

Rossella Brunetti

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
Dipartimento di Scienze Fisiche, Informatiche e Matematiche

Settore Scientifico Disciplinare:

PHYS-04/A - Fisica teorica della materia, modelli, metodi matematici e applicazioni

Curriculum in breve

Nata a Modena l'11 novembre 1957

1975 *Diploma di maturità classica con votazione di 60/60*

1981 *Laurea in Fisica, indirizzo generale, presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Modena, dopo aver discusso una tesi dal titolo: "Teoria del Trasporto Elettronico in Silicio", con voto di 110/110 e lode.*

1982 *Viene nominata per un biennio **Coordinatore presso la Scuola Diretta a Fini Speciali di Informatica per Analisti di Sistemi e Procedure dell'Università di Modena** e svolge anche attività di esercitazioni per il corso di Matematica di detta Scuola.*

1983 *Vince il **Premio per Giovani Ricercatori della Società Italiana di Fisica***

1983 *Vince il **Concorso per Dottorato di Ricerca in Fisica** presso il Consorzio Modena-Parma (primo ciclo)*

1987 *Completa gli studi e la formazione, conseguendo il titolo di **Dottore di Ricerca in Fisica**, con la discussione di una dissertazione dal titolo: "Soluzione Monte Carlo dell'Equazione di Liouville-von Neumann per il Trasporto Quantico in Semiconduttori".*

1987 *E' titolare di una **Borsa di Studio**, nell'ambito del Progetto Finalizzato C.N.R. "Materiali e Dispositivi per l'Elettronica a Stato Solido", erogata dalla SGS-Thomson. La Borsa verrà rinnovata fino al 1990.*

1990 *Prende servizio presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Modena come **ricercatore universitario**, dopo essere risultata vincitrice del relativo concorso nello stesso anno.*

Dal 1990 al 1993 *Svolge attività seminariali e di esercitazione a supporto alla didattica in Fisica presso la Facoltà di Scienze e la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Modena.*

1990-2001 *Tiene il corso di Fisica dei Semiconduttori presso il CdL in Fisica della Facoltà di Scienze M.F.N. , e presso i C.D.L. in Ingegneria dei Materiali e Ingegneria Elettronica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Modena e Reggio Emilia.*

1993 *Riceve la conferma in ruolo come ricercatore presso il Dipartimento di Fisica della Università di Modena e Reggio Emilia.*

2002 *Prende servizio presso il Dipartimento di Fisica dell' Università di Modena e la Facoltà di Farmacia della stessa Università come professore di seconda fascia, dopo essere risultata vincitrice del relativo concorso nello stesso anno. Afferisce attualmente al Dipartimento di Scienze Fisiche, Informatiche e Matematiche e tiene i corsi di Fisica per il Corso di Laurea Magistrale in Informatica e per i Corsi di Laurea Magistrale a Ciclo unico di Farmacia e Chimica e Tecnologie Farmaceutiche.*

Attività scientifica

L'attività di ricerca che ho intrapreso durante e dopo la Laurea fino al momento attuale, sviluppata principalmente presso il gruppo di Trasporto e simulazione Monte Carlo del Dipartimento di Fisica di Modena, attraverso molte collaborazioni nazionali e internazionali, si articola fondamentalmente sui temi del trasporto elettronico in condizioni semiclassiche e quantistiche, sull'analisi delle proprietà di trasporto dei dispositivi elettronici e delle nanostrutture a semiconduttore, sulle proprietà della conduzione ionica attraverso canali di membrana cellulare e, più di recente, su modelli fisici per trasporto di carica in materiali e strutture a calcogenuro.. Ho acquisito, nel corso degli anni, conoscenza di vari metodi numerici e, in particolare, del metodo simulativo Monte Carlo che ho variamente impiegato per ottenere risultati per diversi sistemi fisici di interesse.

