

BRUKER

NMR Magnet System

UltraShield™ NMR Magnet Systems
Users Manual (italian version)

Version 003

BRUKER Magnetics

The information in this manual may be altered without notice.

BRUKER Magnetics accepts no responsibility for actions taken as a result of use of this manual. BRUKER Magnetics accepts no liability for any mistakes contained in the manual, leading to coincidental damage, whether during installation or operation of the instrument. Unauthorised reproduction of manual contents, without written permission from the publishers, or translation into another language, either in full or in part, is forbidden.

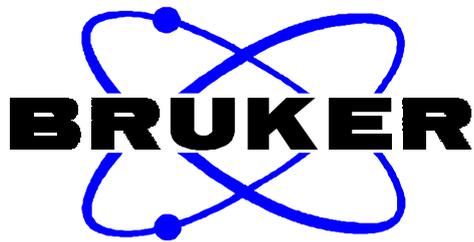
This manual was written by

Joerg Arnold
magnetics@bruker.ch

© 01.10.1998: BRUKER Magnetics AG

CH-8117 Faellanden, Switzerland

P/N: Z31367
DWG-Nr: 1075003



BRUKER Magnetics

Low Loss Cryostats

Superconducting Magnets

phone: ++41 1 825 91 11

fax: ++41 1 825 92 15

e-mail: magnetics@bruker.ch

service@magnetics.bruker.ch

sales@magnetics.bruker.ch

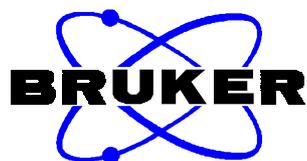
MANUALE d'USO per

ULTRASHIELD™

MAGNETI NMR

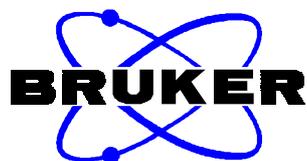
Procedura di Ricarica di Azoto

Procedura di Ricarica di Elio



Indice

1	Sicurezza durante la Procedura di Ricarica	3
1.1	Protezione dal campo magnetico	3
1.2	Protezione dalle bassissime temperature	3
1.3	Protezione dai gas	4
1.4	Protezione contro gli incendi e i rischi di esplosione	4
1.5	Protezione dal pericolo di esplosione dovuto a recipienti di trasporto ad alta pressione	4
1.6	Proprietà fisiche dell'azoto	6
1.7	Proprietà fisiche dell'elio	6
1.8	Pronto soccorso per incidenti causati dai liquidi criogenici	6
1.9	Protezione contro i pericoli meccanici	6
2	Recipiente di trasporto per l'azoto liquido	7
2.1	Fonte di pericolo - temperatura bassissima	7
2.2	Caratteristiche del contenitore per il trasporto di azoto	7
2.3	Componenti principali	8
3	Magnete con sistema a flusso di N₂	9
4	Misura del livello del fluido	10
4.1	Suggerimenti per la misura del livello di azoto	10
4.2	Misura del livello del fluido con il dip-stick	10
4.3	Misura del livello di azoto con l'asticella in epossido	10
5	Preparazione del trasferimento	11
5.1	Preparazione del recipiente di trasporto	11
5.2	Preparazione del Magnete	11
6	Procedura di riempimento	12
6.1	Collegamenti per la ricarica e il trasferimento di azoto	13
6.2	Fine della ricarica	14
6.3	Ripristino delle procedure standard dopo la ricarica	14
6.4	Registrazione della procedura di riempimento	15
7	Recipiente per il trasporto dell'elio liquido	16
7.1	Cause di pericolo: temperature bassissime	16
7.2	Caratteristiche del contenitore per il trasporto di Elio	16
7.3	Componenti principali	17
8	Linea di trasferimento	18
9	Magnete	19
10	Controllo del livello del fluido	21
10.1	Misura del livello di elio nel Sistema Magnete	21
10.2	Misura del livello del liquido nel Recipiente di Trasporto	21



11	Preparazione per la ricarica	23
12	Procedura di ricarica	24
12.1	Raffreddamento della linea di trasferimento	25
12.2	Connessione della linea di trasferimento	25
12.3	Generazione di sovrappressione nel contenitore di trasporto	26
12.4	Trasferimento dell'elio	26
12.5	Monitoraggio del trasferimento dell'elio	27
12.6	Termine dell'operazione di riempimento ed estrazione della linea di trasferimento	28
12.7	Ritornare alla normale operatività dopo il riempimento	28
13	Stadi finali	29
13.1	Registrazione dell'operazione di riempimento	29
13.2	Verifiche di controllo	29
14	Terminologia importante	30
15	Segnali di avviso / Pittogrammi	31
16	Indice	33

Sicurezza

1 Sicurezza durante la Procedura di Ricarica

Durante la procedura di ricarica, è necessario accedere all'area del magnete segnalata come pericolosa. Per evitare i rischi di quest'area si devono seguire le seguenti precauzioni di sicurezza.

1.1 Protezione dal campo magnetico

Il magnete genera un campo magnetico molto intenso, che può influenzare dispositivi elettronici, oggetti magnetici e metalli ferromagnetici. Si devono osservare le seguenti avvertenze per la protezione contro gli effetti del campo magnetico.

**Attenzione**

Pericolo di improvviso attacco di cuore per le persone portatrici di stimolatore cardiaco. Le persone con stimolatore cardiaco non possono per nessun motivo entrare nelle zone di pericolo, o effettuare la procedura di ricarica.

**Avviso**

Pericolo di danni causati da parti metalliche volanti. Non usare oggetti o strumenti magnetici nell'area di pericolo. Potreste essere colpiti da pezzi metallici volanti non controllabili a causa dell'effetto del campo magnetico.

**Nota**

Dati memorizzati su supporti magnetici possono essere danneggiati dal campo. Non portare carte di credito o oggetti simili con identificazioni magnetiche all'interno dell'area di pericolo.

1.2 Protezione dalle bassissime temperature

A pressione normale l'azoto liquido ha una temperatura di $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, mentre l'elio liquido di $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se la pelle entra in contatto con spruzzi di fluidi criogenici, può subire bruciature gravi.

**Attenzione**

Pericolo di cecità se l'azoto liquido entra in contatto con gli occhi. Indossare sempre grossi occhiali di protezione durante la procedura di ricarica.

**Avviso**

Pericolo di gravi scottature se la pelle entra in contatto con liquidi criogenici. C'è anche il pericolo di adesione della pelle a parti metalliche ultra-raffreddate. Indossare sempre guanti e indumenti coprenti durante la procedura di ricarica.



Nota

Pure gli anelli di guarnizione del magnete sono sensibili alle basse temperature. Assicurarsi che l'elio e l'azoto liquidi non entrino in contatto con tali guarnizioni durante la procedura di ricarica. Gli anelli più soggetti al pericolo sono situati nella flangia del dewar, nelle flange di riduzione e nelle flange di chiusura nelle parti superiori e inferiori del foro centrale a temperatura ambiente.

1.3 Protezione dai gas

L'evaporazione dei liquidi criogenici come elio e azoto può provocare soffocamento se viene ridotta nell'ambiente circostante la quantità di ossigeno necessaria al corpo umano.

L'elio gas è molto leggero e sale verso il soffitto. Il pericolo di soffocamento per l'elio aumenta lavorando sollevati da terra, per esempio su una piattaforma o su una scala.



Avviso

Pericolo di soffocamento causato dai gas in eccesso durante il traboccamento dei liquidi criogenici e durante un quench. Assicurarsi che l'area sia ben ventilata ed evitare di operare in alto o molto in basso (in dipendenza dal tipo di liquido criogenico) dopo un quench.

1.4 Protezione contro gli incendi e i rischi di esplosione

Le temperature estremamente basse associate con i liquidi criogenici portano alla condensazione dell'ossigeno dell'aria sulle tubazioni fredde. L'ossigeno condensato gocciola e può bruciare spontaneamente entrando in contatto con olio o grasso. Anche a contatto con fiamme (per es. accendini o fiammiferi) può diventare esplosivo.



Avviso

Pericolo di autocombustione o esplosione. Rispettare i divieti di fumare durante la procedura di ricarica, non produrre fiamme di alcun tipo e assicurarsi che le immediate vicinanze del magnete siano pulite (senza stracci sporchi d'olio o cose simili).

1.5 Protezione dal pericolo di esplosione dovuto a recipienti di trasporto ad alta pressione

La temperatura dei liquidi criogenici rimane costante, in particolare se questi sono contenuti in recipienti isolati di trasporto o di scorta. Finché vi è liquido nel recipiente, il liquido evapora continuamente e la sua temperatura rimane al punto di ebollizione, che dipende fortemente dalla pressione.

Il processo di evaporazione e il successivo riscaldamento del gas fino a temperatura ambiente sono accompagnati da un notevole aumento di volume. Il volume dell'elio e dell'azoto aumenta circa 700 volte. Per questa ragione vale l':



Attenzione

Liquidi criogenici che sono contenuti sotto pressione in recipienti di trasporto ad alta pressione non devono essere utilizzati in nessun caso! Se altri recipienti di trasporto non sono disponibili, la sovrappressione deve essere completamente eliminata prima di collegare il recipiente di trasporto ad alta pressione con il criostato. Altrimenti vi è un notevole pericolo di esplosione per il criostato, che può essere danneggiato o distrutto dalla sovrappressione!

