

Parte 4: Il "rompicapo" del Rivelatore

Primo Galletti Aldo Aluigi

Roma, 31 Agosto 2001

Dopo oltre due anni (1996) di verifiche sul funzionamento del rivelatore e dei grafici che esso produce siamo arrivati alla conclusione che *il comportamento del rivelatore non trova alcuna giustificazione nell'attuale ambito delle Leggi della Fisica*. In altre parole, *non é possibile* fornire una spiegazione *semplice e soddisfacente* del suo comportamento senza rigettare alcune idee che oggi sono alla base della Fisica.

Siamo, inoltre, convinti che uno strumento cosí *semplice* e che é in grado di rilevare variazioni di tensione cosí marcate debba avere una spiegazione altrettanto *semplice!*

Ci limiteremo, per ora, a fornire una spiegazione di tipo congetturale. I punti fondamentali alla base di questa spiegazione sono i seguenti.

1. *Occorre rinunciare all'idea di uno spazio "vuoto" ed ammettere l'esistenza di uno spazio "fisico" che si comporta come un qualsiasi dielettrico in presenza di un campo elettrico e le cui caratteristiche fisiche (costante dielettrica, permeabilit  magnetica, velocit  della luce, indice di rifrazione, etc...) variano in modo sensibile con la sua densit .*
2. *Le variazioni dell'energia con cui gli elettroni colpiscono l'anodo del tubo a vuoto sono dovute alle variazioni della carica elettrica prodotte dalle variazioni della costante dielettrica dello spazio.*
3. *Le dimensioni fisiche dei corpi immersi nello spazio variano al variare della sua densit .*

Il funzionamento del rivelatore sarebbe il seguente. *Quando in una determinata zona dell'Universo avviene un collasso (o un ingresso) di materia si genera un'onda gravitazionale di espansione (o di contrazione) che si propaga nello spazio circostante provocando variazioni locali della sua densit , le quali sono responsabili delle variazioni della costante dielettrica (e della permeabilit  magnetica) la quale, a sua volta, fa variare la carica elettrica degli elettroni (e dei protoni).*

Al variare della densit  dello spazio, quindi, *varia anche la velocit  della luce.*

Perch  gli strumenti posti a controllo della corrente anodica, della tensione di accelerazione degli elettroni e della intensit  luminosa non registrano alcuna

variazione, ma soltanto il fotoresistore al solfuro di cadmio é in grado di registrare tali variazioni?

La risposta a questa domanda sarebbe la seguente. *Al variare della velocità della luce variano anche le dimensioni fisiche dei corpi.*

In seguito, verrà mostrato come le suddette congetture possano essere riformulate in un contesto piú generale nel quale risulterà evidente il legame esistente tra il campo elettrico, il campo magnetico ed il campo gravitazionale e nel quale lo spazio "fisico" assume il ruolo fondamentale di "mediatore" tra queste *tre forze fondamentali della Natura* e per le quali non é piú necessario ipotizzare alcuna "azione a distanza".

1 Il comportamento del rivelatore

Il punto di partenza per la risoluzione del "rompicapo" é il comportamento osservato del sensore, per il quale si é potuto verificare che *per azzerare il ponte di Wheatstone occorre variare la resistenza R_{phr} del fotoresistore in modo inversamente proporzionale al quadrato della corrente anodica I_a del diodo a vuoto:*

$$\frac{R_{phr}}{(R_{phr})_{zero}} = \frac{(I_a^2)_{zero}}{I_a^2} \quad (1)$$

Ora, all'interno del diodo a vuoto il filamento emette elettroni *in numero costante nel tempo* in quanto *la corrente anodica I_a viene mantenuta costante*. Gli elettroni vengono accelerati *con una tensione anodica V_a , anch'essa mantenuta costante*, per poi colpire lo schermo di fosfori (anodo). Quest'ultimo si illumina con una energia luminosa E_ν che é direttamente proporzionale all'energia cinetica E_e degli elettroni:

$$\dot{E}_\nu \propto \dot{E}_e \quad (2)$$

la quale, come é ben noto, dipende sia dal numero di elettroni emessi nell'unitá di tempo dal filamento sia dalla tensione anodica di accelerazione V_a :

$$\dot{E}_e = \dot{n}_e e V_a \quad (3)$$

dove \dot{n}_e é il numero di elettroni emessi nell'unitá di tempo ed e é la carica dell'elettrone.

