

GI14

DALLA MATERIA ALLA VITA

Giovedì, 28 agosto 2003, ore 17.00

Relatore:

Jean Marie Lehn, Premio Nobel per la Chimica 1987.

Moderatore:

Luca Sangiorgi

Moderatore: Buonasera a benvenuti all'incontro di oggi che ha per titolo "Dalla materia alla vita". Vorrei iniziare citando un recente articolo del nostro ospite di questa sera: "La chimica è la scienza della materia e della sua trasformazione e la vita ne è la sua più alta espressione. La chimica è anche la scienza dell'interazione e della capacità della materia di esprimere la sua creatività".

Questa visione della chimica ha mosso la ricerca del nostro ospite di oggi, e secondo questa visione la chimica appare quindi come una comunità tra gli elementi della materia. Una metafora, riportata in ambito molecolare, del rapporto fra la persona e la società a cui appartiene e della capacità di trasformazione che l'individuo ha quando entra in rapporto con altre persone mosse da uno scopo comune. Quello che oggi ci apprestiamo ad ascoltare è il frutto di una ricerca svolta in uno dei campi in cui l'interdisciplinarietà fra la chimica, la fisica e la biologia è ai massimi livelli, ed è frutto dello sforzo di rendere la complessità dei legami intramolecolari comprensibili e strutturabili in sistemi coerenti. In un altro scritto il professor Lehn afferma che il più alto livello di complessità è quello espresso dalla materia vivente, che culmina nel cervello con la plasticità neuronale, la coscienza e il pensiero. E che l'evoluzione della chimica deve tenere presente due parametri di base che sono la complessità e la diversità. Il semplice fatto che noi esistiamo dimostra la fantastica complessità della struttura, e che tale complessità può esistere nonostante la nostra incapacità di comprendere come questa agisca. Da quanto appena detto dal professor Lehn possiamo quindi affermare che la complessità e la diversità costituiscono la metafora dell'unicità dell'individuo e del suo rapporto con il mistero, e la chimica appare sempre più come, e qui riporto altre parole del nostro ospite "un'arte che ha a che fare, ovviamente con la bellezza, ma che vuole anche comprendere l'essenza della materia". La chimica fornisce la possibilità di interrogare il passato, esplorare il presente e costruire ponti verso il futuro, tenendo sempre in considerazione due domande. La prima riguarda come la materia sia divenuta complessa nella storia dell'universo fino allo sviluppo di oggi e della vita, e la seconda riguarda la nostra capacità creativa, ossia quali forme di materia possiamo essere in grado di sviluppare. Il professor Lehn ha compiuto i suoi studi presso l'università di Strasburgo seguendo contemporaneamente i corsi di filosofia e di fisica, chimica e scienze naturali. E ha conseguito il bac laureato in filosofia nel luglio del 1957 e quello in scienze naturali nell'ottobre dello stesso anno. A partire del 1960 è entrato a far parte del centro nazionale della ricerca scientifica francese, lavorando con uno dei primi spettrometri di massa. Una volta ottenuto il dottorato in scienze, a partire dal 1963, si trasferisce alla Harvard University presso il laboratorio di Robert Burs Woodworms dove partecipa attivamente alla ricerca per la sintesi della vitamina B12. Al suo ritorno a Strasburgo a partire del 1967 getta le basi di quella che in futuro verrà definita la chimica sopramolecolare e di cui sentirete parlare più diffusamente nella

conferenza di oggi. A partire dal 1979, è anche titolare della cattedra di chimica e interazioni molecolari presso il collegio di Francia di Parigi. E da allora divide il suo tempo fra i due gruppi di ricerca a Parigi e a Strasburgo, prevalentemente a Strasburgo, ci diceva. Infine nel 1987 è stato insignito del Premio Nobel per i suoi studi nel campo della chimica molecolare. Il professor Lehn farà la sua relazione in inglese, ed è con grande piacere che cedo la parola al professor Lehn.

Jean Marie LEHN: Buonasera. Non cercherò comunque di avventurarmi in più italiano di questo. Vorrei veramente parlare questa bellissima lingua che è di origine latina come il francese, però purtroppo non conosco l'italiano abbastanza bene da tenere una relazione, quindi parlerò inglese.

In primo luogo desidero ringraziare il dottor Mario Gargantini per avermi invitato a questo Meeting. E' un Meeting molto insolito, vedo una folla enorme davanti a me. Non ho spesso l'occasione di parlare a un numero così enorme di persone, soprattutto da chimico. Quindi, desidero ringraziare anche i tecnici che hanno fatto un eccellente lavoro nell'organizzare tutto, e anche l'interprete, grazie a lei, che avrà veramente un compito difficile.

Bene, ci sono tre punti che vorrei sottolineare già dall'inizio. La chimica effettivamente è alla base di tutti i processi della vita. In questa mostra molto bella, veramente impressionante, se tutti conoscestes quello che c'è scritto in questo opuscolo una volta andati via da qui avreste una cultura scientifica molto, molto buona. Quindi congratulazioni a coloro che hanno messo insieme questa la mostra. Venire a un Meeting per l'amicizia fra i popoli, indipendentemente da quelle che sono le idee filosofiche personali, è un contributo eccellente alla comprensione tra i popoli. Quindi grazie per tutto quello che fate.