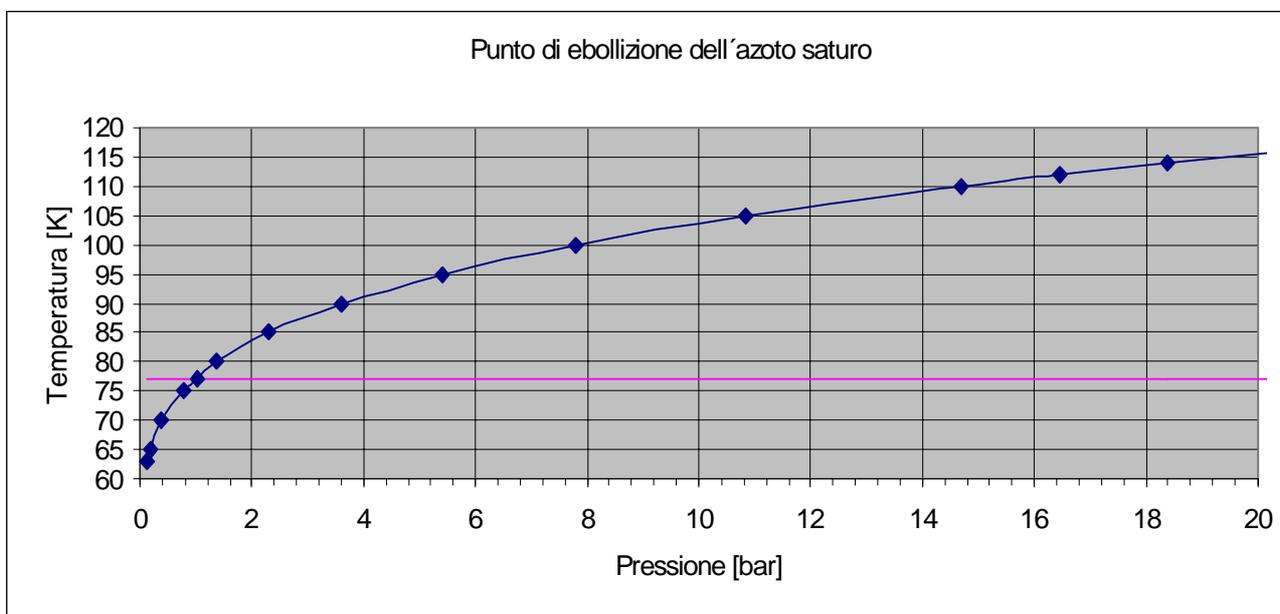
Aumento della temperatura

L'alta sovrappressione nei recipienti di trasporto ad alta pressione causa un forte aumento del punto di ebollizione e perciò un forte aumento della temperatura del liquido. Se il liquido criogenico surriscaldato viene trasferito nel criostato "low loss", ne consegue un'evaporazione molto forte e perciò forti oscillazioni del gas, finché il liquido si è di nuovo raffreddato fino alla temperatura corrispondente al punto di ebollizione a pressione atmosferica.



Grafico della temperatura

La dipendenza della temperatura di ebollizione dalla pressione e quindi la dipendenza della temperatura dell'azoto liquido contenuto nel recipiente di trasporto dalla pressione è rappresentata nel grafico seguente. Appena la sovrappressione viene eliminata, l'azoto evapora fortemente e la sua temperatura diminuisce fino a 77 K, quando la pressione dell'azoto raggiunge la pressione atmosferica:



Attenzione

Recipienti di trasporto per liquidi criogenici non devono mai essere completamente chiusi, poiché una chiusura completa provocherebbe un forte aumento della pressione all'interno del recipiente. Ciò causa un notevole pericolo di esplosione e una grande perdita di liquido criogenico al momento dell'eliminazione della sovrappressione!

1.6 Proprietà fisiche dell'azoto

Sovra-raffreddato, l'azoto liquido bolle ad una temperatura di $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'azoto è incolore, inodore e non infiammabile!

Breve identificazione

22
1977

Il riscaldamento causa un aumento di pressione e il pericolo di esplosione. Il liquido versato è estremamente freddo ed evapora molto velocemente. L'azoto liquido causa gravi bruciature e gravi ferite agli occhi. L'azoto gas causa soffocamento senza segnali premonitori. L'azoto gas ha una densità maggiore rispetto all'aria, scende a livello del pavimento e si disperde. Mescolato con l'aria umida genera nebbia.

1.7 Proprietà fisiche dell'elio

Sovra-raffreddato, l'elio liquido bolle ad una temperatura di $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'elio è incolore, inodore e non infiammabile!

Breve identificazione:

22
1963

Il riscaldamento causa un aumento di pressione e il pericolo di esplosione. Il liquido versato è estremamente freddo ed evapora molto velocemente. L'elio liquido causa gravi bruciature e gravi ferite agli occhi. Il gas causa soffocamento senza segnali premonitori. L'elio gas ha una densità minore dell'aria, in stanze chiuse sale fino al soffitto e si disperde. Mescolato con aria umida dà origine a nebbia.

1.8 Pronto soccorso per incidenti causati dai liquidi criogenici

Portare la persona ferita in luogo sicuro, sistemarla in posizione appropriata, togliere i vestiti attillati. Togliere immediatamente i vestiti bagnati e scongelare le parti ferite del corpo con acqua calda. Non strofinare le parti gelate del corpo, ma coprirle con bende sterilizzate.

1.9 Protezione contro i pericoli meccanici

Per isolare il sistema magnetico dai disturbi meccanici dell'ambiente, sono spesso usati cuscinetti di gomma gonfiata o altri elementi ammortizzatori. Ciò protegge il magnete dalle vibrazioni, ma lo rende sensibile agli urti laterali.



Avviso

Pericolo di rovesciamento muovendo o montando il magnete. Quando si sposta il magnete, rispettare le istruzioni del manuale del magnete. E' assolutamente vietato arrampicarsi sul magnete.

Procedura di ricarica dell'azoto

2 Recipiente di trasporto per l'azoto liquido

Ci sono diversi tipi di recipienti per il trasporto dell'azoto liquido (formula chimica N_2). Qui di seguito sono descritte le caratteristiche che sono valide per tutti i tipi di contenitori e che si dovrebbero conoscere per una sicura esecuzione della procedura di ricarica.

2.1 Fonte di pericolo - temperatura bassissima

Il contenitore di trasporto contiene azoto liquido ad una temperatura di $-196\text{ }^\circ\text{C}$. Si devono osservare le avvertenze del capitolo 1 "Sicurezza durante la procedura di ricarica", pagina 3.

2.2 Caratteristiche del contenitore per il trasporto di azoto

Il contenitore per il trasporto deve avere le seguenti caratteristiche:

- Non deve essere ferromagnetico. Questo significa che non deve essere fatto di materiale suscettibile ai campi magnetici.



Attenzione

Pericolo di danni fisici: i contenitori di trasporto di azoto potrebbero essere attratti in modo incontrollabile verso il magnete e potrebbero intrappolare o schiacciare le persone.



Avviso

Pericolo di distruzione del magnete. I contenitori di trasporto di azoto potrebbero essere attratti in modo incontrollabile verso il magnete e danneggiarlo o distruggerlo.

- Deve possedere una valvola di sfogo della pressione, che permetta l'evaporazione di azoto.
- Per l'estrazione del liquido, deve essere usato un tubo di trasferimento che abbia un manico metallico o sia fatto in Teflon.



Attenzione

Pericolo di ferite dovute a tubi di plastica scheggiati in seguito a condizioni di bassissima temperatura. Usare solo tubi del tipo raccomandato cioè di Teflon oppure di un surrogato di PFA.

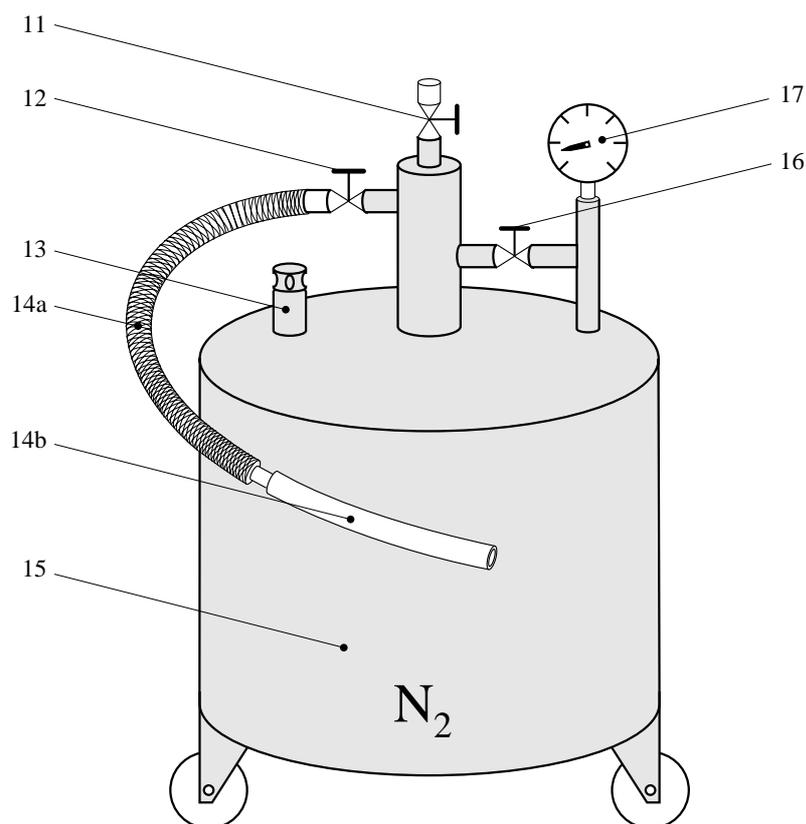


Nota

Un set per la ricarica di azoto completo, consistente in un tubo di surrogato di PFA e dei necessari adattatori, è disponibile presso la Bruker AG con numero di parte **Z53144**.

