

CURRICULUM SCIENTIFICO E DIDATTICO

Nome : Saverio Altieri

Luogo e data di nascita: Poggiorsini (Bari), 3 Agosto 1953

Nazionalità: Italiana

Residenza: Via A. Grumello, 13 27100 Pavia

Indirizzo e-mail: saverio.altieri@unipv.it, saverio.altieri@pv.infn.it

Lingue straniere : Inglese (buono), Francese (buono)

Attuale Posizione : Professore Associato

Settore Scientifico Disciplinare FIS/07

Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Pavia

Web pages:

<http://fisica.unipv.it/personale/Persona.php?ID=248>

<http://www.bnct.it>

Attività Scientifica e di Ricerca

L'attività scientifica riguarda le seguenti linee di ricerca della fisica nucleare sia applicata che di base:

- Neutronica e ricerca di nuove tecniche per la radioterapia dei tumori
- Reattori nucleari e Fisica Sanitaria
- Studio di fotoreazioni a energie intermedie su nuclei leggeri.

L'elenco delle pubblicazioni scientifiche prodotte nel corso degli anni è riportato nella parte finale di questo documento. Sono richiamate esplicitamente solo le 12 pubblicazioni presentate.

Neutronica e nuove tecniche per la radioterapia dei tumori

Il 19 dicembre del 2001 [1], per la prima volta al mondo, presso l'Università di Pavia, un paziente terminale, affetto da metastasi epatiche diffuse, è stato trattato con una nuova tecnica radioterapica fortemente selettiva, la Boron Neutron Capture Therapy (BNCT), che gli ha permesso di vivere per altri 44 mesi con una buona qualità di vita. Questo trattamento progettato e realizzato dal nostro gruppo di ricerca ha rappresentato una novità assoluta a livello mondiale. La notizia dell'esito positivo del trattamento ha avuto ampia risonanza in ambito scientifico ed è stata ripresa da vari mezzi di informazione in tutto il mondo (New Scientist, The Lancet Oncology, Reuters, BBC, Le Scienze, Reader's Digest ...).

Dal 2005 la ricerca in questo campo è proseguita, sempre presso il Dipartimento di Fisica e la Sezione INFN di Pavia, con un nuovo gruppo da me coordinato composto da giovani ricercatori; l'attività si svolge in collaborazione con numerose Università italiane (fra cui Firenze, Siena, Potenza, Novara, Torino, Palermo), Laboratori Nazionali di Legnaro e Sezione di Catania dell'INFN, e vari gruppi internazionali fra cui: Comision National de Energia Atomica CNEA, Argentina, Idaho National Laboratory USA, Università di Mainz, Univerità di Essen, Helsinki University Central Hospital (HUCH), Queen Elizabeth Medical Centre, Birmingham (UK).

L'attività di ricerca è concentrata nello studio dei presupposti per estendere l'applicazione della BNCT ad altri tipi di tumori diffusi e/o infiltranti a livello toracico (quali le metastasi polmonari e il mesotelioma) e l'osteosarcoma del ginocchio, usando fasci di neutroni collimati da dirigere sul paziente.

Il gruppo sta dedicando molte risorse alla ricerca di nuovi veicolanti del Boro più selettivi di quelli tradizionalmente utilizzati in BNCT (BPA e BSH) e che facilitino l'imaging *in vivo* della distribuzione del boro; si stanno testando liposomi caricati con Lactosyl-carborano (LCOB), nanoparticelle di Au opportunamente funzionalizzate e micelle polimeriche con carborani; abbiamo visto, per esempio, che *in vitro* i liposomi con LCOB hanno una capacità di concentrare il boro selettivamente in cellule tumorali di osteosarcoma circa 10 volte più alta rispetto alla BPA; il gruppo di Torino ha messo a punto un composto, basato su un carborano, funzionalizzato con una lipoproteina (LDL, usata come veicolante biologico) e che contiene del Gd utile per l'imaging *in vivo* della concentrazione del Boro mediante MRI [2-3].

I nuovi composti messi a punto dai gruppi di chimici vengono testati a Pavia, prima *in vitro* dal punto di vista della tossicità e dell'assorbimento selettivo in varie linee cellulari tumorali; fra questi vengono selezionati per il test *in vivo* in modelli animali quelli che danno i migliori risultati; vengono quindi verificati l'assorbimento selettivo a livello tumorale e l'efficacia dell'intero trattamento BNCT; gli irraggiamenti vengono effettuati nella facility realizzata nel reattore Triga del Lena che abbiamo caratterizzato dal punto di vista dosimetrico e microdosimetrico (microdosimetro a gas) per le componenti neutronica (attivazione di multifogli e tecniche di unfolding) e fotonica (dosimetri all'alanina).

Attualmente il gruppo è impegnato su altri due fronti:

- uno riguarda la creazione di un centro BNCT per il trattamento dei pazienti utilizzando l'acceleratore di protoni, basato su un RFQ da 5 MeV e 30 mA, già realizzato dai LNL dell'INFN, in grado di produrre fasci collimati di neutroni termici o epitermici con flussi dell'ordine di $10^9 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ che consentono tempi di irraggiamento dei pazienti dell'ordine di 40-50 min. E' in via di formalizzazione un accordo fra INFN, Università di Pavia e CNAO (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica di Pavia) per l'installazione di questa macchina presso il CNAO. La collocazione della nuova macchina presso il CNAO permetterebbe di sfruttare tutte le strutture di accoglienza, diagnostica e follow up già presenti e funzionanti creando a Pavia un centro di eccellenza unico al mondo dove sarebbe possibile trattare, oltre ai tumori a margine definito (con protoni e ioni carbonio), anche quelli diffusi ed infiltranti (con la BNCT). Il mio gruppo si sta già occupando della progettazione delle schermature necessarie, del sistema di moderazione e collimazione (Beam Shaping Assembly) necessario per trasformare i neutroni emessi dall'acceleratore in un fascio adatto al trattamento dei pazienti, del treatment planning e della dosimetria dei fasci stessi;
- l'altro riguarda la messa a punto di un sistema di SPECT per l'imaging *in vivo*, in bassa risoluzione, del rate di reazioni $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ rivelando il gamma emesso dal nucleo residuo di ^7Li che nel 94% dei casi viene a trovarsi su uno stato eccitato a 470 keV; tale misura permette di determinare direttamente la distribuzione spaziale della dose nel paziente durante il trattamento BNCT.

