

A. CIMINO (*)

Ricordo di Giuseppe Parravano (**)

E' con profonda commozione che mi accingo al compito di ricordare Giuseppe Parravano. Vorrei che questo ricordo possa non solo tratteggiare gli aspetti scientifici del suo lavoro, ma anche, nei limiti di una breve rievocazione, legare il lavoro alla sua personalità e ai diversi momenti ed ambienti da lui vissuti.

Un brevissimo richiamo biografico. Nato a Firenze nel 1917, figlio di Nicola Parravano, e quindi vicino, anzi dentro il mondo scientifico e tecnico italiano, la via inizialmente intrapresa è quella della ingegneria elettrotecnica, in cui si laurea nel 1940. I suoi interessi erano però verso la chimica, e in chimica si laurea nel 1941. Pur nelle difficoltà del momento iniziò la sua attività di ricerca. I primi suoi due lavori, sui multistrati e sulla catalisi di idrogenazione (brevetto con G. Natta), indicano già i settori che furono poi al centro della sua ricerca: proprietà chimico-fisiche dei materiali e catalisi eterogenea.

Erano anni difficili, nei quali innumerevoli problemi interferivano con il desiderio di svolgere attività di ricerca. Un problema vitale era far uscire l'Italia dall'isolamento scientifico, e un ruolo eminente lo ebbero i soggiorni di giovani ricercatori negli Stati Uniti. Tra essi, Giuseppe Parravano, che nel 1946 si recò a Princeton, dove operava H.S. Taylor, un nome prestigioso nel campo della catalisi. In questo ambiente Giuseppe Parravano ebbe la sua seconda e più profonda formazione, dopo gli anni iniziali italiani. E negli Stati Uniti rimase, prima a Princeton, poi in altre Università come potremo ricordare, fino alla prematura scomparsa nel 1978.

Per comprendere la personalità di Giuseppe penso essenziale fermarsi brevemente sul suo periodo iniziale a Princeton, anche perché avendolo conosciuto

(*) Ordinando di Chimica Generale ed Inorganica, Università di Roma « La Sapienza », Roma.

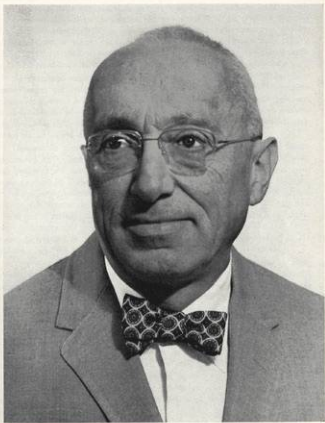
(**) Relazione presentata al Convegno sullo sviluppo della Scienza dei Metalli in occasione della celebrazione del centenario della nascita di Nicola Parravano (Roma, 6 novembre 1984).

in quegli anni mi è sempre vivo il ricordo dell'amore per il suo lavoro, e del suo entusiasmo, che furono una costante sempre presente in tutti gli anni fino alla prematura scomparsa.

Negli anni dal 1947 al 1950 troviamo nella produzione scientifica (che può dirsi inizi proprio allora) tre argomenti: un lavoro di catalisi, reazione di scambio metano-deuterometano (1948), uno studio della reattività di solidi, tra gli ossidi di magnesio e cromo (pubblicato poi nel 1952), e infine un gruppo di lavori che riguardavano studi di polimerizzazione indotta da radicali dovuti a reazioni catalitiche, come ad esempio la polimerizzazione del metilmetacrilato indotta da idrazina su palladio (1950), da acido formico su Pt, nonché studi di reazioni a catena indotti da enzimi (1951). Ho voluto fare un cenno particolare a questi ultimi lavori, sia perché di notevole importanza per l'epoca, sia perché emblematici degli interessi e della via seguiti da Giuseppe. Questi studi erano per così dire fuori della via consueta degli studi di polimerizzazione, campo che mostrava già la sua potenzialità e il suo interesse scientifico e applicativo. Nei suoi studi Giuseppe metteva in evidenza non solo l'aspetto legato alla polimerizzazione, ma anche l'esistenza di radicali e di specie instabili sulla superficie di un solido, amplificati per così dire dalla reazione di polimerizzazione. Vi furono negli anni successivi altri studi improntati alla stessa filosofia, ma certamente quelli di Giuseppe furono tra i primi. Ebbi per caso occasione di assistere a un dialogo tra lui e Taylor, data la difficoltà incontrata per la pubblicazione. Taylor lo incoraggiava, e diceva che a volte si hanno difficoltà a convincere il mondo scientifico, non perché siano errati gli esperimenti o non difendibili le deduzioni, ma perché la loro originalità li rende prematuri. Queste vicende tratteggiano un lato caratteristico spesso presente nel lavoro scientifico di Giuseppe: la sua originalità, fuori della corrente principale di ricerca, per combattere il rischio di scendere nella moda. Avrà modo di ricordare altri casi in cui a posteriori ci si è accorti della intuizione presente nei suoi studi o più semplicemente della attualità di quesiti da lui posti e a cui egli lavorava. Emerge anche già nei primi anni l'interesse a impadronirsi di tecniche nuove con la mira di utilizzarle nella soluzione di problemi non solo di base ma anche applicativi.

