



# La conferenza di J. H. van 't Hoff a Chicago (14 giugno 1901)

The J. H. Van 't Hoff's conference in Chicago (June 14, 1901)

RINALDO CERVELLATI

## Summary

Jacobus Henricus van 't Hoff (Rotterdam, 1852–Stegitz, Berlin, 1911) was one of the main founders of Physical Chemistry. His project to interpret chemical phenomena through a set of rigorous mathematical-physical laws led him to establish the thermodynamic conditions of chemical equilibrium and to assimilate the diluted solutions to gaseous mixtures giving a rational explanation of the osmotic pressure phenomenon. For these discoveries he was awarded in 1901 the Nobel Prize for Chemistry (first Nobel in this discipline) with the motivation: “for the discovery of the laws of chemical dynamics and osmotic pressure in solutions.” Still very young proposed the idea of molecules as objects with structure and three-dimensional shape in which the atoms around each carbon atom had a tetrahedral spatial geometry. In the year of Nobel gave a series of lectures at the University of Chicago. In this paper we will discuss two topics, as exposed by Van 't Hoff in the first of these conferences to show his simple and clear language and suggestive presentation of the issues.

## Key words

Van 't Hoff, Stereochimica, Physical Chemistry, Pressione osmotica.

## Riassunto

Jacobus Henricus van 't Hoff (Rotterdam, 1852 – Stegitz, Berlino, 1911) è stato uno dei principali fondatori della Chimica Fisica. Il suo progetto per interpretare i fenomeni chimici attraverso un insieme di rigorose leggi fisico–matematiche lo condusse a stabilire le condizioni termodinamiche dell'equilibrio chimico e a assimilare le soluzioni diluite alle miscele gassose dando così una spiegazione razionale del fenomeno della pressione osmotica. Per queste scoperte gli fu conferito nel 1901 il Premio Nobel per la Chimica (primo Nobel in questa disciplina) con la motivazione: «per la scoperta delle leggi della dinamica chimica e della pressione osmotica nelle soluzioni». Ancora molto giovane propose l'idea delle molecole come oggetti con struttura e forma tridimensionale in cui gli atomi attorno a ciascun atomo di carbonio avevano una geometria spaziale tetraedrica. Nell'anno del Nobel tenne una serie di conferenze all'Università di Chicago. In questo lavoro verranno illustrati due temi, così come esposti da Van 't Hoff nella prima di queste conferenze per mostrarne il linguaggio semplice e chiaro e la suggestiva trattazione degli argomenti.

## Introduzione

La Chimica Fisica contemporanea si è sviluppata in modo tale che molti settori di indagine sono diventati vere e proprie (sotto)discipline, riconosciute tali dalle Società Scientifiche di numerosi Paesi tra i quali il nostro: Elettrochimica, Chimica Teorica e Computazionale, Catalisi (tanto per citarne alcune) sono Divisioni o Gruppi Interdivisionali della Società Chimica Italiana. Ma, agli inizi della seconda metà del 1800 la Chimica Fisica (*Physical Chemistry*) era agli albori, considerata un piccolo ramo della Chimica Generale.

Un impulso decisivo per rendere la Chimica Fisica disciplina autonoma fu indubbiamente dato da Jacobus Henricus van 't Hoff (Rotterdam, 1852 – Stegitz, Berlino, 1911) con il suo progetto per interpretare i fenomeni chimici attraverso un insieme di rigorose leggi fisico–matematiche [2].

Lo studio termodinamico e cinetico delle reazioni chimiche lo condussero alla famosa equazione nota come isoterma (o isobara), poi det-

ta di Van't Hoff. Studi sperimentali sull'effetto della temperatura sulla costante di equilibrio lo portarono a proporre l'equazione matematica per la dipendenza della  $K_{eq}$  da  $T$ , anch'essa nota come equazione di Van't Hoff [4]. Un capolavoro di questo grande chimico riguarda la termodinamica delle soluzioni diluite, assimilate alle miscele gassose. La sua equazione per la pressione osmotica di una soluzione diluita:  $\Pi V = nRT$  evidenziò inequivocabilmente l'analogia con l'equazione di stato del gas ideale:  $PV = nRT$ . In questo contesto mostrò che da misure di pressione osmotica poteva essere determinato il peso molecolare di una sostanza disciolta in un opportuno solvente (1886). Van 't Hoff estese poi nel 1897 questo metodo alle soluzioni di elettroliti [5]. Per queste scoperte gli fu conferito nel 1901 il Premio Nobel per la Chimica (primo Nobel in questa disciplina) con la seguente motivazione: *per la scoperta delle leggi della dinamica chimica e della pressione osmotica nelle soluzioni*.

