

## **Il concetto di risonanza, ione risonanza ciclotronica e domini di coerenza.**

**Settimio Grimaldi**

**Risonare dal latino resonare, “di nuovo sonare” ovvero rispondere al suono.** La **risonanza** è una condizione fisica che si verifica quando un sistema oscillante forzato viene sottoposto a sollecitazione periodica di frequenza pari all'oscillazione propria del sistema stesso. In chimica, si ha **risonanza** quando più formule, dette *formule limite*, concorrono a definire la vera struttura di una molecola. Un fenomeno di risonanza provoca in genere un aumento significativo dell'ampiezza delle oscillazioni che corrisponde ad un notevole accumulo di energia all'interno dell'oscillatore. Forse il miglior modo per capire il fenomeno della risonanza è quello di pensare all'altalena. Se noi diamo il colpo al momento giusto, l'altalena sale sempre più in alto. Dare il colpo al momento giusto significa scegliere la frequenza e quindi la lunghezza d'onda. Dare il colpo al momento giusto è proprio quello che il comandante del plotone vuole evitare di fare quando passando su di un ponte ordina ai suoi soldati di smettere di battere la cadenza dei passi questo perché se i soldati marciassero all'unisono, per certe frequenze, ogni nuovo passo si sommerebbe al precedente fino a provocare il crollo del ponte. La risonanza si ha quando la frequenza della "eccitazione" è identica alla frequenza di vibrazione naturale dell'oggetto. Più in generale la risonanza è un fatto estremamente generale che si manifesta, ogni volta che un qualsiasi sistema, è caratterizzato da una grandezza capace di oscillare liberamente con una frequenza propria e viene sottoposto dall'esterno a una causa che tende a far variare quella grandezza con la stessa frequenza. A seconda dei casi possiamo avere una risonanza meccanica, elettrica, ottica, magnetica, nucleare, etc. La risonanza in biologia è un fenomeno ubiquitario in natura: non dobbiamo dimenticarci di essere composti da atomi e a livello atomico abbiamo visto che gli elettroni girano intorno al nucleo su orbite energeticamente definite; perché un elettrone passi da un'orbita inferiore ad una superiore deve ricevere energia con quanti di energia (frequenza) definiti.. Passando da un livello

energetico superiore ad uno inferiore l'elettrone emetterà energia di quella stessa frequenza: tale frequenza è la "frequenza di risonanza". Non è quindi difficile immaginare che anche le cellule di cui qualsiasi sistema biologico è composto siano caratterizzate da livelli energetici ben definiti e che questi variano da momento a momento a seconda degli stati fisiologici e patologici del sistema.

Fin dagli anni '70, sono stati ottenuti dati sperimentali che evidenziavano in risposta all'applicazione di campi elettromagnetici un effetto biologico massimo a specifiche frequenze di stimolazione: questo suggerisce l'intervento di un fenomeno di risonanza. Alla luce di questo, un modello appropriato per prevedere come gli organismi viventi rispondano ai campi elettromagnetici sarebbe quello di paragonarli ad un ricevitore radio. Infatti una radio è immersa in un ambiente ricchissimo di segnali ed onde, ma essa non li riceve tutti, perché non sono alla frequenza o alla modulazione appropriate. Ma se esponiamo la radio ad un segnale appropriatamente sintonizzato, questo interferirà con l'apparecchio, anche se è d'intensità molto bassa, e da esso sarà amplificato. Allo stesso modo, se esponiamo un sistema vivente ad un segnale elettromagnetico molto debole, ma opportunamente sintonizzato, questo potrebbe interagire in risonanza con una normale funzione biologica che sviluppa deboli correnti alternate endogene a quella stessa frequenza. Questo tipo di interazione in risonanza è stato osservato in molti sistemi non viventi, suggerendo che deboli campi elettromagnetici possano causare un effetto di risonanza a livello molecolare e sopra-molecolare nelle soluzioni di elettroliti, e pertanto possano influenzare in tal modo i processi biologici. Un modello basato sulla risonanza è stato proposto da Liboff nel 1985 per spiegare questo aspetto dell'interazione tra campi elettromagnetici a bassa frequenza ed i sistemi biologici. Liboff ha anche suggerito che il sito cellulare di interazione potessero essere i canali ionici di membrana, proprio in virtù delle loro caratteristiche elettriche. Infatti il trasporto ionico attraverso questi canali è governato non solo da sensori di voltaggio, ma anche da campi elettrici oscillatori, risultanti dagli atomi di ossigeno carbonilico distribuiti nella struttura primaria delle eliche che delimitano la parete del lume del canale.

Liboff propone anche che i periodici cambiamenti nella concentrazione ionica associati all'oscillazione dello ione  $\text{Ca}^{2+}$  potrebbero risultare in variazioni nel campo elettrico intracellulare. Il fenomeno della risonanza avverrebbe quando la cellula viene esposta ad una specifica combinazione di campi elettromagnetici statici deboli e alternati a bassa frequenza (vedi figura). L'intensità del campo e la frequenza, così come le proprietà degli ioni o delle bio-molecole coinvolti, sono messi in relazione da un'equazione lineare, in cui il rapporto carica  $q$ /massa  $m$ , ed il rapporto relativo al campo magnetico frequenza  $f$ /intensità  $\mathbf{B}$  sono proporzionali:

