

INFORMATICA MUSICALE

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA
LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA
A.A. 2019/20
Prof. Filippo L.M. Milotta

ID PROGETTO: 17

TITOLO PROGETTO: Suoni dallo spazio

AUTORE 1: Bellanca Andrea Maria

AUTORE 2: Giuseppe Leotta

AUTORE 3: Jansen Enrico

Indice

1. Obiettivi del progetto	2
1.1 Lo spazio è davvero "insonorizzato?"	
1.2 Lo studio delle onde radio, delle frequenze e dello spettro ricavato dai corpi nello spazio	
1.3 Studio dei corpi celesti grazie ai «suoni» prodotti dalle proprie onde elettromagnetiche	
 2. Metodo Proposto / Riferimenti Bibliografici	 3
3. Risultati Attesi / Argomenti Teorici Trattati	8

1. Obiettivi del progetto

1.1 Lo Spazio è insonorizzato?

La prima domanda da porsi è “*cosa è il suono*”? Quando noi parliamo l’aria attorno a noi fa vibrare le nostre corde vocali, la quale fa adattare queste vibrazioni che verranno diffuse attorno a noi come piccole onde sferiche.

Il suono non è altro che la **propagazione** di queste onde acustiche nell’aria alla velocità di circa 343 m/s. In un primo luogo si può pensare che la propagazione avvenga solo attraverso l’aria circostante, ma in realtà il suono può anche diffondersi mediante **altri ambienti**, quali ad esempio l’acqua o determinati materiali. La differenza sta nel fatto che a seconda dell’ambiente scelto la propagazione del suono ha una particolare velocità dovuta alla densità (ossia il numero di molecole per unità di volume) del materiale preso in considerazione, basti pensare a come la velocità di propagazione nell’acqua è pari a 1500 m/s o nell’acciaio pari a 5000 m/s.

Pensando a questo, possiamo affermare che il suono si possa diffondere solo attraverso la materia. Da questa affermazione cosa possiamo dire dello Spazio e della propagazione del suono?

Lo Spazio altro non è che il **vuoto** (in realtà non del tutto vuoto dato che contiene una bassa densità di particelle) che esiste tra i corpi celesti. Nello Spazio non c’è materia se non che inerente ai singoli pianeti, alle stelle o ai frammenti di materiale dispersi nel cosmo.



La risposta è – ‘ No, non puoi propagare **un’onda acustica** nel vuoto, poiché non vi è possibilità che vi sia un’oscillazione meccanica di atomi e molecole ’ - da cui alla domanda “Lo spazio è insonorizzato” vien da sé pensare si sia già trovata risposta.

Dalla fisica quantistica sappiamo che a pari passo di un’onda acustica esiste un’altra onda, detta **elettromagnetica** dovuta alla propagazione contemporanea di un campo elettrico e di un campo magnetico. Questo non fa altro che generare una vibrazione e quindi un **suono** ma che a differenza della prima onda è capace di muoversi anche nel cosmo dimostrando quindi che in realtà anche lo Spazio “*canta*”, magari a frequenze che noi non riusciremmo nemmeno a percepire, ma è molto più vivo di come invece lo si viene descritto.

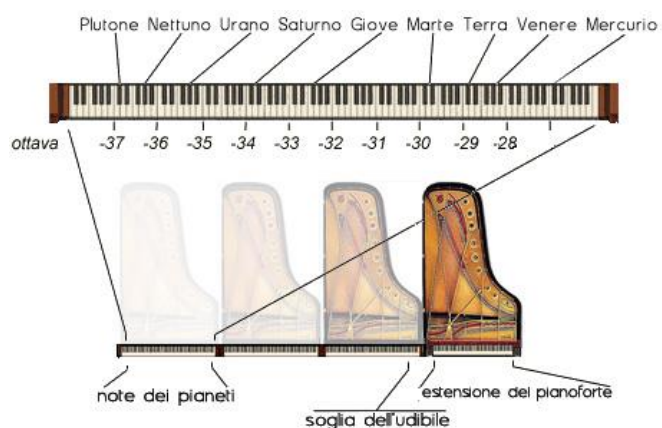
Ma quindi lo spazio è insonorizzato?