L'efficacia di una terapia antitumorale dipende dalla distruzione selettiva di tutte le cellule tumorali. Nella radioterapia convenzionale, condotta con fasci collimati di raggi X o elettroni, prodotti con acceleratori lineari, o nell'adroterapia, si cerca di rendere massima l'efficacia della tecnica sfruttando:

- sia fattori biologici (frazionamento della dose, effetto ossigeno...)
- sia fattori fisici (precisa localizzazione del tumore, riproducibilità della posizione di irraggiamento, scelta del tipo e dell'energia delle radiazioni a seconda dell'estensione e della profondità della massa tumorale, dosimetria accurata dei fasci impiegati, rigorosa preparazione del piano di irraggiamento ...).

Negli anni dal '79 all'83, mi sono dedicato alle suddette problematiche, nel campo degli X e degli elettroni, apportando contributi personali ed originali nel lavoro svolto presso il Servizio di Fisica Sanitaria dell'Ospedale Civile di Vicenza (dotato di due acceleratori lineari di elettroni) in qualità di Fisico Frequentatore e presso l'Ospedale S. Giovanni Battista di Torino come Assistente Incaricato. L'attività

svolta a Torino è consistita nella riorganizzazione del Servizio di Fisica Sanitaria e mi sono occupato direttamente anche della taratura dei fasci di fotoni e di elettroni dell'acceleratore lineare da 18 MV appena installato e della stesura dei piani di trattamento.

Dopo tale esperienza ho partecipato attivamente, (in qualità di ricercatore universitario afferente al Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica dell'Università di Pavia, e con un incarico di ricerca presso la sezione di Pavia dell'INFN) ad una collaborazione fra vari Dipartimenti dell'Università di Pavia (Fisica Nucleare e Teorica, Chirurgia Sperimentale e Biologia Animale), che ha messo a punto e sperimentato, per il trattamento delle metastasi epatiche diffuse e non operabili chirurgicamente, il metodo TAOOrMINA (Trattamento Avanzato di Organi Mediante Irraggiamento Neutronico ed Autotrapianto) una tecnica radioterapica fortemente selettiva basata sulla Boron Neutron Capture Therapy (BNCT). Il metodo TAOOrMINA prevede la perfusione del fegato con sostanze borate, l'espianto dell'organo, il suo irraggiamento in un campo neutronico uniforme realizzato nella colonna termica del reattore e il successivo reimpianto nel paziente. Per la realizzazione del progetto sono stati affrontati e risolti vari problemi.

Dapprima è stata messa a punto una tecnica nucleare per misurare piccole concentrazioni di Boro in campioni di tessuto biologico basata sulla spettrometria delle particelle α emesse nella reazione sul Boro [4] con una sensibilità dell'ordine di $0.5\mu\text{g/g}$ (0.5 ppm); per le misure è stato necessario allestire delle idonee postazioni di irraggiamento neutronico prima in uno dei canali orizzontali e poi nella colonna termica del reattore. Questa tecnica, a differenza di quelle utilizzate da altri gruppi di ricerca, consente di tener conto della distribuzione spaziale dei noduli tumorali nel tessuto sano. Con questo metodo sono state testate varie sostanze (acido borico, BSH, BPA, porfirine, liposomi, ...); i risultati più soddisfacenti (sia in termini del maggior rapporto di concentrazione di Boro nel tessuto tumorale rispetto a quello sano, sia in termini della quantità totale di Boro accumulatosi nel tumore) sono stati ottenuti con la Borophenylalanina (BPA).

Per l'imaging macroscopico (a livello tissutale) del Boro, necessario a visualizzare la maggiore concentrazione del Boro nei noduli metastatici rispetto alle zone sane è stata usata l'autoradiografia neutronica [5-6]; in questo contesto è risultata preziosa l'esperienza da me acquisita negli anni precedenti in cui avevo messo a punto presso il Lena un sistema di neutronigrafia per l'analisi di materiali compositi. Oggi con tale tecnica siamo in grado di fare anche un'analisi quantitativa, oltre che qualitativa, della concentrazione del Boro in campioni sia solidi che liquidi.

Un altro fondamentale campo di lavoro, in cui ho dato un contributo personale è stato quello della progettazione [7], realizzazione e caratterizzazione dosimetrica della postazione per l'irraggiamento dell'organo espantato nel reattore. Una condizione fondamentale per il successo del trattamento, è che la distribuzione spaziale del flusso neutronico (con valori non inferiori a circa $10^9\text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) sia sostanzialmente uniforme nell'intero organo e che il fondo γ (che irraggia anche i tessuti sani) sia il più basso possibile.