Per la *Legge di Coulomb*, sappiamo che la tensione di accelerazione V_a é direttamente proporzionale alla carica elettrica totale presente sull'anodo:

$$V_a \propto N_a e \quad (4)$$

dove N_a é il numero di cariche elettriche presenti. Sostituendo la (4) nella (3) si ottiene per l'energia cinetica degli elettroni la seguente espressione:

$$\dot{E}_\nu \propto \dot{n}_e N_a e^2 \quad (5)$$

La relazione (5) ci fornisce una prima importante indicazione: *l'energia cinetica con cui gli elettroni colpiscono l'anodo risulta direttamente proporzionale al quadrato della carica elettrica.*

La resistenza R_{phr} del fotoreistore é inversamente proporzionale alla quantità di energia luminosa \dot{E}_ν che arriva su di esso nell'unità di tempo ¹:

$$R_{phr} \propto \frac{1}{\dot{E}_\nu} \quad (6)$$

Sostituendo la (5) nella (6) si ottiene:

$$R_{phr} \propto \frac{1}{\dot{n}_e N_a e^2} \quad (7)$$

Poiché il *numero di elettroni emessi dal filamento del diodo a vuoto nell'unità di tempo rimane invariato, deve necessariamente variare la carica elettrica dell'elettrone!* Per cui, risulterebbe:

$$R_{phr} \propto \frac{1}{e^2} \quad (8)$$

Dal confronto tra il comportamento osservato del sensore espresso dalla (1) e l'espressione (8) appena ricavata viene formulata la seguente:

1ª Congettura: *Le variazioni (aumento/diminuzione) della corrente anodica, necessarie per bilanciare il ponte di Wheatstone del rivelatore, sono necessarie per compensare le variazioni (diminuzione/aumento) della carica elettrica dell'elettrone prodotta dalle onde gravitazionali.* Più precisamente:

$$\text{carica elettrica dell'elettrone} \propto \frac{1}{\text{costante dielettrica dello spazio}}$$

Sono, dunque, le variazioni della costante dielettrica dello spazio a provocare le variazioni della carica elettrica degli elettroni (e dei protoni) ².

Si vuole, fin da subito, sottolineare che per spiegare il comportamento del rivelatore dobbiamo ammettere che le variazioni della carica elettrica devono risultare *inversamente proporzionali alle variazioni della costante dielettrica.* Ossia, all'aumentare della costante dielettrica deve corrispondere una diminuzione della carica elettrica ³.

Ma in che modo, l'arrivo di un'onda gravitazionale provoca queste variazioni della carica elettrica? A tale riguardo viene formulata la seguente:

¹Tale relazione sembra essere rigorosa, almeno dopo la "formattazione" del fotoreistore.

²Deve necessariamente variare la carica elettrica! Se questa non si modificasse gli strumenti indicatori se ne accorgerebbero immediatamente in quanto cambierebbero sia la differenza di potenziale che la corrente sull'anodo, per cui ci saremmo accorti già da molto tempo delle onde gravitazionali!

³Ciò sembra essere in contraddizione con l'Elettrostatica, la quale ci indica che la carica elettrica é *direttamente proporzionale alla costante dielettrica*, ma vedremo che non é così!

2ª Congettura: *Lo spazio "vuoto", e quindi anche lo spazio all'interno del tubo a vuoto del rivelatore, é una "entità fisica" ben precisa che si comporta come un qualsiasi dielettrico immerso in un campo elettrico. La presenza di un'onda gravitazionale provoca una variazione locale della sua densità la quale é responsabile delle variazioni della costante dielettrica. Più precisamente:*

$$\text{costante dielettrica dello spazio} \propto (\text{densità dello spazio})^{1/3}$$

Sarebbero, dunque, le variazioni della carica elettrica degli elettroni prodotte dalle variazioni della densità dello spazio a causare le variazioni dell'energia cinetica con cui gli elettroni colpiscono l'anodo del tubo a vuoto e, quindi, dell'energia luminosa emessa dai fosfori!

Infine, per poter dare una risposta soddisfacente anche alle seguenti domande:

- perché gli strumenti posti a controllo della corrente anodica e della tensione di accelerazione degli elettroni non registrano alcuna variazione?
- Perché un fotometro oppure i nostri stessi occhi non rilevano alcuna variazione né della intensità (energia), né della frequenza (colore) della radiazione emessa dai fosfori del diodo a vuoto?