1.2 Lo studio delle onde radio, delle frequenze e dello spettro ricavato dai corpi nello spazio

Da ciò che abbiamo appena affermato ogni cosa esistente *vibra* e interagisce mediante risonanze generando un suono più o meno udibile a seconda della frequenza da cui esso è ricavato.

Da queste frequenze è possibile ricavare un'ipotetica tastiera da 12 ottave dove possono essere collocate le "note" al quale ogni pianeta del nostro sistema solare è associato a seconda della rotazione che compie attorno al sole.

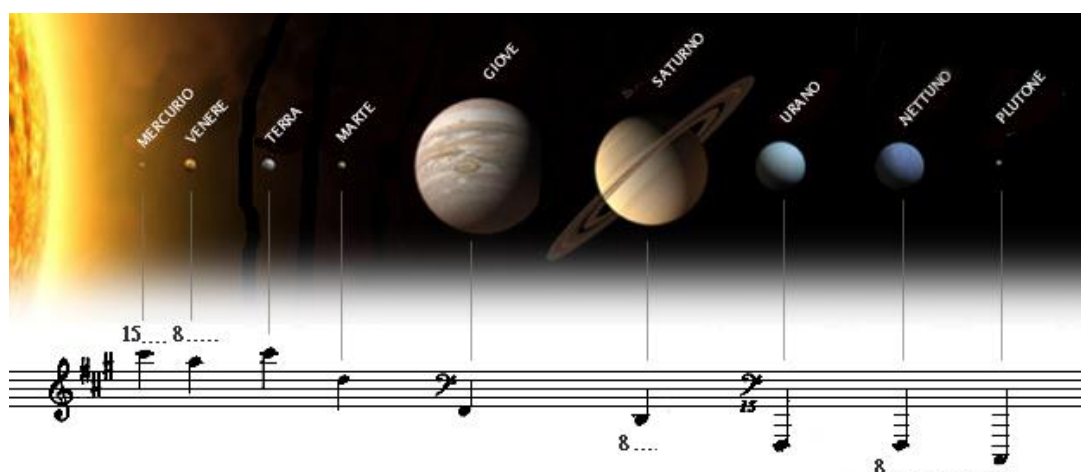


Come possiamo vedere la Terra oscilla intorno al Sole con una nota di DO# posta a -29 ottave dal DO centrale con una frequenza (in Hz) pari a $3.16 \cdot 10^{-08}$

Così come anche tutti gli altri pianeti posti ad una determinata nota tale da non poter nemmeno minimamente essere percepita dal nostro udito.

L'unico modo per poterne udire un suono è accelerandone il sistema solare di 36 ottave (circa 68 miliardi di volte)

RAPPRESENTAZIONE DELLE NOTE DI OGNI PIANETA



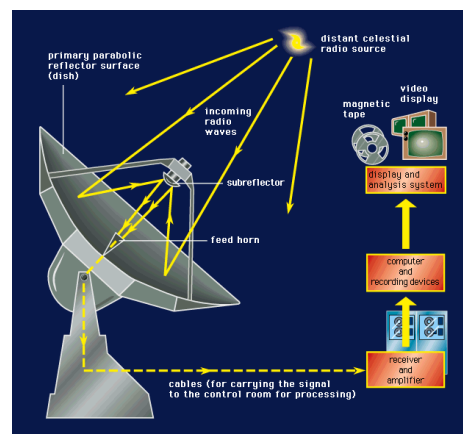
Per quanto la rappresentazione possa essere considerata un'utopia i primi passi sono già stati fatti. Nel 2015 - "Per la prima volta in 50 anni" – sono stati registrati i primi "suoni" percepiti nella nostra Stratosfera grazie ad un progetto di ricerca della North Carolina Chapel Hill University. Il progetto consisteva nel collocare a 22 chilometri dalla Terra microfoni capaci di captare gli "infrasuoni", un'onda sonora con frequenza di vibrazione inferiore a 20Hz, impercettibile all'orecchio umano, sfruttando un Pallone Sonda. Vennero catturati una moltitudine di rumori che potevano ricondursi a turbolenze dell'aria e persino alle onde degli oceani, ma anche suoni non facilmente riconducibili a nessun rumore conosciuto. Per far sì che il suono potesse essere udibile all'orecchio umano bisognava accelerarne il rumore di 1000 volte. Una volta fatto ciò si ottenne [questo risultato](#).