$$f_c = \frac{q}{2\pi m} B_o$$

Secondo Liboff, alla frequenza di risonanza il campo ELF ed il campo magnetico statico accelererebbero le molecole e gli ioni in un moto a spirale, per esempio all'interno di un canale di membrana, e questo potrebbe alterare la normale fisiologia elettrochimica della cellula. Tali fenomeni di risonanza potrebbe essere non soltanto la modalità con cui campi elettromagnetici esterni possono interagire con i sistemi biologici, ma la modalità stessa con cui funzionano tanti meccanismi cellulari. La materia vivente va quindi vista come sorgente di radiazione elettromagnetica e quindi di energia. Fritz Albert Popp, dell'Università di Kaiserslautern in Germania, scrive : "Onde elettromagnetiche si manifestano in cellule e aggregati cellulari come emissione di radiazione fotonica ultradebole. Il fenomeno si manifesta in tutti gli esseri viventi, compreso l'uomo. Le intensità sono dell'ordine di pochi fino ad alcune centinaia di fotoni al secondo per centimetro quadrato di superficie d'emissione. I recenti progressi nel campo della Biofisica hanno consentito di giungere a nuove scoperte. In particolare, grazie a sofisticate apparecchiature di laboratorio, lo studio delle emissioni luminose di debole intensità delle cellule degli organismi viventi, ha aperto le porte ad una nuova interpretazione delle relazioni e dell'interdipendenza d'azione tra le varie cellule. La teoria dei *biofotoni*, validata da pubblicazioni su riviste scientifiche "peer reviewed" suggerisce come i processi biologici, sia quelli atti al mantenimento della vite che quelli alla base delle patologie, siano anche

eventi fisici di natura elettromagnetica.

### **Iono risonanza ciclotronica ionica e domini di coerenza**

Un recente esperimento da noi effettuato su un sistema fisico costituito da acido glutammico in soluzione acquosa al suo punto isoelettrico a temperatura ambiente, ha provato che è possibile indurre microscopiche correnti ioniche mediante l'applicazione simultanea di due campi magnetici paralleli: un campo magnetico statico piuttosto debole,  $B_0$  e un campo magnetico alternato molto più debole,  $B_{ac}$ , [ $B_{ac} \sim 10^3 B_0$ ] la cui frequenza coincida con la frequenza di ciclotrone  $f_c = \frac{q}{2\pi m} B_0$  dello ione scelto.

Ne risultano scariche ioniche di breve durata e di ampiezza sino a decine di pA. Gli scambi di energia molto più ampi indotti dall'agitazione termica (il "problema kT") appaiono non giocare alcun ruolo di sorta. Abbiamo analizzato questo problema nell'ottica dell'elettrodinamica quantistica coerente, traendo le seguenti conclusioni: (a) come dimostrato in precedenti articoli (del Giudice) le molecole di acqua nel liquido e gli ioni in soluzione sono coinvolti, nel loro stato di base, in configurazioni ordinate coerenti; (b) gli ioni sono in grado di muoversi senza collidere gli uni con gli altri negli interstizi tra i domini di coerenza dell'acqua; (c) a causa della coerenza, gli ioni possono seguire orbite classiche nei campi magnetici. In questo modo si è raggiunta una piena comprensione quantitativa degli esperimenti. Il sistema espositivo da noi utilizzato è sistemato in un camera amagnetica ovvero una camera costruita con materiale schermante qualsiasi campo magnetici ed elettromagnetico esterno ed in grado di generare forme d'onda estremamente riproducibili in intensità, direzione e forma in condizioni di risonanza di ciclotrone e di un sistema in grado di registrare deboli correnti e campi magnetici emessi dal sistema risonante.

Il solvente, acqua, può essere considerato un sistema a due fluidi alla maniera di Landau [Landau, 1947]. Uno dei componenti del solvente acqua è una fase coerente in cui le molecole  $H_2O$  oscillano coerentemente ed in fase con un campo

elettromagnetico risonante. Le oscillazioni occupano tutto lo spazio disponibile nel dominio di coerenza le cui dimensioni sono pari alla lunghezza d'onda del campo elettromagnetico. La fase non coerente è in equilibrio mediante fluttuazioni termiche con la fase non coerente. Le due fasi inoltre costanti dielettriche molto diverse l'una dall'altra: quello della fase coerente, origina dall'elevata polarizzabilità delle molecole d'acqua in tale stato, lo stato non coerente presenta una polarizzabilità molto inferiore, a causa dell'orientamento dei dipoli. I campi elettrici applicati esternamente sono, pertanto, percepiti solo nella fase non coerente.

L'elettrolita, a sua volta, forma un sistema coerente nella fase non coerente del solvente, come dimostrato da Del Giudice nel 2000. Gli ioni oscillano nelle rispettive gabbie di Debye-Hückel e tali oscillazioni soddisfano la condizione che l'elettrodinamica quantistica pone per la coerenza a tutte le concentrazioni accessibili. L'effetto principale della coerenza ionica è l'eliminazione delle collisioni interioniche, di importanza fondamentale per mettere a tacere le obiezioni implicate nel "paradosso  $kT$ ". Le collisioni sono in effetti vietate dal requisito di coerenza che richiede che tutti gli ioni oscillino alla stessa frequenza, cosicché tutte le gabbie di Debye-Hückel devono essere uguali; la perforazione di una gabbia da parte di un singolo ione in collisione con il proprio vicino annullerebbe la coerenza. Quando si raggiungono le condizioni di frequenza di risonanza di ciclotrone dello ione di interesse (nel nostro caso acido glutammico) lo ione nel dominio di coerenza subisce una accelerazione la sua energia cinetica cresce fino a consentire la fuoriuscita dello ione dal dominio di coerenza. L'uscita dell'acido glutammico dai domini di coerenza alla frequenza di risonanza dell'acido glutammico è la causa del picco di corrente riportato nell'esperimento. Tutto ciò apre la strada alla soluzione di tanti quesiti, ai quali la biochimica finora non ha saputo dare risposta, ed alla prospettiva di un nuovo modo di fare terapia in medicina.