A ventidue anni, qualche mese prima di discutere la tesi di dottorato, pubblicò un *pamphlet* di tredici pagine dal titolo: *Proposta per l'estensione delle formule oggi in uso in chimica allo spazio*; in esso Van 't Hoff proponeva le rivoluzionarie idee sulla concezione delle molecole come oggetti con struttura e forma tridimensionale e propose modelli di molecole organiche in cui gli atomi attorno a ciascun atomo di carbonio avevano una geometria spaziale tetraedrica [9]. Nasceva così la *stereochimica*<sup>1</sup>.

Nel 1901, fu invitato a tenere una serie di conferenze all'Università di Chicago, in occasione del decennale di quella Università. Il testo delle conferenze fu poi pubblicato in volume [6]. Nella Prefazione Van 't Hoff dichiara in sostanza che la prima conferenza, introduttiva, è dedicata a un pubblico più vasto in modo tale che possa essere compresa anche dai non addetti ai lavori [7].

In questo lavoro verranno illustrati due temi, così come esposti da Van 't Hoff nella conferenza introduttiva [8] con lo scopo di mostrarne la personalità geniale, il linguaggio semplice e chiaro e la suggestiva trattazione degli argomenti.

1. Occorre comunque ricordare che alla concezione del carbonio tetraedrico arrivò contemporaneamente ma con un diverso approccio il francese Le Bel: J.A. Le Bel, *Bull. Soc. Chim. Paris*, 1874, XXII, 337. Curioso poi che cinque anni prima il chimico italiano E. Paternò avesse proposto strutture tetraedriche per gli isomeri del 1,2-dibromoetano in una rivista italiana a scarsissima diffusione internazionale, il *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*, V, 1869.

## Sulla stereochimica

Racconta Van 't Hoff nella conferenza introduttiva [8]:

Trenta anni fa [negli anni 1872–73], quando, da giovane studente presso l'Università di Bonn ho inizialmente familiarizzato con la chimica, sotto la guida di uno dei più noti chimici, Kekulé, il maestro sostenne che *la scienza chimica aveva raggiunto un punto morto, senza visibile prospettiva di nuovo avanzamento*. In quel tempo [negli anni 1872–73] la convinzione dell'esistenza degli atomi, sebbene solo una conclusione indiretta da evidenze chimiche, sembrava essere ben fondata. La teoria molecolare, che era stata principalmente sviluppata in relazione con la fisica, aveva fornito un forte sostegno a questa convinzione. Sicchè, la formula [di struttura] dell'alcool metilico era:

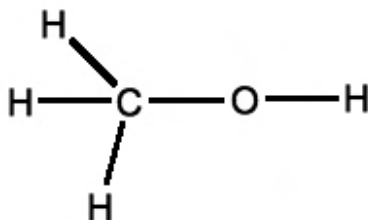


Figura 1.

Le lettere rappresentando gli atomi e i segmenti il modo in cui essi sono legati fra loro.

In effetti a queste rappresentazioni bidimensionali vennero presto affiancati modelli tridimensionali particolarmente quelli detti *balls and sticks* (palline e bastoncini) nonché il noto modello di Kekulé per illustrare la sua teoria della tetravalenza per gli atomi di carbonio<sup>2</sup>.

Continua Van 't Hoff [8]:

Comunque [i chimici] consideravano che tali simboli fossero unicamente rappresentazioni mentali o immagini su carta [prive di realtà fisica], quindi

2. “Le quattro unità di affinità [valenze] del carbonio sono disposte nella direzione degli assi esaedrici che terminano sulle facce del tetraedro” in A. Kekulé, *Bull. Soc. Chem. Paris*, III, 98, 1865; “Tuttavia i chimici ci tenevano molto a sottolineare che questi modelli non intendevano essere visualizzazioni di una qualche struttura reale ma solo strumenti didattici per spiegare strutture teoriche in modo facile e accessibile”, in: T. M. van der Speck, *Annals of Science*, 2006, 63, 157–177.

la chimica era alla ricerca di un qualche Newton che scoprisse le leggi secondo le quali gli atomi stessi sono tenuti insieme nella loro configurazione molecolare. . .