Se per lo studio di onde infrarossi bastava sfruttare dei microfoni capaci di riprodurre il rumore trasformandolo in suono, per poter udire davvero i suoni spaziali bisognava attuare qualcosa di diverso. Come abbiamo precedentemente affermato "non è possibile udire un'onda acustica senza una vibrazione generata nel contatto tra atomi e molecole". Per ovviare a questo problema la NASA si occupò dello studio del rumore cosmico;

un rumore casuale, con caratteristiche molto simili ad un rumore termico, che ha origine al di fuori dell'atmosfera e che può essere rilevato ed ascoltato anche dai semplici ricevitori audio. Per far sì che esso venga rilevato bisogna porsi ad una frequenza superiore almeno a 15 MHz con delle antenne altamente direzionali puntate verso il sole o alcune regioni del cielo come il centro della nostra galassia.

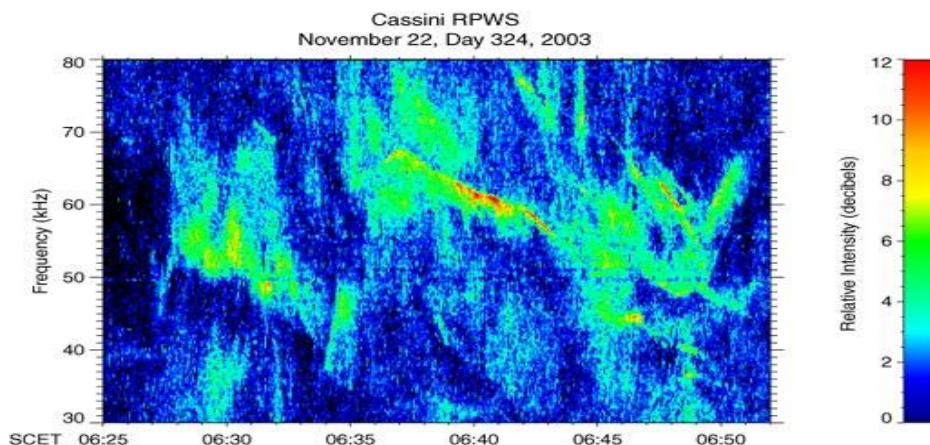
Ogni corpo celeste nel Cosmo emette delle proprie onde elettromagnetiche con una propria lunghezza d'onda in tutto il suo spettro. In base alla lunghezza d'onda le onde elettromagnetiche si dividono in *Infrarossi, microonde e **onde radio*** (ossia le onde elettromagnetiche con frequenza minore) e in *ultravioletto, raggi X e raggi gamma* (quelle con le onde elettromagnetiche con frequenza maggiore).

Grazie alla Radio Astronomia, lo studio dei fenomeni celesti attraverso la misura di queste onde radio, la NASA, sfruttando i così chiamati "radiotelescopi", ha captato una moltitudine di rumori che ha successivamente trasformato in suoni.



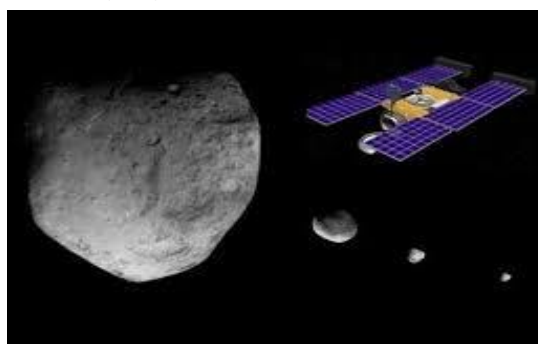
Tra le ricerche più importanti abbiamo lo studio delle emissioni Radio su Saturno del 2003 da parte del Orbiter Cassini, i cui rilevamenti riguardavano principalmente le aurore vicino ai poli del pianeta. Cassini iniziò a rilevarne le emissioni radio nel 2002 ad una distanza di 234 milioni di miglia dal pianeta usando come strumento scientifico un ricevitore di onde al plasma / onde radio, che fornì "solo" 1 anno e 7 mesi dopo le prime [osservazioni ad alta risoluzione](#),

