

# La nascita della Fisica Teorica dei Solidi a Pisa alla fine degli anni sessanta

Flavio Toigo

Università di Padova

*flavio.toigo@unipd.it*

Pisa 8 novembre 2017

# La fisica teorica dei solidi in Italia negli anni 50

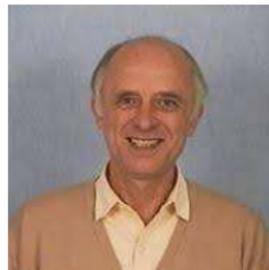
# La fisica teorica dei solidi in Italia negli anni 50



# La fisica teorica dei solidi in Italia negli anni 50



# La fisica teorica dei solidi in Italia negli anni 50



# La fisica della Materia in Italia alla fine degli anni sessanta

Il Gruppo Nazionale di Struttura della Materia (G.N.S.M.) del CNR nel 1968

	Sede	Responsabile	Argomenti di ricerca
1	Bologna	Prof. P. Gondi	Difetti reticolari nei metalli e semiconduttori. Tecniche di spettroscopia elettronica
2	<b>Cagliari</b>	<b>Prof. P. Manca</b>	<b>Preparazione e proprietà fondamentali di solidi e semiconduttori</b>
3	Catania	Prof. I. F. Quercia	Fisica dei metalli e degli stati molecolari
4	Ferrara	Prof. A. Drigo	Ferromagnetismo e fisica dei metalli
5	Genova	Prof. G. Boato	Fisica dei metalli e fisica molecolare
6	Casaccia	Prof. A. Paoletti	Proprietà elettroniche dei solidi
7	Ispra	Prof. G. Caglioti	Diffrazione e spettroscopia neutronica
8	<b>Milano</b>	<b>Prof. G. F. Nardelli</b>	<b>Elettroni, fotoni e spettroscopia della materia</b>
9	Milano CISE	Prof. E. Galli	Semiconduttori e materiali speciali per elettronica
10	Milano Poli	Prof. P. A. Bisi	Spettrometria di sistemi atomici con tecniche impulsive
11	Modena	Prof. M. Santangelo	Proprietà ottiche ed elettriche dei cristalli molecolari
12	Napoli	Prof. A. Carrelli	Ferromagnetismo e proprietà ottiche dei solidi e lamine
13	<b>Napoli</b>	<b>Dott.ssa M. Marinaro</b>	<b>Teoria dei molti Corpi</b>
14	Padova	Prof. M. Santini	Basse Temperature
15	<b>Palermo</b>	<b>Prof. F. Fumi</b>	<b>Fisica teorica degli stati aggregati</b>
16	Palermo	Prof. M. U. Palma	Proprietà degli stati condensati a varie temperature
17	Parma	Prof. G. D'Ascola	Risonanze magnetiche
18	Parma	Prof. R. Fieschi	Magnetismo e proprietà dielettriche
19	Parma	Prof. A. Levaldi	Proprietà magnetoottiche, elettroluminiscenza. Preparazione di semiconduttori
20	Pavia	Prof. L. Giulotto	Risonanze magnetiche in solidi e liquidi e proprietà ottiche di isolanti e semiconduttori
21	<b>Pisa</b>	<b>Prof. F. Bassani</b>	<b>Teoria dei livelli elettronici nella materia allo stato solido</b>
22	Pisa	Prof. A. Gozzini	Struttura della materia
23	Roma	Prof. P. Bordoni	Proprietà meccaniche dei solidi
24	Roma	Prof. G. Careri	Fisica molecolare e superfluidi
25	Roma	Prof. G. Chiarotti	Semiconduttori e proprietà ottiche dei solidi
26	Roma Ingegneria	Prof. D. Sette	Ultrasuoni e struttura della materia
27	Torino "G. Ferraris"	Prof. G. Bonfiglioli	Luminescenza cristallina
28	Torino	Prof. G. Montalenti	Proprietà ferromagnetiche e magnetiche della materia

# La nascita della Fisica teorica dei solidi a Pisa nel 1967

# La nascita della Fisica teorica dei solidi a Pisa nel 1967

- Franco Bassani, primo Professore ordinario di Fisica Teorica che lavora in Fisica dello stato solido si è da poco trasferito a Pisa da Messina

# La nascita della Fisica teorica dei solidi a Pisa nel 1967

- Franco Bassani, primo Professore ordinario di Fisica Teorica che lavora in Fisica dello stato solido si è da poco trasferito a Pisa da Messina
- Bassani è impegnato in un settore di punta della fisica teorica dei solidi: lo studio dei livelli elettronici nei solidi.