Tuttavia. . . non arrivò alcun Newton di questo tipo, ma già solo pochi anni dopo l'infelice frase di Kekulé (*una sorta di osservazione, . . . che un insegnante non dovrebbe forse mai fare davanti ai suoi allievi*) apparvero i concetti della stereochimica, dando vita a un nuovo, ma ormai ben sviluppato e vigoroso, ramo della nostra scienza. Per mezzo della stereochimica e assumendo la reale esistenza degli atomi, non solo viene descritto il loro modo di unirsi, ma vengono anche determinate le loro posizioni relative nella molecola<sup>3</sup>. La formula sopra scritta per l'alcool metilico è ora diventata un modello tridimensionale, con il carbonio al centro di un tetraedro, ai cui quattro vertici equidistanti sono situati i tre atomi di idrogeno e il gruppo ossidrilico:

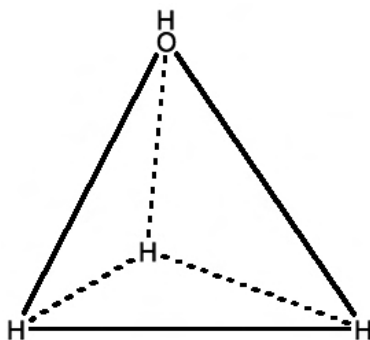


Figura 2.

A tale proposito, T.M. van der Speck osserva:

Apertamente [Van 't Hoff] suggerì che le molecole erano entità fisiche reali con struttura tridimensionale. Visualizzò questi concetti con illustrazioni, ma anche con modelli in cartone, costruiti da sé. Alcuni di questi modelli sono rimasti [sopravvissuti all'ingiuria del tempo] e sono i più vecchi modelli molecolari ancora esistenti al mondo. Di più, essi sono modelli materiali della struttura molecolare tridimensionale. [3]

In figura 3 sono mostrati alcuni modelli in cartone realizzati da Van 't Hoff.

3. veniva quindi stabilita la realtà fisica della struttura spaziale molecolare.



**Figura 3.** Esempi di modelli molecolari in cartone costruiti da Van 't Hoff (dalle collezioni del Museum Boerhaave a Leiden e del Deutsches Museum a Munich).

Riguardo la relazione fra struttura molecolare spaziale e attività ottica, Van 't Hoff scrive [8.]:

- a) ogni composto del carbonio che in soluzione ruota il piano di polarizzazione della luce contiene un atomo di carbonio asimmetrico. . . ;
- b) i derivati dei composti otticamente attivi perdono il potere rotatorio quando viene a sparire l'asimmetria di tutti gli atomi di carbonio in essi contenuti, in caso contrario esso spesso viene conservato<sup>4</sup>.

Van 't Hoff dichiarò che l'idea dell'atomo di carbonio asimmetrico nacque in lui dalla lettura di un articolo di J. Wislicenus sugli isomeri otticamente attivi dell'acido lattico e relativa ipotesi interpretativa sulla possibile differente disposizione degli atomi nella molecola [11].

Riprendendo dalla conferenza introduttiva [8]:

Tuttavia sono rimaste, e ancora rimangono, sconosciute le leggi che controllano queste posizioni relative. Forse, con il nuovo concetto di elettroni, possiamo essere sul punto di giungere a una conoscenza più chiara sulla condizione degli atomi, almeno in prossimità dello zero assoluto di temperatura.

Oggi queste leggi sono note ma vale la pena sottolineare la profondità dell'intuizione di Van't Hoff. Va infatti ricordato che la teoria

4. Tuttavia la teoria di Van 't Hoff non fu subito accettata da tutti i chimici, anzi fu oggetto di feroci controversie. Una esaustiva analisi delle difficoltà con cui la stereochimica fu generalmente recepita si trova in: H.A.M Sneyders, *J. Chem Educ.*, 1974 51, 2-7.

del legame covalente per condivisione di elettroni è di ben 15 anni più tardi, a opera del chimico statunitense G. N. Lewis [1].

