



**OGGETTO:** *Acquisto di strumentazione all'interno del Progetto Prot IR0000003 – IRIS (Decreto Direttoriale n. 104 del 20-06-2022 pubblicato sul sito MUR), a valere sulle risorse di cui all'Avviso n. 3264 del 28/12/2021 "Rafforzamento e creazione di IR nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).*

## **SCHEDA TECNICA**

### **1. Fabbisogno**

L'obiettivo del Progetto infrastrutturale IRIS (Prot. IR0000003, CUP I43C21000230006) consiste nel creare un'infrastruttura distribuita sulla superconduttività applicata facendo leva su competenze e strumentazioni di alto livello esistenti nei poli territoriali coordinati da una direzione centrale, così da coprire: a) studi sul magnetismo e la superconduttività, b) scienza e ingegneria di superconduttori e materiali tecnologici, c) progettazione e ingegnerizzazione di magneti, d) produzione innovativa, test in condizioni criogeniche di magneti e dispositivi superconduttori, e) test di dispositivi e magneti in condizioni operative.

In particolare il progetto prevede il rafforzamento del laboratorio di Superconduttività e Magnetismo dell'Università del Salento in qualità anche di nodo italiano dell'infrastruttura europea di magnetismo EMFL-ISABEL.

A tale scopo, sui fondi del Progetto infrastrutturale IRIS (Prot. IR0000003, CUP I43C21000230006), è stato previsto l'acquisto di :

- un sistema criogenico a ciclo chiuso completamente automatizzato, modulare ed espandibile per l'indagine di proprietà fisiche in presenza di campi magnetici ed a temperature variabili.
- un magnetometro SQUID criogenico a ciclo chiuso completamente automatizzato, modulare ed espandibile per lo studio di proprietà magnetiche fino a 7 Tesla in un ampio range di temperature ed in presenza di illuminazione esterna e sotto l'applicazione di campi elettrici.  
per studi avanzati su materiali e dispositivi di interesse nell'ambito del magnetismo e della superconduttività da condurre senza la necessità di un continuo acquisto di elio liquido (a ciclo chiuso / cryogen-free).

La strumentazione dovrà garantire elevatissimi standard di operatività per la quantificazione accurata e affidabile di proprietà fisiche di interesse e misure di magnetometria, a cui aggiungere bassi costi di esercizio e manutenzione, velocità, flessibilità e semplicità di analisi, al fine di consentire l'analisi di un elevato numero di campioni con differenti caratteristiche. Inoltre, i sistemi devono essere dotati di un'ampia gamma di strumentazione accessoria da poter acquisire in futuro per ampliare le funzionalità e il tipo di analisi eseguibili.

### **2. Requisiti minimi**

Stante il sopra indicato fabbisogno, si riportano di seguito tutte le caratteristiche e requisiti minimi che i sistemi da acquisire e la ditta appaltatrice devono soddisfare.



## 2.1 un sistema criogenico a ciclo chiuso completamente automatizzato, modulare ed espandibile per l'indagine di proprietà fisiche in presenza di campi magnetici ed a temperature variabili.