mostrando una straordinaria gamma di variazioni in frequenza e tempo, il quale spettro radio con i suoi toni ascendenti e discendenti risultava essere molto simile alle emissioni radio aurorali terrestri. I 73 secondi ascoltabili nel link



poco sopra citato erano stati compressi in ben 27 minuti di registrazioni, questo poiché le frequenze di queste emissioni sono ben al di sopra della gamma di frequenze audio; per poter essere ascoltate dovevano essere "shiftate" verso il basso di un fattore di 44.

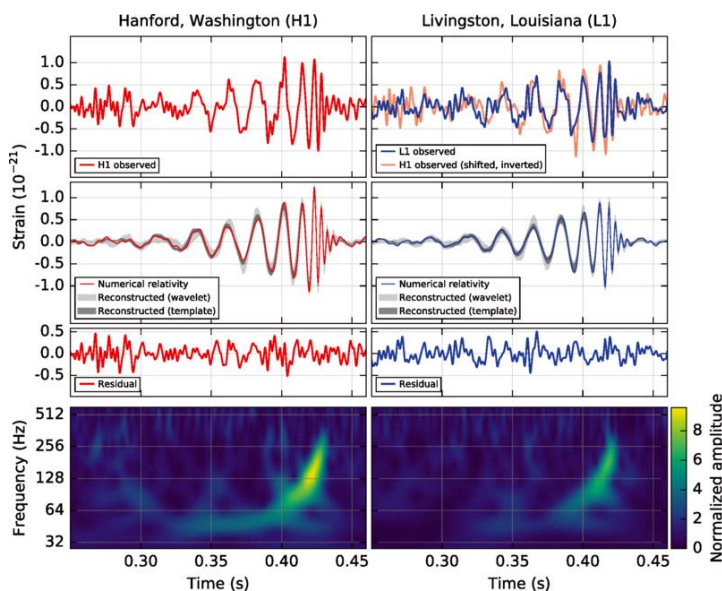
Tra le più recenti ricerche rileviamo la traccia audio ricavata dal veicolo spaziale Stardust nel 2011 che venne sorvolato dalla cometa Tempel 1 colpendo la medesima sonda da particelle di polvere e piccole rocce [udibili a questo link](#).



Lo studio condotto da questo audio osservava come le esplosioni provenivano da blocchi di detriti formati da frammenti di sfere di ghiaccio e polvere. Questo mostrò che, contrariamente alle aspettative precedenti, le sfere di polvere ghiacciata che lasciano una cometa si rompono continuamente nello spazio.

Questo non fa altro che dimostrare come il suono è uno dei migliori strumenti per poter studiare dall'esterno corpi non raggiungibili, almeno fin ad ora, personalmente.

Infine, in questo paragrafo esporremo un ulteriore metodo di rilevazione di un suono sfruttando un ulteriore forma d'onda, l'onda **gravitazionale**.