2.3 Componenti principali

Un contenitore per il trasporto di azoto liquido consiste dei seguenti componenti principali:



Contenitore per il trasporto di azoto liquido

Legenda

- 11 Valvola di sfogo per l'uscita del gas
- 12 Rubinetto di estrazione dell'azoto liquido
- 13 Valvola di sfogo per la pressione in eccesso
- 14a Tubo di trasferimento con manico di metallo
- 14b Tubo di Teflon oppure tubo di surrogato di PFA
- 15 Recipiente per il trasporto
- 16 Rubinetto per la messa in pressione
- 17 Manometro

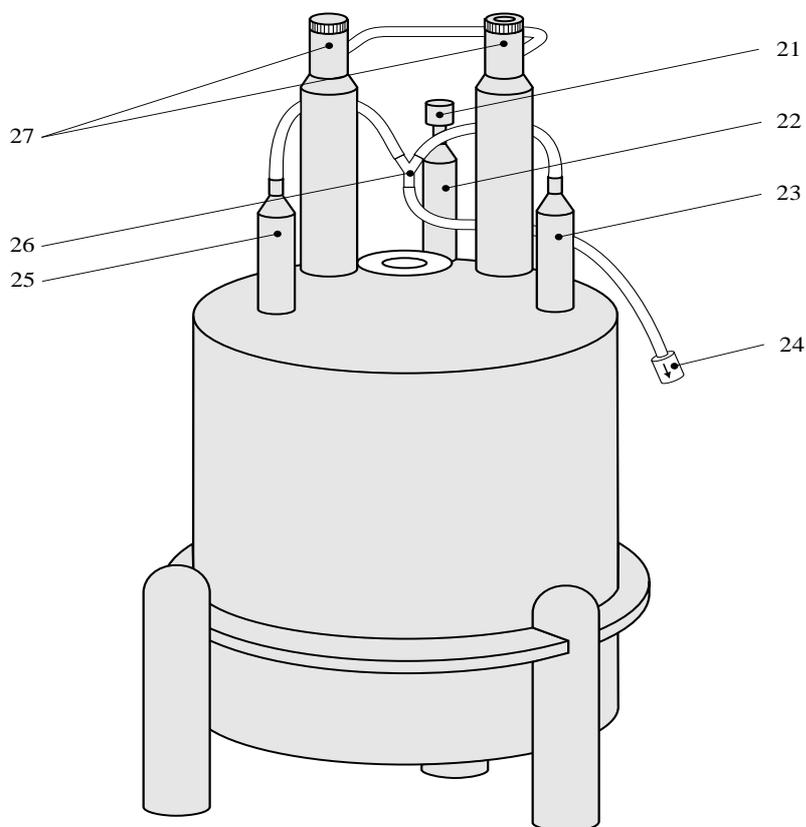
3 Magnete con sistema a flusso di N₂

Nel seguito sono descritti gli elementi specifici comuni a tutti i magneti con sistema a flusso di N₂, che si dovrebbero conoscere e osservare per assicurare una sicura procedura per la ricarica di azoto.



Attenzione

Il sistema magnetico contiene azoto liquido e un magnete che genera un elevato campo. Si devono osservare le misure di sicurezza descritte nel capitolo 1 "Sicurezza durante la procedura di ricarica", pagina 3.



Magneti con sistema a flusso di N₂

Legenda

21	Valvola di sicurezza	25	Torretta sinistra azoto
22	Torretta posteriore azoto	26	Sistema di flusso di N ₂
23	Torretta destra azoto	27	Torrette dell'elio
24	Valvola di controllo		

4 Misura del livello del fluido

La misura del livello del fluido permette di determinare quanto azoto deve essere aggiunto. A seconda della quantità necessaria, per la ricarica sono necessari dai 5 ai 15 minuti.

4.1 Suggerimenti per la misura del livello di azoto

Il modo più semplice per misurare il livello dell'azoto è mediante un'asticella (dip-stick) che viene immersa nell'azoto. Il dip-stick è un'asticella lunga e di forma tubolare con un'estremità arrotondata. Può essere ordinata alla Bruker con il seguente numero di parte: Z27451. Se non si dispone di un dip-stick, si può misurare il livello di azoto per mezzo di un'asticella in epossido.

4.2 Misura del livello del fluido con il dip-stick

Seguire la procedura qui sotto indicata:

1. Inserire lentamente il dip-stick nella torretta destra dell'azoto (23), osservandone l'estremità superiore.



Attenzione

L'azoto potrebbe fuoriuscire schizzando, con rischio di danni agli occhi: durante la misura indossare sempre occhiali di protezione.

2. Non appena l'azoto comincia a fuoriuscire dall'estremità del dip-stick, cessare l'inserimento.

L'azoto comincia a schizzare quando l'estremità calda del dip-stick viene a contatto con il liquido. L'azoto che comincia a bollire, evapora e fuoriesce passando attraverso il foro al centro del dip-stick.

3. Prendere nota della posizione del dip-stick impugnandolo all'altezza della torretta dell'azoto, ed estrarlo dal dewar.
4. Determinare il livello di azoto tenendo il dip-stick di fianco al magnete, l'estremità inferiore indica l'attuale livello di azoto.

4.3 Misura del livello di azoto con l'asticella in epossido

Seguire la procedura qui sotto delineata:

1. Inserire lentamente l'asticella in epossido nella torretta destra per azoto (23) finché tocca il fondo del contenitore.
2. Lasciare che l'asticella si raffreddi in questa posizione e prendere nota della sua posizione impugnandola direttamente all'ingresso della torretta.
3. Estrarre l'asticella dal contenitore e agitarla in aria.



Nota

A questo punto l'asticella si ricopre di uno strato di ghiaccio per la parte che è stata immersa nell'azoto liquido.

4. Determinare il livello di azoto tenendo l'asticella di fianco al magnete. La posizione dello strato di ghiaccio indica l'attuale livello dell'azoto liquido.

5 Preparazione del trasferimento

5.1 Preparazione del recipiente di trasporto

Seguire la procedura qui sotto illustrata:

1. Ridurre la pressione fino a un **massimo di 0.35 bar**, aprendo la valvola di sfogo del gas (11).
2. Chiudere tutte le altre valvole e rubinetti.

5.2 Preparazione del Magnete

Seguire la procedura qui sotto indicata:

3. Se il magnete è equipaggiato con piedini antivibrazione, sgonfiarli ruotando l'interruttore a leva sull'unità di controllo in posizione "down".
4. Estrarre il tubo del sistema di flusso di azoto (26) dalla torretta anteriore e se c'è un dissipatore di calore, toglierlo.



Nota

Non tutti i magneti sono dotati di un dissipatore di calore. I dissipatori di calore sono fissati alle torrette dell'azoto e prevengono la formazione di ghiaccio in corrispondenza delle uscite.

5. Controllate che le uscite di entrambe le torrette anteriori siano libere (23, 25).

Per controllare se le uscite sono libere, osservare se da esse esce azoto gassoso. Alternativamente si può inserire con molta cautela una bacchetta sottile nel dewar attraverso le torrette dell'azoto.



Attenzione

Non togliete mai il ghiaccio dalle torrette dell'azoto senza avere prima consultato l'assistenza tecnica della Bruker.

6. Inserite un tubo di Teflon sulla torretta sinistra (25) fissandone un'estremità in modo tale che il tubo punti esternamente al magnete.



Nota

Allo scopo, la cosa più semplice è quella di usare il tubo di Teflon del sistema di azoto.

7. Controllare l'attuale livello di azoto nel dewar attraverso la torretta di destra (si veda il paragrafo 4 "Misura del livello di azoto", pagina 13).