- Sistema di controllo della temperatura
  - a. Intervallo di temperatura: 2 – 400 K.
  - b. Precisione nell'impostazione della temperatura: almeno  $\pm 1\%$ .
  - c. Stabilità della temperatura: almeno  $\pm 0.1\%$  ( $T < 20$  K) e  $\pm 0.02\%$  ( $T > 20$  K).
  - d. Tempi di raffreddamento (cooldown) iniziale da temperatura ambiente  $< 16$ h. Tempi di raffreddamento (cooldown) del campione da temperatura ambiente a 2K non superiori a 45 minuti senza pre-raffreddamento (pre-cooling) dello spazio del campione
  - e. Modalità di misurazione in scansione della temperatura tale da consentire misurazioni rapide durante la variazione della stessa a velocità impostata dall'utente (tra 0.01 e 5 K/min). Scansioni fino a 4.2K graduati e monotone nelle sequenze sia di raffreddamento che di riscaldamento
  - f. Controllo del flusso dell'elio per la gestione della temperatura al campione per mezzo di una doppia impedenza per un funzionamento continuo e completamente automatizzato su tutto il range (2 – 400 K). Lungo tempo di mantenimento della temperatura al di sotto di 4.2 K in modo continuo. Assenza di qualsivoglia valvola meccanica a spillo.
  - g. Misurazione della temperatura al campione attraverso l'uso di tre sensori di temperatura disposti opportunamente sulla camera del campione così da poter valutare la presenza di gradienti termici.
- Sistema di generazione/controllo campo magnetico fino a 9 Tesla
  - a. Risoluzione del campo magnetico: 0.2 Oe (20 mT) per campi fino ad almeno 1000 G e 2 G (0.2 mT) per campi fino a 9 Tesla.
  - b. Uniformità del campo magnetico: almeno 0.01% su 3 cm sull'asse.
  - c. Velocità massima di scansione: almeno 200 Oe/sec.
  - d. Presenza di un sensore di temperatura direttamente sul magnete e spegnimento automatico del magnete se il sistema di raffreddamento si interrompe (ad esempio per interruzione dell'acqua di raffreddamento).
- Pompa criogenica integrata nel sistema
- Sonda ed elettronica per misure di trasporto elettrico di resistenze DC
- Disponibilità di altre sonde
  - Sonda per magnetometria a campione vibrante (VSM) con livelli di rumore  $< 6 \times 10^{-7}$  emu / 0.5% @300K, procedura di autocentrimento del campione, alimentazione del motore VSM tale da garantire operazioni su periodi lunghi senza interruzioni per cambio di batterie, possibilità di integrare un forno fino a 1000K, o celle di misura ad alte pressioni fino a 1.3 GPa, presenza di opzioni per suscettività AC e torque magnetometry
  - Sonda per misure di trasporto elettrico dotata delle seguenti opzioni: resistenza AC, resistenza DC; Van der Pauw – trasporto Hall; rotatore orizzontale, cella a pressione, fotoconduttività, possibilità di configurazione per misure con pressioni fino a 3GPa.
  - Sonda per misure di trasporto termico dotata delle seguenti opzioni: capacità termica, trasporto termico, dilatometro
  - Sonda ottica Multifunzione con accesso ottico allo spazio libero alla camera del campione con le seguenti caratteristiche: (1) Accesso free space con possibilità di posizionare ottiche arbitrarie nel percorso all'interno della camera; (2) Sistema di posizionamento XYZ del campione motorizzato per messa a fuoco e puntamento; (3) Range di temperatura di lavoro: 5K-350K; (4) Contatti elettrici per misurazione elettro-ottiche.



- Sistemi per misure sub-Kelvin: sistema di raffreddamento a diluizione per misure di trasporto elettrico, capacità termica e suscettibilità AC nell'intervallo 50 mK – 4 K; sistema di raffreddamento per misure di trasporto elettrico e capacità termica nell'intervallo 300 mK – 350K, sistema di raffreddamento a smagnetizzazione per misure di trasporto elettrico nell'intervallo 100 mK – 300 K.
  - Sonda per spettroscopia di risonanza ferromagnetica.
  - Compatibilità per misure confocale e Raman.
- Possibilità di sviluppare sonde custom per consentire di espandere ulteriormente le capacità di misura del sistema.

## 2.2 un magnetometro SQUID criogenico a ciclo chiuso completamente automatizzato, modulare ed espandibile per lo studio di proprietà magnetiche fino a 7 Tesla in un ampio range di temperature ed in presenza di illuminazione esterna e sotto l'applicazione di campi elettrici.