Per poter dare delle risposte soddisfacenti anche a queste domande viene formulata la seguente:

3ª Congettura: *al variare della densità dello spazio, i corpi in esso immersi subiscono una corrispondente variazione delle loro dimensioni "fisiche" ⁴:*

$$\text{dimensioni fisiche (lineari) dei corpi} \propto \left(\frac{1}{\text{densità dello spazio}} \right)^{1/3}$$

2 Un esperimento con l'interferometro

Una delle conseguenze più evidenti di quanto affermato al paragrafo precedente é che *al variare della densità dello spazio, poiché varia la costante dielettrica, anche la velocità della luce subisce sensibili variazioni. Ossia, la velocità della luce varia al variare della densità dello spazio.*

Ma come é possibile conciliare una velocità della luce sensibilmente variabile con gli esperimenti che sono stati effettuati nel passato e che tutt'oggi vengono effettuati con gli interferometri ⁵?

La risposta a questa domanda é *molto semplice* e si basa su un esperimento (fondamentale) che é stato effettuato da uno di noi (P. Galletti) con l'interferometro.

⁴Questo sarebbe il motivo principale per cui non é possibile accorgersi della presenza delle onde gravitazionali con gli ordinari strumenti di misura a nostra disposizione!

⁵Oggi, gli interferometri vengono molto utilizzati per cercare di rivelare le onde gravitazionali. I risultati ottenuti, fin'ora, sono stati piuttosto deludenti.

L'esperimento utilizzava un interferometro a luce laser, del tipo Fabri-Perót, con raggio di luce di 16 metri e riflessioni multiple fra i due specchi, stabilizzato in tensione ed in temperatura. La stabilità dell'onda emessa dal laser si aggirava intorno ad una parte su 10^9 per un tempo di $2 \div 3$ ore ⁶.

Lo strumento era posto su un tavolo girevole (1 giro ogni 5 minuti).

Per l'esecuzione dell'esperimento si é atteso l'arrivo di un'onda gravitazionale di notevole intensità, la quale veniva segnalata sia dal rivelatore al solfuro di cadmio che dal nostro *sensore magnetico*. Si avevano, in questo caso, due strumenti *diversi* che ci segnalavano la presenza dell'onda gravitazionale.

Con questo esperimento si é potuto constatare che *in presenza di un'onda gravitazionale di notevole intensità non si registrano spostamenti significativi delle frange di interferenza dell'interferometro*.

Al risultato (negativo!) di questo esperimento viene data la seguente interpretazione. Se le frange di interferenza non vengono modificate dall'arrivo dell'onda gravitazionale, significa che *il numero di onde contenute nel braccio dell'interferometro rimane invariato*. E poiché la velocità della luce, c , non é piú costante, l'unica spiegazione disponibile é che la lunghezza d'onda λ della luce emessa dal laser risulta proporzionale alla lunghezza L del braccio dell'interferometro.

$$\lambda \propto L \tag{9}$$

Ma sappiamo che la lunghezza d'onda λ é in relazione diretta con la velocità della luce e in relazione inversa con la frequenza ν :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \tag{10}$$

Ne consegue, quindi, che *la lunghezza, L , del braccio dell'interferometro deve essere direttamente proporzionale alla velocità della luce*:

$$L \propto \lambda \propto c \tag{11}$$

Questa interpretazione é, inoltre, in accordo con il fatto sperimentale che *non si osservano variazioni della frequenza delle onde luminose* (sia quelle emesse dal laser che quelle dei fosfori del diodo a vuoto del rivelatore). Infatti, se nel braccio dell'interferometro il numero di onde rimane costante, significa che un orologio che conta in numero di onde (o il numero di elettroni emessi, nel caso del diodo a vuoto) *non subisce alcun cambiamento all'arrivo dell'onda gravitazionale* per quanto intensa essa sia ⁷.

Possiamo riassumere il risultato dell'esperimento con l'interferometro nel modo seguente:

⁶Il grado di precisione di queste misure era molto elevato (8 ordini di grandezza del rivelatore piú 9 ordini di grandezza dell'interferometro).