In questa mostra scientifica ci sono tre orientamenti che vengono menzionati: freddo - caldo, piccolo - grande, e l'altro è vuoto - denso. C'è però un altro aspetto di cui mi occuperò e che sarà importante ai nostri fini: dal semplice al complesso. Suppongo che questo sia un aspetto anche più importante degli altri perché ne facciamo parte per la nostra stessa essenza di esseri umani. Il titolo della mia relazione è "Dalla materia alla vita". In genere tutti quanti si interessano a questo argomento. La chimica! La gente si potrà chiedere, siamo venuti alla conferenza sbagliata? Veramente stiamo parlando di chimica? Sì, sicuramente sì. Cercherò di dimostrare che questo "!" è la cosa importante, dalla materia alla vita è proprio la chimica che crea il ponte di collegamento fra queste due cose. Passiamo adesso alle diapositive che sono sul computer. In questa diapositiva vedete rappresentata un'immagine che è a pagina 18 di questo opuscolo. È un'immagine che credo sia stata fatta da Carlo Rubbia, quindi un'immagine abbastanza vecchia. Ma quello che vorrei far vedere con questa immagine è che l'universo è cominciato con il Big Bang. A quel tempo la fisica era quello che dominava tutto. Poi dopo c'è stato un raffreddamento molto veloce, e dopo che c'è stato un sufficiente raffreddamento l'energia si è trasformata in particelle. Le particelle hanno cominciato ad unirsi per formare gli atomi, e una volta che sono stati formati gli atomi è cominciata la chimica. Gli atomi si uniscono a formare molecole, le molecole a loro volta si uniscono per formare dei gruppi di molecole in modo molto complesso che ancora non comprendiamo a fondo. Le molecole generano dei gruppi da cui si evolve la vita. E successivamente dai sistemi viventi si arriva ai sistemi pensanti, agli organismi pensanti. Come potete vedere l'organismo pensante è rappresentato qui dalla scultura di Rodan, il pensatore. Prima di lasciare questa diapositiva vorrei aggiungere un punto. Guardando l'evoluzione dell'universo in questa presentazione qui, si vede che l'essere umano non è la fine dell'evoluzione. Io sono convinto che l'essere umano non possa essere la fine dell'evoluzione, ci sono altre cose che vengono successivamente, noi siamo soltanto un punto nel tempo, noi non possiamo affermare, non possiamo pretendere di essere, così come siamo, coloro che rappresentano la fine, il fine dell'evoluzione dell'universo. Visto che prima vi parlavo di

queste caratteristiche generali, cerchiamo di dare un'occhiata a quelli che sono i parametri in grado di caratterizzare l'evoluzione dell'universo.

Vorrei adesso farvi vedere questa immagine. Osservando l'evoluzione dell'universo, quando si cerca di individuare quali parametri siano cambiati, secondo me, la materia è diventata sempre più formata: da qui dove abbiamo la materia divisa, si è arrivati alla materia condensata, dopo di che alla materia organizzata, materia vivente poi, materia pensante, e poi che cosa? Non lo so, probabilmente ci sarà anche qualcosa qui in alto. Quindi c'è una maggiore complessità, una maggiore formazione della materia. L'evoluzione dell'universo, quando la consideriamo in maniera molto ampia, è passata dal semplice al complesso, per così dire dalle particelle al pensiero. Quindi c'è stato un aumento di informazioni da una materia condensata ad una materia che è venuta sempre più organizzandosi. Se si vuole considerare le cose da una prospettiva darwiniana, potremmo pensare che questo sia un darwinismo generalizzato. L'evoluzione dell'universo è stata caratterizzata, forgiata, dall'informazione, l'evoluzione della materia è avvenuta per la pressione delle informazioni. Questa può essere una caratteristica principale dell'evoluzione, che ha portato ai sistemi pensanti e viventi. A questo punto potremmo porci un quesito. Qual è la domanda fondamentale che la scienza si pone? La domanda fondamentale a cui dobbiamo rispondere (ovviamente possiamo ricorrere alla teoria della relatività, alla teoria quantica, alla spiegazione darwiniana dell'evoluzione, queste sono componenti della scienza molto fondamentali), ma secondo me la questione più fondamentale da esaminare è com'è che la materia diventa complessa. Perché la penso così. Secondo me la complessità progressiva della materia ha generato l'organismo umano. Questo organismo che è capace di immaginare la teoria quantica, la relatività, l'evoluzione darwiniana. Quindi il quesito fondamentale che dobbiamo porci è: com'è che l'universo ha generato un'entità capace di porsi tutti questi interrogativi e dare loro una risposta? Com'è che è divenuta complessa la materia nella storia dell'universo? Forse ci sono altre forme di materia complessa che possono o potranno evolversi, crearsi in futuro. Possiamo utilizzare una parola per caratterizzare tutto questo processo. Questa parola è la auto-organizzazione. Auto-organizzazione è un concetto che comprendiamo tutti molto bene. Lo comprendiamo perché sappiamo che la auto-organizzazione significa che la materia è diventata organizzata sempre di più, è andata organizzandosi sempre di più spontaneamente. Il problema è però, com'è che tutto questo si è verificato? Come? Quello che vorrei farvi vedere è proprio come una scienza o per lo meno una parte della scienza, che si chiama chimica, ha contribuito e può ancora contribuire a capire bene questo processo. Il processo che ha praticamente portato avanti e spinto in avanti tutta l'evoluzione dell'universo. Ho discusso a lungo con Martin Rees, che credo gli esperti qui presenti conoscano bene, e da questa discussione è emerso il fatto che per me c'è un parallelismo tra la cosmologia e la struttura, la generazione della struttura nella cosmologia e la generazione delle strutture nel mondo vivente. L'organizzazione cosmica è dovuta all'azione di forze gravitazionali. Forze che hanno agito su determinate irregolarità all'inizio dell'universo, quindi praticamente la gravità ha agito in questo senso dando luogo a materia condensata: questo è avvenuto a livello di materiale molecolare, e sono le forze elettromagnetiche che, agendo sulle entità della materia molecolare, portano alla struttura, alla formazione di struttura. E qui, a questo punto interviene la chimica. Che cos'è la chimica? È una scienza della struttura, di come sono fatte le cose, di come sono composte, di come sono messe assieme, ed è la scienza anche della trasformazione della materia, cioè come praticamente la materia si trasforma, da un'entità passando a un'altra. La chimica si occupa di vedere come avvengono questi processi. Questa caratteristica, che la chimica è in grado di studiare la struttura e la trasformazione della materia, è riuscita a far sì che la chimica potesse contribuire notevolmente sia alla scienza che all'umanità in generale. Nuove molecole con nuove proprietà, nuovi materiali per esempio per la medicina o per le tecnologie avanzate, e anche per la vita quotidiana: sono stati