In questa conferenza introduttiva, Van 't Hoff definisce per ben tre volte *unfortunate* la frase di Kekulé; è mia personale opinione che essa deve aver influenzato non poco il giovane (ventenne) Van't Hoff che probabilmente aveva già in testa un abbozzo del suo progetto fisico-chimico (ne sono prova i suoi precoci interessi per la chimica e i precedenti studi di matematica all'Università di Leida). Non è quindi da escludere che il pamphlet del 1874 [9], pubblicato un anno dopo aver assistito alle lezioni di Kekulé a Bonn sia stato anche una risposta a quel "punto morto" evocato dal maestro. Tuttavia nel 1894 Van't Hoff in retrospettiva descrisse "la stereochimica come la continuazione della teoria della valenza di Kekulé combinata con la nuova ipotesi della struttura tridimensionale delle molecole" [10]. Forse un (tardivo) riconoscimento al grande chimico tedesco.

In effetti il periodo trascorso a Bonn nel laboratorio di Kekulé fu molto scoraggiante per il giovane Van't Hoff che forse sperava di sviluppare i suoi progetti sotto la guida del fondatore della chimica organica strutturale, fu invece invitato a occuparsi di canfora e trementina, cosa che rifiutò. Si occupò comunque di chimica organica pratica giungendo a una nuova, originale, sintesi dell'acido propionico. Ciononostante Kekulé diede all'allievo una lettera piuttosto mediocre di raccomandazione quando Van't Hoff lasciò il laboratorio di Bonn, nell'estate del 1873 [12].

### **Sulla *Physical Chemistry* [Fisica Chimica/Chimica Fisica]**

A tale proposito Van' t Hoff scrive [8]:

Essa [*Physical Chemistry*] non sorse tutta in una volta: non vi è quasi branca della scienza in cui ciò accada. È cresciuta come una piccola pianta, prima all'ombra, poi, sentito il sole, si è sviluppata fino a diventare un albero colossale. Alcuni, come Duhem, si sono spinti fino a elevarla al rango di una terza scienza, accanto alla fisica e alla chimica. Altri, come Winkler e Ladenburg, sono favorevoli a assegnare alla *physical chemistry* un posto preminente entro il territorio della Chimica e che la precedente suddivisione in organica e inorganica dovrebbe essere ora fatta in tre parti. A tale proposito

è interessante notare che l'Università di Gottingen sta ora pianificando di riorganizzare il Dipartimento di Chimica in questa direzione.

È importante sottolineare che negli ultimi decenni dell'800 e nei primi del '900 gli ambiti di ricerca della Physical Chemistry erano essenzialmente termodinamica, elettrochimica e cinetica. Chimica quantistica e spettroscopia molecolare si sono aggiunte solo dopo, tanto che l'American Chemical Society iniziò la pubblicazione del Journal of Chemical Physics nel 1933, mentre il primo fascicolo del Journal of Physical Chemistry risale al 1897. A tale proposito vedi anche la nota <sup>7</sup>. Quindi, nel seguito userò *physical chemistry* come nella versione originale inglese della conferenza di Van 't Hoff.

Lasciando da parte le suddivisioni che sono spesso di natura arbitraria... vorrei [provare a] rispondere alla domanda: Che cosa ha portato la *physical chemistry* a questo livello? [libera traduzione di: *What has this physical chemistry brought to pass?* [8]]. Questa domanda può essere posta in due modi, uno generale e l'altro particolare e la risposta può essere data di conseguenza [in uno o nell'altro modo]. Nel primo caso dovrei parlare delle leggi delle trasformazioni chimiche, della velocità di reazione, dei processi elettrochimici. Ma non sono in grado di far ciò senza l'uso di formule complicate, che mi è impedito dal carattere di questa conferenza introduttiva [educational conference]. D'altra parte [la genialità del]la *physical chemistry* può essere illustrata attraverso lo studio di uno dei problemi particolari che è stata in grado di risolvere. È in questa direzione che intendo procedere per rispondere alla domanda precedente richiamando la vostra attenzione a una fra le più note e di vasta portata conquiste della *physical chemistry*... l'elucidazione e l'applicazione del concetto di pressione osmotica.