Naturalmente, Giuseppe non poteva non vedere l'importanza della problematica fondamentale che si stava affermando in quegli anni: la relazione tra attività catalitica (e reattività in genere) di un solido con la sua struttura, in particolare con le proprietà elettroniche. A questa problematica sono dedicati alcuni suoi lavori molto significativi, quelli gli studi sulla cinetica di riduzione dell'ossido di nichel a semiconducibilità controllata, l'ossidazione catalitica di CO, sempre su ossido di nichel, e lo scambio idrogeno deuterio su ossido di zinco. Da citare l'importante lavoro critico di rassegna e messa a punto, scritto con M. Boudart, e apparso nel 1955.

Nell'ambito della ampia problematica sopra ricordata emergeva anche la esigenza di un approfondimento delle proprietà dei materiali impiegati in ca-



Giuseppe Pattavano

talisi quali catalizzatori modello. Giuseppe, con grande entusiasmo, e direi anche coraggio, approfondì alcuni aspetti in ricerche che ancora oggi colpiscono per l'originalità della progettazione che teneva conto da un lato dei limiti imposti dal sistema e dall'altro dalla esigenza di un trattamento il più possibile rigorosa e fisicamente accettabile. Cito solo gli studi sul potere termoelettrico (1955), sul magnetismo, e, infine, gli studi sulla sinterizzazione di ossidi: ZnO (1959), TiO₂ (1960), sui quali si tornerà in seguito. In tutti questi studi si accompagna la intuizione chimica all'impiego di una adeguata trattazione matematica.

Se guardiamo oggi, a distanza di tanti anni, la produzione di allora, rimaniamo colpiti nel vedere iniziata già in quegli anni la ricerca e l'approfondimento su sistemi prossimi ai catalizzatori industriali, ricerca svolta non mediante uno studio routinario di condizioni operative di preparazione o di reazione per la ricerca delle migliori condizioni, ma con lo spirito di affrontare il problema da un punto di vista di base.

Iniziano in questi anni lo studio sul rutenio supportato, e il primo lavoro appare nel 1957. Vorrei sottolineare due aspetti: a) l'aspetto chimico, connesso alla posizione del rutenio nel sistema periodico, e a tutto ciò che detta posizione implica; b) l'aspetto applicativo, con il problema del ruolo del supporto, che viene esplicitamente riconosciuto da Giuseppe. Nello studio sulla idrogenazione del benzene su metalli supportati su allumina (Ru, Rh, Pd, Pt) egli nota che se per i metalli puri è possibile dedurre il ruolo della struttura a bande, per quelli supportati il problema è reso complesso dal supporto che può fortemente influenzare le proprietà chimiche del metallo. Una affermazione la cui portata è oggi più chiara e che riceve ancora oggi la massima attenzione.

Avevo accennato all'inizio sull'importanza del periodo trascorso a Princeton. Negli ultimi anni di permanenza a Princeton egli aveva svolto compiti organizzativi fuori dell'Università, e precisamente presso il Franklyn Institute di Philadelphia (1952) e presso il Forrestal Center dell'Università di Princeton (1954). Nel 1955 si sposta a Notre Dame, Indiana, quale professore presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica. Nel 1958 raggiunge la sua sede definitiva di Ann Arbor, Michigan, quale professore di « Chemical and Materials Engineering » una qualifica che rende molto bene la interdisciplinarietà dei suoi interessi. Inizia qui un intenso e fruttifero lavoro in cui sviluppa i temi affrontati in precedenza, con la collaborazione di ricercatori anche stranieri, inclusi italiani, e con contatti scientifici con laboratori esterni. Sarebbe ora difficile, con circa 80 lavori pubblicati dal 1958 in poi, poter menzionare una scelta sufficientemente ampia delle singole ricerche. Pertanto mi limito ad alcune considerazioni generali e a qualche esempio.

