



PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Suministro e instalación de un sistema criogénico de dilución “cryogen-free” de 10 mK con sistema de imanes triaxial de 6T-1T-1T y equipado con sistema de carga rápida de muestras



ÍNDICE

1 Objeto del contrato	3
2 Especificaciones técnicas	3
2.1 Consideraciones generales.....	3
2.2 Componentes del sistema	4
2.3 Especificaciones técnicas en inglés	8
3 Condiciones de suministro	8
3.1 Plazo de entrega.....	8
3.2 Transporte e instalación	8
3.3 Condiciones de pago.....	8
3.4 Prueba de aceptación en fábrica (FAT).....	9
3.5 Prueba de aceptación en sitio (SAT).....	9
3.6 Formación	9
3.7 Acta de recepción	9
3.8 Documentación.....	9
3.9 Garantía.....	10
3.10 Directivas y normativa a cumplir	10
4 Información adicional	10
4.1 Información sobre fondos de la Unión Europea	10



1 OBJETO DEL CONTRATO

Suministro e instalación de un sistema criogénico de dilución tipo "cryogen-free" de 10 mK con sistema de imanes superconductores triaxial (6T-1T-1T), equipado con sistema de carga rápida de muestras y cableado eléctrico DC y RF.

2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.1 Consideraciones generales

El sistema criogénico debe ser de tipo "cryogen-free", es decir, debe operar sin líquidos criogénicos. En lugar, un refrigerador criogénico de tubo pulsado proporcionará la potencia de enfriamiento necesaria para la operación del refrigerador de dilución.

El sistema criogénico de dilución será utilizado para la realización de experimentos de larga duración. Por lo tanto, el sistema debe poseer la capacidad de operación prolongada a bajas temperaturas de modo continuo (períodos de la orden de 2 años).

El sistema criogénico debe operar de modo completamente automatizado, permitiendo la operación y control en modo manual cuando deseado. En caso de fallo de alimentación, el sistema debe ser capaz de recuperarse y restablecerse automáticamente, sin riesgos de pérdida de la mezcla de $3\text{He}/4\text{He}$ o de daños a otras partes del sistema, mismo cuando el ordenador no esté conectado.

El sistema debe estar equipado con un sistema de carga rápida de muestras, que posibilite enfriar muestras desde temperatura ambiente hasta la temperatura base en un periodo menor o igual a 8 horas.

El sistema debe estar equipado con un sistema de imanes superconductores en tres ejes perpendiculares, siendo el campo magnético máximo en el eje principal (vertical) igual o mayor a 6 T, e igual o mayor a 1 T en los otros dos ejes.

El sistema debe estar equipado con cableado eléctrico para medidas experimentales en corriente continua (DC) y corriente alterna en frecuencias de microondas (RF). El cableado eléctrico debe estar conectado desde temperatura ambiente hasta la cámara de mezclas, siendo apropiadamente termalizado en los distintos niveles del sistema criogénico.

Las especificaciones del sistema criogénico de dilución en su forma básica ("bare system"), es decir, **sin tener en cuenta** el sistema de carga rápida de muestras, el sistema de imanes y el cableado experimental, son:

- Temperatura base menor o igual a 10 mK.
- Potencia de enfriamiento mayor o igual a $12\ \mu\text{W}$ (a 20 mK), $250\ \mu\text{W}$ (a 100 mK) y $360\ \mu\text{W}$ (a 120 mK).



- Espacio experimental debajo de la cámara de mezclas de, al menos, 290 mm de diámetro y 240 mm de altura.
- Tiempo de enfriamiento desde temperatura ambiente hasta la temperatura base menor o igual a 20 horas.
- Construcción sin soldaduras blandas ("soft-solder joints") del circuito de circulación de la mezcla de $3\text{He}/4\text{He}$.
- Operación sin bote de 1 K.
- Todas las bombas y el compresor utilizado para circular la mezcla deben ser libres de aceite.
- El compresor utilizado para circular la mezcla no debe ser de tipo membrana, para evitar el riesgo de pérdida o contaminación de la mezcla.
- Paquete de piezas de repuesto para los primeros servicios de mantenimiento.