Durante i suoi anni di permanenza negli U.S., ad Urbana e ad Argonne, ha introdotto e sviluppato metodi e tecniche per il calcolo delle bande in solidi reali

# La nascita della Fisica teorica dei solidi a Pisa nel 1967

- Franco Bassani, primo Professore ordinario di Fisica Teorica che lavora in Fisica dello stato solido si è da poco trasferito a Pisa da Messina
- Bassani è impegnato in un settore di punta della fisica teorica dei solidi: lo studio dei livelli elettronici nei solidi.  
Durante i suoi anni di permanenza negli U.S., ad Urbana e ad Argonne, ha introdotto e sviluppato metodi e tecniche per il calcolo delle bande in solidi reali
- Bassani ha numerosi legami scientifici con eminenti ricercatori, sia italiani (Fumi, Tosi, Celli), che stranieri, tra i quali F. Seitz e J. Schrieffer

# La nascita della Fisica teorica dei solidi a Pisa nel 1967

- Franco Bassani, primo Professore ordinario di Fisica Teorica che lavora in Fisica dello stato solido si è da poco trasferito a Pisa da Messina
- Bassani è impegnato in un settore di punta della fisica teorica dei solidi: lo studio dei livelli elettronici nei solidi.  
Durante i suoi anni di permanenza negli U.S., ad Urbana e ad Argonne, ha introdotto e sviluppato metodi e tecniche per il calcolo delle bande in solidi reali
- Bassani ha numerosi legami scientifici con eminenti ricercatori, sia italiani (Fumi, Tosi, Celli), che stranieri, tra i quali F. Seitz e J. Schrieffer
- La presenza di Bassani e degli studiosi stranieri che egli chiama per l'anno sabatico, insieme con i continui scambi tra Università e Scuola Normale fanno di Pisa l'ambiente più stimolante in Italia per gli sviluppi teorici della materia condensata

# La nascita della Fisica teorica dei solidi a Pisa nel 1967

- Franco Bassani, primo Professore ordinario di Fisica Teorica che lavora in Fisica dello stato solido si è da poco trasferito a Pisa da Messina
- Bassani è impegnato in un settore di punta della fisica teorica dei solidi: lo studio dei livelli elettronici nei solidi.  
Durante i suoi anni di permanenza negli U.S., ad Urbana e ad Argonne, ha introdotto e sviluppato metodi e tecniche per il calcolo delle bande in solidi reali
- Bassani ha numerosi legami scientifici con eminenti ricercatori, sia italiani (Fumi, Tosi, Celli), che stranieri, tra i quali F. Seitz e J. Schrieffer
- La presenza di Bassani e degli studiosi stranieri che egli chiama per l'anno sabatico, insieme con i continui scambi tra Università e Scuola Normale fanno di Pisa l'ambiente più stimolante in Italia per gli sviluppi teorici della materia condensata
- Il recente arrivo di Bassani richiama a Pisa giovani e collaboratori da molte altre sedi

VOLUME 9, NUMBER 5

PHYSICAL REVIEW LETTERS

SEPTEMBER 1, 1962

---

SCREENING CORRECTION TO THE SLATER EXCHANGE POTENTIAL\*

J. E. Robinson and F. Bassani

Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois

and

R. S. Knox

University of Rochester, Rochester, New York

and

J. R. Schrieffer

University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania

(Received July 6, 1962)

