

# NOTIZIARIO G. N. S. M.

GRUPPO NAZIONALE STRUTTURA DELLA MATERIA  
DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Fisica degli atomi, delle molecole e degli stati condensati

ANNO II - n. 3 - LUGLIO 1967

*Comitato di redazione:*

F. BASSANI - Università di Pisa  
G. BOATO - Università di Genova  
L. GIULOTTO - Università di Pavia

*Direttore Responsabile:*

G. LANZI - Istituto di Fisica Generale -  
Università di Pavia - Telef. 34341-2-3-4

Reg. Trib. Pavia n. 137 del 25 luglio 1966

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - GRUPPO 4°

\* Le informazioni contenute in  
questo notiziario sono a  
disposizione della Stampa \*

ASF - Pavia

## Sulla ricerca scientifica nel dopoguerra in Italia e all'estero

L. Giulotto - Istituto di Fisica dell'Università - Pavia.

Nel presente articolo mi limiterò ad alcune considerazioni sulla organizzazione e sul finanziamento della ricerca e su alcune nuove tendenze manifestatesi in questo campo nel dopoguerra specialmente per quanto riguarda la fisica.

Se si tiene conto di queste limitazioni il titolo di questo articolo può apparire un po' troppo ambizioso. Esso vuole essere piuttosto una proposta di argomenti di discussione che potrebbe opportunamente estendersi ad altre discipline e riguardare non soltanto gli aspetti finanziari e organizzativi, ma anche i risultati più importanti raggiunti o che si presume di poter raggiungere nei diversi settori.

### SCIENZA, DIVULGAZIONE SCIENTIFICA E POLITICA

L'opportunità di un maggior approfondimento di alcune questioni riguardanti la ricerca scientifica appare evidente a chi abbia letto con sufficiente attenzione qualcuno dei numerosi articoli che su vari quotidiani e riviste sono stati scritti in proposito in Italia in questi ultimi anni. Non si può non riconoscere infatti che, nell'intento di propugnare lo sviluppo della ricerca scientifica, spesso ci si serve di argomentazioni un po' troppo semplicistiche che sono diventate ormai luoghi comuni e che sarebbe perciò opportuno venissero riesaminate con un certo spirito critico.

Uno di tali luoghi comuni, come è stato osservato dal prof. Bonfiglioli nel suo articolo sui rapporti fra scienza e industria, apparso nel precedente numero di questo Notiziario, consiste nel ridurre i problemi di sviluppo della ricerca scientifica solo ad una questione quantitativa di disponibilità di mezzi, indipendentemente da considerazioni relative alle loro modalità di impiego e a una loro opportuna ed equa distribuzione fra i vari settori anche in considerazione dei fini che ci si propone di raggiungere.

Così pure l'insufficienza dei mezzi viene per lo più attribuita esclusivamente alla incomprendenza da parte della nostra classe politica dell'importanza della ricerca scientifica nella società moderna.

Effettivamente la cultura prevalentemente o quasi esclusivamente umanistica della nostra classe dirigente può aver reso più difficile, specialmente nell'immediato dopoguerra, una com-

preensione sufficientemente ampia dei problemi della ricerca. Mi sembra tuttavia difficile, nel periodo attuale, separare nettamente la responsabilità di una « classe politica » da quella degli « scienziati ».

Infatti alcuni aspetti dei problemi relativi all'organizzazione della ricerca scientifica, al suo sviluppo e alle scelte più importanti sono ormai da alcuni anni coinvolti con problemi di politica così da diventare essi stessi problemi politici, dei quali si interessano in particolare, insieme agli organi responsabili, anche esponenti del mondo scientifico.

In questa situazione gli sviluppi relativi dei diversi settori della ricerca vengono in alcuni casi determinati più da un certo attivismo in campo politico che da uno studio approfondito e obiettivo di problemi d'altronde assai complessi.

Anche i problemi dell'Università, accanto e in relazione con quelli della ricerca, vengono pure da alcuni anni frequentemente dibattuti in Italia ed anche in altri paesi, specialmente dell'Europa occidentale.

Si può perciò senz'altro affermare che una delle caratteristiche della ricerca scientifica nel dopoguerra abbastanza diffusa nel nostro paese ed anche all'estero è appunto questa: che i problemi relativi al suo sviluppo, al suo finanziamento e alla sua organizzazione vengono assai spesso portati, per mezzo dei moderni mezzi di comunicazione, di fronte all'opinione pubblica e quindi anche, direttamente o indirettamente, in sede politica.

Lo scienziato è uscito così dallo splendido isolamento nel quale, nella grande maggioranza dei casi, aveva potuto svolgere la sua attività negli anni precedenti il secondo conflitto mondiale.

Che l'opinione pubblica sia oggi informata sui problemi della ricerca può apparire da un lato giustificato se si considera che le relative spese si avviano a diventare, anche nel nostro paese, una frazione non trascurabile del reddito nazionale.

D'altra parte è evidente che i rapporti fra ricerca scientifica e opinione pubblica, sia perchè ovviamente lasciati a singole libere iniziative, sia per le difficoltà che incontrerebbe la divulgazione scientifica specie in alcuni campi, non possono che essere parziali e frammentari, basati soprattutto sugli aspetti della scienza più appariscenti e suggestivi nei riguardi di un pubblico non specializzato.

Considerazioni di questo genere, alquanto tristi per la verità, possono spiegare, almeno in parte, come mai talvolta,

Indipendentemente dalla serietà dei programmi, sia più facile ottenere finanziamenti per le ricerche quando i mezzi che si richiedono sono di costo e di dimensioni notevoli, così da creare facilmente un certo interesse per il pubblico.

All'attuale sviluppo della ricerca, all'attuale suo ritmo di crescita e alle sue interazioni con la politica ha certamente notevolmente contribuito durante e dopo la seconda guerra mondiale l'interesse suscitato in campo politico dalle nuove possibilità offerte dall'energia nucleare sia a scopi bellici che pacifici. D'altra parte le stesse necessità in uomini e mezzi di tutti i principali settori della ricerca moderna hanno indotto specialmente chi se ne è assunto le maggiori responsabilità a premere sui governi e sull'opinione pubblica al fine di ottenere adeguati finanziamenti.

Perciò specialmente in questo dopoguerra i maggiori propulsori della ricerca, coloro che più si adoperano a favorirne lo sviluppo curando in particolar modo i rapporti con i politici e con l'opinione pubblica, vengono per lo più considerati come le figure più rappresentative anche dal punto di vista scientifico.

Ciononostante la figura dello scienziato non è cambiata rispetto a quella tradizionale così radicalmente come potrebbe apparire a chi non è addentro nei problemi della ricerca. Lo scienziato non si è trasformato improvvisamente nel dopoguerra da professore distratto, sempre assorto nei suoi astrusi problemi, in un uomo attivo e dinamico, dotato di grandi capacità organizzative e particolarmente versato nelle « public relations ».

La ricerca moderna richiede in generale doti organizzative in misura maggiore che per il passato, ma la fantasia e le attitudini più profondamente speculative e critiche rimangono le sole vere doti dello scienziato, quelle cioè che sono capaci di dare carattere di originalità al lavoro di ricerca.

Nella maggior parte dei casi questo tipo di scienziato continua, come in passato, a rimanere pressochè ignorato dal pubblico.

Le opinioni attualmente più diffuse sulla ricerca scientifica in Italia ed anche nei paesi dell'Europa Occidentale sono circa quelle che erano comunemente accettate negli Stati Uniti anche dagli esperti fino a qualche anno fa. Ci troviamo cioè ancora in una fase ottimistica di fiducia incondizionata nella ricerca scientifica in genere come fattore determinante del progresso economico.

Non vi è dubbio che esistono rapporti assai importanti fra progresso scientifico e progresso economico. Tali rapporti sono tuttavia assai più complessi e indiretti di quanto comunemente si ammette.

Solo recentemente in Italia si è manifestato un certo orientamento da parte di scienziati, di industriali e di economisti inteso ad approfondire lo studio di questi problemi.

## LE UNIVERSITÀ, I CENTRI DI RICERCA E LE INDUSTRIE

Una prima fase dello sviluppo della ricerca scientifica nell'immediato dopoguerra è stata caratterizzata dalla creazione in molti paesi di centri di ricerca. L'esempio e lo stimolo provenivano, specie nei primi tempi, dal centro di Los Alamos nel Nuovo Messico che durante la guerra aveva condotto alla realizzazione della prima bomba atomica.

Vogliamo qui solo ricordare, fra le iniziative italiane, il C.I.S.E. (Centro Informazioni Studi e Esperienze) sorto già nel 1946 con capitale privato e l'I.N.F.N. (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) che fu istituito nel 1951 dal C.N.R. sotto forma di centri fra loro associati presso alcuni istituti universitari, favorendo così fin da allora presso quegli istituti, in

misura considerevole rispetto alle disponibilità medie universitarie, specialmente lo sviluppo della fisica delle particelle elementari. Sempre in campo italiano il C.N.R.N. (Comitato Nazionale Ricerche Nucleari) sorto nel 1952 come organo del Consiglio Nazionale delle Ricerche, acquistava poi (1960) posizione giuridica propria come C.N.E.N. (Comitato Nazionale Energia Nucleare). Esso aveva assunto in un primo tempo fra i suoi principali compiti quello appunto di istituire alcuni centri di ricerca. Sono sorti così, in campo nazionale, i centri di Frascati e della Casaccia presso Roma e si è dato inizio alla costruzione del Centro di Ispra. Vanno ricordati ancora i centri del C.A.M.E.N. e di Saluggia, dovuti a iniziative in altri settori.

Fra gli enti internazionali oltre all'A.I.E.A. (Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica delle Nazioni Unite), in campo europeo ricordiamo l'EURATOM, istituito nel 1957 per lo sfruttamento pacifico dell'energia nucleare (che gestisce oltre al Centro di Ispra, quello di Mol in Belgio e quello di Karlsruhe in Germania) e il C.E.R.N., che, sorto nel 1952, ha creato presso Ginevra un centro europeo per lo studio delle particelle elementari.

Tralasciando di elencare qui altre organizzazioni ed altri centri sorti in Italia e all'estero, ci sembra opportuno osservare, come, oltre alle necessità di sviluppo delle ricerche, in molti casi anche un certo spirito di imitazione e di competizione abbia determinato la creazione di nuovi centri nei vari paesi.

