



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**

HIC SUNT FUTURA

Progetto ABC della sicurezza
Corso di FORMAZIONE SPECIFICA
Moduli GT01 e GT02

Ambito Laboratorio - DMED GAS TECNICI – AZOTO LIQUIDO

Gino Capellari, RSPP
Giusi Zaina, ASPP

- Che cosa rappresenta per voi il concetto di «**gestione in sicurezza di un'attività**»?
- Quali sono secondo voi i **due principali rischi** nella manipolazione/uso dell'Azoto liquido?

Obiettivi

ACQUISIRE CONOSCENZE E CONSAPEVOLEZZA SU:

- **principali pericoli e rischi riferiti alle attività che comportano manipolazione e utilizzo di azoto liquido;**
- **misure di sicurezza da adottare;**
- **riferimenti comportamentali per la gestione in sicurezza dell'azoto liquido in condizioni ordinarie e in emergenza.**





Gestione in sicurezza di gas tecnici da laboratorio - Azoto Liquido

GT-01

Parte teorica

- **Gas tecnici: classificazione, proprietà e rischi**
- **Gas tecnici: recipienti**
- **Azoto liquido: caratteristiche e rischi**
- **Gestione in sicurezza: misure di prevenzione e protezione**
- **Contenitori criogenici: conservazione e movimentazione**

GAS TECNICI – Caratteristiche generali

I gas tecnici (o industriali) sono gas o miscele di gas prodotti per l'uso nei processi industriali e manifatturieri e sono impiegati in un'ampia gamma di settori, anche **scientifico e di ricerca**, ovvero ovunque sia richiesta una fase di congelamento, propulsione, riscaldamento, pulizia, ventilazione, test o saldatura.

Gas speciali	Elevata purezza e destinati ad usi speciali (produzione semiconduttori, test di laboratorio, etc.)
Gas tecnici	Purezza contenuta, applicazioni tecniche (uso industriale, ospedaliero, alimentazione, etc.)
Gas criogenici liquefatti	Diverse purezze, largo consumo



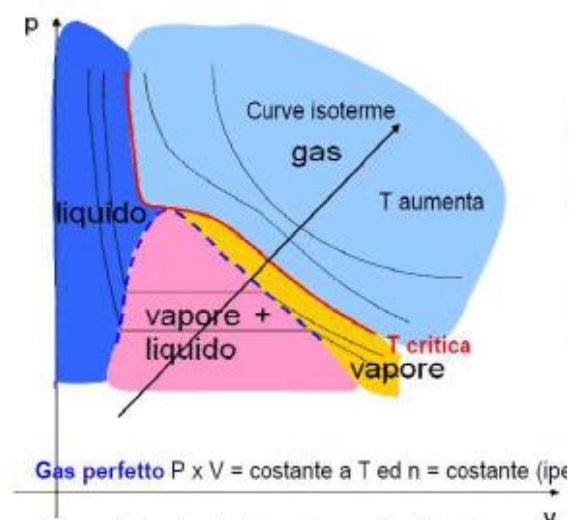
GAS TECNICI – Classificazione

Caratteristiche fisiche

1. Compressi
2. Liquefatti
3. Disciolti

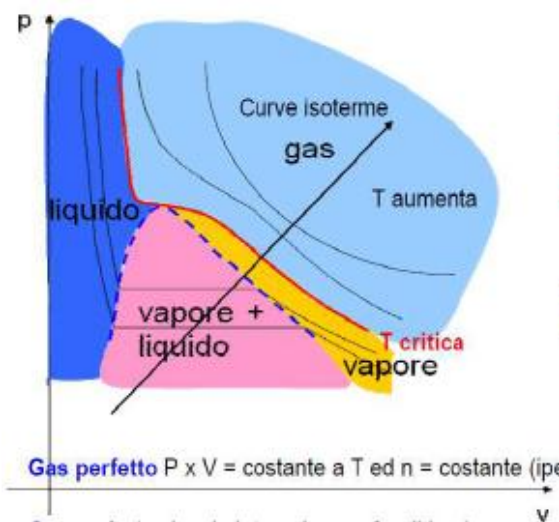
Caratteristiche chimiche

1. **Inerti** - In condizioni normali di pressione e temperatura non reagiscono né si combinano con altre sostanze (N_2 , He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)
2. **Inflammabili** - Possono bruciare se associati ad un comburente e ad un innesco: (H_2 , acetilene, butano, propano, metano)
3. **Comburenti** - Possono infiammare materiale combustibile o alimentare incendi già in atto rendendo più difficili le operazioni di spegnimento (O_2 , N_2O , aria compressa)
4. **Tossici** – Provocano intossicazione/avvelenamento: Ammoniaca (NH_3), CO, Fosfina (PH_3), Arsina (AsH_3)
5. **Corrosivi** - Provocano corrosione sia dei tessuti organici che dei materiali (Cloro, Fluoro, HCl, HF, HBr)