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 103, NUMBER 5

SEPTEMBER 1, 1956

## Application of the Orthogonalized Plane-Wave Method to Silicon Crystal\*

TRUMAN O. WOODRUFF†

*Department of Physics, University of Illinois, Urbana, Illinois*

(Received March 28, 1956)

Approximate solutions for  $\mathbf{k}=0$  of the Hartree-Fock-Slater equations for a perfect silicon crystal have been obtained by the orthogonalized plane-wave method. Estimates of the energy eigenvalues of the valence and conduction states for  $\mathbf{k}=0$  are given. A simple method for obtaining a first approximation to the crystal potential and its Fourier coefficients was used. Approximate analytic wave functions and corresponding energy eigenvalues for the  $1s$ ,  $2s$ , and  $2p$  states in the isolated silicon atom were determined by a variational technique.

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 132, NUMBER 5

1 DECEMBER 1963

## Electronic Band Structure of Gray Tin\*

F. BASSANI

*Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois*

AND

L. LIU

*Department of Physics, Northwestern University, Evanston, Illinois and Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois*

(Received 17 July 1963)

The electronic energy band structure including spin-orbit coupling effects has been calculated for semiconducting gray tin. The orthogonalized plane-wave method has been used to obtain the energy eigenvalues at the symmetry points  $\Gamma$ ,  $X$ , and  $L$  in the Brillouin zone and to compute the spin-orbit splittings at these points. It is found that both the conduction and valence band edges are at the center of the zone. The effective masses for electrons and holes are calculated using our crystal wavefunctions and the experimental value for the energy gap. The effect of pressure on the energy band structure is also investigated.

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i collaboratori

Giuseppe Pastori P., laureato a Milano con Fieschi e Levaldi, dopo aver usufruito di una borsa di studio a Messina con Bassani, lo segue a Pisa nel novembre 1966

IL NUOVO CIMENTO

VOL. L B, N. 1

11 Luglio 1967

## Band Structure and Optical Properties of Graphite and of the Layer Compounds GaS and GaSe (\*).

F. BASSANI (\*\*) and G. PASTORI PARRAVICINI (\*\*)

*Istituto di Fisica dell'Università - Messina  
Gruppo Nazionale di Struttura della Materia del CNR*

(ricevuto il 12 Dicembre 1966)

**Summary.** — The band structure of graphite and of the layer compounds GaS and GaSe is computed by using the tight-binding approach in a semi-empirical way. The band structure is related to the basic properties of these compounds and some features of the optical excitation spectrum are explained. We show that the reason why graphite is a semi-metal and GaS and GaSe are semiconductors can be understood in the two-dimensional approximation and is due to the existence of the inversion symmetry in the former case. The absorption edge in GaS corresponds to indirect transitions between the states  $I_1^+$  and  $P_1^+$ , while in GaSe it corresponds to direct transitions between the states  $I_1^+$  and  $I_2^+$ . Sharp peaks in  $\epsilon_2(0, \omega)$  are attributed to saddle point singularities in the joint density of states. The effect on the optical properties produced by a change in the polarization of light is discussed.

(\*\*) Present address: Istituto di Fisica dell'Università, Pisa.

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1967 - Alfonso Baldereschi, studente della Normale, si laurea con Bassani e continua a lavorare con lui come perfezionando.

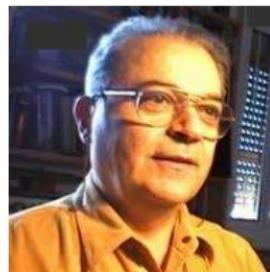


# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1967 - Alfonso Baldereschi, studente della Normale, si laurea con Bassani e continua a lavorare con lui come perfezionando.



1967 - Erio Tosatti, laureatosi a Modena con una tesi in particelle, dopo un periodo a Roma come borsista, su suggerimento di Chiarotti concorre ed ottiene una borsa di perfezionamento alla Normale. Ne usufruisce lavorando con Bassani e con L. Liu.



# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1967 - Liana Martinelli, laureatasi a Modena con Bortolani, vince una borsa del CNR per lavorare a Pisa nel gruppo di Bassani.



# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1967 - Liana Martinelli, laureatasi a Modena con Bortolani, vince una borsa del CNR per lavorare a Pisa nel gruppo di Bassani.



- 1967 - Emilio Doni è laureando di Bassani

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1967 - Liana Martinelli, laureatasi a Modena con Bortolani, vince una borsa del CNR per lavorare a Pisa nel gruppo di Bassani.



- 1967 - Emilio Doni è laureando di Bassani
- 1967 - Incoraggiato da Bassani, Giuseppe Pastori P. si trasferisce ad Urbana (Il.) per lavorare nel gruppo di F. Seitz

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1968 - F.T., che si è laureato a Padova con una tesi sull'He II, si trasferisce a Pisa come borsista CNR per lavorare nel gruppo di Bassani.



# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1968 - F.T., che si è laureato a Padova con una tesi sull'He II, si trasferisce a Pisa come borsista CNR per lavorare nel gruppo di Bassani.

collabora strettamente con T.O. Woodruff.



# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1968 - F.T., che si è laureato a Padova con una tesi sull'He II, si trasferisce a Pisa come borsista CNR per lavorare nel gruppo di Bassani.



collabora strettamente con T.O. Woodruff.



- 1968 - Emilio Doni si laurea con Bassani ed entra nel gruppo come borsista.

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1969 inizio - Raffaello Girlanda,  
laureatosi a Messina, usufruisce di una  
borsa di studio della regione Sicilia per  
lavorare a Pisa nel gruppo di Bassani



# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1969 inizio - Raffaello Girlanda,  
laureatosi a Messina, usufruisce di una  
borsa di studio della regione Sicilia per  
lavorare a Pisa nel gruppo di Bassani



1969 fine - Raffaele Resta, studente  
della Normale, si laurea con Bassani



# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: gli apprendisti

1969 inizio - Raffaello Girlanda,  
laureatosi a Messina, usufruisce di una  
borsa di studio della regione Sicilia per  
lavorare a Pisa nel gruppo di Bassani



1969 fine - Raffaele Resta, studente  
della Normale, si laurea con Bassani



- 1969 fine - Michele Cini si laurea con Bassani

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i temi di ricerca

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i temi di ricerca

- Bassani e Pastori: effetti delle simmetrie sulla struttura a bande e proprietà ottiche di grafite e composti lamellari GaS e GaSe. Il metodo del "tight binding semiempirico" sviluppato in questo lavoro è ancora usato come primo approccio allo studio degli stati elettronici di solidi e nanostrutture complesse.

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i temi di ricerca

- Bassani e Pastori: effetti delle simmetrie sulla struttura a bande e proprietà ottiche di grafite e composti lamellari GaS e GaSe.  
Il metodo del "tight binding semiempirico" sviluppato in questo lavoro è ancora usato come primo approccio allo studio degli stati elettronici di solidi e nanostrutture complesse.
- Bassani e Baldereschi: effetti magneto-ottici nei solidi.  
La previsione della formazione di livelli di Landau in vicinanza di punti sella nelle bande elettroniche e la conseguente modifica delle regole di selezione per le transizioni ottiche permise di suggerire nuovi esperimenti per la determinazione della struttura dei punti critici delle bande e delle relative masse efficaci mediante misure ottiche in presenza di campi magnetici.

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i temi di ricerca

- Bassani e Tosatti (et al): stati elettronici nella grafite e loro relazione con gli spettri di perdita di energia di elettroni e con l'anisotropia delle proprietà ottiche della grafite.  
L'analisi dei coefficienti di Fresnel sviluppata in alcuni lavori trova applicazione per il loro calcolo in tutti i materiali altamente anisotropi. Inoltre la determinazione dell'anisotropia della risposta dielettrica della grafite è alla base del calcolo di un accurato potenziale di interazione tra grafite ed atomi di gas rari che spiega vari fenomeni di fisisorbimento.