L'impresa di Los Alamos, che aveva portato alla realizzazione della prima bomba atomica, aveva notevolmente contribuito ad accreditare l'opinione che le migliori condizioni per svolgere un lavoro di ricerca di notevole impegno si realizzano sono concentrando ingenti mezzi e riunendo numerosi ricercatori possibilmente lontano da centri abitati. Sono sorti così per analogia centri di ricerca anche a scopi puramente scientifici, la cui complessa struttura non sempre è stata determinata da particolari esigenze di coordinamento su vasta scala delle ricerche che vi si svolgono e la cui ubicazione in luoghi appartati non sempre trova una giustificazione in esigenze di carattere militare, di sicurezza per la popolazione o di riservatezza dei risultati che ci si propone di raggiungere.

Alcune inutili scomodità e il ritardato sviluppo e adeguamento delle attrezzature delle nostre Università sono state così in buona parte la conseguenza di tendenze nello sviluppo e nell'organizzazione della ricerca abbastanza diffuse nel dopoguerra e non sempre completamente giustificate.

Alcune critiche che credo qui opportuno fare sulla creazione di centri di ricerca in Italia in rapporto al ritardato sviluppo delle Università non devono essere interpretate come un riconoscimento di quanto di notevole è stato fatto in Italia nel campo della ricerca nei centri oltre che nelle Università. D'altra parte gli aspetti positivi delle nuove organizzazioni italiane, specie nel campo della fisica, sono stati più volte messi in evidenza sulla stampa ed anche in documenti ufficiali, mentre mi sembra che finora poco si sia fatto per tentare una analisi storica (si tratta di una storia limitata a pochi decenni) delle cause che hanno portato in Italia ad alcuni notevoli squilibri rispetto alla situazione in altri paesi.

Spesso si è lamentata la scarsa collaborazione esistente in Italia fra Università e industrie, specialmente considerando il campo della fisica, dove tale collaborazione è veramente molto esigua.

Un indice di questa situazione può essere fornito da un censimento condotto qualche anno fa a cura della Società Italiana di Fisica, che dava solo il 9% di fisici impiegati nell'industria fra quelli laureati entro il triennio 1959-1962.

Per di più una forte percentuale di questi aveva dichiarato di svolgere mansioni per le quali la laurea in fisica non era necessaria.

Si può sperare che in questi ultimi anni la situazione sia un po' migliorata. Tuttavia essa è certamente parecchio lontana da quella degli Stati Uniti dove i fisici impiegati nelle industrie raggiungono il 45%.

Le cause di questa situazione in Italia sono certo molteplici. In parte essa è dovuta alla scarsità di laboratori di ricerca dipendenti dalle grandi industrie, mentre presso le piccole industrie vi è per lo più, salvo poche eccezioni, una certa tendenza a richiedere dalla ricerca un utile troppo immediato. D'altra parte occorre riconoscere che nel nostro insegnamento universitario il compito di illustrare ai giovani i principi generali e le leggi fondamentali di una disciplina viene spesso interpretato in maniera un po' troppo esclusiva così da creare una preparazione e una predisposizione non sempre favorevoli a ricerche aventi carattere applicativo.

La creazione in Italia di alcuni centri di ricerca finanziati dallo Stato ha permesso, specialmente nel periodo della loro espansione, di assumere come ricercatori un certo numero di giovani fisici, sopperendo alle scarse possibilità di assunzione della nostra industria.

D'altra parte le stesse possibilità offerte dai centri hanno distolto, per un certo periodo, quasi completamente l'attenzione e l'interesse dei fisici italiani da una collaborazione con le industrie, contribuendo così a mantenere il distacco fra queste e gli Istituti universitari.

I nostri centri di ricerca infatti, i quali senza dubbio adempiono ai loro compiti istituzionali, per quanto posso esserne informato, svolgono scarsamente quelle funzioni di sostegno delle piccole industrie e contemporaneamente di ponte con le università, alle quali sono invece destinati numerosi laboratori negli Stati Uniti.

### SQUILIBRI NELLA FISICA ITALIANA

Credo si possa affermare, in linea generale, che la creazione nel dopoguerra di centri di ricerca ha contribuito a un incremento nettamente settoriale delle ricerche di fisica specialmente nei paesi come l'Italia nei quali l'impegno nel periodo prebellico in uomini e mezzi nei diversi settori della ricerca, sia presso le Università che presso le industrie, era stato assai scarso.

In Italia in particolare si è avuto a partire dagli anni intorno al 1950 uno stridente contrasto fra l'impegno finanziario relativamente considerevole dello Stato per iniziative a carattere settoriale, specialmente in favore della fisica nucleare, e i mezzi, del tutto inadeguati, di cui potevano disporre per la ricerca le Università.

Se è vero che una parte dei mezzi di cui disponeva il C.N.E.N. ha potuto essere utilizzata presso alcuni istituti universitari da quando l'I.N.F.N. è passato di fatto dal C.N.R. al C.N.E.N., la medaglia aveva tuttavia il suo rovescio. In seguito a tale passaggio è venuta infatti a mancare la possibilità di controllare e adeguare attraverso il C.N.R. gli sviluppi relativi delle diverse branche della fisica presso le nostre Università.

Comunque gli istituti universitari finanziati dal C.N.R. o dal C.N.E.N. tramite l'I.N.F.N. hanno rappresentato, specialmente nel decennio fra il 1950 e il 1960, delle specie di oasi in una situazione universitaria caratterizzata da una generalmente grave scarsità di mezzi per la ricerca.

Per una serie di circostanze che sarebbe troppo lungo qui analizzare, ed anche per ragioni pratiche connesse col carattere straordinario delle nuove iniziative che si andavano attuando

in Italia nel dopoguerra nel campo delle ricerche, il contrasto con la «vecchia» università consisteva non solo in una assai maggiore disponibilità di mezzi a favore delle nuove imprese, ma anche, almeno in un primo tempo, in una più agevole possibilità di impiego dei mezzi stessi e in assai più larghe possibilità di assunzione di personale ricercatore. A ciò si aggiungeva un diverso trattamento economico dei ricercatori, in genere migliore fuori dall'ambiente universitario.

Credo che un tale complesso di circostanze abbia contribuito non poco a diffondere l'opinione che le strutture universitarie sono ormai troppo vecchie in rapporto alle esigenze moderne della ricerca. Le critiche si sono rivolte in particolare alla struttura e alla amministrazione universitaria, ritenute da alcuni troppo oppresse da complicazioni burocratiche. Tuttavia dopo una prima fase, corrispondente alla creazione e a una prima espansione dei centri di ricerca, precise norme sono subentrate ormai anche nel loro funzionamento e nella loro amministrazione, non meno rigide, ritengo, di quelle che regolano il funzionamento delle nostre Università.

Quello che fino a qualche anno fa sembrava in Italia un conflitto quasi insanabile fra progresso scientifico e burocrazia sta assumendo così ormai le proporzioni di un naturale contrasto fra chi vede soprattutto la necessità di tenere il passo col veloce ritmo del progresso scientifico internazionale e chi considera soprattutto l'importanza di un rispetto anche puramente formale delle norme amministrative.

Le cause di squilibrio, alle quali ho accennato sopra, hanno avuto un notevole peso in Italia, in quanto alcune scelte nel periodo cruciale del primo dopoguerra hanno fortemente condizionato gli sviluppi successivi della ricerca nei diversi settori.

Gli sforzi nel campo della fisica sono stati così indirizzati in Italia per parecchi anni sistematicamente verso ricerche che, per l'elevato costo dello strumento di base intorno al quale si svolgono e per il grande numero di ricercatori impiegati, esulano dalle normali possibilità di un singolo istituto universitario o di un laboratorio di medie proporzioni.

Altri campi della fisica invece che non richiedono un impegno eccezionale in mezzi e in organizzazione, ma che pure presentano un notevole interesse scientifico oltre che applicativo, hanno avuto in Italia uno sviluppo nettamente insufficiente. Questi settori della ricerca fisica moderna, che lasciano maggiore campo alle iniziative individuali, rappresentano infatti in altri paesi, fra i quali specialmente gli Stati Uniti, la parte preponderante della ricerca che si svolge nelle università e presso numerose industrie e laboratori.

Non essendo facile fornire un quadro completo di questi campi di ricerca, mi limiterò qui a ricordare alcuni fra gli indirizzi attualmente più attivi in campo internazionale: fisica degli atomi e delle molecole; fisica dello stato liquido e delle basse temperature, superfluidità e superconduttività; fisica dello stato solido comprendente lo studio delle proprietà elettriche, ottiche, magnetiche e dielettriche dei solidi e l'influenza dei difetti su tali proprietà; fenomeni di trasporto nei solidi e nei liquidi; spettroscopia nel campo delle radiofrequenze e delle microonde; risonanze magnetiche nucleari, quadrupolari, elettroniche e ciclotroniche; pompaggio ottico e doppie risonanze; studio delle interazioni iperfini nei solidi mediante effetto Mössbauer; elettronica quantistica e nuove prospettive nel campo della spettroscopia offerte dall'impiego di nuove tecniche che hanno permesso di estendere o raffinare lo studio delle interazioni delle radiazioni elettromagnetiche con la materia. Fra le nuove tecniche nel campo della spettroscopia va ricordata in particolare quella relativa all'impiego del laser, che consentono fra l'altro lo studio di nuovi effetti dovuti a risposte non lineari della materia ai campi elettromagnetici. Né vanno dimenticati gli importanti indirizzi a carattere teorico consistenti

nello studio di diverse proprietà dei solidi sulla base della teoria dei molti corpi o della teoria dello scattering.

Fra i campi più vicini alle applicazioni tecnologiche sono da segnalare lo studio di materiali semiconduttori per le importanti implicazioni nell'elettronica (transistori, circuiti integrati, generatori di microonde, fotocellule, ecc.), così come l'indagine e la realizzazione di materiali aventi particolari proprietà.

Buona parte di questi moderni indirizzi di ricerca è compresa nel campo della « struttura della materia » secondo la denominazione adottata dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Un esame critico della situazione della fisica italiana, quale mi propongo di riprendere e di approfondire in un successivo articolo, presuppone che si possa ritenere valido il confronto

con altri paesi che noi siamo soliti ad assumere a modello per il loro sviluppo scientifico e tecnologico.

Anche l'adozione di criteri di giudizio assoluti, benché assai difficile, non mi sembra del tutto impossibile. Si tratta in sostanza di definire, dando ad esse anche un certo peso relativo, le ragioni che giustificano il finanziamento da parte dello Stato e di privati della ricerca scientifica nei diversi settori. Tali ragioni dovranno essere di carattere essenzialmente sociale se si tratta di giustificare un forte impegno da parte dello Stato, pur ritenendosi giustificato in una certa misura un sostegno della scienza in generale, indipendentemente dal suo valore sociale, in quanto considerata come una delle più alte manifestazioni spirituali dell'uomo moderno.