Per affrontare questo problema particolare, si prenda in considerazione l'attrazione per l'acqua mostrata da alcune ben note sostanze, come la calce viva. Se si riempie una bottiglia con questa sostanza senza chiuderla bene, la calce attirerà acqua dall'umidità dell'aria, si gonfierà, e infine, non importa quanto sia resistente la bottiglia, essa si romperà. Una forza enorme si sviluppa dall'attrazione della calce per l'acqua, così grande che non è stato possibile fare una misura esatta della pressione. Un fenomeno simile ma meno violento può essere osservato, e può essere misurato, se ci limitiamo a soluzioni diluite. Ad esempio lo zucchero, anche in soluzione diluita, mostra attrazione per l'acqua in modo marcato. Prendiamo, come ha fatto Pfeffer, una soluzione [acquosa] di zucchero all'uno per cento, e riempiamo con essa un recipiente a pareti porose, in modo da consentire il passaggio solo dell'acqua. Chiudiamo bene il recipiente e mettiamolo in un altro contenente acqua pura. Troveremo che l'acqua, attratta dalla soluzione zuccherina, passerà attraverso le pareti porose del recipiente fino



a raggiungere un dislivello fra i recipienti corrispondente a una pressione di due terzi di atmosfera a 7 °C. Questo tipo di pressione è chiamato pressione osmotica.

Vale la pena osservare in questo esempio l'abilità di Van 't Hoff nello spiegare in modo suggestivo e chiaro un fenomeno certamente di non immediata comprensione al grande pubblico.

Continua Van 't Hoff [8]:

Generalizzando, si può dire che qualunque sostanza in grado di sciogliersi attirerà il solvente. . . Allo stesso modo, la sostanza solida è attirata dal solvente e diffonde in esso quando le viene fornita una opportunità per farlo. In quest'ultimo caso la pressione osmotica appare in un'altra luce, e diventa la pressione che impedisce alle molecole indissolte di muoversi liberamente nel solvente circostante, quando è stato raggiunto lo stato di saturazione. Analogamente, le molecole di gas esercitano una pressione nella direzione di uno spazio vuoto quando una parete impedisce loro di entrarci.

La pressione osmotica è stata presa in esame già da un centinaio di anni, specialmente in relazione alla sua importanza nei processi fisiologici [ma una interpretazione ragionevole non fu trovata]. Fu trovato che ha un valore definito. All'inizio sembrò che dipendesse dalla natura della membrana, da quella della sostanza disciolta e dal solvente, ovviamente dalla concentrazione [della soluzione] e fortemente sensibile alla temperatura. Questi erano essenzialmente i fatti conosciuti sulla pressione osmotica fino al momento in cui il fenomeno fu affrontato dalla *physical chemistry*.

Il risultato fu inaspettatamente semplice. Tale che chiunque può ora calcolare la pressione osmotica (per soluzioni diluite di un non-elettrolita) a una data concentrazione e temperatura. La relazione completa è infatti:

$$P = 0.08CT$$

dove  $P$  è la pressione osmotica in atmosfere,  $T$  la temperatura assoluta e  $C$  la concentrazione ovvero il numero di grammo-molecole [ora moli] della sostanza disciolta per litro di soluzione.

Sicchè per una soluzione acquosa all'1% di zucchero a 7 °C, cioè  $T = 273^\circ\text{C} + 7^\circ\text{C} = 280$  e  $C = 10/342$  [peso molecolare relativo del saccarosio], si ottiene  $P = 0.65 \text{ atm}^5$ .

Van't Hoff mostra in questa conferenza una notevole modestia infatti la relazione  $P = 0.08CT$ , dove il coefficiente 0.08 è la costante approssimata del gas ideale  $R$ , fu ricavata da lui in base all'analogia fra soluzioni diluite e gas ideale [3].

5. in ottimo accordo con il dato sperimentale di Pfeffer,  $2/3 \text{ atm} = 0.67 \text{ atm}$ .

Riprende Van 't Hoff [8]:

Vorrei sottolineare le differenze tra i metodi della *physical chemistry* e il suo modo di procedere se confrontati con quelli della stereochimica. La prima non cerca principalmente la soluzione dei suoi problemi in base a qualsiasi concezione della natura della materia. La formula precedente [della pressione osmotica] contiene, finora, solo il peso molecolare relativo, che, per le sostanze in forma di gas è in relazione alla loro densità<sup>6</sup>. La *physical chemistry* si limita pertanto a individuare rapporti numerici tra grandezze direttamente misurabili<sup>7</sup>

Nonostante la limitazione che la *physical chemistry* impone a se stessa, vi è certamente una forte evidenza che i suoi fondamenti e la potenza che manifesta continuamente, siano in grado di risolvere quei problemi che, a causa della loro relazione diretta [con le Scienze della] alla Vita, sembrano essere i più complessi.