GAS TECNICI – Proprietà fisiche

- **Gas compressi**, hanno temperatura critica che non ne consente la liquefazione e per la commercializzazione ed utilizzo sono sottoposti ad elevate pressioni (ca. 200 atm) in bombole;
- **Gas liquefatti**, hanno temperatura critica tale per cui vengono commercializzati allo stato liquido in recipienti dove la fase liquida è in equilibrio con quella gassosa alla pressione della tensione di vapore;
- **Gas disciolti**, sostanze gassose che necessitano di essere disciolte in un solvente.



GAS TECNICI – Proprietà chimiche

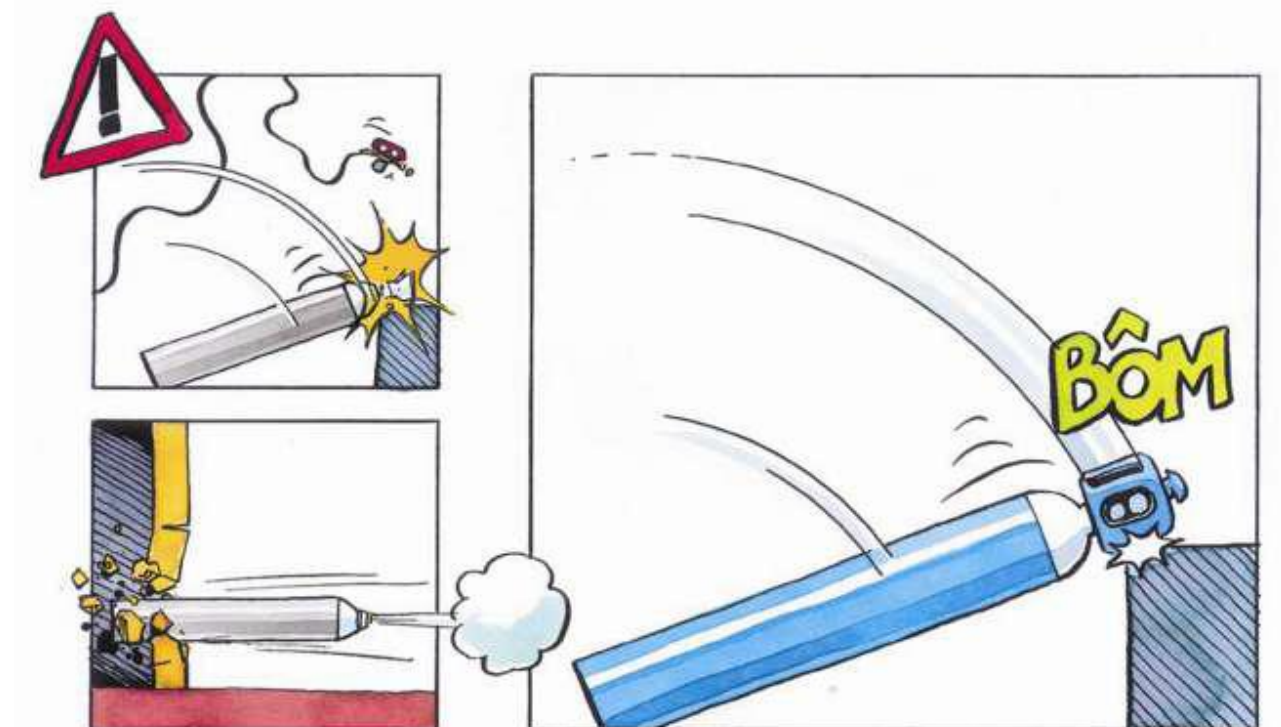
<p>GAS NON INFIAMMABILE E NON TOSSICO</p>		<p>INFIAMMABILI</p>	
<p>TOSSICI</p>		<p>CORROSIVI</p>	
	<p>OSSIDANTI</p>		