## Note scientifiche e tecniche

### LA FERROELETTICITÀ

**E. Fatuzzo** - Laboratori di ricerca Ferrania - Ferrania (Savona).

Negli ultimi anni l'interesse per lo studio della ferroelettricità si è accresciuto notevolmente. Questo è dovuto principalmente a due fatti fondamentali. Da un lato una nuova teoria, dovuta a Cochran, ha permesso di studiare la ferroelettricità sotto un aspetto del tutto nuovo e di mettere in relazione tra loro effetti che prima apparivano senza nesso reciproco. D'altro canto, un notevole sviluppo della tecnologia dei ferroelettrici ha permesso, negli ultimi anni, di eliminare molti degli ostacoli che rendevano poco conveniente l'applicazione industriale di questi materiali.

\* \* \*

I ferroelettrici sono materiali per i quali la relazione tra la polarizzazione elettrica e il campo elettrico non è lineare, ma è data da un ciclo di isteresi. In altre parole, i materiali ferroelettrici sono dotati, in assenza di campo elettrico applicato, di una polarizzazione elettrica permanente (detta polarizzazione spontanea) che, all'equilibrio, può essere orientata in più di una direzione. Applicando un campo elettrico con orientamento e intensità opportuni è possibile spostare la polarizzazione spontanea dall'una all'altra delle sue direzioni di equilibrio. Come si vede c'è una certa analogia tra le proprietà dei ferroelettrici e quelle dei ferromagnetici, sì che in un certo senso si può affermare che i ferroelettrici sono l'equivalente elettrico dei ferromagnetici. L'analogia fra ferroelettrici e ferromagnetici non è però troppo profonda e, come si vedrà in seguito, parecchie proprietà fisiche relative ai due tipi di materiali sono notevolmente differenti. Se si traccia il grafico della polarizzazione spontanea  $P_s$  in funzione della temperatura si trova che, nella maggior parte dei ferroelettrici,  $P_s$  diminuisce al crescere della temperatura, tendendo rapidamente a zero a una certa temperatura che chiameremo  $T_c$ . Al disopra di  $T_c$  la polarizzazione spontanea rimane uguale a zero (in assenza di campo elettrico applicato) e il materiale si comporta come un comune dielettrico. Per analogia con i ferromagnetici,  $T_c$  viene denominata « temperatura di Curie ». Alcuni materiali possiedono due temperature di Curie, e si comportano da ferroelettrici solo nell'intervallo compreso tra queste due temperature.

Consideriamo ora due ferroelettrici che sono stati particolarmente studiati, e cioè il titanato di bario ( $\text{BaTiO}_3$ ) e il fosfato acido di potassio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Il primo è un tipico materiale in cui non sono presenti legami idrogeno, mentre il secondo è un materiale in cui essi sono presenti ed hanno un

ruolo importante nel meccanismo della ferroelettricità. Il fosfato acido di potassio non è ferroelettrico a temperatura ambiente, ma acquista proprietà ferroelettriche se la temperatura viene abbassata al disotto di  $-150^\circ\text{C}$  (che è la temperatura di Curie). Attraversando la temperatura di Curie, si notano grossi cambiamenti nelle proprietà fisiche. Mentre a temperatura ambiente il fosfato acido di potassio è tetragonale e non ha polarizzazione spontanea, al disotto di  $-150^\circ\text{C}$  diventa ortorombico ed acquista una polarizzazione spontanea diretta lungo l'asse  $c$ . Il vettore polarizzazione spontanea può avere due orientamenti possibili, entrambi paralleli all'asse  $c$ , ma a  $180^\circ$  l'uno rispetto all'altro. Per mezzo dell'applicazione di un campo elettrico, si può far « saltare » tale vettore dall'uno all'altro dei due orientamenti di cui sopra.

Il caso del titanato di bario è molto più complicato. Questo materiale non è ferroelettrico a temperature elevate, ma acquista proprietà ferroelettriche se la temperatura viene portata al disotto di  $+120^\circ\text{C}$  (che è la temperatura di Curie). Attraversando la temperatura di Curie, si riscontrano dei notevoli cambiamenti anche in questo materiale. Mentre ad elevate temperature il titanato di bario è cubico, esso diventa tetragonale a  $120^\circ\text{C}$ . Alla stessa temperatura sorge la polarizzazione spontanea, orientata parallelamente ad uno degli spigoli del cubo. (Per semplicità, gli orientamenti verranno riferiti agli assi di simmetria della fase cubica. Ciò è possibile perché al disotto di  $120^\circ\text{C}$  la struttura, pur non essendo più cubica, non si discosta eccessivamente da quest'ultima). Abbassando la temperatura ulteriormente, si trova che, a  $5^\circ\text{C}$ , si ha un nuovo, subitaneo cambiamento di fase. La struttura diventa ortorombica e la polarizzazione spontanea diventa parallela ad una delle diagonali delle facce del cubo. Abbassando ancora la temperatura si trova che a  $-90^\circ\text{C}$  il cristallo subisce un nuovo cambiamento di fase: la struttura diventa romboedrica e la polarizzazione spontanea si allinea con una diagonale del cubo. Tenendo presente che, per ogni direzione possibile, il vettore polarizzazione può assumere i due versi opposti, si conclude che gli orientamenti possibili per tale vettore sono 6 nella fase tetragonale, 12 in quella ortorombica e 8 in quella romboedrica. La polarizzazione spontanea può essere spostata dall'uno all'altro di questi possibili orientamenti mediante l'applicazione di un campo elettrico opportuno.

In ogni solido, la relazione tra la polarizzazione  $P$ , lo sforzo  $X$ , la deformazione  $x$  e il campo elettrico  $E$  è data (se si trascurano termini quadratici) dalle relazioni:

$$P = -d^* X + \chi E \quad (1)$$

$$x = -s^E X + d^* E \quad (2)$$

In realtà, in un cristallo, che in genere non è isotropo, il simbolo  $d^*$  rappresenta una matrice a 6 colonne e a 3 righe, il simbolo  $\chi$  una matrice a 3 colonne e a 3 righe, il simbolo  $s^E$  una matrice a 6 colonne e 6 righe, mentre come al solito  $P$  ed  $E$  sono vettori a 3 componenti,  $x$  ed  $X$  vettori a 6 componenti. Senza voler entrare in argomenti troppo specializzati, da un esame anche superficiale delle equazioni (1) e (2) si possono già ricavare un certo numero di dati fondamentali. Innanzi tutto l'equazione (1) ci indica che in genere la polarizzazione  $P$  può essere prodotta da uno sforzo  $X$  oppure da un campo elettrico  $E$ . Si noti però che mentre  $\chi$  non è mai identicamente uguale a zero,  $d^*$  può esserlo per certe classi di cristalli. I cristalli in cui  $d^*$  non è nullo, sono definiti piezoelettrici, il che significa che uno sforzo  $X$  applicato al cristallo produce una polarizzazione proporzionale a  $X$ . Anche nei cristalli in cui  $d^*$  è nullo, è sempre presente il cosiddetto effetto elettrostrittivo che dà luogo a polarizzazioni (molto più piccole) proporzionali al quadrato dello sforzo. Questo secondo effetto non viene discusso oltre, perchè abbiamo esplicitamente trascurato i termini quadratici nelle equazioni sopra riportate. L'equazione (2) indica che lo sforzo  $X$  origina una deformazione  $x$  (un fatto ben noto), e che un campo elettrico  $E$  produce una deformazione  $x$  esso proporzionale. Quest'ultimo effetto altro non è che un nuovo aspetto dell'effetto piezoelettrico discusso sopra. Le tre matrici  $d^*$ ,  $\chi$  ed  $s^E$  che compaiono nelle equazioni (1) e (2) sono chiamate, rispettivamente, matrici dei coefficienti piezoelettrici, della suscettività dielettrica e delle costanti elastiche. Nei cristalli ferroelettrici, a temperature vicine al punto di Curie, alcuni degli elementi delle matrici di cui sopra assumono valori estremamente elevati, a volte anche mille o diecimila volte più elevati di quelli che si misurano in cristalli non ferroelettrici. Ad esempio la costante dielettrica  $\epsilon$  (che è legata alla suscettività  $\chi$  dalla relazione  $\epsilon = 1 + 4\pi\chi$ ) può assumere valori di  $10^4$  o  $10^5$  alla temperatura di Curie.

Questi fatti sperimentali possono essere spiegati qualitativamente come segue. Abbiamo detto più sopra che, attraversando la temperatura di Curie il cristallo ferroelettrico cambia struttura o, se si vuole subisce una deformazione spontanea rispetto alla struttura osservata a temperature elevate. Questa deformazione spontanea è connessa con la polarizzazione spontanea acquisita dal cristallo allorchè attraversa la temperatura di Curie. La presenza della deformazione spontanea è strettamente connessa al sorgere della polarizzazione spontanea poichè due effetti sono accoppiati tramite la suscettività  $\epsilon$  l'effetto piezoelettrico. Esaminando le equazioni (1) e (2) si vede che, in linea di principio, applicando al cristallo un campo elettrico opportuno  $E$ , dovrebbe essere possibile ottenere una polarizzazione e una deformazione uguali a quelle spontanee. È logico pensare che, se certe deformazioni e polarizzazioni avvengono spontaneamente attraversando la temperatura di Curie, esse saranno generate molto « facilmente » anche con l'applicazione di un campo elettrico, anzichè abbassando la temperatura. Ne segue che quegli elementi delle matrici  $d^*$  e  $\chi$  che « corrispondono » a deformazioni e polarizzazioni spontanee assumeranno valori molto elevati vicino alla temperatura di Curie. Con un ragionamento del tutto simile si può dedurre che quei coefficienti elastici (della matrice  $s^E$ ) che « corrispondono » a deformazioni spontanee assumeranno pure valori elevati.

Altre grandezze che assumono valori particolarmente elevati, nei cristalli ferroelettrici, sono i cosiddetti coefficienti elettroottici. È ben noto che le proprietà ottiche di un cristallo possono essere descritte facilmente mediante l'ellissoide degli indici. Tale ellissoide è definito dalle direzioni dei tre assi ottici principali e dai tre indici di rifrazione principali. Se si applica al cristallo un campo elettrico, questo in generale origina un cambiamento nell'orientamento degli assi ottici e nei valori degli indici di rifrazione. Questo effetto prende nome di effetto elet-

troottico, e può essere descritto quantitativamente introducendo la cosiddetta matrice dei coefficienti elettro-ottici, una matrice che è molto simile a quella dei coefficienti piezoelettrici. Orbene anche questa nuova matrice ha elementi che, nei materiali ferroelettrici, assumono valori estremamente elevati vicino alla temperatura di Curie. Un altro effetto che è presente nei materiali ferroelettrici, è l'effetto piroelettrico, che consiste nella dipendenza della polarizzazione spontanea dalla temperatura. A causa di questo effetto, una variazione di temperatura produce una corrente transitoria in un circuito costituito da un cristallo a cui sono applicati due elettrodi posti in contatto elettrico tra di loro.

