

Seminari di Neuropsichiatria Psicoterapia e Gruppo Analisi

Ospite d'onore Prof. Ignazio Majore
Dedicati alla memoria del Dr. Patrick De Maré e del Prof Luigi Frighi e del Prof. Gianfranco Tedeschi e del Prof. Bruno Callieri

Organizzati dal Prof. Rocco Antonio Pisani
presso le Edizioni Universitarie Romane

Raccolta Testi a cura di
[Antonella Giordani](#) e [Anna Maria Meoni](#)

Seminario 29 febbraio 2012

—————

“Dalle piccole molecole alle molecole complesse. La chimica della vita” di Prof. Romano Cipollini

Coordina Prof. Rocco Antonio Pisani

(t) testo di relazione rielaborato da Presentazione in Ppt-slideshow del relatore e registrazione
vocale (r).

—————

Il Prof. R. Pisani introduce il Prof. Romano Cipollini, professore di chimica presso l'Università di Roma evidenziando che, essendo il nostro un approccio multidisciplinare, ascoltiamo sempre con attenzione altre menti. Ricorda che ha partecipato ai nostri seminari il Prof. Del Re con l'interessantissimo seminario “Dagli atomi alle complessità relazionali”. Per questo ora ha pensato d'invitare il professor Cipollini a parlarci delle “sue molecole”. Lo presenta. Il Prof. Cipollini è stato ricercatore al CNR dal 1960 al 1975; poi è stato professore ordinario di chimica generale e inorganica presso l'Università di Camerino, dove è stato Preside della Facoltà di Scienze dal '76 al '77 e Rettore dal '77 all'80 della stessa Università di Camerino. Dall'80 è professore presso la Facoltà di Farmacia dell'Università La Sapienza di Roma della quale è stato preside dal 1981 al 1999. Presidente della Commissione-Ricerca per oltre 25 anni è stato membro di diverse commissioni del Ministero della Ricerca e

consigliere scientifico dei ministri Ruberti e Salvini. Il Prof. Cipollini presenta un seminario dal titolo:

(t) [**“Dalle piccole molecole alle molecole complesse. La chimica della vita”**]

Il Prof. Cipollini, dopo aver ringraziato per l’invito, espone il seminario avvalendosi di diapositive con molte immagini circostanziate. Egli inizia il suo intervento, con riferimento alle diapositive, dicendo:

“Cominciamo veramente da principio. Nei primi tre versi della Genesi così come riprodotta nel *Codex Vaticanus* leggiamo:

1. ἐν ἀρχῇ ἐποίησεν ὁ θεὸς τὸν οὐρανὸν καὶ τὴν γῆν
2. ἡ δὲ γῆ ἦν ἀόρατος καὶ ἀκατασκεύαστος καὶ σκότος ἐπάνω τῆς ἀβύσσου καὶ πνεῦμα θεοῦ ἐπεφέρετο ἐπάνω τοῦ ὕδατος
3. καὶ εἶπεν ὁ θεός γενηθήτω φῶς καὶ ἐγένετο φῶς

Tradotto in italiano:

Nel principio Iddio creò i cieli e la terra

E la terra era informe e vuota, e le tenebre coprivano la faccia dell’abisso, e lo spirito di Dio aleggiava sulla superficie delle acque. E

Dio disse:

Sia la luce! E la luce fu.

Bene, nei fatti questa è una rappresentazione estetica, poetica e forte, del Big Bang e di ciò che in realtà significhino le idee e i principi assiomatici espressi nell’equazione di Einstein:

$$E = mc^2$$

(Energia uguale alla massa per velocità luce al quadrato)

All’inizio tutto sola e pura energia: chi ha fede, ritiene che colui il quale creò tutta quell’energia e che innescò il big bang sia stato un essere superiore che esisteva da prima dell’inizio; chi non crede, invece, parte da quel bagliore accecante come punto d’inizio.

L’immagine del Big Bang, così come ricostruita dagli studi effettuati con i telescopi montati su satelliti, è molto significativa.

(Il Prof.Cipollini mostra la raffigurazione dell'universo nella fase della sua "infanzia" ottenuta con il Wilkinson Microwave Anisotropy Probe che crea una mappa.

<https://map.gsfc.nasa.gov/news/index.html#microwavesky>

Evidenza che essa resterebbe semplice rappresentazione se non fosse spiegata dalla teoria scientifica.

La teoria scientifica odierna, infatti, elenca con esattezza le fasi dello sviluppo dell'Universo che sono:

- Big-Bang al $t_0 = 0$ (il famoso t con zero di Italo Calvino)
- da $t_0 = 0$ a $t = 10^{-53}$ secondi (l'Universo è piccolo caldo e denso) cominciano a crearsi particelle: Quark -Antiquark;
- da $t = 10^{-53}$ a $t = 10^{-32}$ secondi compaiono oltre Quark, Antiquark, gli elettroni;
- da $t = 10^{-32}$ secondi a $t = 3$ minuti compaiono protoni e neutroni che si combinano con la formazione dei nuclei di idrogeno, elio e di litio:
- Dopo 300 mila anni circa, gli elettroni si uniscono ai nuclei per formare gli atomi. Il sistema si fa più complesso.
- A loro volta, gli atomi si sono aggregati in gigantesche nubi, che dopo un miliardo di anni hanno formato le prime galassie e le prime stelle.
- Da quel momento in poi l'universo, in continua espansione, si muove con l'aumento di entropia, cioè verso il massimo "disordine".