GAS – Pericolosità

PRINCIPALI PERICOLI Associati

- **Formazione di atmosfere pericolose** (in caso di fuoriuscita accidentale di gas)
- **Sprigionamento dell'energia potenziale** in forme incontrollate (scoppio a seguito surriscaldamento)
- **Caduta o colpi/contusioni** durante la movimentazione dei recipienti per gas



GAS INERTI – Caratteristiche e proprietà

Es: azoto, elio, argon, anidride carbonica (GAIA e KOLBE)

- **Gas inerti in quanto non reagiscono chimicamente con altre sostanze**
- **Gas non tossici, ovvero privi di effetti fisiologici**
- **Gas insapori, inodori e incolori, quindi non rilevabili dai sensi: questo li rende subdoli**
- **Gas inerti sono più pesanti dell'aria, tendono ad accumularsi verso il basso e impiegano molto tempo per disperdersi.**
- **GAS ASFISSIANTI SEMPLICI, sono pericolosi in quanto sono in grado di sostituirsi all'aria e quindi all'Ossigeno, formando atmosfere sotto-ossigenate ($O_2 < 21\%$) non adatte alla respirazione.**



GAS INERTI – Pericolosità

Es: azoto, argon, anidride carbonica, elio (GAIA e KOLBE)

- I gas inerti comportano pericolo di **ASFISSIA**
- **L'asfissia da gas inerti avviene senza sintomi fisiologici premonitori, comporta malessere diffuso e può portare rapidamente alla perdita di conoscenza** (cfr. % ossigeno)

- | | |
|----------------|---|
| ▪ 21 - 19,5%: | nessun pericolo sostanziale |
| ▪ 19,5 - 16%: | effetti fisiologici negativi ma impercettibili |
| ▪ 16% - 14%: | aumento del ritmo respiratorio e delle pulsazioni
perdita di concentrazione e di ragionamento |
| ▪ 14% - 12,5%: | affaticamento sotto sforzo superiore alla norma
errata coordinazione dei movimenti
scarsa capacità di valutazione |
| ▪ 12,5% - 10%: | scarsissime capacità di valutazione e di coordinamento
alterazione del respiro che può causare danni cardiaci
nausea e vomito |
| ▪ < 10%: | perdita di conoscenza
convulsioni
morte |



GAS OSSIDANTI – Caratteristiche e proprietà

Es: aria compressa (GAIA e KOLBE), ossigeno (KOLBE, O₂/CO₂)

➤ Gas ossidanti sono anche definiti **COMBURENTI** in quanto favoriscono la combustione delle sostanze combustibili facilitandone l'innescio.

➤ **OSSIGENO**

- Gas non tossico, non genera effetti fisiologici
- Gas inodore e insapore, non se ne rileva la presenza
- Gas più pesante dell'aria, si accumula in basso
- Se rilasciato in ambienti chiusi produce **atmosfera sovra-ossigenata.**



GAS OSSIDANTI – pericolosità

Es: ossigeno (in KOLBE, miscela O₂/CO₂)

- L'Ossigeno gassoso se compresso in bombole ha pericolo correlato alla **PRESSIONE: scoppio contenitore (se riscaldato)**
- L'Ossigeno gassoso rilasciato in ambiente chiuso genera **ATMOSFERE SOVRAOSSIGENATE**, quindi **facilita l'innesco di INCENDIO**: combustione di tutti i materiali, anche quelli che in condizioni normali brucerebbero con maggiore difficoltà.

ATTENZIONE! Non esistono materiali che non possano bruciare in un'atmosfera sovraossigenata.



In presenza di ossigeno è **VIETATO**



GAS CRIOGENICI – Caratteristiche e proprietà

Es: azoto liquido (GAIA e KOLBE), elio liquido (KOLBE)

- Gas commercializzati ed utilizzati allo **stato liquido**
- Hanno temperature estremamente basse (He -270° C)
- La vaporizzazione è accompagnata da un notevole aumento di volume:
1 L di N₂ liquido si espande in circa 700 L di N₂ gassoso
- **Sebbene inerti, sono pericolosi > gas asfissianti semplici: sono in grado di sostituirsi all'aria e formare atmosfere sotto-ossigenate.**



GAS CRIOGENICI – Caratteristiche e proprietà

GAS	T. Ebollizione °C	1 litro di liquido genera	Caratteristica principale
AZOTO	- 196	705 litri di gas	ASFISSIANTE
ARGON	- 186	850 litri di gas	ASFISSIANTE
OSSIGENO	- 183	870 litri di gas	COMBURENTE
ELIO	- 269	760 litri di gas	ASFISSIANTE
IDROGENO	- 253	860 litri di gas	INFIAMMABILE