Trasporto di carica semiclassico in semiconduttori bulk

La mia tesi di Laurea ha riguardato uno studio delle proprietà elettroniche dei semiconduttori in regime di risposta non lineare ad un campo elettrico esterno, con applicazione al caso del silicio. Durante lo svolgimento della tesi ho appreso tecniche di calcolo numerico, con particolare riferimento al metodo Monte Carlo, e nozioni di programmazione in FORTRAN, BASIC e PASCAL. Il lavoro di tesi è stato svolto in collaborazione con il gruppo sperimentale olandese del Prof. Zijlstra che ha fornito nuovi dati sperimentali sul coefficiente di diffusione di elettroni in silicio. Partendo dall'interpretazione dei dati sperimentali ho proposto una revisione del modello teorico del Si usato per studiare le proprietà di trasporto e ho elaborato un programma Monte Carlo originale basato sul nuovo modello([tesi di Laurea) che è stato citato e utilizzato molto negli anni successivi come modello di riferimento per lo studio delle proprietà elettroniche di questo materiale.

Dopo la Laurea ho ulteriormente sviluppato questa linea di ricerca in collaborazione con il Prof. Jacoboni e il Prof. Reggiani del gruppo di Trasporto di Modena. In particolare ho analizzato il fenomeno della diffusione intervalley e discusso, utilizzando simulazioni Monte Carlo, la validità della formula di Shockley e le proprietà di sistemi fisici con gradienti di concentrazione rapidamente variabili nello spazio e/o nel tempo. Successivamente ho concentrato l'attenzione sulle proprietà di rumore e diffusione in semiconduttori, sia in condizioni stazionarie che in regime transiente, studiandone le caratteristiche col metodo della funzione di autocorrelazione della fluttuazione della velocità. Questa analisi ha consentito di discutere in dettaglio l'influenza dell'interazione elettrone-fonone sulle proprietà macroscopiche e microscopiche del sistema di portatori di carica nel cristallo. In collaborazione con il Prof. Goodnick dell'Università dell'Oregon, lo stesso tipo di analisi è stato esteso a sistemi di tipo "buca quantica", ove la presenza di minibande porta ad una nuova sorgente di fluttuazione della velocità.

In collaborazione con il Prof. Matulionis dell'Accademia delle Scienze Lituana ho messo a punto una nuova tecnica Monte Carlo, per trattare l'interazione elettrone-elettrone nella simulazione del processo di trasporto in semiconduttori, che consente di ridurre notevolmente i tempi di calcolo. Questa tecnica è stata applicata allo studio del rilassamento di energia in condizioni di “warm electrons”, cioè vicino all'equilibrio termico.

Ho analizzato inoltre due metodologie originali, alternative al metodo Monte Carlo, per la soluzione dell'equazione di Boltzmann in alcuni casi particolari: una di esse si basa sul metodo dei momenti e l'altra, sviluppata in collaborazione con il Prof. Normantas dell'Accademia delle Scienze Lituana, fa uso della funzione di distribuzione di Davydov. Queste metodologie, sebbene abbiano una predittività meno ampia rispetto alla soluzione diretta dell'equazione di Boltzmann, consentono di studiare certe situazioni di trasporto di carica in modo analitico.

Trasporto quantistico dissipativo

Durante il periodo di Dottorato ho iniziato lo studio del problema della formulazione di una teoria del trasporto in termini completamente quantistici e sono pervenuta ad una nuova formulazione perturbativa dell'equazione di Liouville-von Neumann per la matrice densità di un sistema di elettroni e fononi interagenti in un cristallo semiconduttore in presenza di campo elettrico. Questa formulazione si è rivelata adatta per affrontare simulativamente il problema. Ho sviluppato una procedura Monte Carlo originale che ha consentito di risolvere la suddetta equazione per la matrice densità elettronica al quarto ordine perturbativo nell'accoppiamento elettrone-fonone. Con questa procedura si sono studiate le correzioni quantistiche ai risultati classici per due fenomeni fisici di particolare interesse: il riscaldamento di elettroni in silicio partendo da condizioni iniziali di equilibrio termico in presenza di campo elettrico e il raffreddamento di elettroni fotoeccitati in GaAs in assenza di campi esterni. Si è trovato che alcuni effetti tipicamente quantistici quali l'effetto del campo elettrico durante una collisione (“Intra Collisional Field Effect”), e la non conservazione dell'energia nel singolo processo di scattering entro tempi molto brevi (“Collision Broadening”) portano a delle differenze tra il risultato classico e quello quantistico nel primissimo transiente del sistema (dell'ordine di 50 fs). Inoltre le linee classiche di emissione fononica risultano allargate per effetto dei fenomeni quantistici sopra citati. Questo effetto è stato poi verificato sperimentalmente qualche anno dopo.