Lo studio della catalisi eterogenea a partire dagli anni che vanno a cavallo del 2° Congresso Internazionale di Catalisi (Parigi 1960) vedeva da un lato entrare l'impiego di tecniche fisiche più sofisticate, spesso su sistemi semplici presi come modello, dall'altro poteva registrare una estensione di studi di base su sistemi più complessi, vicini, o uguali a quelli impiegati nell'industria. La for-

mazione scientifica di Giuseppe, il gusto di applicare le leggi della fisica e lo strumento matematico, certo allora meno comuni di adesso, unitamente alla sua innata curiosità scientifica e all'entusiasmo che non lo facevano recedere di fronte a difficoltà di ogni genere, sono stati fattori che rendono conto della varietà degli studi, della ricchezza immaginativa, del fatto, ben poco frequente, che molti lavori sono svolti materialmente da solo o con limitato aiuto sperimentale.

In sintesi, possiamo riconoscere cinque campi specifici principali: a) studi di polimerizzazione elettrochimica, b) studi di sinterizzazione, c) studi di adsorbimento, d) studi cinetici sulla natura dei siti e sui meccanismi, e infine e) studi di reazioni catalitiche su metalli supportati. Darò un breve cenno ad alcuni di questi campi, e qualche esempio specifico.

Ricorderò solo con poche parole il campo della polimerizzazione elettrochimica a). Già citato all'inizio, il campo della polimerizzazione era visto non in chiave tecnologico e preparativo, ma come ricerca di base, anche se gli studi e i risultati avevano anche risvolti di interesse applicativo, che emergono dai singoli lavori (quasi 20 in totale) pubblicati a partire dal 1950 ma proseguiti in modo intenso dal 1964 in poi.

La sinterizzazione b) è un fenomeno che interessa tutti i sistemi particellari, ed è quindi di interesse anche per la catalisi eterogenea. Il meccanismo dipende dal particolare sistema, e solo un accurato studio chimico fisico, che tenga presente la chimica delle superfici, può arrivare a descrivere le cause e i meccanismi. In questo campo possiamo notare gli studi della sinterizzazione di ZnO (1959) TiO₂ (1960 e 1966) ZnO (1963), Pt (1970 e 1975). Scientificamente la base di questi studi è comune ad altri aspetti della termodinamica delle superfici e degli stati difettivi, già oggetto di precedenti ricerche, e continuati con le ricerche del settore c) quali lo studio del sistema ossigeno-ossido di cobalto (1965), tanto per citarne specificamente uno.

Il gruppo d) di studi cinetici e meccanismi, meriterebbe un esame più approfondito di quanto sia ora possibile, perchè è un esempio di quegli studi fuori della normale corrente di ricerca per cui solo con il passare degli anni si riesce ad apprezzarne la portata e l'originalità. Di particolare importanza concettuale la proposta di impiegare il metodo del tempo di rilassazione anche per i sistemi eterogeni, per lo studio dei passi elementari e cineticamente significativi (1969). Il metodo comporta l'impiego di traccianti isotopici, e le difficoltà tecniche hanno finora permesso l'applicazione a un numero limitato di casi. Negli ultimi anni la trattazione teorica e la sua portata sono di nuovo oggetto di attenzione, e sono convinto che il lavoro di Giuseppe in questo campo troverà ulteriore apprezzamento.

Collegata a questa linea di studio è la trattazione cinetica del trasferimento di atomi e di gruppi. Il trasferimento dell'ossigeno su superfici di ossidi, iniziato con studi di trasferimento tra CO e CO₂ su TiO₂ (1968) è esaminato in una importante rassegna nel 1970, ed è applicato a diversi sistemi tra i quali è da ricordare l'oro disperso, di cui si parlerà ancora nell'ultimo gruppo.

Di notevole interesse l'estensione del metodo a sistemi più complessi, quali il trasferimento di idrogeno tra cicloesano ed esano (1971), reazione che coinvolge la rottura dell'anello, e che si dimostra più difficile del trasferimento tra benzene e cicloesano. O infine lo studio di trasferimento dell'alchile nelle alchilazioni, per esempio benzene-toluene, benzene-etilbenzene, toluene-xileni (1972).