apportati tutti dalla chimica. Cerchiamo adesso di dare un'occhiata, molto rapida per altro, al ruolo che la chimica sta svolgendo e ha svolto, nella storia della scienza. Naturalmente nella storia della scienza e delle origini della vita, la chimica può contribuire nel ricerca di capire come le prime molecole che rappresentano la base della vita si sono potute formare. Vorrei farvi semplicemente veder questa parte della diapositiva, mi spiace se non siete chimici o scienziati. La cosa comunque che vorrei farvi capire è questa. Questa molecola è formata da tre atomi, un atomo di idrogeno che è H, un atomo di carbonio che è C, e un atomo di azoto che è N. questa è una molecola che si trova negli spazi interstellari. Occorrono 5 di queste molecole che se vengono messe insieme in maniera ragionevole da un punto di vista chimico, servono a produrre questa molecola. E che cos'è questa molecola? Si chiama adenina. L'adenina è una delle lettere del codice genetico. Una lieve modifica chimica di questo ci porta a un'altra lettera del codice la guanina. In altre parole, da una molecola semplicissima, semplicemente assemblando 5 molecole di questo genere si ottiene una molecola che rappresenta la base vera e propria della genetica. Quindi potete ben capire che probabilmente ci sono delle modalità semplici per arrivare alla vita, semplicemente non le conosciamo. Non voglio entrare in altri esempi che potrei per altro farvi vedere. Quindi gli esseri umani sono spinti dalla curiosità, e la base della scienza è proprio la curiosità. Che cosa facciamo qui, perché siamo qui? Ci dobbiamo sempre porre dei punti interrogativi che vanno risolti. Adesso abbiamo una lezione in francese, perché le scritte sono in francese. All'inizio, tanto tempo fa ai tempi di Empedocle, la gente cercava di capire e quindi ha detto ci sono quattro elementi. C'è il fuoco ovviamente, l'aria, l'acqua e la terra. E la combinazione di questi elementi dà luogo a delle proprietà: caldo, umido, freddo, e secco. Ecco era semplice, anche se primitivo era pur sempre un inizio. Man mano che questa curiosità relativamente alla struttura della materia, progressivamente ha portato alla scoperta che la materia è formata di piccoli frammenti, di piccoli elementi, a un certo punto sono apparse delle tabelle con segni che servivano a descrivere alcune di queste composizioni della materia stessa. E questo è un esempio di una tabella di questo genere utilizzata nel passato. Però se si vuole comprendere non soltanto quella che è la struttura della materia, ma proprio come questa si può trasformare, come si può passare da una serie di oggetti ad un'altra serie di oggetti, allora occorre ricorrere ad un legge di base. Questa legge di base è stata proposta da Lavoisier, che diceva che nulla si crea ma tutto si trasforma, quindi praticamente quando si comincia con una serie di elementi, li si può riorganizzare per ottenerne un'altra serie diversa, e questa è la legge di base delle reazioni chimiche. Man mano però che gli scienziati hanno iniziato a comprendere la presenza di molti di questi elementi, la situazione sembrava essere piuttosto caotica. Sembrava che ci fosse un grosso caos, che non si sapesse effettivamente cosa fare di questi elementi, fino a che ci fu l'intuizione di un grande scienziato che ha fatto una scoperta fantastica. Mendeleev che ha notato che questi elementi che costituiscono la materia sono organizzati perfettamente in una tabella molto semplice dove possono essere inseriti tutti questi elementi. È arrivato anche a dire che quando nella tabella c'era una casella vuota, proprio in quella casella vuota un giorno sarebbe stato inserito un nuovo elemento una volta scoperto. E adesso, ai giorni nostri, la tavola è completa. Eccola qui. Che cosa vi mostra questa tavola? Dimostra la classificazione di tutti gli elementi dell'universo. In altre parole per me questa è l'immagine più importante per tutta l'umanità, mi spiace dirlo, mi spiace dire che è più importante di qualsiasi quadro di Michelangelo o di Leonardo, perché quando Leonardo utilizza la pittura, utilizza queste cose, che sono scritte nella tavola. Osservando questa tavola vedete rappresentato tutto quanto esiste nell'universo. E la vita naturalmente fa uso di molti di questi elementi per riuscire a costruire le proprie molecole costitutive. E difatti, forse saprete che c'è un'importante scrittore italiano, Primo Levi, che ha scritto un libro il cui titolo è qui riportato in francese sul sistema periodico. Il sistema periodico è praticamente la tavola di Mendeleev .