Tutto quanto sopra elencato avveniva fra i 10 e i 15 miliardi di anni fa.

La chimica nasce non appena la temperatura dell'universo si abbassa fino al punto da rendere possibili interazioni significative fra l'elettrone e il protone, interazioni da cui nasce l'idrogeno, come atomo e non solo come nucleo, ed essa è, quindi, vecchia fra i dieci e i quindici miliardi di anni meno 300.000 anni circa.

La chimica e la vita

Si sono da subito fissate le costanti universali fra le quali emergono come principali:

- c , la velocità della luce pari a 3×10^8 m/s ,
- h , il quanto d'azione ovvero la costante di Planck, pari a 6.6252×10^{-34} joule sec.

Sin dall'inizio dell'universo è valido il principio di indeterminazione di Heisenberg (sviluppato successivamente nel 1800) così espresso:

$$\Delta x \Delta v = \frac{h}{4\pi m}$$

dove h e π sono costanti: varia m se m è la massa dell'elettrone ha senso parlare di principio di indeterminazione; se invece è una grandezza macroscopica, è inutile applicarle.

$e = 0,910953 \cdot 10^{-30} \text{ Kg}$

La massa protonica:

$1 \text{ amu} = 1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$.

La posizione e la velocità di una particella (ad esempio un elettrone) sono correlate fra di loro e laddove si voglia conoscere con precisione la posizione della particella si perde precisione nel determinarne la velocità e viceversa (nell'equazione suddetta laddove m rappresenti la massa dell'elettrone essa è pari a $0,91 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$).

La generazione degli atomi con i loro elettroni, che determinano le proprietà chimiche degli elementi, ha anche segnato la possibilità di creazione delle molecole della vita (amminoacidi e acidi nucleici) e con esse della vita stessa.

Con il Big Bang si è iniziato il processo di riempimento di quel "Lego chimico" che è la tavola di Mendeleev . (che corrisponde al sistema periodico)

Dall'immagine mostrata della tavola di Mendeleev si osserva che:

La vita come la conosciamo è legata in massima parte alle prime due righe della tavola e in particolare ai seguenti elementi idrogeno (H), carbonio(C), azoto (N) ed ossigeno (O) e alle connesse capacità di combinarsi fra loro, di fare cioè della chimica. Le prime due righe (periodi) della tabella del Mendeleev possono essere chiamate anche le linee della vita anche se ovviamente altri elementi quali il fosforo (P), il ferro (Fe) il calcio (Ca) etc hanno un ruolo fondamentale nella chimica della vita.

Perché questi sono gli elementi fondamentali per la vita?

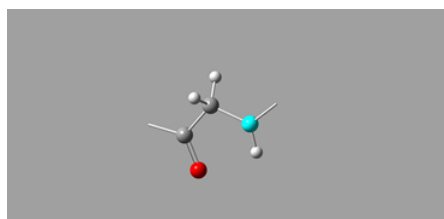
La risposta è semplice: dagli elementi suddetti sono in massima parte formate l'acqua, le proteine, gli enzimi e gli acidi nucleici, insomma i veri vettori chimici dei processi vitali.

Gli amminoacidi, i dipeptidi e i polipeptidi

I "Mattoncini Lego" di Proteine ed Enzimi sono gli amminoacidi la cui struttura generica viene rappresentata in una immagine dove:

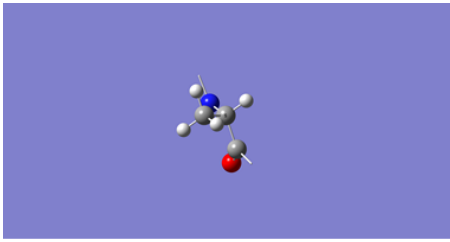
Gli R sono gruppi laterali ed in natura ve ne sono 20 differenti ognuno dei quali va a costituire l'insieme dei 20 amminoacidi naturali e dove il codice colore mostra in bianco l'idrogeno, in nero-grigio il carbonio, in rosso l'ossigeno ed in azzurro l'azoto

Partiamo con il più semplice amminoacido nel quale $R=H$ (idrogeno) e abbiamo la



glicina:(il capostipite)

Passando al secondo amminoacido, quello in cui R è sostituito dal gruppo CH₃, si ha



l'alanina:

Si vede in questo caso l'apparizione di una lettera s sull'atomo di carbonio centrale che sta a indicare che l'alanina è una molecola cosiddetta asimmetrica, cioè, come la nostra mano sinistra, ha come immagine speculare la sua controparte destra.

Una caratteristica delle molecole asimmetriche come l'alanina è che esse non possono mai sovrapporsi alla loro immagine ma solo a quella speculare. Sono identiche dal punto di vista della composizione chimica (sono composte, cioè, esattamente dagli stessi atomi nello stesso identico numero) ma sono differenti dal punto di vista della disposizione di quegli stessi atomi nello spazio tridimensionale; unendo fra loro le molecole asimmetriche si costruiscono edifici molecolari tridimensionali asimmetrici differenti e non sovrapponibili tra di loro ma solo alla loro immagine speculare pur se composti esattamente dagli stessi atomi.