Anche il gruppo e) richiederebbe tempo, sia per la sua ampiezza che per la sua importanza. Dell'importanza dei sistemi supportati quali catalizzatori « reali » ho avuto modo di parlarne a proposito dei primi studi svolti. Mi limiterò pertanto a ricordare alcuni esempi. Questo è un settore in cui Giuseppe era molto impegnato negli ultimi anni, e la sua improvvisa scomparsa ha troncato una attività in pieno svolgimento, come mostrato dal fatto che ben nove pubblicazioni nel campo sono apparse dopo la sua scomparsa grazie all'opera dei suoi collaboratori.

Gli studi di catalizzatori composti da metalli supportati includevano sia gli aspetti di caratterizzazione che quelli cinetici. Un esempio è offerto dagli studi sull'oro supportato.

L'oro, cataliticamente inerte in condizioni massive, mostra interessanti proprietà allo stato disperso. Questa osservazione poneva due quesiti: a) ruolo del metallo; b) ruolo del supporto. Già nel 1968 appare il primo studio Mössbauer su oro supportato e disperso, incominciando una serie di indagini che costituiscono un esempio ammirevole della estensione e profondità delle ricerche da lui condotte. Citiamo di nuovo lo studio del trasferimento di ossigeno (1970), trasferimento di idrogeno tra benzene e cicloesano (1970), trasferimento di ossigeno tra etilene e ossido di etilene, e paragone tra Ag, Au, ossidi di V, e molibdato di bismuto (1971) (sistemi di ovvia rilevanza applicativa nel campo delle ossidazioni selettive) fino al trasferimento di ossigeno tra propilene e ossido di propilene (1974) e agli studi sulla reazione $H_2 + NO$ (1978) e a quelli sulle leghe e sulla caratterizzazione EXAFS. Colpisce sempre in questi studi il desiderio di rigore, il non cedere alla ricerca ovvia anche se facile, l'assoluta affidabilità delle osservazioni e la serietà di conduzione, requisiti primi per un vero scienziato.

Avevo premesso che non era possibile esaminare in maggiore profondità il contributo di Giuseppe Parravano, ma vorrei sintetizzare un commento su quanto da lui fatto con parole non mie. Nel 1972 gli veniva assegnato un premio molto significativo, quello dell'American Institute of Chemical Engineers. Tra le altre parole nella motivazione leggiamo: « Grazie al suo lavoro sperimentale e ai suoi approfonditi lavori di rassegna ha contribuito ad aprire la strada e a promuovere l'impiego di metodi sperimentali nuovi o insoliti per lo studio della cinetica chimica e della reattività sulle superfici di solidi ». E in altra parte conclusiva della motivazione: « Egli impersona le solide tradizioni della ricerca nella ingegneria chimica, mediante il suo continuo sforzo per portare nuove conoscenze e tecniche oltre le frontiere delle scienze fondamentali ».

Credo che uno sguardo all'opera di Giuseppe non sarebbe completo senza ricordare il legame che ha sempre sentito con l'Italia, e l'amore verso la cultura europea in generale e italiana in particolare. Un segno di questo è stata l'apertura a collaborazione con ricercatori italiani, sia dell'Università che dell'industria, come può essere rilevato dalle sue pubblicazioni.

Concludo qui queste brevi annotazioni in ricordo di Giuseppe Pazzavano. Certo che non ho potuto rendere i contenuti specifici dei suoi studi, ma penso che dal ricordo della sua vita scientifica traspaia l'impegno costante, l'amore per il suo lavoro, che poggiavano su una solida base di serenità e di fede.