Tutti gli effetti sopra descritti, presenti anche in molti altri materiali, sono maggiormente pronunciati nei ferroelettrici, per cui, come vedremo in seguito, questi materiali si prestano ad applicazioni molto varie e importanti.

\*\*\*

Sebbene ci siano molte teorie che cercano di spiegare la ferroeletricità dal punto di vista microscopico, non è ancora possibile predire, in base alla struttura cristallina ed ad altre caratteristiche fisiche note, quali cristalli sono ferroelettrici e quali non lo sono. Le prime teorie della ferroeletricità che hanno avuto un certo successo sono dovute a Slater. Questi ha sviluppato due modelli diversi: uno per il fosfato acido di potassio e l'altro per il titanato di bario.

La teoria del fosfato acido di potassio si basa su uno studio dei legami idrogeno in questo materiale. Gli idrogeni del  $KH_2PO_4$  sono situati lungo i legami che collegano gli ossigeni più prossimi. Essi però non si trovano in posizione equidistante dai due ossigeni, ma possono assumere l'una o l'altra di due posizioni di equilibrio (più vicino all'uno o all'altro degli ossigeni stessi). Al disotto della temperatura di Curie, gli idrogeni, sotto l'azione di un campo elettrico, possono « saltare » dall'una all'altra di queste posizioni di equilibrio. A seconda delle posizioni degli idrogeni, il gruppo  $H_2PO_4^-$  costituisce un dipolo elettrico parallelo all'asse  $c$  (e avente l'uno o l'altro dei due versi possibili) oppure perpendicolare all'asse  $c$ . Sommando il momento di tutti i dipoli elettrici contenuti nell'unità di volume del cristallo, si ottiene la polarizzazione del cristallo stesso.

Eseguendo calcoli particolareggiati, si vede che al disopra di una certa temperatura  $T_c$  la polarizzazione spontanea del cristallo è nulla, mentre al disotto di  $T_c$  il cristallo ha una polarizzazione spontanea diversa da zero. Ovviamente  $T_c$  è la temperatura di Curie. Questa teoria del fosfato acido di potassio riesce a spiegare la ferroeletricità che si osserva in questo materiale, ma non è interamente soddisfacente perchè non spiega tutti i fatti sperimentali (quali ad esempio la differenza notevole fra la temperatura di Curie del  $KH_2PO_4$  e quella del  $KD_2PO_4$ ). Una teoria soddisfacente del fosfato acido di potassio e, più in generale, dei ferroelettrici aventi legami idrogeno ancora non esiste, sebbene un tentativo di spiegazione dato da Cochran (vedasi più sotto) abbia dato risultati incoraggianti.

La teoria di Slater del titanato di bario si basa sul concetto di catastrofe della polarizzabilità. Questo è un ben noto concetto della fisica dei solidi: supponiamo di avere un cristallo con simmetria molto elevata (la cosiddetta simmetria « diagonalmente cubica »), in cui si trovano  $N$  atomi (uguali) per unità di volume, aventi polarizzabilità  $\alpha$ .

La relazione tra costante dielettrica  $\epsilon$ , polarizzazione  $P$  e campo elettrico applicato  $E$  è:

$$\epsilon - 1 = \frac{P}{E} = \frac{N\alpha}{1 - \frac{4\pi}{3}N\alpha} \quad (3)$$

E' chiaro che il denominatore dell'ultimo membro dell'equazione (3) può diventare nullo, se la polarizzabilità  $\alpha$  ha un opportuno valore. Quando questo si verifica, la costante dielettrica diventa infinita il che (come Slater ha fatto notare) equivale a dire che il cristallo ha una polarizzazione finita per campi applicati uguali a zero, cioè il cristallo è ferroelettrico. In realtà il titanato di bario non ha una simmetria abbastanza elevata da poter applicare la formula (3). Tuttavia, sebbene la formula che va applicata sia notevolmente più complicata, il ragionamento fisico è essenzialmente identico. Questa teoria di Slater non è completa, perchè trascura completamente gli effetti delle forze a corto raggio, ma ha il grande pregio di fornire alcune informazioni molto utili sui ferroelettrici. Per esempio, partendo da questa teoria, si può dimostrare che, nei materiali del tipo del titanato di bario, il campo locale che agisce sugli atomi è estremamente elevato, anche a causa della struttura cristallografica di questo materiale.

La teoria di Cochran, più recente di quelle di Slater, ha portato un grande sviluppo agli studi sui ferroelettrici del tipo del titanato di bario. Questa teoria parte dal presupposto che esista una connessione tra vibrazioni reticolari e ferroelettricità. Consideriamo per semplicità il caso di un cristallo cubico avente solo due atomi per cella elementare. E' noto che le vibrazioni possibili hanno una frequenza che dipende dalla lunghezza d'onda  $\lambda$ . Se si traccia il grafico della frequenza in funzione del parametro  $q = 2\pi/\lambda$ , si osserva che tutti i punti cadono su quattro curve, delle quali due passano per l'origine, una interseca l'asse delle frequenze a un valore  $\nu_T$  mentre l'altra lo interseca a un valore  $\nu_L$ . Le due curve che passano per l'origine rappresentano vibrazioni acustiche, mentre le altre due rappresentano vibrazioni ottiche. Si può dimostrare la seguente relazione, che lega la costante dielettrica statica  $\epsilon_s$ , l'indice di rifrazione  $n$  e i valori  $\nu_T$  e  $\nu_L$  sopra definiti:

$$\frac{\epsilon_s}{n^2} = \frac{\nu_L^2}{\nu_T^2} \quad (4)$$

Giacchè la costante dielettrica  $\epsilon_s$  acquista valori elevatissimi alla temperatura di Curie (vedasi sopra), si deriva dalla equazione (4) che la frequenza  $\nu_T$  della vibrazione ottica trasversale (per  $q=0$ ) tende ad assumere valori piccolissimi. Ciò significa che la forza di richiamo per quel particolare tipo di vibrazione è molto piccola. In altre parole le forze a corto raggio bilanciano quasi esattamente le forze a lungo raggio, mentre rimangono diversi da zero i termini anarmonici delle forze, i quali danno origine ai notevoli effetti non-lineari che si osservano nei ferroelettrici. Un certo numero di osservazioni sperimentali sono in accordo con la teoria di Cochran. Innanzi tutto questa teoria predice che, se  $\nu_T$  assume valori eccezionalmente piccoli, si dovrebbe trovare un picco di assorbimento (nell'infrarosso) che è spostato a frequenze molto più basse del normale. Uno studio delle proprietà ottiche del titanato di bario nel lontano infrarosso dimostra non solo che tale picco esiste ma che la dipendenza dalla temperatura della frequenza a cui l'assorbimento è massimo è in accordo con la teoria di Cochran. Infine uno studio con la spettrometria neutronica ha permesso di determinare la forma dello spettro fononico (cioè delle curve: frequenza in funzione di  $q = 2\pi/\lambda$  di cui abbiamo parlato sopra), permettendo così di stabilire che anche la forma di queste curve è in accordo con la teoria di Cochran. Questa teoria è pure comprovata da molti altri esperimenti sul titanato di bario, ai quali qui per brevità non possiamo accennare.

Cochran ha cercato di applicare la sua teoria anche al fosfato acido di potassio senza ottenere però un successo simile. A quanto sembra, in questo materiale la situazione è complicata dal fatto che gli atomi di idrogeno possono « saltare »

dall'una all'altra delle loro posizioni di equilibrio. Questi « salti » si accoppiano in qualche modo con le vibrazioni reticolari di bassa frequenza che, secondo Cochran, causano la ferroelettricità.

\*\*\*

Un problema molto interessante riguarda l'inversione della polarizzazione. Come nei ferromagnetici, anche nei materiali ferroelettrici tale inversione avviene mediante la nucleazione di nuovi domini e lo spostamento laterale delle pareti dei domini così formati.

A differenza dei ferromagnetici, però, la velocità  $v$  delle pareti dipende esponenzialmente dal campo elettrico applicato  $E$ , secondo la relazione

$$v = v_0 e^{-\delta/E}$$

dove  $\delta$  e  $E$  sono costanti. Si noti, in questa equazione, l'assenza di un termine che dia origine ad un campo coercitivo per lo spostamento laterale delle pareti. Ne segue che, anche applicando campi elettrici piccolissimi, le pareti continueranno a spostarsi. Questo effetto costituisce uno svantaggio notevole qualora si vogliano usare i ferroelettrici come elementi di memoria. Un altro inconveniente che impedisce l'uso dei ferroelettrici in molte applicazioni è un effetto di fatica che si riscontra in misura particolarmente marcata nel titanato di bario. Se questo materiale viene usato, invertendone la polarizzazione parecchie volte al secondo, dopo qualche minuto esso comincia, gradatamente, a perdere le proprietà ferroelettriche: la polarizzazione spontanea diminuisce e il campo coercitivo aumenta. Questa degradazione delle proprietà ferroelettriche è dovuta probabilmente a iniezione dagli elettrodi di portatori di carica. Infatti se si usano come contatti soluzioni sature di sali (quali NaCl) invece dei comuni elettrodi di metallo, la degradazione non ha luogo. Ovviamente dal punto di vista applicativo non è pratico usare le soluzioni di cui sopra, sicchè il titanato di bario, che pure è un materiale ottimo sotto tutti gli altri aspetti, non può essere usato in applicazioni pratiche. Recentemente però si sono trovati nuovi materiali che, pur essendo meno vantaggiosi sotto altri punti di vista, non presentano gli effetti di fatica sopra descritti.

I tempi necessari a invertire la polarizzazione nei ferroelettrici possono essere molto brevi: applicando campi elettrici di circa  $10^5$  V/cm a monocristalli di titanato di bario, si può invertire la polarizzazione in tempi dell'ordine di  $10^{-9}$  secondi. E' interessante notare che in queste condizioni sperimentali le pareti dei domini ferroelettrici si propagano a velocità supersoniche. Quando ciò avviene, si ottiene un disaccoppiamento tra i dipoli ferroelettrici e la deformazione che altrimenti accompagnerebbe le pareti nel loro moto, dal che segue un notevole aumento della mobilità delle pareti stesse.