In collaborazione con il Dott. P. J. Price dell'I.B.M. ho intrapreso uno studio sulla formulazione quantistica risolta in tempo del fenomeno di trasferimento degli elettroni da stati quasi bidimensionali a stati tridimensionali in sistemi di buche quantistiche (“real-space transfer”). La formulazione quantistica, basata sul metodo della matrice densità consente di ottenere una probabilità “congiunta” di misurare per la particella una data posizione e un dato impulso che può essere utilizzata in una simulazione semiclassica del fenomeno.

Più di recente ho iniziato uno studio del trasporto quantico in sistemi unidimensionali con profilo di potenziale arbitrario in presenza di scattering fononico con il metodo della funzione di Wigner. In particolare ho studiato una formulazione perturbativa del problema che vede incluso il potenziale unidimensionale dovuto alla eterostruttura ed eventualmente un potenziale esterno nella hamiltoniana imperturbata, mentre l'interazione elettrone-fonone viene trattata con una teoria perturbativa ad ordini successivi. Il calcolo delle autofunzioni e autovalori per il problema imperturbato e i contributi ai vari ordini perturbativi vengono calcolati con una procedura numerica. Questa trattazione consente di studiare per la prima volta la dinamica quantistica continua dell'interazione, prescindendo da ipotesi approssimate di tempo di rilassamento, comunemente usate in letteratura a questo proposito. Questa formulazione è stata applicata allo

studio della dinamica di un gas di elettroni non interagenti attraverso un diodo ad effetto tunnel risonante, in presenza o in assenza di polarizzazione esterna e in presenza o in assenza di interazione elettrone- fonone e si è studiato come la trasmissione della corrente attraverso la struttura viene influenzata dall'azione dello scattering. Un ulteriore importante passo avanti nella formulazione teorica del trasporto quantico con l'equazione di Wigner è stata la dimostrazione che nel caso di sistemi aperti, cioè in grado di scambiare particelle con i contatti, allo scopo di risolvere l'equazione di Wigner è possibile sostituire condizioni iniziali a un tempo fissato su tutto il dominio spaziale di definizione, con condizioni al contorno a tutti gli istanti ai contatti del sistema e condizioni iniziali nella regione spaziale al sistema. Questa teoria è stata utilizzata per lo studio delle proprietà di trasporto quantistico in nanostrutture a semiconduttore.

E' stata inoltre elaborata una formulazione nuova della teoria del trasporto quantico di Wigner in termini del concetto di Wigner "paths". Questi cammini, definiti nello spazio delle fasi e associati alla soluzione dell'equazione del trasporto di Wigner sono utilizzati con successo nella soluzione numerica dell'equazione di Wigner in presenza di scattering fononico.

L'uso dei Wigner paths ha consentito una analisi da principi primi degli effetti della violazione quantica delle ipotesi semiclassiche di collisioni puntiformi nello spazio e nel tempo e della ipotesi di conservazione dell'energia in ogni singolo evento di scattering. Negli ultimi due anni, in collaborazione con il Dott. Bordone ho elaborato un programma Monte Carlo, basato su una teoria completamente quantistica, per l'analisi del trasporto elettronico attraverso un diodo ad effetto tunnel risonante, considerato come sistema prototipo per lo studio degli effetti quantistici sul trasporto in strutture mesoscopiche. Il programma include interazione dei portatori con il bagno fononico e con il profilo di potenziale trattate perturbativamente, mentre l'effetto del potenziale esterno è incluso nella descrizione dell'evoluzione delle traiettorie elettroniche nello spazio delle fasi.

L'ultimo sviluppo di questa linea di ricerca è stato l'estensione del concetto di funzione di Wigner al caso in cui vettore d'onda elettronico ed energia siano da trattarsi come variabili indipendenti (non legate cioè dalla legge di conservazione dell'energia). La nuova funzione di Wigner così definita può essere applicata allo studio degli effetti polaronici in semiconduttori composti.

