

# IL LABORATORIO DI CHIMICA DELLE RADIAZIONI E CHIMICA NUCLEARE "FRANCESCO GIORDANI"

Quando nel 1960 fu deciso di costituire nell'ambito del CNEN il Laboratorio di Chimica delle Radiazioni e Chimica Nucleare, con il compito di condurre ricerche fondamentali di chimica di interesse nucleare, si intese adeguare l'organizzazione della ricerca chimica del CNEN a quella dei Paesi più progrediti nel campo nucleare. Infatti in questi Paesi accanto alle varie unità di ricerca applicata e tecnologica (Chimica Industriale, Ingegneria Chimica, Materiali, Metallurgia, etc.) esistevano delle unità aventi come solo scopo quello della ricerca fondamentale in chimica. Dal 1960 ad oggi queste unità di ricerca fondamentale sono state sempre più potenziate in quanto si è rilevato che lo sviluppo della ricerca applicata, e quindi della tecnologia, era limitato dalla mancanza di conoscenze fondamentali in alcuni campi della chimica che erano stati aperti o enormemente sviluppati dal progredire delle scienze nucleari.

Il Laboratorio è stato ospitato fin dalla sua istituzione nell'Istituto di Chimica dell'Università di Roma onde realizzare una più stretta collaborazione con l'ambiente Universitario, collaborazione che era suggerita dall'affinità di impostazione dei problemi di ricerca.\*

## ATTIVITÀ SCIENTIFICA

Le grandi linee di ricerca impostate nel 1960 sono state continuate in tutti questi anni di attività ed esse hanno così mostrato, pur nel continuo aggiornamento dei loro temi particolari, la loro validità. Esse sono:

- lo studio degli effetti chimici delle radiazioni ionizzanti;
- lo studio delle reazioni fotonucleari;

lo studio delle proprietà chimiche e chimico-fisiche di sistemi e di composti di alto interesse nelle tecnologie nucleari.

I risultati di queste ricerche sono stati l'oggetto di 195 pubblicazioni scientifiche, gran parte delle quali su riviste ad ampia diffusione internazionale. Conseguentemente l'attività del Laboratorio è ben conosciuta in Italia ed all'estero e del suo prestigio scientifico sono testimonianza i numerosi riconoscimenti che compaiono nella letteratura scientifica.

\* Data la natura delle ricerche, il CNR ha contribuito alle spese di gestione del laboratorio in forma parziale fino al 1966. Dal 1° gennaio 1967 il laboratorio è completamente finanziato dal CNR.

## RISULTATI CONSEGUITI

Qui di seguito vengono brevemente riassunti i risultati più importanti conseguiti dal 1960 ad oggi:

### Le reazioni degli intermedi della radiolisi

La caratterizzazione delle specie primarie prodotte dalle radiazioni ionizzanti e della loro reattività è di fondamentale importanza per la comprensione dei processi radiolitici. Per questi motivi sono state condotte una serie di ricerche sulle reazioni di ioni positivi o di atomi in fase gassosa.

Per lo studio di ioni positivi in fase gassosa è stato progettato e realizzato nel Laboratorio uno spettrometro di massa da ricerca che è stato sempre più perfezionato ed adattato ai vari problemi (1-21). In figura 1 è riportata schematicamente l'ultima versione dello strumento. L'impiego di un sistema di pompaggio differenziale tra il tubo analizzatore e la zona circondante la sorgente di ioni permette di usare quest'ultima fino a pressioni sufficientemente elevate ( $\sim 1$  torr) senza che il fascio di ioni che fuoriesce dalla sorgente subisca un sostanziale sparpagliamento. Così gli ioni prodotti possono subire un numero sufficiente di collisioni con molecole neutre e dar luogo a reazioni chimiche di vario tipo. È possibile variare anche l'energia cinetica degli ioni ed ottenere così informazioni sul meccanismo microscopico di reazione. Allo scopo di realizzare una ionizzazione omogenea alle pressioni elevate alle quali si opera viene impiegato, come mezzo ionizzante, la radiazione  $\beta$  emessa da tritio adsorbito sulle pareti della sorgente stessa. In questo modo si raggiunge anche il risultato di mantenere la sorgente di ioni a temperatura ambiente ed evitare così fenomeni di pirolisi che spesso hanno luogo con sorgenti che impiegano, come mezzo ionizzante, elettroni emessi per effetto termoionico da un filamento. Un'alta sensibilità di rivelazione degli ioni è ottenuta mediante l'uso di un moltiplicatore di ioni accoppiato ad un amplificatore convenzionale o ad una linea di conteggio di ioni.

Con queste apparecchiature sono state studiate le reazioni in numerosi sistemi. Tra i risultati più significativi si ricordano: la reazione di scambio tra idrogeno e deuterio indotta da radiazioni (12), la caratterizzazione dei processi ionici nella polimerizzazione radioattiva dell'acetilene, dei

G. G. Volpi - Direttore fino al 15 gennaio 1968 del Laboratorio "Francesco Giordani",

buteni e del propilene (11, 19, 21), la chiarificazione dei processi di protonazione di idrocarburi semplici e di alcoli (13, 14, 15, 16, 18, 20) ed i processi di scambio di carica tra ioni di gas nobile e molecole semplici (8).

Per lo studio delle reazioni di atomi in fase gassosa è stata messa a punto un'apparecchiatura di particolari caratteristiche. La reazione viene condotta in un sistema in flusso dove gli atomi, prodotti da una scarica a microonde, sono mescolati con il secondo componente della reazione. Parte del gas fuoriuscente la zona di reazione viene inviata ad uno spettrometro di massa e si ottiene quindi un'analisi qualitativa e quantitativa dei prodotti di reazione. Con tale tecnica sono state studiate le reazioni degli atomi di idrogeno con idrazina, ammoniaca e ossido nitroso (22). In una seconda versione dell'apparecchiatura (fig. 2) il gas viene trasferito dalla zona di reazione allo spettrometro di analisi realizzando un raggio molecolare che, evitando le collisioni delle specie altamente reattive con le pareti metalliche dello strumento, assicura una fedele analisi della

sua composizione. Con tale dispositivo è stata studiata la reazione dell'idrogeno atomico con l'acetilene (23).

#### Polimerizzazioni indotte da radiazioni

Gli studi dei processi di polimerizzazione mediante radiazioni costituiscono uno degli argomenti di ricerca più validi nel campo della chimica delle radiazioni per il loro interesse sia teorico che pratico. L'interesse teorico deriva dalla possibilità di ottenere informazioni sulla natura e sulla reattività delle specie attive responsabili delle reazioni di polimerizzazione. Quello pratico nella possibilità di impiego su larga scala di questi processi nei casi dove si hanno elevate rese di conversione o dove il polimero è difficilmente ottenibile per altra via.

All'inizio dell'attività del Laboratorio le polimerizzazioni radicaliche indotte da radiazioni ionizzanti in fase liquida erano state già ampiamente studiate ed il loro meccanismo

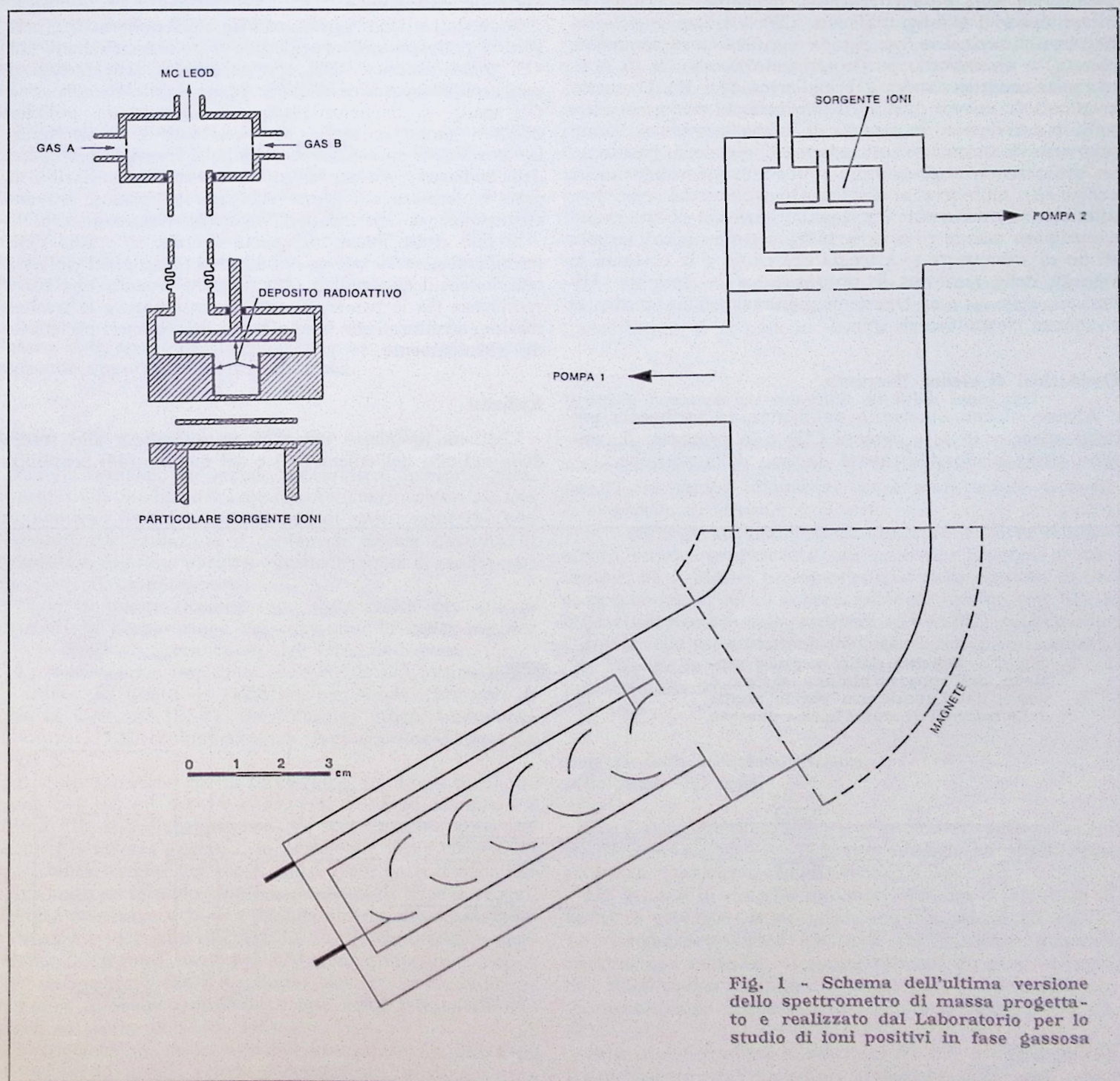


Fig. 1 - Schema dell'ultima versione dello spettrometro di massa progettato e realizzato dal Laboratorio per lo studio di ioni positivi in fase gassosa

abbastanza chiarito, mentre molto scarse erano le conoscenze dei processi di polimerizzazione allo stato solido o delle polimerizzazioni ioniche. Le ricerche furono pertanto rivolte prevalentemente allo studio di questi due problemi senza tuttavia trascurare gli altri aspetti della polimerizzazione indotta da radiazioni (24-25).