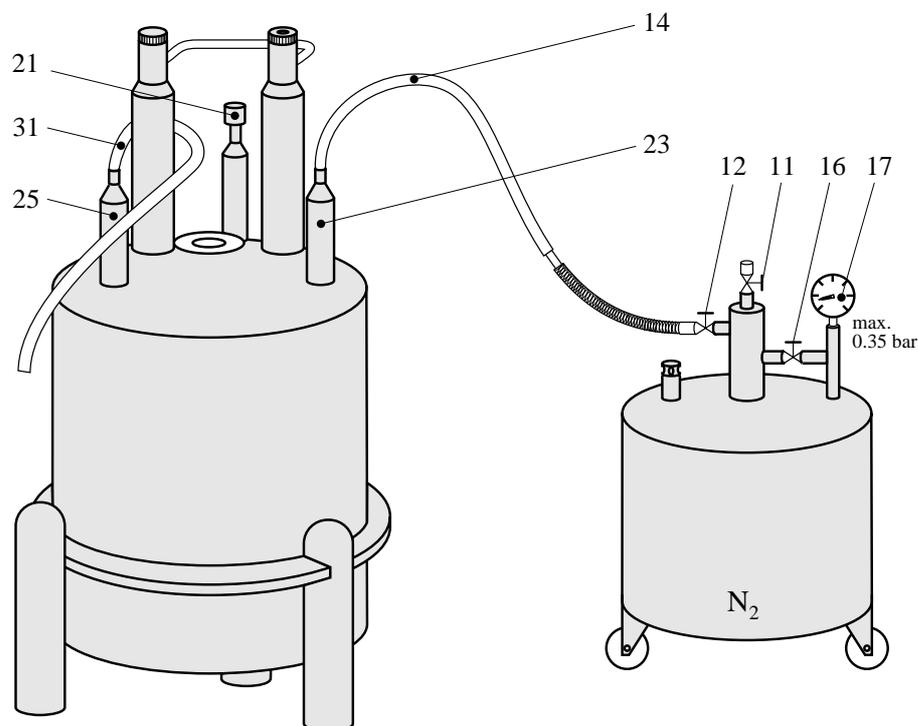
Attenzione

In caso di pressione eccessiva nel magnete c'è pericolo che il magnete esploda. Lasciare sempre la valvola di sicurezza nella posizione corretta (21).

6 Procedura di riempimento

Collegare la linea di trasferimento dal recipiente di trasporto al magnete. Con una leggera differenza di pressione (massimo 0.35 bar), l'azoto verrà trasferito dal recipiente di trasporto al magnete. La ricarica sarà terminata quando dalla torretta di sinistra comincerà a fuoriuscire azoto liquido.

La connessione tra il recipiente di trasporto e il magnete avviene mediante la linea di trasferimento.



Sistema pronto per la ricarica di N₂

Legenda

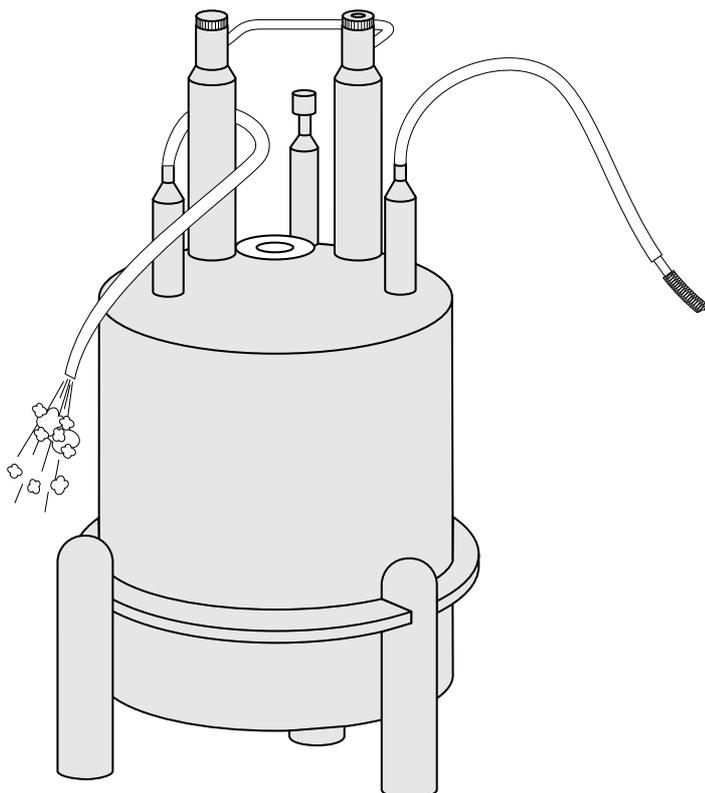
- 11 Valvola di sfogo del gas
- 12 Rubinetto per spillare l'azoto
- 14 Linea di trasferimento
- 16 Rubinetto per la messa in pressione
- 17 Manometro
- 21 Valvola di sicurezza
- 23 Torretta destra per l'azoto
- 25 Torretta sinistra per l'azoto
- 31 Tubo di Teflon

6.1 Collegamenti per la ricarica e il trasferimento di azoto

1. Inserire l'estremità libera della linea di trasferimento (14) nella torretta di destra dell'azoto (23).
Basta accertarsi che il tubo sia saldamente posizionato, non c'è bisogno di alcun ulteriore fissaggio.
-  Nota
- Assicurarsi che il tubo non sia attorcigliato o piegato, altrimenti durante la ricarica possono insorgere problemi.
2. Non allontanarsi durante la ricarica in modo tale da poter intervenire immediatamente qualora la pressione superasse gli 0.35 bar, nonché quando la ricarica è terminata.
 3. Assicurarsi che la pressione all'interno del recipiente di trasporto non sia superiore agli 0.35 bar.
Si può regolare aprendo la valvola di sfogo (11) (per diminuirla) o agendo sul rubinetto della messa in pressione (16) (per aumentarla).
-  **Attenzione**
- La pressione eccessiva può determinare l'esplosione del magnete. Non superate mai la pressione di 0.35 bar.**
4. Aprire il rubinetto di spillaggio dell'azoto liquido (12) e controllare che l'azoto venga trasferito attraverso la linea di trasferimento.
-  Nota
- Se per il trasferimento si usa un tubo di Teflon, è facile osservare se la ricarica sta avvenendo in modo corretto.
5. Controllare che il gas passi dalla linea di trasferimento (31) alla torretta di sinistra. Questo indica che la torretta è libera e non ghiacciata.
-  **Attenzione**
- Gli schizzi di azoto liquido possono causare danni agli occhi. Fate attenzione che non vi sia nessuno in prossimità della zona da cui fuoriesce azoto liquido.**
6. Controllando il manometro (17), assicurarsi che la pressione non superi mai 0.35 bar durante l'intera procedura di riempimento e che la torretta di sinistra sia sempre libera (fuoriuscita di gas dal tubo di Teflon).
 7. Controllare che nel recipiente ci sia sempre abbastanza azoto liquido.
-  Nota
- La pressione indicata sul manometro (17) comincia rapidamente a scendere non appena il recipiente di trasporto si svuota.
-  Nota
- Si capisce che la ricarica è completata non appena comincia ad uscire azoto liquido dalla torretta di sinistra.

6.2 Fine della ricarica

La ricarica termina quando l'azoto liquido comincia a schizzare fuori dalla torretta di sinistra.



Alla fine della ricarica

1. Chiudere il rubinetto di spillaggio dell'azoto liquido (12) oppure
2. Ridurre la pressione nel recipiente di trasporto per mezzo della valvola di sfogo (11).
3. Chiudere l'armatura di generazione della pressione(16).

6.3 Ripristino delle procedure standard dopo la ricarica

Dopo che il riempimento è stato completato, seguire la seguente procedura:

1. Lasciare sgelare la linea di trasferimento (14) aspettando circa 10 minuti oppure
2. Riscaldare con cura l'estremità del sistema di trasferimento con una pistola termica.
3. Togliere la linea di trasferimento (14) dalla torretta dell'azoto destra (23).
4. Togliere il tubo di Teflon (31) dalla torretta sinistra dell'azoto (25).
5. Controllare che le estremità delle torrette siano libere da ghiaccio o altro (inserendo il dip-stick, od osservando l'uscita del gas).

**Attenzione**

Non cercare mai di togliere il ghiaccio dalle torrette dell'azoto senza avere prima contattato l'assistenza tecnica della Bruker.

**Nota**

6. Collegare il sistema di flusso dell'azoto N₂ (26).
Assicurarsi che la valvola di controllo (24) sia correttamente montata (con la freccia nella direzione del flusso di azoto), per consentire all'azoto gas di uscire dal contenitore.
7. Nel caso in cui il magnete sia montato su piedini pneumatici antivibrazione: attivare il sistema antivibrazione ruotando in posizione "up" il selettore posizionato sulla base del magnete.

6.4 Registrazione della procedura di riempimento

Con il riempimento si ripristina l'azoto evaporato. Se si registrano con cura tutte le date in cui viene effettuato il riempimento, è possibile avere una stima del consumo medio. Variazioni rilevanti nel consumo sono dei segnali d'allarme che il sistema del magnete non funziona correttamente.

1. Registrare la data del riempimento e la quantità di azoto usata.

Procedura di Ricarica dell'Elio

7 Recipiente per il trasporto dell'elio liquido

Ci sono diversi tipi di contenitori per il trasporto dell'elio liquido (formula chimica He). Sono qui descritte le caratteristiche essenziali di tutti i contenitori atti al trasporto di elio e che devono essere verificate al fine di eseguire la procedura di ricarica in sicurezza.