Trasporto quantistico coerente

Negli ultimi anni parte della mia attività scientifica è stata dedicata allo studio delle proprietà del trasporto quantico coerente, cioè in assenza di scattering dissipativi. In particolare ho concentrato la mia attenzione sulla possibilità di utilizzare le proprietà del trasporto coerente al problema della definizione di un quantum bit a stato solido per applicazioni di quantum computation. Su questo argomento ho presentato due PRIN finanziati negli anni 1998 e 2000, di cui il Prof. Rudan dell'Università di Bologna è responsabile nazionale. In collaborazione con il Dott. Bertoni ed altri colleghi dell'Università di Bologna ho mostrato come una opportuna disposizione di due fili quantici accoppiati tramite barriere di potenziale, la cui altezza e spessore vengono cambiate lungo il wire, può essere utilizzata per definire un "quantum bit" a stato solido e come gates logici quantistici come il NOT-gate, il CONTROLLED-NOT-gate possano essere realizzati tramite questo sistema. La definizione dello stato del qubit come localizzazione di un elettrone nel wire sinistro o destro di una coppia di quantum wires, e' stata formalizzata come somma e differenza degli stati di base simmetrico e antisimmetrico della particella nel profilo di potenziale trasversale della coppia di fili quantici. Tale definizione risulta possedere le proprietà necessarie per rappresentare un bit quantico.

Uno studio simulativo dettagliato che utilizza un solutore di Schroedinger bidimensionale tempo dipendente con interazione elettrone-elettrone in approssimazione Hartree, ha mostrato che fili quantici così accoppiati funzionano come porte logiche di base per applicazioni di quantum

computing. In particolare si sono determinati i parametri ottimali del sistema (energia di iniezione, altezza della barriera di potenziale ritardante, dimensione laterale dei fili, ecc.) affinché la porta logica introduca un ritardo di fase su una delle due componenti del singolo qubit. Numerose simulazioni della dinamica della propagazione elettronica coerente in dispositivi a singolo qubit, con due fili quantici accoppiati in una zona di lunghezza variabile, hanno permesso di trovare una relazione fra la lunghezza della finestra di accoppiamento e l'angolo di rotazione a cui sono sottoposte le due componenti del qubit, ovvero la percentuale di funzione d'onda che passa, per effetto tunnel, da un wire all'altro. La porta logica NOT è così realizzabile quando la funzione d'onda sia sostanzialmente localizzata, dopo l'attraversamento della finestra di accoppiamento, sul secondo wire. Porte logiche quantistiche quali il "controlled-NOT" e il "conditional phase shifter" richiedono l'uso di due q-bits accoppiati tramite l'interazione colombiana. Problemi attualmente in studio sono il migliore meccanismo di iniezione di uno o due elettroni lungo i wires e quanto sensibili sono i comportamenti delle porte logiche a meccanismi che introducano una decoerenza della funzione d'onda.

Modelli fisici di trasporto ionico in canali di membrana

Attraverso contatti stabiliti con ricercatori della SISSA di Trieste, del Centro di Eccellenza ARCES dell'Università di Bologna e ricercatori della nostra stessa Università la Prof. Brunetti ha costituito un gruppo di ricerca che ha come obiettivo la formulazione di modelli simulativi di tipo Monte Carlo per l'analisi delle proprietà di conduzione e rumore di singoli canali ionici. La ricerca si è concentrata sul caso del KcsA, ma la metodologia sviluppata può estendersi all'analisi di altri canali di cui sia nota la struttura molecolare da informazioni diffrattometriche. Tramite uso del metodo Molecular Dynamics per la simulazione atomistica del poro nanometrico si sono calcolati da "principi primi" alcuni parametri poi utilizzati nella simulazione. Attraverso la formulazione di un modello simulativo basato sull'identificazione di certe configurazioni occupazionali ioniche energeticamente più stabili di altre, utilizzando la teoria di Kramers si sono calcolate le probabilità di transizione da una configurazione all'altra e successivamente si è realizzato un simulatore Monte Carlo che fornisce la caratteristica corrente tensione del canale al variare della concentrazione ionica nei bagni intra ed extra cellulari.

Nello stesso periodo mi sono anche interessata, in collaborazione con la Prof. Rita Bardoni del Dip. Di Scienze Biomediche (UniMoRe) di modelli statistici per la modulazione della trasmissione sinaptica delle cellule nervose.