Poi bisogna anche capire come tutti questi elementi siano collegati tra loro. Così come le lettere formano una parola, gli atomi formano le molecole legandosi assieme gli uni agli altri. Quindi sono state proposte diverse rappresentazioni possibili. Qui vediamo alcuni tentativi di rappresentare le molecole. Tentativi che sono emersi nel XIX secolo. Non voglio adesso entrare con voi nei dettagli, però questo è un primo tentativo in tal senso; e di fatto per esempio, le rappresentazioni di questo chimico austriaco, è una rappresentazione corretta, del tutto valida. Come potete comunque vedere queste rappresentazioni sono piatte. Ci sono soltanto dei collegamenti fra i vari elementi su un piano, una rappresentazione soltanto bidimensionale. Le molecole invece sono come una struttura architettonica, sono tridimensionali, e questo concetto è stato proposto da due scienziati, che contemporaneamente ma indipendentemente l'uno dall'altro, hanno proposto che le molecole fossero degli oggetti tridimensionali, quindi non dovessero essere considerate solo come elementi bidimensionali, su un unico piano. E questa è una caratteristica fondamentale delle molecole.

Infine dato che parliamo di materia e di vita, un'importantissima scoperta è quella fatta da Pasteur: le molecole della vita, non tutte ma la maggior parte hanno le stesse proprietà delle nostre mani. Sono o sinistre o destre. E sapete che non sono la stessa cosa, perché la mano destra è praticamente l'immagine speculare della sinistra. E questa proprietà che si chiama chiralità che viene dal greco *kairos* è fondamentale nel capire le molecole dal punto di vista biologico. Già all'inizio della relazione dicevo che prendendo 5 molecole di HCN si può produrre l'adenina. Il campo della chimica che studia l'origine delle molecole biologiche si chiama chimica prebiotica. Questo campo si è evoluto nel corso degli anni. Non voglio ancora una volta entrare nei dettagli di questa diapositiva, ma voglio soltanto illustrarvi che sono stati compiuti dei progressi. A cominciare dal 1800 sono state formulate diverse ipotesi. Diversi autori hanno contribuito a formularle, nel 1961 si è arrivati alla sintesi dell'adenina. E ovviamente si è sempre continuato a cercare di capire come stessero le cose. Quindi abbiamo questa chimica prebiotica. La cosa che vorrei fare a questo punto, è mostrarvi due pietre miliari nell'evoluzione e nell'affermarsi progressivo della chimica molecolare. Quindi dall'atomo vengono posti dei mattoni per arrivare ad una molecola. Gli atomi possono essere i mattoni e le molecole sono le case. Dopo di che su questa base si può sviluppare quella che chiamiamo la chimica molecolare. La chimica che studia come si formano le molecole sulla base degli atomi. Ci sono due pietre miliari a questo riguardo. Prima di tutto, una cosa molto semplice, l'urea. L'urea si trova nelle urine, nel nostro organismo, e nel 1828 si è prodotta l'urea a partire da un materiale inorganico, quindi un materiale non vivente, che si chiamava cianato di ammonio. Questo è stato molto importante, ovviamente si tratta di una molecola molto semplice. Però a quei tempi si pensava che per riuscire in laboratorio a produrre una molecola che è presente in un organismo vivente ci volesse un organismo vivente. Ci volesse quella che veniva chiamata la forza vitale, una cosa misteriosa e magica che veniva definita "forza vitale". È stato invece dimostrato che non c'è bisogno di questa forza vitale, questo è il motivo per cui anche da un punto di vista filosofico e metafisico questa scoperta che rivestito un'enorme importanza, perché ha dimostrato che tra un materiale inorganico e un materiale organico c'è un ponte, e non c'è nessuna interruzione. L'altra pietra miliare che vorrei citare ad esempio, è una molecola su cui ho lavorato già quando ho fatto la mia specializzazione: la vitamina B12. Come vedete è molto grande, ho dovuto addirittura ridurre l'immagine. La vitamina B12 è una molecola che abbiamo all'interno del nostro organismo, del nostro sangue, ed è molto più complessa come molecola dell'urea. Questa è stata prodotta in laboratorio nel 1972. 120 persone circa hanno lavorato alla produzione di questa molecola. Quindi un progetto di dimensioni enormi, simile a quello che si fa adesso in astrofisica oppure nella fisica delle particelle. Quello che vorrei farvi vedere è che appunto la chimica ha acquisito una serie imponente di strumenti per realizzare delle molecole molto complesse. Così come sulla base di mattoni si possono realizzare delle costruzioni fantastiche, complesse, si possono