\*\*\*

Le numerose e caratteristiche proprietà fisiche dei ferroelettrici, permettono diverse ed interessanti applicazioni nel campo industriale. Come è stato detto precedentemente, in questi materiali si osservano valori elevatissimi della costante dielettrica, di talune costanti elastiche, dei coefficienti piezoelettrici e dei coefficienti elettro-ottici.

Per l'alto valore presentato dalla costante dielettrica, i ferroelettrici vengono impiegati in forma di ceramichi nella costruzione di condensatori ad alta capacità. I valori elevati dei coefficienti piezoelettrici li rendono particolarmente utili nella costruzione di trasduttori. Il pronunciato effetto elettro-ottico ne permette l'uso in modulatori di luce. La presenza del ciclo di isteresi ne permette l'utilizzazione come dispositivi di memoria. Siccome è possibile ottenere facilmente un gran numero

di celle di memoria da un singolo monocristallo ferroelettrico, questa applicazione è particolarmente soddisfacente anche dal punto di vista economico. A questo punto si deve rammentare la presenza dei due suaccennati inconvenienti, e cioè mancanza di un campo coercitivo e presenza di effetti di fatica. Entrambe questi inconvenienti possono però essere, almeno parzialmente, eliminati, il primo mediante l'uso di appositi circuiti e il secondo mediante la ricerca di nuovi materiali.

Altre applicazioni pratiche dei ferroelettrici si basano sull'uso di effetti dielettrici non lineari che sono molto pronunciati in prossimità della temperatura di Curie. Il cosiddetto effetto TANDEL, che costituisce una delle più recenti ed interessanti scoperte in questo campo, permette di stabilizzare la temperatura dei ferroelettrici nelle vicinanze del punto di Curie senza l'uso di termostati, ma sfruttando le sole proprietà dei ferroelettrici stessi. Usufruendo di questo effetto si sono potuti costruire elettrometri, amplificatori parametrici, moltiplicatori di frequenza, e molti altri interessanti circuiti.

Infine i ferroelettrici vengono usati in combinazione con altri materiali: elettroluminescenti, fotoconduttori, o semiconduttori. Ne risulta così una varietà di interessantissimi dispositivi, quali pannelli televisivi murali, memorie fotosensibili, transistori del tipo MOS muniti di memoria. Sicuramente ricerche future condurranno alla scoperta di nuovi effetti e di nuovi materiali, allargando così ulteriormente il già vasto campo di applicazione dei ferroelettrici.

\* \* \*

Per informazioni più dettagliate sulla proprietà dei ferroelettrici e sulle diverse tecniche di indagine, si consultino per esempio:

F. Jona e G. Shirane - *Ferroelectric Crystals* - Pergamon Press 1962.

E. Fatuzzo e W. J. Merz - *Ferroelectricity* - North Holland Publishing Company - 1967.

## Congressi e Scuole

### Relazioni

#### RIUNIONE AGARD SULLA RESISTENZA DEI MATERIALI AERONAUTICI

Torino, 17-26 aprile 1967

Si è tenuto a Torino nei giorni 17-26 aprile la XXIV Riunione sulle strutture e sui materiali del gruppo Agard (Advanced Group for Aeronautical Research and Development).

Il convegno corrisponde a una delle riunioni periodiche di aggiornamento che si svolgono a turno in ognuno dei paesi membri.

I lavori sono stati aperti dal Prof. G. Gabrielli, che, quale membro italiano dell'Agard ha portato il saluto del paese ospite.

La relazione generale introduttiva è stata svolta dal Prof. L. Locati, direttore dei laboratori FIAT.

Una parte del convegno è stata dedicata al problema della natura fisica dei processi di fatica nei metalli in termini di teoria delle dislocazioni. A tale sessione, presieduta dal Prof. J. Friedel (Università di Parigi), hanno preso parte e presentato, su invito, lavori originali e rassegne, il Prof. B. A. Bilby (Università di Sheffield), il Prof. J. Gillman (Università dell'Illinois), il Prof. J.C. Grosskreutz (Midwest Research Inst.), il Prof. I. Kroener (Università di Harvard), il Prof. R.L. Segall (Università di Warwick) ed il Prof. J. Weertman (Northern University).

Senza entrare in dettagli, si può dire che la riunione è stata molto soddisfacente, anche se è apparso chiaro che una parola definitiva sul problema della fatica non può ancora essere detta.

In particolare la teoria delle distribuzioni continue di dislocazioni permette di spiegare solo alcuni degli aspetti del fenomeno della fatica, mentre altri rimangono oscuri.

Ad esempio, la teoria delle distribuzioni continue di dislocazioni pare promettente nel dare informazioni sulla crescita delle fessure di fatica. A questo scopo è però necessario sviluppare una teoria che prenda in considerazione distribuzioni di densità di dislocazioni dipendenti dal tempo, in quanto la densità di dislocazioni in prossimità della fessura di fatica varia durante la deformazione.

Vicèversa i modelli basati su distribuzioni continue di dislocazioni appaiono insoddisfacenti ai fini di spiegare i fenomeni di nucleazione della frattura di fatica e di incrudimento del materiale nell'intorno della frattura stessa. (A. FERRO)

#### SIMPOSIUM ON THE CHEMICAL BOND IN SEMICONDUCTORS

Minsk, 28 maggio 3 giugno 1967

Il Simposio di Minsk, patrocinato dall'Accademia delle Scienze dell'URSS, ha avuto come oggetto le interrelazioni tra proprietà fisiche e legame interatomico nei semiconduttori. Organizzatore e animatore ne è stato l'Accademico Prof. Sirota coadiuvato dai suoi collaboratori Strukov, Oleknovich, Sheleg e Ovsejchuk.

I problemi relativi alla natura del legame interatomico nei semiconduttori e la necessità di approfondirne i vari aspetti che riguardano le proprietà di trasporto, sono particolarmente sentiti dai ricercatori sovietici di fisica dei semiconduttori. Già dal 1948 infatti, loffe poneva « l'ordine a breve distanza », il motivo strutturale cioè e non quello geometrico di un solido, alla base dei vari parametri che ne caratterizzano le proprietà elettriche, magnetiche e ottiche.

I moderni criteri adottati per la previsione del carattere semiconduttore di un solido, la possibilità o meno di sintetizzare nuovi materiali aventi tale caratteristica, sono fondamentalmente basati su questo concetto informatore e il Simposio di Minsk, a giudizio di coloro che vi hanno partecipato, è certamente uno dei più importanti finora tenuti in questo settore specifico.

Hanno partecipato al Simposio oltre 300 ricercatori sovietici e, su invito, 10 stranieri: i Proff. Mott, Krebs (Germania Fed.), Goodenough (USA), Geller (USA), Gatos (USA), Mooser (Svizzera), Goodman (Gran Bretagna), Saha (India), Suchet (Francia); il GNSM era rappresentato dallo scrivente. Sono stati presentati 127 lavori.

Dopo una relazione introduttiva del Presidente dell'Unione Internazionale di Cristallografia, Accademico Prof. Belov, sulla stabilità dei reticoli a struttura tipo pirite e calcopirite, Dorfman ha trattato il problema delle proprietà termodinamiche dei semiconduttori mettendo in evidenza come lo studio della dipendenza del potenziale di contatto dalla temperatura, dalla pressione e dalla intensità del campo magnetico, possa permettere una diretta determinazione delle grandezze caratteristiche che figurano nella equazione di stato degli elettroni di conduzione.

L'effetto delle interazioni elettroniche sui processi di trasporto, sul valore della costante dielettrica nonché il loro ruolo

nel chiarire la struttura della banda di valenza nei solidi a carattere ione-covalente del legame, è stato ampiamente trattato, in una serie di comunicazioni dal Prof. Tolpygo e collaboratori.

Una interessante rassegna critica, sulle attuali conoscenze teoriche e sperimentali dei semiconduttori amorfi e liquidi, è l'oggetto di una comunicazione del prof. Mott, letta dal Prof. Sirota. Sempre in tema di proprietà elettroniche e struttura, Krebs ha trattato le relazioni tra legame interatomico e conduzione elettrica nelle fasi cristalline, amorfe e liquide. Notevole interesse hanno suscitato le comunicazioni di Mooser e Goodenough sulla semiconduttività e legame interatomico nei composti con elementi di transizione.

Un gran numero di lavori riguardano poi le correlazioni tra parametri fisici, proprietà termodinamiche e struttura dei solidi. Cito ad esempio la comunicazione di Nemilov sulla relazione tra velocità di propagazione del suono ed energia del legame interatomico, e quella di Gatos il quale riconsidera la relazione tra energia di atomizzazione e altezza della banda proibita nei semiconduttori cristallini e amorfi a struttura complessa.

Quest'ultima comunicazione è stata oggetto di un commento, da parte di chi scrive, sulla possibilità di trovare, attraverso una formulazione teorica che comprende l'aspetto termodinamico la natura e il meccanismo di formazione del legame interatomico, alcuni punti di contatto tra « band theory » e « bond theory » nei semiconduttori.

Il Prof. Sirota e collaboratori hanno infine messo in evidenza la possibilità sperimentale di separare, attraverso l'analisi delle mappe di densità elettronica, la componente paramagnetica di Van Vleck nei semiconduttori. In una nuova formulazione teorica della suscettività magnetica reticolare, presentata da chi scrive, la componente paramagnetica di Van Vleck viene espressa in funzione di un parametro di ionicità cristallina che, essendo sensibile alla deformazione della nuvola di carica elettronica, permette di interpretare teoricamente i dati sperimentali di Sirota: i risultati di questa teoria sono stati utilizzati da Baidakov e Strackov nella loro comunicazione sulla suscettività magnetica ed ionicità del legame interatomico in semiconduttori complessi a struttura amorfa.

Un gran numero di comunicazioni riguarda poi lo studio di nuovi materiali semiconduttori la cui esistenza può essere prevista sulla base di una nuova rappresentazione della tavola periodica discussa dalla Gorjunova. Ricordo tra questi il lavoro di Yarembash su una serie di semiconduttori con elementi del gruppo 4f alcuni dei quali, studiati per la prima volta allo stato di monocristalli, hanno mostrato una netta anisotropia della suscettività magnetica, caratterizzata dall'assenza del contributo orbitale al momento magnetico effettivo. Questi risultati pongono il problema della possibile interazione elettronica f-s nella formazione del legame interatomico in questi solidi.

Termino ricordando la interessante comunicazione di Geller sulla relazione tra semiconduttività e superconduttività nei composti intermetallici a struttura tipo cloruro di sodio, nella quale l'autore presenta un modello che dà la possibilità di prevedere l'esistenza di composti aventi proprietà superconduttrici e la loro temperatura critica.

