

Sergio Fubini

(Torino, 31 dicembre 1928 – Nyon, 8 gennaio 2005)

Commemorazione tenuta dal Socio nazionale Vittorio DE ALFARO*
e da Giuseppe FURLAN** il 13 aprile 2005



Chi non ha conosciuto Sergio Fubini non può capire molto di lui. Se fosse esperto nelle questioni scientifiche avanzate potrebbe rendersene conto adocchiando i suoi lavori; altrimenti gli sarebbe impossibile. Sergio, bisognava conoscerlo; ed era meglio ancora se lo si conosceva profondamente, condividendo gli stessi interessi scientifici o addirittura lavorando con lui. Ma bastava conoscerlo di persona, anche se non si comprendeva nulla di fisica, per capirne qualcosa. Sergio si imponeva subito; non con la sua prestantza fisica (era apparentemente una persona normale, anzi di statura al di sotto della media di oggi); no, Sergio si imponeva subito a tutti per la verve,

la capacità di spiegare, la forza che prorompeva dalle sue parole, l'abilità di convincere le persone. E tutto ciò accadeva non perché Sergio intendesse sovrastare gli astanti; no, nella sua contenuta irruenza il compito di Sergio era di spiegare, di rendere partecipi gli altri alle proposte che stava per avanzare, alle decisioni che voleva prendere; sempre attento, d'altronde, a capire i problemi altrui, sempre in grado, se qualcuno avesse espresso qualche nuovo aspetto su una questione, di modificare la propria opinione in corrispondenza.

Per noi che abbiamo avuto per circa 25 anni il gusto di lavorare con lui Sergio era un grande amico. Si poneva al nostro stesso livello: non ci fu mai in lui

* Professore emerito, già ordinario di Teoria dei campi nell'Università di Torino.

** Ordinario fuori ruolo di Fisica delle particelle elementari nell'Università di Trieste.

neanche una goccia di superiorità apparente, di quel tanto di formale che poteva derivare da una maggiore esperienza e professionalità o addirittura da una sensazione di predominio. Se Sergio era più in alto di noi due, era in virtù di una comprensione più pronta dei fondamenti del problema. Naturalmente, ben lungi dallo sviluppare affermazioni apodittiche Sergio si prodigava a corroborare quella sua idea con argomenti più completi, a modificarla o addirittura a distruggerla se non avesse retto ad un esame più approfondito. Era un gran compagno, non un signore distaccato e altero. Talvolta fu uno di noi due, Pino o io, ad avanzare un'idea; e se pareva buona Sergio la sviluppava allargandone spesso il significato.

Vi dirò solo un argomento non molto scientifico sulla Superconvergenza che avevamo trovato nel 1966. Stavamo stendendo il primo lavoro con Sergio quando noi tre, Vittorio de Alfaro, Pino Furlan e Cesare Rossetti, trovammo una busta appena giunta da CalTech, e ci venne l'idea di scrivere un finto lavoro di Feynman e Gell-Mann che avrebbe contenuto in modo sintetico tutti i risultati che stavamo preparando, e anche quelli che preferivamo tenere in serbo per il seguito. Detto fatto, il lavoro fu scritto, la lettera venne sigillata e posta nella buca di Sergio. Quel mattino noi tre spingemmo Sergio ad andare a prendere il caffè: sapevamo che sarebbe passato a vedere la posta. Sergio trovò il lavoro dei "due", lo aprì subito e gli dette uno sguardo: non era tanto normale trovare un lavoro di Feynman e Gell-Mann. Man mano che leggeva, Sergio trovò esposti, molto rapidamente, tutti i risultati che intendeva mettere nel lavoro che stavamo preparando, e anche quelli per il cui sviluppo preferiva attendere. Neanche per un momento pensò ad una trappola; restò interdetto: ci disse subito che Feynman e Gell-Mann avevano ottenuto tutto, ma proprio tutto; che eravamo perduti. Un momento dopo aggiunse che però avremmo egualmente completato il nostro; che ce l'eravamo meritato; che avremmo aggiunto che «dopo aver completato il lavoro abbiamo ricevuto un lavoretto in cui Feynman e Gell-Mann ottenevano gli stessi risultati con grande rapidità»; ma era agitatissimo e la voce gli tremava. A quel punto noi tre non avemmo il coraggio di aspettare il caffè; gli dicemmo rapidamente la verità, che cioè quel breve lavoro l'avevamo scritto noi di getto e l'avevamo sostituito ad un lavoro di qualcun altro da CalTech. A sentir questo Sergio rifiorì: invece di arrabbiarsi si complimentò con noi per il lavoro (che era davvero molto corto, due pagine) e la sua contentezza fu tale che non solo volle pagare i caffè, ma mantenne nel nostro lavoro una certa quantità di anticipi su argomenti che avremmo sviluppato in un secondo lavoro sul soggetto!

Sergio lavorò con noi due, Vittorio e Pino, tra una questione e l'altra, fino al 1988; poi passò alla fisica degli stati condensati dove, con Molinari, sviluppò i problemi della superconducibilità bosonica e fermionica. Dimostrarono nel primo lavoro due cose fondamentali: che la superconduttività deriva dalla rottura

spontanea dell'invarianza di gauge e che un singolo livello viene occupato macroscopicamente.

Negli ultimi anni si impegnò in un compito apparentemente molto diverso, al quale però aveva dedicato già da tempo uno spazio sempre più ampio: una comprensione crescente tra arabi e israeliani ottenuta attraverso lo sviluppo di contatti diretti tra le università d'Israele e della Palestina. Riuscì ad utilizzarla facendo incontrare scienziati israeliani ed arabi per discutere di problemi scientifici: a Sharm el Sheik, al Cern, a Torino e all'ICTP di Trieste.

Era purtroppo contro corrente: gli animi esacerbati dei due popoli si muovevano in quel periodo in direzioni opposte e contrastanti. Questo tentativo non poté essere portato fino in fondo.