PUBBLICAZIONI DI GIUSEPPE PARRAVANO

- MATTEI G.F. e PARRAVANO G. (1943) - *Ricerche sui maltratti*. «Annali Chim.», 292.
- NAYTA G. e PARRAVANO G. (1942) - Brevetto per l'invenzione industriale n. 397287. Procedimento per la idrogenazione selettiva catalitica di composti organici contenenti triplo legame (acetilénico) a composti contenenti doppio legame (olefinico).
- (1945) - Brevetto per l'invenzione industriale n. 409012. Procedimento per trasformare in fase gassosa composti organici a legame acetilénico in composti a legame olefinico mediante idrogenazione selettiva.
- PARRAVANO G. (1948) - *Spettrometria di massa*. «La Chimica e l'Industria», 30, 46.
- (1948) - *Gli isotopi stabili, analisi ed applicazioni chimiche*. «La Chimica e l'Industria», 30, 201.
- (1948) - *La separazione degli isotopi stabili*. «La Chimica e l'Industria», 30, 296.
- PARRAVANO G., HAMMILL E.F. e TAYLOR H. S. (1948) - *The Exchange Reaction between Methane and Deuteromethane on Silica-Alumina Cracking Catalysts*. «JACS», 70, 2269.
- PARRAVANO G. (1950) - *Polymerization Induced by Catalytic Decomposition of Hydrazine at Palladium Surfaces*. «JACS», 72, 3856.
- (1950) - *Polymerization Induced by Catalytic Decomposition of Formic Acid at Platinum Surfaces*. «JACS», 72, 3546.
- (1951) - *Chain Reactions Induced by Enzymic Systems*. «JACS», 73, 183.
- (1951) - *Polymerization Induced by Hydrogen in Metals*. «JACS», 73, 628.
- (1952) - *The Reduction of Nickel Oxide by Hydrogen*. «JACS», 74, 1194.
- (1952) - *Ferroelectric Transitions and Heterogeneous Catalysis*. «J. Chem. Physics», 20, 342.
- GINIHO A. e PARRAVANO G. (1952) - *Production of Nickel Carbide by Decomposition of n-Hexane on Metallic Nickel*. «J. Chem. Physics», 36, 706.
- PARRAVANO G. (1952) - *The Solid State Reaction between Magnesium and Chromium Oxides*. «JACS», 74, 6123.
- (1953) - *The Catalytic Oxidation of Carbon Monoxide on Nickel Oxide. I. Pure Nickel Oxide*. «JACS», 75, 1448.
- (1953) - *The Catalytic Oxidation of Carbon Monoxide on Nickel Oxide. II. Nickel Oxide Containing Foreign Ions*. «JACS», 75, 1452.
- (1953) - *Catalytic Activity of Lanthanum and Strontium Manganite*. «JACS», 75, 1497.
- MOLINARI E. e PARRAVANO G. (1953) - *The Hydrogen-Deuterium Exchange Reaction on Zinc Oxide Catalysts*. «JACS», 75, 5233.
- PARRAVANO G. (1954) - *Struttura difettiva e proprietà catalitiche degli ossidi metallici non stechiometrici*. «La Chimica e l'Industria», 36, 10.
- (1954) - *Radicali liberi e catalisi eterogenea*. «La Chimica e l'Industria», 36, 85.
- (1955) - *Formazione di atomi e radicali liberi durante la corrosione dei metalli*. «Rendiconti della Società Nazionale di Scienze, Lettere ed Arti in Napoli», 20, 1.
- (1955) - *Thermoelectric Behavior of Nickel Oxide*. «J. Chem. Physics», 23, 5.
- PARRAVANO G. e BOUNDARY M. (1955) - *Chemisorption and Catalysis on Oxide Semiconductors*. «Advances in Catalysis», 7, 47.