Ho condotto vari studi col codice di trasporto neutronico MCNP [7-8] addestrando, nel corso degli anni, vari studenti nel loro lavoro di tesi di laurea (M.Duglio 1995/96, V.Carabelli 1996/97, C.Casino 1997/98, S. Bortolussi 2002/03, N. Protti ...). Per quanto riguarda MCNP mi sono occupato dell'acquisizione del codice sorgente dalla NEA Data Bank, dell'installazione su macchine SUN e PC in ambienti UNIX e LINUX, della validazione del codice e dell'effettivo svolgimento del lavoro di simulazione. Sono stati forniti in input al codice la geometria e la composizione di tutti i componenti del reattore con un grande dettaglio; ciò permette di valutare il flusso neutronico e γ in varie posizioni del reattore. Il programma è stato testato confrontando l'attivazione neutronica simulata con quella sperimentale indotta in varie targhette (Au, Al, Ni, Cu ...); alcune di queste misure sono state effettuate dapprima in un fegato espantato di maiale e poi in un fantoccio contenente una soluzione acquosa epato-equivalente (da me progettata) con una composizione elementare simile a quella del fegato umano (ICRU 44). Questi studi hanno permesso di determinare oltre che gli spettri

e le dosi γ e neutroniche nella postazione di irraggiamento, anche la distribuzione spaziale del flusso neutronico all'interno del fegato.

La dosimetria γ è stata condotta in collaborazione col Servizio di Fisica Sanitaria dell'Università di Perugia, mediante dosimetri a termoluminescenza ${}^6\text{LiF}$, ${}^7\text{LiF}$ e BeO ; quest'ultimo (BeO) si è rivelato più adatto della classica coppia ${}^6\text{LiF} - {}^7\text{LiF}$ per misure γ in campo misto ad elevata componente neutronica; la sua sensibilità ai neutroni termici è risultata di appena $5 \cdot 10^{-11} \text{ mGy} - \text{Co} - \text{equiv./cm}^{-2}$ e ha mostrato una linearità di risposta fino a fluenze di $7 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$. Recentemente la caratterizzazione gamma è stata rinnovata in collaborazione con l'Università di Palermo e la Sezione INFN di Catania.

Una volta dimostrata la capacità della BPA di veicolare il B elettivamente nel tumore [5,6,9], e dopo aver approntata la postazione di irraggiamento, si è passati alla sperimentazione preclinica sia *in vitro* che *in vivo* su modello di ratto; è stato dimostrato che i danni prodotti dall'irraggiamento neutronico (apoptosi e necrosi) nel tessuto tumorale sono più gravi e più frequenti che nel parenchima sano. La sperimentazione *in vitro* è stata condotta sottoponendo alla procedura completa campioni di cellule del coloncarcinoma DHDK; dall'analisi del contenuto cellulare di DNA è stato messo chiaramente in evidenza che la procedura terapeutica completa produce nel tumore danni notevoli ed irreversibili [10]. La stessa linea cellulare è stata utilizzata per studiare l'efficacia biologica relativa delle particelle α e degli ioni litio emessi nella reazione dei neutroni col ${}^{10}\text{B}$ [9].

Dopo tale fase di validazione il metodo TAO rMINA è stato applicato su due pazienti terminali affetti da metastasi epatiche diffuse¹.

Oggi sto sfruttando l'esperienza maturata in questo campo per coordinare un gruppo di giovani ricercatori con l'obiettivo di rendere la BNCT una tecnica radioterapica consolidata; questi giovani hanno ricevuto dall'International Society for Neutron Capture Therapy (ISNCT) l'incarico di organizzare a Pavia l'ottavo Young Researchers BNCT Meeting (13-17 settembre 2015 <http://www.bnct.it/8ybnct/>).

Reattori nucleari e Fisica Sanitaria

Dall'83 al 91, (in qualità di Tecnico Laureato) mi sono dedicato allo studio del comportamento dinamico del reattore Triga Mark II per approfondirne gli aspetti di sicurezza legati agli incidenti di perdita del refrigerante e di escursione di reattività; tali studi hanno confermato la sicurezza intrinseca del nocciolo del reattore Triga dovuta al coefficiente negativo pronto del combustibile ed alla bassa densità di potenza; il surriscaldamento del nocciolo in seguito a ciascuno dei due incidenti sopra citati non causa la fusione della guaina.

Una volta calcolate le temperature massime che si raggiungerebbero nel nocciolo in seguito agli incidenti sopra ipotizzati, ho effettuato la valutazione dell'eventuale conseguente impatto ambientale; dallo studio, è emerso che, in ogni caso, le dosi alla popolazione sarebbero modeste e rimarrebbero ben al di sotto dei limiti fissati per l'emergenza dalla legislazione italiana (pur essendo il reattore situato alla periferia della città di Pavia). Sulla scorta di tali studi, nell'84, ho effettuato una stima delle conseguenze sanitarie sulla popolazione di Pavia, associate al passaggio della nube di Chernobyl e ho contribuito attivamente al dibattito sull'impiego dell'energia nucleare divampato in Italia subito dopo l'incidente di Chernobyl.

Ho svolto per vari anni l'attività di Esperto Qualificato del Lena (dapprima con la qualifica di Tecnico Laureato e poi come Ricercatore Universitario), e, dopo aver conseguito il necessario Attestato di idoneità alla direzione tecnica degli impianti nucleari, dall'ottobre 95 al febbraio 98 sono stato direttore del Laboratorio Energia Nucleare Applicata (LENA).

Grazie all'esperienza guadagnata in questo campo, nel 2008 sono stato nominato, dal Ministro dell'Ambiente, membro della Commissione Tecnica VIA-VAS di cui all'art. 9 del D.P.R. 14/05/2007 n. 90, per la Valutazione dell'Impatto Ambientale presso il Ministero dell'Ambiente; a tutt'oggi faccio parte di tale commissione.