costruire tutti i bellissimi palazzi e le bellissime chiese che avete voi in Italia. La chimica molecolare adesso è diventata una scienza adulta, una scienza con notevoli potenzialità, in grado di studiare la struttura e la trasformazione dei sistemi molecolari. Il progetto che riguarda la realizzazione della vitamina B12 ha coinvolto due gruppi: uno ad Harvard, e uno al Politecnico di Zurigo. A questo punto sappiamo che la chimica molecolare è una scienza solida che si fonda su basi ben consolidate. Ovviamente ci sono ancora molte molecole che devono essere realizzate, ci sono ancora molti nuovi materiali da produrre, ci sono ancora nuovi composti farmaceutici da realizzare, così come nuovi materiali. La chimica molecolare ha ancora un futuro molto prospero. Ci possiamo chiedere, c'è qualcos'altro da cercare? E seguendo questa idea, questo concetto della complessità, qual è la fase successiva della complessità dopo la molecola? Si comincia con la particella, dalle particelle si formano gli atomi, dagli atomi si formano le molecole, e poi, dopo quello? Che cos'è rappresentato qui? Non sembra essere qualcosa di chimico, no? Potremmo dire che è qualcosa di biologico o di chimico. C'è una sfera blu. È una cellula tumorale. E qui abbiamo due altre strutture, queste sono le cellule così dette killer. Nel nostro organismo, quando c'è qualcosa che non va in una cellula, quando c'è una degenerazione cellulare, si verifica un meccanismo di difesa. Questo meccanismo di difesa si basa su cellule killer, le cellule killer, così si spera, identificano le cellule tumorali e, sempre così si spera, le devono distruggere. Quindi tutto questo concetto è molto importante ed è un processo che si verifica continuamente. Il problema è a questo punto: come fanno le cellule killer ad individuare la cellula tumorale? Come fanno, che cos'è che dice alla cellula killer che quell'altra è una cellula cancerogena? Questo quesito lo lascio aperto e passo a un altro esempio. Qui cosa vediamo. Qui abbiamo un globulo bianco è colorato di rosa semplicemente perché è una colorazione artificiale, e abbiamo delle macchioline blu. Le macchioline blu rappresentano il virus dell'AIDS. Il virus dell'AIDS attacca la cellula e penetra al suo interno per infettarla. Com'è che il virus riesce a fare tutto questo, qual è il meccanismo? Possiamo di nuovo considerare questo in modo più particolareggiato. Qui vediamo una rappresentazione del tutto schematica, che illustra il virus dell'AIDS. È una sfera con una membrana, all'interno c'è il genoma virale. All'interno di questa sfera si trova questa specie di vescichette che sono delle proteine, grosse molecole biologiche. Alcune di loro rappresentano per così dire gli occhi del virus (o le mani, fate voi). E quando queste molecole trovano nei globuli bianchi la molecola corrispondente si attaccano ad essa e poi, secondo un meccanismo complicato, che non sto a dirvi, di cui questa è la prima fase, entrano nella cellula e la infettano. Adesso abbiamo capito un po' meglio che cosa succede. Quindi le molecole di un'entità, cioè il virus si legano in maniera molto specifica, con le molecole della struttura corrispondente, cioè il globulo bianco. Quindi le cellule tumorali e le cellule killer allo stesso modo interagiscono attraverso le molecole che sono presenti sulla membrana. Il virus e il globulo bianco anche loro interagiscono attraverso delle molecole. Quel che vorrei chiarire con tutto questo discorso è che a questo punto il quesito da porsi, non soltanto è relativo alla costituzione delle molecole, ma anche a quello che succede tra le molecole, che cos'è che fanno le molecole quando si assemblano. E questo è quello che rappresenta il campo di cui ci siamo occupati che è la chimica sopramolecolare. Se si vuole comprendere il rapporto che esiste fra la chimica molecolare e la chimica sopramolecolare alle volte dico che la chimica sopramolecolare è una sociologia molecolare. Come succede nella società ci sono degli individui e ciascun individuo può rappresentare una molecola. In un società ci sono interazioni fra gli individui, le persone si piacciono, le persone, magari, non si piacciono, alcune persone di mettono insieme, altre si dividono. E questo è il problema che ci ha interessato. Che cosa succede tra le molecole? Riusciamo a capire questi meccanismi? E se li riusciamo a capire, che cosa possiamo fare? Si potrebbe dire che questo settore della chimica sopramolecolare sia appunto quello appunto di una chimica che va oltre, e che appunto va sul lato ancor più complesso della chimica