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i temi di ricerca

- Bassani e Tosatti (et al): stati elettronici nella grafite e loro relazione con gli spettri di perdita di energia di elettroni e con l'anisotropia delle proprietà ottiche della grafite.  
L'analisi dei coefficienti di Fresnel sviluppata in alcuni lavori trova applicazione per il loro calcolo in tutti i materiali altamente anisotropi. Inoltre la determinazione dell'anisotropia della risposta dielettrica della grafite è alla base del calcolo di un accurato potenziale di interazione tra grafite ed atomi di gas rari che spiega vari fenomeni di fisisorbimento.
- L. Liu e Tosatti : effetti delle impurezze sulla mobilità elettronica in semiconduttori a gap nullo; proprietà dielettriche dello Sn.

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i temi di ricerca

- Bassani e Tosatti (et al): stati elettronici nella grafite e loro relazione con gli spettri di perdita di energia di elettroni e con l'anisotropia delle proprietà ottiche della grafite.  
L'analisi dei coefficienti di Fresnel sviluppata in alcuni lavori trova applicazione per il loro calcolo in tutti i materiali altamente anisotropi. Inoltre la determinazione dell'anisotropia della risposta dielettrica della grafite è alla base del calcolo di un accurato potenziale di interazione tra grafite ed atomi di gas rari che spiega vari fenomeni di fisisorbimento.
- L. Liu e Tosatti : effetti delle impurezze sulla mobilità elettronica in semiconduttori a gap nullo; proprietà dielettriche dello Sn.
- Martinelli : Studio di potenziali modello (modellizzazione di pseudopotenziali non-locali) per il calcolo di bande, fononi e potere termoelettrico degli alcalini

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i temi di ricerca

- Bassani e Tosatti (et al): stati elettronici nella grafite e loro relazione con gli spettri di perdita di energia di elettroni e con l'anisotropia delle proprietà ottiche della grafite.  
L'analisi dei coefficienti di Fresnel sviluppata in alcuni lavori trova applicazione per il loro calcolo in tutti i materiali altamente anisotropi. Inoltre la determinazione dell'anisotropia della risposta dielettrica della grafite è alla base del calcolo di un accurato potenziale di interazione tra grafite ed atomi di gas rari che spiega vari fenomeni di fisisorbimento.
- L. Liu e Tosatti : effetti delle impurezze sulla mobilità elettronica in semiconduttori a gap nullo; proprietà dielettriche dello Sn.
- Martinelli : Studio di potenziali modello (modellizzazione di pseudopotenziali non-locali) per il calcolo di bande, fononi e potere termoelettrico degli alcalini
- Bassani e Girlanda : transizioni ottiche a due fotoni nei solidi in presenza di campo magnetico

# Il gruppo di Bassani a Pisa 1967-69: i temi di ricerca

- Bassani e Tosatti (et al): stati elettronici nella grafite e loro relazione con gli spettri di perdita di energia di elettroni e con l'anisotropia delle proprietà ottiche della grafite.  
L'analisi dei coefficienti di Fresnel sviluppata in alcuni lavori trova applicazione per il loro calcolo in tutti i materiali altamente anisotropi. Inoltre la determinazione dell'anisotropia della risposta dielettrica della grafite è alla base del calcolo di un accurato potenziale di interazione tra grafite ed atomi di gas rari che spiega vari fenomeni di fisisorbimento.
- L. Liu e Tosatti : effetti delle impurezze sulla mobilità elettronica in semiconduttori a gap nullo; proprietà dielettriche dello Sn.
- Martinelli : Studio di potenziali modello (modellizzazione di pseudopotenziali non-locali) per il calcolo di bande, fononi e potere termoelettrico degli alcalini
- Bassani e Girlanda : transizioni ottiche a due fotoni nei solidi in presenza di campo magnetico
- T. O. Woodruff e F.T.: Studio della possibile polarizzazione dei rotoni in He II. Studio della risposta del liquido di elettroni

# Bassani a Pisa 1967-69: collaboratori da altre sedi in Italia

# Bassani a Pisa 1967-69: collaboratori da altre sedi in Italia

- da Cagliari: F. M. Aymerich: proprietà elettro-ottiche

# Bassani a Pisa 1967-69: collaboratori da altre sedi in Italia

- da Cagliari: F. M. Aymerich: proprietà elettro-ottiche
- da Palermo: G. Vetri. Livelli di impurezza nei solidi