➤ **Azoto liquido** (in GAIA e KOLBE)

➤ **Elio liquido** (in KOLBE per NMR)



GAS TECNICI – Recipienti in pressione

I gas inerti e ossidanti/comburenti vengono sottoposti ad alta pressione (ca. 200 atm) per essere commercializzati, trasportati e usati in fase gassosa come

GAS COMPRESSI

TIPOLOGIE DI RECIPIENTI

Bidoni	In lamiera di acciaio unite per saldatura; capacità compresa tra 5 e 150 l; usati per i gas compressi (eccezione fluoruro di boro)
Bombole	In acciaio in un solo pezzo senza saldature; capacità fino a 150 l; usati per gas compressi
Piccole bombole	Costruite come le bombole possono contenere gli stessi gas; hanno capacità tra 3 e 5 l
Bombolette	Costruite come le bombole possono contenere gli stessi gas; hanno capacità inferiore a 3 l



GAS TECNICI – Bombole

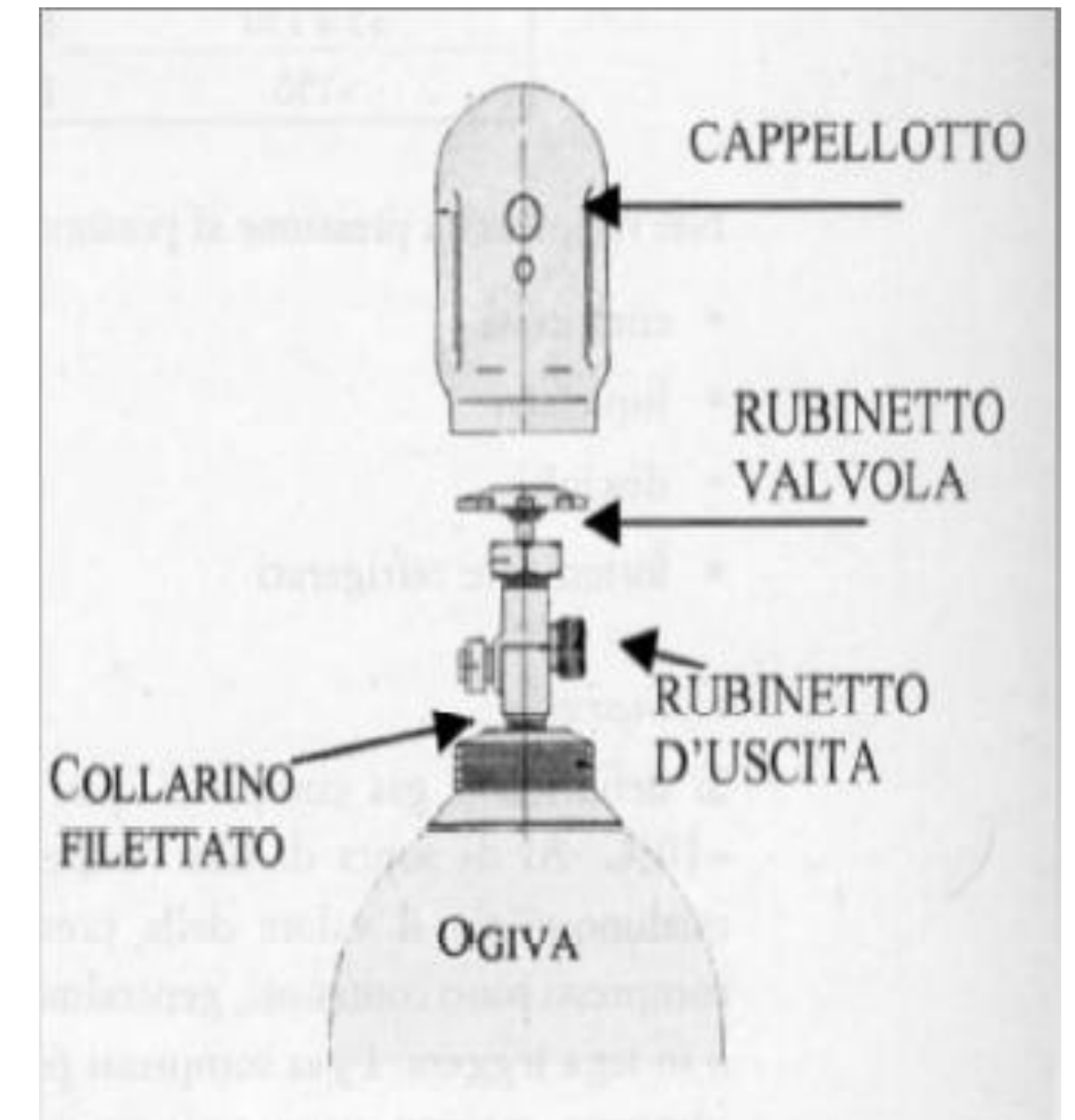
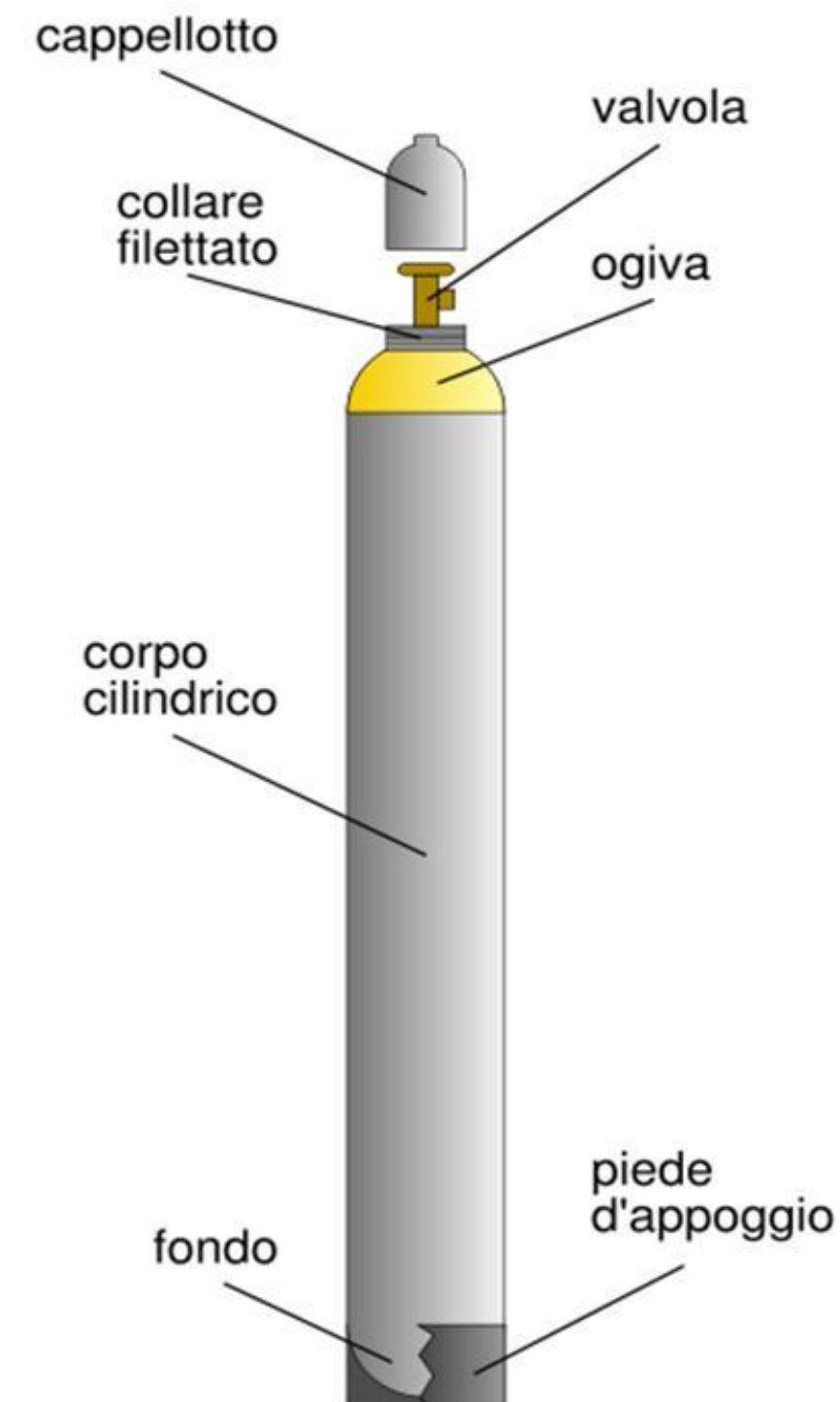
*I **gas compressi** sono sottoposti ad alta pressione e sono commercializzati in fase gassosa dentro **BOMBOLE** (recipienti in pressione)*

- Le bombole sono di acciaio o lega di alluminio (**Corpo unico**)
- Sono munite di **cappellotti** per proteggere le valvole
- I **raccordi** di uscita sono realizzati secondo specifiche omologate: i gas infiammabili hanno filettatura sinistrorsa e i gas non infiammabili filettatura destrorsa



GAS TECNICI – Bombole

Le bombole sono costituite da un cilindro con sommità ogivale su cui è fissato un rubinetto di uscita con valvola e un cappello di protezione.

