

IL LINGUAGGIO DELL'UNIVERSO

Contenuto:

Introduzione

Radiazione Elettromagnetica

Radiazione Gravitazionale

Radiazione Corpuscolare

Il presente articolo è un estratto dalla conferenza “*Il Linguaggio dell’Universo*” tenutasi nel Febbraio 2001 presso la Biblioteca Civica “Lino Penati” in Cernusco S/N a cura dell’Ing. Giuseppe Giliberto.

In quella data l’ACA (Associazione Cernuschese Astrofili) ha organizzato un ciclo di conferenze.

Questo articolo è stato ampliato rispetto alla conferenza originaria con una elementare introduzione sulla *Radiazione Gravitazionale e Corpuscolare*.

La conferenza originaria, che tratta solo la *Radiazione Elettromagnetica*, è contenuta in un CD.

IL LINGUAGGIO DELL'UNIVERSO



Buco Nero al centro di una Galassia:
getti assiali relativistici (artistico)

Introduzione

Qualunque essere, sia esso vivente o no (dove sta poi l'intrinseca differenza?), possiede un proprio mezzo naturale che permette la comunicazione con i simili della stessa specie (ed anche di altra) e che, con una semplice parola, è chiamato *Linguaggio*.

L'osservazione da parte dell'essere intelligente (Uomo) di atti di comunicazione permette l'individuazione delle basi fondamentali del *Linguaggio* e quindi capirne il significato, acquisirne sempre maggiore conoscenza ed infine anche usarlo.

Niente impedisce di considerare L'UNIVERSO, nella sua globalità, un Essere che possiede il suo linguaggio, universale, poiché è ovunque nel tempo e nello spazio, ed immutabile, poiché è la natura della materia, di cui è fatto l'universo, che si esprime per tramite di esso.

L'osservazione di ciò che sta attorno spinge l'essere intelligente, non solo ad accettare passivamente la relativa manifestazione palese, ma anche e soprattutto a dare un'interpretazione che resta come esperienza e conoscenza.

Ricordiamo, ad esempio, come nella notte dei tempi fenomeni atmosferici (pioggia, tuoni, lampi, tempeste, ecc.), fenomeni astronomici (sole, luna, comete, eclissi, ecc.) erano relegati in ambito divino.

Con l'evoluzione del pensiero nell'essere intelligente le interpretazioni sono diventate realistiche, aprendo una visione del mondo attorno sempre più ampia con i risultati oggi evidenti. Le interpretazioni realistiche sono il risultato di un'elaborazione mentale dell'essere intelligente che segue il seguente schema:

Osservazione; Analisi; Sintesi; Comprensione; Esperienza/Conoscenza.

Questa sequenza di elaborazioni successive ha come atto finale quindi la *Conoscenza*, che è riutilizzata per perpetuare indefinitamente questo ciclo e quindi la crescita di se stessa.

Non tutti i fenomeni naturali e gli oggetti osservati possono essere raggiunti ed osservati da vicino facilitando così la loro comprensione.

Gli oggetti osservati nello spazio, più o meno lontano, devono essere analizzati e compresi in conformità a quello che da loro si è in grado di ricevere con i mezzi disponibili.

Per questo la *Natura Intrinseca* dell'Universo è prodiga di un'enorme quantità d'informazioni trasportate da un mezzo: *Radiazione*.

E' tramite questa *Radiazione*, che può essere *Elettromagnetica, Gravitazionale, Corpuscolare*, che l'Universo si manifesta e comunica, ed essa rappresenta il *Linguaggio dell'Universo*.

L'attività principale dell'essere intelligente è quindi:

*individuare i caratteri che costituiscono l'alfabeto di questo linguaggio;
individuare le parole che costituiscono il dizionario di questo linguaggio;
individuare e comprendere le frasi che sono i messaggi di comunicazione;
approfondire sempre più la conoscenza dell'Universo e quindi di Noi stessi.*

