



Gruppo di ricerca in FISICA DELLE BASSE TEMPERATURE.

Componenti:

- Caterina Branca (PA)
- Giovanna D'Angelo (PA)
- Andrea Mandanici (PA)
- Ulderico Wanderlingh (PA)
- Mauro Federico (RTI)
- Valeria Conti Nibali (RTDA)
- Valentino Romano (Postdoc)

Premessa

Le ricerche in Fisica delle basse temperature presuppongono la realizzazione di esperimenti a temperature criogeniche o la termalizzazione dei *detectors* a temperature inferiori a 80 K (-193 °C).

Per raggiungere le temperature necessarie si utilizzano tipicamente elio liquido (4 K pari a -269 °C) e azoto liquido (77 K pari a -196 °C), che sono prodotti dai liquefattori di elio e di azoto attualmente nella disponibilità del Gruppo.

Il Gruppo raccoglie la quarantennale tradizione di ricerca nelle basse temperature che, cominciata nell'Istituto di Fisica, prosegue l'attività sino a tutt'oggi nel MIFT.

Tale attività ha portato

- alla formazione di decine fra ricercatori, tesisti, dottorandi e tecnici specializzati,
- alla creazione del substrato culturale e del *know-how* di cognizioni ed esperienze per il corretto impiego delle tecnologie "del freddo" (e quindi del vuoto e dell'ultra-vuoto) e della ricerche ad esse relate,
- allo **sviluppo di competenze nella progettazione e realizzazione**, totalmente *in house*, di **strumentazioni altamente sofisticate** (criostati ad He⁴ ed a diluizione He³-He⁴, calorimetri, conduttimetri e bolometri operanti a bassissime temperature),
- alla individuazione e sviluppo di numerose linee di ricerca che spaziano dalla biofisica alla **energetica sostenibile**,
- alla realizzazione di nuovi laboratori (di **Alte Pressioni**, di **Spettroscopia Ottica**, di **Calorimetria e analisi termica**, di **Spettroscopia dielettrica**).

La produzione di centinaia pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali censite, altrettante fra comunicazioni orali e su invito a congressi nazionali ed internazionali, testimonia l'impegno e l'alto grado di competenze patrimonio del Gruppo stesso.

Attività di ricerca:

- **fisica fondamentale** origine delle dinamiche vibrazionali e rilassamentali in sistemi con disordine strutturale e/o dinamico, accoppiamento elettrone-fonone, per applicazioni nell'ambito di tecnologie optoelettroniche ed energetiche,
- **fisica e caratterizzazione di materiali di interesse applicativo** (fra cui vetri, polimeri, biopolimeri, argille, materiali nanostrutturati, materiali a bassa dimensionalità fra cui il **grafene**, **perovskiti** organo-metalliche di alogeni) per applicazioni con interessi che spaziano dall'**aerospaziale**, al **drug-delivery**, alla realizzazione di **celle fotovoltaiche** di terza generazione,
- **fisica e caratterizzazione di sistemi di interesse biologico** (membrane lipidiche, proteine), per la comprensione della struttura e funzione biologica.

Obbiettivi principali

Obiettivo principale è **comprendere il ruolo dei modi collettivi** (fononi e moti coerenti di unità molecolari) di bassa energia ($E < 10 \text{ meV} = 2 \text{ THz}$) **e del disordine** nel determinare e influenzare:

- le proprietà macroscopiche termodinamiche, meccaniche e la stabilità dei sistemi condensati per la progettazione di materiali con proprietà fisico-chimiche (rigidità, conducibilità termica ed elettrica, nanostrutturazione, etc.) predefinite per applicazioni che spaziano dalla **nanomedicina**, all'**energetica**;
- le proprietà e la funzione delle **biomolecole** fra cui la loro influenza sul *folding* delle proteine, sui cambi conformazionali, sulle interazioni di *binding* e di solvatazione, sulla **comunicazione cellulare**;
- le proprietà di trasporto di cariche e i loro processi di ricombinazione attraverso le interazioni elettrone-fonone in **sistemi di bassa dimensionalità e perovskiti** al fine di comprenderne il funzionamento e migliorarne le *performances* attraverso una progettazione compositiva opportunamente mirata.

Tutti gli studi descritti prevedono attività sperimentali legate all'uso di liquidi criogenici indispensabili sia per il raggiungimento di basse temperature alle quali si svolge l'esperimento, sia per il corretto funzionamento dei *detectors* a corredo di apparati sperimentali sia per la preparativa di campioni liofilizzati che per la loro conservazione.

Tecniche sperimentali impiegate legate all'uso di liquidi criogenici

1. Generazione e rivelazione di onde ultrasonore [misurazione dell'assorbimento e velocità ultrasoniche a basse temperature ($0.1 \text{ K} < T < 300 \text{ K}$)],
2. Calorimetria a bassa temperatura [misurazione del calore specifico $0.1 \text{ K} < T < 100 \text{ K}$],
3. Conduttimetro termico a basse temperature [misurazione della conducibilità termica nella regione $1 \text{ K} < T < 300 \text{ K}$],
4. Spettroscopia infrarosso a trasformata di Fourier (FTIR),
5. Microscopia Raman [misure Raman a bassa frequenza e basse temperature, $T < 70 \text{ K}$],
6. Spettroscopia Raman stimolato al femtosecondo,
7. Differential Scanning Calorimetry DSC [misure di calore specifico, studio delle transizioni e delle separazioni di fase nella regione $70 \text{ K} < T < 800 \text{ K}$],
8. Calorimetro isotermico a titolazione ITC,
9. Dilatometro termico [misure di espansione termica in solidi nell'intervallo termico $70 \text{ K} < T < 1200 \text{ K}$],
10. Spettroscopia dielettrica.

Note:

Il consumo annuo di liquidi criogenici, con laboratori in piena attività, è stimato in:

- 500 litri elio
- 3000 litri azoto

Si consideri infine che l'elio, evaporato negli esperimenti di basse temperature, **non viene perso ma, attraverso linee di recupero, convogliato alla linea di compressione e nuovamente liquefatto** per più cicli, con ciò rendendo sostenibili le nostre ricerche sia dal punto di vista finanziario che ambientale (viene preservata la risorsa limitata di elio).

Pubblicazioni in evidenza:

- [Role of disorder in the thermodynamics and atomic dynamics of glasses](#)
- [Influence of packing on low energy vibrations of densified glasses\)](#)
- [Origin of the first sharp diffraction peak in glasses](#)
- [Boson peak in alkaline borate glasses: Raman spectroscopy, neutron scattering, and specific-heat measurements](#)
- [Why many polymers are so fragile: A new perspective](#)
- [Enhancing the molecular cooperativity of polyvinyl butyral using liquid additives](#)
- [On the Coupling between the Collective Dynamics of Proteins and Their Hydration Water](#)
- [Vibrational collective dynamics of dry proteins in the terahertz region](#)
- [Multiple Interacting Collective Modes and Phonon Gap in Phospholipid Membranes](#)

- [Low frequency dynamics of lysozyme: A Raman scattering and low temperature specific heat study](#)
- [Vibrational collapse of boroxol rings in compacted B₂O₃ glasses: a study of Raman scattering and low temperature specific heat](#)
- [Rattling ions and the anomalous vibrational dynamics of glasses](#)