

National Quantum Science and Technology Institute
Missione 4, Componente 2, Investimento 1.3 – Spoke 5
Codice progetto MUR PE00000023 – CUP UNINA E63C22002190007



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II - DIPARTIMENTO DI
FISICA "ETTORE PANCINI"

PROCEDURA APERTA CON APPLICAZIONE DEL CRITERIO DELL'OFFERTA ECONOMICAMENTE PIÙ VANTAGGIOSA INDIVIDUATA SULLA BASE DEL MIGLIOR RAPPORTO QUALITÀ PREZZO, AI SENSI DEGLI ARTT. 71 E 108, D.LGS. N. 36/2023 S.M.I. IN DUE LOTTI AVENTE AD OGGETTO LA FORNITURA DI CRIOSTATI PER LA CARATTERIZZAZIONE DI DISPOSITIVI QUANTISTICI SUPERCONDUTTIVI PER IL PROGETTO NQSTI NEL COMPLESSO UNIVERSITARIO DI MONTE SANT'ANGELO, NAPOLI

ELABORATO TECNICO RELATIVO ALLA GARA IN DUE LOTTI PER L'AFFIDAMENTO DI UN CONTRATTO AVENTE AD OGGETTO LA FORNITURA DI CRIOSTATI PER LA CARATTERIZZAZIONE DI DISPOSITIVI QUANTISTICI SUPERCONDUTTIVI PER IL PROGETTO NQSTI

Premessa

L'intervento in oggetto riguarda l'acquisto di attrezzature scientifiche ad elevato contenuto tecnologico che andranno a far parte della dotazione del laboratorio di computazione quantistica e caratterizzazione di dispositivi superconduttivi quantistici del Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini" dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, e serviranno per il raffreddamento di quantum bits superconduttivi e relativa caratterizzazione alle temperature criogeniche.

Il presente elaborato, allegato alla richiesta di acquisto da parte dei referenti per la definizione delle caratteristiche tecniche è preordinato a definire le caratteristiche tecnico funzionali idonee a soddisfare le esigenze del Dipartimento.

La strumentazione e i materiali oggetto della fornitura dovranno essere senza difetti, nuovi di fabbrica ed originali in ogni loro parte e/o componente, di ultima generazione, completi di tutti gli accessori necessari al corretto funzionamento dell'apparecchiatura, come dettagliatamente indicati di seguito per ogni lotto.

Non potranno essere offerti in gara strumenti usati, anche in condizioni "refurbished" o ex-demo.

Gli elementi descritti rappresentano la configurazione minima richiesta dell'Oggetto a cui l'Offerente dovrà conformarsi nella sua offerta. Le caratteristiche elencate devono essere presenti contemporaneamente per la configurazione richiesta. Il non rispetto di uno o più parametri porterà all'esclusione dell'offerta dalla gara.

Le caratteristiche richieste dovranno essere comprovate in una relazione tecnica, prodotta dall'operatore economico, che dovrà contenere, inoltre, la descrizione dettagliata della strumentazione offerta.

LOTTO n. 1

Il lotto n. 1 riguarda l'acquisto di un criostato a diluizione con temperatura base di circa 10 mK e potenza refrigerante di circa 400 microW intorno ai 100 mK, per garantire il raffreddamento e il funzionamento di quantum bit superconduttivi, sinteticamente definito "Criostato a diluizione con temperatura base di circa 10 mK e potenza refrigerante di 400 microW alla temperatura di 100 mK".

Devono essere parte integrante della fornitura richiesta le seguenti prestazioni:

- Trasporto, consegna, installazione, messa in funzione dello strumento e verifica di conformità.
- Servizio di garanzia, di assistenza e un piano di manutenzione preventiva incluso nel periodo di garanzia standard di 36 mesi.
- Formazione del personale addetto all'utilizzo della strumentazione acquisita per una durata minima di 2 giorni.

Caratteristiche tecniche e funzionali lotto n. 1: Criostato a diluizione

Specifiche:

Inserto frigorifero di diluizione (DR). Sistema frigorifero a diluizione senza liquidi criogenici, incluso 1x crio-refrigeratori del tipo "*pulse tube*" (*PTR*), smorzamento a soffietto e tubi di calore ad azoto integrati per raffreddamento rapido.