⁷La cosa é ben diversa quando l'orologio si sposta in un campo inerziale! In questo caso sappiamo, sperimentalmente, che piú é elevata la velocità di spostamento tanto maggiore risulta il suo rallentamento.

- le dimensioni fisiche (lineari) dell'interferometro si modificano in modo direttamente proporzionale alla velocità della luce;

Per cui, si ottiene la (importante) relazione che la velocità della luce risulta inversamente proporzionale alla radice cubica della densità dello spazio:

$$\text{velocità della luce} \propto \left(\frac{1}{\text{densità dello spazio}} \right)^{1/3}$$

- la frequenza ν della luce emessa dal laser non cambia in presenza di un'onda gravitazionale.

3 La soluzione del "rompicapo"

Cosa accade, dunque, all'interno del sensore? Supponiamo che un'onda gravitazionale (e.g. di contrazione) sia tale da aumentare la densità dello spazio di 1,000 volte. Si ha che:

1. la costante dielettrica dello spazio e, quindi, anche quella dello spazio all'interno del tubo a vuoto *aumenta* di 10 volte;
2. di conseguenza, la carica elettrica degli elettroni che colpiscono l'anodo del diodo a vuoto *si riduce* di 10 volte;
3. la velocità degli elettroni nel tubo a vuoto *diminuisce* di 10 volte, per cui sia l'energia cinetica acquistata dagli elettroni che l'energia luminosa emessa dai fosfori *si riducono* di 100 volte ⁸;
4. la velocità della luce emessa dai fosfori del diodo a vuoto *si riduce* di 10 volte;
5. le dimensioni fisiche dei corpi (e, quindi, anche le dimensioni degli strumenti posti a controllo del rivelatore) *si riducono* di 10 volte.
6. la luce impiega lo *stesso tempo* a percorrere il tratto tra i fosfori ed il fotore-sistore, per cui *la frequenza delle onde luminose emesse dal laser non cambia* e il fotore-sistore, nell'unità di tempo, viene colpito dallo *stesso numero* di onde luminose;

⁸Infatti l'energia cinetica T_e acquistata dall'elettrone nell'attraversare il diodo a vuoto é data da:

$$T_e = \frac{1}{2} m_e v^2 \equiv e V \propto e^2$$

Nel caso di un aumento della densità dello spazio di 1,000 volte l'elettrone, al momento dell'urto con l'anodo fosforescente, ha una carica 10 volte inferiore e, quindi, la sua velocità é 10 volte piú bassa.

7. le dimensioni fisiche della luce emessa dal diodo a vuoto (ossia, la sua lunghezza d'onda) *si riducono* di 10 volte.

E poiché l'energia delle onde luminose é diventata 100 volte inferiore, *le onde luminose oltre che accorciarsi di 10 volte (in quanto la velocità di propagazione é 10 volte piú bassa) sono diventate anche 10 volte piú piccole in ampiezza.* Ossia, l'area dell'onda, che é proporzionale all'energia, é diventata 100 volte piú piccola!

Anche le dimensioni fisiche del fotoreistore si riducono di 10 volte per cui la sua superficie sensibile alla luce si riduce di 100 volte! Ma se la superficie del fotoreistore si é ridotta di 100 volte e l'energia luminosa che lo colpisce si é ridotta anch'essa di 100 volte, il fotoreistore dovrebbe vedere sempre la stessa *intensità luminosa* e, quindi, la sua resistenza dovrebbe rimanere costante!

Perché, invece, il *fotometro campione* non registra alcuna variazione dell'intensità luminosa, mentre il fotoreistore al solfuro di cadmio funziona in modo cosíoddisfacente?

La risposta a questa domanda sarebbe la seguente. Il fotoreistore non deve essere visto come una resistenza ma va considerato, al termine del periodo di "formattazione", come un vero wattmetro, ossia come un *misuratore dell'energia luminosa effettivamente emessa* nell'unità di tempo dai fosfori del diodo a vuoto e il fotometro misurerebbe, invece, l'*intensità luminosa*.

In altre parole, il fotoreistore si comporterebbe come un vero e proprio *osservatore "esterno"*! Un *osservatore "interno"* non si accorgerebbe, invece, di nulla perché anche le sue dimensioni (e.g. il regolo campione, il fotometro, i suoi stessi occhi, etc...) si sono ridotte di conseguenza ⁹!