Radiazione Elettromagnetica

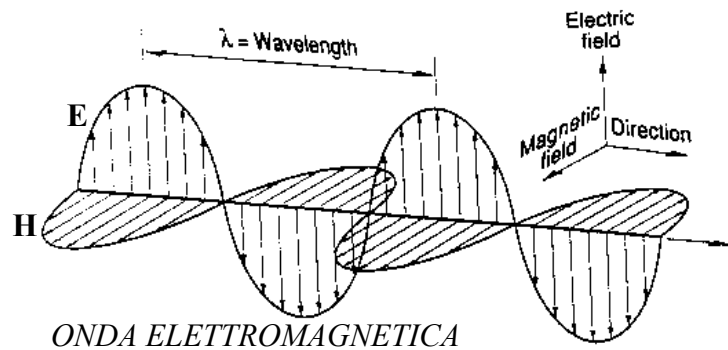
Lo stato fisico della materia nell'universo è determinato dalla temperatura. Allo zero gradi assoluto, cioè a 0°K (gradi Kelvin) pari a -273°C (gradi Celsius), la materia non manifesta la sua presenza, è totalmente inerte; questo valore è il limite più basso raggiungibile. Bastano millesimi di gradi in più rispetto allo zero gradi assoluto perché la materia manifesti la sua presenza emettendo *Radiazione Elettromagnetica*. Ad esempio alla temperatura di $0,0035^{\circ}\text{K}$ si ha l'emissione di un complesso di radiazione elettromagnetica con un massimo valore alla frequenza di 300MHz .

Una temperatura appena superiore a 0°K ha l'effetto di mettere in agitazione le particelle costituenti la materia, atomi e molecole, che danno segni d'esistenza generando radiazione elettromagnetica.

La temperatura rappresenta uno stato energetico della materia e la radiazione elettromagnetica è una parte dell'energia posseduta da essa, come quella gravitazionale, chimica, cinetica, nucleare.

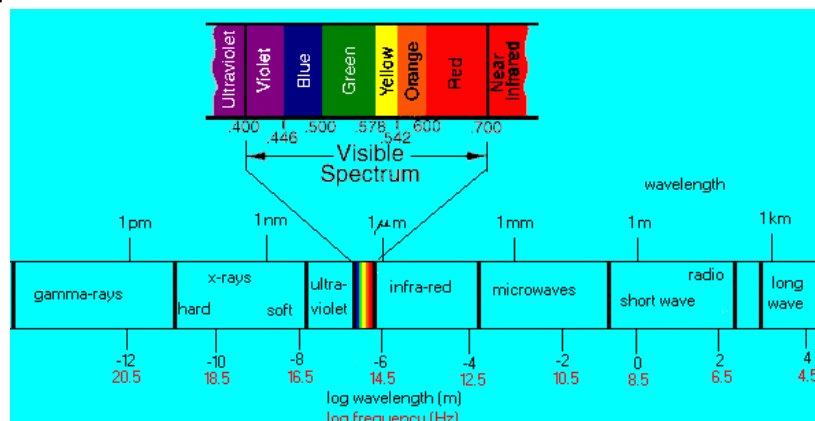
Dato lo stretto legame fra temperatura e radiazione è possibile stabilire la temperatura di un corpo celeste dall'analisi della radiazione ricevuta.

La radiazione elettromagnetica è rappresentabile da onde elettromagnetiche, simili alle onde marine, costituite dall'accoppiamento di un'onda elettrica (E) ed una magnetica (H), giacenti, nello spazio, su due piani perpendicolari. L'onda elettromagnetica è caratterizzata dalle grandezze: lunghezza d'onda λ , frequenza f , velocità di propagazione c (velocità della luce) che sono legate dalla relazione $\lambda = c/f$.



Varie sono le cause che generano l'emissione della radiazione elettromagnetica: *moti rotazionali delle molecole; moti vibratorii degli atomi nelle molecole; inversione dello spin dell'elettrone nell'atomo di H; spostamento del livello quantico energetico degli elettroni negli atomi; rallentamento degli elettroni liberi in vicinanza di ioni (bremsstrahlung); effetto sincrotrone degli elettroni relativistici in campo magnetico; i vari fenomeni che accompagnano l'emissione di raggi gamma.*

L'emissione delle onde elettromagnetiche copre un campo vastissimo, in funzione della lunghezza d'onda o della frequenza, e questo rappresenta quello che è chiamato *Spettro Elettromagnetico*.



Spettro Elettromagnetico della Radiazione

Esso si estende dalle onde radio con λ dell'ordine di km alle onde gamma con λ inferiore $10 \times 10^{-12} \text{m}$. Lo spettro è raggruppato in bande, non solo per regola di distinzione ma anche perché, per ciascuna banda, sono differenti i mezzi con cui rivelare i segnali.