Primi lavori

Sergio Fubini nacque l'ultimo giorno del 1928. Nell'autunno del '38 venne discriminato per ragioni di religione; ma siccome il padre era stato ufficiale nella prima guerra mondiale, poté continuare gli studi. Nell'estate del '43 la famiglia si trovava al mare, ma con la caduta di Mussolini fuggirono a Torre Pellice. Nell'autunno, per sfuggire ai nazifascisti, passarono la frontiera svizzera e trovarono rifugio a Losanna, dove Sergio, in qualche modo, proseguì gli studi. Tornò a Torino nella primavera del '45 e si iscrisse a fisica nell'autunno dell'anno dopo. Sergio si laureò con 110 e lode nell'autunno del 1950, prima di compiere 22 anni. Dal Poli riuscì a ritornare in Istituto nell'autunno del '52, quando si liberò un posto di fisichetta (che occupò in mancanza di meglio).

Il primo lavoro si svolse con Gleb Wataghin: riguardava la produzione multipla dei mesoni. Poi Eduardo Caianiello passò un anno a Torino e con Sergio svolse un interessante lavoro sul prodotto di matrici γ .

Ma il grosso del lavoro in quegli anni, fu svolto, separatamente o in collaborazione, da Sergio in collaborazione con Marcello Cini. L'attività riguardò molti problemi: metodi variazionali, modello statico nell'interazione pione - nucleone, Tamm - Dancoff, accoppiamento intermedio e un lavoro (unico) sul potenziale tra nucleoni. Appena apparvero le relazioni di dispersione Marcello e Sergio usarono il metodo per formulare la fisica pione - nucleone fino alla risonanza 33 (Delta). (Marcello aveva ottenuto nel '50 questa relazione per l'ampiezza in avanti del caso elettro magnetico). Erano lavori particolarmente importanti per il filone centrale delle ricerche internazionali.

Sergio passò lunghi periodi in USA tra il 1954 e il '57: fu durante uno di questi che in dicembre '56 sposò a Torino Marina Colombo, portandola immediatamente a Chicago. In quel periodo si occupò di elettroproduzione di pioni con Y. Nambu e V. Wataghin. Era un lavoro di grande interesse che lo rese particolarmente noto anche negli Stati Uniti, dove peraltro aveva già svolto un certo

numero di lavori notevoli. Tornò in Europa nel '57 al Cern. Abitavano allora in Rue Schaub.

Nel corso del 1958 Dino Bosco e Vittorio de Alfaro, dietro suggerimento di Sergio, si dedicarono al calcolo del fattore di forma iso scalare del nucleone (fu il primo lavoro ispirato da Sergio e per Vittorio l'inizio di una lunga, grande amicizia). Il lavoro, che conteneva i ringraziamenti a Sergio, comparve sul *Phys Rev*. Da questo se ne originò un altro in cui si collegava l'andamento spaziale al limite inferiore della distribuzione di masse, una relazione facile, col senno di poi, ma ignota a quel tempo. La relazione pareva ovvia, ma era nuova. L'aiuto di Sergio fu essenziale nelle settimane successive quando accompagnò Vittorio a casa di Robert Hofstadter (quell'anno era al Cern ed avrebbe ricevuto il premio Nobel due anni dopo).

L'anno seguente aiutò Cesare e me a capire che nella fisica dei nuclei esistono soglie diverse, anomale, che cambiano il tipo di fenomeno.

Approssimazione a Strisce; Modello Multiperiferico

L'anno dopo (1960) a Padova Sergio, Mario Tonin e Luciano Bertocchi discussero le proprietà di formazione del deutone nell'urto tra protoni, mentre a Torino de Alfaro e Cesare Rossetti trattavano la foto disintegrazione. Era il periodo in cui Sergio era professore a Padova.

Negli stessi anni Marcello e Sergio formularono la "approssimazione a strisce", uno schema per trattare le interazioni dei pioni e dei nucleoni nel quadro della autoconsistenza della fisica delle basse energie. Essa dette luogo a molta attività di ricerca collegata (Daniele Amati, Antonio Stanghellini 1931-1964, Eliot Leader, Bruno Vitale, etc.). Mancava però la conoscenza dei comportamenti delle ampiezze d'urto del pione in soglia, derivati poi dall'algebra delle correnti, ed era impossibile sapere che i fenomeni di alta e bassa energia sono connessi, come mostrarono i lavori degli anni successivi.

Dalla approssimazione a strisce nacque il modello multiperiferico (Fubini, Amati, Stanghellini), che permise di ottenere parecchi lavori di grande importanza fenomenologica e teorica. Si trattava di sommare insieme tutti i diagrammi a scala in teoria perturbativa: si ottenne anche il comportamento alla Regge del modello. Fu sviluppato tra il 1960 e il '62.

L'uso della approssimazione a scala venne immediatamente ripreso per studiare la configurazione che si ottiene come diagramma incrociato del processo di diffusione in avanti ($t=0$); esso corrisponde agli stati legati con energia totale nulla. La ricerca fu portata avanti dal gruppo di Sergio a Torino (Luciano Bertocchi, Antonella Bastai 1940-88, Mario Tonin) cui si aggiunse Pino Furlan appena arrivato al Cern da Trieste. (La presenza di Furlan dette inizio ad un sodalizio fruttuoso e ad un'amicizia profonda.) Il problema venne affrontato attraverso l'equazione di Bethe-Salpeter per particelle scalari con interazione rinormaliz-

zabile (precedentemente Wick e Cutkoski avevano trattato il caso super rinormalizzabile).

Algebra delle correnti e superconvergenza

Nell'estate del 1964 Sergio e Pino al Cern cominciarono a pensare che fosse possibile ottenere conseguenze osservabili dall'algebra delle correnti, teoria basata sulla validità delle relazioni di commutazione gruppali tra cariche e correnti deboli ed elettromagnetiche con struttura $SU(3)$ e $SU(3) \times SU(3)$ formata da correnti vettoriali (conservate o debolmente violate) e correnti assiali (parzialmente conservate); queste ultime, come riconosciuto in un famoso lavoro (Bernstein, Fubini, Gell-Mann, Thirring), possono costituire un ponte col mondo dei pioni, cioè con le interazioni forti, a basse energie, attraverso la relazione "PCAC".