# Bassani a Pisa 1967-69: collaboratori da altre sedi in Italia

- da Cagliari: F. M. Aymerich: proprietà elettro-ottiche
- da Palermo: G. Vetri. Livelli di impurezza nei solidi
- da Messina: S. Giuliano. Formulazione di potenziali modello

# Bassani a Pisa 1967-69: collaboratori da altre sedi in Italia

- da Cagliari: F. M. Aymerich: proprietà elettro-ottiche
- da Palermo: G. Vetri. Livelli di impurezza nei solidi
- da Messina: S. Giuliano. Formulazione di potenziali modello
- da Napoli: G. Iadonisi e B. Preziosi. Struttura a bande e livelli di impurezza nei semiconduttori

# Bassani a Pisa 1967-69: collaboratori da altre sedi in Italia

- da Cagliari: F. M. Aymerich: proprietà elettro-ottiche
- da Palermo: G. Vetri. Livelli di impurezza nei solidi
- da Messina: S. Giuliano. Formulazione di potenziali modello
- da Napoli: G. Iadonisi e B. Preziosi. Struttura a bande e livelli di impurezza nei semiconduttori
- dal Cairo via SNS: A. R. Hassan. Transizioni a due fotoni nei semiconduttori

# Dopo la partenza di Bassani - novembre 1969

# Dopo la partenza di Bassani - novembre 1969

- Tosatti va a Roma - prima come aviere e poi come borsista

# Dopo la partenza di Bassani - novembre 1969

- Tosatti va a Roma - prima come aviare e poi come borsista
- Baldereschi va a Urbana e poi ai Bell Labs

## Dopo la partenza di Bassani - novembre 1969

- Tosatti va a Roma - prima come aviare e poi come borsista
- Baldereschi va a Urbana e poi ai Bell Labs
- F.T. segue Woodruff a M.S.U. e torna Padova nel 1971

## Dopo la partenza di Bassani - novembre 1969

- Tosatti va a Roma - prima come aviere e poi come borsista
- Baldereschi va a Urbana e poi ai Bell Labs
- F.T. segue Woodruff a M.S.U. e torna Padova nel 1971
- E. Doni serve la patria come aviere. Ritorna in gruppo a tempo pieno nel 1971

## Dopo la partenza di Bassani - novembre 1969

- Tosatti va a Roma - prima come aviere e poi come borsista
- Baldereschi va a Urbana e poi ai Bell Labs
- F.T. segue Woodruff a M.S.U. e torna Padova nel 1971
- E. Doni serve la patria come aviere. Ritorna in gruppo a tempo pieno nel 1971
- rimangono a Pisa: L. Martinelli, R. Girlanda e R. Resta

# Dopo la partenza di Bassani - novembre 1969

- Tosatti va a Roma - prima come aviere e poi come borsista
- Baldereschi va a Urbana e poi ai Bell Labs
- F.T. segue Woodruff a M.S.U. e torna Padova nel 1971
- E. Doni serve la patria come aviere. Ritorna in gruppo a tempo pieno nel 1971
- rimangono a Pisa: L. Martinelli, R. Girlanda e R. Resta
- G. Pastori torna da Urbana (Il.) nel 1971

## Dopo la partenza di Bassani - novembre 1969

- Tosatti va a Roma - prima come aviere e poi come borsista
- Baldereschi va a Urbana e poi ai Bell Labs
- F.T. segue Woodruff a M.S.U. e torna Padova nel 1971
- E. Doni serve la patria come aviere. Ritorna in gruppo a tempo pieno nel 1971
- rimangono a Pisa: L. Martinelli, R. Girlanda e R. Resta
- G. Pastori torna da Urbana (Il.) nel 1971
- poco dopo entreranno L. Resca (1971), ora alla Catholic University a Washington D.C. e G. Grosso (1972)