Nelle bande radio onde lunghe, radio onde corte e radio microonde si usano antenne paraboliche; nella bande infrarossi ed ottica si usano lenti e specchi; nelle bande ultravioletti, raggi X e raggi gamma si usano particolari telescopi. La banda ottica è quella che ci permette la visione del mondo che ci sta attorno, quella, cioè, cui è sensibile il nostro occhio.

I segnali, associati a queste bande dello spettro, sono i messaggi che l'Universo ci fornisce e che ci permettono di scoprire e conoscere la sua natura.

La scienza che si è sviluppata per analizzare lo spettro è detta *spettroscopia*.

Con questa è stato possibile determinare che a ciascun elemento della tavola periodica compete una serie di onde di emissione che sono univoche per quell'elemento, come se fossero le sue impronte digitali; lo stesso si può dire per i composti.

Analizzando quindi lo spettro di un corpo celeste (es. una stella) è possibile acquisire una notevole quantità di informazioni:

1) la composizione chimica dell'atmosfera emittente; 2) la temperatura a cui si trova l'elemento o il composto emittente; 3) la configurazione del campo magnetico; 4) la velocità di rotazione sul proprio asse; 5) la velocità di allontanamento o di avvicinamento; 6) la velocità di eruzione di materiale dal corpo (vento stellare); 7) l'orbita del corpo celeste attorno ad un altro corpo celeste; 8) l'esistenza nello spazio di nubi di idrogeno in contrazione e di molecole organiche; 9) la massa e la grandezza del corpo celeste; 10) la presenza di materiale attorno al corpo celeste, la sua forma e la sua velocità di rotazione come nel caso dei dischi di accrescimento che spesso si formano attorno alle stelle di neutroni ed i buchi neri; 11) la quantità di materia presente negli spazi interstellari al fine di risolvere anche il problema della materia oscura o mancante (radiazione a 21cm dello spin dell'H).

La lista è in sostanza infinita e solo la continua ricerca della conoscenza può ampliarla senza limitazioni.

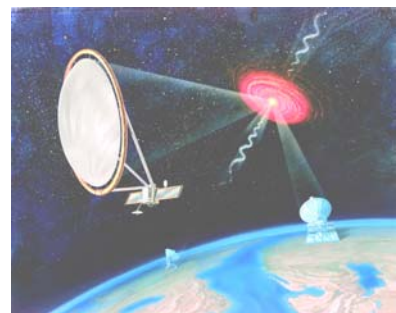
I mezzi per la rivelazione di questi segnali hanno subito una notevolissima evoluzione con l'applicazione di complicate tecnologie: dal semplice telescopio ottico, all'interferometria ottica (VLTI a Cerro Paranal in Cile), all'interferometria radio (VLA, VLBI, VLBI terra-spazio con satelliti), ai telescopi ad incidenza radente sui satelliti per i raggi X.



VLTI (Cerro Paranal, Cile)



VLA (Socorro, NM)



VLBI Terra-Spazio (JPL)

Radiazione Gravitazionale

La *Gravitazione Universale* enunciata da Newton spiega le leggi fondamentali che governano le orbite dei corpi celesti per tramite della *Forza di Gravità*. Delle quattro forze operanti nell'universo, la forza di gravità, anche se è la più debole, è quella dominante poiché presiede alla configurazione ed evoluzione dell'universo: come la contrazione delle grandi nubi di gas nello spazio a formare le galassie e la nascita delle stelle; come i processi di evoluzione nella vita delle stelle fino alla formazione di giganti rosse, alle esplosioni delle supernove col risultato di stelle di neutroni (pulsar) e buchi neri; ed infine come la determinazione della sorte finale dell'universo o aperto o chiuso o limitato. Il tutto, come sembra, finalizzato al raggiungimento di un obiettivo: *la Vita*.