molecolare. Dicevo anche prima che le molecole delle cellule killer riconoscono le molecole delle cellule tumorali. Parlo di riconoscere, di riconoscimento. E con questa parola voglio dire che questa interazione è molto specifica: una data molecola può interagire soltanto con il suo partner, con la sua molecola corrispondente. Questo è quello che chiamiamo riconoscimento molecolare. Vorrei a questo punto brevemente trattare di questo argomento che ritengo particolarmente importante. È molto importante che perché una molecola possa riconoscerne un'altra, queste due si attacchino, vengano a contatto, interagiscano, si leghino l'una all'altra. In secondo luogo per riconoscere occorrono delle informazioni. Mettiamo che io vi incontri per strada, se non so quale sia il vostro aspetto non sono in grado di riconoscervi. Quindi questo processo di riconoscimento molecolare tra le molecole stessa, da un lato richiede che ci sia un legame molecolare, ma dall'altro richiede che ci siano delle informazioni. Con questo vorrei sottolineare che il mondo molecolare è un mondo dotato di informazioni. In altre parole la chimica non è soltanto la scienza della materia, la chimica, e ovviamente anche la biologia, sono scienze delle informazioni. E al giorno d'oggi quando tutti hanno sulla bocca la parola informazione, l'elaborazione di informazioni nel mondo chimico e biologico è molto più complicato di qualsiasi altro sistema delle informazioni che si possa avere nei computer. Vorrei sottolineare che il concetto di base, il concetto schematico alla base di questo processo, era stato già proposto nel 1894 da Emil Fisher che ha usato un'immagine molto bella per descrivere questo processo, ha detto che un enzima agisce sul suo substrato molecolare quando c'è una corrispondenza tra loro come un meccanismo chiave serratura. È stato uno dei chimici più grandi mai esistiti al mondo e ha proposto questo concetto molto fondamentale. Naturalmente lui non parlava a quel tempo di riconoscimento molecolare, però la sua scoperta riguardava proprio questo processo. Potremmo dire quindi che la chimica sia una scienza delle informazioni, quindi la scienza della materia informata. Le informazioni vengono immagazzinate a livello molecolare e l'interazione è rappresentata dalla elaborazione e dalla lettura delle informazioni. Questo avviene a livello sopramolecolare. A questo punto vi citerò un esempio ben noto a tutti e che però illustra molto bene tutto questo concetto. Tutti sanno cosa sia questo, rappresentato anche in copertina di questo opuscolo. È la doppia elica, molto famosa, è il nostro genoma, la rappresentazione del nostro genoma, è quello che fa sì che un topo sia diverso da un elefante, e un essere umano diverso da un pomodoro. Ci sono due filamenti che si avvolgono l'uno sull'altro e che sono collegati assieme, qui. Da che cosa però? Dalla chimica. Qui voglio farvi vedere una cosa molto semplice, che però è estremamente importante. Già vi dicevo che l'adenina è una delle lettere del codice genetico, questa è l'adenina, questa è un'altra lettera del codice, la guanina, ce n'è una terza che è la timina, e una quarta che è la citosina. Il codice genetico di tutti gli organismi viventi consiste soltanto di queste quattro lettere, è un programma molto lungo con una sequenza specifica di lettere, però questo è quello che ci rende diversi da un topo, da un elefante o da qualsiasi altra cosa. Quindi l'immagazzinamento delle informazioni corrisponde alla sequenza di queste lettere. Com'è che la si legge? È molto semplice, addirittura banale. Con due o tre punti di interazione. Questo è rappresentato da questi puntini qui, ce ne sono due o tre, nel caso in basso. È veramente molto semplice, straordinariamente semplice, due, tre, due, tre, sequenze di lettere che esprimono determinati concetti. Sarebbe addirittura impossibile immaginare qualcosa di diverso. Ce ne sono comunque molte di queste lettere. E vorrei farvi un esempio. Ecco qui abbiamo una parte di un cromosoma rappresentato, abbiamo moltissimi di questi legami: vediamo un ingrandimento: questo è il cromosoma 17: ci sono un milione due milioni di queste lettere e questa è la base delle informazioni che formano gli organismi viventi. E ovviamente è molto complesso passare dal codice all'organismo. E gli sviluppi fantastici della biologia, sia adesso che in futuro, serviranno anche a spiegare come da questo codice si può passare ad un essere umano, tutto contenuto in questa sequenza. E questo è chimica. Prima di tutto vorrei ricordarvi di una cosa: quest'anno 2003 è