Temperatura base < 10 mK per sistema base;

Potenza frigorifera > 10 μ W a 20 mK;

Potenza frigorifera > 400 μ W a 100 mK;

Potenza frigorifera > 550 μ W a 120 mK;

Dati misurati su flangia sperimentale lontana dalla camera di miscelazione;

Tempo di raffreddamento completo da temperatura ambiente a temperatura base < 36 ore.

Spazio campione (parte inferiore della flangia della camera di miscelazione "MXC"): spazio sperimentale sotto la flangia della camera di miscelazione (senza magneti) di almeno 280 mm di diametro e 500 mm di altezza.

Tensione di sistema: unità di controllo con lettura della temperatura ed elettronica di controllo 220 V, 50 Hz. Alimentazione monofase per sistema di trattamento gas e unità di controllo. Unità di controllo indipendente. Crio-refrigeratore del tipo "*pulse tube PTR*", tensione: 380/415V 50Hz.

Sistema di monitoraggio elio gas, tubi da vuoto e linee di pompaggio interconnesse (realizzate in base al layout del laboratorio di quantum computing).

18 litri di Elio-3, miscela di Elio-3–elio-4 per il corretto funzionamento del criostato a diluizione.

Telaio standard: telaio di supporto del sistema criostato a diluizione.

Schermi e flange da vuoto a 3 sezioni: involucro sottovuoto e gruppo schermo antiradiazioni. Schermi antiradiazioni leggeri e custodia sottovuoto facili da maneggiare da massimo due persone senza strumenti di sollevamento o gru.

Pulse Tube Crio-refrigeratore con compressori

Il Pulse Tube crio-refrigeratore con motore remoto dovrà fornire la potenza di raffreddamento criogenica del frigorifero a diluizione senza la necessità di liquidi criogenici. In particolare, dovrà preraffreddare i componenti dell'inserito del frigorifero a diluizione a circa 50 kelvin e circa 3 kelvin tramite interruttori termici integrati, dovrà raffreddare gli schermi contro le radiazioni durante il funzionamento del criostato, fornire uno stadio di preraffreddamento per l'elio3 gas in circolazione quando ritorna al criostato e dovrà fornire ulteriore potenza di raffreddamento al cablaggio sperimentale. Sebbene il Pulse Tube crio-refrigeratore debba essere in buon contatto termico con il criostato e gli schermi contro le radiazioni, è necessario anche che il Pulse Tube crio-refrigeratore sia meccanicamente ben disaccoppiato da essi per garantire bassi livelli di vibrazione. Isolamento meccanico della testa fredda del Pulse Tube crio-refrigeratore: il motore dei tubi a impulso del compressore deve essere montato a distanza dalla testa fredda per ridurre le vibrazioni meccaniche e le interferenze elettromagnetiche.

Pompe:

Tutte le pompe e il compressore della miscela nel sistema di trattamento del gas devono essere privi di olio per evitare la contaminazione della miscela. Il compressore per la circolazione della miscela non deve essere del tipo a membrana, in maniera tale da non avere rischio di rottura con conseguente perdita o contaminazione della miscela, e dovrà essere utilizzato solo durante la condensazione della miscela.

Circolazione della miscela: Pompa Scroll, 580 l/min monofase, 0,6 kW (circa), raffreddata ad aria. **2x Pompa turbo in parallelo, insieme 1500 l/s**, monofase, 0,5 kW (circa) per ciascuna pompa, raffreddata ad acqua: 1,7 LPM a 15–30°C. **Pompa Scroll, 60 l/min (uscita > 2 bar, funge da compressore)**, monofase, 0,25 kW (circa), raffreddata ad aria.

Evacuazione del criostato: Pompa Scroll, 120 l/min, monofase, 0,3 kW (circa), raffreddata ad aria; **Pompa turbo, 67 l/s**, monofase, 0,11 kW (circa), raffreddata ad aria. La pompa turbo dovrà essere dedicata al pompaggio del vuoto.