In natura esistono solo strutture s ovvero levo (sinistre); tutti gli amminoacidi diversi dalla glicina sono strutture levo, cioè sono come la nostra mano sinistra.

Il perché del fatto che in natura si trovino solo amminoacidi levogiri è uno dei misteri scientifici ancora sostanzialmente irrisolti; Monod (premio Nobel per la medicina nel 1965) ha affermato che la sintesi del primo amminoacido levogiro è stato un caso: la natura ha buttato in aria una moneta ottenendo una testa (cioè un amminoacido levogiro): da quel momento in poi la natura è stata ripetitiva e tutti gli altri amminoacidi sono necessariamente stati sintetizzati come levogiri poiché il sistema di sintesi naturale degli amminoacidi si era adattato e specializzato sulla sola struttura levogira.

Il vero e proprio mattone con cui si costruiscono le proteine e gli enzimi è l'unità dipeptidica che (nell'immagine mostrata) sembra una struttura rigida lineare. La realtà non è così: attorno ai legami che partono dall'atomo asimmetrico segnato con la lettera s, si possono fare delle rotazioni dei frammenti, quelli sì rigidi, a destra ed a sinistra dell'atomo suddetto.

Si possono quindi ottenere diverse disposizioni nello spazio di quel frammento ruotando attorno a quei due legami variando quelli che sono chiamati angoli di torsione.

Si ottiene la “stessa” molecola in cui gli atomi sono disposti nello spazio in modo differente; si ottiene, cioè, un conformero (stessa molecola differente geometria, stessi legami e stessi angoli di legame).

Le proteine e gli enzimi non sono che sequenze di dipeptidi, che sono tutti sempre levogiri

Ma in tutto questo la chimica dove sta?

Partiamo da un atomo che è un insieme di nuclei piccolissimi e carichi positivamente e di elettroni piccoli anch'essi e molto più leggeri dei nuclei che si trovano negli orbitali atomici all'esterno dei nuclei creando come delle nubi di cariche negative le quali schermano le cariche positive dei nuclei. Agendo a dimensioni nanometriche (10⁻⁹ metri), bisogna, però, applicare non solo i soli principi della meccanica o elettrodinamica classica (Newton e Maxwell) ma a quegli stessi principi si aggiungono i principi della quantomeccanica (ricordiamo il principio di indeterminazione di Heisenberg).

Struttura dell'atomo

All'inizio vi è stato il modello planetario di Rutherford (premio Nobel per la Chimica del 1908) che rappresentava l'atomo come un sistema planetario in miniatura in cui il ruolo del sole era giocato da protoni e neutroni (nucleo dell'atomo) ed il ruolo dei pianeti era giocato dagli elettroni.

Poi è venuto Niels Bohr (premio Nobel per la Fisica del 1922) che ha intuito che le orbite degli elettroni erano stazionarie (grande intuizione).

Infine con Erwin Schrodinger (Premio Nobel per la Fisica assieme a P.M. Dirac nel 1933) le orbite si sono trasformate in orbitali. Il Prof. Cipollini spiega che la trasformazione è dovuta al passaggio dal piano allo spazio e si rappresentassero tutti assieme gli orbitali occupati da tutti gli elettroni degli atomi componenti la molecola si otterrebbe l'immagine della molecola come essa è veramente: una nuvola di elettroni che scherma l'insieme dei nuclei.

In modo sintetico possiamo dire che gli atomi sono carichi negativamente o positivamente a seconda che spostino su di sé, la nuvola di elettroni che circonda ciascun atomo.

La distribuzione di carica genera attorno alla molecola un campo elettrostatico in cui vi sono zone dello spazio nelle quali vengono attratti altri atomi di altre molecole con cariche positive (attorno agli atomi negativi) e zone nelle quali vengono attratti atomi negativi (quelle attorno agli atomi positivi) ed è questo l'avvio del processo che da inizio o alla reazione chimica o alla migliore disposizione nello spazio degli atomi dell'edificio

molecolare (il trovare migliore conformazione possibile cioè quella caratterizzata dalla minore energia).

Ora passando dalla quantomeccanica a una descrizione più meccanica e geometrica vediamo come dall'unione di diversi peptidi (amminoacidi) si creano le proteine.

Lo schema del processo (cioè di come si genera una struttura proteica o enzimatica) viene mostrato con il supporto della figura in cui si parte con una sequenza di amminoacidi (struttura primaria) che tradotta in struttura tridimensionale trova la migliore disposizione (un minimo di energia) formando dapprima una α -Elica (struttura secondaria, ipotizzata da Linus Pauling premio Nobel per la chimica nel 1954), un'elica levogira proprio perché composta da amminoacidi asimmetrici sinistri. Le eliche si assemblano fra loro, creando strutture globulari (struttura terziaria). Le strutture globulari a loro volte si assemblano creando dei cluster di strutture globulari (struttura quaternaria)

Le proteine: struttura e funzioni

Prendiamo come campione una proteina e vediamo come essa funziona e analizziamo il funzionamento della proteina regina del corpo umano quella più studiata e per prima risolta grazie al lavoro indefesso di Max Perutz (premio Nobel per la chimica nel 1962).