In fase solida è stato esaminato il comportamento alle radiazioni dei cloruri o bromuri di fosfonitrile trimero o tetramero (26-28) e dell'ossido di tetrafluoroetilene (29). In generale i risultati sperimentali, sebbene interessanti, sono di difficile interpretazione. Tuttavia si può concludere che i fattori principali che controllano la polimerizzazione nei solidi sono l'impacchettamento delle molecole di monomero nel reticolo cristallino e la loro mobilità.

Per quanto riguarda le polimerizzazioni ioniche indotte da radiazioni, recenti ricerche hanno dimostrato senza ambiguità che queste sono possibili anche in fase liquida. Data l'elevata reattività delle specie ioniche la polimerizzazione è caratterizzata da velocità molto elevate, è estremamente sensibile a tracce di impurezze ed è quindi poco riproducibile. In questo Laboratorio è stato effettuato uno studio sistematico sulla polimerizzazione, mediante radiazioni, di diversi epossidi alifatici e aliciclici (30). L'1-2 epossicicloesene, che polimerizza in fase liquida con velocità relativamente elevata, è un esempio particolarmente favorevole di polimerizzazione ionica indotta da radiazioni (31, 32). Lo studio cinetico e le misure di peso molecolare del polimero, ottenuto in presenza ed in assenza di intercettori ionici, hanno permesso di formulare uno schema di reazione, basato su un meccanismo ionico, che è probabilmente valido anche per gli altri monomeri epossidici. Queste ricerche sono state ulteriormente sviluppate impiegando iniziatori di tipo ionico e mediante misure di conducibilità sotto irradiazione allo scopo di valutare la vita media degli ioni e la costante di velocità della reazione di propagazione, e integrate dall'esame delle specie transienti paramagnetiche mediante risonanza elettronica di spin.

#### Ossidazioni di olefine fluorurate

Alcune olefine fluorurate polimerizzano facilmente per irradiazione  $\gamma$  in fase gassosa (25) e la presenza di ossigeno altera profondamente il decorso della reazione.

L'effetto dell'ossigeno è stato studiato in modo dettagliato (33-36) effettuando irradiazioni  $\gamma$  ed UV di miscele gassose di olefine (tetrafluoroetilene, perfluoropropilene, ecc...) e di ossigeno. L'ossidazione procede mediante un meccanismo radicalico a catena con rese elevate. Si ottengono diversi prodotti gassosi contenenti ossigeno, alcuni dei quali caratterizzati per la prima volta e di notevole interesse pratico come l'ossido di tetrafluoroetilene. Questo composto presenta alcune proprietà inconsuete (37); la più interessante, da un punto di vista tecnologico, è la sua capacità a polimerizzare (29) se irradiato allo stato solido, per dare luogo alla formazione di un polimero di elevato peso molecolare, cristallino (38) e di elevata stabilità termica (39) e chimica.

#### Effetti delle radiazioni su polimeri lineari

Queste ricerche hanno lo scopo di fornire informazioni sul meccanismo di degradazione dei polimeri lineari per effetto delle radiazioni e di valutare l'entità dei processi degradativi durante il decorso della polimerizzazione indotta da radiazioni.

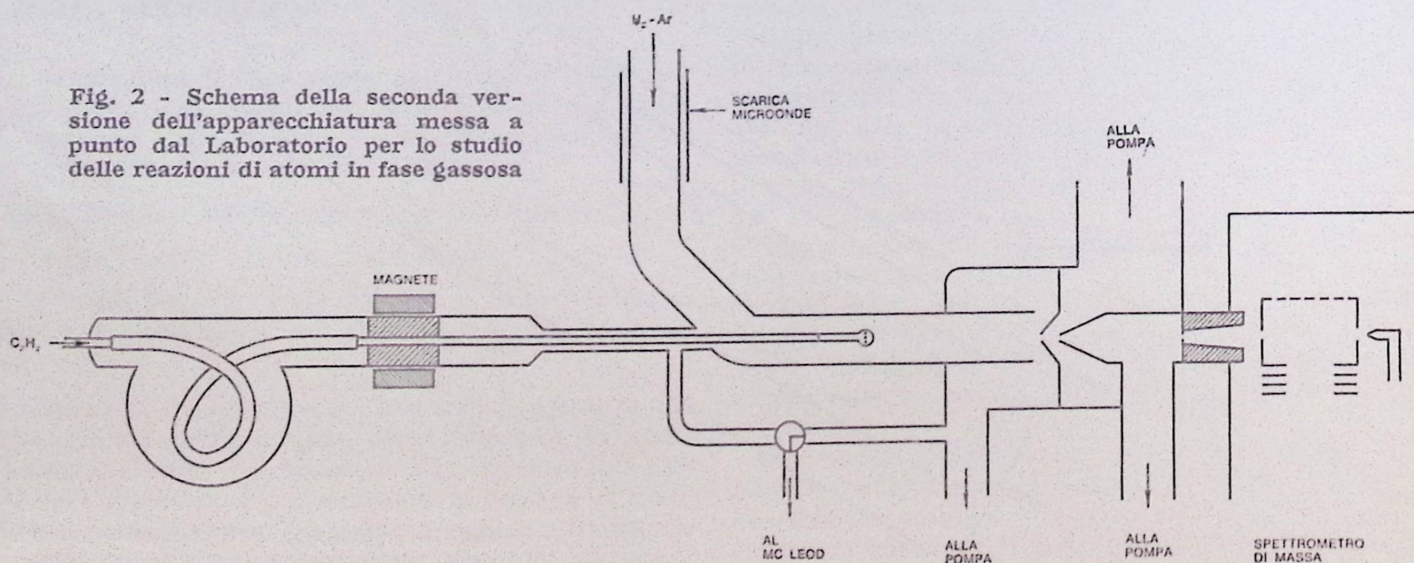
Sono stati studiati vari sistemi fra cui il politetrafluoroetilene, il polioossitetrafluoroetilene e il polioossicicloesene (40, 41). Questi polimeri subiscono per effetto delle radiazioni una rapida degradazione senza apprezzabile reticolazione. Gli spettri di risonanza elettronica di spin dei polimeri irradiati hanno consentito in molti casi di caratterizzare la natura delle specie radicaliche che si formano per effetto della radiazione sia nel vuoto che all'aria. Le variazioni di peso molecolare e l'analisi dei prodotti gassosi trovano corrispondenza con i dati di risonanza paramagnetica.

Si può citare infine fra queste ricerche lo studio della termoluminescenza del politetrafluoroetilene e del polioossitetrafluoroetilene irradiati (42). È stata trovata una corrispondenza fra le bande di termoluminescenza e le trasformazioni strutturali che hanno luogo nei polimeri per effetto del riscaldamento.

#### Radiolisi

L'attività in questo campo è stata limitata allo studio della radiolisi dell'etilene (43) e del metano (44) sensibiliz-

Fig. 2 - Schema della seconda versione dell'apparecchiatura messa a punto dal Laboratorio per lo studio delle reazioni di atomi in fase gassosa



zati da gas inerti. La radiolisi dell'etilene in presenza di gas inerti ha mostrato che i valori di G per il consumo di etilene non dipendono dalla natura del gas aggiunto ma solo dalla frazione di energia trasferita alle molecole di olefina.

#### Studio di specie transienti mediante risonanza elettronica di spin

Lo studio degli effetti delle radiazioni sulla materia mediante l'analisi dei prodotti finali raramente consente, anche in sistemi semplici, di chiarire il meccanismo di radiolisi.

È pertanto molto utile, quando possibile, studiare un processo radiolitico mediante tecniche che permettano di riconoscere le specie transienti e di determinare la loro velocità di formazione e di scomparsa.

Una tecnica di questo tipo, particolarmente adatta per sistemi condensati, è la risonanza elettronica di spin (ESR). Come è noto, è possibile identificare mediante ESR, le specie paramagnetiche transienti (radicali, ioni-radicali ecc.) che si formano per irraggiamento  $\gamma$  o UV. In una matrice solida tali specie hanno vita media sufficientemente lunga così da permetterne l'osservazione anche dopo irradiazione. In fase liquida invece la vita media è così corta che l'osservazione con ESR può essere effettuata solo durante l'irradiazione.

Oltre all'applicazione di cui si è fatto cenno alle pagine 88-90, la tecnica ESR è stata impiegata in questo Laboratorio per l'identificazione delle specie paramagnetiche che si formano irradiando allo stato solido alcuni composti ciclici (epossidi, immine). Risultati conclusivi sono stati finora ottenuti nel caso dell'etileneimina, di cui è stata completamente chiarita la natura delle specie paramagnetiche che si formano per irradiazione  $\gamma$  allo stato solido (45).

Su questi composti e su altri dello stesso tipo è in corso l'esame delle specie paramagnetiche prodotte in fase liquida mediante opportune reazioni chimiche.

#### Effetto delle radiazioni su solidi non cristallini

Queste ricerche, pur avendo un carattere di ricerca pura, consono alle finalità del Laboratorio, sono ispirate ad una problematica tecnologica: sviluppo di vetri e piroceramiche resistenti alle radiazioni e contenenti elevate quantità di elementi di interesse nucleare; dosimetri solidi di radiazione; composti autoluminescenti.