Compressori del Pulse Tube Crio-refrigeratore: 1x PT415-RM o PT420-RM, trifase, 15 kW (max.), raffreddato ad acqua con massimo 20 LPM a 15–30°C.

Dovranno essere integrate le seguenti funzionalità:

- Tubo di calore per raffreddamento rapido;
- Gruppo soffierto saldato sul bordo per il montaggio del **Pulse Tube Crio-refrigeratore** per ridurre le ampiezze delle vibrazioni;
- Monitoraggio della temperatura;
- 1x Kit riscaldatore 4K: riscaldatore resistivo sulla flangia 4K per un riscaldamento più veloce, 40 W (10 Ohm, 2 A max), integrato con il software di controllo del sistema;
- Trappola fredde: trappola fredda a lunga durata, trappola fredda interna aggiuntiva;
- Sistema di insonorizzazione, che dovrà racchiudere la parte superiore del telaio del criostato;
- Progettazione del layout del laboratorio: progettazione del layout per l'installazione di 1 sistema criogenico di diluizione;
- Schermatura della camera di miscelazione MXC, schermatura cilindrica placcata Au per il fissaggio alla flangia MXC. Materiale: rame placcato oro;
- Imballaggio pronto per esportazione AEREA/STRADA;
- Diverse porte di accesso tra temperatura ambiente e la flangia della camera di miscelazione (flangia MXC), almeno sei porte LOS (line-of-sight) disponibili per il cablaggio sperimentale, mentre altre porte sono richieste per il cablaggio diagnostico del sistema, per pompaggio della

camera da vuoto, per l'accesso alla linea di condensazione dell'elio-3. Almeno quattro porte KF40 non LOS disponibili per cablaggi sperimentali.

- Si richiede che l'unità di diluizione possa essere sostituita senza rimuovere nessuna delle piastre sperimentali. Si richiede l'assenza di giunzioni a saldatura dolce nell'unità di raffreddamento del frigorifero a diluizione. Si richiede che il Pulse Tube crio-refrigeratore possa essere facilmente sostituito senza rimuovere l'unità di diluizione o una qualsiasi delle piastre sperimentali.
- Il criostato dovrà essere isolato elettricamente dal sistema di pompaggio mediante distanziatori, morsetti e guarnizioni elettricamente isolanti, inserite in un'interruzione in ogni linea di pompaggio in prossimità dell'unità di controllo (Gas Handling System);
- Messa in servizio: installazione e primo collaudo, inclusi test di tenuta, raffreddamento completo e dimostrazione della temperatura di base e delle potenze di raffreddamento specificate nel rapporto di prova (temperature tipiche 20 mK e 100 mK);
- Consegna secondo i termini di consegna, compresa l'assicurazione.

Sistema completamente automatizzato:

- Il processo di raffreddamento dalla temperatura ambiente alla temperatura base dovrà essere completamente automatizzato;
- È richiesto che il sistema possa essere gestito e controllato completamente da remoto. Inoltre, il funzionamento manuale completo e il controllo del sistema dovranno essere possibili senza una connessione al computer;
- Viene richiesto il ripristino automatico al funzionamento in modalità provvisoria dopo un'interruzione di corrente senza il computer di controllo. Il sistema dovrà trovarsi in modalità sicura dopo un'interruzione dell'alimentazione. In caso di lunga mancanza di energia elettrica, è richiesto che la miscela ritorni naturalmente ai serbatoi di elio attraverso il sistema di valvole di sovra-pressione.

Supporto tecnico da remoto a vita.

Assistenza e manutenzione del sistema gratuite per i primi 3 anni.

Cablaggio sperimentale

2x set di installazione cablaggio in corrente continua (CC):

- Set 1: flangia KF40 1x Fischer installato, interruzione a temperatura ambiente con 1x connettore fischer;
- Set 2: flangia KF40 1x Fischer installato, interruzione a temperatura ambiente con 1x connettore fischer

Cablaggio CC:

- 12 coppie intrecciate schermate a bassa resistenza da RT a MXC installate nella porta KF40. Cablaggio sperimentale a doppino intrecciato (rame 35 AWG) dalla scatola di connessione a temperatura ambiente (FISCHER a 24 pin) alla flangia 4K. Cablaggio sperimentale a doppino intrecciato (NbTi/CuNi) da flangia 4K a flangia MXC (Micro-D). Schermatura elettromagnetica inclusa. Ancoraggio aggiuntivo al pulse tube crio-refrigeratore e interruzione intermedia sia a 4K che alla cold plate (100 mK) inclusi.