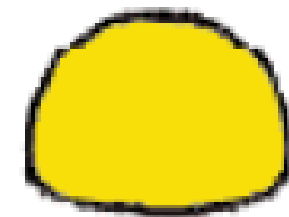


GAS TECNICI – Bombole

Le bombole presentano un colore caratteristico per facilitare l'identificazione del contenuto.

La colorazione dell'ogiva è normata (UNI EN 1089-3:2011) e identifica la NATURA del PERICOLO, non il gas.

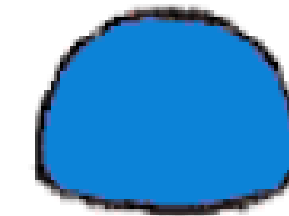
La colorazione del corpo è decisa dal produttore.



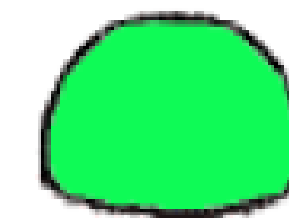
GIALLO: gas tossici e/o corrosivi



ROSSO: gas infiammabili



BLU: gas ossidanti



VERDE: gas inerti



GAS TECNICI – Bombe

Per i gas più comuni sono previsti colori specifici.

 O ₂ + N ₂ O Bianco + Blu	 O ₂ + CO ₂ Bianco + Grigio	 ACETILENE Marrone rossiccio	 AMMONIACA Giallo	 ARGO Verde scuro	 AZOTO Nero	 BIOSSIDO DI CARBONIO Grigio
 CLORO Giallo	 ELIO Marrone	 IDROGENO Rosso	 OSSIGENO Bianco	 PROSSIDO DI AZOTO Blu	 INERTI Verde brillante	 INFIAMMABILI Rosso
 OSSIDANTI Blu chiaro	 TOSSICO E/O CORROSIVI Giallo	 TOSSICI E INFIAMMABILI Giallo + Rosso	 TOSSICI OSSIDANTI Giallo + Blu chiaro	 ARIA INDUSTRIALE Verde brillante	 ARIA RESPIRABILE Bianco + Nero	 MISCELE ELIO-OSSIGENO Bianco + Marrone



AZOTO
ogiva nera



OSSIGENO
ogiva bianca

Per le miscele è consentito scegliere tra la colorazione che indica il TIPO di PERICOLO e quella con due colori che identificano i PRINCIPALI COMPONENTI.



miscele asfissianti



miscele tossiche / infiammabili



miscele tossiche / ossidanti



GAS TECNICI – Bombe

- I recipienti per gas tecnici sono riempiti mediante **COMPRESSIONE** del gas.
- La compressione è una caratteristica chimico-fisica peculiare dei gas.
- Se una bombola viene riempita a 200 bar, significa che il gas introdotto mediante compressione è pari a circa 200 volte il volume del recipiente.

Una bombola di 10 L di volume riempita a 200 bar può contenere 2000 L di gas, ovvero 2 m³.

- Il gas compresso nelle bombe conserva una **FORTE ENERGIA** che si libera nel momento in cui apriamo la valvola di erogazione.