Parte di queste ricerche sono state svolte, per quanto riguarda la preparazione dei campioni, in collaborazione con la Stazione Sperimentale del Vetro di Murano.

Le metodologie impiegate sono fra le più avanzate per lo studio dei difetti da radiazioni nei solidi: risonanza di spin di elettrone (ESR), assorbimento ottico, termoluminescenza (TL), fotoluminescenza, luminescenza eccitata da raggi X.

È stato accertato che la formazione dei difetti da radiazione nei sistemi vetrosi contenenti boro ed alluminio è legata alla coordinazione con cui si presentano detti elementi nel sistema studiato; in particolare viene influenzata la stabilità termica dei centri stessi. Tale fatto implica che i dosimetri di termoluminescenza, basati su sistemi vetrosi, devono contenere il boro e l'alluminio rispettivamente con valenza 4 e valenza 6 (46, 47). Lo studio dei difetti da irradiazione, eseguito mediante ESR, assorbimento ottico e TL, ha mostrato che il germanio, nei germanati sodici, si presenta come esacoordinato e non come tetracoordinato come nel vetro di  $\text{GeO}_2$  (48).

Le ricerche sul meccanismo di formazione dei difetti da radiazioni in sistemi vetrosi e devetrificati, di eguale com-

posizione chimica, hanno mostrato che nel vetro l'efficienza di formazione dei difetti è molto minore che nel solido policristallino e che nel vetro si formano con maggiore efficienza centri legati a vacanze di ossigeno (49-51).

Ricerche effettuate su vetri di semplice composizione hanno consentito di stabilire la natura idrogenoide delle trappole di elettroni che causano la termoluminescenza a temperatura superiore a quella ambiente. Al contrario la TL a bassa temperatura è legata alla struttura del vetro stesso (52, 53).

Si è studiato nei sistemi vetrosi il tipo di cinetica di decadimento dei centri ottici, paramagnetici e di quelli che danno luogo a termoluminescenza. I risultati indicano che in alcuni casi la reazione più lenta è legata al trasporto di materia. Sembra così probabile la presenza di reazioni radicaliche di ricombinazione. Sono stati studiati anche i processi di accumulazione dei centri prodotti nei vetri per irradiazione: nel caso dei centri paramagnetici ed ottici si ha una cinetica di tipo  $y = \ln x$  dove  $y$  è il numero di centri ed  $x$  la dose di radiazione. Nel caso della TL il processo è più complesso e si ha una cinetica di tipo  $y = a \cdot x$  (54-56).

Un gruppo di ricerche è stato intrapreso per determinare le relazioni fra struttura ed effetto delle radiazioni nei vetri al piombo. Tale tipo di vetri presenta notevole interesse nelle tecnologie nucleari per la preparazione di schermi, ed offre la possibilità di produrre vetri autoluminescenti con elevato potere di autoassorbimento. Le ricerche finora eseguite hanno mostrato che la natura dell'emissione di fotoluminescenza dei vetri al piombo è attribuibile a transizioni fra livelli perturbati dello ione  $\text{Pb}^{++}$  (57, 58). Dal *quenching* da concentrazione è stato altresì possibile ottenere indizi sulla coordinazione del piombo nei gruppi emittenti.

Per esaminare le possibilità di impiego di vetri autoluminescenti sono state effettuate ricerche sul meccanismo di trasferimento di energia in sistemi vetrosi (59).

#### Reazioni luminose gas-superficie su solidi inorganici

Il fine di queste ricerche è di sviluppare un metodo sensibile per seguire la reazione di ossidazione superficiale di metalli che danno origine ad ossidi semiconduttori, quali il magnesio, lo zirconio e il torio.

Si è stabilita la possibilità di utilizzare le curve luminescenza termica-temperatura per calcolare l'energia di attivazione ed il fattore pre-esponenziale delle reazioni di decomposizione di ossidi superficialmente idratati (60, 61), e della disidratazione delle superfici vetrose (62). Si è chiarita l'origine della pseudotermoluminescenza dei calcari naturali, che ostacola la possibilità di datazione di tali materiali col metodo della termoluminescenza (63).

#### Impiego della termoluminescenza nello studio dei solidi

Sono state effettuate una serie di ricerche sulle relazioni fra termoluminescenza dei solidi irradiati ed alcune loro proprietà chimiche e chimico-fisiche.

Un gruppo di ricerche riguarda lo studio di materiali di interesse geologico come gessi, anidriti, calcari ed argille. Le ricerche sono state effettuate confrontando materiali naturali con materiali di sintesi ottenuti da prodotti puri. Si è stabilito il contributo delle impurezze e delle condizioni di preparazione alle curve di termoluminescenza (64, 65, 66).

Si possono studiare le relazioni fra TL e difetti indotti da radiazione negli alogenuri di piombo (67), negli ossidi

di zirconio (68) e di torio. Si è trovato che l'energia di attivazione termica misurata dai vari massimi delle curve di termoluminescenza corrisponde a quella calcolabile assumendo un modello di trappola di elettroni di tipo atomo di idrogeno e molecola di idrogeno. Esiste quindi in tali tipi di materiali, come negli alogenuri alcalini, relazione fra difetti da radiazione e curve di termoluminescenza: pertanto l'analisi delle curve di termoluminescenza può dare informazioni sulla concentrazione di difetti. Tale ipotesi è confermata dai risultati ottenuti su ossidi di zirconio drogati con elementi a valenza minore.

Ricerche base sono state effettuate per valutare la possibilità di rivelare effetti di preirradiazione mediante le curve di TL. Tali effetti sono particolarmente evidenti nel  $\text{CCl}_4$ . Il meccanismo di tale effetto è stato studiato e si è visto che dipende dalla formazione di prodotti di reazione radiochimica che agiscono sia da centri luminogeni, modificando lo spettro di emissione, sia da centri accettori, modificando i massimi di TL. Si è anche studiata la serie degli alogenuri alifatici e si è trovato che solo in alcuni membri della serie erano rivelabili effetti di preirradiazione (69, 70).

Si è anche studiato il problema della correlazione fra massimi di termoluminescenza e transizioni di fase nei composti inorganici. Si sono discussi i possibili effetti in base alle coordinate di configurazione dei centri luminescenti eccitati e si sono verificate sperimentalmente su diversi sistemi le ipotesi teoriche (71-73).

### Genesi di minerali radioattivi

Per chiarire l'origine delle mineralizzazioni di uranio associate a solfuri trovate in alcune zone vulcaniche della Italia Centrale, si sono intraprese ricerche sulla composizione isotopica dello zolfo dei giacimenti a zolfo e solfuri di varia origine (74, 75) per confrontarla con quella dei giacimenti contenenti uranio e solfuri e si è anche determinato il rapporto  $^{238}\text{U}/^{234}\text{U}$  per individuare eventuali effetti di dilavamento (76).

Per stabilire se fosse possibile una formazione singenetica della mineralizzazione ad uranio associata a solfuri sono state effettuate ricerche sulla stabilità dell'uranio in soluzioni alcaline anche in presenza di altri complessanti come carbonati. Mentre l'opinione comune in passato era che i solfuri provocassero in generale una riduzione dell'uranio, dallo studio effettuato nel Laboratorio su soluzioni diluite si è visto invece che l'uranio può restare in soluzione sotto forma esavalente anche per alcune settimane in presenza di solfuri se il pH è circa 10, mentre fenomeni di riduzione o di idrolisi avvengono solo a pH più bassi o più alti di 10. La formazione dei suddetti uranil-solfuri solubili, che comporta un rallentamento notevole dei fenomeni di idrolisi, può quindi render conto di una certa migrazione dell'uranio in sede geologica (77, 78).

Per chiarire l'origine dei giacimenti di uranio e di altri elementi di interesse nucleare associati a fosfato di calcio si sono intraprese una serie di ricerche sulle condizioni di formazione dei fosfati di calcio e di elementi tetravalenti sia in condizioni normali che in condizioni idrotermali. Nel corso di tali indagini è stato possibile identificare e caratterizzare per la prima volta i composti  $\text{CaU}(\text{PO}_4)_2$  e  $\text{CaZr}(\text{PO}_4)_2$  (79-81).

### Studio radiochimico di reazioni fotonucleari

Da alcuni anni è stato intrapreso uno studio sistematico delle reazioni nucleari provocate da raggi gamma di alta energia (1 GeV) avente lo scopo di chiarirne le interazioni con nuclei complessi.

Sono stati irradiati alcuni elementi monoisotopici in natura ed i nuclidi radioattivi formati sono stati separati me-

diate metodi radiochimici utilizzando la tecnica dei trascinatori.

I conteggi delle attività sono stati eseguiti mediante scintillatore ad  $\text{NaI(Tl)}\ 3'' \times 3''$  ed analizzatore a 400 canali.

È stato studiato l'andamento delle  $(\gamma, xn)$  in funzione dell'energia massima del fascio e, sulla base dei risultati ottenuti, è possibile dedurre un comportamento aderente al modello fotomesonico (82-85).

Attualmente si stanno studiando, con tecniche analoghe, le reazioni  $(\gamma, x p y n)$  ed in tale direzione sarà orientata l'attività futura.

### Scambiatori inorganici di ioni

Le resine organiche a scambio ionico sono largamente impiegate in varie tecnologie nucleari. Tuttavia il loro impiego è limitato da due gravi inconvenienti: la scarsa resistenza alla temperatura, che riduce notevolmente le possibilità del loro impiego nella rimozione delle impurezze ioniche nei reattori nucleari ad acqua pressurizzata ( $\sim 300^\circ\text{C}$ ), e la scarsa resistenza a forti dosi di radiazioni ionizzanti. Per questa ragione il loro impiego è possibile solo in quei sistemi nei quali l'intensità delle radiazioni ed il tempo di contatto producono un accettabile deterioramento della resina stessa.

Per superare tali difficoltà, in vari centri nucleari sono state effettuate ricerche sistematiche sulla sintesi di nuovi scambiatori ionici particolarmente stabili alla temperatura e alle radiazioni ionizzanti. Tali ricerche hanno condotto alla sintesi di numerosi scambiatori inorganici che oltre alle previste caratteristiche mostrano una elevata selettività per alcuni ioni inorganici. Per questi motivi i nuovi scambiatori inorganici hanno trovato interessanti applicazioni nel campo della chimica separativa.

