

(Torino, 13 agosto 1936 – Torino, 13 febbraio 2014)

Alfredo Molinari, già studente brillante al liceo classico Cavour di Torino e poi studente altrettanto brillante nel corso di laurea in fisica all'Università

Numerose le posizioni occupate da Alfredo all'estero, in istituzioni di grande prestigio:

- NATO Fellow al Niels Bohr Institute dell'Università di Copenhagen dal 1965 al 1968;
- Research Associate alla Cornell University, Ithaca NY nell'anno accademico 1968-1969;

- Research Associate al Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge (USA) nel 1973-1974;
- Ricercatore alla Theory Division del CERN, Ginevra nel 1978-1979;
- Addetto scientifico presso l'Ambasciata d'Italia a Washington (distaccato presso il Consolato generale di Boston) dal 1990 al 1994.

Ripensare all'attività scientifica di Alfredo Molinari è come ripercorrere i principali sviluppi della fisica teorica dei nuclei atomici e della materia nucleare degli ultimi cinquant'anni. Anzi, molto di più. Perché gli interessi di Alfredo si sono estesi, al di là del contesto della fisica dei nuclei, più in generale alla fisica dei sistemi di molte particelle, come nel caso degli studi che svolse nei campi della superfluidità e della superconduttività.

Ciò rende particolarmente difficile sintetizzare in breve tempo quella che è stata una produzione scientifica di alto livello e di grande ampiezza. Questo cercherò di farlo, ricordando le principali linee di ricerca di Alfredo e necessariamente limitandomi a citare, tra le numerosissime pubblicazioni sulle maggiori riviste internazionali (circa 190), solo alcune di quelle che hanno avuto maggiore impatto sulla comunità scientifica e quelle che nel contempo illustrano le collaborazioni che Alfredo ha saputo realizzare con scienziati di grande livello (Hans Bethe (Cornell University), Gerry E. Brown (Princeton University), Bill Donnelly (MIT), Magda Ericson (Université de Lyon e CERN), Herman Feshbach (MIT), Sergio Fubini (Università di Torino e CERN), Mikkel B. Johnson (Los Alamos National Laboratories), Tullio Regge (Università di Torino e Institute for Advanced Studies, Princeton), Hans A. Weidenmüller (Max Planck Institute, Heidelberg)), e anche coinvolgendo un grande numero di allievi, di cui seppero valorizzare il talento. I collaboratori italiani non riguardano solo Torino, ma anche numerose altre sedi universitarie e laboratori di ricerca, a Genova, Padova, Pavia, Roma, Trieste.

Anch'io ho avuto il piacere, in tempi diversi, di collaborare con Alfredo su alcune tematiche di ricerca e sono stato quindi testimone diretto dell'arricchimento culturale che tali esperienze di lavoro comune comportavano.

Come si accennava prima, il principale tema di ricerca di Molinari è stato quello delle proprietà dei nuclei atomici. Questi sono sistemi fisici molto complicati da investigare, perché costituiti da molti corpi (i nucleoni, ossia neutroni e protoni), che interagiscono tra di loro mediante l'interazione forte. Alfredo ne ha analizzato i numerosi aspetti teorici, muovendosi sempre nelle posizioni più avanzate della ricerca: dallo studio delle proprietà collettive nucleari alle correlazioni che intervengono tra i nucleoni all'interno dei loro stati legati, alle esplorazioni dei nuclei tramite la loro esposizione a fasci di elettroni e di neutrini, all'indagine dei nuclei come sistemi fisici in cui studiare leggi di conservazione fondamentali, sino alle proprietà della transizione dallo stato nucleare ad uno stato di plasma formato dai costituenti fondamentali quark

e gluoni. In tutta questa attività teorica Alfredo ha sempre avuto particolare attenzione anche per gli aspetti fenomenologici esplorabili con la sperimentazione più avanzata.

Vediamo ora di sintetizzare le linee principali della sua ricerca, associandole ad alcune delle sue pubblicazioni più significative. Una rassegna esaustiva dei lavori di Molinari (salvo quelli antecedenti il 1968) può essere consultata sugli archivi High-Energy Physics Literature Database: <http://inspirehep.net/>. Mi si perdonerà, spero, se utilizzerò qualche termine tecnico.