Dai commutatori di $SU(3) \times SU(3)$ è possibile ottenere regole di somma e teoremi di bassa energia (in realtà connessi nel caso di correnti assiali). Fu per Sergio e Pino l'occasione di inventare (con l'aiuto di una partita a flipper al Belo Horizonte, trattoria vicino al Cern) il famoso metodo $p \rightarrow \infty$, che permette di dare forma covariante alle regole di somma attraverso un integrale dispersivo. Subito svilupparono applicazioni con Rossetti, giunto nel frattempo al Cern; altri si aggiunsero (Gino Segré, Lannoy, Dirk Walecka). Purtroppo non si fece a tempo a sviluppare l'applicazione ad $SU(2) \times SU(2)$, che venne trovata da Adler e da Weisberger nella primavera del 1965. Comunque l'impatto dell'idea fu veramente notevole: il metodo $p \rightarrow \infty$, divenne estremamente popolare e venne anche usato in contesti diversi (Feynman per il modello a partoni), mentre la relativa semplicità della formulazione ispirò un gran numero di lavori a carattere fenomenologico per parecchi anni.

Nella primavera del 1966 Sergio ritornò a parlare di interazioni forti con de Alfaro, Furlan e Rossetti. Erano proprio interazioni forti: il punto di partenza era sempre l'algebra delle correnti, dalla quale si otteneva la regola di somma di interazione forte moltiplicando per gli "zeri" opportuni e integrando. Ma il risultato si poteva ottenere semplicemente se la funzione integranda dell'interazione forte si comportava con $|f(E)| < c E^n$ con $n < -1$. In tal caso valeva una relazione integrale $\int dE \operatorname{Im} f(E) = 0$, (o due se $n < -2$, e così via). Ciò accade quando gli spin di alcune particelle sono non nulli perché in tal caso l'unitarietà impone proprio limiti di quel tipo per alcune ampiezze, per via di ulteriori potenze negative dell'energia che compaiono nella somma unitaria sugli stati intermedi.

L'applicazione alle risonanze $\omega\rho\pi$, $\phi\rho\pi$ e $\rho\pi\pi$ dette risultati in ottimo accordo con il valore sperimentale: i lavori di quel tempo furono considerati di grande interesse.

Fu in quel periodo un fiorire di regole di somma di interazione forte e di algebra delle correnti. Argomenti di questo tipo vennero discussi e generalizzati a

Cargese (Fubini 1966), Istanbul (Fubini 1966), Trieste (Furlan 1966) Schlading (de Alfaro 1967), Budapest (Furlan e Rossetti 1966), Rutherford Lab (Renner 1966), Londra e Cambridge (de Alfaro 1967), SIF (Rossetti 1967), Brandeis (Furlan 1967), Varna (Furlan e Rossetti 1968), Kiev (de Alfaro e Rossetti 1968).

Dalla superconvergenza derivò la dualità tra alte e basse energie (la media sulle risonanze fornisce l'andamento alla Regge), poi il modello di Veneziano (settembre 1968) e da questo i modelli duali e le stringhe: teorie di grande successo sia per la teoria delle interazioni forti che per la nuova fisica (dopo il 1974).

In tutti quegli anni la presenza di Sergio al Cern e poi a Padova (1959-61) e a Torino (dal novembre 1961) rappresentò un favoloso polo di attrazione per molti giovani (ma in quegli anni lo eravamo tutti) scienziati italiani e stranieri (eccellenti i rapporti con gli amici francesi) che fecero buon uso dei suoi innumerevoli suggerimenti e pareri e costituirono una parte importante della comunità dei fisici delle Particelle.

Per i lavori su algebra delle correnti e superconvergenza Sergio ottenne il premio Dannie Heinemann della American Physical Society nel 1968.

Periodo americano 1967-73

A partire dal 1967 e fino al 1973 Sergio passò la maggior parte del tempo al MIT, rientrando in Italia soltanto durante l'estate.

Nel periodo iniziale Sergio, con Pino a Stony Brook, sviluppò un metodo, sempre basato sull'uso di commutatori e regole di somma, per tener conto degli effetti dovuti alla massa finita del pione nei teoremi di bassa energia (rigorosamente validi solo per pioni di massa nulla). La ricerca fu motivata da una richiesta esplicita di un forte gruppo sperimentale (E. Amaldi a Roma e G. Stoppini a Pisa) impegnato in esperimenti di elettroproduzione di pioni in soglia al laboratorio di Daresbury. Ne seguì un'intensa attività fenomenologica per alcuni anni; questi lavori segnarono la conclusione del filone "algebra delle correnti".

Successivamente al MIT Sergio e Gabriele Veneziano svilupparono in modo essenziale il modello duale; in un lavoro fondamentale provarono che lo spettro del modello era generato da una famiglia numerabile di oscillatori. Essi furono subito interpretati da H.B. Nielsen, Y. Nambu e D. Susskind come i modi di oscillazione di una corda relativistica. Quindi Sergio, con Veneziano e Gordon, con Di Giacomo, Sertorio e Veneziano, con Del Giudice e Di Vecchia, e con Campagna, Napolitano e Sciuto, pubblicò tutta una serie di lavori su quel problema che furono considerati eccezionalmente interessanti.

Passiamo al 1972. In quell'anno Sergio, con Andrew J. Hanson (figlio di Andrew O. Hanson che era stato a Torino nel 1956) e Roman Jackiw, pose le basi

per la costruzione delle teorie conformi. Il punto essenziale era la possibilità di definire il generatore delle dilatazioni D (invece del generatore temporale $H \equiv P_0$). Il lavoro, che conteneva una base di operatori per la teoria euclidea, sviluppava una procedura di quantizzazione esplicitamente covariante in luogo della quantizzazione abituale, che privilegia il tempo. Fu citato molto e continuamente. Riteniamo che sia stata la prima volta che il generatore delle dilatazioni abbia sostituito $H \equiv P_0$.

Al Cern fino al 1980

Tornato al Cern nell'estate 1973 Sergio discusse con Rebbi l'effetto dei gradi di libertà adronici e con Daniele Amati propose un punto di vista generale sui fenomeni di scaling; fu una parte della sua relazione conclusiva alla 17a Conferenza sulla fisica delle alte energie del '74.