2.2 Componentes del sistema

El sistema estará formado por:

Refrigerador criogénico de tubo pulsado con compresor

Criostato con inserto del refrigerador de dilución

Cámara de vacío y pantallas de radiación ("radiation shields")

Sistema de manejo de gases (helio/vacío) y líneas de bombeo

Mezcla de $3\text{He}/4\text{He}$

Dispositivo de lectura de temperatura y electrónica de control

Sistema de carga rápida de muestras

Sistema de imanes superconductores en tres ejes perpendiculares (6T-1T-1T)

Cableado experimental DC y RF

Estructura de soporte para el sistema

2.2.1 Refrigerador criogénico de tubo pulsado con compresor

El refrigerador criogénico de tubo pulsado debe proporcionar potencia de enfriamiento para operar el refrigerador de dilución sin líquidos criogénicos. La potencia de enfriamiento del refrigerador de tubo pulsado debe ser mayor o igual a 55 W a 45 K y 2 W a 4.2 K.

El refrigerador de tubo pulsado debe preenfriar todos los componentes del inserto del refrigerador de dilución a temperaturas menores o igual a 50 K y 4.2 K; enfriar las pantallas de radiación durante la operación; preenfriar el 3He gaseoso al retornar al criostato; y proporcionar potencia de enfriamiento para termalizar el cableado experimental.



El refrigerador criogénico de tubo pulsado debe estar mecánicamente desacoplado del inserto del refrigerador de dilución y de las pantallas de radiación para garantizar niveles de vibración débiles.

2.2.2 Inserto del refrigerador de dilución

El diseño del inserto del refrigerador de dilución debe permitir operación sin la necesidad de sellos de vacío de baja temperatura.

El inserto debe acomodar varios puertos de acceso directo ("line-of-sight") desde temperatura ambiente hasta la cámara de mezclas: 2x KF-ISO63, 5x KF40 y 2x KF16, aparte de los puertos utilizados para diagnóstico del sistema, bombeo del espacio de vacío, y para los accesos de la línea condensadora de 3He y de los contactos de corriente para el sistema de imanes.

El refrigerador de dilución debe operar sin un bote de 1 K.

El inserto debe presentar una estructura modular, de modo que el intercambio de partes específicas, como la unidad de dilución o el refrigerador criogénico de tubo pulsado, no perturbe otras partes del sistema, como el cableado experimental, por ejemplo.

Todas las soldaduras del circuito de circulación de la mezcla deben ser de tipo "fully-welded", es decir, no se debe utilizar soldaduras blandas ("soft-solder joints") para evitar fugas/pérdida de la mezcla.

La temperatura base del refrigerador de dilución, teniendo en cuenta los sistemas de imanes y de carga rápida de muestra, así como el cableado experimental, debe ser igual o inferior a 10 mK. En estas condiciones, la potencia de enfriamiento del refrigerador de dilución (medida fuera de la cámara de mezclas), debe ser mayor o igual a 2 μ W a 20 mK y 50 μ W a 100 mK.

2.2.3 Cámara de vacío y pantallas de radiación

La cámara de vacío del sistema criogénico debe ser modular, para permitir fácil acceso a la unidad de dilución, así como la posibilidad de manipulación por una persona.

Se deben suministrar pantallas de radiación para todos los distintos niveles de temperatura. En particular, las pantallas para los niveles a 0.6 K y 4.2 K deben ser compatibles con el sistema de imanes superconductores.

El sistema debe estar equipado con un sistema de bombeo adicional (basado en una bomba turbo-molecular) para el bombeo de la cámara de vacío y del sistema de carga rápida de muestras.

2.2.4 Sistema de manejo de gases para helio y vacío

El sistema debe estar equipado con un sistema de manejo de gases completamente automatizado y libre de aceite. El sistema debe permitir el enfriamiento automatizado del criostato, así como la posibilidad de control manual cuando deseado.