7.1 Cause di pericolo: temperature bassissime

I contenitori per il trasporto di elio contengono elio liquido alla temperatura di $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$. Raccomandiamo di leggere le avvertenze riportate nel [capitolo 1 "Sicurezza durante la Procedura di Ricarica"](#), [pagina 3](#), per dettagli sull'uso di contenitori di trasporto.

7.2 Caratteristiche del contenitore per il trasporto di Elio

Il contenitore per il trasporto di elio deve avere le seguenti caratteristiche:

- non deve essere fatto di materiale ferromagnetico o di ogni altro materiale suscettibile ai campi magnetici.
- deve avere una valvola di sicurezza fissa, che non può essere influenzata o manomessa dall'esterno.
- deve avere una valvola di sfogo della pressione, che permetta l'evaporazione dell'elio.



Attenzione

Pericolo di danni fisici: i contenitori di trasporto potrebbero essere attratti in modo incontrollabile verso il magnete e potrebbero intrappolare o schiacciare le persone.

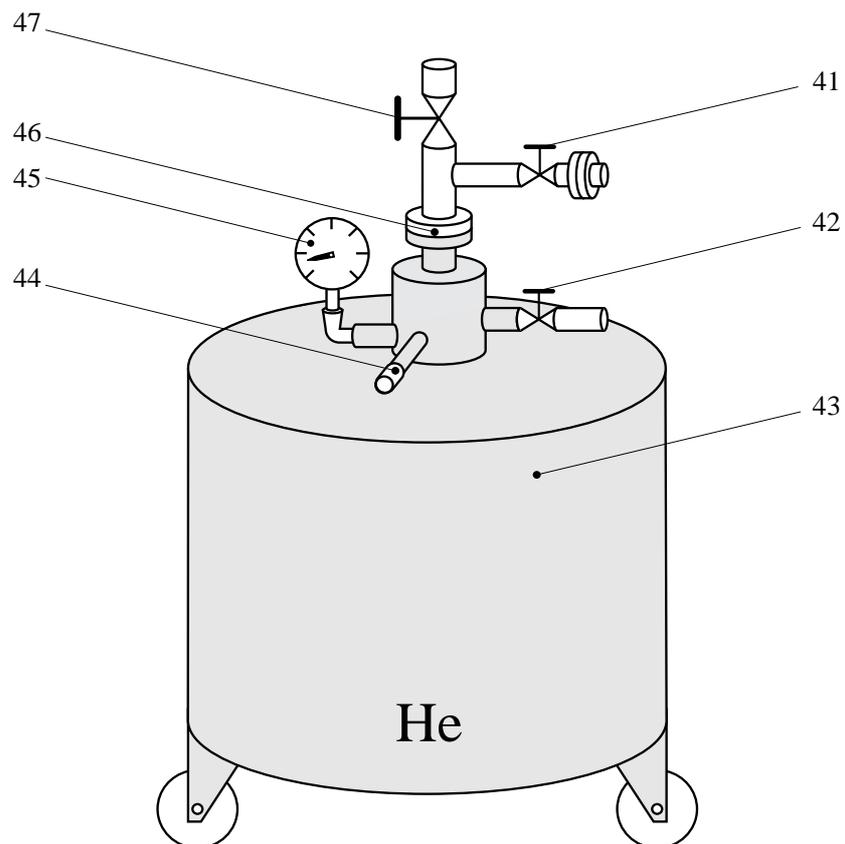


Avviso

Pericolo di distruzione del magnete. I contenitori di trasporto potrebbero essere attratti in modo incontrollabile verso il magnete e danneggiarlo o distruggerlo.

7.3 Componenti principali

Il contenitore per il trasporto di elio è costituito dai seguenti componenti principali:



Contenitore per il trasporto di elio

Legenda

- 41 Valvola di sfogo del gas (o valvola per generare la pressione)
- 42 Valvola di sfogo della pressione (con rubinetto di bloccaggio)
- 43 Contenitore di trasporto
- 44 Valvola di sicurezza
- 45 Manometro
- 46 Flangia di connessione
- 47 Rubinetto di estrazione per l'elio liquido (valvola sferica)

8 Linea di trasferimento

A causa della temperatura molto bassa, per trasferire l'elio liquido è necessaria una linea di trasferimento particolare: a doppia camera, isolata e sotto vuoto.



Nota

Non usare altri tipi di linee di trasferimento o linee danneggiate. A causa del cattivo isolamento, la linea potrebbe ghiacciare e l'elio evaporare.



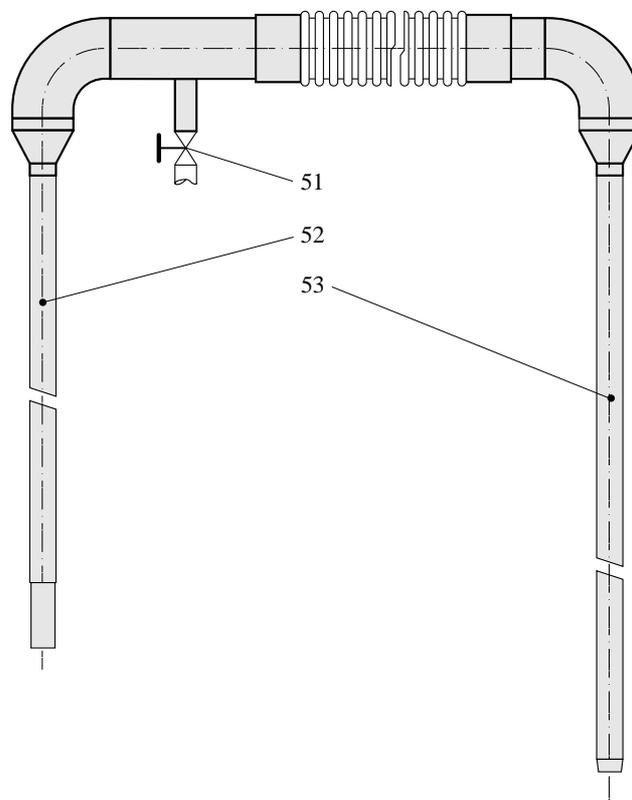
Attenzione

In caso di problemi con la linea di trasferimento, contattare l'assistenza tecnica Bruker.



Nota

E' possibile individuare una linea di trasferimento danneggiata perché durante la ricarica, le zone difettose ghiacciano (diventando bianche e rigide).



Linea di trasferimento

Legenda

- 51 Valvola di evacuazione della linea di trasferimento
- 52 Tubo di connessione - Lato magnete
- 53 Tubo di connessione - Lato contenitore

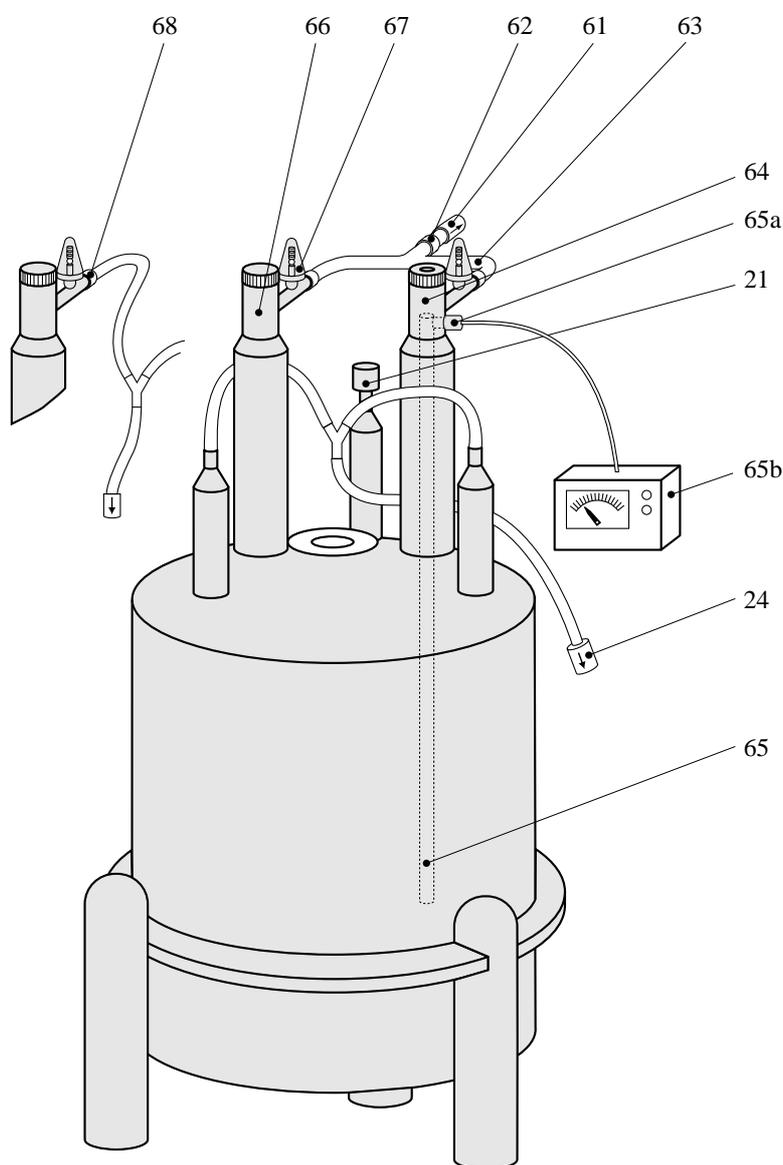
9 Magnete

Vengono qui di seguito descritti gli elementi comuni a tutti i magneti, informazioni che dovrebbero essere conosciute al fine di prevenire e salvaguardarsi da incidenti durante le operazioni di ricarica.