Per alcuni anni, a partire dal '98, ho fornito un personale contribuito alla collaborazione internazionale di CMS, uno degli apparati installati sui fasci del Large Hadron Collider (LHC) del CERN di Ginevra. Nel sistema di trigger di primo livello dei μ , sono utilizzate le Resistive Plate Chambers (RPC); data l'elevata luminosità del fascio, questi rivelatori si trovano ad operare in presenza di un elevato fondo di raggi γ e di neutroni. La risposta degli RPC a queste radiazioni indirettamente ionizzanti non era ancora stata studiata. Per questo motivo è stata condotta un'ampia attività di ricerca sia sperimentale che di simulazione. Le misure con raggi γ sono state effettuate al CERN, mentre quelle con i neutroni al LENA di Pavia e al ciclotrone di Louvain in Belgio. Per mezzo del Monte Carlo MCNP ho caratterizzato il campo di fotoni prodotto da un irraggiatore (sorgente di ^{137}Cs con un set di filtri attenuatori per la produzione di varie intensità su grandi aree) installato nella zona sperimentale X5C del CERN (utilizzata da vari gruppi di ricerca) [11] e le caratteristiche del campo neutronico e γ nella posizione di irraggiamento degli RPC presso il LENA e presso i Laboratori Nazionali di Legnaro (sorgente di ^{252}Cf). L'ampio range energetico (dalle energie termiche fino al GeV) ha richiesto l'uso di più codici; mediante MCNP e GEANT interfacciato con MICAP ho studiato la sensibilità degli RPC ai neutroni e ai γ su un ampio range energetico (fino a 1 GeV).

Studio di fotoreazioni a energie intermedie su nuclei leggeri

Dalla seconda metà degli anni '80, il gruppo di ricerca (gruppo III INFN-Pavia) di cui ho fatto parte per alcuni anni dopo la laurea, in collaborazione con altri ricercatori dell'acceleratore lineare (ALS) del CEA di Saclay, ha progettato e realizzato di DAPHNE, un rivelatore a grande accettazione angolare (3.7π), idoneo allo studio di fotoreazioni complesse al di sopra della soglia pionica. I test preliminari sono stati condotti negli anni 88-89 per mezzo del fascio di fotoni etichettati, col metodo dell'annichilazione in volo dei positoni, presso l'ALS di Saclay; poi, a partire dai primi anni 90, DAPHNE è stato utilizzato nell'ambito di una collaborazione internazionale presso l'acceleratore MAMI-B dell'Università J. Gutemberg di Mainz, dove è installato il tagger di fotoni realizzato dalla collaborazione Glasgow - Edimburg - Mainz. Fra i vari risultati originali conseguiti, ci sono quelli che riguardano la misura della sezione d'urto totale su nuclei leggeri su un ampio range energetico (da 200 a 800 MeV) con un unico esperimento, e la fotodisintegrazione di ^2H e di ^3He in cui vengono messe in evidenza le interazioni a multicorpo nel nucleo. A partire dal 95 il gruppo è stato impegnato in un esperimento volto alla prima verifica sperimentale della regola di somma di Gerasimov - Drell - Hearn (GDH) [12] che collega il momento magnetico anomalo e la massa del nucleone (proprietà statiche) a osservabili dinamiche come la sezione d'urto di assorbimento totale di fotoni polarizzati circolarmente su nucleoni polarizzati linearmente. Oltre che nella simulazione e nell'elaborazione dei dati, il gruppo di Pavia ha progettato e realizzato un rivelatore a microstrip di silicio che, inserito in DAPHNE, ha permesso di rivelare anche gli eventi in avanti a piccoli angoli. Il lavoro ha portato alla prima misura dell'integrale GDH sul protone e sul neutrone fra 200 MeV e 3 GeV; le misure sperimentali ad energie superiori ad 800 MeV sono state condotte presso l'acceleratore ELSA dell'Università di Bonn. Un ulteriore contributo personale fornito in questa collaborazione ha riguardato la progettazione, mediante simulazione, di un nuovo beam dump per l'acceleratore MAMI di Mainz reso necessario dall'upgrade in energia da MAMI B a MAMI C. L'installazione del nuovo beam dump da me progettato, ha fatto sì che l'acceleratore potesse continuare a funzionare anche mentre i lavoratori installavano le nuove facilities; diversamente il fascio per ricerca avrebbe potuto essere erogato solo di notte.

Come ultimo contributo in questo campo (abbandonato per dedicarmi quasi completamente alla BNCT) è stato lo studio dedicato alla realizzazione di una targhetta a finestre sottili destinata a contenere ^3He da utilizzare sul fascio di fotoni etichettati del Mainz Microtron (MAMI).

Attività Didattica Accademica

- dal 1983 al 1995:
 - esercitazioni per il corso di Fisica generale II per gli studenti del corso di laurea in Fisica,
 - collaborazione alle esercitazioni pratiche nei corsi di Fisica dei neutroni, Fisica dei Reattori nucleari, Istituzioni di Fisica Nucleare, Fisica degli acceleratori;
 - cicli di lezioni su dosimetria delle radiazioni e radioprotezione per l'insegnamento di Acceleratori di particelle del corso di laurea in Fisica
 - cicli di lezioni sui reattori nucleari (principi di funzionamento e sicurezza, fasci neutronici e relative applicazioni) per la Scuola di Perfezionamento in Fisica
 - partecipazione alle commissioni di esame per i corsi di Acceleratori di particelle, Istituzioni di Fisica Nucleare, di Fisica dei neutroni, Fisica dei reattori, Fisica Generale II, Laboratorio di Fisica per Scienze Biologiche.
- dal 1995 al 2001: **6 anni** di insegnamento (affidamento) di “Fisica” (**FIS/07**) per il Corso di Laurea in Scienze Naturali;
- dal 2001 ad oggi: **14 anni** di insegnamento (affidamento) di “Fisica Sperimentale” per il Corso di Laurea Interfacoltà di Biotecnologie;
- dal 2002 ad oggi: **13 anni** di insegnamento (affidamento) di “Fisica delle radiazioni ionizzanti” per il Corso di Laurea Magistrale in Fisica Nuovo Ordinamento;
- dal 2004: **4 anni** di insegnamento (affidamento) di “Simulazioni in campo biosanitario” (**FIS/07**) per il Corso di Laurea Magistrale in Fisica Nuovo Ordinamento;
- dal 2002 ad oggi cicli di lezioni presso l' Istituto Universitario di Studi Superiori per il master Internazionale in Tecnologie Nucleari e delle Radiazioni Ionizzanti.