L'attività di ricerca del Laboratorio ha fornito importanti contributi sia per quanto concerne la sintesi e la caratterizzazione di nuovi scambiatori inorganici (87-90), sia per quanto concerne la conoscenza delle proprietà chimico-fisiche e l'applicazione degli scambiatori già sintetizzati in altri laboratori (91-96).

Nella tabella I sono riportati gli scambiatori inorganici attualmente noti della serie degli acidi insolubili di metalli polivalenti con acidi polibasici. Gli scambiatori, in carattere corsivo, sono quelli sintetizzati e caratterizzati per la prima volta in questo Laboratorio. Molti fra gli scambiatori inorganici sintetizzati hanno mostrato un interessante effetto di setacciamento verso gli ioni inorganici di grandi dimensioni (tab. II) per cui si prevedono applicazioni nel campo della chimica separativa e nel campo degli elettrodi selettivi. Alcune di tali separazioni quali Na-K su fosfato di zirconio cristallino e Li-Na su arseniato di torio sono già state effettuate con successo. È stato anche trovato che un moderato trattamento termico aumenta la selettività del fosfato di zirconio per lo ione cesio. Ciò è stato sfruttato per il recupero del  $^{137}\text{Cs}$  dalle soluzioni dei prodotti di fissione (96).

### Membrane inorganiche a scambio ionico

Per l'elevata resistenza al calore e alle radiazioni ionizzanti è prevedibile che le membrane inorganiche possano trovare utile impiego in alcuni processi di interesse nucleare quali ad es., la separazione dei radioelementi ad attività specifica molto elevata o la concentrazione di radioelementi da soluzioni diluite. Sono state perciò preparate membrane a scambio ionico sia completamente inorganiche sia supportate su matrici organiche di nota stabilità chimica (97, 98). Attualmente si stanno determinando le proprietà elettrochimiche di membrane preparate da fo-

sfato di zirconio amorfo, fosfato di zirconio cristallino, fosfato di titanio cristallino e fosfato di cerio fibroso. Alcune di tali membrane possiedono permselettività abbastanza elevata per cui è prevedibile una loro utilizzazione pratica.

#### Separazione di ioni inorganici mediante cromatografia ed elettroforesi

È stato esaminato il comportamento cromatografico di numerosi ioni inorganici su carta di cellulosa (99, 100) su carte a scambio ionico commerciali (101-103) su carte impregnate con scambiatori inorganici (104-107), e su carte completamente inorganiche preparate con fosfato di cerio fibroso (108).

La selettività e l'effetto setaccio degli scambiatori inorganici sono stati utilizzati per effettuare numerose e complesse separazioni di ioni inorganici. Di particolare interesse la netta separazione sodio-potassio su strati sottili di fosfato di titanio cristallino (109) e la separazione del tallio da 50 ioni inorganici su carte impregnate con fosfomolibdato ammonico (110). Per la rapidità e semplicità con

cui è possibile ottenere le desiderate separazioni, le carte a scambio ionico sono state impiegate anche nella separazione rapida di radioelementi a corto tempo di dimezzamento (111). Sono state inoltre effettuate ricerche sulla mobilità elettroforetica di ioni inorganici su carte a scambio ionico e sono state determinate le relazioni che legano tale mobilità alla mobilità cromatografica su carta a scambio ionico e alla mobilità elettroforetica su carta di cellulosa (112). L'elettroforesi su strato sottile è stata utilizzata per la separazione periodato-iodato-ioduro (113). È stato infine messo a punto un metodo di identificazione di anioni (114).

#### Chimica dei sali fusi

La possibilità d'impiego dei sali fusi in varie tecnologie nucleari (reattori a sali fusi, riprocessamento, metallurgia di elementi d'interesse nucleare, ecc.) ha determinato un crescente interesse verso tali solventi presso quasi tutti i centri nucleari delle diverse nazioni.

Presso questo Laboratorio è stata messa a punto una semplice tecnica elettroforetica su carta di fibra di vetro e con tale tecnica è stato determinato il comportamento elettroforetico di numerosi cationi e anioni inorganici in vari sistemi salini fusi. Da tali determinazioni, e da ricerche parallele sullo scambio ionico in sali fusi (115-117), si sono potute ricavare interessanti informazioni sulle interazioni ioniche e sulla formazione di ioni complessi nei solventi ionici fusi presi in esame (118-123).

Utilizzando la tecnica della polarizzazione potenziostatica sono state effettuate ricerche sulla corrosione di vari metalli immersi in sali fusi (124-128).

#### Chimica degli elementi lantanidi ed attinidi

Nella ricerca di nuovi metodi analitici per la determinazione di tracce di uranio in soluzione acquosa è stato trovato che coprecipitando lo ione uranile con fosfato di zinco si ottiene un composto intensamente e selettivamente fluorescente.

Basandosi su tali risultati è stato possibile mettere a punto un semplicissimo saggio di riconoscimento dell'uranio su carta da filtro (129); tale saggio è risultato poi il più sensibile e il più specifico fra quelli attualmente noti (limite di identificazione su carta da filtro =  $10^{-3}$   $\mu$ g). Il metodo si presta anche per la determinazione diretta dell'uranio in soluzione acquosa (130).

Sono stati inoltre sperimentati una serie di reattivi capaci di formare chelati o coppie di ioni con gli ioni lantanidi trivalenti. È stato trovato che aggiungendo alcuni di tali reattivi a soluzioni acquose di ioni lantanidi l'intensità di fluorescenza aumenta di  $10^4$ - $10^5$  volte. Inoltre alcuni di tali reattivi sono risultati molto specifici in quanto rendono intensamente fluorescenti soltanto determinati ioni lantanidi (131-133). È stato trovato che l'elevata intensità di fluorescenza è da mettersi in relazione ad un trasferimento allo ione lantanide dell'energia assorbita dal complesso. La selettività deriva dal fatto che il trasferimento d'energia può avvenire soltanto se il livello d'energia del più basso stato di tripletto del complesso si trova alla stessa altezza o sopra il livello di risonanza dello ione lantanide (134, 135).

La sensibilità e la selettività sono stati utilizzati per la rapida ricerca quantitativa o per la determinazione quantitativa di tracce di singoli ioni lantanidi presenti in una miscela di terre rare (136, 137). L'interesse di tale metodo analitico sta nel fatto che, data la nota rassomiglianza chimica fra gli ioni lantanidi, non esistevano reattivi chimici specifici per i singoli ioni della serie.

Tabella I

SCAMBIATORI INORGANICI DELLA SERIE DEI SALI ACIDI INSOLUBILI  
DI METALLI TETRAVALENTI CON ACIDI POLIBASICI \*

|    | <i>Fosfato</i>                                                                                                                            | <i>Arseniato</i>                                            | <i>Antimonio-<br/>niato</i> | <i>Vanadato</i> |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Ti | Amorfo<br><i>Cristallino</i><br>$Ti(HPO_4)_2 \cdot H_2O$                                                                                  | Amorfo<br><i>Cristallino</i><br>$Ti(HAsO_4)_2 \cdot H_2O$   |                             | Amorfo          |
| Zr | Amorfo<br>$Zr(HPO_4)_2 \cdot H_2O$<br><i>Cristallino</i><br>$Zr(HPO_4)_2 \cdot H_2O$<br><i>Cristallino</i><br>$Zr(H_2PO_4)_2 \cdot HPO_4$ | Amorfo<br><i>Cristallino</i><br>$Zr(HAsO_4)_2 \cdot H_2O$   | Amorfo                      | Amorfo          |
| Sn | Amorfo<br><i>Cristallino</i>                                                                                                              | Amorfo<br><i>Cristallino</i>                                |                             |                 |
| Ce | Amorfo<br><i>Fibroso</i>                                                                                                                  | Amorfo<br><i>Cristallino</i><br>$Ce(HAsO_4)_2 \cdot 2 H_2O$ |                             |                 |
| Th | Amorfo<br><i>Fibroso</i>                                                                                                                  | Amorfo<br><i>Cristallino</i>                                |                             |                 |

\* Gli scambiatori in carattere corsivo sono stati sintetizzati per la prima volta in questo Laboratorio.

Tabella II

EFFETTO SETACCIO DI ALCUNI SCAMBIATORI INORGANICI  
(Gli ioni alcalini in carattere tondo non possono entrare,  
date le loro dimensioni, all'interno dello scambiatore)

| <i>Scambiatore ionico</i>       | <i>Ioni</i>                  |
|---------------------------------|------------------------------|
| Fosfato di zirconio amorfo      | <i>Li</i> - Na - K - Rb - Cs |
| Fosfato di zirconio cristallino | <i>Li</i> - Na - K - Rb - Cs |
| Fosfato di titanio cristallino  | <i>Li</i> - Na - K - Rb - Cs |
| Arseniato di torio cristallino  | <i>Li</i> - Na - K - Rb - Cs |

## Composti di coordinazione

Nel campo della chimica dei composti di coordinazione sono stati effettuati studi tendenti a portare un contributo alla conoscenza della struttura elettronica, della reattività e della stabilità di alcuni complessi di metalli di transizione.

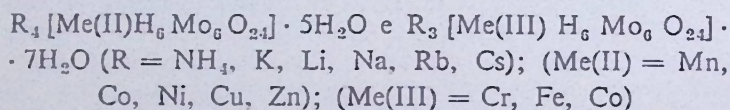
Per lo studio della struttura elettronica dei complessi, oltre alle tecniche usuali, recentemente sono state utilizzate nuove tecniche, quali la luminescenza e la risonanza elettronica di spin (ESR). La prima consente di ottenere dati spettroscopici complementari a quelli di assorbimento, rivelandosi così un prezioso ausilio per la caratterizzazione dei livelli di energia elettronica. Tale tecnica è stata impiegata per lo studio di complessi quadrati planari del Ni(II), Pd(II), Pt(II) e complessi ottaedrici del Ni(II) (138-141).