Attenzione

Il sistema magnetico contiene elio liquido e un magnete che genera un elevato campo. Si devono osservare le misure di sicurezza descritte nel capitolo 1 "Sicurezza durante la Procedura di Ricarica", pagina 3.



Magnete

Legenda

- 21 Valvola di sicurezza (per azoto)
- 24 Valvola di controllo (per azoto)
- 61 Valvola di controllo (per elio)
- 62 Attenuatore delle vibrazioni dell'elio
- 63 Tubo ad U
- 64 Torretta destra dell'elio con sifone
- 65 Sensore livello elio
- 65a Connettore al sensore livello elio
- 65b Indicatore livello elio
- 66 Torretta di sinistra dell'elio
- 67 Valvola di quench
- 68 Adattatore a tubo flessibile



Nota

Non tutti i magneti sono equipaggiati con tubi ad U (63). In alternativa, alcuni sistemi vengono forniti con adattatore a tubo flessibile su entrambe le torrette.

Tali tubi sono collegati con un pezzo a Y e ventilati per mezzo della valvola di controllo (61).

10 Controllo del livello del fluido

La misura del livello dell'elio all'interno del sistema magnete è necessaria al fine di stabilire quanto ne deve essere aggiunto. Misurare il livello del fluido nel contenitore di trasporto permette invece di determinare la quantità di elio effettivamente usata. Durante la procedura di riempimento è possibile solamente controllare se nel contenitore vi sia ancora elio.

10.1 Misura del livello di elio nel Sistema Magnete

Il magnete è dotato di un sensore di elio fisso e incorporato che permette di misurare il livello del liquido criogenico (65). E' possibile collegare l'indicatore di elio (65b) a un connettore standard (65a). Si prega di leggere le istruzioni relative al proprio misuratore del livello di elio.

10.2 Misura del livello del liquido nel Recipiente di Trasporto

La misura del livello del liquido nel recipiente di trasporto è possibile solo prima di iniziare la procedura o dopo averla completata. Durante l'operazione di ricarica è possibile controllare solo se il contenitore contiene ancora elio o no.



Nota

Sarà necessario usare un dip-stick per misurare il livello dell'elio. Il dip-stick è un lungo tubo sottile con un'estremità di forma arrotondata, acquistabile dalla Bruker col numero di parte Z27451.

Misura del livello di elio

Per misurare il livello di elio nel recipiente di trasporto, è necessario avere una mano sensibilissima, in tutti i sensi del termine. Seguire la procedura sotto riportata:

1. Diminuire la pressione nel recipiente di trasporto di elio aprendo la valvola di sfogo del gas (41).
2. Aprire il tappo di uscita elio (47) e inserire il dip-stick gradatamente, finché raggiunge il fondo del contenitore.
3. Segnare la posizione del dip-stick impugnandolo all'altezza del tappo di uscita.
4. Tappare la parte superiore del dip-stick con il pollice dell'altra mano (precedentemente inumidito) o con un piccolo pezzo di plastica, così che sia possibile avvertire il sottile sibilo dell'elio gas.
5. Estrarre lentamente il dip-stick finché è possibile sentire un chiaro cambio di „frequenza nel sibilo“.



Nota

La frequenza del sibilo diventa significativamente più alta non appena l'estremità del dip-stick oltrepassa il livello dell'elio liquido. Se non si è certi del risultato, è consigliabile ripetere l'operazione, reinserendo il dip-stick nuovamente in profondità.

6. Segnare la posizione del dip-stick al momento del cambio di frequenza, impugnandolo ancora all'altezza del tappo di uscita.
7. Misurare la distanza tra i due segni del dip-stick e determinare il livello del liquido in base alla tabella del recipiente.
8. Chiudere la valvola di rilascio del gas (41) e il tappo di uscita dell'elio liquido (47).

Controllo del livello del liquido

Durante la procedura di ricarica, è possibile valutare solo indirettamente la presenza di liquido nel contenitore di trasporto.

Il metodo di valutazione più semplice è quello di leggere il valore dell'elio sull'indicatore (65b) dello spettrometro. Se il valore letto sale costantemente e lentamente, significa che nel contenitore c'è ancora presenza di liquido.

**Nota**

L'indicatore dell'elio è molto sensibile al ghiaccio. In caso di ghiaccio la lettura non sarà più possibile in quanto risulterà indicato un valore arbitrario e stabile. Alcuni misuratori sono forniti di una funzione di sbrinamento. Si faccia riferimento al manuale.

**Attenzione**

Se non si riesce a rimuovere il ghiaccio, contattare l'assistenza tecnica della Bruker.

È possibile generare una leggera sovrappressione all'interno del recipiente di trasporto con l'aiuto di un palloncino di gomma (es. la camera d'aria di un pallone da calcio). Si può determinare se il contenitore è vuoto osservando il palloncino di gomma. Se questi non rimane costantemente in pressione, il contenitore deve essere vuoto, così come se non si riesce più a generare della sovrappressione.

Per generare della sovrappressione con elio gas esterno, seguire le procedure qui sotto riportate:

1. Chiudere la valvola di messa in pressione (41) e togliere il tubo che porta elio gas dall'esterno.
2. Aprire la valvola di messa in pressione (41) ed osservare se il contenitore di trasporto è sotto pressione.

**Nota**

Non è possibile generare pressione in un contenitore vuoto, dal momento che il gas può passare direttamente nel sistema magnete attraverso la linea di trasferimento.

3. Chiudere l'ingresso del tubo che porta elio gas dall'esterno ed aprire la valvola di messa in pressione (41) per continuare la procedura di ricarica.

11 Preparazione per la ricarica

Preparare il magnete per la ricarica dell'elio seguendo le procedure qui sotto riportate:

1. Se il magnete è equipaggiato con piedini antivibrazione, sgonfiarli ruotando l'interruttore a leva sull'unità di controllo in posizione "down".
2. Verificare che le torrette di rabbocco dell'azoto siano correttamente chiuse con la valvola di sicurezza, oppure se necessario, chiuderle con un tappo di gomma.



Attenzione

Si può generare una pericolosa pressione all'interno del magnete usando i tappi di gomma. Ricordarsi di togliere i tappi appena conclusa la ricarica dell'elio.

Chiudendo le torrette di rabbocco dell'azoto verificare bene che il magnete sottoraffreddato non aspiri aria all'interno del contenitore dell'azoto. E' sufficiente per questo scopo il corretto montaggio della valvola di sicurezza (24) (freccia diretta verso l'esterno).

3. Verificare che la valvola di sicurezza N₂ (21) sia montata sulla torretta posteriore dell'azoto.

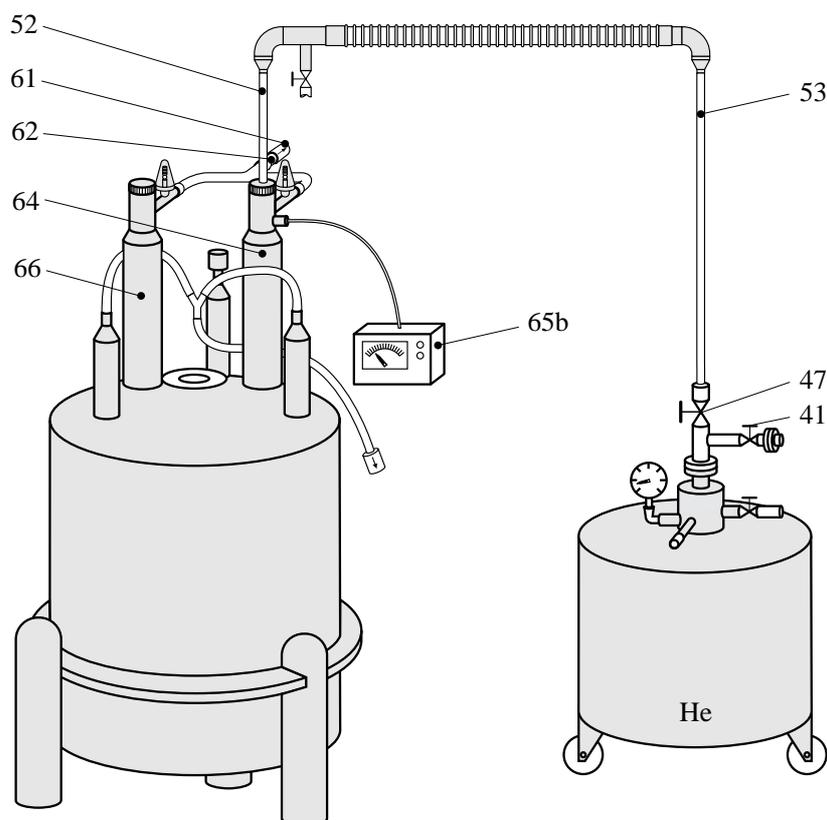


Attenzione

Pericolo di esplosione del magnete. Lasciare sempre la valvola di sicurezza e la valvola di quench nelle corrette posizioni.