GAS TECNICI – Bombole

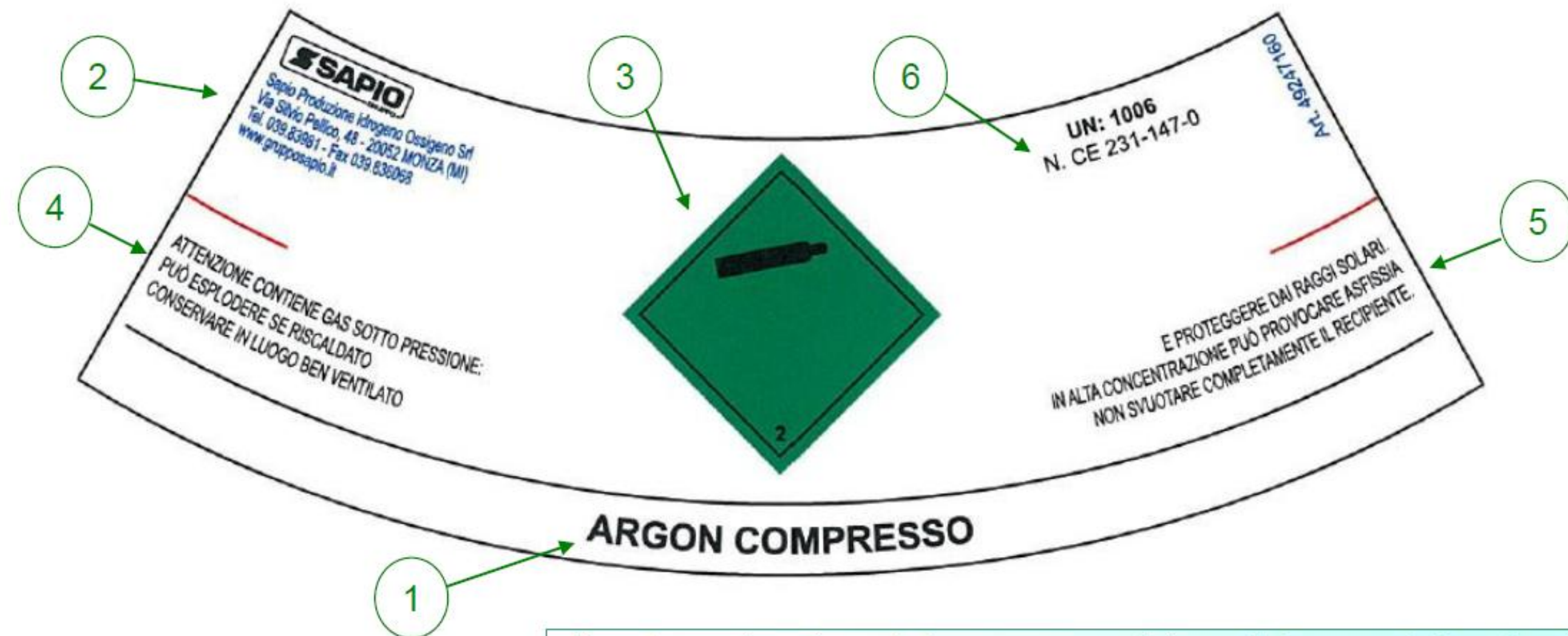
Tutte le bombole hanno le seguenti informazioni punzonate sul corpo o sull'ogiva

- ✓ pressione di riempimento in bar
- ✓ pressione di prova in bar
- ✓ capacità in litri
- ✓ peso della bombola in kg
- ✓ fabbricante, numero di fabbrica
- ✓ data della prova idraulica o delle revisioni periodiche con vicino il punzone dell'ente che effettua le prove



GAS TECNICI – Bombe

Le bombole devono essere etichettate con le informazioni relative al contenuto e ai relativi pericoli/rischi e consigli di prudenza (misure)



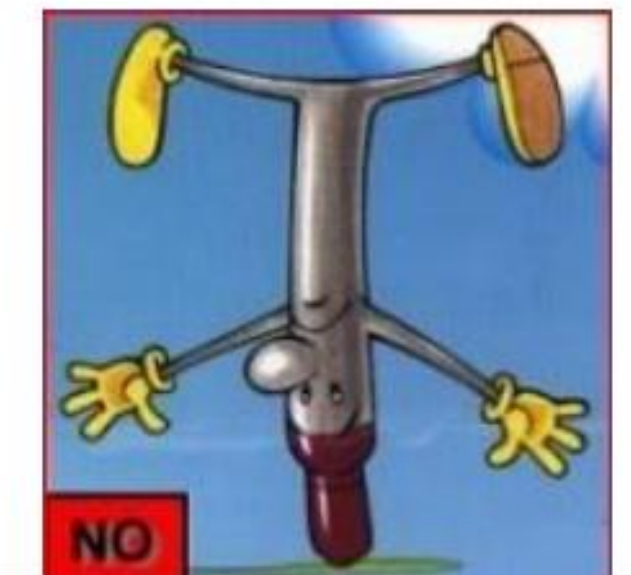
- 1) denominazione del gas, composizione del gas o della miscela
- 2) nome, indirizzo e numero di telefono del fabbricante o del distributore
- 3) simboli di pericolo
- 4) frasi di rischio
- 5) consigli di prudenza
- 6) numero CE per la sostanza singola o indicazione "miscela di gas"