La teoria della relatività generale di Einstein è la teoria della gravitazione, in cui si riconosce la deduzione dell'esistenza della *radiazione gravitazionale* per tramite delle *onde gravitazionali*. L'ente fondamentale della radiazione gravitazionale è il *gravitone* così come della radiazione elettromagnetica lo è il *fotone*. La gran differenza fra queste radiazioni è l'intensità che non ha permesso una facile rivelazione e quindi uno sviluppo notevole, se non aspettando tecnologie avanzate e molto complicate. Nell'arco di quattro decenni, dal 1864 con la previsione teorica di Maxwell, al 1887 con la realizzazione e rivelazione in laboratorio (Hertz) ed infine all'applicazione nelle radiocomunicazioni di Marconi nel 1896 la radiazione elettromagnetica si è affermata e si è estesa a toccare tutto lo spettro fino ai raggi gamma.

La radiazione gravitazionale non può essere sperimentata in laboratorio (come quella elettromagnetica) e d'altronde, a causa della debole intensità e delle basse frequenze (da 10×10^{-4} Hz fino a 6000Hz), richiede mezzi e tecniche complicate per essere rivelata dallo spazio.

Ma cosa sono le onde gravitazionali?

Le masse esistenti nello spazio determinano un'interazione, dovuta alla forza di gravità, che configura lo spazio-tempo com'è espresso nella relatività generale di Einstein.

Lo spazio intorno alle masse si può pensare attraversato da linee di interazione di forza che sono le linee gravitazionali.

In modo semplicistico si consideri un lenzuolo perfettamente pianeggiante su cui lo spazio è anch'esso pianeggiante e ove si possono immaginare delle linee parallele; si ponga adesso su di esso un sasso il quale affossa il lenzuolo generando quasi un buco, modificando lo spazio e quindi anche le linee: questo è l'effetto sullo spazio.

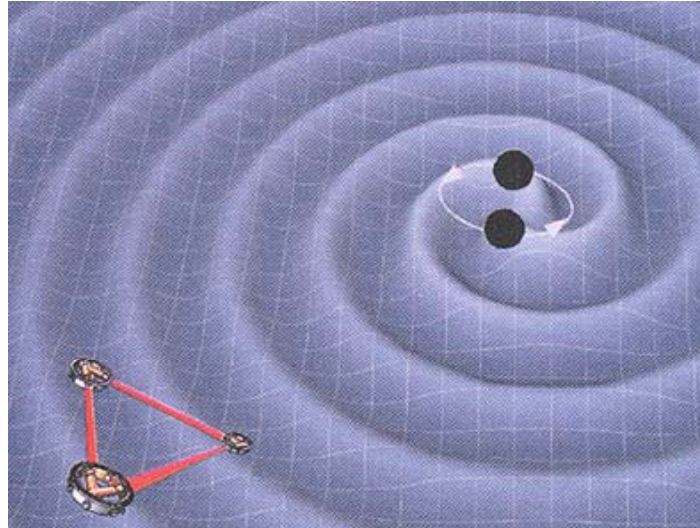
Per avere un'idea della modifica del tempo, bisogna riferirsi a cosa succede nell'orizzonte degli eventi di un buco nero ove il tempo si dilata fino all'infinito quasi a fermarsi.

Quando grandi masse sono in moto accelerato violento si ha la modifica nel tempo della configurazione spazio-tempo a causa dell'emissione di onde gravitazionali (variabili nel tempo) che tendono a incresparsi (contrarre e stirare) lo spazio cioè le linee di forza che oscillano. C'è analogia con l'emissione di onde elettromagnetiche generate dal moto accelerato di cariche elettriche.

Un sistema binario di stelle di neutroni ruotanti, la compagna visibile di un buco nero che gli ruota attorno, il sistema solare con i pianeti e il sole in movimento, la materia che cade verso l'orizzonte degli eventi di un buco nero, l'esplosione di supernove con espulsione di gran quantità di materia, lo scontro di stelle e di galassie e qualunque evento nello spazio che comporta l'accelerazione violenta di grandi masse, sono tutti sorgenti di onde gravitazionali. La materia investita dalle onde gravitazionali subisce, a sua volta, l'effetto *mareale* contraendosi ed allungandosi.

Le onde gravitazionali non sono assorbite, come le onde elettromagnetiche, dalla materia perciò danno informazioni dirette sui fenomeni violenti che si verificano al centro delle galassie, nel nucleo delle stelle, nel nucleo delle supernove durante il collasso gravitazionale, 12ms prima dell'esplosione.