12 Procedura di ricarica

Prima di iniziare la ricarica la linea di trasferimento deve essere raffreddata, dopodiché è possibile mettere in connessione il recipiente di trasporto ed il magnete. L'elio passerà dal recipiente al magnete attraverso la linea di trasferimento quando si sarà stabilita una lieve sovrappressione. La ricarica terminerà quando l'elio liquido comincerà a fuoriuscire dal magnete.



Sistema durante la ricarica

Legenda

- 41 Valvola di sfogo del gas (o valvola di messa in pressione)
- 47 Rubinetto di estrazione (a valvola sferica) dell'elio liquido
- 52 Tubo di connessione - lato magnete
- 53 Tubo di connessione - lato recipiente di trasporto
- 61 Valvola di controllo (per l'elio)
- 62 Riduttore di oscillazioni di pressione dell'elio
- 64 Torretta destra dell'elio con all'interno il sifone
- 65b Indicatore di livello dell'elio
- 66 Torretta di sinistra dell'elio

12.1 Raffreddamento della linea di trasferimento

Se la linea di trasferimento viene introdotta calda nel magnete, l'elio gas inizierà ad uscire dalla stessa in modo brusco, e potrà provocare una forte reazione denominata quench. È possibile prevenire ciò, pre-raffreddando la linea di trasferimento. Seguire le procedure qui sotto riportate:



Attenzione

leggere attentamente le seguenti istruzioni prima di iniziare questa procedura!



Nota

1. Togliere la valvola di controllo(61) ed il riduttore di oscillazioni se presente (62), oppure
2. Rimuovere gli adattatori (68) dalle torrette dell'elio (66).
3. Chiudere l'uscita spingendo leggermente all'interno una salvietta di carta.
Questo ridurrà l'entrata di aria fintanto che inizierà la ricarica. L'aria che entra nel magnete ghiaccia.
4. Ridurre la leggera sovrappressione nel contenitore di trasporto aprendo la valvola di fuoriuscita del gas (41) per un breve periodo.
5. Chiudere tutti i rubinetti del contenitore di trasporto.
6. Inserire il tubo di connessione (53) della linea di trasferimento nel rubinetto di estrazione dell'elio liquido (47) finché non raggiungerà la valvola sferica.
7. Preparare la torretta destra del magnete (64). Togliere la ghiera a vite con il tappo, la sua rondella e la guarnizione e rimettere immediatamente solo il tappo per ridurre al minimo l'ingresso di aria.
8. Preparare la linea di trasferimento per l'inserzione nel magnete mettendo la ghiera a vite, la rondella e la guarnizione nel tubo di connessione (52).
9. Aprire il rubinetto di estrazione dell'elio liquido (47). Inserire la linea di trasferimento lentamente nel contenitore di trasporto finché elio sotto forma di gas non inizierà ad uscire dall'altro lato.
10. Raffreddare la linea di trasferimento finché non inizierà ad uscire elio liquido dal tubo di trasferimento (52) aperto.



Nota

È molto semplice verificare l'uscita di elio liquido, in quanto il flusso di uscita assomiglia alla fiamma di una candela.

12.2 Connessione della linea di trasferimento

Appena la linea di trasferimento sarà fredda, è possibile stabilire il collegamento fra il recipiente di trasporto ed il magnete, quindi può iniziare la ricarica di elio.



Attenzione

pericolo di quench se si inserisce la linea di trasferimento non sufficientemente fredda. Raffreddare la linea di trasferimento finché non uscirà elio liquido dall'altra parte.

11. Inserire il tubo di connessione (52) della linea di trasferimento (senza estensione) con cura nella torretta dell'elio di destra del magnete (64) e fissarla con la ghiera a vite.

**Attenzione**

L'estremità della linea di trasferimento non deve essere messa in contatto con il sifone, all'interno del magnete. Verificare se state utilizzando la giusta linea di trasferimento, se notate che la stessa tocca il sifone. Se la linea di trasferimento si immerge nel sifone e ne tocca il fondo, sollevarla di 2-3 cm e bloccarla tramite la ghiera a vite.

12.3 Generazione di sovrappressione nel contenitore di trasporto

L'elio passa dal contenitore di trasporto al magnete mediante l'aiuto di una leggera sovrappressione. Questa pressione non deve mai eccedere 0,35 bar. È possibile ottenere la pressione giusta seguendo le procedure qui sotto riportate:

12. Collegare dell'elio gas puro al rubinetto di messa in pressione (41) ed aprire il rubinetto fino a che è raggiunta una leggera sovrappressione, oppure
13. Collegare un palloncino di gomma e premerlo con le mani. Così facendo si fa circolare gas caldo all'interno del contenitore, generando un aumento di pressione all'interno.

**Nota**

L'isolamento del contenitore di trasporto non è perfetto. Perciò, a causa dell'evaporazione dell'elio, si forma naturalmente una leggera pressione. In alcuni casi ciò è sufficiente per generare la sovrappressione necessaria.

**Nota**

La procedura di ricarica può durare più di un'ora se si ricarica il magnete al minimo livello consentito, trascorso cioè il massimo periodo di tenuta.

12.4 Trasferimento dell'elio

**Nota**

Appena inserito il tubo di connessione (52) il trasferimento dell'elio ha subito inizio. È possibile verificare questo notando che la salvietta di carta verrà subito espulsa dall'uscita dal magnete.

14. Spingere il tubo di connessione (53) nel contenitore di trasporto finché non si raggiunge il fondo e poi sollevarlo di circa 5 cm, in modo da evitare il bloccaggio di flusso dell'elio durante la ricarica.
15. Attivare il lettore dell'elio (65b) per una lettura continua, se possibile.
16. Provvedere per una sovrappressione nel contenitore di trasporto come richiesto (vedere il [capitolo 12.3 "Generazione di sovrappressione nel contenitore di trasporto"](#), pagina 26).

12.5 Monitoraggio del trasferimento dell'elio

17. Verificare che la sovrappressione **non ecceda i 0,35 bar** per tutta la procedura di ricarica.



Attenzione

pericolo di esplosione dovuto ad una eccessiva pressione. Rispettare sempre la massima pressione di 0,35 bar.



Nota

Una pressione da 50 a 100 mbar è normalmente sufficiente per una soddisfacente ricarica.

18. Durante la fase di riempimento, controllare che il recipiente di trasporto contenga sufficiente fluido (vedere [capitolo 10.2 "Misura del livello del liquido nel Recipiente di Trasporto"](#), pagina 21).



Nota

Si può facilmente capire che c'è ancora fluido nel recipiente, osservando l'indicatore sul misuratore di livello dell'elio (65b): fintantoché continua a salire, il recipiente non può essere vuoto.



Nota

Il sensore del livello di elio è facilmente soggetto a ghiacciare. Nel caso ciò accada, non funzionerà più, ed indicherà un valore casuale ma costante. Alcuni misuratori di elio sono dotati di una funzione di sbrinamento. Consultare il manuale.



Attenzione

Se non riuscite a rimuovere il ghiaccio, consultate l'assistenza tecnica della Bruker.

19. Terminate l'operazione di trasferimento dell'elio quando il serbatoio è pieno.

Potete controllare che il serbatoio è pieno come segue:

- l'indicatore sul misuratore di elio segna 100% oppure
- aria liquida (azoto ed ossigeno) gocciola dal tubo ad U.



Nota

Si prega di leggere le norme di sicurezza al [capitolo 1.4 "Protezione contro gli incendi e i rischi di esplosione"](#), pagina 4.

- l'elio liquido comincia ad uscire dall'apertura di sfogo. Appare come una piccola fiamma.



Attenzione

Se non riuscite a rimuovere il ghiaccio, consultate l'assistenza tecnica della Bruker.

12.6 Termine dell'operazione di riempimento ed estrazione della linea di trasferimento

L'operazione di riempimento termina quando l'elio liquido fuoriesce dall'apertura di sfogo, e ciò si può determinare dalla piccola "fiamma", come già detto.

Concludere l'operazione nel seguente modo:

1. Se avete collegato una linea di elio esterna per generare pressione: chiudete il rubinetto della linea e togliete il tubo di gomma collegato.
2. Scaricate la pressione dal recipiente di trasporto, aprendo la valvola di rilascio della pressione (41).
3. Allentate le tenute a vite ed estraete la linea di trasferimento simultaneamente dal serbatoio dell'elio e dal recipiente di trasporto.



Attenzione

Pericolo - Non toccate le parti gelate della linea di trasferimento, indossate guanti protettivi quando svolgete questa operazione.



Nota

4. Chiudete immediatamente la torretta destra dell'elio con il tappo.
Le parti gelate possono essere riscaldate con una pistola termica. Attenzione ai pezzi di plastica!
5. Quando la linea di trasferimento è sgelata, rimuovete la guarnizione (O-ring), la rondella, e controllate eventuali danni all'O-ring.