La tecnica ESR è stata impiegata per l'identificazione del Ni(III) (142) e per lo studio della struttura elettronica di alcuni complessi del Cu(II) (143).

Un altro aspetto esaminato riguarda la reattività dei composti di coordinazione. A tale scopo risulta di grande interesse la conoscenza dei prodotti che si formano durante particolari reazioni. In particolare sono state prese in esame le reazioni di idrolisi basica di complessi ottaedrici del Co(III), ed è stato possibile isolare ed identificare i prodotti intermedi delle reazioni stesse (144, 145). È stato inoltre messo in evidenza l'andamento sterico delle reazioni di idrolisi studiate.

La struttura di alcuni complessi inorganici può essere studiata e chiarita dal loro comportamento termico mediante prove di scambio isotopico.

Con queste tecniche sono stati esaminati complessi del tipo:



Si è potuto osservare che l'acqua di cristallizzazione associata a questi sali ha funzioni diverse. In particolare si è potuto mettere in risalto l'importanza delle 3 moli di acqua più fortemente legate, che quando vengono eliminate provocano la decomposizione irreversibile dei complessi. Dalle misure dei  $\Delta H$  di disidratazione relativi alle tre moli di acqua che variano con lo stesso andamento dei calori di disidratazione dei metalli bivalenti o trivalenti della I serie di transizione, si è potuto anche dimostrare che le tre moli di acqua di costituzione provengono dalla sfera di coordinazione del metallo (146-150).

Alcuni composti di coordinazione presentano anche interesse tecnologico in quanto possono dare origine a polimeri inorganici, termicamente più resistenti di quelli organici più noti. Ricerche effettuate su nuovi dichetonati di Cr(III), Fe(III) e Co(III) e loro derivati hanno portato a risultati interessanti per quanto riguarda il meccanismo di decomposizione termica (151-155).

Infine studi sulle reazioni tra i silossani ciclici o lineari e cloruro di alluminio hanno permesso di chiarirne il meccanismo e di identificare alcuni prodotti intermedi (156).

## PROGRAMMI

Nel campo della chimica delle radiazioni si prevede nel futuro di potenziare sempre più lo studio dei processi primari e delle reazioni degli intermedi della radiolisi.

Due nuovi progetti sono stati avviati, su queste linee, nel 1967-68. Il primo riguarda lo studio di reazioni chimiche mediante la tecnica dei raggi molecolari incrociati. Da questo tipo di studi si dovrebbero ottenere informazioni dettagliate sulla meccanica delle collisioni reattive con una metodologia affine a quella della fisica delle alte energie. Il secondo progetto riguarda invece lo studio dei processi

di fotolisi nel vuoto UV. Si dovrebbero così ottenere informazioni molto preziose sui meccanismi di reazione in una regione di energia dove sono possibili semplici processi di eccitazione elettronica e dissociazione.

Per quanto riguarda lo studio degli effetti delle radiazioni su solidi si prevede di continuare le ricerche sui sistemi non cristallini estendendo la tematica ai materiali ceramici ed ai sistemi picoceramici. Particolare attenzione verrà data ai sistemi vetrosi e picoceramici ad elevato contenuto in elementi del IV gruppo. Le metodologie già impiegate saranno affiancate da misure di conducibilità in funzione della temperatura. Si prevede inoltre di ampliare il campo di studio ai difetti indotti da effetto Wigner (neutroni veloci) e da spike di fissione e di studiare le reazioni luminose gas-superficie su metalli di interesse nucleare.

Per mezzo di uno spettrometro a radiofrequenza di tipo rigenerativo, la cui messa a punto è stata quasi ultimata, verranno studiate le risonanze magnetiche nucleari di vari nuclei in cristalli ionici.

Nel campo della chimica nucleare si prevede un ulteriore ampliamento per ciò che riguarda l'impiego di tecniche radiochimiche allo studio di reazioni nucleari; tale ampliamento sarà principalmente in relazione con la formazione di nuclidi aventi tempo di dimezzamento inferiore al secondo.

Inoltre, verrà reso operativo un programma di ricerca relativo allo studio radiochimico di reazioni nucleari comprendenti particelle mesoniche.

In base ai risultati ottenuti con le ricerche sulla chimica degli scambiatori inorganici di ioni, ricerche che hanno sino ad ora condotto alla sintesi di 14 nuovi prodotti, di cui alcuni di notevole interesse sia teorico sia tecnologico, si prevede di ampliare le ricerche in tale campo. Particolare attenzione verrà data: alla sintesi di nuovi scambiatori inorganici di prevista selettività e stabilità chimica; alla preparazione di nuove membrane inorganiche a scambio ionico e alla loro utilizzazione per la concentrazione di soluzioni diluite mediante osmosi inversa; al meccanismo di scambio ionico in sali fusi.

Verranno inoltre proseguite le ricerche sulle interazioni ioniche e sulla formazione di ioni complessi nei più comuni solventi ionici fusi integrando le metodologie già impiegate con misure elettrochimiche.

Per quanto riguarda la chimica dei composti di coordinazione di metalli di transizione, verranno proseguiti ed ampliati gli studi attualmente in corso.

## PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE DI MAGGIOR RILIEVO

- (1) GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Ion-Molecules Reactions of the Fifth Group Element Hydrides*, « Nuovo Cimento » 17, 919 (1960).
- (2) GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Behaviour of Ions in Mass Spectrometers under Pulsed Repeller Voltage Conditions*, « Nuovo Cimento » 18, 1277 (1960).
- (3) GIARDINI-GUIDONI A., GALLI A., VOLPI G. G.: *Charge exchange in rare gases*, « Nuovo Cimento », 26, 845 (1962).
- (4) GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Ion molecule reactions leading to NO<sup>+</sup> formation*, « J. Chem. Phys. » 39, 518 (1963).
- (5) DERWISH G. A. W., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Ion-Molecule Reactions in Gaseous Ammonia*, « J. Chem. Phys. » 39, 1599 (1963).
- (6) DERWISH G. A. W., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Ion Molecule Reactions in Methane and in Ethane*, « J. Chem. Phys. », 40, 5 (1964).
- (7) DERWISH G. A. W., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *High Pressure Mass Spectrum of N<sub>2</sub>O*, « J. Chem. Phys. », 40, 3450 (1964).