In questa frase della prima conferenza si può subito apprezzare il significato del titolo del volume: *Physical Chemistry in the Service of the Sciences*: utilizzando metodi chimico-fisici è possibile interpretare fenomeni appartenenti al dominio di altre Scienze. Continuando:

Già dieci anni fa, a Utrecht, [...] ho avuto l'opportunità di riferire l'importante ruolo che la pressione osmotica, la cui legge è stata elucidata dalla *physical chemistry*, gioca in molti processi degli organismi viventi... i risultati di molte ricerche fisiologiche mostrano... che la pressione osmotica regola la crescita delle piante, regola le funzioni dei globuli rossi e quindi del sangue, controlla alcune funzioni dell'occhio umano, come pure la vita di bacilli mortali tipo quelli della febbre tifoidea. Una scoperta molto importante, fatta da Loeb<sup>8</sup> [all'Università di Chicago]... è che l'atto della fecondazione di animali inferiori, come i ricci di mare, può essere in parte sostituito da un deciso aumento della pressione osmotica del liquido in cui si trova l'ovulo non fecondato, lo sviluppo parte e procede fino a che l'embrione diventa un organismo mobile.

6. Legge di Avogadro, più volte richiamata da van't Hoff nelle Conferenze, il che indica una straordinaria ammirazione di Van't Hoff per il chimico torinese.

7. Sappiamo bene che la chimica fisica contemporanea si occupa eccome della natura della materia tanto che si distinguerebbe la Chimica fisica (Chemical Physics) dalla Fisico Chimica (Physical Chemistry) nel senso che la prima studierebbe i fenomeni chimici a livello atomico-molecolare utilizzando la fisica quantistica e la fisica della materia condensata, mentre la seconda si concentrerebbe più sugli aspetti caratteristici della chimica interpretabili con metodi fisici. Tuttavia, questa distinzione è molto vaga, e i ricercatori spesso praticano entrambi gli ambiti nel corso dei loro studi.

8. Jacques Loeb (1859–1924) fu professore di fisiologia e biologia sperimentale all'Università di Chicago dal 1892 al 1899, molto famoso per essere riuscito far sviluppare embrioni da uova di riccio di mare senza sperma, modificando la composizione chimica dell'acqua.

Van't Hoff conclude la conferenza introduttiva [8] con questa frase:

Desidero terminare citando una frase dello stesso Loeb: “In nessun momento dal periodo immediatamente successivo alla scoperta della legge di conservazione dell'energia, la prospettiva per il progresso della fisiologia è apparsa così luminosa come oggi e ciò è in gran parte dovuto all'applicazione della *physical chemistry* al problema della Vita”.

## Conclusioni

Se questo breve articolo sarà riuscito a suscitare ammirazione e ulteriore curiosità per l'opera del grande chimico olandese avrà raggiunto il suo scopo.

Vorrei infine far notare che in generale e per la chimica in particolare, le teorie scientifiche vengono solitamente modificate o adattate in base a nuove scoperte o a fatti che in esse non si inquadrano, l'applicazione della termodinamica ai fenomeni chimici e le equazioni di Van 't Hoff sono a tutt'oggi rimaste inalterate<sup>9</sup>.

## Biografia essenziale

- Nasce a Rotterdam il 30 agosto 1852
- Frequenta una scuola primaria privata
- Nel 1867 si iscrive alla Scuola Tecnica riformata (HBS, Hoogere Burgerscholen) a Rotterdam. Primo della classe, scopre il suo interesse per la chimica
- Nel 1869 si sposta a Delft per completare gli studi secondari nella Scuola Tecnica di quella città. Li completa in due anni anziché in tre. È fortemente influenzato dalla filosofia positivista di A. Comte apprezzando particolarmente l'affermazione del primato della fisica matematica nelle scienze
- Nel 1872 viene ammesso all'Università di Leiden dove studia matematica, geometria analitica e fisica sperimentale. Le sue passioni sono la matematica e la chimica.

9. La termodinamica statistica, che prende in considerazione la struttura atomico-molecolare dei sistemi materiali, ha confermato i risultati della termodinamica chimico-fisica che prescinde da ogni ipotesi sulla natura microscopica di questi sistemi.