La bomba tipo "scroll" utilizada para la circulación del ^3He debe tener una estanqueidad igual o mejor a 1×10^{-8} mbar L/s.

El sistema debe estar equipado con una trampa fría interna conectada al primer nivel del refrigerador criogénico de tubo pulsado, así como una trampa fría externa.

El criostato debe estar eléctricamente aislado del sistema de bombas.

El criostato debe estar mecánicamente aislado del sistema de manejo de gases.

La bomba turbo-molecular utilizada para circular la mezcla de $^3\text{He}/^4\text{He}$ no debe estar conectada directamente al criostato sin un sistema anti-vibraciones.

El compresor utilizado para circular la mezcla no debe ser de tipo membrana, para evitar riesgos de pérdida o contaminación de la mezcla de $^3\text{He}/^4\text{He}$.

2.2.5 Mezcla de $^3\text{He}/^4\text{He}$

Se debe suministrar con el sistema la mezcla de $^3\text{He}/^4\text{He}$, con al menos 18 litros de ^3He en condiciones normales de temperatura y presión.

2.2.6 Dispositivo de lectura de temperatura y electrónica de control

El refrigerador de dilución debe estar equipado con termómetros de resistencia y calentadores de resistencia en al menos 4 niveles: 50K, 4.2K, 0.6K y la cámara de mezclas.

El sistema debe estar equipado con la electrónica necesaria para la lectura de temperatura en los distintos niveles del refrigerador de dilución, así como en el sistema de imanes y en el porta-muestras.

2.2.7 Sistema de carga rápida de muestras

El sistema de carga rápida de muestras debe tener un diámetro igual o mayor a 80 mm, pero compatible con el diámetro interior ("bore diameter") del sistema de imanes superconductores.

El sistema debe permitir la carga automatizada y motorizada de muestras, con medidas de prevención de errores. El proceso de carga consistirá en contactar el porta-muestras térmicamente a la cámara de mezclas y eléctricamente a conectores DC y RF localizados en la cámara de mezclas, donde terminan el cableado experimental (más detalles en §2.2.9).

El sistema no debe permitir fugas en la cámara de vacío, es decir, el mecanismo de carga no debe basarse en el mecanismo de "sliding seal".

El sistema de carga rápida de muestras debe estar equipado con al menos 48 pares trenzados DC (tipo "36 AWG phosphor-bronze") desde conectores Fischer a temperatura ambiente hasta conectores micro-D en el porta-muestras, que permitan fijar el potencial eléctrico de los electrodos a un voltaje específico (por ejemplo, tierra), durante el proceso de carga. Este cableado DC es distinto al descrito en §2.2.9. El porta-muestras se debe desacoplar de las



líneas DC del sistema de carga, una vez conectado a los conectores DC y RF localizados en la cámara de mezclas.

El porta-muestras del sistema de carga rápida de muestras debe estar equipado con termómetros de resistencia operando, al menos, en el rango 0.015-10 K, calentadores de resistencia, y cableado eléctrico para lectura y control a partir de dispositivo descrito en §2.2.6.

2.2.8 Sistema de imanes superconductores en tres ejes

El sistema debe estar equipado con un sistema de imanes superconductores en tres ejes compatible con el sistema "cryogen-free".

Campos magnéticos: mayor o igual a 6 T en el eje principal (vertical), y mayor o igual a 1 T en dos ejes perpendiculares horizontales.

Operación simultánea de los tres ejes a 1 T a 4.2 K.

Diámetro interno ("bore diameter") de 96 mm.

Protección de los imanes por diodo.

Sensor de temperatura en el sistema de imanes y lectura.

Tubo de interfaz de alta conductividad a 4 K.

Homogeneidad del campo magnético mejor o igual a 0.1% sobre 1 cm DSV (diámetro de volumen esférico) en el eje principal (vertical).

Homogeneidad del campo magnético mejor o igual a 1% sobre 1 cm DSV (diámetro de volumen esférico) en los ejes horizontales.

Fuentes de alimentación para los tres ejes. La precisión de las fuentes de alimentación debe ser mejor o igual a 6.3 mA y la estabilidad de las fuentes debe ser mejor o igual a 1.25 mA.