il cinquantesimo anniversario di una pubblicazione molto famosa di Watson e Creek, che ci hanno proposto appunto la struttura a doppia elica. Ovviamente in biologia questa è pietra miliare in termini assoluti; è come la teoria della relatività in fisica o la teoria quantica sempre in fisica. Sapete però effettivamente la gente pensa sempre di arrivare prima degli altri e quando ho incontrato Jim Watson gli ho detto che non è stato il primo. Questo è una presentazione che viene da un manoscritto cinese: è molto strano però in questo manoscritto hanno rappresentato una doppia elica; non sapevano ovviamente cosa era la doppia elica addirittura l'hanno rappresentata meglio perché in alto c'è una donna e un uomo, ed è questo che serve per propagarsi e per propagare il DNA. A questo punto vorrei farvi due esempi di come si può procedere per capire meglio il riconoscimento molecolare. Quando vi ho fatto vedere appunto queste coppie di basi, cioè i due o tre punti di interazione: ecco questo era già un processo di riconoscimento. Come scienziati però vogliamo capire come accadono certe cose e a questo scopo si cerca di ridurre le cose, di renderle più semplici dopodiché una volta comprese si cerca di riportarle alla complessità. Quindi il riconoscimento molecolare può esser rappresentato dal punto di vista schematico così come vedete illustrato. Qui vediamo le chiavi le famose chiavi di Fisher qui abbiamo invece la serratura, qui abbiamo le chiavi e la serratura e qui vediamo come le chiavi si inseriscono nella serratura. Vedete immediatamente che se la serratura ha questa particolare forma allora è questa chiave rosa che potrà entrare nella serratura e potrà essere riconosciuta. A questo punto potreste chiedermi quali sono le chiavi più semplici in chimica? L'oggetto più semplice nello spazio tridimensionale è una sfera. Ci sono delle sfere anche in chimica: questi si chiamano cacchioni e praticamente formano un'intera colonna nella tavola di Mendeleev; il litio è una sfera molto piccola, poi ce n'è una più grande il sodio, il potassio ancora più grande il rubidio ancora più grande e poi il cesio. Questa è una raccolta di cinque sfere di diverse dimensioni dalla più piccola alla più grande. Si può giocare con queste sfere, si può dire com'è che per esempio si può riconoscere una sfera di una determinata dimensione. Poi in queste due, il sodio ed il potassio, sono molto importanti all'interno del nostro organismo, quando faccio un movimento le informazioni per compiere questo movimento vengono trasferite da una cellula nervosa a un'altra cellula nervosa e praticamente ci sono dei cambiamenti di sodio e potassio lungo tutta questa catena di trasmissione, quindi c'è una cellula nervosa e ci sono dei cambiamenti a livello di sodio e potassio che danno luogo al trasferimento delle informazioni. Quindi questo è un problema interessante. Abbiamo a questo scopo prodotto delle molecole che, anche se non si vede bene qui, erano di forma sferica, queste molecole si legano a uno ione all'interno di una cavità e se si costruisce una molecola sferica di dimensioni compatibili si può ottenere una cosa del genere. Questa è una rappresentazione di molecole, rappresentazione che abbiamo fatto nel nostro laboratorio: sono delle molecole che contengono una cavità al loro interno; questa cavità può esser fatta più grande o più piccola: in questo caso la più piccola si può legare al litio, in questo caso si lega al sodio, in questo caso si lega al potassio. Quindi si prende la cavità, la si rende più grande e la si rende adatta per contenere questa o quell'altra sfera, questo riconoscimento avviene automaticamente. Brevemente vediamo che si possono prendere delle molecole che hanno la forma di un tetraedro: se si vuole riconoscere queste molecole bisogna realizzare una molecola che abbia la forma di una serratura che appunto riesca ad avvolgere la forma precedente. Quindi la molecola è al centro e va circondata praticamente dalle altre molecole dopodiché si ottiene una cosa di questo genere, dove la molecola a forma di tetraedro è contenuta all'interno dell'altra molecola che chiamiamo serratura. Questi sono due esempi del riconoscimento molecolare. Non voglio darvi altre informazioni, spero che abbiate compreso che si possono fabbricare delle molecole in grado di riconoscere altre molecole. Se avete capito questo concetto potete progressivamente capire sempre di più cosa è il riconoscimento molecolare. Un'altra caratteristica importante è per esempio che quando si vuole realizzare un nuovo farmaco il farmaco