4 La "formattazione" del fotoreistore

Cosa é e come funziona la "formattazione" che in definitiva risolve il problema del rompicapo, anche se non si comprende ancora il perché?

Se si osserva attentamente il comportamento del sensore dal momento della sua prima accensione, si nota che la sua resistenza, giorno dopo giorno, aumenta in modo costante. Poi, con il passare dei mesi, questo aumento decresce costantemente fino a che il valore della resistenza si stabilizza ad un valore costante e, nello stesso tempo, lo strumento *inizia a "vedere" le variazioni di tensione dovute alle onde gravitazionali* le quali diventano molto nitide *dopo circa due anni dalla sua prima accensione.*

⁹Per osservatore esterno qui si intende un osservatore che si trova in uno spazio "a riposo", ossia in uno spazio dove non é presente alcun campo per cui non si ha nessuna variazione di densità (e, quindi, di dimensioni). Per osservatore "interno" si intende, invece, un osservatore che si trova immerso nello stesso spazio dove avviene l'esperimento.

Occorre fare attenzione all'uso dell'osservatore esterno o interno. Tale uso é corretto nel caso di campi gravitazionali (statici) prodotti da una massa, in quanto si può entrare ed uscire dal campo, ma per un'onda gravitazionale c'è un solo osservatore.

Cosa é accaduto, nel frattempo, al fotore resistore? Sembra che durante tutto questo tempo di esposizione alla luce costante il fotore resistore si sia liberato della sua *parte conduttrice* per lasciare posto alla *parte fotoconduttrice* sensibile alla reale energia luminosa emessa dai fosfori del diodo a vuoto (v. **Figura 1**).

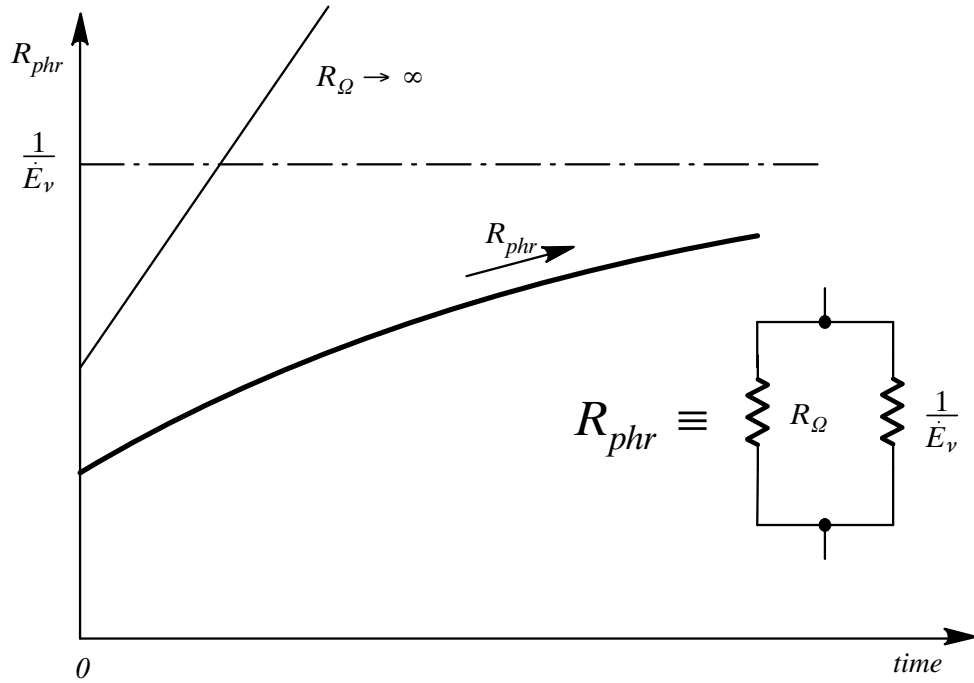


Figura 1: La "formattazione" del fotore resistore

Ossia, mentre il fotore resistore, dopo il periodo di formattazione, si comporta come un misuratore della *reale energia luminosa emessa dai fosfori del diodo a vuoto* e diventando un vero e proprio osservatore "esterno", gli altri strumenti si "adattano" alla *velocità della luce*, modificandosi in modo tale che:

$$\text{dimensioni fisiche (lineari)} \propto \text{velocità della luce}$$

Possiamo esprimerci su questo fatto dicendo che gli strumenti di misura in presenza di un'onda gravitazionale, *si modificano in accordo con la velocità della luce* (nel senso che non variano apparentemente in presenza di un'onda gravitazionale ma si adattano ad essa).