1. Proprietà strutturali dei nuclei: stati collettivi vibrazionali e proprietà rotazionali nel caso di nuclei con deformazioni intrinseche

Particolare attenzione è stata dedicata al ruolo delle interazioni residue tra le diverse bande rotazionali che caratterizzano gli stati eccitati nucleari.

- J. Blomqvist, A. Molinari: *Collective 0- vibrations in even spherical nuclei with tensor forces*, Nucl. Phys. A106 (1968) 545.
- A. Molinari, T. Regge: *Rotational motion at large angular momentum in even-even deformed nuclei*, Phys. Lett. B41 (1972) 93.
- R.A. Broglia, A. Molinari, G. Pollaro, T. Regge: *On the back-bending in the rotational motion*, Phys. Lett. B50 (1974) 295.

2. Processi d'urto elettrone-nucleo: analisi delle proprietà dinamiche del processo

Questi studi teorici vennero stimolati dall'attività sperimentale pionieristica in questo settore svolta principalmente alla Stanford University negli anni Cinquanta, con il conseguimento da parte di Robert Hofstadter del premio Nobel per la fisica nel 1961, e poi proseguita anche presso altri laboratori, per esempio all'Accélérateur Linéaire di Orsay).

- A. Bottino, G. Ciocchetti, A. Molinari: *Dispersion Corrections to Electron Scattering in Carbon12 and Oxygen16*, Nucl. Phys. 89 (1966) 192.
- H.A. Bethe, A. Molinari: *Nonstatic second order contribution to the elastic electron-nucleus scattering*, Annals Phys. 63 (1971) 393.

3. Eccitazioni collettive in superfluidi (proprietà delle eccitazioni fononiche); superconduttività e stati coerenti

- A. Molinari, T. Regge: *Phonon excitations in liquid He II*, Phys. Rev. Lett. 26 (1971) 1531.
- S. Fubini, A. Molinari: *Precise and simple behavior of macroscopic systems: The Case of superconductivity*, Annals Phys. 221 (1993) 1-16.

4. Correlazioni nucleone-nucleone, ruolo del pione nella fenomenologia delle interazioni all'interno dei nuclei

Si mostra che l'interazione a lungo raggio dovuta al pione genera comportamenti collettivi nei nuclei.

- A. Lande, A. Molinari, G.E. Brown: *Isotope effect and the density-dependent nucleon-nucleon interaction*, Nucl. Phys. A115 (1968) 241.
- A. Molinari, W.M. Alberico, M.B. Johnson, H.A. Bethe: *Effective two body interaction in simple nuclear spectra*, Nucl. Phys. A239 (1975) 45.
- W.M. Alberico, Magda Ericson, A. Molinari: *Quenching and Hardening in the Transverse Quasielastic Peak*, Nucl. Phys. A379 (1982) 429.
- W.M. Alberico, A. Molinari, A. De Pace, Magda Ericson, M.B. Johnson: *Random Phase Approximation Spin - Isospin Nuclear Response in the Deep Inelastic Region*, Phys. Rev. C34 (1986) 977.
- W.M. Alberico, A. De Pace, Magda Ericson, A. Molinari: *Two nucleon induced Lambda decay in nuclei*, Phys. Lett. B256 (1991) 134.

5. Proprietà nucleari analizzate mediante processi d'urto di elettroni e neutrini su nuclei

L'analisi dettagliata delle collisioni elettrone-nucleo viene utilizzata per determinare proprietà delle collisioni neutrino-nucleo; queste ultime sono importanti nel contesto di esperimenti riguardanti proprietà dei neutrini.

- T.W. Donnelly, M.J. Musolf, W.M. Alberico, M.B. Barbaro, A. De Pace, A. Molinari: *Parity violating quasielastic electron scattering*, Nucl.Phys. A541 (1992) 525.
- J.E. Amaro, M.B. Barbaro, J.A. Caballero, T.W. Donnelly, A. Molinari, I. Sick: *Using electron scattering superscaling to predict charge-changing neutrino cross sections in nuclei*, Phys. Rev. C71 (2005) 015501.

6. Interazioni di pairing tra nucleoni (in analogia a quanto avviene tra coppie di elettroni nei superconduttori)

Proprietà di superscaling nei processi elettrodeboli.