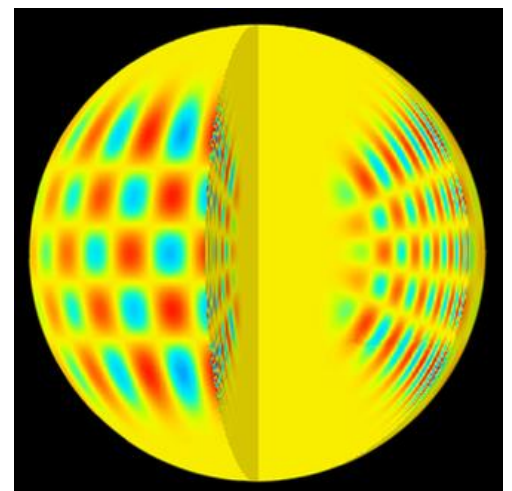
L'11 febbraio 2016 LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), un osservatorio statunitense ideato per il rilevamento delle onde gravitazionali, pubblicò il primo vero risultato scientifico di un'osservazione diretta di onde gravitazionali. Per ottenerne un suono, i ricercatori hanno utilizzato i segnali luminosi raccolti presso i loro rilevatori (Uno situato ad Hanford, l'altro a Livingston) e li hanno convertiti in onde sonore. Grazie alla sua configurazione, il LIGO rilevò la fusione tra due buchi neri che durante la loro unione non facevano altro che accelerare. Durante questa reazione, parte della loro massa veniva convertita in energia sotto forma di

onde gravitazionali; le increspature cosmiche che acceleravano in frequenza e aumentavano in ampiezza man mano che i due buchi neri si fondevano creavano una sorta di [cinguettio](#) (chiamato dagli scienziati "chirps", dovuto alla somiglianza con il cinguettio di un uccello).

1.3 Studio dei corpi celesti grazie ai "suoni" prodotti dalle proprie onde elettromagnetiche

Come già anticipato precedentemente, la possibilità di poter udire i suoni provenienti dallo Spazio è forse una delle pochissime fonti di studio dei corpi celesti a noi irraggiungibili. Per i pianeti del nostro Sistema Solare basterebbe inviare delle sonde per poterli studiare, dopo tutto sono corpi fisici raggiungibili nel quale i macchinari possono "tranquillamente" circolare, ma per altri corpi celesti la situazione è praticamente irrealizzabile (come ad esempio lo studio dei due buchi neri precedentemente citato). Ciò che noi prenderemo in analisi in questo paragrafo riguarda uno dei più grandi traguardi nello studio sulla nostra Stella, il Sole, attraverso lo studio della **Eliosismologia**.

Dal lavoro congiunto tra la ESA (Agenzia Spaziale Europea) e la NASA da 20 anni a questa parte sono stati catturati tutti i movimenti dinamici dell'atmosfera solare ed a partire dal 25 luglio 2018 ne possiamo ascoltare il suono. Questo non solo è fonte di conferme riguardo il fatto che anche la nostra Stella emette onde radio udibili (come ogni altra forma esistente nell'Universo) ma è *"un grande passo"* in avanti nello studio vero e proprio della *Nana gialla*.





“Il sole non è silenzioso. Il ronzio basso e pulsante del battito cardiaco della nostra stella consente agli scienziati di scrutare all'interno, rilevando enormi fiumi di materiale solare che scorrevano davanti ai loro occhi...o meglio orecchie.” Così affermava l'eliofisico Alex Young mostrando come il suono prodotto dal nostro Sole ci connette a tutte le altre stelle dell'Universo.

I dati ottenuti dalla NASA, resi noti dal laboratorio fisico sperimentale di Stanford, catturarono le vibrazioni naturali del Sole e fornirono agli scienziati una rappresentazione concreta dei suoi movimenti dinamici. Come possiamo ben immaginare, non abbiamo mezzi per poter *vedere* all'interno del Sole - *“Non abbiamo un microscopio in grado di zoomare dentro il Sole”* – afferma sempre Young.

La “melodia” fu ricavata da 40 giorni di raccolta dati poi processati da Alexander Kosovichev, direttore dell'osservatore solare “Big Bear”.

La procedura che ha usato per generare questo suono fu la seguente. Ha iniziato dai dati della velocità ottenuta dall'effetto Doppler, fenomeno fisico in cui la frequenza del suono di una sorgente sembra aumentare mentre ci si avvicina ad un ascoltatore, ricavati dal disco solare e successivamente rimosse gli effetti ricavati dai movimenti del veicolo spaziale che effettuò la registrazione dei suoni, quindi filtrò i dati a circa 3mHz per selezionare solo le onde sonore pulite (prive di rumore strumentale). Infine, ne interpolò i dati mancanti e li ridimensionò per portarli ad una portata udibile all'orecchio umano (in kHz) accelerandone i dati per un fattore pari a 42000 volte.