- E' presidente delle commissioni di esami di:
 - Fisica delle radiazioni ionizzanti,
 - Fisica Sperimentale;
- fa parte delle commissioni di esame di:
 - Simulazioni in campo biosanitario,
 - Acceleratori e reattori nucleari;
- ha fatto parte delle commissioni di esame di:
 - Acceleratori di particelle,
 - Istituzioni di Fisica Nucleare,
 - Fisica dei reattori,
 - Fisica dei neutroni,
 - Fisica Generale II,
 - Laboratorio di Fisica per Scienze Biologiche;
 -
- Dal 2004 TUTOR di 6 DOTTORANDI e relatore delle seguenti tesi di dottorato:
 1. Silva Bortolussi, "Boron Neutron Capture Therapy of Disseminated Tumours", Dottorato in fisica - XX ciclo discussione: 10-01-2008. Tutor: Saverio Altieri, referee: dr Raymond Moss, JRC, Petten, NL.

2. Sabrina Stella "Design of a Prompt Gamma Neutron Activation Analysis (PGNAA) system for Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) using Monte Carlo code" Dottorato in Fisica - XXII ciclo discussione: 16-02-2012. Tutor: Saverio Altieri, referee: Kent Riley Harvard University Massachusetts General Hospital, USA
 3. Nicoletta Protti, "The efficacy of Boron Neutron Capture Therapy on small animal models – Preliminary tests in the neutron field of the thermal column of Pavia TRIGA Mark II reactor" Dottorato in Fisica – XXIV ciclo, discussione: 16-02-2012. Tutor: Saverio Altieri e David Nigg Idaho National Laboratory USA, referee: Stuart Green Medical Physics - University Hospitals Birmingham UK
 4. Ian Postuma, dottorando al III anno del XXVIII ciclo;
 5. Setareh Fatemi dottoranda al I anno del XXX ciclo.
- Relatore di 2 tesi di master per studenti dell'Università di Pavia presso lo IUSS (Istituto Universitario di Studi Superiori) di Pavia per il master Internazionale in Tecnologie Nucleari e delle Radiazioni Ionizzanti.
 - dal 1985 ad oggi relatore/correlatore di 30 tesi di Laurea:
 - 1) Jacopo Valsecchi – laureando della Laurea Magistrale
 - 2) Matteo Ferrari - Computational and experimental dosimetry for cell cultures irradiation in the thermal column of TRIGA reactor Laurea specialistica rel. S.Altieri, corr. S. Bortolussi
 - 3) L. Reversi - Studio computazionale per la realizzazione di un fascio di diffrazione neutronica presso il reattore TRIGA di Pavia rel. S. Altieri, corr. S, Bortolussi
 - 4) M. Garioni - Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) di tumori polmonari diffusi in modelli animali rel. S. Altieri, corr. N. Protti
 - 5) Alessia Bazani - Progetto di schermatura del fascio neutronico per la Prompt Gamma Neutron Activation Analysis (PGNAA) al reattore Triga di Pavia Laurea specialistica
 - 6) Marta Di Salvo - Studi preliminari per l'applicazione della Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) alle metastasi diffuse nel polmone di ratto Laurea specialistica
 - 7) Margherita Biffi - Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti: aspetti fisici e biofisici del danno a livello del DNA, cellule e tessuti Laurea specialistica rel. F. Ballarini, corr. S. Altieri
 - 8) Elisa Bonasegla - Principi di base della microdosimetria ed applicazioni in BNCT Laurea Triennale
 - 9) Davide Santoro - Un Self Powered Neutron Detector (SPND) come monitor di flusso nella colonna termica del reattore Triga Mark II di Pavia Laurea specialistica, rel. S. Altieri, corr. M. Gadan
 - 10) Davide Volpi – Aspetti di radioprotezione per l'impianto ciclotrone presso il LENA, rel. S. Altieri, corr. D. Alloni, M. Prata
 - 11) Nicoletta Protti - Studio del campo neutronico per la Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) di metastasi polmonari in un modello animale Laurea specialistica
 - 12) Alessia Bazani - La Prompt Gamma Neutron Activation Analysis (PGNAA) per la misura del boro nella Terapia per Cattura Neutronica (BNCT) Laurea Triennale
 - 13) Concetta Portella - Studio della perdita di energia delle particelle alfa in campioni di tessuto polmonare di ratto Laurea V.O.
 - 14) Luigi Bareggi - Terapia con cattura neutronica: sviluppi e prospettive Laurea Triennale G. Gambarini e S.Altieri
 - 15) Nicoletta Protti - Tecniche di misura del boro nella Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) Laurea Triennale
 - 16) S. Bortolussi - Un'originale configurazione del campo neutronico per una migliore uniformità della dose nell'organo espuntato" (relatori L.Bertocchi, T. Pinelli, correlatore S. Altieri) a.a. 2002/03