- M.B. Barbaro, A. Molinari, F. Palumbo: *Bosonization and even Grassmann variables*, Nucl.Phys. B487 (1997) 492-512.
- M.B. Barbaro, R. Cenni, T.W. Donnelly, A. Molinari: *A Model for BCS-Type Correlations in Superscaling*, Phys. Rev. C78 (2008) 024602.

7. Nucleo atomico utilizzato come micro-laboratorio in cui studiare eventi rari coinvolgenti particelle elementari

Sono state studiate eventuali violazioni di numero barionico dovute ad una transizione di neutrone in antineutrone nei nuclei, e sono stati analizzati processi rari di doppio decadimento beta.

- W.M. Alberico, A. Bottino, A. Molinari: *A New Evaluation Of The N Anti- n Oscillation Time*, Phys.Lett. B114 (1982) 266-270.
- W.M. Alberico, M.B. Barbaro, A. Bottino, A. Molinari: *The 2ν Double Beta Decay In Nuclear Matter*, Annals Phys. 187 (1988) 79.

8. Aspetti di struttura nucleare relativi a comportamenti caotici dei costituenti, transizioni di fase, rotture di simmetria

- R. Caracciolo, A. De Pace, H. Feshbach, A. Molinari: *A Statistical theory of the mean field*, Annals Phys. 262 (1998) 105.
- A. Beraudo, A. De Pace, M. Martini, A. Molinari: *Spontaneous symmetry breaking and response functions*, Annals Phys. 317 (2005) 444.
- A. De Pace, A. Molinari, H.A. Weidenmüller: *Interaction of Regular and Chaotic States*, Annals Phys. 322 (2007) 2446-2468.
- A. De Pace, A. Molinari, H.A. Weidenmüller: *Doorway States in the Random-Phase Approximation*, Annals Phys. 351 (2014) 579-592.

9. Studio delle proprietà del plasma di quark e gluoni che si realizza quando nuclei (ioni) pesanti vengono fatti collidere tra di loro ad alta energia

Questo plasma costituisce un peculiare stato della materia, che si pensa sia stato presente nelle fasi iniziali dell'evoluzione del Cosmo. In laboratorio viene studiato alle macchine acceleratrici (RHIC al Brookhaven National Laboratory, ALICE a LHC del CERN).

- W.M. Alberico, A. Beraudo, A. De Pace, A. Molinari: *Heavy quark bound states above $T(c)$* , Phys. Rev. D72 (2005) 114011.
- H. Hansen, W.M. Alberico, A. Beraudo, A. Molinari, M. Nardi, C. Ratti: *Mesonic correlation functions at finite temperature and density in the Nambu-Jona-Lasinio model with a Polyakov loop*, Phys. Rev. D75 (2007) 065004.
- W.M. Alberico, A. Beraudo, A. De Pace, A. Molinari, M. Monteno, M. Nardi, F. Prino: *Heavy-flavour spectra in high energy nucleus-nucleus collisions*, Eur. Phys.J. C71 (2011) 1666.
- M. Nardi, W.M. Alberico, A. Molinari, A. Beraudo, A. De Pace, M. Monteno,

F. Prino, M. Sitta: *Heavy flavors in nucleus-nucleus collisions at RHIC and LHC*, EPJ Web Conf. 71 (2014) 00098.

Un ricordo personale a me particolarmente caro è costituito da quella che fu (sia per Alfredo sia per me) la prima pubblicazione: R. Ascoli, A. Bottino, A. Molinari: *Unitarity of the S-Matrix and Analyticity*, Il Nuovo Cimento 19 (1961) 687; lavoro che facemmo con Renato Ascoli su di un tema, quello delle proprietà fisico-matematiche della cosiddetta matrice S di scattering; tema che agli inizi degli anni Sessanta era al centro di ampio dibattito scientifico.

Oltre alle persone che compaiono nelle referenze sopra riportate, Alfredo collaborò in alcune pubblicazioni anche con altri validissimi colleghi dell'Istituto di Fisica di Torino: Giorgio Ponzano, Enrico Predazzi, e di altre istituzioni universitarie: Sigfrido Boffi dell'Università di Pavia, Riccardo D'Auria, Marco Omini, Mario Rasetti del Politecnico di Torino, Piotr Czerski dell'Università di Cracovia.