[Questo fu il risultato del suo operato.](#)

Queste vibrazioni non fanno altro che permettere agli scienziati di poter studiare una serie di movimenti complessi all'interno del Sole, dai brillamenti solari alle espulsioni di massa coronale.

Se già in passato l'Eliosismologia fu in grado di risolvere un gran numero di quesiti fisici (il principale fu [il problema dei neutrini solari](#)) da poco più di un anno le ricerche e scoperte scientifiche possono davvero prendere un enorme passo in avanti.

- “Possiamo vedere enormi fiumi di materiale solare che scorre attorno ad esso, ne stiamo finalmente iniziando a capire i suoi strati e la sua complessità. Quel semplice suono ci sta dando una sonda all'interno di una stella...I think that's a pretty cool thing.” -

2. Riferimenti Bibliografici

- L'[Eliosismologia](#) è una scienza che studia le oscillazioni delle onde nel Sole. Permette agli scienziati di poter studiare l'interno della Stella con un metodo molto simile a quello con cui i sismologi studiano l'interno della Terra monitorandone le onde causate dai terremoti, da poco tempo a questa parte il suono è parte integrante dello studio dei fenomeni interni al Sole, una sorta di sonda all'interno di esso.
- Il [Rumore Cosmico](#) non è altro che un rumore generato al di fuori dell'atmosfera terrestre che può essere rilevato e ascoltato dai ricevitori radio a frequenze superiori a 15MHz.
- [Una grande raccolta di suoni](#) ricavati dalla NASA negli anni la maggior parte generati da onde elettromagnetiche.
- Il [sito della NASA](#) fornisce tutte le conoscenze e le scoperte in ambito scientifico sull'Universo ad oggi conosciute.

3. Argomenti Teorici Trattati

Rumore

Se in generale il rumore è un segnale di disturbo che sommato ad altri segnali ne distorce il valore, in ambito acustico un rumore altro non è che una particolare onda sonora con un particolare spettro che può essere sfruttato anche con determinati vantaggi.

In generale raccogliamo i Rumori in una scala a colori a seconda dello spettro che li caratterizzano.

Dividiamo quindi i rumori in

- **Bianco:** caratterizzato dall'assenza di periodicità nel tempo e da un'ampiezza costante su tutto lo spettro di frequenze che nella realtà non esiste...altro non è che un'idealizzazione teorica poiché nessun sistema è in grado di generare uno spettro uniforme per tutte le frequenze estese da zero a infinito
- **Blu:** mostra una prevalenza delle alte frequenze con un incremento di densità di 3dB per ottava ottenuto da una azione di filtro delle basse frequenze. Suona come una sorta di stridulo
- **Viola:** anch'esso presenta caratteristiche simili al rumore blu con un incremento di 6dB per ottava con un effetto sibilante ancora più fastidioso del rumore blu
- **Rosa e Marrone:** rumori complementari ai precedenti blu e viola. Il primo ha caratteristiche quasi rilassanti assomigliando a molti rumori naturali come la pioggia o le cascate dell'acqua, il secondo assomiglia ad un rombo di tuono.
- **Rosso:** collocato alla soglia inferiore delle frequenze udibili ha un'elevata accentuazione delle basse frequenze. È molto utilizzato nella musica elettronica

Infine, prendiamo in considerazione il rumore cosmico citato nella relazione e già descritto nei riferimenti bibliografici: Rumore generato al di fuori dell'atmosfera terrestre.

Scala diatonica, temperata e le note dei pianeti

Le note musicali altro non sono che simboli per descrivere un particolare suono. Le principali sono quelle della scala diatonica. Sono 7 e sono caratterizzate dalla seguente successione:

T – T – sT – T – T – T – sT (Tono- Tono – semi Tono etc.)

Queste note sono ripartite all'interno di un numero di intervalli che prendono il nome di ottava, ossia quel intervallo che intercorre tra due note uguali con una frequenza pari al doppio della precedente.