Cables de corriente para conectar las fuentes de alimentación hasta los imanes.

2.2.9 Cableado eléctrico experimental DC y RF

El sistema criogénico debe estar equipado con al menos 24 pares trenzados DC (tipo "36 AWG phosphor-bronze"), desde conectores Fischer a temperatura ambiente hasta conectores micro-D en la cámara de mezclas.

El sistema criogénico debe estar equipado con al menos 24 pares trenzados DC (tipo "36 AWG phosphor-bronze"), desde un conector Fischer a temperatura ambiente hasta un conector micro-D en la cámara de mezclas, con una conexión adicional basada en conectores micro-D en la placa de 4.2 K.

Los pares trenzados DC deben estar debidamente termalizados en los distintos niveles del sistema criogénico.



El sistema criogénico debe estar equipado con al menos 4 líneas coaxiales SMA semi-rígidas para señales de microondas (hasta frecuencias de al menos 18 GHz) desde una caja de conectores a temperatura ambiente hasta la cámara de mezclas. Estas líneas deben estar equipadas con atenuadores criogénicos a 50K, 4.2K, 0.6K, en la placa fría y en la cámara de mezclas.

2.2.10 *Estructura de soporte*

Se debe suministrar una estructura de soporte para el sistema. La altura total del sistema criogénico montado en la estructura de soporte debe ser compatible con la altura máxima del laboratorio (3.4 m), excepto en un área con dimensiones de al máximo 1.14 m de anchura y 1.7 m de longitud, donde la altura debe ser menor o igual a 4.15 m. Esta área será utilizada para operar el sistema de cargas rápidas de muestras.

2.3 Especificaciones técnicas en inglés

Se adjunta como anexo a este pliego la descripción de las especificaciones técnicas en inglés. En caso de discrepancia prevalecerá lo establecido en castellano.

3 CONDICIONES DE SUMINISTRO

3.1 Plazo de entrega

El contratista entregará e instalará el equipo y dará la formación sobre su uso en la Facultad de Ciencias de la UAM en un plazo de 10 meses desde la fecha de la firma del contrato.

3.2 Transporte e instalación

Los suministros se entregarán bajo Incoterms DDP. El proveedor será responsable del empaquetado, envío y seguros de transporte necesarios para entregar el equipo a la UAM, en la siguiente dirección:

Facultad de Ciencias
Universidad Autónoma de Madrid
E-28049 Madrid, España

La instalación del instrumento se hará por personal especializado designado por el contratista. El contratista es plenamente responsable de que su personal pueda obtener la autorización de seguridad y los permisos de entrada requeridos por las autoridades cuando proceda.

3.3 Condiciones de pago

Los pagos se basan en el siguiente calendario:

- 20% a la validación de los planos del sistema;



- 35% a la entrega de los componentes principales en fábrica, incluso el sistema de imanes;
- 45% después de la entrega e instalación del equipo en la UAM, de su aceptación técnica, y de la firma del acta de recepción (ver §3.4, 3.5 y 3.7).

3.4 Prueba de aceptación en fábrica (FAT)

La aceptación técnica en las instalaciones del contratista consistirá en una prueba de rendimiento del instrumento y en la entrega del correspondiente informe técnico antes de la entrega en la UAM. En particular, serán comprobadas la temperatura base del sistema, así como la potencia de enfriamiento a 20 mK y a 100 mK. Además, las líneas coaxiales serán probadas con un analizador de red para demostrar sus especificaciones hasta la frecuencia de 18 GHz.

3.5 Prueba de aceptación en sitio (SAT)

La aceptación técnica del suministro se somete al resultado de las pruebas destinadas a evaluar las prestaciones del equipo. La temperatura base y la potencia de enfriamiento serán comprobadas en sitio, y comparadas con los resultados de la prueba en fábrica.

El personal del proveedor realizará las pruebas en las instalaciones de la UAM.

Cualquier defecto residual tendrá que ser corregido por el Contratista antes de la emisión del acta de recepción.