- (8) GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Charge Exchange processes between Rare Gases Ions and Some Molecules*, « Nuovo Cimento », 31, 1145 (1964).
- (9) DERWISH G. A. W., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Mass-spectrometric study of Ion-Molecule Reactions in propane*, « J. Chem. Phys. », 41, 2998 (1964).
- (10) DERWISH G. A. W., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Mass-spectrometric study of Ion-Molecule Reactions in tetrafluoroethylene*, « J. Am. Chem. Soc. », 86, 4563 (1964).
- (11) DERWISH G. A. W., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Ion-Molecule Reactions in Acetylene*, « J. Am. Chem. Soc. », 87, 1159 (1965).
- (12) AQUILANTI V., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Ion-Molecule Reactions in Hydrogen-Rare-Gas Mixtures*, « J. Chem. Phys. », 43, 1969 (1965).
- (13) AQUILANTI V., VOLPI G. G.: *Ion-Molecule Reactions between  $H_3^+$  and Saturated Hydrocarbons*, « J. Chem. Phys. », 44, 2307 (1966).
- (14) AQUILANTI V., VOLPI G. G.: *Proton Transfer from  $H_3^+$  to Unsaturated Hydrocarbons and to Cyclopropane*, « J. Chem. Phys. », 44, 3574 (1966).
- (15) AQUILANTI V., GALLI A., VOLPI G. G.: *Formation and Unimolecular Decomposition of Protonated Alcohols in the Gas-Phase*, « Ric. Sci. », 36, 267 (1966).
- (16) AQUILANTI V., GALLI A., VOLPI G. G.: *Ion-Molecule Reactions in Gas-Phase. Protonated Alcohols and their Unimolecular Decompositions* - CNR, Fondazione « F. Giordani » corsi e Seminari di Chimica, 5, 149 (1966).
- (17) AQUILANTI V., VOLPI G. G.: *Some Ionic Processes of Interest in the Upper Atmosphere*, « Ric. Sci. », 36, 359 (1966).
- (18) AQUILANTI V., GALLI A., VOLPI G. G.: *High Pressure Mass-Spectrometric Study of the Reactions between  $D_3^+$  and the Butanols*, « Ric. Sci. », 37, 244 (1967).
- (19) AQUILANTI V., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Consecutive Ionic Reactions in Gaseous Butenes*, « Trans. Farad. Soc. », 63, 926 (1967).
- (20) AQUILANTI V., GALLI A., VOLPI G. G.: *Energy Transfer and Collisional Deactivation in the Reactions between  $D_3^+$  Ions and Hydrocarbons*, « J. Chem. Phys. », 47, 831 (1967).
- (21) AQUILANTI V., GALLI A., GIARDINI-GUIDONI A., VOLPI G. G.: *Consecutive Ionic Reactions in Propylene and Cyclopropane*, « Trans. Farad. Soc. », 64, 124 (1968).
- (22) SCHIAVELLO M., VOLPI G. G.: *Reactions of hydrogen atoms with hydrazine, ammonia and nitrous oxide*, « J. Chem. Phys. », 37, 1510 (1962).
- (23) VOLPI G. G., ZOCCHI F.: *Mass-spectrometric investigation of the reactions of atomic hydrogen with acetylene*, « J. Chem. Phys. », 44, 4010 (1966).
- (24) DELLE SITE A., MELE A.: *Polimerizzazione e ciclizzazione radiochimica di fenilacetilene e metilacetilene*, « Gazz. Chim. Ital. », 93, 1279, (1963).
- (25) CORDISCHI D., DELLE SITE A., LENZI M., MELE A.: *Polimerizzazione del tetrafluoroetilene mediante radiazioni ionizzanti*, « La Chimica e Industria », 44, 1101 (1962).
- (26) CAGLIOTI V., CORDISCHI D., MELE A.: *Solid state polymerization of phosphonitrilic chloride*, « Nature », 195, 491 (1962).
- (27) CAGLIOTI V., CORDISCHI D., MELE A., PORTA P.: *Behaviour of phosphonitrilic chlorides to ionizing radiations*, « Industrial Uses of large radiation sources - AIEA », vol. 1, 223 (1963).
- (28) CORDISCHI D., DELLE SITE A., MELE A., PORTA P.: *Copolymerization of solid solution of phosphonitrilic chloride-bromide*, « J. Macromol. Chem. », 1(2), 219 (1966).
- (29) BARNABA B., LENZI M., CORDISCHI D., MELE A.: *Polimerizzazione dell'ossido di tetrafluoroetilene*, « La Chimica e Industria » 47, 1060, (1965).
- (30) CORDISCHI D., MELE A., SOMOGYI A.: *Radiation induced polymerization of aliphatic and alicyclic oxides*, « Proc. II Symposium on Radiation Chemistry », Tihany, 479 (1967).
- (31) CORDISCHI A., LENZI M., MELE A.: *The radiation induced polymerization of 1-2 cyclohexene oxide*, « J. Polimer Sci. », A3, 3421 (1965).
- (32) CORDISCHI D., MELE A., RUFO R.: *Radiation induced ionic polymerization of 1-2 cyclohexene oxide*, « Trans. Faraday Soc. », 64, (1968).
- (33) CAGLIOTI V., LENZI M., MELE A.: *Radiation induced oxidation of tetrafluoroethylene by oxygen*, « Nature », 201, 610 (1964).
- (34) CAGLIOTI V., DELLE SITE A., LENZI M., MELE A.: *Oxidation of tetrafluoroethylene by molecular oxygen*, « J. Chem. Soc. » 5430 (1964).
- (35) CORDISCHI D., LENZI M., MELE A.: *The kinetics of the oxidation of tetrafluoroethylene by molecular oxygen*, « Trans. Faraday Soc. », 60, 2047 (1964).
- (36) LENZI M., MELE A.: *Radiation induced oxidation of perfluoropropylene*, « Nature », 205, 1104 (1965).
- (37) LENZI M., MELE A.: *Kinetics of the thermal decomposition of tetrafluoroethylene oxide*, « J. Chem. Phys. », 43, 1674, (1965).
- (38) DE SANTIS P., MELE A., PORTA P.: *Crystal packing and molecular conformation of polytetrafluoroethylene oxide*, « Ric. Sci. », 37, 443 (1967).
- (39) DONATO A., LENZI M., MELE A.: *Thermal decomposition of polytetrafluoroethylene oxide*, « J. Macromol. Sci. (Chem.) » A1(3) 429, (1967).
- (40) BARNABA P., CORDISCHI D., DELLE SITE A., MELE A.: *Main-chain scission and ESR spectra of irradiated polytetrafluoroethylene oxide*, « J. Chem. Phys. », 44, 3672 (1966).
- (41) CORDISCHI D.: *Degradazione del poli 1-2-ossicicloesene indotta da radiazioni ionizzanti*, « Ric. Sci. », 36, 1029 (1966).
- (42) MELE A., DELLE SITE A., BETTINALI C., DI DOMENICO A.: *Thermoluminescence and phase transition of irradiated fluorinated polymers*, « J. Chem. Phys. », 46, in corso di stampa (1968).
- (43) DELLE SITE A., MELE A.: *Gamma-radiolysis of ethylene sensitized by « inert gas »*, « J. Phys. Chem. », 69, 4033 (1965).
- (44) AQUILANTI V.: *Rare gases sensitized radiolysis of methane*, « J. Phys. Chem. », 68, 3434 (1965).
- (45) CORDISCHI D., DI BLASI R.: *ESR study of  $\gamma$  and UV irradiated ethylenimine in the solid state*, XV Colloque AM-PERE, Grenoble, settembre 1968.
- (46) BETTINALI C., FERRARESSO G. e BONETTI G.: *Termoluminescenza e centri di colore nei vetri del sistema  $Me_2O-Al_2O_3-SiO_2$*  - Giornate Intern. Vetro, ott. 1965, Roma, Proc. su « Vetro e Silicati », 9, (54) 5 (1966).
- (47) BETTINALI C., GOTTARDI V., FERRARESSO G.: *Application of thermoluminescence to glass study* - Giornate Intern. Vetro, ott. 1965 - Roma, Proc. « Vetro e Silicati », 10 (57) 5 (1966).
- (48) BETTINALI C., BONETTI G.: *Gamma irradiation colour centers in  $Na_2O-Al_2O_3-GeO_2$  glasses*, « Zeit Phys. Chem. N.F. », 57, in corso di stampa (1968).
- (49) BETTINALI C.: *Thermoluminescence and colour centers in some irradiated vitreous and crystalline silicates, borates and phosphates* - Interaction of radiation with solids - Plenum Press, 273 (1967).

- (50) BETTINALI C.: *Thermoluminescence and colour centers of irradiated vitreous and crystalline sodium metaphosphate*, «Zeit. Phys. Chem. N.F.», 55, 234 (1967).
- (51) BETTINALI C., GRANATI P.: *Color centers in vitreous and crystalline  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$*  - Atti Accad. Naz. Lincei, serie VIII, 44, in corso di stampa (1968).
- (52) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Thermoluminescence of vitreous sodium silicate*, «J. Chem. Phys.», 44, 2262 (1966).
- (53) BETTINALI C., GOTTARDI V., FERRARESSO G.: *Thermoluminescence of vitreous allumino-silicates and germanates*, «Interaction of radiation with solids», Plenum Press, p. 281, (1967).
- (54) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Thermoluminescence and color centers in glasses* - VIII Intern. Congr. of Glass., «Soc. Glass Technology Proceedings», p. 76 (1968).
- (55) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Low temperature thermoluminescence of glassy and crystalline sodiummetaphosphates*, «Zeit. Phys. Chem. N.F.», 57, 3 (1968).
- (56) BETTINALI C., FERRARESSO G., GRANATI P.: *T. L. of some phosphorus based compounds*, «Accad. Naz. Lincei», serie VIII, 42, 814, (1967).
- (57) BETTINALI C., FERRARESSO G., VIRTUOSO G.: *Luminescence of glasses of the system  $\text{PbO-SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$* , «Atti Accad. Naz. Lincei», serie VIII, 40, 432, (1967).
- (58) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Luminescence in lead borate glasses*, «Atti Accad. Naz. Lincei», serie VIII, 44, 72, (1968).
- (59) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Lumineszenz von mit Cer und Mangan aktiviertem Natriummetaphosphat-Glas*, «Zeit. Phys. Chem. N.F.», 48, 16, (1966).
- (60) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Thermoluminescence of unirradiated  $\text{MgO}$  and  $\text{Mg(OH)}_2$* , «J. Chem. Phys.», 44, 4646, (1966).
- (61) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *T. L. of unirradiated  $\text{CaO}$  and  $\text{Ca(OH)}_2$* , «J. Chem. Phys.», 47, 4263, (1967).
- (62) BETTINALI C., FERRARESSO G., STAMPACCHIA G.: *Termoluminescenza da disadsorbimento d'acqua*, «Atti Accad. Naz. Lincei», serie VIII, 32, 948, (1962).
- (63) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *ATL of  $\text{CaCO}_3$* , «First Intern. Congress on Thermoluminescence», Spoleto, sett. 1966, Atti, p. 135, (1966).
- (64) FERRARESSO G.: *Thermoluminescence of clay minerals*, «Am. Mineralogist», 52, 1288, (1967).
- (65) BETTINALI C., FERRARESSO G., STAMPACCHIA G.: *Termoluminescenza di carbonati e solfati di calcio naturali ed artificiali: composizione spettrale dei picchi*, «Rend. Accad. Naz. Lincei», serie VIII, 31, 633, (1961).
- (66) BETTINALI C., FERRARESSO G., STAMPACCHIA G.: *Termoluminescenza delle fasi anidre ed idrate del solfato di calcio*, «Rend. Acc. Naz. Lincei», serie VIII, 31, 269, (1961).
- (67) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Thermoluminescence and luminescence of  $\text{PbCl}_2$* , *J. of non-crystalline solids* in corso di stampa.
- (68) BETTINALI C., FERRARESSO G., MANCONI J. W.: *Thermoluminescence of  $\text{ZrO}_2$* , «J. Chem. Phys.», in corso di stampa.
- (69) BETTINALI C.: *Thermoluminescence of  $\text{CCl}_4$* , «J. Chem. Phys.», 46, 2002, (1967).
- (70) BETTINALI C.: *Thermoluminescence of some halogenated aliphatic compounds* - Third Intern. Rad. Res. Congress, Cortina d'Ampezzo, luglio 1966, «Atti Acc. Naz. Lincei», 41, 320 (1966).
- (71) BETTINALI C., FERRARESSO G., MANCONI J. W.: *Behaviour of glow curves during phase transitions in inorganic compounds*, «Atti Acc. Naz. Lincei», serie VIII, 40, 536, (1967).
- (72) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Thermoluminescence and phase transitions in glasses* - VIII Intern. Congr. of Glass, «Soc. Glass Technology Proceedings», p. 85, (1968).
- (73) BETTINALI C., FERRARESSO G.: *T. L. and phase transitions in inorganic compounds*, «J. Chem. Phys.», 48, 517, (1968).
- (74) ANCARANI-ROSSIELLO L., BETTINALI C., FAINA G.: *Composizione isotopica dello zolfo dei giacimenti della Maremma Toscana e dell'Isola d'Elba*, «Periodico di Mineralogia», 31, 369, (1962).
- (75) ANCARANI L., BETTINALI C.: *Analisi isotopiche dell'uranio e dello zolfo nello studio delle mineralizzazioni di Canale Monterano*, «Studi e Ricerche della Divisione Geomineraria», 3, 455, (1960).
- (76) ANCARANI-ROSSIELLO L., BETTINALI C., FERRARESSO G.: *Sul rapporto isotopico  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$  nello zolfo elementare e nello zolfo dei solfati associati di alcuni giacimenti italiani*, «Rend. Acc. Naz. Lincei», serie VIII, 34, 246, (1963).
- (77) LA GINESTRA A., MARUCCI G., STAMPACCHIA G.: *Sull'azione dei solfuri alcalini su soluzioni di sali di uranio e vari pH*, «Gazz. Chim. Ital.», 96, 1589, (1966).
- (78) LA GINESTRA A., ANCARANI - ROSSIELLO L., GIACCI M.: *Comportamento dell'uranile in soluzioni solfuree a pH 10*, «Gazz. Chim. Ital.», 96, 1599, (1966).
- (79) BETTINALI C., LA GINESTRA A., VALIGI M.: *Fosfato di calcio e zirconio: preparazione e caratteristiche cristallografiche*, «Rend. Acc. Naz. Lincei», serie VIII, 33, 472, (1962).
- (80) BETTINALI C., LA GINESTRA A.: *Sui prodotti che prendono origine per riscaldamento a varie temperature di coprecipitati di fosfati di calcio e di torio*, «Rend. Acc. Naz. Lincei», serie VIII, 32, 83, (1962).
- (81) LA GINESTRA A., VARIALI G., VALIGI M.: *Fosfato di calcio e uranio (IV): preparazione e caratteristiche cristallografiche*, «Gazz. Chim. Ital.», 95, 1096, (1965).
- (82) SALVETTI F., DE CARVALHO H., DI NAPOLI V., DOBICI F.: *Use of the ferrous sulphate chemical dosimeter to determine the bremsstrahlung radiation intensity in the energy range 0,3-1 GeV*, «Nuclear Instruments and Methods», 36, 241, (1965).
- (83) SALVETTI F., DE CARVALHO H., DI NAPOLI V., DOBICI F.: *Radiochemical study on photonuclear reactions above the mesonic threshold - I - Photoreactions produced on  $^{127}\text{I}$  by 1 GeV Bremsstrahlung*, «Il Nuovo Cimento», 37, 1728, (1965).
- (84) DI NAPOLI V., DOBICI F., SALVETTI F., DE CARVALHO H.: *Radiochemical study on photonuclear reactions above the mesonic threshold - II - Photoreactions produced on  $^{55}\text{Mn}$  by 1 GeV Bremsstrahlung*, «Il Nuovo Cimento», 42, 358, (1966).
- (85) DI NAPOLI V., DOBICI F., SALVETTI F., DE CARVALHO H.: *Photonuclear reactions above the mesonic threshold - III Gamma - Neutron Reactions in Iodine at Energies between 300 and 1.000 MeV*, «Il Nuovo Cimento», 48, 1, (1967).
- (86) DI NAPOLI V., DOBICI F., FORINA O., SALVETTI F., DE CARVALHO H.: *Photonuclear Reactions in Carbon at Energies between 300 MeV and 1.000 MeV*, «Il Nuovo Cimento», 55B, 95, (1968).
- (87) ALBERTI G., CARDINI-GALLI P., COSTANTINO U., TORRACCA E.: *Crystalline insoluble salts of polybasic metals - I. Ion-exchange properties of crystalline titanium phosphate*, «J. Inorg. Nucl. Chem.», 29, 571, (1967).
- (88) ALBERTI G., TORRACCA E.: *Crystalline insoluble salts of polybasic metals - II. Synthesis of crystalline zirconium phosphate by direct precipitation*, «J. Inorg. Nucl. Chem.», 30, 317, (1968).