Da questo punto di vista, *l'interferometro può essere considerato lo strumento che più di qualunque altro strumento varia in accordo con la velocità della luce* ¹⁰!

¹⁰Questo tipo di strumenti (gli interferometri) non sarebbero, quindi, in grado di registrare le onde gravitazionali!

Si potrebbe immaginare la "formattazione" come un processo analogo a quello cui andrebbero incontro i nostri occhi che, abituati alla luce, si trovano improvvisamente in una camera buia. Come, con il passare del tempo, essi imparano sempre di piú a vedere al buio, cosí il rivelatore impara a "vedere" le onde gravitazionali.

5 Le conseguenze per la Fisica

La spiegazione del comportamento del rivelatore che é stata fornita comporta una *revisione profonda dell'attuale quadro di riferimento della Fisica*. Si vogliono riportare qui di seguito alcune delle conseguenze piú importanti.

1. *Non é il campo elettrico a modificare le caratteristiche fisiche dello spazio, ma é la densitá dello spazio che, attraverso la costante dielettrica (e la permeabilitá magnetica), modifica le caratteristiche del campo elettrico (e del campo magnetico).*
2. *L'esperimento con l'interferometro fornisce il contributo piú importante nella spiegazione del funzionamento del rivelatore. L'interpretazione del suo comportamento data nel passato in termini di costanza della velocitá della luce aveva decretato la morte dello spazio (etere). Con la nuova interpretazione basata sulla proporzionalitá tra la velocitá della luce e dimensioni fisiche ne confermerebbe invece l'esistenza!*
3. *La velocitá della luce non é piú una costante ma varia al variare della densitá dello spazio, ossia del campo gravitazionale.*
4. *Il laser dell'interferometro non subisce alcun cambiamento di frequenza all'arrivo di un'onda gravitazionale cosí come non subisce alcun cambiamento il tempo di percorrenza della luce emessa dal diodo a vuoto prima di raggiungere il fotoreattore ¹¹.*
5. *In presenza di un'onda gravitazionale la frequenza degli orologi non varia. E non varia neppure in presenza di un campo gravitazionale (statico) quale é quello che si ha sulla superficie di un corpo celeste.*
6. *Quindi, non esiste il redshift gravitazionale! La curvatura dei raggi luminosi che si ha in prossimitá dei corpi celesti (v. **Abell 2218**) sarebbe prodotta dalla variazione dell'indice di rifrazione che dipende anch'esso dalla densitá dello spazio (piú ci si avvicina al corpo celeste e piú l'indice di rifrazione aumenta).*

¹¹Anche il comportamento degli elettroni nel diodo a vuoto risulta del tutto simile a quello di un'onda elettromagnetica. Infatti, poiché anche le dimensioni del diodo, e quindi il percorso degli elettroni, si sono ridotte di 10 volte, in presenza o no di un'onda gravitazionale *l'elettrone impiega sempre lo stesso tempo per attraversare il diodo a vuoto.*

7. La spiegazione del "rompicapo" del rivelatore ci fa intravedere il legame che esiste tra campo elettrico, campo magnetico e campo gravitazionale. Questi tre campi sarebbero "mediati" dallo spazio "fisico" (nel senso di *mezzo di comunicazione* tra queste forze fondamentali della Natura per le quali non é piú necessario supporre alcuna "azione a distanza").
8. L'Elettromagnetismo continua ancora ancora a funzionare correttamente a condizione che le "costanti" fondamentali:
- costante dielettrica
 - permeabilitá magnetica
 - velocitá della luce

vengano "sostituite", rispettivamente, con:

- capacitá
- induttanza
- resistenza

Ossia, in presenza o meno di un'onda (o di un campo) gravitazionale, la capacitá C di un condensatore, l'induttanza L di un induttore e la resistenza R di un resistore *non variano*. Per cui un oscillatore LC (induttanza-capacitá) ed anche un oscillatore RC (resistenza-capacitá) oscillano con una *frequenza costante* ¹².

Ma di tutto questo si parlerá piú approfonditamente in seguito.

¹²Tali oscillatori sarebbero, pertanto, dei "campioni" assoluti di tempo e di frequenza.