L'emoglobina è la proteina presente nel sangue e costituente i globuli rossi che ha, fra l'altro, il compito:

- di catturare ossigeno presente nell'aria di inspirazione nei polmoni;
- di rilasciare ossigeno ai tessuti;
- di prelevare l'anidride carbonica, prodotto di scarto della respirazione cellulare, dai tessuti;
- di trasportare l'anidride carbonica ai polmoni per poi espellerla tramite il processo di espirazione.

Questo è quello che accade a noi tutti nel macroscopico; vediamo nel microscopico cosa avviene a livello molecolare.

Dapprima presentiamo l'emoglobina. L'emoglobina è una proteina costituita da quattro sotto unità globulari. All'interno di ciascuna delle quattro unità globulari s'individua una unità rossa la porfirina al cui centro si trova un atomo di ferro, o meglio uno ione Fe^{++} . Noi sappiamo che il ferro ha una forte capacità di legare a sé l'ossigeno: la ruggine ne è una prova eclatante. Facendo un po' di contabilità ogni molecola di Emoglobina ha al suo interno quattro porfirine, ognuna delle quali è portatrice di un atomo di ferro. Ogni atomo di ferro può catturare una molecola di ossigeno (O_2). Pertanto un'emoglobina può essere portatrice di quattro molecole di ossigeno. Da qui l'importanza dei globuli rossi, le cellule

al cui interno si trovano a propria volta le molecole di emoglobina; pochi globuli rossi, poca emoglobina, poco ferro, scarsa efficacia respiratoria in quanto si catturano poche molecole di ossigeno.

Vediamo ora cosa succede quando il ferro della porfirina cattura un atomo di ossigeno. Quando accade, l'ossigeno si lega all'atomo di ferro e ciò induce dei piccoli ma significativi mutamenti nella geometria dell'anello porfirinico. Nell'immagine presentata sul "processo di cattura dell'ossigeno da parte del ferro", sono rappresentati due stati: stato T (senza ossigeno) e stato R (con ossigeno). Nello stato T (quello senza ossigeno) l'atomo di ferro fuoriesce dal piano della porfirina, il quale a propria volta è molto flessibile. Nello stato R (quello in cui l'ossigeno è catturato), l'anello della porfirina è totalmente piano e l'atomo di ferro è posto perfettamente al centro della porfirina. Questa piccola differenza non è limitata alla zona dell'emoglobina in cui si trova la porfirina ma essa crea un movimento della intera struttura globulare: quindi una piccola variazione di struttura all'interno della proteina si amplifica portando a una grande variazione conformazionale dell'intero edificio proteico. In questo modo un evento locale può essere comunicato all'intera proteina la quale cambia forma a seconda del fatto che sia presente ossigeno e di quanto ossigeno sia presente al proprio interno (da una a quattro molecole di ossigeno).

Fin qui abbiamo visto la fisiologia ora passiamo alla patologia, cioè alla degenerazione del sistema. I geni che sovrintendono alla sintesi dell'emoglobina negli esseri umani mostrano piccole differenze nell'ambito delle diverse popolazioni del globo. Nei fatti la sequenza di amminoacidi può essere differente da persona a persona. In generale piccole anche se molte mutazioni non hanno impatto sulla funzionalità dell'emoglobina ma non è sempre così: in alcuni casi particolari amminoacidi differenti causano importanti cambiamenti nella struttura dell'edificio proteico.

Questo è il caso della cosiddetta anemia falciforme. L'emoglobina dei soggetti affetti da questa malattia genetica mostra una mutazione a livello del globulo beta nel quale il glutammato posto al sesto posto nella catena è mutato con una valina; questa mutazione fa sì che l'emoglobina nei fatti polimerizzi creando catene di emoglobina e non cluster di solo quattro globuli. I globuli rossi sani all'interno dei quali si trovano molte emoglobine hanno una forma di discoide: quando l'emoglobina è mutata il globulo rosso prende la forma di una falce. Le cellule falciformi sono fragili, si rompono facilmente e causano la perdita dell'emoglobina e, quindi, del ferro, diminuendo così grandemente l'efficacia del processo respiratorio. Tutto ciò sembrerebbe negativo se non fosse che è ormai

dimostrato che le cellule falciformi danno una forte resistenza all'infezione procurata dal plasmodio della malaria (Anna Ferreira, Yves Beuzard, Ingo Bechman, Miguel Soares, Aprile 2011), non a caso le popolazioni in cui questa malattia genetica è diffusa vivono nelle stesse zone in cui è diffuso l'anofele. In tutta la storia dell'emoglobina l'Italia ha avuto un ruolo importante è, infatti, doveroso citare la scuola di Rossi Fanelli, con gli allievi Antonini e Brunori i cui studi sull'Emoglobina hanno contribuito a chiarire la funzionalità di questa che è possibile definire la "regina delle Proteine".