Cablaggio amplificatori installato nella porta KF40: cablaggio per alimentare fino a 4 amplificatori a basso rumore, incluse le parti di montaggio

- Cablaggio 4x twisted-triplex (rame 35 AWG) dalla scatola del connettore a temperatura ambiente (FISCHER a 24 pin) alla flangia 4K (nano-D)
- Cavo di polarizzazione per 1-4 amplificatori a basso rumore
- Morsetto Nano-D 4 AU
- 2x trave di montaggio 80 mm AU
- 2 staffe di montaggio 86 mm AU
- 8x Adattatore AU
- 8x Gruppo coassiale SMA-SMA 50 Ohm Cu 2.19, 300 mm

4x Staffa di montaggio isolatore: parti di montaggio per isolatori e circolatori

- 1x trave di montaggio 80mm AU 18
- 1x staffa di montaggio 86 mm AU
- 4x adattatore AU
- 4x Gruppo coassiale SMA-SMA 500 Ohm Cu 2.19, 300 mm

3x set di installazione di linee a microonda (RF) per un totale di 49x linee SMA da temperatura ambiente al piatto a 4K.

3x set di installazione per un totale di 49 linee a microonda SMA da temperatura ambiente al piatto a 4K; flangia sottovuoto con 49 passanti SMA ermetici più 3x flangia di ancoraggio termico in alluminio e 3x in oro con paratie F/F SMA per gli stadi a 50K e a 4K.

3x set di installazione di linee a microonda (RF) per un totale di 49x linee SMA dal piatto a 4K al piatto della camera di miscelazione MXC.

3x set di installazione per un totale di 49 linee a microonda SMA dal piatto a 4K al piatto della camera di miscelazione MXC; flange di ancoraggio termico in rame dorato con paratie F/F SMA per Still, Cold Plate e MXC.

19x linee coassiali semirigide (18 GHz) installate su più porte LOS (line-of-sight):

- temperatura ambiente – 4 K: 0,86 mm SCuNi-CuNi (SMA)
- 4 K - stadio della camera di miscelazione MXC: 0,86 mm NbTi-NbTi (SMA)
- Valore dell'attenuatore a 50 K = 0 dB, Valore dell'attenuatore a 4 K = 20 dB, Valore dell'attenuatore a Still = 0 dB, Valore dell'attenuatore a CP = 0 dB, Valore dell'attenuatore a MXC = 0 dB.

23x linee coassiali semirigide (18 GHz) installate su più porte LOS (line-of-sight):

- temperatura ambiente – 4 K: 0,86 mm SCuNi-CuNi (SMA)
- 4 K - stadio della camera di miscelazione MXC: 0,86 mm SCuNi-CuNi (SMA)
- Valore dell'attenuatore a 50 K = 0 dB, Valore dell'attenuatore a 4 K = 20 dB, Valore dell'attenuatore a Still = 0 dB, Valore dell'attenuatore a CP = 20 dB, Valore dell'attenuatore a MXC = 20 dB.

3x linee coassiali semirigide (18 GHz) installate in una porta LOS (line-of-sight):

- temperatura ambiente – 4 K: 0,86 mm SCuNi-CuNi (SMA)
- 4 K - stadio della camera di miscelazione MXC: 0,86 mm SCuNi-CuNi (SMA)

- Valore dell'attenuatore a 50 K = 0 dB, Valore dell'attenuatore a 4 K= 20 dB, Valore dell'attenuatore a Still = 0 dB, Valore dell'attenuatore a CP = 0 dB, Valore dell'attenuatore a MXC = 20 dB.