Nel corso del '75 Sergio si mise a considerare le conseguenze di lagrangiane invarianti per dilatazioni (e quindi trasformazioni conformi) in 4 dimensioni. Queste lagrangiane sono invarianti per il gruppo $SO(4,2)$ a 15 parametri: oltre al gruppo di Poincaré e alla dilatazione esistono altri 4 generatori di invarianze, quelli delle trasformazioni conformi proprie. Ne segue che il vero "vuoto" potrebbe essere invariante per dilatazioni, anzi, per il sottogruppo a 11 dimensioni che non contiene P_μ né K_μ separatamente ma la combinazione $a P_\mu + a^{-1} K_\mu$.

Sergio utilizzò una approssimazione semiclassica per trattare questo nuovo vuoto. Il vecchio vuoto, invariante per traslazioni, può essere ottenuto mediante una procedura di media sugli autostati della dilatazione:

$$t(x_1, \dots, x_n) = \frac{1}{V} \int d^4 h < h | Pj(x_1), \dots, j(x_n) | h > .$$

Poiché $|h\rangle = \int d^4 p \ c(p) \exp(ip h) |p\rangle$ si ha

$$t(x_1, \dots, x_n) = \int d^4 p |c(p)|^2 < p | Pj(x_1), \dots, j(x_n) | p > .$$

Il modo in cui l'autostato della dilatazione si allarga rispetto all'autostato del quadri impulso dipende dal modo in cui l'operatore $P_\mu + a^{-2} K_\mu$ differisce da P_μ . Esso è proporzionale alla massa a^{-1} che è la vera "massa" della teoria; la dilatazione tiene conto dei fenomeni di emissione ed assorbimento di particelle prive di massa. Fu un lavoro molto importante che permise tra l'altro di definire gli instantoni.

Subito dopo, con Vittorio e Pino, Sergio introdusse il caso unidimensionale $(\partial\phi \rightarrow \dot{Q}, \phi^4 \rightarrow Q^{-2})$, che si integra esattamente. Questo caso, discusso in un lungo lavoro particolarmente completo, costituì un vero gioiello che iniziava

dalle equazioni quantistiche del moto per giungere allo spettro esatto dell'operatore $R = a H + (1/a) K$, alla varietà del contenuto in energia e alla fisica degli elementi di matrice di transizione. L'articolo (un classico) ebbe un seguito molto interessante anche per la fisica dello stato condensato e addirittura un revival 25 anni dopo, nel quadro della relatività generale.

Seguì rapidamente un altro lavoro di notevole interesse (estate 1976) degli stessi tre autori. Era "A New Classical Solution of the Yang-Mills Field Equation". Vi si determinava la forma di una soluzione,

$$A = \frac{-2i}{g} \Sigma_{\alpha} s^{\alpha}, \quad F = \frac{4}{g} [\Sigma_{\alpha} w^{\alpha}, \Sigma_{\beta} w^{\beta}]$$

dove

$$s_{\alpha} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(x-u)_{\alpha}}{(x-u)^2} + \frac{(x-v)_{\alpha}}{(x-v)^2} \right\}, \quad w_{\alpha} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(x-u)_{\alpha}}{(x-u)^2} - \frac{(x-v)_{\alpha}}{(x-v)^2} \right\},$$

$$\Sigma_{\alpha} = (i\sigma_{\alpha}, 1).$$

La densità assiale

$$D(x) = -\frac{e^2}{32\pi^2} \varepsilon^{\mu\nu\rho\sigma} \text{Tr} F_{\mu\nu} F_{\rho\sigma}$$

è localizzata nella posizione delle particelle (chiamate poi meroni).

Dal punto di vista formale le soluzioni istantoniche e quelle meroniche hanno rispettivamente la invarianza per trasformazioni di $O(5)$ o di $O(4) \times O(1, 1)$. Queste soluzioni furono di grande interesse anche per la relatività generale (autunno 1977) dove i tre autori provarono che esiste una generalizzazione immediata. Si giungeva così ad una nuova teoria, la relatività generale, a cui i tre sarebbero rimasti legati per lungo tempo.

Uno dei problemi discussi fu il seguente. Nella relatività generale, data dalle equazioni di Einstein, si può fare scomparire la costante di Newton. Essenzialmente questa costante appare nel tipo di soluzione piuttosto che nell'equazione (in un modo analogo nella fisica dei pioni può comparire f_{π}). Basta ridefinire $g_{\mu\nu}$ in modo che la sua variazione formale per dilatazioni, $\delta g_{\mu\nu} = \varepsilon (x \cdot \partial + 2) g_{\mu\nu}$, coincida con la variazione elementare. La costante di Newton scompare da tutte le equazioni per ricomparire in quel tipo di soluzioni di vuoto che restano approssimativamente invarianti per traslazioni.

Ciò mostra che la costante di Newton è un effetto di soluzioni che in uno sviluppo perturbativo sono quasi piatte, ma non vale per altre classi di soluzioni. Le soluzioni "non newtoniane" sono proprio dovute al carattere della relatività generale.

Alcuni lavori in successione discussero il comportamento ad alte energie e il modo in cui l'approssimazione evitava di dipendere dal valore della costante di

Newton. Il primo lavoro dedicato a questo problema fu svolto da Sergio, Vittorio e Pino nell'autunno del 1978. Ne seguirono parecchi altri dello stesso terzetto negli anni successivi (*Acta Physica Austriaca*, *Phys. Letters* etc). Ma non si riuscì ad andare molto oltre perché mancava (e manca tutt'ora) il comportamento ad energie elevate.

Direttorato del Cern

Nel periodo 1974-1980 Sergio fu nel Direttorato del Cern. Si occupò in modo particolare e con completezza di perorare la causa del LEP (Large Electron Positron), un anello di 27 km di circonferenza la cui operazione venne decisa proprio in quegli anni (adesso sta sorgendo in quel luogo il Large Hadron Collider, a provare che lo stesso anello può servire ad uno scopo multiplo).