- Sistema di controllo della temperatura
- a. Intervallo di temperatura: 1.8 – 400 K.
  - b. Precisione nell'impostazione della temperatura: almeno  $\pm 0.5\%$  ed accuratezza di almeno  $\pm 1\%$ .
  - c. Stabilità della temperatura: almeno  $\pm 0.1\%$  ( $T < 20$  K) e  $\pm 0.02\%$  ( $T > 20$  K).
  - d. Tempi di raffreddamento (cooldown) iniziale da temperatura ambiente  $< 36$ h. Tempi di raffreddamento da temperatura ambiente ad 1.8K (stabile) entro 30 min.
  - e. Modalità di misurazione in scansione della temperatura tale da consentire misurazioni rapide durante la variazione della stessa a velocità impostata dall'utente (tra 0.01 e 5 K/min). Scansioni fino a 4.2K graduali e monotone nelle sequenze sia di raffreddamento che di riscaldamento
  - f. Controllo del flusso dell'elio per la gestione della temperatura al campione per mezzo di una doppia impedenza per un funzionamento continuo e completamente automatizzato su tutto il range (2 – 400 K). Lungo tempo di mantenimento della temperatura al di sotto di 4.2 K in modo continuo. Assenza di qualsivoglia valvola meccanica a spillo.
  - g. Avvio del sistema da temperatura ambiente con l'utilizzo di solo elio gas. Un singolo cilindro standard di elio (50L, 200Bar) deve essere sufficiente per avviare completamente il sistema.
- Sistema di generazione/controllo campo magnetico fino a  $\pm 7$ T
- a. Risoluzione del campo magnetico: 0.33 Oe
  - b. Uniformità del campo magnetico: 0.01% su almeno 4 cm.
  - c. Velocità massima di scansione: almeno 700 Oe/sec.
  - d. Switching tra modo persistente e guidato in meno di 1 sec
  - e. HTS magnet leads per eliminazione di riscaldamento Joule
  - f. Opzioni per degauss magnete
  - g. Presenza di un sensore di temperatura direttamente sul magnete e spegnimento automatico del magnete se il sistema di raffreddamento si interrompe (ad esempio per interruzione dell'acqua di raffreddamento).
- Configurazione di misura col sistema base VSM con sensore SQUID
- a. Misure di cicli di isteresi contenenti molte centinaia di punti in meno di un'ora
  - b. Sensibilità in modalità VSM: almeno  $1 \times 10^{-8}$  emu (a campi  $< 0,25$  T) con medie inferiori a 10 sec
  - c. Sensibilità in modalità VSM: almeno  $8 \times 10^{-8}$  emu (a campi  $> 0,25$  T) con medie inferiori a 10 sec
  - d. Sensibilità in modalità DC:  $5 \times 10^{-8}$  emu (a campi  $< 0,25$  T)
  - e. Sensibilità in modalità DC:  $6 \times 10^{-7}$  emu (a campi  $> 0,25$  T)



- f. Momento DC massimo: 2 emu (DC Scan), >100 emu (VSM)
  - g. Capacità di misura durante la scansione in temperature (sia in riscaldamento che raffreddamento)
  - h. Misure in scansione DC SQUID in grado di raccogliere almeno 800 punti o più (uscita SQUID rispetto alla posizione del campione) per fittare e calcolare ciascuna curva di misura per la massima precisione con medie multiple che utilizzano più curve di fit.
  - i. L'ampiezza deve essere facilmente modificabile dall'utente. Nessuna modifica hardware richiesta.
  - j. Movimentazione del campione utilizzando un motore lineare a corsa lunga con isolamento dalle vibrazioni integrato
  - k. Camera di campionamento sigillata per vuoto medio o alto (senza necessità di alcun flusso di gas)
  - l. Deve essere possibile una correzione secondo la forma del campione indipendentemente dalla geometria (con combinazione del metodo di estrazione VSM e DC)
- Presenza delle seguenti opzioni di misura
- 1. Rotatore orizzontale
    - a) Range fino a 360°
    - b) Dimensione degli step angolari: 0.1° (tipica)
    - c) Riproducibilità: <1.0° con <10° backlash (tipica)
  - 2. Misure suscettività AC
    - a) Range di Frequenza: 0.1 Hz – 1 kHz
    - b) Ampiezza: 0.1 Oe – 10 Oe (con ampiezza di drive massima dipendente dalla frequenza)
    - c) Sensibilità:  $5 \times 10^{-8}$  emu (dipendentemente da frequenza ed ampiezza)
  - 3. Configurazione/sonda per misure di magnetometria DC, VSM e suscettività AC sotto l'applicazione di campi elettrici DC/AC mediante cavi integrati fino a raggiungere il campione (con porta di accesso esterna) in modo da consentire l'applicazione di voltaggi DC/AC durante la misura di magnetometria
  - 4. Configurazione/sonda per misure di magnetometria DC e suscettività AC sotto illuminazione mediante fibra ottica con appositi feedthrough e portacampione in grado di consentire illuminazione del campione durante la misura di magnetometria con opzioni UV-VIS e VIS-IR mediante sorgente di luce tunabile
- Disponibilità di altre opzioni
- 1. Forno per misure con riscaldamento campione fino a 1000K
  - 2. configurazione per misure in alto vuoto
  - 3. configurazione per misure a campi ultra-bassi con "campo zero" definite come un campo minore di  $\pm 0.05$  Gauss entro una finestra di uniformità di campo maggiore di  $\pm 10$  mm attorno alla posizione del centro del campione
  - 4. sonda per misure di trasporto elettrico DC / AC
  - 5. Opzione Helium 3
    - a) Con temperature nel range da 0.42 K a 1.8 K
    - b) Stabilità in temperature durante le misure +/- 1%
    - c) Tempo di raffreddamento (cooldown) da 300 K a 0.5 K inferiore a 3 ore
    - d) Modalità di misura supportate: scansioni DC