Le sue profonde e vaste competenze scientifiche Molinari le seppe trasmettere, con particolare passione, ai suoi colleghi, ai suoi studenti e ai suoi allievi, anche attraverso gli innumerevoli corsi che tenne all'Università di Torino e in altre prestigiose istituzioni in Italia e all'Estero. A Torino, in particolare, nel corso di laurea in fisica e al dottorato tenne lezioni di Fisica dei Sistemi a Molti Corpi, Struttura della Materia, Teoria dei Campi dei Sistemi Complessi, Teoria della Struttura Nucleare.

Presso la International School of Physics «Enrico Fermi» della Società Italiana di Fisica a Varenna, Alfredo ebbe la responsabilità di direzione per numerosi corsi, nell'arco degli anni 1980-2002. E all'European Centre for Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas (ECT) a Trento organizzò dei *collaboration meetings* di fisica nucleare, assieme a Maria Barbaro e Bill Donnelly, continuativamente dal 2003 al 2011.

Considerata tutta l'attività didattica di Alfredo, è di particolare soddisfazione l'iniziativa presa dal Direttore della Sezione di Torino dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Amedeo Staiano, per l'istituzione di un premio alla memoria di Alfredo Molinari, da assegnarsi annualmente alla migliore tesi di laurea magistrale in fisica teorica presso il corso di laurea in fisica dell'Università di Torino.

Come accennai precedentemente, negli anni 1990-1994 Molinari occupò la posizione di Addetto scientifico presso l'Ambasciata d'Italia a Washington, compito che Alfredo svolse con grande impegno, utilizzando le sue conoscenze dirette di molte istituzioni e personalità del mondo scientifico degli Stati Uniti. In particolare egli contribuì in modo significativo allo sviluppo dell'accordo di cooperazione tra l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e il Jefferson Laboratory in Virginia, sede dell'acceleratore CEBAF, e alla promozione di importanti impegni da parte del Department of Energy e della National

Science Foundation per programmi sperimentali presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, come sottolineò lo stesso Nicola Cabibbo, socio di questa Accademia ed allora presidente dell'INFN, in occasione del rinnovo dell'incarico di addetto scientifico ad Alfredo. L'attività di Molinari come addetto all'Ambasciata italiana si estese in modo significativo anche ad altri settori scientifici e tecnologici, e in ottima sintonia con Luciano Maiani (anche lui socio di questa Accademia), che succedette a Nicola Cabibbo nella presidenza dell'INFN nel 1993. In questo periodo di permanenza a Boston Alfredo riuscì anche a proseguire la propria attività di ricerca in collaborazione con i colleghi americani, principalmente quelli del Massachusetts Institute of Technology.

In parallelo alla sua impegnativa e intensa attività scientifica, Molinari coltivò però anche un'altra sua grande passione: quella della musica. Infatti Alfredo compì degli studi molto avanzati di pianoforte presso il Conservatorio di Torino e fu appassionato ed apprezzato esecutore di un ampio repertorio di musica classica durante tutta la sua esistenza. Permettete che riporti quanto racconta, in merito a quest'aspetto, Tullio Regge nella sua autobiografia *L'infinito cercare* (scritta con Stefano Sandrelli per Einaudi):

Al nostro ritorno negli Stati Uniti, ci raggiunse all'Institute [Institute for Advanced Studies di Princeton] Alfredo Molinari, con il quale avevo cominciato a collaborare a Torino. Alfredo era un bravo pianista e potemmo organizzare con lui, a casa nostra, alcune serate musicali alle quali partecipò anche Annette Kaysen, la moglie del direttore dell'Institute, una donna deliziosa che, prima di sposare Carl, era stata una pianista. Rimase colpita dal modo di suonare di Alfredo e ci scrisse, ringraziandoci: «He does not play, he imparts music» («Non suona soltanto, rivela la musica»). E [conclude Tullio Regge] non era ironia. Furono serate davvero piacevoli.

Durante molta della sua attività professionale Alfredo dovette affrontare seri problemi di salute che sempre seppe fronteggiare con grande determinazione e coraggio, lavorando con impegno e caparbia sino all'ultimo giorno della sua vita; sostenuto naturalmente in modo costante dalla famiglia e in particolare dalla consorte Ida e dalla figlia Dania, e sostenuto anche in modo esemplare dai suoi collaboratori e allievi, estremamente solerti nel rendere possibile una collaborazione fattiva da parte di Alfredo anche nelle fasi più difficili per la sua salute.