- (89) ALBERTI G., COSTANTINO U., DI GREGORIO F., GALLI P., TORRACCA E.: *Crystalline insoluble salts of polybasic metals. III Preparation and ion exchange properties of cerium (IV) phosphate of various crystallinities*, « J. Inorg. Nucl. Chem. », 30, 295, (1968).
- (90) TORRACCA E., COSTANTINO U., MASSUCCI M. A.: *Crystalline insoluble salts of polybasic metals V Ion-exchange properties of crystalline and amorphous zirconium arsenate*, « J. Chromatog. », 30, 584, (1967).
- (91) ALBERTI G., CONTE A.: *Effect of the drying temperature on the ion exchange properties of zirconium phosphate*, « J. Chromatog. », 5, 244, (1961).
- (92) ALBERTI G., CONTE A., TORRACCA E.: *Influence of thermal treatment on the rate of ion exchange of zirconium phosphate*, « J. Inorg. Nucl. Chem. », 28, 225, (1966).
- (93) ALBERTI G., GALLI P.: *Thermal regeneration of ion exchanger. I Thermal decomposition of zirconium phosphate in the ammonium form*, « J. Inorg. Nucl. Chem. », 28, 658, (1966).
- (94) ALBERTI G., TORRACCA E., CONTE A.: *Stoichiometry of ion exchange materials containing zirconium and phosphate*, « J. Inorg. Nucl. Chem. », 28, 607, (1966).
- (95) ALBERTI G., TORRACCA E.: *Electrical conductance of amorphous zirconium phosphate in various salt form*, « J. Inorg. Nucl. Chem. », 30, 1093, (1968).
- (96) ALBERTI G., CONTE A.: *Recupero del cesio dalle soluzioni dei prodotti di fissione mediante fosfato di zirconio essiccato ad alta temperatura*, « Energia Nucleare », 9, 43, (1962).
- (97) ALBERTI G.: *Sulla permselettività di membrane inorganiche a scambio ionico costituite da fosfato di zirconio supportato su fibra di lana di vetro*, « Rend. Acc. Naz. Lincei », serie VIII, 31, 428, (1961).
- (98) ALBERTI G., CONTE A., TORRACCA E.: *Preparazione e proprietà elettrochimiche di membrane inorganiche a scambio ionico*, « Rend. Acc. Naz. Lincei », serie VIII, 35, 548, (1963).
- (99) DOBICI F.: *Purity control of radioisotopes*, « Energia Nucleare », 8, 364, (1961).
- (100) ALLULLI S., GRASSINI G.: *The formation of double spots by Polonium (IV) stored in nitric acid solution*, « J. Chromatog. », 7, 414, (1962).
- (101) ALBERTI G., CAGLIOTI V., LEDERER M.: *Chromatography on paper impregnated with ion exchange resins - V. The study of complex equilibria*, « J. Chromatog. », 7, 242, (1962).
- (102) BAGLIANO G., GRASSINI G., LEDERER M., OSSICINI L.: *Chromatography on ion exchange papers - XII. The adsorption of metal ions on various exchange papers. Further results*, « J. Chromatog. », 14, 238, (1964).
- (103) LEDERER M., MOSCATELLI V., PADIGLIONE C.: *Chromatography on paper impregnated with ion-exchange resins - VII. Ion exchange with organic solvents*, « J. Chromatog. », 10, 82, (1963).
- (104) ALBERTI G., GRASSINI G.: *Chromatography on paper impregnated with zirconium phosphate*, « J. Chromatog. », 4, 83, (1960).
- (105) ALBERTI G., GRASSINI G.: *Chromatographic separation of alkali metal ions on paper impregnated with ammonium molybdophosphate*, « J. Chromatog. », 4, 423, (1960).
- (106) ALBERTI G., DOBICI F., GRASSINI G.: *Chromatography on paper impregnated with inorganic ion-exchangers - III. Chromatography of inorganic ions on zirconium phosphate paper with HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub> and CH<sub>3</sub>COOH at different concentrations*, « J. Chromatog. », 8, 103, (1962).
- (107) GRASSINI G., PADIGLIONE C.: *The exchange capacity of papers impregnated with zirconium phosphate*, « J. Chromatog. », 13, 561, (1964).
- (108) ALBERTI G., MASSUCCI M. A., TORRACCA E.: *Crystalline insoluble salts of polybasic metals - IV. Chromatography of inorganic ions on (support-free) cerium (IV) phosphate sheets*, « J. Chromatog. », 30, 579, (1967).
- (109) ALBERTI G., GIAMMARI G., GRASSINI-STRAZZA G.: *Chromatographic behaviour of inorganic ions on crystalline titanium phosphate or zirconium phosphate thin layers*, « J. Chromatog. », 18, 118, (1967).
- (110) ALBERTI G.: *Chromatography on paper impregnated with inorganic ion exchangers - IV. Spot tests for Tl(I), Hg(I), Ag(I) and Cs(I) after rapid and selective chromatographic separation on ammonium molybdophosphate paper*, « J. Chromatog. », 31, 177, (1967).
- (111) DOBICI F., SALVETTI F.: *Purity control of radioisotopes. The separation of tellurium nuclear isomers by paper chromatography*, « J. Inorg. Nucl. Chem. », 26, 911, (1964).
- (112) ALBERTI G., CONTE A., GRASSINI G., LEDERER M.: *The separation of inorganic ions by electrophoresis on paper impregnated with ion exchangers*, « J. Electroanal. Chem. », 4, 301, (1962).
- (113) DOBICI F., GRASSINI G.: *The quantitative separation of periodate and iodate by thin-layer electrophoresis on strips of Plaster of Paris*, « J. Chromatog. », 10, 98, (1963).
- (114) GRASSINI G., OSSICINI L.: *Paper chromatography of inorganic anions. A system of identification using partition, ion-exchange and paper electrophoresis*, « J. Chromatog. », 7, 351, (1962).
- (115) ALBERTI G., CONTE A., ALLULLI S.: *Ion exchange in fused salts. Part. I, Chromatographic behaviour of various metal cations dissolved in fused salts on  $\gamma$ -alumina and synthetic inorganic ion exchange materials*, « J. Chromatog. », 18, 564, (1965).
- (116) ALBERTI G., ALLULLI S., CONTE A.: *Ion exchange in fused salt. II. Distribution coefficients of some alkali metal ion on zirconium phosphate in fused nitrates*, « J. Chromatog. », 24, 148, (1966).
- (117) ALBERTI G., ALLULLI S.: *Ion exchange in fused salts. III. Preparation, thermal stability and ion exchange properties of amorphous zirconium phosphate fully converted in salt form*, « J. Chromatog. », 32, 379, (1968).
- (118) ALBERTI G., GRASSINI G.: *Chromatographic separation of inorganic ions on glass fiber strips using fused salts as eluant*, « J. Chromatog. », 4, 425, (1960).
- (119) ALBERTI G.: *Estrazione di sali inorganici da sostanze organiche fuse mediante fosfato di zirconio*, « Ric. Sci. », 30, 2139, (1960).
- (120) GRASSINI G.: *Separazione cromatografica di ioni inorganici su carta di vetro impiegando come eluente sostanze organiche fuse*, « Ric. Sci. », 30, 2155, (1960).
- (121) ALBERTI G., GRASSINI G., TRUCCO R.: *Separation of inorganic ions in fused salts by electrophoresis on glass fiber paper*, « J. Electroanal. Chem. », 3, 283, (1962).
- (122) ALBERTI G., ALLULLI S., MODUGNO G.: *Separation of inorganic ions in fused salts by means of chromatography and electrophoresis on glass fiber paper. III. Effect of water, oxygen and support on the migration of inorganic ions dissolved in the LiCl-KCl eutectic at 450 °K*, « J. Chromatog. », 15, 420, (1964).
- (123) ALBERTI G., ALLULLI S.: *Chromatography and zone electrophoresis of inorganic ions in fused salts. IV. Electromigration of inorganic ions in fused alkali nitrates*, « J. Chromatog. », 31, 519, (1967).
- (124) JANZ G. J., CONTE A., NEUENSCHWANDER E.: *Corrosion of platinum, gold, silver and refractories in molten carbonates*, « Corrosion », 19, 292, (1963).
- (125) JANZ G. J., NEUENSCHWANDER E., CONTE A.: *Corrosion of silver in molten alkali carbonates*, « J. Corrosion Science », 4, 333, (1963).