stesso è una piccola molecola in grado di riconoscere un target biologico e quando si fa un farmaco lo si deve fare in modo che sia in grado di indirizzarsi ad un target biologico. Vorrei concludere facendovi vedere il passo successivo che adesso per noi riveste una notevole importanza. Quando si vuole realizzare una serratura per una chiave bisogna fabbricarla di proposito, in maniera preorganizzata. Il passo successivo è utilizzare questa caratteristica per far sì che il sistema spontaneamente si possa organizzare da solo. Vediamo un esempio tratto dalla biologia. In biologia ci sono delle cose che prendono il nome di virus, l'abbiamo già visto, questo è un virus specifico che si trova nel tabacco ed è un oggetto nell'emantauto organizzato: ha 2250 piccoli mattoncini, questi mattoncini si sommano assieme si riconoscono l'un l'altro avvolgono il genoma l'RNA, l'acido nucleico del virus, in questo modo, e una volta che è avvolto completamente il processo si ferma; è come un programma le informazioni sono a livello dei mattoncini, la lettura viene fatta dopo l'interazione e il risultato è l'oggetto compiuto, finito. Possiamo dire quindi che il sistema si è programmato. Il programma è molecolare la lettura sopramolecolare e il processo di lettura è l'algoritmo che serve a generare un determinato risultato un output. Quindi i sistemi che portano spontaneamente alla organizzazione sono i sistemi che hanno un'autoorganizzazione, sono sistemi programmati. Visto che non ho tanto tempo vorrei soltanto brevemente fornirvi alcuni esempi. Vi ho fatto vedere la doppia elica di Watson e Crick, ora possiamo realizzare delle doppie eliche anche artificialmente: queste sono quelle che abbiamo realizzato noi nel nostro laboratorio sono completamente diverse da quelle naturali però ci sono molecole a doppia elica come vedete qui oppure addirittura a tripla elica. Sono ottenute appunto mettendo i filamenti che poi vengono avvolti spontaneamente. Il secondo e ultimo esempio che vi darò è importante perché correlato ad un settore che adesso è molto di moda e si chiama la nanotecnologia. Queste sono delle caratteristiche delle strutture che si possono definire autoorganizzate, sembrano essere quasi dei dispositivi elettronici, e si possono realizzare in maniera molto semplice. Questa è chimica. Questa è una molecola, a questa molecola si aggiunge un cemento che è uno ione di piombo e quando si mescola il tutto non c'è più niente altro da fare: praticamente si forma questa unità, questa struttura spontaneamente. È interessante questo fenomeno dal punto di vista della nanotecnologia perché come potete vedere se osservate questi sedici punti in futuro questo potrebbe essere il modo di memorizzare le informazioni nei sistemi molecolari a livello nanometrico. Questo tanto per farvi vedere delle applicazioni in un campo diverso dalla biologia. Vorrei a questo punto concludere con alcune considerazioni di carattere generale.

Prima di tutto possiamo cercare di confrontare la chimica e la biologia utilizzando due parametri, la complessità e la diversità. La biologia è il mondo più complesso che conosciamo, l'organismo pensante è la cosa più complessa che conosciamo, ovviamente in un altro pianeta lontano da noi ci potrebbero essere delle cose ancora più complesse, però la biologia è molto diversa e allo stesso tempo però comprende classi di molecole: proteine, acidi nucleici, zuccheri e lipidi grassi. La chimica per il momento è molto più semplice della biologia, però la sua diversità è maggiore perché qualsiasi combinazione di elementi della tavola periodica che segue le regole, le leggi di base della fisica può essere teoricamente possibile. Quindi la chimica e la biologia vanno avanti di pari passo: la chimica deve diventare più complessa e la biologia deve invece comprendere molto meglio la diversità, e per la chimica la biologia riveste un'importanza estrema perché dimostra che questi processi complessi sono in realtà possibili, dimostra anche quali sono i processi già esistenti e dà fiducia perché esiste, e in quanto tale è possibile; e dà la possibilità di pensare anche ad altre possibili evoluzioni. Quindi tornando adesso all'immagine di prima: l'evoluzione è verso la materia complessa per descriverla, per capire quello che descriviamo e forse in futuro anche per creare nuove espressioni di quello che è la materia complessa. Questo è il quadro globale che farà la

evoluzione futura forse più importante di tutte. Però questa possibilità, cioè la possibilità di creare nuovi oggetti nuove cose che non esistevano prima, questa è già stata prevista da un italiano, no da un essere umano: Leonardo Da Vinci. Lo potete leggere in italiano questo pensiero ci provo anche io a leggerlo in italiano: “Dalla pietre la mano dell’artista è in grado di creare un oggetto, oggetto che non esisteva nella pietra stessa”. Quando Primo Levi scrive del sistema periodico usa lettere che non contengono il suo romanzo, quando Vivaldi scriveva un concerto usava suoni che non contenevano il concerto stesso, questo è l’atto della creazione dell’oggetto artistico. Allo stesso modo la scienza in generale e la chimica in particolare possono utilizzare gli elementi a loro disposizione, i mattoni dell’universo, e su questa base creare tutti i mondi possibili compresi quelli che ancora non esistono. Conosciamo un mondo è difficile capirlo però ci sono molte altre cose che possono esistere e come l’artista possiamo dire che la chimica può creare nuove espressioni della materia. La chimica quindi è l’arte della materia. Grazie tante.

Moderatore: Io vorrei ringraziare caldamente il Prof. Lhen scusate se interrompo l’applauso ma siamo un po’ in ritardo. Vorrei ringraziare caldamente il Prof. Lhen per l’affascinante visione della chimica che ci ha dato questa sera: questa interazione di complessità e diversità. Ma questo tipo di interazione è dato probabilmente da una personalità che ha fatto di una curiosità scientifica la proprio modalità e motore nella propria ricerca. E’ particolarmente interessante anche quello che ci diceva alla fine Prof. Lhen, questo comparare lo scienziato con l’artista e resta interessante che però alla base c’è un uomo un uomo che ha la capacità e la coscienza del limite del suo rapporto con il Mistero. Grazie ancora e arrivederci.