E qui desidero ringraziare Ida per essermi stata di grande aiuto nel ritrovare documenti e ricordi dei tempi andati. E così anche ringraziare molti dei suoi allievi, i cui nomi erano indicati nelle referenze prima mostrate, che mi hanno validamente aiutato nell'orientarmi nella estesa produzione scientifica di Alfredo, al di là della mia conoscenza diretta.

Alfredo Molinari lo ricorderemo non solo per i risultati scientifici conseguiti nei numerosi temi più sopra sintetizzati, ma anche per aver profuso, nel suo modo di realizzarli, una passione insaziabile per la ricerca che ha fatto di lui un caposcuola in Italia e scienziato di livello internazionale nel campo della fisica nucleare; e anche lo ricorderemo per la grande coerenza intellettuale, il rigore scientifico, e l'integrità professionale che lo hanno caratterizzato nello svolgimento di tutti i compiti della sua carriera.



Alfredo Molinari a casa del Premio Nobel Hans Bethe (Cornell, 1994).



Scuola di Varenna 2002.



Foto di gruppo «ricostruita»: Molinari con alcuni suoi collaboratori di fronte all'Istituto di Fisica di Torino (da sinistra: Wanda Alberico, Arturo De Pace, Marco Martini, Claudia Ratti, Maria Barbaro, Alfredo Molinari, Magda Ericson, Andrea Beraudo, Rinaldo Cenni, Marzia Nardi, Hans Weidenmüller, Bill Donnelly).

Breve nota su Alfredo Molinari

del Socio nazionale residente VITTORIO DE ALFARO

Carissime Ida e Dania,

sono ancora una volta con voi nel ricordare con presente amarezza, ma anche con un piacere immenso per il passato, la figura di Alfredo.

Da giovani, pochi anni separavano Alfredo da me, ma erano allora incommensurabili. So che dopo la discussione con Sergio Fubini Alfredo si era dato alla fisica nucleare ma ricordo appena i vostri lunghi anni passati a Copenhagen, negli Stati Uniti e in vari altri posti.

La nostra amicizia cominciò davvero nel 1977 (era proprio quell'anno?), quando Alfredo si fece ricoverare in Svizzera per una valvola al cuore che, dicevano, poteva durare forse venticinque anni ma che durò fino alla fine (e sarebbe durata ben oltre). Quella volta vi telefonai all'ospedale di Zurigo (credo) e ricevetti buone notizie. Fu così che diventammo realmente amici, anche se in quel periodo avevamo ambedue figli da crescere. L'anno seguente, prima che ritornaste a Torino, venimmo, Ilde ed io, a trovarvi a Ferrara (interessantissima città sotto un fiume gigantesco), a rinsaldare un'amicizia sempre più interessante. Alfredo era davvero un grande nella Fisica Nucleare, e non soltanto in quella ristretta; e Ida era una «free lance» che scriveva articoli perfetti per varie riviste settimanali (se ricordo bene anche per quella fondamentale rivista che si stampava ad Alba ma era diffusa in tutta Italia). Alfredo talvolta mi diceva che la sua fisica era di seconda classe rispetto alla nostra, ma io sapevo (e penso anche lui) che non c'era fisica di prima e fisica di seconda classe, ma solo fisica buona e fisica meno buona.

E nel '90, quando voi andaste di nuovo a Boston, mi invitaste con grande piacere a passare dieci giorni da voi. Io avevo perso la mia Ilde da sei anni ma avevo (incredibile!) trovato Bianca, grande amica di Ilde fin dalle elementari e col tempo avevo saputo apprezzare ed amare lei che voleva bene a tutti noi; andammo a Boston insieme e voi foste carissimi. Lei non si era mai sposata ma con me (solo con me tra gli uomini) fu dolcissima.

In quegli anni Bianca ed io scambiammo una grande quantità di cene tra casa mia in val Pattonera e casa vostra in corso Francia. So che Bianca vi piaceva molto: noi due ci sposammo dopo il 2000 (quando ero stato male) e da allora le visite diminuirono; ma non l'amicizia che esisteva tra noi.

Da quando Alfredo non è più con noi sono giorni tristi. So però che voi due, Ida e Dania, siete fiere di aver avuto con voi, per tutta una vita lunga, Alfredo, personaggio di immenso valore scientifico e umano.