3.6 Formación

El contratista proporcionará una formación adecuada sobre el terreno para permitir el correcto funcionamiento y mantenimiento del instrumento por parte del personal de la UAM. Tras la entrega y puesta en servicio del instrumento en la UAM, se impartirá un período de formación de al menos tres días en inglés. La formación se llevará a cabo con los instrumentos encargados en los días siguiendo la instalación del equipo.

3.7 Acta de recepción

El acta de recepción del equipo será expedida por la UAM, a más tardar, un mes después de la finalización satisfactoria de las pruebas de aceptación y de la impartición de la formación referida. El acta de recepción será firmada tanto por la UAM como por el Contratista y determinará la fecha de inicio del período de garantía.

3.8 Documentación

En el momento de la entrega se proporcionará un conjunto completo de ficheros técnicos sobre los esquemas electrónicos y el diseño mecánico, los manuales operativos, los manuales de mantenimiento y la documentación del software en inglés.



3.9 Garantía

Se concederá un período mínimo de garantía de 3 años. La garantía comienza en la fecha del acta de recepción del equipo, según se describe en §3.7. Durante el período de garantía, el contratista es responsable del buen funcionamiento de los instrumentos y partes cubiertos por la garantía. La garantía cubrirá partes manufacturadas por el contratista, así como productos de terceros. Durante este tiempo, la garantía no estará condicionada a la realización de cualquier tipo de mantenimiento.

La garantía cubre tanto el software como el hardware. Durante el período de garantía, las actualizaciones del software se proporcionarán de forma gratuita. Para problemas técnicos y operativos menores con el equipo, se debe dar soporte telefónico o por correo electrónico de modo ilimitado. Este soporte deberá ser providenciado por personal científico con larga experiencia en este tipo de sistemas. La respuesta no deberá tardar más de un día laboral. La garantía comprenderá mano de obra, partes y costes de viaje.

La garantía definitiva podrá constituirse mediante retención en el precio que se efectuará en el primer pago que se realice al Contratista. El importe de la garantía será de un 5% del importe de adjudicación excluido el IVA.

3.10 Directivas y normativa a cumplir

Se deben seguir las normas y reglamentos europeos. El sistema debe ser entregado con certificado CE.

4 INFORMACIÓN ADICIONAL

4.1 Información sobre fondos de la Unión Europea

Este expediente de contratación cuenta con financiación del European Research Council, Programa Starting Grant, contrato 716559.

Madrid a 12/12/2017
El investigador responsable

Eduardo Jian Hua Lee

Eduardo Jian Hua Lee

Esta Gerencia, por delegación del Sr. Rector de esta Universidad, de fecha 29 de junio de 2017 (BOCM de 4 de julio de 2017) ha resuelto aprobar el presente Pliego de Prescripciones Técnicas.

Madrid, 14-12-2017
EL GERENTE,

Teodoro Conde Minaya
Teodoro Conde Minaya



ANEXO – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN INGLÉS

Cryogen-free dilution refrigerator system with 10 mK base temperature, 3D vector magnet (6T-1T-1T), and equipped with fast sample exchange system and DC and RF electrical wiring.

1 TECHNICAL SPECIFICATIONS

1.1 General description

The dilution refrigerator system should be cryogen-free, i.e., it should operate without cryogenic liquids. Instead, a pulse tube cryocooler will provide the cooling power required to run the dilution refrigerator.

The cryogenic system should be able to operate continuously for extended periods of time (of the order of two years).

The cryogenic system should be completely automated, while allowing manual operation and control when desired. In case of power failure, the system should be able to recover and reestablish itself automatically, with no risks of $^3\text{He}/^4\text{He}$ mixture loss nor of damages to other parts of the system, even when the computer is not connected.

The system should be equipped with a fast sample exchange system with the ability to cool down samples from room temperature to base temperature in a period equal to or shorter than 8 hours.

The system should be equipped with a 3D vector magnet. The maximum magnetic fields should be equal to or larger than 6 T in the main (vertical) axis, and equal to or larger than 1 T in the remaining (perpendicular) axes.

