



RELAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA

Il Dipartimento di Fisica, nell'ambito del progetto PNRR PE0000023 "National Quantum Science and Technology Institute (NQSTI)", intende procedere all'acquisto di un magnete superconduttore "*cryogen free*" ad alto campo (MSCCF).

A tali fini, il Gruppo Tecnico di riferimento dell'Ateneo ha provveduto all'espletamento di un'indagine informale per l'individuazione delle soluzioni tecniche presenti sul mercato. Sulla base degli esiti di tale indagine è stato individuato un operatore in grado di fornire strumenti "*cryogen free*" coerenti con le specifiche esigenze dell'Ateneo: Cryogenic Ltd, in particolare con il modello "*CFM-400MHz-54RT: 400 MHz Ø54 mm RT bore magnet for NMR*". Viceversa, il magnete "*cryogen free*" della ditta Cryomagnetics Inc, presente sul mercato, non presenta le caratteristiche adeguate allo svolgimento delle ricerche del progetto PNRR all'interno del quale ne è previsto l'acquisto.

Questa conclusione è stata raggiunta sulla base di una valutazione comparativa delle condizioni tecniche degli strumenti da parte del Gruppo Tecnico di riferimento (firmatario di questa relazione), che ha individuato il prodotto fornito da Cryogenic Ltd come quello rispondente pienamente alle specifiche esigenze dell'Ateneo sulla base delle sottoindicate motivazioni.

Presso il locale S-02 del laboratorio NMR dell'Università di Pavia (situato al piano semi-interrato del Dipartimento di Fisica, via Bassi 6, Pavia) si vuole posizionare un magnete superconduttore ad alto campo (massimo 9 Tesla) che ricicla l'elio liquido necessario per il raffreddamento della bobina superconduttiva ricondensando a circuito chiuso il liquido evaporato (da cui la dicitura "*cryogen free*").

Il nuovo magnete *cryogen free* permetterà lo svolgimento delle misure di Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) previste all'interno del progetto PNRR. Le misure NMR sono atte a identificare protocolli sperimentali e/o uno o più sistemi a base molecolare capaci di simulare problemi quantistici differentemente non risolvibili. Caratteristica indispensabile per lo svolgimento di tali attività è la ridotta larghezza di riga dello spettro di assorbimento nucleare, necessaria a rilevare tempi di coerenza quantistica lunghi. Inoltre, la stabilità del campo magnetico, e quindi della frequenza di risonanza, è cruciale per avere la certezza di irraggiare sempre lo stesso insieme di nuclei del campione in esame utilizzato per la simulazione quantistica.

L'acquisto del magnete permetterà anche di far fronte ai costi eccessivi raggiunti dall'elio liquido (necessario per il raffreddamento dell'attuale magnete), più che raddoppiati negli ultimi anni.

Cryogenic Ltd è l'unica azienda che dichiara di produrre magneti con le caratteristiche sopra citate, e caratteristiche di omogeneità e drift di campo adeguate per le misure NMR su campioni solidi, ad alta precisione. In particolare, Cryogenic Ltd offre un MSCCF ad alta omogeneità che presenta le seguenti caratteristiche di base:

- Un *bore* "caldo" verticale da 54 mm di diametro;
- Un campo magnetico massimo di 9 Tesla, con bobina solenoidale;
- Sistema di protezione contro il *quench*;
- Gambe di appoggio rimuovibili;
- *Software* e *hardware* di controllo;
- *Power supply* per il magnete.

In aggiunta alle caratteristiche di base, vi sono alcuni aspetti tecnico-sperimentali, dettagliati in seguito e necessari per le nostre ricerche, che rendono lo strumento prodotto da Cryogenic "unico e ottimale" ai nostri fini.

- 1) L'omogeneità al centro del campo magnetico (su 10 mm DSV, *diameter of spherical volume*) per il sistema Cryogenic risulta di ± 1 ppm, come necessario ai fini dello svolgimento del progetto. Tale omogeneità garantisce con il sistema Cryogenic l'acquisizione di spettri NMR con una precisione molto alta ed adeguata agli esperimenti previsti per il progetto, e un massimo allargamento di riga per disomogeneità di circa 400 Hz sul nucleo di idrogeno (^1H), al campo massimo di 9 Tesla;
- 2) La presenza delle bobine di *shimming* nel sistema Cryogenic garantisce l'omogeneità di cui al punto 1;
- 3) Nella modalità "*Persistent Mode*", il rateo di deriva (*drift rate*) del campo magnetico nel sistema Cryogenic risulta di 0.1 ppm/hr, del tutto in linea con le misure sperimentali previste. Questo dato è particolarmente rilevante in quanto garantisce una deriva massima di soli 40 Hz all'ora per la riga del nucleo ^1H . La stabilità temporale del campo magnetico è indispensabile per garantire la stabilità e la riproducibilità dei risultati sperimentali di simulazione quantistica necessari per sviluppare il citato progetto PNRR;
- 4) L'effetto delle disomogeneità statiche e dinamiche sugli spettri NMR può essere corretto grazie all'approccio descritto nel brevetto N40059-GB (UK Patent Number) depositato da Cryogenic Limited;
- 5) Grazie al brevetto N40082-GB (UK Patent Number) depositato da Cryogenic Limited è inoltre possibile acquisire spettri con la tecnica NMR Magic Angle Spinning che consente una più elevata risoluzione.

Il gruppo tecnico-scientifico di riferimento dell'Ateneo

Pietro Carretta, Alessandro Lascialfari, Manuel Mariani, Giacomo Prando