di Otto Von Guericke e l'unico modo per aprire è scaldare la pentola, o aspettare che le imperfezioni facciano entrare dell'aria. Guericke, in altre prove, per aumentare l'effetto scenico, non creò il vuoto completo, in tal modo i cavalli riuscivano nell'impresa e la separazione veniva accompagnata da una violenta detonazione.



L'esperimento degli emisferi di Magdeburgo,

### **Figura 11 L'esperimento di Otto Von Guericke**

Esperimenti più complicati dimostrarono successivamente che nel vuoto si poteva propagare la luce senza alcuna difficoltà. Si comincia a vedere nel vuoto un potente mezzo per produrre energia, il francese Denis Papin (1647-1714), aiutante di laboratorio di Huyghens, progetta un prototipo di macchina a vapore che non costruisce, ma che sfrutta il vuoto per muovere dei pesi. Tale prototipo non verrà mai realizzato per mancanza di fondi.

#### **4.5) Si scopre il vuoto nell'universo**

Quando si effettua l'esperimento di Torricelli al livello del mare il mercurio raggiunge un'altezza di 76 cm, ma il valore non è sempre costante, dipende dalle caratteristiche del luogo: come la variazione di pressione prodotta dai venti, l'altitudine, la temperatura, la disomogeneità della densità atmosferica. Dall'analisi sul livello nacque così la meteorologia e lo strumento di Torricelli diventò anche il primo barometro, usato ancora oggi per la sua precisione. Ancora più importante della meteorologia fu che Torricelli si rese conto che il livello del Mercurio dipendeva dall'altitudine, la

prova è in una lettera del 11 Giugno 1644 a Michelangelo Ricci. Più alti andiamo e minore è la pressione dell'aria e più basso giunge il livello del mercurio. Le stesse idee erano condivise da altri studiosi, ma Blaise Pascal (1623-1662), fra tutti, ebbe il merito di averlo dimostrato per primo. Pascal, l'inventore di una delle prime macchine calcolatrici, la pascalina, venne a conoscenza dell'esperimento italiano tramite Pierre Petit, un amico di Mersenne, e aiutato dal figlio Etienne, si procurò l'apparecchiatura necessaria ripetendo con successo l'esperimento di Torricelli. L'esperimento avuto successo, fu ripetuto con altri liquidi come l'acqua e il vino. I Pascal effettuarono diversi esperimenti pubblici davanti alla fabbrica di vetro di Rouen. In un esperimento prima di iniziare lo spettacolo, Pascal, chiese ai professori di filosofia naturale se ritenevano che vi fossero più spiriti volatili maggiori nel vino che nell'acqua. Pascal li portò a concludere che essendo maggiori nel vino, sarebbe stato presente più vuoto nel tubo. Ma realizzando l'esperimento dimostrò il contrario, essendo l'alcool più leggero dell'acqua il livello raggiunto dal vino era più alto lasciando meno vuoto nel tubo. Blaise Pascal nel 1647 pubblicò un testo "Expériences nouvelles touchant le vide" (Nuove esperienze sul vuoto) nel quale propose tutta una serie di esperimenti per verificare il vuoto e contrariamente agli Italiani portò avanti le ricerche; il 15 novembre del 1647 scrisse al cognato Florin Périer chiedendogli di effettuare l'esperimento di Torricelli sia al mare che in montagna. Il 9 settembre 1648, Périer preparò due tubi di Torricelli, partendo dalla città di Clermont, uno fu affidato al prete del posto, nel convento dei minimi di Clermont-Ferrand, mentre il gruppo di Périer si diresse sulla vetta del Puy-de-Dôme in Alvernia a 1465 metri sopra il livello del mare. Il livello dell'argento vivo (mercurio) fu misurato a diverse quote ed infine giunti sulla vetta si evidenziò una differenza di 8,25 cm. Fu così dimostrato che effettivamente la pressione dell'atmosfera diminuisce al salire dell'altitudine. Padre del la Mare, che partecipò alla missione, fu così entusiasta che volle ripetere l'esperimento sulla guglia alta 39 metri della cattedrale di Notre-Dame di Clermont. Rilevò una differenza di 4,5 millimetri. Dopo che Pascal ebbe saputo dei vari risultati, ripeté gli esperimenti personalmente sulla torre del convento di Saint-Jacques e sugli edifici più alti di Parigi, riscontrando le stesse variazioni: più alto era l'edificio e maggiore era la diminuzione della pressione atmosferica. Inoltre Pascal scoprì che il livello barometrico variava a secondo delle condizioni meteorologiche. Questo esperimento portò alla scoperta che la Terra fosse avvolta da un'atmosfera che si rarefaceva via via che si saliva, che ci si allontanava dalla superficie e si riduceva fino a diventare vuoto. Questo comportò una rivoluzione della considerazione della materia nell'universo; ora era evidente che anche nello spazio il vuoto era presente, la Terra così era un pianeta alla deriva nel vuoto immenso dell'universo. Questi risultati non ebbero vita facile, come per gli Italiani cominciarono i primi guai, le idee di Pascal sul vuoto lo portarono a scontrarsi con Descartes che pensava che non esistesse alcun vuoto. Descartes arrivò perfino a scrivere ad Huygens che Pascal aveva "troppo vuoto per la testa". Ma i problemi non erano finiti, il gesuita precettore di Descartes, padre Etienne Noël chiamato Père Noël (Babbo Natale), affermava che nell'esperimento non si realizzava il vuoto e sostenne più cause: come dell'aria purificata fosse penetrata dentro il tubo attraverso la porosità del vetro, oppure tra l'acqua e le pareti del tubo, o forse si era separata dall'acqua, che si credeva comunemente contenesse particelle d'aria, oppure da spiriti volatili o l'etere di Cartesio (la materia sottile). Inoltre lo invitò in una pubblica controversia a mezzo stampa, il Dio escludeva la formazione del vuoto in ogni luogo, in quanto avrebbe comportato una limitazione della sua autorità. Saggiamente Pascal evitò di farsi coinvolgere. Inevitabilmente ormai si era dimostrato che il vuoto esisteva, ed era alla portata di tutti, si poteva realizzare facilmente. Il vuoto inoltre è dimostrato non essere un'eccezione, non come risultato di esperimenti particolari di laboratorio, ma come dimostrato dalla rarefazione dell'atmosfera della terra una condizione prevalente nell'universo. Finalmente l'uomo per la prima volta poté osservare il vuoto oltre che per Aletheia anche tramite la doxa. Ed essendo dimostrata l'eccezione della materia,

si minò la stabilità delle fondamenta della chiesa, fondamenta che di colpo divennero vuote. Il declino del potere temporale non sarà stato dovuto al vuoto, ma certamente gli venne sferrato un duro colpo; mai una cosa così tanto vuota aveva dato un colpo così duro.