12.7 Ritornare alla normale operatività dopo il riempimento

Dopo una riuscita operazione di riempimento, ripetere la procedura al contrario come segue:

1. Chiudete tutti i rubinetti e le valvole del recipiente di trasporto.
2. Aprite la valvola di rilascio della pressione (41).
3. Chiudete bene la torretta destra dell'elio (64) con il tappo a vite, l'O-ring, la rondella e la valvola.
4. Montate la valvola di controllo dell'elio (61) sul magnete in modo che la freccia punti verso l'esterno oppure
5. Montate il tubo di gomma con il adattore (68) sulla torretta sinistra dell'elio.

13 Stadi finali

Dovete terminare l'operazione di riempimento dell'elio, controllando se il sistema magnete funziona di nuovo correttamente, e registrando l'operazione effettuata.

13.1 Registrazione dell'operazione di riempimento

L'operazione di riempimento ripristina l'elio perduto per evaporazione. Se l'operazione viene annotata scrupolosamente, è possibile stimare il consumo medio di elio. Variazioni significative nel consumo costituiscono un segnale precoce di malfunzionamento del magnete.

1. Determinate la quantità di elio rimasta nel recipiente di trasporto (per pesata, o misurandone il livello con una bacchetta).
2. Annotate la data e la quantità di elio usata tanto nel magnete che nel recipiente di trasporto.
3. Prendete nota del livello dell'elio prima e dopo dell'operazione di riempimento!
4. Accertatevi che le uscite dell'azoto siano dotate di valvole di controllo correttamente montate, ed eventualmente rimuovete i tappi di gomma dalle uscite stesse.



Attenzione

Pericolo di scoppio del magnete - Questo può accadere se dimenticate di togliere i tappi di gomma dalle uscite dell'azoto. E' importante che, dopo il termine dell'operazione di riempimento, rimuoviate i tappi.

5. Se il magnete è equipaggiato con piedini antivibrazione, attivarli ruotando l'interruttore a leva sull'unità di controllo in posizione "up".

13.2 Verifiche di controllo

Al termine dell'operazione di riempimento, eseguite i controlli seguenti, in modo da accertarvi che il magnete funzioni correttamente.

6. Dopo l'operazione di riempimento, verificate che il tubo ad U sia sgelato. Vi potete aiutare con una pistola termica, se necessario.
7. Dopo alcune ore, controllate che i vapori di azoto fuoriescano dalle uscite.



Attenzione

Pericolo di scoppio del magnete - Questo può accadere se le uscite dell'azoto sono bloccate dal ghiaccio; accertatevi che siano libere.



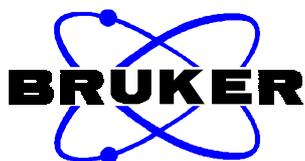
Nota

Se dopo alcune ore non si notano i vapori di azoto, la causa può essere l'ostruzione delle torrette dell'azoto da parte del ghiaccio. Controllate che siano libere seguendo le istruzioni al [capitolo 5.2 "Preparazione del Magnete"](#), pagina 11.



Attenzione

Non togliete mai il ghiaccio dalle torrette dell'azoto senza avere prima consultato l'assistenza tecnica della Bruker.



Appendice

14 Terminologia importante

In questa sezione verranno spiegati, in forma di glossario, i più importanti termini usati nel testo.

Azoto	Gas pesante, incolore, inodore, di formula chimica "N ₂ ". L'azoto liquido ha una temperatura di -196°C.
Barretta epossidica	Lunga bacchetta in fibra di vetro di circa 1 mm. diametro, per misurare il livello di fluido.
Dip-stick	Lungo tubo metallico con un'estremità arrotondata, per misurare il livello di fluido.
Elio	Gas leggero, incolore, inodore, insapore, avente la formula chimica "He". L'elio liquido ha una temperatura di -269°C.
Fiamma	Aspetto visivo dell'elio liquido che fuoriesce da un tubo.
Fluido criogenico	Gas sottoraffreddato in fase fluida.
Linea di trasferimento	Tubo di trasferimento per l'elio, isolato dall'esterno mediante un'intercapedine sotto vuoto.
Manometro	Dispositivo di misura di pressione dei gas.
Misuratore di livello dell'elio	Dispositivo di misura che indica il livello dell'elio nel serbatoio.
Quench	Scarica molto rapida del magnete, causata dalla perdita delle sue caratteristiche superconduttrici. Il Quench avviene quando l'energia magnetica immagazzinata viene convertita in calore, a causa della perdita della superconduttività. Il calore generato provoca la rapida evaporazione di grandi quantità di elio e azoto.
Recipiente di trasporto	Recipiente per il trasporto di elio od azoto, isolato dall'esterno con un'intercapedine sotto vuoto.
Sifone	Regolatore a forma di tubo metallico immerso nell'elio fino al fondo nel serbatoio.
Sistema di flusso dell'N₂	Apparecchiatura montata sul magnete, che controlla il rilascio dei vapori di azoto nell'atmosfera, ed impedisce l'ingresso di aria e vapor acqueo nel serbatoio di azoto.

Sistema Magnete	Magnete superconduttore immerso in un serbatoio di elio liquido, a sua volta circondato da un secondo serbatoio di azoto liquido.
Sonda di livello dell'elio	Sonda di misura che determina il livello dell'elio nel serbatoio.
Smorzatore d'oscillazione dell'elio	Parte del tubo ad U che sopprime le oscillazioni termo-acustiche del gas.
Supporti antivibrazione	Ammortizzatori a cuscino d'aria sulla o nella struttura di sostegno del magnete.
Tubo ad U	Parte di collegamento fra le estremità delle due torrette dell'elio.
Valvola di quench	Valvola di sfogo della pressione ad alta portata.

15 Segnali di avviso / Pittogrammi



Attenzione: Campi magnetici dispersi molto intensi.



Pericolo: Divieto di ingresso per i portatori di stimolatore cardiaco.



Pericolo:

Divieto di ingresso per i portatori di protesi metalliche



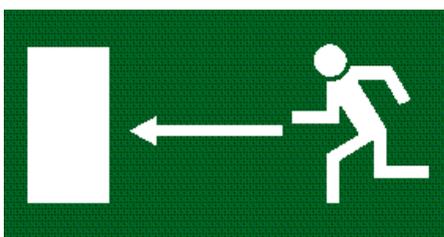
Attenzione:

Orologi ed apparecchi elettronici ed elettromeccanici potrebbero venire danneggiati.



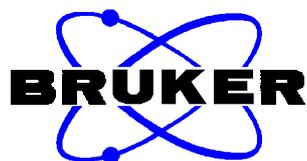
Attenzione:

Carte di credito, supporti magnetici quali nastri, dischetti o dischi rigidi, potrebbero venire danneggiati.



Nota:

Uscita di emergenza.



16 Indice

A

Attenuatore delle vibrazioni dell'elio 20
Aumento della temperatura 5

C

Caratteristiche del contenitore per il trasporto di azoto 7
Connessione della linea di trasferimento 25
Contenitore per il trasporto di elio 16
Controllare se le uscite sono libere 11
Controllo del livello del fluido 21
Controllo del livello del liquido 22

D

Dip-stick 10

E

Estrazione della linea di trasferimento 28
Evaporazione molto forte 5

F

Fine della ricarica (Azoto) 14
Forti oscillazioni del gas 5

G

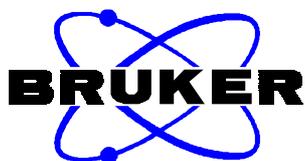
Generazione di sovrappressione nel contenitore di trasporto 26

L

Linea di trasferimento 12, 18
Liquido criogenico surriscaldato 5

M

Magnete 9, 19
Misura del livello del fluido 10
Misura del livello del fluido con il dip-stick 10
Misura del livello del liquido nel recipiente di trasporto 21
Misura del livello di azoto con l'asticella in epossido 10
Misura del livello di elio nel sistema magnete 21



P

Pericolo di autocombustione o esplosione 4
Pericolo di gravi scottature 3
Pericolo di improvviso attacco di cuore 3
Pericolo di rovesciamento 6
Pericolo di soffocamento 4
Preparazione del trasferimento 11
Preparazione per la ricarica (Elio) 23
Procedura di ricarica (Elio) 24
Procedura di riempimento (Azoto) 12
Protezione contro i pericoli meccanici 6
Protezione dai gas 4
Protezione dal campo magnetico 3
Protezione dal pericolo di esplosione dovuto a recipienti di trasporto ad alta pressione 4
Protezione dalle bassissime temperature 3
Punto di ebollizione 4

R

Raffreddamento della linea di trasferimento 25
Recipiente di trasporto ad alta pressione 4
Recipiente di trasporto per l'azoto liquido 7
Recipiente per il trasporto dell'elio liquido 16
Recipienti di trasporto per liquidi criogenici 5
Registrazione dell'operazione di riempimento 29

S

Sistema a flusso di N₂ 9
Suggerimenti per la misura del livello di azoto 10

T

Temperatur Diagram 5
Termine dell'operazione di riempimento 28
Trasferimento dell'elio 26
Trasferimento di azoto 13
Tubo ad U 20