4 linee coassiali semirigide (18 GHz) installate in una porta LOS (line-of-sight):

- temperatura ambiente – 4 K: 2,19 mm SCuNi-CuNi (SMA)
- 4 K - stadio della camera di miscelazione MXC: 0,86 mm NbTi-NbTi (SMA)
- Valore dell'attenuatore a 50 K = 0 dB, Valore dell'attenuatore a 4 K= 0 dB, Valore dell'attenuatore a Still = 0 dB, Valore dell'attenuatore a CP = 0 dB, Valore dell'attenuatore a MXC = 0 dB.

Set di installazione in fibra ottica, installato in una porta KF40. Set di installazione in fibra ottica comprendente:

- Scatola di break-out a temperatura ambiente
- Flange di termalizzazione a 50 K, 4 K, Still, CP e stadio MXC
- Break-out al piatto della MXC.

Corpo M10 FC/PC Passante ermetico con Thorlab GIF50E installato in una porta KF40

- Chiavetta stretta.
- Chiave allineata all'asse lento.

Corpo M10 FC/PC Passante ermetico con Thorlab 780HP installato in una porta KF40

- Chiavetta stretta.
- Chiave allineata all'asse lento.

2x corpo M10 FC/PC Passante ermetico con SMF28 installato in una porta KF40

- Chiavetta stretta.
- Chiave allineata all'asse lento.

Cavo patch in fibra Thorlab GIF50E FC/PC-FC/PC- un fermacavo. Lg: 1,5 m installato in una porta KF40

- Patchcord in fibra GIF50E
- FC/PC-FC/PC
- Un fermacavo
- Lunghezza dal piatto a temperatura ambiente al piatto della MXC: Lg = 150 cm (± 3 cm)
- Guaina Hytrel 900 μm .
- Fermacavo all'estremità del piatto della MXC.

2x patchcord in fibra monomodale SMF28 FC/PC-FC/PC- un fermacavo. Lg: 1,5 m installato in una porta KF40

- Patchcord in fibra monomodale SM28
- FC/PC-FC/PC
- Un fermacavo
- Lunghezza dal piatto a temperatura ambiente al piatto della MXC: Lg = 150 cm (± 3 cm)
- Guaina Hytrel 900 μm
- Fermacavo all'estremità MXC

Termine d'esecuzione: 7 mesi dalla conferma d'ordine.

LOTTO n. 2

Il lotto n. 2 riguarda l'acquisto di un criostato a evaporazione con temperatura base di circa 300 mK e potenza refrigerante di circa 50 microW intorno ai 350 mK, per garantire il raffreddamento e il funzionamento di dispositivi superconduttivi, sinteticamente definito "Criostato a evaporazione con temperatura base di circa 300 mK e potenza refrigerante di 50 microW alla temperatura di 350 mK".

Devono essere parte integrante della fornitura richiesta le seguenti prestazioni:

- Trasporto, consegna, installazione, messa in funzione dello strumento e verifica di conformità.
- Servizio di garanzia, di assistenza e un piano di manutenzione preventiva incluso nel periodo di garanzia standard di 36 mesi.
- Formazione del personale addetto all'utilizzo della strumentazione acquisita per una durata minima di 2 giorni.

Caratteristiche tecniche e funzionali lotto n. 2: Criostato a evaporazione

Specifiche:

Inserto criogenico a evaporazione. Sistema di refrigerazione ad evaporazione privo di liquidi criogenici, incluso 1x crio-raffreddatore a tubo pulsato PTR.

Temperatura base ≤ 300 mK per più di 30 ore senza carico termico applicato;

Potenza di raffreddamento: ≤ 350 mK per più di 5 ore con 50 μ W applicati;

Intervallo di temperatura: da 300 mK a 300 K

Stabilità della temperatura: ± 3 mK a 1,2 K; $\pm 0,1$ K oltre 1,2 K

Spazio campione (al di sotto del piatto He3-pot): spazio sperimentale al di sotto dell'He3-pot di almeno 30 mm di diametro e 250 mm di altezza. Diametro dell'inserto di almeno 40 mm.

Tensione di sistema: unità di controllo con lettura della temperatura ed elettronica di controllo 220 V, 50 Hz. Alimentazione monofase per sistema di movimentazione manuale del gas. Pulse Tube Cryocooler PTR Tensione: 380/415 V 50 Hz.