Modelli fisici di trasporto in dispositivi

L'attività da me svolta nel campo del trasporto elettronico in dispositivi è iniziata con lo studio del trasporto in silicio ad energie molto più alte di quelle solitamente considerate nei calcoli tradizionali di trasporto fuori equilibrio (cioè maggiori di un eV). A tale scopo è stato necessario estendere il modello tradizionale di trasporto includendo una struttura a bande più complessa che comprenda i minimi superiori, nonché una trattazione coerente dei meccanismi di scattering che tenga conto della corretta densità degli stati. La ionizzazione da impatto va pure inclusa nel modello poiché ad alte energie essa gioca un ruolo fondamentale nel raggiungimento della condizione stazionaria.

Ho elaborato un modello sferico semplificato comprendente quattro bande in una zona di Brillouin finita, la cui densità di stati ben riproduce gli aspetti della densità di stati ottenuta da un calcolo a bande di tipo tradizionale.

In collaborazione con il gruppo del Prof. Engl dell'Università di Aachen ho elaborato una trattazione della ionizzazione da impatto consistente con il modello a molte bande discusso sopra. Dopo aver ottenuto risultati soddisfacenti per il caso del Si in condizioni omogenee, si è studiato in collaborazione con il gruppo del Prof. Riccò della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna

il problema della applicazione del modello alla simulazione dei dispositivi M.O.S al Si. Successivamente si è elaborato, sulla linea di quanto già fatto per il caso degli elettroni, un modello di trasporto per lacune in condizioni di altissime energie e campi elettrici applicati, che poi è stato utilizzato per lo studio di fenomeni di degradazione in dispositivi M.O.S. e per l'analisi delle proprietà di conduzione di dispositivi p-n-p. L'elaborazione di un modello fisico adeguato alla simulazione simultanea di elettroni e lacune consente di studiare, col metodo Monte Carlo, effetti fisici importanti quali la degradazione dei dispositivi e le caratteristiche delle correnti di substrato. Confronti con risultati sperimentali sono stati effettuati per dispositivi a canale corto (cioè di lunghezza inferiore o dell'ordine di 10 micron).

Sempre in relazione al problema del trasporto elettronico ad altissimi campi elettrici si è analizzata una estensione del formalismo teorico di Bohm e Pines per la trattazione dell'interazione coulombiana degli elettroni in un solido al caso di bande qualsiasi con simmetria sferica. Ciò ha consentito di includere nel simulatore Monte Carlo discusso sopra l'interazione coulombiana in modo consistente con il resto del modello fisico e di studiare l'effetto dell'interazione elettrone-elettrone sul rilassamento dell'energia e dell'impulso in situazioni di interesse sperimentale. In particolare si sono studiate, tramite il metodo Monte Carlo, le proprietà di rilassamento degli elettroni caldi nel canale di un dispositivo MOS in prossimità del gas di elettroni freddi presenti nel drain.

La ricerca nel campo della fisica dei dispositivi si è indirizzata anche verso l'interpretazione teorica della luce emessa da dispositivi in silicio. In particolare è stata realizzata una analisi teorica delle proprietà di polarizzazione della luce emessa da un dispositivo in silicio per effetto delle transizioni verticali banda-banda. Il calcolo teorico dell'intensità assoluta di emissione, basato su un modello di struttura a bande ottenuto con il metodo dello pseudopotenziale e su una funzione di distribuzione ricavata da una simulazione Monte Carlo includente lo stesso modello a bande, è risultata in buon accordo con i dati sperimentali disponibili e ha consentito di discutere il peso relativo di transizioni dirette ed assistite nella determinazione dello spettro di emissione. La stessa analisi è stata estesa ai dispositivi basati sul GaAs.

Una linea di ricerca è stata condotta in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università di Bologna, riguardante l'analisi della conducibilità termica dovuta ad elettroni caldi in semiconduttori. Questo tema è di duplice interesse. Da un lato l'analisi della conducibilità termica fuori equilibrio contribuisce ad arricchire la conoscenza teorica del modello microscopico di conduzione in semiconduttori, finora prevalentemente analizzato tramite le proprietà del trasporto di carica. D'altro canto il modello idrodinamico, ampiamente utilizzato per la simulazione dei dispositivi elettronici, necessita di informazioni di input relative ai tempi di rilassamento di energia, impulso e flusso di calore, che sono legati proprio alle conducibilità elettrica e termica. Tramite simulazioni Monte Carlo effettuate per il caso di elettroni in silicio, si sono studiate le conducibilità termiche longitudinale e trasversale in dipendenza da intensità e direzione di applicazione di un campo elettrico esterno. Si sono calcolati i tempi di rilassamento di impulso, energia e flusso di calore da una analisi simulativa delle funzioni di correlazione rilevanti, anche in relazione ad eventuali proprietà di anisotropia in dipendenza della direzione cristallografica di applicazione del campo esterno di potenziale interesse per i simulatori idrodinamici dei dispositivi.