La chimica dei sentimenti

Ora entriamo in punta di piedi nel cervello umano dove si trova che funzionano gli stessi meccanismi descritti per l'emoglobina combinati in modo tale da generare funzioni più complesse e sempre meno conosciute. Come detto il meccanismo di base è lo stesso: una molecola in genere piccola (l'ossigeno nel caso dell'emoglobina) reagisce o interagisce con un sito di un grande edificio proteico e quest'ultimo cambia la propria struttura e quindi le sue proprietà funzionali. Le proteine in questo caso sono quelle che si trovano nei neuroni e la funzione dell'ossigeno nell'emoglobina è svolta nelle proteine dei neuroni dai cosiddetti neurotrasmettitori, molecole di piccola taglia di diversa composizione. Dallo schema di funzionamento (rappresentato dalle immagini della cellula nervosa e dallo schema di una sinapsi e ruolo dei neurotrasmettitori) si deduce come gli ultimi studi abbiano dato ragione a Galvani e alla sua idea di elettricità animale (1781) nonostante che, a quel tempo, le sue argomentazioni fossero state poste nel dimenticatoio grazie alle critiche a lui rivolte da un altro grande scienziato del tempo, Alessandro Volta.

I neurotrasmettitori più importanti sono:

L-Glutammato

L'acido γ amminobutirrico (GABA)

La Dopamina La norepinefrina La serotonina isolata a [Roma](#) da [Vittorio Erspamer](#) nel [1935](#). L'acetilcolina, molecola inizialmente identificata nel 1914 da Henry Hallett Dale, grazie alla sua azione sul tessuto cardiaco. Il suo ruolo di neurotrasmettitore fu confermato molto dopo, da [Otto Loewi](#), che nominò inizialmente la molecola come *vagusstoff*, perché secreta dal nervo vago. Per questi studi, entrambi ricevettero nel 1936 il [Premio Nobel](#). Anche Daniel Bovet (premio Nobel per la medicina nel 1957) all'Istituto Superiore di Sanità ha compiuto degli studi fondamentali su questa molecola e le sue funzioni.

Questi neurotrasmettitori sono le molecole che permettono alle cellule nervose di parlare fra di loro generando così sentimenti, decisioni, azioni in funzione degli stimoli esterni provenienti dall'interazione fra esseri umani da cui si potrebbe dedurre che vi è una vera e propria chimica dei sentimenti e che fa porre la domanda se le donne e gli uomini sono semplicemente una sommatoria meccanica di reazioni chimiche.

La risposta è un *ni*: sì da una parte ma anche un no dall'altra. E' certo che la chimica offre gli strumenti di studio e gli elementi in base ai quali si costruisce la personalità umana, ma l'uomo non è certo riducibile a un insieme finito di reazioni chimiche. Qui entra in gioco la complessità dell'insieme degli elementi che costituiscono il cervello, la quale impedisce nei fatti una visione semplicistica e meccanicistica dei processi del cervello stesso. Comunque alla base dei processi che avvengono alle sinapsi fra molecola neurotrasmettitrice e proteina recettrice, vi sono fenomeni logicamente e strutturalmente simili a quelli che abbiamo visto nell'emoglobina a contatto con l'ossigeno.

La visione del cervello in azione

Il fatto che i lavoratori del cervello siano delle molecole ha fatto sì che nello studio del cervello si siano cominciate a utilizzare le tecniche analitiche impiegate in chimica per indagare sulla struttura di quelle stesse molecole. La tecnica principe dell'indagine chimica sulla struttura delle molecole in soluzione è l'NMR (Nuclear Magnetic Resonance) ovvero il Functional NMR Imaging. Non pensiamo agli elettroni ma ai nuclei che compongono una molecola. Nei nuclei vi sono protoni e neutroni, essi ruotano (i nuclei) in un moto di rotazione su stessi simile a quello della terra. Una carica che ruota su se stessa genera un campo magnetico. Quindi ognuno dei nuclei che ruota su se stesso può generare un campo magnetico. Questo però accade solo quando il numero di protoni contenuti nel nucleo è differente dal numero di neutroni ivi presenti. Pertanto il ^{12}C Carbonio, ^{16}O Ossigeno, ^{14}N Azoto non hanno un momento magnetico nucleare. Lo ha invece ^1H , l'elemento più diffuso nel corpo umano in quanto ha un protone ma non ha un neutrone.

Hanno momento magnetico anche il ^{13}C , ^{31}P , ^{15}N , ^{19}F . Quando si applica un campo magnetico alle molecole i momenti magnetici nucleari degli atomi tendono ad allinearsi al campo magnetico esterno e lasciano vuoto un livello quantizzato di energia più alto in cui il momento magnetico nucleare suddetto si orienta contro il campo magnetico applicato dall'esterno (come illustrato dalle immagini).

I livelli di energia disponibili per i momenti magnetici nucleari sono due:

Ora è possibile far transire un nucleo dal livello più basso a quello più alto fornendo energia ai nuclei tramite una radiazione di opportuna lunghezza d'onda calcolabile dalla equazione di Planck:

$$\Delta E = h\nu$$

Ovvero è possibile registrare l'energia emessa e, quindi, la lunghezza d'onda della radiazione emessa dai nuclei eccitati quando ritornano allo stato iniziale.

La cosa interessante è la seguente: la separazione fra i due livelli sopra mostrati è sì funzione del campo magnetico applicato dall'esterno (quanto più grande il campo quanto più grande la separazione fra i livelli) ma è anche funzione dei campi magnetici prodotti dagli elettroni (anch'essi ruotano su se stessi in un movimento di rotazione) i quali, a loro volta, ruotano attorno ai nuclei in un movimento di rivoluzione. Insomma una nuvola di piccoli magneti elettronici che ruotano attorno al magnete nucleare.