Sistema di gestione del gas e linee di pompaggio interconnesse (realizzate in base al layout del laboratorio di quantum computing)

Regolatore di temperatura per inserto a evaporazione:

- Controllo della temperatura del campione dalla temperatura base a 300 K
- Monitoraggio di tutti i sensori di temperatura su canali indipendenti
- Cavo di alimentazione di rete
- Cavi di collegamento diagnostici
- Anelli di montaggio su rack rimovibili

3 litri di elio-3, per prestazioni ottimali del criostato con le seguenti specifiche:

Purezza chimica $> 99,99\%$

Arricchimento isotopico $> 99,9\%$

Pulse Tube Cryocooler con compressore

Il Pulse Tube Cryocooler con motore remoto dovrebbe fornire la potenza di raffreddamento criogenica del sistema di misurazione del frigorifero senza la necessità di liquidi criogenici. Sebbene il Pulse Tube

Cryocooler debba essere in buon contatto termico con il criostato e gli schermi di radiazione, è richiesto che il Pulse Tube Cryocooler debba anche essere meccanicamente ben disaccoppiato da essi per garantire bassi livelli di vibrazione. Isolamento meccanico delle Pulse Tube Cold Heads: i motori del compressore Pulse Tube devono essere montati in remoto dalla Cold Head per ridurre le vibrazioni meccaniche e le interferenze elettromagnetiche. Potenza di raffreddamento nominale del secondo stadio di 1,0 W a 4,2 K. Termometria diagnostica: Cold head dotata di sensore sia sul primo che sul secondo stadio.

Pulse tube: alimentazione trifase, 15 kW (max.), raffreddato ad acqua con massimo 15 LPM a 15–30°C.

Pompe: sistema di movimentazione manuale del gas per il circuito di raffreddamento a circuito chiuso, comprendente:

- Valvole azionate manualmente,
- Pompa di circolazione oil-free da 10 m³/ora,
- Serbatoio di stoccaggio dell'elio con manometro meccanico (serbatoio fornito con carica di elio),
- Trappola per zeolite con riscaldatore integrato per la rigenerazione.
- Kit pompa e lavaggio, inclusa pompa scroll
- OVC-PUMP

Cablaggio sperimentale: Porta a vista configurata con telaio a 24 linee

- 12 doppini intrecciati di costantana cablati fino all'He3-pot
- Connettore Fischer a 24 linee a temperatura ambiente
- Connettore Fischer di accoppiamento
- Cavi volanti all'He-3 pot

È richiesta l'integrazione delle seguenti funzionalità:

- Cablaggio diagnostico, a temperatura ambiente con 2 connettori Fischer a 16 linee per i sensori di temperatura
- Termometro Cernox calibrato sull'He3-pot
- Kit di pezzi di ricambio di base e cassetta degli attrezzi
- Progettazione del layout di laboratorio: progettazione del singolo layout di installazione per 1 sistema di criostato di evaporazione;
- Imballaggio pronto per l'esportazione AEREA/STRADA;
- Il criostato deve essere isolato elettricamente dal sistema di pompaggio mediante distanziatori, morsetti e anelli di centraggio elettricamente isolanti inseriti in un'interruzione in ogni linea di pompaggio vicino al sistema di movimentazione del gas;
- Messa in servizio: installazione e primo collaudo, inclusi test di tenuta, raffreddamento completo e dimostrazione della temperatura di base e delle potenze di raffreddamento specificate nel rapporto di prova;
- Consegna in base ai termini di consegna, inclusa l'assicurazione.

Sistema completamente automatizzato:

- Il raffreddamento dalla temperatura ambiente a quella di base deve essere completamente automatizzato;
- Si richiede che il sistema possa essere azionato e controllato completamente da remoto. Il software di controllo e monitoraggio remoto deve essere disponibile per il download. Inoltre, il

funzionamento e il controllo manuale completo del sistema devono essere possibili senza una connessione al computer. Manuali dell'operatore

Supporto tecnico da remoto a vita.

Assistenza e manutenzione del sistema gratuite per i primi 3 anni.

Tempi di consegna: 7 mesi dalla conferma dell'ordine.