- PERAZIS N., SERRES A., PARRAVANO G. e WUCHER J. (1956) - *Ferromagnétisme induit, nettement caractérisé, par addition d'ions lithium dans l'oxyde de nickel.* « C. r. Ac. Scien. », 242, 1275.
- GONZALES O.D. e PARRAVANO G. (1956) - *Heats of Adsorption of Oxygen on Nickel, Platinum and Silver.* « JACS », 78, 4533.
- PERAZIS N., SERRES A., PARRAVANO G. e WUCHER J. (1956) - *Ferromagnétisme induit, nettement caractérisé, par addition d'ions lithium dans l'oxyde de nickel.* « C. r. Ac. Sc. », 242, 1.
- PARRAVANO G. e DOMENICELLI C.A. (1957) - *Thermoelectric Behavior of Solid Particulate Systems. Nickel Oxide.* « J. Chem. Physics », 26, 359.
- BORTNER M.H. e PARRAVANO G. (1957) - *Heats of Chemisorption of Oxygen on Palladium and Palladium Silver Alloys.* « Advances in Catalysis », 9, 424.
- AMANO A. e PARRAVANO G. (1975) - *The Vapor-Phase Hydrogenation of Benzene on Ruthenium Rhodium, Palladium, and Platinum Catalysts.* « Advances in Catalysis », 9, 716.
- BOUDART M.J. e PARRAVANO G. (1975) - *Chemisorption and Surface Catalysis.* « Ind. Eng. Chem. », 49, 611.
- PARRAVANO G. (1977) - *Carbon Monoxide-Steam Reaction on Ruthenium Catalysts.* « Ind. Eng. Chem. », 49, 266.
- BOUDART M.J. e PARRAVANO G. (1958) - *Heterogeneous Catalysis.* « Ind. Eng. Chem. », 50, 486.
- PERAZIS N., WUCHER J., PARRAVANO G. e WINDLING R. (1958) - *Rémanence thermomagnétique reproductible dans l'oxyde de nickel et les alliages PdMn et GeSn.* « C. r. Ac. Sc. », 246, 303-7.
- CLOPP P.P. e PARRAVANO G. (1958) - *The Decomposition of Hydrogen Peroxide on Antimony and Bismuth Alloys.* « J. Phys. Chem. », 62, 1055.
- REHAUME L. e PARRAVANO G. (1958) - *Decomposition Kinetics of Nitrous Oxide on α -Manganese Sesquioxide.* « J. Phys. Chem. », 63, 264.
- PARRAVANO G., FRIEDRICK H.G. e BOUDART M. (1959) - *The Slow Step in Chemisorption. The Possible Role of the Solid Adsorbent. II.* « J. Phys. Chem. », 63, 1344.
- PERAZIS N., WUCHER J., SERRES A. e PARRAVANO G. (1957) - *Comportement Magnétique de l'Oxyde de Nickel entre 80 et 1500° K.* « Centre National de la Recherche Scientifique. Commémoration de l'oeuvre de Pierre Weiss », 159.
- PERAZIS N., WUCHER J. e PARRAVANO G. (1959) - *Propriétés magnétiques du système $Ni_{1-x}Li_xO$ entre 80 et 300° K.* « C. r. Ac. Sc. », 248, 2506.
- LEE V.J. e PARRAVANO G. (1959) - *Sintering Reactions of Zinc Oxide.* « J. App. Physics », 30, 1735.
- PARRAVANO G. (1960) - *Chemical Sintering of Bortbolide Compounds.* « Reactivity of Solids. 4th International Symposium », 83.
- O'BRYAN H.M. e PARRAVANO G. (1960) - *Sintering of Titanium Dioxide.* « Powder Metallurgy », 191.
- PERAZIS N. e PARRAVANO G. (1960) - *Ferromagnétisme reproductible à volonté dans le domaine d'impureté stoechiométrique de l'oxyde de nickel.* « C. r. Ac. Sc. », 250, 677.
- PARRAVANO G. (1961) - *Surface Heterogeneity: A Modern version.* « Gazz. Chim. Ital. », 91, 467.
- MORENO V. e PARRAVANO G. (1961) - *The catalytic dehydrogenation of *n*-decanol to *n*-decanal.* « Gazz. Chim. Ital. », 91, 479.
- PARRAVANO G. (1962) - *Reactions in the solid state.* « G&EN », 111.