- 17) M. M. Necchi - Modalità operative del Progetto Taormina" (relatore T. Pinelli, correlatore S. Altieri) a.a. 2002/03
- 18) M. Dorati - Moderazione neutronica in Idruro di Zirconio" (relatore S. Altieri) laurea triennale a.a. 2002/03
- 19) R. Libero - Valutazioni preventive e verifiche strumentali per un piano di localizzazione di antenne per telefonia cellulare" (relatore S. Altieri, correlatore E. Giroletti) a.a. 2000/01
- 20) A. Salvemini - Simulazione e misura della sensitività ai fotoni di un RPC a doppia gap" (relatori S. Altieri e G. Iaselli) a.a. 1998/99
- 21) C. Casino - BNCT: Studio di un campo neutronico nel reattore Triga Mark II per l'irraggiamento di organi espianati (relatore F. Fossati, correlatore S. Altieri) a.a. 1997/98
- 22) L. Muratori - Caratterizzazione di un sistema di dosimetria personale a termoluminescenza per campi misti (raggi β , X, γ e neutroni)" (relatore S. Altieri, correlatore C. Osimani) a.a. 1997/98
- 23) V. Carabelli - BNCT: ottimizzazione della distribuzione di dose $n + \gamma$ in fegato espianato" (relatore F. Fossati, correlatore S. Altieri) a.a. 1996/97
- 24) A. Braj - Autoradiografia con neutroni applicata alla terapia per cattura neutronica (TCN) di tumori epatici" (relatore F. Fossati, correlatore S. Altieri) a.a. 1995/96
- 25) M. Duglio - Caratterizzazione del campo neutronico in un canale termico dedicato alla terapia di organi espianati" (relatore F. Fossati, correlatore S. Altieri) a.a. 1995/96
- 26) S. Manera - Dosimetria $n + \gamma$ nella facility realizzata per la TCN presso il reattore Triga Mark II (relatore F. Fossati, correlatore S. Altieri) a.a. 1993/94
- 27) P. Degliantoni - L' incidente di perdita del refrigerante nel reattore Triga Mark II (relatore F. Fossati, correlatore S. Altieri) a.a. 1991/92
- 28) F. Frigerio - Realizzazione di un campo neutronico per la cura di tumori epatici mediante TCN (relatore T. Pinelli, correlatore S. Altieri) a.a. 1991/92
- 29) A. Braghieri - Sviluppo di una metodologia per la misura di concentrazioni di Boro mediante la reazione nucleare $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ indotta da neutroni termici (relatore T. Pinelli, correlatore S. Altieri) a.a. 1986/87
- 30) M.L. Pelizza - Sviluppi della radiografia neutronica presso il reattore Triga mark II (relatore F. Fossati, correlatore S. Altieri) a.a. 1985/86

Attività Didattica Non Accademica

- 1977-1981: Insegnamento di Fisica in Istituti di istruzione secondaria superiore;
- 1978-1981: Insegnamento di "Fisica" nella Scuola per Tecnici di Radiologia Medica presso l'Azienda Sanitaria Locale di Vicenza e presso Istituti di Istruzione secondaria;
- Vari seminari pubblici, ad invito, riguardanti le problematiche connesse con l'uso dei reattori nucleari per la produzione di energia: funzionamento, sicurezza, rifiuti radioattivi, incidenti di Chernobyl e Fukushima.
- Vari seminari pubblici, ad invito, riguardanti la BNCT e l'uso delle radiazioni in medicina.

Servizi prestati in campo didattico e scientifico

- Organizzazione congressi internazionali:
 - XIX Nuclear Physics Divisional Conference dell'EPS: New Trends in Nuclear Physics Applications and Technology, Pavia 5-9 September 2005, come membro del Comitato Organizzatore Locale;
 - 13° International Congress on Neutron Capture Therapy, Firenze 2-8/11/2008, come Secretary General per l'organizzazione scientifica e logistica del congresso;

- 15° European Research Reactor Conference RRFM, 20-24/03/2011 Roma come membro del Comitato Organizzatore Locale;
- VIII Young Researchers BNCT meeting, Pavia september 2015, membro anziano del Comitato organizzatore.
- Guest Editor "13th International Congress on Neutron Capture Therapy BNCT: a new option against cancer" Volume 67, Issues 78, Supplement, Pages S1-S380 "Applied Radiation and Isotopes" (July 2009);
- dal 2005: Peer Reviewer di alcune riviste internazionali quali "Applied Radiation and Isotopes", "The British Journal of Radiology", "European Journal of Medical Physics", "International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics", "Radiation Research",
- dal 2007: referee dei seguenti esperimenti nell'ambito della Commissione V dell'INFN: APOTEMA, ARACNE, DANTE, DEUTERONS, FLUKA2, GEANT4, MARTE, N@BTF, NEUDOS, NEUTRA, ORIONE, PHD, VBL-RAD, RDH, SILENZIO COSMICO, NEURAPID;