A questo proposito va detto che Sergio ebbe una Laurea Honoris Causa a Heidelberg nel 1982; essa era dedicata alle sue capacità scientifiche, ma fu in piccola parte dovuta anche alle abilità evidenziate nel perorare il LEP.

Dal 1981 al 1988

I tre saggi si occuparono poi di problemi legati alla formulazione funzionale in teoria quantistica dei campi (1981-83). Un lungo lavoro pubblicato nell'82 introduceva, attraverso una variabile temporale in più (quinta variabile), un nuovo schema canonico a 5 dimensioni con una lagrangiana 5D cui corrisponde anche una hamiltoniana 5D H_5 (la teoria 5D è invertibile). Questa è essenzialmente la vecchia teoria quadri dimensionale, ma in questo modo si ha completa equivalenza formale tra la meccanica statistica classica e la teoria quantistica dei campi. Ciò permette di controllare in modo relativamente semplice alcune proprietà di invarianza della misura. Spesso infatti la richiesta di invarianza conduce a fattori (determinanti) e quindi a regole di Feynman migliorate. Ad esempio, con la prescrizione di introdurre una quinta dimensione, nella teoria di Yang - Mills la quantizzazione alla Faddeev - Popov viene riprodotta in modo molto semplice. Infine, un po' per gioco, i tre proposero che l'equivalenza formale tra la teoria quantistica e la meccanica classica statistica servisse per una nuova generalizzazione mediante la quantizzazione nel nuovo tempo t (quinta variabile). Così si avrebbe $[\phi(x,t), p(y,t)] = i\hbar \delta^4(x-y)$ (x, y variabili quadridimensionali). Il funzionale generatore diventerebbe $Z = \text{Tr} \exp(-\hbar H_5)$ e $\hbar$ sarebbe una nuova costante. Le simmetrie sarebbero generate da trasformazioni unitarie! La teoria però conterrebbe un numero infinito di particelle scalari con masse $M_n = (2\pi/\hbar)n$, $n = 1, 2, 3, \dots$, e appare per certi versi simile a teorie alla Kaluza - Klein.

Nel 1984 i tre con Gabriele Veneziano provarono che dalla supersimmetria si possono ottenere le cosiddette "variabili stocastiche". Ciò è certo possibile se

esiste il “Mappo di Nicolai”. In meccanica quantistica si ha che, passando alle variabili stocastiche, si soddisfa la relazione

$$\langle 0|N_a(s)|0\rangle = 0, \quad \langle 0|N_a(s_1)N_b(s_2)|0\rangle = \delta_{ab}\delta(s_1 - s_2).$$

Qui $N_a = dx_a / ds + \partial W / \partial x_a$ e il potenziale è $(\partial_l W)^2$. Il problema è risolto (formalmente) così, ma la complessità riemerge quando la teoria viene riespressa in termini delle vecchie coordinate perché l’inversione dalle N_a alle q_a richiede quasi sempre uno sviluppo perturbativo nel termine di interazione W . Formalmente si tratta del funzionale di Jacobi, $dN = |J|dq$ dove

$$J = \text{Det}(\delta N_a(s) / \delta q_b(s')).$$

Ma J può venir scritto sotto forma di integrale funzionale

$$J = \int d\psi d\bar{\psi} \exp\left(-\int ds(\psi_a(s)\bar{\psi}_a(s) + \psi_a \partial_a \partial_b W \bar{\psi}_b(s))\right)$$

Qui $\delta q_a = \bar{\psi}_a \varepsilon + \bar{\varepsilon} \psi_a$, $\delta \psi_a = (\dot{q}_a + \partial_a W) \varepsilon \equiv N_a \varepsilon$ e analogamente per $\delta \bar{\psi}_a$. Pertanto la richiesta che esista una trasformazione di Nicolai è equivalente alla richiesta di supersimmetria.

Questo è vero anche in teoria dei campi (nel gauge del cono luce, che ammette invarianza per un sottogruppo di trasformazioni di supersimmetria) anche se non esiste un mapping locale alla Nicolai: la riduzione del funzionale generatore a forma gaussiana vale nel caso generale di simmetria $N=1$ accoppiata a materia supersimmetrica (e di puro $N=1$ in 6 dimensioni). Ciò venne provato da Sergio con Vittorio, Pino e Gabriele (1985).

Un discorso separato si riferisce proprio all’introduzione dell’algebra di composizione degli ottonioni (che non sono né commutativi né associativi) per risolvere il problema della teoria di gauge in uno spazio-tempo a 8 dimensioni. Il risultato fondamentale fu ottenuto in un lavoro di Sergio con Hermann Nicolai del 1985. Il lavoro *Why We Like Octonions*, di Sergio con i due vecchi amici (del 1986) servì proprio a provare la relazione tra la teoria di gauge e gli ottonioni nella massima generalità (e a introdurre in generale gli ottonioni).

Nel 1987 i tre con Marco Roncadelli discussero il comportamento di teorie supersimmetriche con $N = 1, 2$ in meccanica quantistica. Tale risultato non è univoco: nonostante la presenza di supersimmetria si ha egualmente ambiguità a livello quantistico. Ma l’ambiguità scompare se la Lagrangiana diventa invariante anche per trasformazioni generali di coordinate (TGC). Poiché a livello quantistico le due cariche hanno la stessa forma di quelle classiche, si può verificare che l’espressione $2H = \{Q_1, Q_2\}$ risulta invariante anche per TGC. Nella generalizzazione al punto relativistico e alla stringa supersimmetrica di Fubini, Maharana, Roncadelli e Veneziano si ottiene lo stesso risultato (e in più appare un vecchio fenomeno, i prodotti di operatori nello stesso punto).

Nell'autunno del 1986 Sergio aveva subito un leggero ictus senza gravi conseguenze.

Sistemi collettivi

Sergio passò quindi alla fisica di sistemi collettivi dal 1989. Per prima cosa discusse l'effetto di traslazioni e rotazioni dei livelli di Landau in un campo elettromagnetico costante, cui seguì la discussione della relazione tra gli operatori di vertice nell'effetto Hall quantistico, sia da solo che con C.A. Lutken.