- BORTNER M.A. e PARRAVANO G. - *Chemisorption Enthalpy of Oxygen on Ruthenium Surfaces*.
PARRAVANO G. (1963) - *Catalyst*. «J. of Catalysis», 2, 301.
- SQUIRES R.G. e PARRAVANO G. (1963) - *The Hydrogen-Deuterium Exchange Reaction on Cobalt Ferrite*. «J. of Catalysis», 2, 324.
- NORRIS L.F. e PARRAVANO G. (1963) - *Sintering of Zinc Oxide*. «J. American Ceramic Society», 46, 449.
- BRUNNICK J.A. e PARRAVANO G. (1963) - *The Distribution of Reaction Rates and Activation Energies on Catalytic Surfaces: Exchange Reaction between Gaseous Benzene and Benzene Adsorbed on Platinum*. «J. Catalysis», 2, 380.
- RUBIN A.M. e PARRAVANO G. (1964) - *Zone Fractionation of Cyclohexane-Rich Polystyrene - Cyclohexane Solid Solutions*. «J. App. Polymer Science», 8, 565.
- SPERGLMAN P.P. e PARRAVANO G. (1964) - *Heterophase Polymerization of 4-Vinylpyridine with Butyllithium*. «J. Polymer Science», 2, 2245.
- PARRAVANO G. (1964) - *Ideal and non-ideal adsorption thermodynamics*. «C.N.R.», 31.
— (1964) - *Some recent patterns in catalytic kinetics*. «C.N.R.», 65.
— (1964) - *The Chemical Reactivity of Solids*. «Ind. Eng. Chem.», 56, 37.
- OTTO F.D. e PARRAVANO G. (1964) - *Polymerization of Styrene using $TiCl_3-Al(C_2H_5)_3$ and $VCl_3-Al(C_2H_5)_3$ Catalysts*. «J. of Polymer Science», 2, 5131.
- SOMMERFIELD J.T. e PARRAVANO G. (1965) - *Oxygen Chemisorption on Ruthenium Dioxide*. «J. Phys. Chem.», 69, 102.
- MC CARTY W.H. e PARRAVANO G. (1965) - *Polymerization of Vinylcyclohexane with $TiCl_3-Al(C_2H_5)_3$ Catalysts*. «J. Polymer Science», 3, 4029.
- O'BRYAN H.M. e PARRAVANO G. (1964) - *The Univalent Equilibrium between the Oxides of Cobalt*. «Reactivity of solids. 5th International Symposium», 256.
- LAUREN D. e PARRAVANO G. (1966) - *Electrochemical Polymerization of 4-Vinylpyridine in Liquid Ammonia*. «Polymer Letters», 4, 797.
- PARRAVANO G. (1966) - *Surface Models in Heterogeneous Catalysis*. «Ind. Eng. Chem.», 58, 45.
- O'BRYAN H.M. Jr. e PARRAVANO G. (1966) - *On the Sintering of Single Crystal Rutile*. «Mater. Sci. Eng.», 1, 177.
- HWANG SEONG T. e PARRAVANO G. (1967) - *Transient Response of Chemically Interacting Solid-Gas Systems. I. Theoretical Considerations*. «J. Electrochem. Soc.», 114, 478.
— (1967) - *Transient Response of Chemically Interacting Solid-Gas Systems. II. Reduction Oxidation Reactions on Cobalt Ferrite*. «J. Electrochem. Soc.», 114, 482.
- PARRAVANO G. (1967) - *Surface Models in Heterogeneous Catalysis. The Synthesis of Ammonia and the Conversion of Carbon Monoxide*. «Journal of Catalysis», 8, 29.
- SCHIEGER T.J. e PARRAVANO G. (1967) - *The low temperature oxidation of ammonia over a supported ruthenium catalyst*. «Chem. Eng. Sc.», 22, 1067.
- LAUREN D. e PARRAVANO G. (1968) - *The Electrochemical Polymerization of 4-Vinylpyridine in Liquid Ammonia*. «J. Polymer Sci.», 22, 103.
— (1968) - *Polymerization of 4-Vinylpyridine by Sodium in Liquid Ammonia*. «J. Polymer Sci.», 6, 1047.
- PARRAVANO G. (1968) - *Chemical Relaxation of Heterogeneous Catalytic Processes*. «J. of Polymer Science», 6, 1050.
— (1968) - *Topochemical Aspects of the Surface Reactivity of Cobalt Ferrite*. «4th Int. Congr. on Catalysis, Moscow», 1.

- DELGEE W.N., BOUDARY M. e PARRAVANO G. (1968) - *Mössbauer Spectroscopy of Supported Gold Catalysts*. « J. Phys. Chem. », 72, 3563.
- CHIA D.Y., PARRAVANO G. (1968) - *Catalytic Oxygen Transfer between CO and CO₂ on TiO₂*. « J. Catalysis », 11, 228.
- PARRAVANO G. (1968) - *Catalytic Hydrogen Transfer between Cyclohexane and Benzene*. « J. Catalysis », 11, 269.
- (1968) - *Reactivity Inversion in the NiO-O₂ System*. « J. of catalysis », 11, 355.
- PARRAVANO G. e LAURIN D.G. (1969) - *Kinetics of Polymerization Processes. PART I. 65th National meeting Cleveland Ohio*, 1.
- PARRAVANO G. (1970) - *Equilibrium Hydrogen Transfer between Benzene and C₆ Hydrocarbons over Supported Metal Catalysts*. « J. of Catalysis », 16, 1.
- (1969) - *Chemical relaxation of Surface Reactions*. « Catalysis Reviews », 3, 207.
- (1969) - *New Frontiers in Catalytic Kinetics*. « *Chimica e Industria* », 51, 937.
- CHIA D.Y. e PARRAVANO G. (1970) - *Surface Reactivity of Supported gold. I. Oxygen Transfer between CO and CO₂*. « J. Catalysis », 18, 200.
- PARRAVANO G. (1970) - *Surface Reactivity of Supported Gold. II. Hydrogen Transfer between Benzene and Cyclohexane*. « J. Catalysis », 18, 320.
- BHADANI S.N. e PARRAVANO G. (1970) - *Electrochemical Anionic Polymerization of 4-Vinylpyridine in Pyridine*. « J. Polymer Science », 8, 225.
- NOBES L.F. e PARRAVANO G. (1969) - *Effect of the Gas Atmosphere upon the Sintering of Platinum Microspheres*.
- (1969) - *Reactive Mass Transport in Platinum*. « *Reactivity of Solids* », 149.
- PARRAVANO G. (1969) - *Topochemical Aspects of the Catalytic Activity of Oxide Surfaces*. « *Surface Science* », 13, 265.
- (1970) - *Equilibrium Oxygen Transfer at Metal Oxide Surface*. « *Catalysis Reviews* », 4, 53.
- (1969) - *Influence of Impurities on Catalytic and Electronic Properties of Semiconductors*. « *Symposium on Electronic Phenomena in Chemisorption and catalysis on Semiconductors. Moscow 1968* », 111.
- CHIA D.Y. e PARRAVANO G. - *Oxygen Transfer Steps in Catalytic Oxidations*. « *Report. Dept. Chem. Met. Eng.* », 1.
- PARRAVANO G. (1971) - *Hydrogen Transfer Steps in the Catalytic Hydrogenolysis of Cyclohexane*. « *J. Catalysis* », 22, 96.
- MANARA G. e PARRAVANO G. (1971) - *Catalytic Oxygen transfer between Ethylene and Ethylene Oxide*. « *J. Catalysis* », 23, 379.
- PARRAVANO G. (1972) - *Alkyl Transfer Steps in the Catalytic Alkylation of Benzene, Toluene and Cyclohexane*. « *J. Catalysis* », 24, 233.
- GODDARD J.D. e PARRAVANO G. (1974) - *A Note on a Statistical-Mechanical Treatment of Activation-Limited Surface Diffusion*. « *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* », 1, 57.
- MANARA G. e PARRAVANO G. (1974) - *Catalytic Oxygen Transfer Between Propylene and Propylene Oxide*. « *J. Catalysis* », 32, 72.
- BASSI I.W., LITTLE F.W. e PARRAVANO G. (1976) - *Chemical reactivity of Supported Gold. III. Atomic Binding and Coordination of Gold from X-Ray Absorption Fine Structure Spectroscopy*. « *J. Catalysis* », 42 139.
- GARRASSI F., PETRINE G., PUZZI L., BENZISEK G. e PARRAVANO G. (1977) - *An AES Study of the Surface Composition on the Cobalt Ferrites*. « *Surface Science* », 68, 286.