La durata del Simposio (sei giorni), che si è svolto per i primi quattro giorni in sedute plenarie e successivamente in due distinte sezioni, ha permesso che ciascuna comunicazione fosse svolta e discussa ampiamente con traduzione simultanea in inglese e francese o viceversa in russo. L'organizzazione è stata superiore ad ogni aspettativa.

I lavori presentati verranno pubblicati in russo a cura della Accademia Bielorussa delle Scienze e appariranno successivamente nella traduzione inglese a cura del Consultants Bureau. (P. MANCA)

## CORSO SULLE APPLICAZIONI NELLA CHIMICA DELLA SPETTROSCOPIA A RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE

Roma, 5-7 giugno 1967

Per iniziativa del Prof. C. Franconi, Direttore del Laboratorio di Spettroscopia Hertziana del C.N.R. presso l'Università di Cagliari, e del prof. G. Marini Bettolo, Direttore dell'Istituto Superiore di Sanità, si è svolto in Roma dal 5 al 7 giugno 1967 un Corso di aggiornamento sulle applicazioni chimiche della Spettroscopia a risonanze nucleari magnetiche.

Le lezioni, tenute in parte presso l'Istituto Chimico della Università Cattolica del Sacro Cuore ed in parte presso lo Istituto Superiore di Sanità sono state integrate da dimostrazioni pratiche d'impiego di spettrometri RNM ad alta risoluzione a 60 MHz e 100 MHz e da sessioni dedicate alla interpretazione qualitativa e quantitativa degli spettri RNM.

Dopo la prolusione ed il saluto ai partecipanti del prof. G. Marini Bettolo, il prof. Franconi ha trattato la parte introduttiva dedicata ai principi fisici e alla teoria della Spettroscopia RNM.

Sono poi state svolte lezioni sulla interpretazione degli spettri RNM (Dr. A. Melera - Varian A.G., Zurigo), sugli effetti intra ed intermolecolari sullo shift chimico (prof. Taddei, univ. di Bologna) e sull'accoppiamento spin-spin e la struttura molecolare (Dr. L. Cavalli, lab. Ricerca Montedison, Bollate).

E' stato inoltre trattato l'argomento concernente la Spettroscopia RNM di nuclei diversi dai protoni (prof. P. Bucci - Univ. di Pisa) e nel campo delle applicazioni, si è avuta una lezione sullo studio dei polimeri in soluzione (Dr. L. Cavalli) e dei processi cinetici, (Dr. F. Conti - Univ. di Roma).

Lezioni tecnico-applicative sono state tenute sulla strumentazione RNM (Dr. C.A. Tiberio - Univ. di Roma), sulle tecniche speciali e sull'impiego della doppia risonanza nell'analisi strutturale (Dr. A. Melera).

Hanno partecipato al Corso circa un centinaio di ricercatori e studiosi appartenenti a gruppi universitari, laboratori industriali e centri di ricerca.

La organizzazione del Corso è stata in parte finanziata dalla VARIAN S.p.A., filiale italiana della VARIAN Associates di Palo Alto, cui si deve gran parte del progresso della tecnica e della strumentazione RNM. (C. FRANCONI).

## CONVEGNO « LA RICERCA INDUSTRIALE PER L'ITALIA DI DOMANI »

Milano, 13-15 giugno 1967

Organizzato dalla FAST — Federazione Associazioni Scientifiche e Tecniche — con la collaborazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche, del Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, della Confindustria e dell'IRI e con gli auspici del Ministro per il coordinamento della Ricerca Scientifica e Tecnologica e del Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro, si è svolto a Milano nei giorni 13, 14 e 15 giugno 1967 il Convegno sul tema « La Ricerca Industriale per l'Italia di domani ».

Il Convegno è stato preceduto, nei giorni 5 e 6 giugno, da un Simposio sul « Livello Tecnologico dei settori industriali in Italia », durante il quale sono stati presentati i risultati di, oltre un anno di lavoro svolto da centocinquanta esperti fra i più qualificati nei vari rami della nostra industria. E' stato così possibile trasferire in sede di Convegno una sintesi della situazione tecnologica in Italia.

Durante le due giornate del Simposio, sono stati forniti, in sedici rapporti concernenti tredici settori industriali diversi, dei dati statistici che potessero dare un quadro abbastanza generale della situazione tecnologica italiana, per metterla a confronto con quella di altri Paesi e degli U.S.A. in modo particolare. Sono stati passati in rassegna i seguenti settori: siderurgico, dei metalli non ferrosi, delle costruzioni civili e industriali, chimico, della produzione e lavorazione delle fibre tessili naturali

artificiali e sintetiche, farmaceutico, alimentare, meccanico, dei trasporti, delle fonti di energia, elettrotecnico, elettronico, dei calcolatori.

Nella fase successiva, il Convegno presentava e portava in discussione argomenti concernenti la ricerca e l'azienda industriale, i rapporti della ricerca industriale con le altre ricerche, l'organizzazione su scala nazionale della ricerca nel nostro e in altri Paesi, le prospettive della ricerca industriale in Italia.

I testi delle relazioni compilate dal relatore in collaborazione con gruppi di esperti, a disposizione dei partecipanti alcuni giorni prima dell'inizio del Convegno, saranno in seguito pubblicati in un unico volume.

Tralasciamo di elencare relatori e collaboratori perchè troppo numerosi, nè d'altra parte vorremmo fare delle scelte che risulterebbero indubbiamente difficili. Ci limitiamo a dire che da tutti i lavori presentati sono emersi elementi molto importanti i quali hanno portato all'osservazione che sarebbe auspicabile una stretta collaborazione tra i docenti delle Università e le direzioni delle aziende al fine di incrementare lo sviluppo delle ricerche che possano avere riflessi applicativi.

Il Convegno, essenzialmente impostato sulle cause del « divario tecnologico » tra l'Italia e gli altri Paesi soprattutto gli U.S.A., ha visto impegnati, in un dialogo molto intenso, gli studiosi del mondo scientifico universitario e industriale e i responsabili della politica nazionale. Questo divario è da ascrivere, come ha messo in evidenza il presidente del Convegno, dott. Luigi Morandi, nella sua relazione conclusiva, in parte a fattori scientifico-tecnologici, in parte alla diversità di scala dei mercati e delle aziende, ma soprattutto a fattori organizzativi e di strutture. Si è pertanto rilevato che per uscire da tale situazione è necessario uno sforzo di ricerca cui non dovrà mancare un aiuto sostanziale da parte dello Stato. Occorre che nell'opinione pubblica si rafforzi il concetto dell'importanza della ricerca scientifica e tecnica come uno dei fattori fondamentali per lo sviluppo economico e industriale del Paese; occorre che il problema della ricerca scientifica sia portato in sede politica.

Analoghi concetti sono stati ribaditi negli interventi di diverse personalità del mondo industriale (Boldrini, Cicogna, Golzio, Pirelli, Valerio).

A chiusura del Convegno sono state fatte due proposte concrete. Entro l'anno si terrà una importante riunione a Milano, sotto l'egida della FAST, nella quale verranno presentati precisi programmi di ricerca per la nostra industria, per essere sottoposti all'attenzione degli organi politici. Contemporaneamente sarà preparato un libro bianco sui problemi della ricerca industriale italiana, che dovrebbe essere una guida indicativa per gli uomini di governo.

Per la giornata conclusiva del Convegno sono intervenuti, fra gli altri, il Ministro per la Ricerca Scientifica sen. Rubinacci, il Ministro per il Commercio con l'Estero sen. Tolloy, il premio Nobel Giulio Natta, il sottosegretario agli Affari Esteri on. Zagari, gli onorevoli Giolitti, Ferrari-Aggradi, il senatore Arnaudi, il presidente del C.N.R. prof. V. Caglioti, il presidente del CNEL Campilli, il vice-presidente del CNEN prof. C. Salvetti. (A. GE-ROSA).

## TUNNELING PHENOMENA IN SOLIDS

Risö (Danimarca) 19-30 giugno 1967

Si è tenuta a Risö (Danimarca), dal 19 al 28 giugno scorso, una Scuola Estiva sui fenomeni di « tunneling » nei solidi, cui ha fatto seguito, nei tre giorni successivi, un Congresso sullo stesso argomento.

Sia la Scuola che il Congresso sono stati patrocinati dalla N.A.T.O., dalla Commissione dell'Energia Atomica danese e da vari altri enti.

Il fenomeno del « tunneling » o attraversamento di barriere di potenziale, ad esempio da parte di elettroni o di Coppie di Cooper, ha assunto un'enorme importanza negli ultimi anni ed ha fornito i mezzi per uno studio sistematico di proprietà fondamentali dei solidi.

Come è noto, si possono ottenere molto semplicemente delle barriere di potenziale ponendo a contatto, in condizioni opportune, materiali diversi. Si formano in tal modo dei dispositivi più o meno semplici, quali giunzioni di semiconduttori, sistemi metallo-isolante-metallo, metallo-isolante-semiconduttore, superconduttore-isolante-superconduttore, etc. (Val la pena di accennare qui di sfuggita che alcuni di questi dispositivi hanno già un eccezionale valore applicativo).

Se si considera il caso in cui degli elettroni passano, mediante « tunneling » da un materiale all'altro, in uno dei sistemi sopra elencati, è possibile, studiando le curve I-V (Intensità della corrente in funzione delle d.d.p.), e specialmente le loro derivate prime e seconde, ottenere delle informazioni sulle « gap » di energia, sulle densità degli stati e sugli spettri fononici, almeno per quello che riguarda i semiconduttori e i superconduttori.

Di notevole importanza è anche il « tunneling » di elettroni assistito da fotoni e fononi attraverso le « gap » di energia in semiconduttori e isolanti sottoposti all'azione di forti campi elettrici (effetto Franz-Keldysh) e campi elettrici e magnetici incrociati o paralleli. Questo particolare tipo di « tunneling » ha permesso, tra l'altro, di studiare sperimentalmente con alta sensibilità, mediante il semplice impiego della tecnica di rivelazione a sensibilità di fase, la struttura delle bande nei semiconduttori.

La scuola, che annoverava tra i partecipanti, dei nomi illustri, quali J. Bardeen, G. Wannier, I. Waller, E. Burnstein (direttore), e, tra i docenti, J.R. Schrieffer, E. Kane, C. Duke, J. Krumhansl, W. Franz, J. Rowell, D. Langenberg, J. Wilkins, L. Esaki etc., è stata organizzata allo scopo di fare il punto sulla produzione più recente mediante l'esposizione dettagliata e la discussione di alcuni tra i lavori teorici e sperimentali più significativi.