Seguirono nel '92-'93 i lavori in collaborazione con Alfredo Molinari. Riguardavano il comportamento fondamentale semplice di sistemi macroscopici in superconduttività. In particolare il primo lavoro dimostrava che il fondamento della superconduttività deriva da due principi generali: la rottura spontanea dell'invarianza di gauge e il fatto che un singolo livello viene occupato macroscopicamente (in un superconduttore reale le correzioni esistono ma hanno un valore minimo). E nella superconduttività fermionica gli stati coerenti si ottengono agendo sul vuoto nudo mediante un operatore esponenziale bilineare nei campi fermionici (estensione della trasformazione di Bogolubov). In un ulteriore lavoro i due autori presentarono l'ordine successivo nello sviluppo dell'operatore coerente; in esso compaiono i termini bilineari nei campi quantistici. La loro diagonalizzazione (stati "strizzati") permette di ottenere le correzioni alla teoria di Landau-Ginzburg. Sia la superconduttività bosonica che la superfluidità mostrano che un bosone di Goldstone (il fonone) costituisce il soggetto reale dello spettro di eccitazioni.

Premi e riconoscimenti

Premio Dannie Heinemann della Am. Phys. Soc. e Am. Inst. Phys. 1969.
 Direttore del Cern 1974-80.
 Socio Nazionale della Accademia delle Scienze di Torino.
 Socio Nazionale della Accademia dei XL.
 Fellow of the American Academy of Arts and Sciences, USA.
 Laurea H.C. Università di Heidelberg 1982.
 Presidente del Comitato Ignitor Piemonte 1982-87.
 Presidente del Cons. Dir. Assoc. Università - Politecnico di Torino 1988-91.
 Premio Presidenza della Repubblica 1994.
 Professore emerito all'Università di Torino dal 2001.

Conclusione

Furono i suoi ultimi lavori. Ma ancora per molti anni tentò di favorire i contatti tra le università di Palestina e di Israele di cui abbiamo detto. E fino al 2001

Sergio passò l'estate in Italia, a Torre Pellice; in quell'anno vi dette una festa per tutti i suoi amici italiani. Poi, dall'anno seguente, si ritirò nella sua casa di St. Cergue, sulla montagna svizzera che conduce alla Francia.

Sergio ha costituito uno straordinario esempio di abilità e profondità scientifica, accoppiate alla costante capacità di comprendere le situazioni e di percepire gli interessi dei co-autori e le loro capacità di parlarne. Siamo stati profondamente grati a Sergio per tutto quello che ci ha dato, in questi anni, in termini di lavoro e di grande, grandissima amicizia.

Con Sergio abbiamo perso un grande uomo.

Le pubblicazioni del prof. Sergio Fubini*

1. S. FUBINI, Non Adiabatic Treatment of pion-nucleon Scattering, Nuovo Cimento S9 10 564 (53)
2. S. FUBINI, A Covariant Non Adiabatic Equation for pion-nucleon Scattering, NCim S9 10 851 (53)
3. M. CINI, S. FUBINI, *Current Density in Heisenberg Representation*, NCim Lett S10 2 192 (56)
4. S. FUBINI, Non Linear Integral Equations in Field Theory, NCim SIO 2 180 (56)
5. M. CINI, S. FUBINI, General Properties of Fixed Source Meson Theory, NCim SIO 3 764 (56)
6. M. CINI, S. FUBINI, The Coupling Constant of p-wave pion-nucleon Scattering, NCim SIO 3 1380 (56)
7. M. CINI, S. FUBINI, *Some Remarks about a Paper*, NCim Lett SIO 5 1371 (56)
8. S. FUBINI, *The Structure of the Nucleon*, NCim SIO 3 1425 (56)
9. M. CINI, S. FUBINI, *Exact Sum Rules in the Fixed Source Meson Theory*, Phys Rev 102 1687 (56)
10. S. FUBINI, W. THIRRING, *Theory of p- wave pion-N Interaction*, Phys Rev 105 1382 (57)
11. B. BOSCO, S. FUBINI, Phenomenological Relation between Electro- and Photo- Disintegration of Nuclei, NCim Lett SIO 9 350 (58)
12. S. FUBINI, Y. NAMBU, V. WATAGHIN, *Pion Electroproduction at Threshold*, Phys Rev 111 329 (58)
13. S. DRELL, S. FUBINI, *Higher EM Corrections to e-P Scattering*, Phys Rev 113 741 (59)
14. M. CINI, S. FUBINI, A. STANGHELLINI, *Fixed Angle Dispersion Relations for N-N Scattering*, I: Phys Rev 114 1633 (59); II: 115 1979 (59)
15. S. FUBINI, D. WALECKA, Dispersion Analysis of Possible Parity non Conservation in Low Energy pion-N Scattering, Phys Rev 116 194 (59)
16. J. CHARAP, S. FUBINI, *The Field Theoretical Definition of Nuclear Potential*, I: NCim SIO 14 540 (59); II: NCim 510 15 73 (60)
17. S. FUBINI, R. STROFFOLINI, *Some Remarks about the Spectral Representation*, NCim Lett SIO 17 263 (60)

* Mancano alcuni lavori, specialmente relativi al periodo iniziale.