Titoli accademici e di servizio

- Dicembre 1976: Laurea in Fisica Nucleare (105/110) con tesi sperimentale dal titolo "*Effetti biologici indotti in *Piophila casei* L. da dosi neutroniche prodotte in reattore*"; attività svolta presso il Laboratorio Energia Nucleare Applicata (LENA); relatore prof. Tazio Pinelli, correlatore prof. Luciano Sacchi ;
- 1977-1978 Assolti gli obblighi di leva
- 1978-1981: Fisico Frequentatore presso il Servizio di Fisica Sanitaria dell'Ospedale S. Bortolo di Vicenza; dosimetria dei fasci di fotoni e di elettroni degli acceleratori lineari di elettroni da 4 MV e 18 MV usati in radioterapia ed elaborazione dei piani di trattamento;
- 1977-1981: Insegnamento di Fisica in Istituti di istruzione secondaria superiore;
- 1981-1983: Vincitore di concorso per una posizione di Assistente Incaricato presso il Servizio di Fisica Sanitaria dell'Ospedale S. Giovanni Battista (Molinette) di Torino; riorganizzazione del Servizio di Fisica Sanitaria associato al Reparto di Radioterapia, taratura dei fasci di fotoni e di elettroni dell'acceleratore lineare da 18 MV ed elaborazione dei piani di trattamento;
- 1983-1991: Vincitore di concorso per la posizione di Tecnico Laureato presso il Laboratorio Energia Nucleare Applicata (LENA) dell'Università di Pavia; funzioni di vice responsabile del reattore, Esperto Qualificato di III grado dell'impianto; studio delle problematiche di sicurezza nucleare del reattore, del relativo impatto ambientale e sanitario conseguente agli incidenti di riferimento;
 - 1984: membro del "Collegio dei Delegati alla sicurezza dell'impianto" presso il Lena;
 - 1983 - 1993: Esperto Qualificato del LENA con nomina rettorale;
- 1991: Vincitore di concorso per una posizione di Ricercatore presso il Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica (oggi Dipartimento di Fisica) dell'Università di Pavia, Settore Scientifico Disciplinare FIS/04; dove svolge attualmente l'attività di ricercatore.
- 1996 – 1998: Direttore del LENA, per nomina rettorale, con mansioni di direttore del personale e direttore tecnico dell'impianto;
- 2008 – a tutt'oggi: membro, con nomina ministeriale, della Commissione Tecnica VIA-VAS di cui all'art. 9 del D.P.R. 14/05/2007 n. 90, per la Valutazione dell'Impatto Ambientale presso il Ministero dell'Ambiente;
- 2012 Conseguita Abilitazione Scientifica alle funzioni di Professore di Prima Fascia per il Settore Concorsuale 02/B3 - Fisica Applicata (Bando 2012 - DD n. 222/2012)
- 2012 Conseguita Abilitazione Scientifica alle funzioni di Professore di Seconda Fascia per il Settore Concorsuale 02/B3 - Fisica Applicata (Bando 2012 - DD n. 222/2012)
- 2012 Conseguita Abilitazione Scientifica alle funzioni di Professore di Seconda Fascia per il Settore Concorsuale 02/A1 - Fisica Applicata (Bando 2012 - DD n. 222/2012)

Scuole e Corsi di Perfezionamento

- 19-23/05/1980: Corso di "Radioprotezione nelle attività medico-sanitarie" presso il CCR-Euratom di Ispra;
- 1981: Iscrizione nell'elenco nominativo degli Esperti Qualificati col grado III per la radioprotezione;
- 12-16/11/1984 Corso di "Analisi di affidabilità e sicurezza" presso il CCR-Euratom di Ispra;
- 11/06/1986 Abilitazione alla conduzione del reattore nucleare Triga Mark II in qualità di Supervisore dopo un periodo di addestramento presso il Lena;
- 19/07/1995 Attestato di idoneità alla Direzione Tecnica degli impianti nucleari dopo un periodo di addestramento presso il Lena;

Premi e Menzioni di Merito

- 1971: Medaglia d'oro del Rotary Club come primo classificato dell'Istituto nel conseguimento della maturità magistrale;
- I giovani del gruppo BNCT (assegnisti o dottorandi) da me coordinato hanno conseguito i seguenti risultati e premi grazie all'attività di ricerca svolta nell'ambito del gruppo:
 - Silva Bortolussi:
 - Premio per i giovani ricercatori "Fairchild Award", ricevuto durante il 12th International Congress on Neutron Capture Therapy", Takamatsu, Japan, October 2006;
 - Premio "Giovanni Carcea" dedicato a giovani ricercatori che lavorano nell'ambito dei tumori giovanili". Inner Wheel Club, Crotone, Marzo 2012, in riferimento alla ricerca della BNCT applicata all'osteosarcoma del ginocchio;
 - Nicoletta Protti - Premio per i giovani ricercatori "Fairchild Award", ricevuto durante il 14th International Congress on Neutron Capture Therapy", Buenos Aires, Argentina, October 2010;
 - Ian Postuma - Premio per i giovani ricercatori "Fairchild Award", ricevuto durante il 15th International Congress on Neutron Capture Therapy", Tsukuba, Japan, September 2012;

Posizioni di Responsabilità Scientifica

- 1) 2013-2015 INFN esperimento NETTUNO "Neutron Capture Therapy of Thoracic Tumors with new formulations" 36 mesi; responsabile nazionale;
- 2) 2013 INFN progetto premiale MUNES, "Multidisciplinary Neutron Source", 12 mesi; partecipante e responsabile per gruppo BNCT;
- 3) 2013-2015 INFN esperimento NEUTARGS, "NEUtron production TARGeTS"; partecipante;
- 4) 2011-2013 INFN esperimento ARCO (Analysis of Reactor Core); partecipante;
- 5) 2011-2013 INFN esperimento NUC-SMILE, "NUCclear Subcritical Multiplication Installation for Lead Experiment"; partecipante;
- 6) 2011-2012 INFN esperimento MIMO_BRAGG, "Misura e modellazione di danno citogenetico lungo la curva di Bragg di ioni accelerati"; partecipante;
- 7) 2010 Ricerca finalizzata Ministero della Salute "Boron neutron capture therapy (BNCT) in cutaneous recurrences of breast cancer: the diagnostic and therapeutic utility of ¹⁸F-FBPA PET/CT"; 24 mesi; partecipante;
- 8) 2009-2012 INFN esperimento WIDEST1 (Wide Spread Tumors BNCT) 48 mesi; responsabile nazionale;
- 9) 2008 CARIPLO bando Ricerca scientifica e tecnologica sui materiali avanzati "Caratterizzazione di nanomagnetici molecolari per MRI nel trattamento tumorale per cattura neutronica (NCT) con particolare enfasi per la BNCT", 24 mesi; responsabile di unità;