Gli studenti (per la maggior parte giovani laureati europei o studenti PhD Stati Uniti) hanno seguito con profitto le lezioni e con molto interesse le discussioni, traendone ricco materiale per valutare la situazione attuale e lo sviluppo possibile nel campo del « tunneling ». (A. STELLA).

## DISCUSSIONE SUL MAGNETISMO

Milano, 11 luglio 1967

Per iniziativa di alcuni ricercatori del G.N.S.M. e in particolare del proff. G. Nardelli e M. Asdente si sono riuniti a Milano i ricercatori italiani interessati a problemi di magnetismo.

Lo scopo della riunione è stato quello di fare il punto sugli attuali indirizzi di ricerca nel campo del magnetismo in Italia e di gettare le basi per una più stretta collaborazione tra i vari gruppi, in particolare per quanto riguarda la programmazione della ricerca. La discussione ha messo in luce che esiste la possibilità di condurre presso i vari laboratori, oltre a misure di magnetismo classico, anche misure con moderne tecniche quali l'effetto Mössbauer, la risonanza magnetica e la diffrazione neutronica. Uno dei campi su cui, da una prima indagine, è risultato convergere l'interesse di parecchi ricercatori è quello del problema delle impurezze magnetiche e della possibilità di mettere in luce l'esistenza di onde di spin localizzate. I partecipanti alla riunione, riconosciuta l'utilità dell'incontro, hanno auspicato che tali riunioni si ripetano con una certa periodicità. Pertanto è stato deciso di ritrovarsi nuovamente in ottobre per discutere sui risultati e gli orientamenti emersi dal Congresso Internazionale di Magnetismo che si terrà prossimamente a Boston. (F. BORSA).

## Annunci

**SCUOLA ESTIVA NAZIONALE G.N.S.M.**

Perugia 4-23 settembre 1967

Il prof. G. Boato dell'Università di Genova sta organizzando la Scuola Nazionale Estiva del G.N.S.M. che anche quest'anno si terrà a Perugia dal 4 al 23 settembre.

La Scuola sarà principalmente dedicata ai fenomeni di trasporto nei liquidi e nei solidi.

Sono previsti i seguenti corsi:

- 1) Meccanica Statistica dei processi di non-equilibrio (Resibois, Bruxelles).
- 2) Termodinamica dei processi irreversibili (Fieschi, Parma).
- 3) Proprietà di trasporto nei gas (Beenakker, Leiden).
- 4) Proprietà di trasporto nei liquidi (Ricci, Roma).
- 5) Interazione fonone-fonone (Sjolander, Göteborg).
- 6) Interazione elettrone-fonone (Tavernier, Parigi).
- 7) Interazione elettrone-elettrone (Hedin, Göteborg).
- 8) Seminari su argomenti particolari (diffusione nei solidi, trasporto in semiconduttori, etc.).

La Scuola avrà carattere fondamentale. Dopo sei mesi dalla fine dei corsi sono previsti esami che, oltre a servire a qualificare il personale ricercatore del G.N.S.M., sono inseribili nel « curriculum » personale dello studente in molte scuole di perfezionamento ai fini del conseguimento del diploma.

Saranno ammessi circa 50 partecipanti tra studenti ed uditori. Agli studenti sarà in generale assegnata una borsa di studio.

Le domande di iscrizione devono essere redatte su appositi moduli che possono essere richiesti al segretario dr. G. Casanova - Istituto di Fisica dell'Università Viale Benedetto XV, 5 - Genova.

**2° CONVEGNO NAZIONALE RISONANZE MAGNETICHE**

Cagliari 6-8 novembre 1967.

Sotto gli auspici del Gruppo Nazionale di Struttura della Materia e del Centro di Spettroscopia Molecolare del C.N.R., patrocinato dalla Università di Cagliari e dall'Ente Regione Autonoma Sardegna, si terrà a Cagliari dal 6 all'8 novembre presso l'Istituto Chimico Policattedra dell'Università, il II Convegno Nazionale sulle Risonanze Magnetiche.

In questo Convegno, che interessa ricercatori sia di Fisica che di Chimica, verranno trattati e ampiamente discussi da esperti italiani e stranieri i temi relativi alle risonanze magnetiche, risonanze quadrupolari, risonanze ferromagnetiche e anti-ferromagnetiche e risonanze ciclotroniche.

Per ulteriori informazioni rivolgersi al prof. C. Franconi o alla Segreteria del II Convegno Nazionale sulle Risonanze Magnetiche - Istituto Chimico dell'Università di Cagliari, via Ospedale 72 - tel. 070-51337.

**4° CONGRESSO REGIONALE DI MICROSCOPIA ELETTRONICA**

Roma 1-7 settembre

Il 4° Congresso Regionale di Microscopia Elettronica si terrà in Roma dal 1-7 settembre 1968 sotto il patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche e in accordo alle decisioni prese dalla Federazione Internazionale della Società di Microscopia Elettronica. Per ulteriori informazioni rivolgersi alla Segreteria del Congresso: Prof. Dr. Daria Steve Bocciarelli - The Fourth European Regional Conference on Electron Microscopy - Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 - Roma.

**INTERNATIONAL CONFERENCE II-VI SEMICONDUCTING COMPOUNDS**

Providence 6-8 settembre 1967

Patrocinato dalla International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP), dalla American Physical Society e dai Aerospace Research Laboratories si terrà presso la Brown University in Providence (U.S.A.) nei giorni 6-8 settembre 1967, un Congresso Internazionale sui semiconduttori II-VI.

Per informazioni corrispondere a: B. Segall - Chairman of the Program Committee G.E. Research & Development Center, Schenectady, New York 12301 U.S.A.

**BRITISH RADIO SPECTROSCOPY GROUP - AUTUMN MEETING 1967:**

« N.M.R. IN SOLIDS, INCLUDING METALS »

St. Andrews, Scotland 13-14 settembre 1967

Il Meeting autunnale del British Radio Spectroscopy Group si terrà nei nuovi laboratori di Fisica dell'Università di St. Andrews in Scozia nei giorni 13-14 settembre 1967.

Relazioni generali su invito saranno presentate allo scopo di introdurre le varie sessioni relative all'argomento in oggetto. Brevi comunicazioni della durata di 15-20 minuti possono essere presentate.

Titoli con sommari devono essere inviati a: Dr. F. A. Rushworth, Department of Physics, University of St. Andrews, North Haugh - St. Andrews, Fife, al quale possono essere richieste ulteriori informazioni.

Il British Radio Spectroscopy Group annuncia altresì per l'aprile 1968 presso l'Università di Oxford un nuovo meeting organizzato da J. M. Baker su: « Interazioni iperfini in atomi e in solidi ».

Ulteriori particolari verranno comunicati nel prossimo numero del Notiziario.

**2ND MATERIAL RESEARCH SYMPOSIUM ON MOLECULAR DYNAMICS AND STRUCTURE OF SOLIDS**

Gaithersburg, Maryland 16-19 ottobre 1967

Patrocinato dall'NBS Institute for Materials Research, il Congresso sulla Dinamica Molecolare e Struttura dei Solidi che si terrà nei giorni 16-19 ottobre 1967 al National Bureau of Standards di Gaithersburg, nel Maryland, riguarderà le correlazioni tra metodi spettroscopici e di diffrazione. Esso prevalentemente si propone di incoraggiare la collaborazione tra le diverse discipline attraverso l'illustrazione delle correlazioni esistenti tra le varie tecniche oggi impiegate per lo studio della dinamica reticolare e della struttura dei solidi.

Il programma prevede relazioni generali sulle principali tecniche quali ad es. la diffrazione neutronica e a Raggi X, la diffusione inelastica di neutroni, la spettroscopia infrarosso e la risonanza magnetica nucleare e relazioni generali sulla struttura dei solidi inorganici, sulla dinamica reticolare dei solidi molecolari, sulla struttura di cristalli organici e sulla spettroscopia di polimeri cristallini. Potranno essere presentati brevi lavori riguardanti sia le tecniche ed i problemi già indicati che risultati ottenuti con altre tecniche quali misure dielettriche, termodinamiche o di effetto Mössbauer.

Titoli e riassunti di eventuali contributi devono essere inviati a: Dr. Robert S. Carter - Institute for Materials Research, National Bureau of Standards - Washington, D.C. 20234, al quale possono essere richieste ulteriori informazioni.

**1° CONGRESSO ITALIANO DEL VUOTO****2ª metà novembre 1967**

L'Associazione Italiana del Vuoto organizza per la seconda metà del novembre 1967 presso la F.A.S.T. Federazione delle Associazioni Scientifiche e Tecniche, Piazzale R. Morandi, 2 - Milano, il 1° Congresso Italiano del Vuoto.

Esso si articolerà in due parti per la durata complessiva di due giorni e secondo il seguente programma:

Parte 1ª - Relazioni su invito riguardanti: produzione del vuoto, misura del vuoto, Chimica Fisica delle superfici; comunicazioni sugli stessi argomenti.

Parte 2ª - Brevi comunicazioni sulle applicazioni del vuoto.

I sommari delle comunicazioni dovranno pervenire alla Segreteria del 1° Congresso Italiano del Vuoto, presso F.A.S.T., Piazzale R. Morandi, 2 - Milano, entro e non oltre il 15 settembre 1967.

E' prevista una mostra di strumenti e piccole apparecchiature per vuoto.

**Recenti pubblicazioni del G. N. S. M.****Fisica dei metalli**

A. Ferro, P. Mezzetti, G. Montalenti, V. N. Whittaker - (Istituto Elettrotecnico Nazionale « G. Ferraris » di Torino) - The crystal-line structure and fatigue of metals - Philosophical Magazine, 15 (1967) pag. 215.

G. Falzoni, P. Gondi, F. Prodi - (Istituto di Fisica di Bologna - Gruppo Stato Solido) - Deformazione plastica dell'alluminio indurito per fase dispersa - La Metallurgia Italiana, n. 4 (1967).

G. Baralis, I. Tangerini - (Centro Ricerche Metallurgiche - Torino) M. Fusaroli, P. Gondi (Istituto di Fisica, Università di Bologna) - Fenomeni di precipitazione in leghe binarie di Zinco - La Metallurgia Italiana n. 4 (1967).

Wei-Mei Shyu, David Brust and F. G. Fumi - (Dep. of Physics, Northwestern University, Evanston, Illinois e Istituto di Fisica dell'Università di Palermo) - Relaxation effects around vacancies in sodium metal. - J. Phys. Chem. Solids 28, 717, 1967.