The system should be equipped with experimental wiring for DC and RF measurements. This wiring should be connected from room temperature down to the mixing chamber, being properly thermalized in the different stages of the cryogenic system.

The specifications of the bare system (i.e., without the fast sample exchange system, the 3D vector magnet and the experimental wiring) are:

- Base temperature equal to or lower than 10 mK.
- Cooling power equal to or larger than 12 μW (at 20 mK), 250 μW (at 100 mK) and 360 μW (at 120 mK).
- Minimum experimental space below mixing chamber: 290 mm diameter and 240 mm height.

- Maximum cooling time from room temperature to base temperature: 20 hours.
- Construction of 3He/4He mixture circuit without soft-solder joints.
- Operation without 1 K stage.
- All pumps and the mixture circulation compressor should be oil-free.
- The mixture circulation compressor should not be of membrane-type, to avoid risks of mixture loss or contamination.
- Service package for first system servicing.

1.2 System components

The system comprises the following items:

Pulse tube cryocooler with compressor

Cryostat with dilution refrigerator insert

Vacuum enclosure and radiation shields

Gas handling system (helium/vacuum) and interconnecting pumping lines

3He/4He mixture

Temperature readout and control electronics

Fast sample exchange system

3D vector magnet (6T-1T-1T)

DC and RF experimental wiring

Support frame for the system

1.2.1 Pulse tube cryocooler with compressor

The pulse tube cryocooler should provide the cooling power to run the dilution refrigerator without cryogenic liquids. Its cooling power should be equal to or larger than 55 W at 45 K and 2 W at 4.2 K.

The pulse tube cryocooler should pre-cool all components of the dilution refrigerator insert to temperatures lower than 50 K and 4.2 K; cool radiation shields during operation; pre-cool the 3He gas returning to the cryostat; and provide cooling power for thermalizing the experimental wiring.

The pulse tube cryocooler should be mechanically decoupled from the dilution refrigerator insert and the radiation shields, to ensure low levels of vibration.

1.2.2 Dilution refrigerator insert

The design of the dilution refrigerator insert should allow operation without the need of low temperature vacuum seals.

The insert should provide several line-of-sight access ports from room temperature to the mixing chamber: 2x KF-ISO63, 5x KF40 y 2x KF16, in addition to the ports used for system diagnostics, to pump the vacuum can, and to give access to the ³He condensing line and to the current leads for the 3D magnet.

The dilution refrigerator should operate without a 1K pot.

The insert should have a modular design, such that the exchange of specific parts, e.g. the dilution unit or the pulse tube head, does not disturb other parts of the system, e.g. the experimental wiring.

All joints in the mixture circuit should be fully-welded, i.e., there should be no soft-solder joints, in order to prevent leaks and mixture loss.

The base temperature of the complete system (i.e., with 3D vector magnet, fast sample exchange system and experimental wiring) should be equal to or lower than 10 mK. In this condition, the corresponding cooling power (measured outside of mixing chamber) should be equal to or larger than 2 μW at 20 mK and 50 μW at 100 mK.

1.2.3 Vacuum enclosure and radiation shields

The vacuum enclosure should have a modular design, to allow easy access to the dilution unit, as well as to enable manipulation by one person.

Radiation shields for the different temperature stages should be supplied. In particular, for the 0.6 K and 4.2 K stages, the radiation shields should be compatible with the 3D vector magnet.

The system should be supplied with an additional pumping system (based on a turbo-molecular pump) for pumping the vacuum can and fast sample exchange system.

1.2.4 Helium/vacuum gas handling system

The system should be supplied with a fully automated and oil-free gas handling system. It should however also allow manual operation and control when desired.

The scroll pump used for circulating the ³He mixture should have a leak tightness equal to or better than 1×10^{-8} mbar L/s.

The system should be equipped with an internal cold trap connected to the first stage of the pulse tube cryocooler. An external cold trap should also be supplied.

The cryostat should be electrically isolated from the pumps.