Quindi la separazione dei due livelli accessibili a un nucleo che possiede momento magnetico (^1H , il ^{13}C , ^{31}P , ^{15}N , ^{19}F , etc) è anche funzione dell'intorno chimico e quindi della particolare molecola cui l'atomo appartiene. Non solo l'energia di salto livello ci dà informazioni sulla molecola cui l'atomo appartiene ma può fornirci anche informazioni spaziali in quanto, applicando opportune tecniche, si possono ricevere informazioni su dove si trovi la molecola studiata. Per capire come si ottengono informazioni sul dove si trova la molecola facciamo un esempio. Prendiamo una molecola d'acqua in un corpo se il campo magnetico esterno applicato è della stessa forza lungo tutta l'estensione del corpo da esaminare i momenti magnetici nucleari degli idrogeni delle molecole d'acqua presenti in tutte le parti del corpo avranno la stessa separazione fra i livelli di energia sopra descritti e saranno indistinguibili. Al contrario, se lungo il corpo applichiamo un campo magnetico via via crescente ecco che le diverse molecole poste in diverse parti del corpo subiranno l'influenza di campi magnetici esterni di diversa intensità e quindi saranno caratterizzate da una separazione dei livelli di energia differenti a seconda di quale parte del corpo esse occupino: minore separazione laddove il campo applicato è più piccolo, separazione più grande laddove il campo magnetico applicato è più grande. Questi in estrema sintesi sono i trucchi alla base dell' NMR imaging da cui riusciamo ad ottenere immagini di zone particolari del cervello umano. Con questo tipo di strumenti di indagine cosa è possibile fare? E' possibile affrontare i problemi posti dall'indagine sulla natura delle emozioni, problemi che hanno caratterizzato la psicologia sin dalla propria nascita.

Basta pensare ai seguenti classici:

- Darwin, C.: The expression of emotions in man and animals (1898);
- Dewey, J.: The theory of Emotions (2) The significance of emotions Psychological Review vol. 2, pp 12-32, (1895);
- Irons, D.: The nature of emotions The Philosophical Review vol. 6(3), 242-256, (1897);
- James, W.: What is an emotion? Mind vol, 9(34), 188-205, (1884).

Assieme all’NMR si è affermata anche una seconda tecnica che da immagini non identiche ma complementari a quelle della suddetta tecnica: la PET basata sulla emissione di un positrone (un elettrone positivo) da parte di un atomo attivato. Per circa un secolo gli scienziati sono stati incapaci a misurare le emozioni alla loro sorgente e così si sono dovuti limitare a misure di tipo comportamentale per studiare cosa siano le emozioni e come esse funzionino nella economia della mente. Per quanto quegli studi sono stati importanti, a oggi le domande sulla sostanziale natura delle emozioni sono ancora irrisolte. Con la introduzione delle tecniche del neuroimaging di cui la più importante è certamente quella basata sull’NMR Imaging e sulla PET Imaging si sono aperti degli scenari interamente nuovi nello studio non invasivo del cervello (si deve ricordare che molte delle informazioni in precedenza venivano ricavate dallo studio delle conseguenze delle lesioni al cervello conseguenti ad incidenti ed a guerre) nell’ambito dei quali è possibile identificare con precisione quali aree del cervello siano connesse all’insorgere di specifiche emozioni. In quindici anni di NMR imaging si sono investigate le zone del cervello coinvolte nelle diverse emozioni, quali parti del cervello in modo specifico rispondono a determinati stimoli quali immagini, odori, suoni, musica. Si è potuto vedere il cervello in azione rispondere e regolare gli stati emozionali provati dal soggetto in esame, stati emozionali quali: il disgusto, la rabbia, il desiderio, la percezione dell’emozione di soggetti terzi. Si è diviso il cervello in zone anatomiche e, tramite le tecniche di imaging si sono potute creare delle mappe di attivazione come quella rappresentata nella immagine che mostra l’ attivazione delle zone del cervello a fronte di un’esperienza piacevole (cerchi gialli) e zone del cervello che reagiscono ad una esperienza spiacevole (triangoli blu). Tutto ciò è possibile perché è la chimica delle molecole neuro-trasmettitorie a rendere possibile il dialogo e la comunicazione tra gli edifici proteici macromolecolari e la chimica può essere seguita ed indagata tramite metodi analitici chimico fisici supportati da una massiccia dose di tecnologia.

Conclusioni

Siamo oggi giunti alla fine di un viaggio durato dai 10 ai 15 mila miliardi di anni ma il passato è nulla rispetto al futuro che ci aspetta. Riguardo la dimensione temporale, il Prof. Cipollini conclude riportando alcune frasi di Seneca:

“L’uomo grande che sa stare al di sopra degli errori umani, non permette che gli si porti via nemmeno un minuto del tempo che gli appartiene”.

“La vita del saggio che non si sente chiuso nei limiti angusti è sottratta a tutti i secoli ed è al suo servizio....Egli abbraccia con il ricordo il passato, utilizza il presente, pregusta il tempo che deve ancora venire: a lui questa possibilità di vivere tutti i tempi insieme”.