**Fisica dei Semiconduttori**

J. C. Guerci, A. Leviardi, B. Melchiorri, F. Melchiorri - (Istituto di Fisica, Università di Bari) - Interpretation of field effect on CdS for linear and superlinear photocurrent - Physics Letters, Giugno 1967.

F. Bassani - (Istituto di Fisica, Università di Pisa) - Methods of Band Calculations applicable to III-V compounds - Physics of III-V compounds vol. 1 (1966) Academic Press Inc., New York.

M. Manca - (Istituto di Fisica, Università di Cagliari) - J. P. Suchet G. A. Fatseas (Laboratoire de Magnétisme et de Physique du Solide, C.N.R.S. Bellevue/Meudon) - Processus électroniques dans le tellure de fer - Ann. Phys. 7, 621 (1966).

G. Albanese, G. Fabri, C. Lamborizio, M. Musci, I. Ortali - (Istituto di Fisica, Università Parma) - Mössbauer effect in gallium arsenide - Il Nuovo Cimento, Vol. L B, 149 (1967).

**Superfluidi e superconduttori**

A. Coniglio - M. Marinaro (Istituto di Fisica Teorica, Università di Napoli) - On condensation for an interacting Boson system - Il Nuovo Cimento Serie X vol. 48, 249.

**Proprietà magnetiche**

A. Asti, M. Giudici, M. Colombo, A. Leviardi - (Istituto di Fisica, Università di Bari) - Bloch wall displacement in BaFe<sub>12</sub>O<sub>15</sub> single crystal - Journal of Applied Phys - Aprile 1967.

A. Ferro, G. Montalenti, G. P. Soardo - (Istituto Elettrotecnico Nazionale « G. Ferraris » Torino) - Magnetic viscosity induced by fast neutron irradiation in high permeability pure iron - Interaction of radiation with Solids - pag. 475 Plenum Press 1967.

M. Antonini - (Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, Euratom - Ispra) Diffusion Magnetique des Neutrons par MnF<sub>2</sub> pres du Point de Neel - Journ. Phys. Chem. Solids 28, 11 (1967).

**Proprietà ottiche**

F. Bassani - (Istituto di Fisica, Università di Pisa) - F. Aymerich (Istituto di Fisica, Università di Cagliari) - Electric-Field Effects on Interband transitions - Il Nuovo Cimento, Serie X, vol. 48, 358 (1967).

A. Cingolani, A. Leviardi - (Istituto di Fisica, Università di Bari) - Fine structure of Infrared absorption spectra of an Electroluminescent ZnS (CuCl) crystals during emission - Physical Review, 15 maggio 1967.

F. Raga (Istituto di Fisica, Università di Cagliari) - R. Kleim, A. Mysyrowicz, J. B. Gruss, S. Nikitine (Istituto di Fisica, Università di Strasburgo) - Etude de l'intensité, de la position spectrale et des durées de vie de la fluorescence de CuCl en fonction de la temperature - Colloque de Strasbourg, février 1967.

R. Kleim (Istituto di Fisica, Università di Strasburgo), F. Raga (Istituto di Fisica, Università di Cagliari) A. Mysyrowicz e G. B. Grun (Istituto di Fisica, Università di Strasburgo) - Etude de la durée de vie de la luminescence excitonique de CuCl - 92° Congrès National des Sociétés Savantes, Strasbourg-Colmas, 31 mars-4 avril 1967.

A. Mysyrowicz, G. B. Grun, S. Nikitine (Istituto di Fisica, Università di Strasburgo) F. Raga (Istituto di Fisica, Università di Cagliari) Luminescence of CdS at low temperature excited by very high intensity light (Laser) - Phys. Letters 24 A, 335 (1967).

F. Bassani, G. Pastori Parravicini - (Istituto di Fisica, Università di Messina e Istituto di Fisica, Università di Pisa) - Band structure and optical properties of graphite and of the layer compounds GaS and GaSe. - Il Nuovo Cimento, Vol. L B, 95 (1967).

**Risonanze Magnetiche e Spettroscopia a Microonde**

A. Chierico, G. Del Nero, G. Lanzi, E. R. Mognaschi - (Istituto di Fisica, Università di Pavia) - Motional studies in Polycyclobutenes by N.M.R. - Europ. Polym. J., 3, 245 (1967).

**Struttura dei solidi e dei liquidi - Dinamica reticolare**

G. Borgonovi, G. Lo Giudice, D. Tocchetti (Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare - Euratom, Ispra) - Analysis of Lattice Vibrations of Ordered Fe<sub>2</sub>Al - Journ. Phys. Chem. Solids 28, n. 3, 467 (1967).

L. Bellomonte (Istituto di Fisica, Università di Palermo) M. H. L. Pryce (Physics Department, University of Southern California Los Angeles, California - U.S.A.) - Vibrations of interstitial Li<sup>+</sup> ions in silicon. I. Force constants - II. Frequencies of localized modes - Proc. Phys. Soc. 1966, Vol. 89.

M. Bertolotti, B. Crosignani, P. Di Porto, D. Sette - (Istituto di Fisica, Facoltà di Ingegneria - Università, Roma) - Photostatics of light scattered by a liquid - Phys. Rev. 157, 146 (1967).

G. Caglioti, M. Corchia, G. Rizzi - (Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare - Ispra - Neutron diffraction analysis of liquid zinc - Nuovo Cimento, Vol. IL B, 222 (1967).

**Argomenti Vari**

P. Gondi (Istituto di Fisica, Università di Bologna) G. F. Misiroli (Gruppo Nazionale Struttura Materia del C.N.R. - Bologna) - Electron Microscope Observations on the Oxidation of Zirconium - A contribution to the Cubic Kinetic Theory - Il Nuovo Cimento, Serie X, vol. 48, 223 (1967).

U. Valdré (Istituto di Fisica, Università di Bologna) A. Howre (Cavendish Laboratory, Cambridge, England) - Temperature dependence of the Extinction Distance in Electron Diffraction - The Phil. Mag., 15, 136 (1967).

P. M. Angelo, M. U. Palma, G. S. Vaiana - (Istituto di Fisica, Università di Palermo) - Simple System for temperature Control and Cycling in the Range 4 to 300°K - The Review of Scientific Instruments, Vol. 38 n. 3, 415-419, Marzo 1967.

G. Gallinaro, G. Meneghetti, G. Scoles (Istituto di Fisica, Università di Genova) - Viscoelectric effect in polar polyatomic gases - Phys. Lett. 9, 451 (1967).

M. Cavallini, G. Gallinaro, G. Scoles (Istituto di Fisica, Università di Genova) - High Sensitivity Bolometer Detector for Molecular Beams - Zeit. Für Nat. 22a, 413 (1967).

M. Bertolotti, D. Sette, F. Wanderlingh - (Istituto di Fisica, Facoltà di Ingegneria, Università Roma) - On the linewidth of Electromagnetic Radiation in Equilibrium with an Optical cavity - Nuovo Cimento 48, B, 301 (1967).

A. Gozzini, N. Ioli, F. Strumia - (Istituto di Fisica, Università Pisa) - A new method for the study of the diffusion of optically oriented atoms in a buffer gas - Il Nuovo Cimento, Vol. IL B, 185 (1967).

G. Albanese, C. Lamborizio, I. Ortalli - (Istituto di Fisica, Università Parma) - The Mössbauer effect in some tellurium compounds - Il Nuovo Cimento, Vol. L B, 65 (1967).

**NOTIZIE IN BREVE**

**Accordo collaborazione scientifica C.N.R. - N.S.F.** - Il 19 giugno scorso il Ministro per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Leopoldo Rubinacci, accompagnato dal prof. Vincenzo Caglioti presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche, ha firmato un accordo per un programma di collaborazione scientifica tra l'Italia e gli Stati Uniti d'America. L'accordo prevede la costituzione di un fondo comune tra il C.N.R. e l'N.S.F. (National Science Foundation) per il finanziamento di progetti e ricerche condotti in stretta collaborazione da Istituti dei due paesi. E' noto che alcuni Istituti italiani particolarmente fortunati usufruiscono già di notevoli possibilità di collaborazione con Istituti stranieri e con enti internazionali. E' augurabile quindi che il nuovo accordo C.N.R. - N.S.F. non serva solo ad aumentare le possibilità di un ristretto gruppo di Istituti già largamente favoriti, ma permetta anche ad altri Istituti e a indirizzi di ricerca che in Italia sono stati finora troppo trascurati di usufruire di proficue collaborazioni scientifiche con gli U.S.A.

\* \* \*

**Trasferimento Prof. Leviaidi** - Il prof. A. Leviaidi, capogruppo del G.N.S.M. presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Bari, risultato uno dei vincitori del recente concorso di Fisica Superiore all'Università di Palermo, si trasferirà prossimamente presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Parma essendo stato chiamato da quella Facoltà di Scienze.

\* \* \*

**Riunione S.I.P.S.** - La Società Italiana per il Progresso delle Scienze indice la sua 49ª riunione a Siena dal 23 al 27 settembre 1967. Il programma prevede, fra l'altro, un simposio relativo alla preparazione degli insegnanti di scienze.

**Concorso posti internato studenti in Fisica** - Il Centro Siciliano di Fisica Nucleare e di Struttura della Materia mette a concorso n. 2 posti di internato dell'ammontare di L. 750.000 per studenti del 2º biennio che alla data del 31 ottobre 1967 risultino iscritti al corso di Laurea in Fisica presso una Università Italiana. Per ulteriori informazioni rivolgersi al prof. I. F. Quercia, Direttore del Centro Siciliano di Fisica Nucleare e di Struttura della Materia, Corso Italia, 57 - Catania.

\* \* \*

**Concorso borsa di studio presso il C.N.E.N. Ispra** - E' indetto un concorso per l'assegnazione di n. 1 borsa di studio per laureati in Fisica da usufruirsi presso il Gruppo Diffrazione e Spettroscopia dei Neutroni del C.N.E.N. ad Ispra (Varese) per attività di ricerca nel campo della spettrometria dei neutroni e relative applicazioni a problemi di struttura della materia. La borsa, per un ammontare di L. 1.320.000, ha una durata di 11 mesi decorre dal 18 settembre 1967. La domanda va indirizzata, entro il 21 agosto 1967, al Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare Via Belisario, 15 - Roma, al quale possono essere richieste informazioni e precisazioni ulteriori.

\* \* \*

**Convegno Chimica Fisica a Perugia** - L'associazione Italiana di Chimica Fisica organizzerà per il prossimo Novembre a Perugia un Convegno dedicato alle forze intermolecolari e alle strumentazioni spettroscopiche avanzate. Ulteriori informazioni saranno pubblicate nel prossimo numero del Notiziario.