Il metodo idrodinamico, in particolare, è stato riesaminato ed è stato teoricamente dimostrato che, nel limite di equilibrio, le definizioni idrodinamiche di tempo di rilassamento del momento e del flusso di calore coincidono con le definizioni previste dalla termodinamica e, quindi, soddisfano le relazioni di Onsager.

Modelli fisici di trasporto in dispositivi e strutture a calcogenuro

A partire dal 2010 fino ad oggi RB ha avviato, in collaborazione tra il Centro di Ricerca Nazionale ARCES e la compagnia americana INTEL, una attività di ricerca volta ad indagare alcune proprietà di trasporto di carica in materiali denominati “calcogenuri”, con particolare riferimento alle leghe di germanio, antimonio e titanio denominate “GST”, opportunamente modellati per descrivere dispositivi di memorie a cambiamento di fase. Il progetto scientifico ha avuto come obiettivo la formulazione e la implementazione numerica di un modello microscopico accurato per la conduzione di portatori in GST amorfo da utilizzarsi all’interno di un simulatore di dispositivo. Durante lo svolgimento delle ricerche si sono realizzate, su temi specifici, collaborazioni con Prof. Pop (Stanford, USA), il Prof. Ielmini (Politecnico Milano) e il gruppo sperimentale del Prof. Anbarasu Manivannan (Indian Institute of Technology, Madras). Il modello così elaborato è stato poi esteso in modo da poter studiare fenomeni dipendenti dal tempo e sistemi non omogenei, includendo anche gli effetti della presenza di un circuito esterno sulla risposta elettrica del sistema. Il confronto con dati sperimentali resi disponibili negli ultimi anni hanno confermato le previsioni del modello nei diversi contesti di misura. Attualmente è in studio, in collaborazione col CNR di Bologna e Catania, la progettazione di un selettore per memoria a cambiamento di fase che consenta l’uso di contatti di grafene, sfruttando l’intrinseca bidimensionalità di questo materiale. L’uso di strutture “self heating” e di interconnessioni di grafene consente di progettare prototipi di array planari con prestazioni competitive con quelle degli attuali dispositivi di memoria convenzionali, con evidenti importanti ricadute applicative e tecnologiche. RB è membro dell’ International Advisory Committee della “XIV Conference on Nonequilibrium Carrier Dynamics in Semiconductors”, dal 2004. RB è membro del Program Committee della 22-esima Edizione della Conferenza International Workshop on Computational Nanotechnologies (IWCN) (Barcellona 2023).

Attuali collaborazioni nazionali ed internazionali

ITALIA

Prof. Ing. M. Rudan, Prof. Elena Gnani, Università di Bologna
Dott. D. Ielmini, Politecnico di Milano
Dott.ssa Rita Rizzoli, CNR Bologna.
Dott. Giuseppe D’Arrigo, CNR Catania
Dott. Ing. Enrico Piccinini, Applied Material Italia (Reggio Emilia)

INDIA Prof. Anbarasu Manivannan, Indian Institute of Technology Madras, India.

Attività di Terza Missione

RB organizza dal 2004 annualmente una attività di terza missione denominata “La Curiosità fa lo Scienziato”, finanziata dall’Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia e rivolta alla cittadinanza e alle Scuole di ogni ordine e grado. Ogni anno viene proposto un tema scientifico multidisciplinare e vengono organizzati laboratori allestiti con posters, esperimenti dal vivo e documentazione varia. I visitatori incontrano scienziati e compiono osservazioni e semplici esperimenti che svelano con linguaggio semplice grandi idee da far proprie. Le attività sono seguite da centinaia di persone ogni anno.

Attualmente RB coordina un progetto di recupero della strumentazione scientifica storica dell’Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia che culminerà con la mostra: “Tesori

Modenesi Ritrovati” che si svolgerà nell’autunno 2025 nell’ambito delle celebrazioni dell’850-esimo anniversario della nostra Università.