- Per approfondire gli studi di chimica si reca, nell'autunno del 1872 a Bonn dove frequenta le lezioni e il laboratorio di F.A. Kekulé von Stradonitz. Prima pubblicazione su una nuova sintesi dell'acido propionico. Resta a Bonn fino all'estate del 1873
- Continua gli studi di chimica a Parigi, nel laboratorio di A. Wurtz (dove incontra Le Bel). Resta a Parigi fino a giugno 1874, poi si iscrive all'Università di Utrecht a ultimare le ricerche per il dottorato sotto la direzione di E. Mulder
- Il 5 settembre 1874 pubblica il pamphlet *Voorstel. . . , Proposta per l'estensione delle formule oggi in uso in chimica allo spazio; insieme a un'osservazione sulla relazione fra attività ottica e struttura chimica di composti organici*
- Il 22 dicembre 1874 ottiene il dottorato in chimica discutendo la tesi: *Contributi alla conoscenza degli acidi cianoacetico e malonico.*
- Nel 1876 è insegnante-assistente di fisica alla Scuola veterinaria di Utrecht
- Nel 1877 chimico nel Collegio della Città di Amsterdam, divenuto poi Università
- Nel 1878 viene chiamato a ricoprire la Cattedra di Chimica, Mineralogia e Geologia, nella nuova Università di Amsterdam che tiene fino al 1892 (6?). In questi anni pubblica i risultati delle fondamentali ricerche di termodinamica chimica e teoria delle soluzioni diluite. Stabilisce la possibilità di determinare la massa molecolare da misure di pressione osmotica (1886)
- Nel 1887 fonda, insieme a Ostwald, la prima rivista di chimica fisica: *Zeitschrift für Physicalische Chemie*
- Nel 1893 gli viene conferita, insieme a J.A. Le Bel, la medaglia Davy della Royal Society per i suoi contributi alla stereochimica
- Nel 1896 accetta il posto di professore onorario di Chimica a Berlino dove svolge ricerche sull'origine dei sedimenti oceanici sperimentando in laboratorio (quindi su piccola scala) processi che in natura avvengono su larga scala.
- Nel 1901 gli viene assegnato il Premio Nobel per la Chimica (il primo in questa disciplina) con la motivazione: *per la scoperta delle leggi della dinamica chimica e della pressione osmotica nelle soluzioni* Nello stesso anno viene invitato a tenere una serie di conferenze all'Università di Chicago.
- Si spegne a Steglitz (Berlino) il 1 marzo 1911 a soli 59 anni

## Bibliografia

- [1] LEWIS G.N., 1916. *The atom and the molecule*, Journal of the American Chemical Society, 38, 762–785
- [2] RAMBERG P.J., SOMSEN G.J., 2001. *The Young J. H. van 't Hoff: The Background to the Publication of his 1874 Pamphlet on the Tetrahedral Carbon Atom, Together with a New English Translation*, Annals of Science, 58, 51–74.
- [3] van der Speck T.M., 2006. *Selling a Theory: The Role of Molecular Models in J. H. van 't Hoff's Stereochemistry Theory*, Annals of Science, 63, 157–177.
- [4] VAN'T HOFF J.H., 1884. *Etudes de dynamique chimique*, Amsterdam 214 pp.,
- [5] —, 1899. *Lectures on Theoretical and Physical Chemistry* tomo 2, London, p. 28–40
- [6] —, 1903 *Physical Chemistry in the Service of the Sciences*, The decennial publications of the University of Chicago, 2<sup>nd</sup> Series, Vol. XVIII; University of Chicago Press, Chicago, xviii, 126 pp.
- [7] —, op. cit. p. xiii. (traduzione italiana a opera di R.C.)
- [8] —, op. cit. p. 3–II. (traduzione italiana a opera di R.C.)
- [9] VAN'T HOFF J.H., 1874. *Voorstel tot Uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte Structuur-Formule in de ruimte; benevens een daarmee samenhangende opmerking omtrent het verband tusschen optisch acctief Vermongen en Chemische Constitutie van Organische Verbindingen* Utrecht, 13 pp.; trad francese: 1874. *Sur les formules de structure dans l'espace*, Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles, 9, p. 445–458; in edizione accresciuta: 1875. *La chimie dans l'espace*, Rotterdam, 44 pp.
- [10] VAN'T HOFF J.H., 1894. *Die Lagerung der Atome im Raume (La disposizione degli atomi nello spazio)*, 2nd edition, Brunswik, 147 pp.
- [11] WISLICENIUS J., 1873. *Über die optischaktive Milchsäure der Fleischflüssigkeit*, Annalen der Chemie und Pharmacie, 167, pp. 343–344.
- [12] —, op.cit. p.56

Rinaldo Cervellati

Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"

Università di Bologna

rinaldo.cervellati@unibo.it