La scala temperata invece si ottiene dividendo l'ottava in 12 intervalli uguali tra loro, 12 semitoni contenente le 8 note della scala diatonica (Do Re Mi Fa Sol La Si) e 5 loro variazioni preceduti dal simbolo # il diesis. Ogni semitono corrisponde ad un aumento in frequenza di un fattore $2^{1/12}$ tra le note adiacenti.

Se volessimo associare ad ogni pianeta una nota differente nella scala diatonica il risultato che otterremmo sarebbe il seguente

pianeta	periodo di rivoluzione	frequenza (in Hz)	nota	ottava	intonazione	accordatura
MERCURIO	87,97 gg	$1,3156842 \cdot 10^{-07}$	DO#	-27	crescente	+33 cent
VENERE	224,7 g	$5,1509009 \cdot 10^{-08}$	LA	-29	crescente	+10 cent
TERRA	365,26 gg	$3,168722 \cdot 10^{-08}$	DO#	-29	calante	-31 cent
MARTE	686,98 gg	$1,684776 \cdot 10^{-08}$	RE	-30	calante	-25 cent
GIOVE	4332,59 gg	$2,6713984 \cdot 10^{-09}$	FA#	-33	calante	-13 cent
SATURNO	10759,52 gg	$1,0757054 \cdot 10^{-09}$	RE	-34	crescente	+12 cent
URANO	30684,4 gg	$3,7719734 \cdot 10^{-10}$	SOL#	-36	calante	-2 cent
NETTUNO	60195 gg	$1,9227634 \cdot 10^{-10}$	SOL#	-37	crescente	+32 cent
PLUTONE	90475 gg	$1,2792566 \cdot 10^{-10}$	DO#	-37	crescente	+26 cent

Le note dei pianeti sono ottenute dal calcolo matematico applicato ai relativi *periodi di rotazione* intorno al Sole. Ad ogni corpo con oscillazione periodica costante nel tempo corrisponde una *frequenza di oscillazione* (espressa in Hertz) ed una precisa nota musicale.

La formula per poter ricavare la nota è la seguente

$$n(\text{semit}) = \frac{12 \log \frac{F}{32,7031956626}}{\log 2}$$

Dove F è la frequenza oscillante del pianeta e n(semit) è l'intervallo musicale (in semitoni) a partire dal DO centrale.

Eliosismologia:

Già descritta nel paragrafo precedente è la scienza che studia le oscillazioni delle onde nel Sole.

Onde

La propagazione del suono è prodotta dalle vibrazioni di un corpo in un mezzo materiale. Quando un corpo vibra mette in vibrazione le particelle dell'aria e trasmette a distanza la vibrazione attraverso un'onda elastica detta onda sonora. Ogni onda sonora è caratterizzata dalla propria frequenza. In generale l'orecchio umano è in grado di percepire le onde sonore con una frequenza compresa tra 20Hz e 20Khz.

Lo studio delle onde viene descritto attraverso le funzioni dalla analisi di Fourier che descrive le onde complesse come somma di più onde semplici.

Se consideriamo il fatto che il suono sia un'onda longitudinale che per propagarsi ha bisogno di un mezzo materiale al di fuori della nostra atmosfera non avremmo modo di poter udire alcun suono.

In generale in realtà ad un'onda sonora viene sempre affiancata un'altra onda, detta elettromagnetica ossia una perturbazione di natura simultaneamente magnetica ed elettrica che si può propagare anche nello spazio. In generale le onde che prendiamo in considerazione della grande famiglia delle onde elettromagnetiche sono le onde radio. Esse sono lo strumento di tutte le moderne telecomunicazioni. Attraverso gli opportuni accorgimenti ogni onda radio può essere convertita in un'onda sonora accelerandone il rumore prodotto di un determinato fattore, le onde elettromagnetiche sono tutt'ora uno dei maggiori strumenti per lo studio di corpi celesti al di fuori dell'atmosfera terrestre. Grazie ad esse è possibile intraprendere lo studio di corpi non fisicamente raggiungibili in alcun modo, come ad esempio il nostro Sole, attraverso lo studio sopracitato della Eliosismologia.