- 10) 2007-2008 INFN esperimento ELBA (Explanted Liver Bnct Application), 24 mesi; responsabile nazionale;
- 11) 2007-2008 INFN esperimento WIDEST (Wide Spread Tumors BNCT) 24 mesi; responsabile nazionale;
- 12) 2006 PRIN: Trattamento delle metastasi polmonari mediante cattura neutronica: studi preliminari; 24 mesi; responsabile nazionale;
- 13) 2006-2009 INFN esperimento CTT; partecipante
- 14) 2005 FIRB Internazionalizzazione: Studi proteomici e farmacocinetici in relazione alla terapia anti-tumorale BNCT; 42 mesi responsabile di unità;
- 15) 2004 PRIN: Misure di assorbimento del boro in tessuto polmonare di ratto affetto da tumore; 24 mesi; responsabile nazionale;
- 16) 2004-2006 INFN esperimento TAOrMINA3, "Trattamento Avanzato Organi Mediante Irraggiamento Neutronico e Autotrapianto; partecipante;
- 17) 2002-2003 INFN esperimento EFRAM; partecipante;
- 18) 2000-2005 INFN esperimento GDHN; partecipante
- 19) PRIN 1998 "Studio delle prestazioni di nuovi rivelatori gassosi (RPC) sottoposti a flussi di neutroni e gamma e ottimizzazione dei materiali impiegati nella loro costruzione"; 24 mesi; partecipante

Referente per i seguenti agreement internazionali

- 1) Collaboration in reactor physics and nuclear medical applications under the INL Faculty Staff Exchange (FSE) program between University of Pavia and Idaho National Laboratory USA (referente per Università di Pavia: S. Altieri) 01/2011 12/2013;
- 2) Agreement on academic exchange between University of Pavia and Medical Center for translational research and Osaka University hospital in the fields of basic research and translational medicine on Neutron Capture Therapy 11/2008 11/2013;
- 3) Agreement for cooperation in the BNCT field between University of Pavia and Essen Universitätsklinikum (referente per Università di Pavia: S. Altieri) 07/2006 07/2009;
- 4) Agreement between University of Pavia and the Johannes Gutenberg-Universität Mainz, in the BNCT field (referente per Università di Pavia: S. Altieri) 08/2006 08/2009;

Membership

- 1984: membro del "Collegio dei Delegati alla sicurezza dell'impianto" presso il Lena;
- dal 1985: Associato all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN); con "Incarico di ricerca scientifica" dal 1992;
- dal 2007 al 2012: membro della Commissione Scientifica Nazionale V dell'INFN;
- dal 2007 al 2012: Coordinatore per la linea scientifica del gruppo V presso la sezione INFN di Pavia;
- da alcuni anni: Osservatore presso INFN_E per conto della Commissione Scientifica Nazionale V dell'INFN;
- dal 2004: membro del Comitato Tecnico Scientifico del Laboratorio Energia Nucleare Applicata (LENA);
- dal 2004: membro dell'International Society for Neutron Capture Therapy (ISNCT);
- dal 2006 al 2012: Membro eletto dell'Executive Board dell'ISNCT;
- dal 2012: membro designato dall'Advisory Councilors Board dell'ISNCT;
- dal 2008: Membro, con nomina ministeriale, della Commissione Tecnica VIA-VAS di cui all'art. 9 del D.P.R. 14/05/2007 n. 90, per la Valutazione dell'Impatto Ambientale presso il Ministero dell'Ambiente;
- dal 1981 Iscritto nell'elenco nazionale degli Esperti Qualificati per la radioprotezione col grado III;
- dal 2000 Liaison officers per la Nuclear Energy Agency (NEA) Data Bank;

Talk su Invito (estratto, solo recenti)

- Congress of Science and Technology of Thailand, October, 2015
- 15th International Congress of Radiation Research (ICRR2015) May 25 to 29, 2015 in Kyoto, Japan.
- “Neutron Capture Therapy Research at INFN and University of Pavia” 9th International Conference on Anticancer Researcher 6-10 October 2014 Porto Carras, Sithonia, Greece
- “Research in neutron capture therapy at University of Pavia” 1st KURRI International Workshop on Neutron Capture Therapy”, March 27-29, 2014, Osaka, Japan
- “Extra-corporeal liver BNCT for the treatment of diffuse metastases” - 7th young researchers' boron neutron capture therapy meeting, Granada Spain dal 22-09-2013 al 26-09-2013
- “Boron Neutron Capture Therapy: research and application in Pavia” Centro Oncologico Tommaso Campanella, Catanzaro, 05-12-2011
- “BNCT research for disseminated tumours” Bucarest 2010
- “BNCT of widespread tumours using nuclear reactor Pavia experience, Workshop “Requirements for BNCT at a Nuclear Research Reactor” Praga 2005
- dal 2007: una serie di SEMANRI SCIENTIFICI ad invito sul trattamento BNCT delle metastasi epatiche col metodo dell'autotrapianto svolti, oltre che in ambito locale e nazionale, anche in Argentina presso l'Università di La Plata e presso il Centro Atomico Ezeiza e il Centro Atomico Constituyentes della Comision Nacional de Energia Atómica (Buenos Aires, Argentina), l'Instituto de Oncología Ángel H. Roffo di Buenos Aires, e presso l'Università J. Gutemberg di Mainz;

Pubblicazioni

autore di 219 pubblicazioni di cui:

- 106 lavori pubblicati su riviste internazionali con referee
- 1 lavoro in corso di stampa
- 1 lavoro accettato con “minor revision” nel 2015
- 3 lavori sottomessi nel 2015
- 102 contributi in atti di conferenze internazionali
- 4 contributi in volume
- 2 libri

Database SCOPUS in data 19 febbraio 2015 (95 documenti) Numero totale di citazioni 1357, h-index 21

Pavia 19 febbraio 2015

Saverio Altieri