- (126) JANZ G. J., CONTE A.: *Corrosion of gold-palladium, nickel and type 347 stainless steel in molten alkali carbonates*, « Corrosion », 20, 2375, (1964).
- (127) JANZ G. J., CONTE A.: *Potentiostatic polarization in fused carbonates. Part. I, The noble metals, silver and nickel*, « Electrochimica Acta », 9, 1269, (1964).
- (128) JANZ G. J., CONTE A.: *Potentiostatic polarization studies in fused carbonates. Part. II, Stainless steel*, « Electrochimica Acta », 9, 1279, (1964).
- (129) GRASSINI G., ALBERTI G.: *A very sensitive fluorescence test for uranium; use in the paper chromatographic estimation of uranium in natural water*, « Proceeding, Intern. Symposium on Microchemical Techniques », Interscience Publ, p. 285, (1961).
- (130) ALBERTI G., SAINI A.: *The formation of highly fluorescent zinc phosphate in the presence of uranium and its application to the direct fluorimetry of uranium in aqueous media*, « Anal. Chem. Acta », 28, 536, (1963).
- (131) ALBERTI G., MASSUCCI M. A.: *Chromatographic separation and identification of some individual rare earths on paper by means of fluorescence*, « J. Chromatog. », 11, 394, (1963).
- (132) ALBERTI G., MASSUCCI M. A., SAINI A.: *Determinazione di tracce di terre rare ( $10^{-2}$ - $10^{-4}$  µg/ml) mediante fluorescenza in mezzo acquoso*, « Rend. Acc. Naz. Lincei », serie VIII, 34, 173, (1963).
- (133) ALBERTI G., MASSUCCI M. A.: *Fluorescenza degli ioni lantanidi in soluzione acquosa - Nota I. Ricerca delle migliori condizioni per ottenere la massima intensità di fluorescenza dei lantanidi in soluzione di tungstato sodico*, « Gazz. Chim. Ital. », 95, 997, (1965).
- (134) ALBERTI G., MASSUCCI M. A.: *Fluorescenza degli ioni lantanidi in soluzione acquosa - Nota II. Spettri di fluorescenza e di assorbimento nelle soluzioni di tungstato sodico*, « Gazz. Chim. Ital. », 95, 1006, (1965).
- (135) ALBERTI G., BRUNO R., MASSUCCI M. A., SAINI A.: *Fluorescenza degli ioni lantanidi in soluzione acquosa - Nota III. Spettri di fluorescenza e di assorbimento nelle soluzioni di ossalato potassico*, « Gazz. Chim. Ital. », 95, 1021, (1965).
- (136) ALBERTI G., MASSUCCI M. A.: *Spectrofluorometric trace determination of trivalent samarium, europium, terbium and dysprosium in sodium tungstate solutions*, « Anal. Chem. », 38, 214, (1966).
- (137) ALBERTI G., MASSUCCI M. A.: *Spectrofluorometric trace determination of trivalent terbium by potassium oxalate solutions*, « Anal. Chim. Acta », 35, 303, (1966).
- (138) ANCARANI-ROSSIELLO L.: *Spettri di luminescenza di complessi del nichel*, « Ric. Sci. », 34, 2, (IIA) 437, (1964).
- (139) ANCARANI-ROSSIELLO L., FURLANI C.: *Luminescenza di alcuni cianuri complessi di metalli di transizione*, « Atti Acc. Naz. Lincei », serie VIII, 38, 207, (1965).
- (140) ANCARANI-ROSSIELLO L., FURLANI C.: *Caratteristiche spettroscopiche di complessi dipiridilici misti del Pt(II)*, « Ric. Sci. », 35, (II-A), 1416, (1965).
- (141) ANCARANI-ROSSIELLO L.: *Spettri di assorbimento di alcuni complessi del Pt(II) e del Pd(II) con dipiridile e fenantrolina*, « Gazz. Chim. Ital. », 97, 1177, (1967).
- (142) CIMINO A., CORDISCHI D., PORTA P., VALIGI M.: *ESR identification of  $Ni^{2+}$  in  $MgO-NiO-Li_2O$  solid solution*, « Ric. Sci. », (II-A), 1153, (1965).
- (143) FURLANI C., SGAMELOTTI A., MAGRINI F., CORDISCHI C.: *ESR and optical Spectrum of  $(CH_3NH_2)_2CuCl_4$* , « J. Molec. Spectr. », 24, 270, (1967).
- (144) CARUNCHIO V., GRASSINI-STRAZZA G., ORTAGGI G., PADIGLIONE C.: *Ion exchange chromatographic separation of the reaction products of base hydrolysis of cis- and trans-Cobalt(III) bis(ethylenediamine)-diacetate ions*, « J. Inorg. Nucl. Chem. », 27, 841, (1965).
- (145) CARUNCHIO V., GRASSINI-STRAZZA G., ORTAGGI G., PADIGLIONE C.: *Sugli ioni cis- e trans-cobalto(III)bis (etilen-diammino)-aquobenzoato*, « Ric. Sci. », 36, 1187, (1966).
- (146) LA GINESTRA A., CERRI R.: *Disidratazione e decomposizione termica del cromoesamolibdato di potassio*, « Gazz. Chim. Ital. », 95, 26, (1965).
- (147) LA GINESTRA A., CERRI R., SETA M., DELLI QUADRI A.: *Dehydration and thermal behaviour of some hetero-examolybdates* - Proceed., Ist Conf. on Thermal Analysis, Aberdeen (Scotland), 6 sept. 1965, p. 128.
- (148) LA GINESTRA A., DELLI QUADRI A.: *Zincoesamolibdato di ammonio: preparazione, caratteristiche e decomposizione termica*, « Atti Acc. Naz. Lincei », serie VIII, 41, 521, (1966).
- (149) LA GINESTRA A., RUBINO G.: *Comportamento termico di alcuni polimolibdati di potassio*, « Atti Acc. Naz. Lincei », serie VIII, 41, 510, (1966).
- (150) LA GINESTRA A., SETA M.: *Disidratazione e decomposizione termica dei nichel-esamolibdati di potassio e di ammonio*, « Ric. Sci. », 37, 287, (1967).
- (151) LA GINESTRA A., MARUCCI G.: *Dibenzoilmetanati di Cr(III), Fe(III) e Co(III). Preparazione e caratteristiche*, « Ann. Chim. (Rome) », 54, 891, (1964).
- (152) LA GINESTRA A., MARUCCI G., MONACI A.: *Polimeri inorganici di coordinazione derivati da dibenzoilmetanati e acido difenilfosfinico*, « Gazz. Chim. Ital. », 94, 1459, (1964).
- (153) LA GINESTRA A., MARUCCI G.: *Polimeri inorganici di coordinazione derivati da cromo-tenoiltrifluoroacetato ed acido difenilfosfinico*, « Gazz. Chim. Ital. », 94, 1464, (1964).
- (154) LA GINESTRA A., MATTOGNO G., TARLI F.: *Reazione del polidicloro-fosfazene con 2, 2, 2-trifluoroetanolo*, « Atti Accad. Naz. Lincei », « Rend. », serie VIII, 37, 175, (1964).
- (155) LA GINESTRA A., INCITTI S.: *Spectrophotometric determination of complexed dibenzoylmethane*, « The Analyst », 91, 814, (1966).
- (156) CORDISCHI D., MELE A., SOMOGYI A.: *The reaction of  $AlCl_3$  with dimethylsiloxanes*, « J. Chem. Soc. », 5481, (1964).

#### RASSEGNE

- CORDISCHI D., MELE A.: *Polimerizzazioni cationiche indotte da radiazioni*, « La Chimica e L'Industria », 49, 151, (1967).
- ALBERTI G.: *Chromatographic separations on paper impregnated with inorganic ion exchangers*, « Chromatographic Reviews », vol. 8, Elsevier, Amsterdam, p. 246, (1966).
- GRASSINI G.: *Thin-layer electrophoresis* - Proc. Intern. Symposium on « Thin-layer chromatography », Elsevier, p. 55, (1964).
- ALBERTI G., ALLULLI S.: *Chromatography and electrophoresis of inorganic ions in fused salts*, « Chromatographic Reviews », 10, 99, (1968).
- CARUNCHIO V., GRASSINI-STRAZZA G.: *Chromatography in the study of coordination compounds in solutions*, « Chromatographic Reviews », vol. 8, Elsevier, Amsterdam, p. 261, (1966).

#### BREVETTI

- ALBERT G., COSTANTINO U.: *Procedimento di preparazione di cerio (IV) non amorfo e prodotti ottenuti*, (N. 36708A/67)
- ALBERT G., COSTANTINO U.: *Carte e membrane a scambio ionico completamente inorganiche costituite da fosfato di cerio (IV) e procedimenti di preparazione*, (N. 36739A/67)
- ALBERT G., MASSUCCI M. A.: *Procedimento di preparazione dell'arseniato acido di torio e sua utilizzazione per la purificazione e concentrazione di sali di litio*, (N. 39197A/68)