Infine riporta la frase di un anonimo greco arrivato a 60 anni:

“Vissi compiutamente il mio sessantesimo anno: conobbi il bello della sorte e l’amaro della vita”]

(r) Fa seguito alla relazione il dialogo tra i partecipanti:

Prof. Pisani evidenzia come in 45 minuti il Prof. Cipollini abbia riassunto la storia del mondo a iniziare da prima del Big Bang, alla comparsa dei primi atomi con le loro caratteristiche: protoni, neutroni successivamente la comparsa degli elettroni; le prime combinazioni atomiche; la formazione del sistema molecolare e così via fino ad arrivare all’importanza di questi sistemi per la vita, a partire dall’emoglobina come trasportatore dell’ossigeno, che è la fonte vitale per eccellenza, fino ai mediatori chimici che trasportano i messaggi da un centro all’altro del cervello e costituiscono la base biologica dell’attività cerebrale e mentale. Sottolinea che il relatore ha parlato di stimoli esterni, cosa importante dal punto di vista del principio di realtà. Molti di noi che hanno confidenza con gli aspetti analitici individuali e di gruppo, sanno che ci sono stimoli esterni ma anche stimoli interni dei quali quasi mai abbiamo consapevolezza. L’importante sistema presentato ha a che fare con l’interazione dell’organismo con il suo ambiente che non è solo esterno ma anche interno, di cui non abbiamo conoscenza. Questa continua interazione ha a che fare con la vita psichica non solo nel suo lato conscio, ma anche negli aspetti inconsci; così ad esempio la modulazione del tono dell’umore o lo stato di serenità, di emotività o delle angosce relative alla relazione col mondo esterno, hanno il loro correlato. Il rischio che si corre è quello di dare un’importanza esclusiva all’aspetto biologico (o a quello psicologico-relazionale) e dire al depresso che il suo problema ha a che fare con la serotonina o la noradrenalina il che non riconosce che pur avendo esse a che fare col tono dell’umore, sono in stretta connessione col mondo esterno e interno. Pisani invita i presenti a porre domande o a esprimere opinioni su questi aspetti fondamentali della scienza (fisica, chimica e biologia), riportati dal Prof. Cipollini in modo semplice e chiaro.

Dr. V. Lusetti chiede l’opinione di Cipollini sull’apparente contraddizione tra l’evoluzione dell’universo che, con l’aumento progressivo dell’entropia, sembra

marciare verso il disordine e l'evoluzione della vita. Pare una lunga marcia verso il nulla, all'interno della quale c'è una piccola marcia verso l'evoluzione della vita con un aumento di complessità che è una direzione contraria a quella dell'entropia.

Prof. Cipollini non si reputa competente sull'evoluzione della vita. Tuttavia in base a ciò che si legge in proposito e, definendosi ottimista, pensa che l'evoluzione della vita raggiunga sempre il meglio tanto che l'organismo umano ha fatto una notevole evoluzione dalle origini fino ad adesso dal punto di vista fisico, ma soprattutto cerebrale. Il problema della creazione dell'universo è dovuto a questi fenomeni che cercano di spiegare se c'è stato un essere superiore che ha creato l'universo oppure è accaduto il famoso Big Bang seguito da questa evoluzione in miliardi di anni. Inizialmente il sistema era talmente incandescente che non riusciva a organizzarsi, nel momento in cui ha iniziato a raffreddarsi è comparsa la vita: si è formata l'acqua che è elemento essenziale e poi le altre molecole. Ci si chiede se negli altri pianeti ci possa essere la vita e la risposta è 'forse sì perché c'è ossigeno ma se manca l'azoto non è possibile lo sviluppo degli amminoacidi. Evidenzia che è comunque un problema abbastanza dibattuto.

Dr. V. Lusetti chiede se allora questa controtendenza verso la complessità sia un caso.

Prof. Cipollini sottolinea che gli scienziati non credenti affermano che il Big Bang sia stato un caso.

Dr. V. Lusetti riporta quanto letto nel testo di Martin Bojowald, fisico dell'organizzazione quantistica, il quale sostiene che l'universo pulsa in un susseguirsi di Big Bounce e tutto deriva da un'oscillazione quantistica quindi qualcosa di casuale.

Prof. Cipollini fa notare che i tempi all'inizio sono estremamente piccoli, qualche miliardesimo di secondo, quindi il passaggio da un sistema solido tutto energia a un sistema in cui cominciano a comparire particelle abbastanza rapide che poi cominciano a organizzarsi, ha richiesto necessariamente un abbassamento di temperatura cioè una dispersione di energia enorme.

Dr. V. Lusetti valuta come paradossalmente l'entropia abbia favorito la vita.

Prof. Cipollini evidenzia che se mancasse il sole non ci sarebbe la vita, ma nei limiti in cui questa energia viene filtrata. Il sistema solare manda energia ma è abbastanza filtrato (troposfera, atmosfera...): se venissero a mancare questi filtri si brucerebbe tutto. Insomma l'universo è un organismo perfetto.

Dr. D. Surianello considerando il susseguirsi di un periodo in cui si è raggiunto il raffreddamento della terra, poi è comparsa l'acqua; in seguito si sono avuti dei lunghi periodi di siccità alternati a lunghi periodi di piogge, poi gli atomi sono riusciti a organizzarsi dando vita alla prima cellula vegetale, chiede quando è avvenuto il passaggio dalla cellula vegetale a quella animale.