I rivelatori di onde gravitazionali, pensati fin dagli anni 60 (Joseph Weber con la sua barra di Al del peso di 1000kg e lunga 2m), sono costituiti da una gran quantità di materia, che è la sola che può interagire direttamente con loro e che può seguire in risonanza le oscillazioni delle onde stesse come un diapason armonico che colpito risuona. Questi rivelatori sono fundamentalmente costituiti da cilindri di alluminio del peso di 3000Kg e 2/3m di lunghezza, raffreddati quasi fino a 0°K e posti nel vuoto spinto; essi sono chiamati, per questo, BCR (Bar Cryogenic Resonator).



Onde Gravitazioni da un sistema binario di Stelle di Neutroni col rivelatore LISA

I BCR hanno tuttavia delle limitazioni per quanto riguarda la sensibilità all'intensità ed alla frequenza (centinaia di Hz).

Rivelatori più sensibili sono quelli ad interferometria laser, detti ITF, in cui due fasci laser, generati da una stessa sorgente, percorrono n-volte lunghi cammini uguali (detti braccia) ma in direzione diversa per poi ricongiungersi interferendo e generando un segnale luminoso se i cammini hanno stiramenti o contrazioni, cioè rivelano la presenza dell'onda gravitazionale.

La sensibilità è determinata dalla lunghezza dei cammini.

Sono in fase di realizzazione i LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observator) in America le cui braccia sono lungi 4km; VIRGO in Italia con braccia di 3km; TAMA in Giappone con braccia di 300m; GEO in Germania con braccia di 600m.

Come è successo con la radio interferometria, che si è spostato nello spazio con satelliti per aumentare la distanza fra le antenne radio, anche qui si pensa ad un progetto con tre satelliti configurati a triangolo equilatero di lato pari a 5 milioni di km, chiamato LISA (Laser Interferometer Space Antenna), previsto in orbita nel 2010.

Radiazione Corpuscolare

In luoghi dello spazio, in cui avvengono fenomeni molto violenti e quindi molto energetici, si liberano grandi quantità di energia che è trasportata lontano, non solo tramite radiazione elettromagnetica e gravitazionale ma anche tramite *radiazione corpuscolare o particellare*.

Queste radiazioni sono anche dette *raggi cosmici* e le particelle in esse contenute sono: protoni, elettroni, atomi di He ionizzati, atomi di altri elementi ionizzati, neutroni e neutrini.

Dal sole, per esempio, in seguito ad un brillamento si libera una gran quantità di materia ionizzata, detta plasma (il quarto stato della materia), che è espulsa a velocità relativistica e costituisce un fascio di raggi cosmici i cui protoni, colpendo i nucleoni dell'atmosfera terrestre ed altri protoni, generano una cascata di neutrini. Le particelle cariche elettricamente dei raggi cosmici meno energetici e del vento solare, plasma anch'esso ma meno energetico, sono intrappolate nella magnetosfera terrestre e sostano generando le fasce di Van Allen ad una distanza che va da 1,5 R_t fino a 8,5 R_t (R_t = raggio terrestre= 6378km). Le particelle ancora meno energetiche scendono giù nell'atmosfera terrestre dove colpiscono nuclei di ossigeno e azoto ionizzati generando le aurore polari.

Un cenno particolare deve essere fatto sui neutrini. Queste sono particelle quasi prive di massa e per questo non interferiscono con la materia nello spazio potendo attraversarlo all'infinito.

In quali fenomeni sono generati? Nelle reazioni nucleari del nucleo delle stelle, nelle ultime fasi di collasso delle supernove, nei dischi di accrescimento dei buchi neri e delle stelle di neutroni, nei sistemi binari stella-stella di neutroni, nei nuclei delle galassie attive e nei quasar. Per la loro non interazione con la materia, sono in grado di fornire informazioni del luogo dove nascono da cui le altre radiazioni possono non uscire.

Un telescopio a neutrini permetterebbe dunque di vedere direttamente il nucleo delle stelle, l'interno di una supernova in esplosione, ecc..., permettendo l'esplorazione più approfondita nel comportamento più intimo della materia nell'universo.

La *Radiazione*, che ci proviene dagli oggetti nello spazio, che non possiamo né raggiungere né toccare, ci svela quindi i segreti dell'*Universo* che sempre più determinano ed accrescono la nostra *Esperienza /Conoscenza*.