18. J. BERNSTEIN, S. FUBINI, M. GELL-MANN, W. THIRRING, *On the Decay Rate of the Charged Pion*, NCim SIO 17 707 (60)
19. M. CINI, S. FUBINI, *Theory of Low Energy Scattering in Field Theory*, Ann Physics 10 352 (60)
20. D. AMATI, S. FUBINI, A. STANGHELLINI, M. TONIN, *A Theoretical Approach to High Energy Pion Phenomena*, NCim SIO 22 570 (61)
21. D. AMATI, S. FUBINI, A. STANGHELLINI, *Asymptotic Properties of Scattering and Multiple Production*, Phys Lett 1 29 (62)
22. S. FUBINI, M. GOURDIN, A. MARTIN, *Some Remarks about Inelastic Electron - Deuteron Scattering*, NCim 810 22 249 (62)
23. L. BERTOCCHI, S. FUBINI, R. STROFFOLINI, M. TONIN, *Some Remarks on the Relativistic two-body Equation*, NCim 810 23 789 (62)
24. L. BERTOCCHI, S. FUBINI, M. TONIN, *Integral Equation for High Energy pion-pion Scattering*, NCim SIO 25 626 (62)
25. C. CEOLIN, R. DUIMIO, S. FUBINI, R. STROFFOLINI, *An Integral Equation for High Energy Cross Sections*, NCim 510 26 247 (62)
26. D. AMATI, S. FUBINI, A. STANGHELLINI, *Theory of High Energy Scattering and Multiple Production*, NCim 810 26 896 (62)
27. A. BASTAI, L. BERTOCCHI, S. FUBINI, G. FURLAN, M. TONIN, *On the Treatment of Singular Bethe - Salpeter Equations*, NCim 510 30 1512 (63)
28. L. BERTOCCHI, S. FUBINI, G. FURLAN, *Bound States and Renormalization Properties*, NCim 810 32 745 (64)
29. L. BERTOCCHI, S. FUBINI, G. FURLAN, *The Short Wavelength Approximation to the Schroedinger Equation*, NCim 810 35 569 (65)
30. L. BERTOCCHI, S. FUBINI, G. FURLAN, *On the Theory of Scattering by Singular Potentials*, NCim SIO 35 633 (65)
31. S. FUBINI, G. FURLAN, *Renormalization Effects for Partially Conserved Currents*, Physics 1 229 (65)
32. S. FUBINI, G. FURLAN, C. ROSSETTI, *A Dispersion Theory of Symmetry Breaking*, NCim 40 A 1161 (65)
33. S. FUBINI, G. FURLAN, C. ROSSETTI, *Anomalous Magnetic Moments and Photo Production Sum Rules*, NCim 43 A 161 (66)
34. S. FUBINI, *Equal Time Commutators and Dispersion Relations*, NCim 43 A 475 (66)
35. S. FUBINI, G. SEGRÉ, *Non forward Dispersion Relations and the Algebra of Current Commutators*, NCim 45 A 641 (66)

36. S. FUBINI, G. SEGRÉ, D. WALECKA, *Dispersion Relations and Higher Symmetries*, Ann Phys 39 381 (66)
37. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, C. ROSSETTI, *Sum Rules for Strong Interactions*, Phys Lett 21 576 (66)
38. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, C. ROSSETTI, *Superconvergence and Current Algebra*, Ann Phys 44 165 (67)
39. S. FUBINI, *A General Treatment of Current Algebra*, NCim 52 A 244 (67)
40. S. FUBINI, *IV Coral Gables Conf Symm Principles High En* (Freeman) (67)
41. S. FUBINI, G. FURLAN, *Dispersion Theory of Low Energy Limits*, Ann Phys 48 322 (68)
42. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, C. ROSSETTI, *Equal Time Commutators and Low Energy Pion Physics*, NCim 62 A 519 (69)
43. S. FUBINI, G. VENEZIANO, *Level Structure of Dual Resonance Models*, NCim 64 A 811 (69)
44. S. FUBINI, D. GORDON, G. VENEZIANO, *A General Treatment of Factorization in DR Models*, Phys Lett B 29 679 (69)
45. S. FUBINI, *Theory and Phenomenology in Part Phys* p 18, Academic NY (69)
46. S. FUBINI, G. FURLAN, *On the Algebrization of Some Dispersion Sum Rules*, NCim Lett 3 168 (70)
47. A. DI GIACOMO, S. FUBINI, L. SERTORIO, G. VENEZIANO, *Unitarity in DR Models*, Phys Lett B 33 171 (70)
48. E. DEL GIUDICE, P. DI VECCHIA, S. FUBINI, *General Properties of the DR Models*, Ann Phys 70 378 (71)
49. S. FUBINI, G. VENEZIANO, *Algebraic Treatment of Subsidiary Conditions in DR Models*, Ann Phys 6 12 (71)
50. P. DI VECCHIA, S. FUBINI, *Recent Progress in Dual Models*, Erice 72 procs, *Highlights in Particle Physics* vol 10 (73)
51. S. FUBINI, A. HANSON, R. JACKIW, *New Approach to Field Theories*, Phys Rev D7 1732 (73)
52. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, C. ROSSETTI, *Currents in Hadron Physics*, North-Holland Publ Co (74), Russian Version (78)
53. S. FUBINI, *Present Trends in Particle Physics*, 17th Conf HEP London, England; CERN-TH-1904, July (74)
54. S. FUBINI, C. REBBI, *Effective Degrees of Freedom in Strong Interaction Processes*, Cern th-1809, NCim A 23 331 (74)

55. D. AMATI, S. FUBINI, *A General Outlook on Scaling Phenomena*, Phys Lett B 49 293 (74)
56. D. AMATI, S. FUBINI, *Power Laws in Particle Physics*, microfiche at SLAC (75)
57. S. FUBINI, *A New Approach to Conformal Invariant Field Theories*, NCim 34 A 521 (76)
58. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Conformal Invariance in Quantum Mechanics*, N Cim 34 A 569 (76)
59. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Conformal Invariant Field Theories in One Space-time Dimension*, Adr Meet Part Phys Dubrovnik ICTP publ. 7 (77)
60. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *A New Classical Solution of the Yang-Mills Field Equation*, Phys Lett B 65 163 (76)
61. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Properties of $O(4) \times O(2)$ Symmetric Solutions of the Yang-Mills Field Equations*, Phys Lett B 72 203 (77)
62. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Conformal Invariance in Field Theory*, in 'Diff. Geometry Methods in Math.Phys. II', Springer Lectures in Math. 255 (77)
63. E. AMALDI, S. FUBINI, G. FURLAN, *Electroproduction at Low Energy and Hadron Form Factors*, Trieste IC-77-36, 254 pp. (77)
64. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Non linear Sigma Models and Classical Solutions*, NCim 48 A 485 (78)
65. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Classical Solutions of Generally Invariant Gauge Theories*, Phys Lett 73 B 463 (78)
66. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Gauge Theories and Strong Gravity*, NCim 50 A 523 (79)
67. E. AMALDI, S. FUBINI, G. FURLAN, *Pion Electroproduction*, Springer Tracts Mod Phys Berlin (162 pp) (79)
68. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *A New Approach to the Theory of Gravitation*, NCim 57 B 227 (80)
69. S. FUBINI, *Spontaneous Breaking of Symmetries*, Varenna "From Nuclei to Particles" (80)
70. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Classical Solutions and Extended Supergravity*, Phys Lett 94 B 41(80)
71. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Small Distance Behaviour in Einstein Theory of Gravitation*, Phys Lett 97 B 67 (80)

72. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Gauge and Generally Invariant Theories and Classical Solutions*, Schladming Procs Field Th and Strong Interactions (80)
73. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Considerazioni sulla teoria quantistica della gravità*, Acc. Sc. Torino - Sc. Fisiche 115 suppl. 2 245 (81)
74. V. DE ALFARO, S. FUBINI, *Conclusioni del Convegno su Problemi attuali di Fisica Teorica*, Acc. Sc. Torino - Sc. Fisiche 115 suppl 2 265 (81)
75. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Gibbs Average in the Functional Formulation of Quantum Field Theory*, Phys Lett B 105 462 (81)
76. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Some Remarks About Quantum Gravity*, 'Unification of Fundam Part Interactions II' Eds. J. Ellis, S. Ferrara, Plenum New York, N.Y. (81)
77. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *On the Functional Formulation of Quantum Field Theory*, NCim 74 A 365 (83)
78. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Vacuum Effects in Quantum Field Theory*, Z Phys C 18 349 (83)
79. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Invariant Measures in the Functional Formulation of Quantum Field Theory*, Atti Convegno Amalfi, ESI n. 7, Salerno, maggio (83)
80. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, G. VENEZIANO, *Stochastic Identities in Supersymmetric Theories*, Phys Lett B 142 399 (84)
81. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Quantum Gravity and the Role of Symmetry Breaking Effects*, in 'Selected Topics on Quantum Theory of Fields and Particles', eds. B. Jancewicz and J Lukierski, World Sci Publ Singapore (84)
82. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, G. VENEZIANO, *Nicolai Mapping and Stochastic Identities in SuSy Field Theories*, Phys Rep 137 1 55 (84)
83. S. FUBINI, E. RABINOVICI, *Superconformal Quantum Mechanics*, Nucl Phys B 245 17 (84)
84. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *On the Role of the Planck Mass*, Rome Procs Gen Rel A 25 (85)
85. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, G. VENEZIANO, *Stochastic Identities in Quantum Theory*, Nucl Phys B 255 1 (85)
86. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Supersymmetry and Stochastic Identities*, Seoul Procs Group Theor Methods in Phys (85)

87. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Quantization, Instantons and Supersymmetry*, Quantum Field Th and Quantum Statistics I p. 587 Adam Hilger Bristol (85)
88. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Stochastic Identities in the Light Cone Gauge*, Phys Lett B 163 176 (85)
89. S. FUBINI, A. NICOLAI, *The Octonionic Instanton*, Phys Lett B 155 369 (85)
90. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *Why We Like Octonions*, Y. Nambu Festschrift Volume, Pr Th Phys Suppl 86, 274 (86)
91. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, M. RONCADELLI, *Nicolai Mapping and Stochastic Identities in SuSy Field Theories*, Phys Rep 137 55 (86)
92. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, *On the Role of the Planck Mass*, Proc. IV Marcel Grossmann Meeting on Gen. Rel., R. Ruffini ed., Elsevier Publ. (86)
93. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, M. RONCADELLI, *Operator Ordering and Supersymmetry: an old problem becomes new!*, ICTP 87-399 Sep 1-4 (87)
94. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, M. RONCADELLI, *Operator Ordering and Supersymmetry*, Nucl Phys B 296 402 (88)
95. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, M. RONCADELLI, *Quantum Spinning Particle in a Curved Metric*, Phys Lett B 200 323 (88)
96. V. DE ALFARO, S. FUBINI, G. FURLAN, M. RONCADELLI, *From Superparticles to Superstrings*, in "Geometrical and Algebraic Aspects..." Elsevier Sci Publ 87 1988
97. S. FUBINI, M. RONCADELLI, *Constraint Algebra for Interacting Quantum Systems*, Phys Lett B 203, 433 (88)
98. S. FUBINI, J. MAHARANA, M. RONCADELLI, G. VENEZIANO, *Quantum Constraint Algebra for an Interacting Superstring*, Nucl Phys B 316 36 (89)
99. S. FUBINI, *Condensed Matter and High Energy Physics*, Okubo Fest. Rochester 40 Years 1990, p. 171
100. S. FUBINI, *Landau Levels: translation and rotation in a constant electromagnetic field*, Int Jou Mod Phys A 5 3533 (90); 6,171(91)
101. S. FUBINI, *Vertex Operators and Quantum Hall Effect*, Mod Phys Lett A 6 347 (91)
102. S. FUBINI, C. LUTKEN, *Vertex Operators in the Fractional Q Hall Effect*, Mod Phys Lett A 6 487 (91)

103. S. FUBINI et al., *Nuclear Astrophysics at the Gran Sasso Lab*, Lab Naz Gran Sasso 91-18 (91)
104. S. FUBINI, A. MOLINARI, *Simple Behavior of Macroscopic Systems*, Jan 92 Cern library records
105. S. FUBINI, Finite Euclidean Magnetic Group and Theta Functions, Int Jou Mod Phys A 7 4671 (92)
106. S. FUBINI, A. MOLINARI, Precise and Simple Behavior of Macroscopic Systems: the case of superconductivity, Ann Phys 221 1 (93)
107. S. FUBINI, ALVAREZ-GAUMÉ, TRUGENBERGER, DEVOTO, *Common Trends in Condensed Matter and High Energy Physics*, Nucl Phys B Proc Suppl 33C (93)
108. S. FUBINI, A. MOLINARI, Macroscopic Quantum Mechanics: the coherent and squeezed transformations in superconductivity, Nucl Phys B Proc Suppl 33C 60 (93)