- BENEDEK G. e PARRAVANO G. (1978) - *Study of the Equilibrium Surface Composition of $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_{2x}\text{O}_3$* . « J. Phys. Chem. Solids », 39, 637.
- (1978) - *Study of the Equilibrium Surface Composition of $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_{2x}\text{O}_3$* . « J. Phys. Chem. Solids », 39, 645.
- GOODWIN J.G. e PARRAVANO G. (1977) - *Contamination in vacuum-evaporated iron films by conversion electron Mössbauer spectroscopy*. « J. Vac. Sci. Technol. », 14, 1157.
- GARRASSI F. e PARRAVANO G. (1978) - *Surface Composition and Oxygen Chemisorption on Ag-Pd Alloys*. « Surface Science », 71, 42.
- GOODWIN J.G. Jr. e PARRAVANO G. (1978) - *Decarburization of Iron films by Hydrogen. A Conversion Electron Mössbauer Spectroscopic Study*. « J. Phys. Chem. », 82, 1040.
- GALVAGNO S. e PARRAVANO G. (1978) - *Chemical Reactivity of Supported Gold. IV. Reduction of NO by H_2* . « J. Catalysis », 55, 178.
- FUKUSHIMA T., GALVAGNO S. e PARRAVANO G. (1979) - *Notes. Oxygen Chemisorption on Supported Gold*. « J. Catalysis », 57, 177.
- GALVAGNO S. e PARRAVANO G. (1979) - *Supported Au-Pt Catalysts. Characterization and Hydrogen Transfer Activity between Benzene and Cyclohexane*. « J. Catalysis », 57, 272.
- SCHIFFANK J., GALVAGNO S. e PARRAVANO G. (1980) - *Isotopic Oxygen Exchange on Supported Ru and Au Catalysts*. « J. Catalysis », 63, 415.
- BARRI I.W., GARRASSI F., VLAIC G., MARZI A., TAUSZIK G.R., COCCHI G., GALVAGNO S. e PARRAVANO G. (1980) - *Bimetallic Ruthenium-Gold on Magnesia Catalysts: Chemico-physical Properties and Catalytic Activity*. « J. Catalysis », 64, 405.
- GALVAGNO S., SCHIFFANK J., PARRAVANO G., GARRASSI F., MARZI A. e TAUSZIK G.R. (1981) - *Bimetallic Ru-Au Catalysts: Effect of the Support*. « J. Catalysis », 69, 283.