The cryostat should be mechanically isolated from the gas handling system.

The turbo-molecular pump used to circulate the mixture should not be directly connected to the cryostat without an anti-vibration mechanism.

The compressor used to circulate the mixture should not be of membrane-type, to avoid mixture loss or contamination.

1.2.5 $^3\text{He}/^4\text{He}$ mixture

The system should be supplied with $^3\text{He}/^4\text{He}$ mixture with at least 18 liters of ^3He at normal conditions of temperature and pressure.

1.2.6 Temperature readout and control electronics

The dilution refrigerator should be supplied with resistance thermometers and resistance heaters in at least 4 stages: 50K, 4.2K, 0.6K and mixing chamber.

The system should be supplied with the electronics to readout the temperature at the different stages of the dilution refrigerator, as well as in the 3D vector magnet and the fast sample exchange probe.

1.2.7 Fast sample exchange system

The fast sample exchange system should have a diameter equal to or larger than 80 mm, while compatible with the bore diameter of the 3D vector magnet.

The fast sample exchange system should be fully automated and motorized with built-in safety measures. The loading procedure should contact the sample probe thermally to the mixing chamber, and electrically to DC and RF connectors on the mixing chamber, to which the experimental wiring is attached (more details in §1.2.9).

The fast sample exchange system should not allow leaks to the vacuum can, i.e., it should not be based on the sliding seal mechanism.

The fast sample exchange system should be equipped with at least 48 twisted pairs (36 AWG phosphor-bronze) from Fischer connectors at room temperature to micro-D connectors in the sample probe, that allow fixing the electrical potential of electrodes on the samples to a specific voltage (e.g., ground) during the exchange process. This DC wiring is different than that described in §1.2.9. The sample probe should decouple from the exchange system DC wiring, once it is connected to the DC and RF connectors on the mixing chamber.

The sample probe should be equipped with resistance thermometers operating in the range 0.015-10 K, resistance heaters, and wiring for readout and control using the equipment described in §1.2.6.

1.2.8 3D vector magnet

The system should be supplied with a cryogen-free-compatible 3D vector magnet.

Maximum magnetic fields: equal to or higher than 6 T in main axis (vertical) and equal to or higher than 1 T in two perpendicular axes.

Simultaneous operation at 1 T at 4.2 K.

Bore diameter: 96 mm.

Diode quench protection.

Magnet temperature sensor and readout.

High conductivity interface tube at 4 K.

Homogeneity equal to or better than 0.1% over 1 cm DSV (diameter spherical volume) in main axis (vertical).

Homogeneity equal to or better than 1% over 1 cm DSV (diameter spherical volume) in horizontal axes.

Three axis power supply. The precision of the power supplies should be equal to or better than 6.3 mA, and the stability of the supplies equal to or better than 1.25 mA.

Current cables to connect power supplies to magnet.

1.2.9 DC and RF experimental wiring

The cryogenic system should be supplied with at least 24 DC twisted pairs (36 AWG phosphor-bronze) from Fischer connectors at room temperature to micro-D connectors at the mixing chamber.

The cryogenic system should be supplied with at least 24 DC twisted pairs (36 AWG phosphor-bronze) from a Fischer connector at room temperature to a micro-D connector at the mixing chamber, with an additional break-out (based on micro-D connectors) at the 4.2 K stage.

The DC twisted pairs should be properly thermalized at the different stages of the cryogenic system.

The cryogenic system should be supplied with at least 4 semi-rigid coaxial SMA lines for microwave signals (frequency up to 18 GHz) from a connector box at room temperature down to the mixing chamber. These lines should be connected to cryogenic attenuators at 50K, 4.2K, 0.6K, the cold plate and the mixing chamber.

1.2.10 Support frame for the system

The system should be supplied with a support frame. The total height of the cryogenic system mounted on the support frame should be lower than the maximum height of the laboratory (3.4 m), except in an area with dimensions smaller than or equal to 1.14 m (width) and 1.7 m (length), where the height should be lower than or equal to 4.15 m. This area will be used to operate the fast sample exchange system.