Prof. Cipollini suppone una contemporaneità nella comparsa delle cellule vegetali e animali che poi si sono differenziate nello sviluppo. Nelle varie ere geologiche erano presenti diverse forme di vita che poi in alcuni casi sono scomparse, come ad es. i dinosauri.

Dr. Surianello sa che la prima cellula è stata di tipo vegetale: le alghe.

Prof. Cipollini sottolinea che le alghe sono cellule marine; cellule elementari che hanno bisogno di poca luce. E' la luce che in superficie ha attivato tutti i meccanismi, ed è stato molto più complesso.

Prof. Pisani sottolinea che il relatore ci sta costringendo a pensare. Rifletteva che la chimica, da lui illustrata in maniera così chiara ed esplicativa, ha la sua importanza nel momento in cui l'organismo entra in interazione col mondo, con gli stimoli ambientali che possono essere esterni e interni (gli stimoli interni sono stimoli esterni internalizzati: in ogni caso è un'interazione). Stava riflettendo anche sull'importanza fondamentale della chimica per quanto riguarda la nostra esistenza perché non sappiamo cosa accadrà quando moriremo, ma è certo che il nostro pensiero abbia a che fare con questi continui scambi di messaggi interneuronici per cui, se per qualsiasi motivo non arriva più ossigeno ai neuroni, questo meccanismo si rompe. In ogni caso la funzione biologica è importantissima, correlata o non correlata con gli stimoli esterni, perché dobbiamo pensare che questi meccanismi possono anche rompersi di per se come avviene nei disturbi psichici così detti endogeni che hanno a che fare con una disposizione ereditaria (ereditariamente trasmessi): disturbi affettivi, dell'umore, depressioni, eccitamento maniaco o disturbi schizofrenici che sono sempre disturbi relazionali ma può anche accadere che il meccanismo si rompa di per se a prescindere dalle relazioni o per lo meno è importante la predisposizione a rompersi, per cui l'aspetto biochimico ha la sua importanza.

Dr.ssa G. Sgattoni collega alcuni eventi cosmici importanti presentati dal relatore quali: eccesso di surriscaldamento, raffreddamento rapido e tempo/velocità, alla vita

dell'uomo cioè agli eventi catastrofici come cali repentini a livello emozionale (ad es. i disturbi da stress).

Prof. Cipollini li riferisce al sistema dei neurotrasmettitori che in vecchiaia funzionano più lentamente.

Dr.ssa Sgattoni chiede se lo sviluppo, descritto dal relatore, possa essere vissuto nell'arco vitale dell'uomo nelle varie fasi, come se ci fosse una specie di matrice, d'*imprinting* che regola i sistemi e quindi anche l'uomo e che subisce delle modificazioni e dei meccanismi che riproducono l'entropia e poi le riaggregazioni che creano plasticità.

Prof. Cipollini evidenzia che l'organismo umano ha la fortuna di non subire i processi entropici: nell'uomo c'è più libertà.

Dr.ssa Sgattoni riferendosi però alle emozioni, reputa che gli eventi violenti, se non filtrati, possano creare fenomeni disgregativi, come se all'interno dell'individuo si riproponessero gli stessi meccanismi del cosmo.

Prof. Cipollini fa riferimento agli impulsi irrefrenabili che non si spiegano o solo in parte col processo dei neurotrasmettitori, malgrado le sempre più raffinate indagini strumentali.

Dr.ssa Sgattoni valuta che il microcosmo umano sia un'interfaccia del macrocosmo.

Prof. Cipollini commenta che l'individuo, già complesso di per sé, poi deve adattarsi alla complessità dell'ambiente che ne condiziona i comportamenti.

Prof. Pisani pone una domanda relativa all'anima. Si definisce 'credente' nel senso che nel momento in cui non riusciamo a spiegarci questa complessità di sistemi, arriviamo al Big Bang e la scienza ci spiega come si sono svolte le cose dal Big Bang in poi. E' certo che esiste un'armonia dell'esistenza che sembrerebbe programmata da una mente superiore: a questo punto diventa un credente e non potendolo dimostrare scientificamente, fa un atto di fede. Ultimamente si chiede se l'anima possa essere una forma di energia vitale che entra nel corpo al momento della nascita, ci accompagna durante l'esistenza e al momento della morte si trasforma. Si chiede se questa energia liberata nel momento della morte possa conservare un attributo personale che si è coltivato durante l'esistenza; se possa mantenere questo attributo nel momento in cui l'energia torna nel cosmo, nel calderone universale.

Prof. Cipollini evidenzia che mentre non serve definire buona o cattiva la scienza, per quanto riguarda il quesito posto che si riferisce al comportamento dell'individuo e al

discorso della morale, reputa che se l'individuo si comporta bene ha l'anima, se invece si comporta male, è senza anima.

Prof. I. Majore l'energia è trasformazione della materia ma quando moriamo non la produciamo più.

Prof. Pisani ridefinisce il quesito e cioè se l'energia, nel momento in cui si trasforma, conserva l'impronta personale con la quale ciascuno ha vissuto la propria esistenza.

Note di redazione:

(r) registrazione vocale degli interventi dei partecipanti e rielaborazione delle slide a cura della Dr.ssa Antonella Giordani(t) approvate dal relatore Prof. Mauro Cipollini.

Antonella Giordani agior@inwind.it e Anna Maria Meoni agupart@hotmail.com