– **Gestione e altri aspetti**

- a. I due sistemi devono permettere di effettuare misure completamente automatizzate ad eccezione del cambio del campione. La temperatura, il controllo sul campo magnetico e la misura del campione devono essere completamente automatizzati. Il software deve controllare tutti gli aspetti dell'elettronica, dell'hardware, della gestione del gas, dell'acquisizione e dell'analisi dei dati dello strumento. Il software deve includere un editor di sequenze completo per l'impostazione di sequenze di misurazione non presidiate. Ogni utente deve essere in grado di impostare le proprie sequenze di misurazione e file di dati in modo che le impostazioni e i dati sperimentali siano al sicuro su un sistema multiutente.
- b. I due sistemi devono consentire accesso dell'utente da remoto via Internet.
- c. In entrambi i sistemi, la camera del campione deve essere sigillata per un ambiente del campione controllabile (gas He statico, vuoto); inoltre, il gas He per il controllo della temperatura deve fluire anche intorno alla camera del campione ("anulus di raffreddamento").
- d. L'elettronica deve essere basata su un'interfaccia CAN all'avanguardia.
- e. I due sistemi da acquistare devono essere provati sul campo, con un ampio numero di lavori scientifici pubblicati su riviste ISI che ne citi l'uso e deve avere almeno 500 installazioni in tutto il mondo.
- f. È richiesto un team di assistenza locale disponibile per installazione, formazione e supporto tecnico.

**DNSH:** si precisa che trattandosi di acquisto finanziato nell'ambito del Programma nazionale per la Ricerca (PNR) di cui al DM 737/2021, è assoggettato a quanto previsto dal Regolamento UE n. 241/2021, dal PNRR 2021-2026 (M4C2, investimento 1.1), e dal rispetto di principi e obblighi previsti dall'art 1 comma 6 del DD 2243 del 24-9-21, in particolare della lettera a) - non arrecare un danno significativo agli obiettivi ambientali ai sensi dell'articolo 17 del Regolamento (UE) 2020/852 – DNSH.

### **3. Strumentazione individuata**

A seguito di una prolungata e attenta indagine di mercato, il produttore *Quantum Design Inc.* risulta l'unico soggetto in grado di fornire:

- un sistema criogenico a ciclo chiuso completamente automatizzato, modulare ed espandibile per l'indagine di proprietà fisiche in presenza di campi magnetici ed a temperature variabili.
- un magnetometro SQUID criogenico a ciclo chiuso completamente automatizzato, modulare ed espandibile per lo studio di proprietà magnetiche fino a 7 Tesla in un ampio range di temperature ed in presenza di illuminazione esterna e sotto l'applicazione di campi elettrici.

che soddisfano tutte le caratteristiche tecniche minime richieste e descritte nei precedenti elenchi. Il produttore dispone inoltre di un team locale per l'assistenza all'installazione, formazione e supporto tecnico.

Il costo stimato a disposizione dell'amministrazione per l'acquisto del sistema, inclusi trasporto e installazione, è di € 1.300.000,00, oltre IVA come per legge.