GAS TECNICI – Bombole

PRECAUZIONI

- Appoggiate sempre le bombole in piano, in posizione stabile
- Fissate le bombole alle pareti o a un supporto con catenelle, cinghie o altro mezzo idoneo
- Segnalate al vostro superiore le bombole che hanno il piede difettoso
- Se una bombola cade, **non cercate di afferrarla**, ma spostatevi
- Non usate le bombole in orizzontale o capovolte



GAS TECNICI – Bombole

STOCCAGGIO

- I recipienti contenenti gas devono essere stoccati in luoghi adatti
- Bisogna evitare di esporre le bombole all'**azione diretta** dei raggi del sole e di tenerle in ambienti a **temperature troppo elevate**
- Le bombole non devono essere esposte ad una **umidità** eccessiva, né ad **agenti chimici corrosivi**



GAS TECNICI – Bombe

MOVIMENTAZIONE IN SICUREZZA

- Per spostare una bombola, farla rotolare **intorno al proprio asse** (solo per brevi tratti)
- Imparare la manipolazione dei diversi tipi di bombole, le loro dimensioni e pesi
- **Proteggere** sempre le mani, i piedi e il viso con i dispositivi di protezione individuale prescritti (occhiali, guanti e scarpe di sicurezza)
- In caso di movimentazione di bombole di gas infiammabili o comburenti, indossare indumenti in **fibre naturali e antistatici**



GAS TECNICI – Bombele

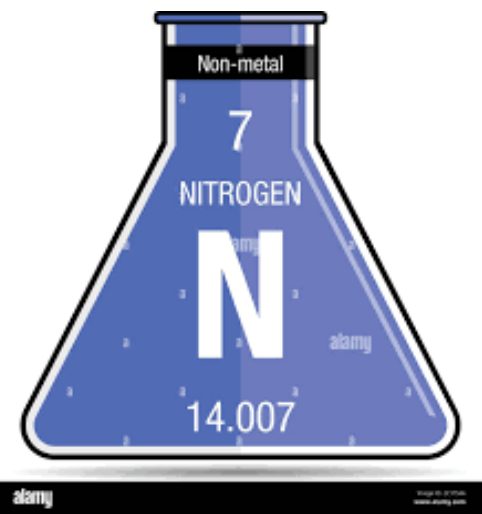
MOVIMENTAZIONE IN SICUREZZA

- Utilizzare un carrello
- Fissare la bombola e proteggere la valvola
- Utilizzare i DPI.
 - Indossare le scarpe di sicurezza
 - Indossare i guanti



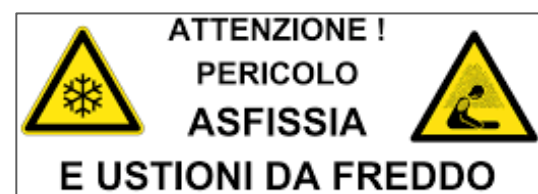
AZOTO LIQUIDO – Caratteristiche e proprietà

- **Gas liquido refrigerato (N. CAS 7727-37-9)**
- **Gas privo di colore e odore, non è immediatamente percepibile dai sensi**
- **Gas chimicamente stabile e non infiammabile che viene mantenuto a temperature molto basse (tra -209°C e -196°C)**
- **Gas più pesante dell'aria per cui in caso di rilascio accidentale tende a stratificarsi a livello di pavimento o a propagarsi in basso (es. in scarichi)**








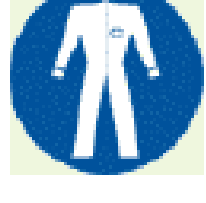
AZOTO LIQUIDO - Pericolosità

- **Contatto diretto con l'azoto liquido o contatto con il gas che si sviluppa: CONGELAMENTO ovvero USTIONE DA FREDDO** (epidermide e/o vie respiratorie)
- **Contatto con materiale (tubi, superfici) esposti all'azoto liquido: USTIONE DA FREDDO** (epidermide)
- **Evaporazione in locali chiusi non aerati o ventilati genera una atmosfera sotto-ossigenate: PERDITA DI CONOSCENZA e/o ASFISSIA**
- **Aumento repentino della pressione del gas per riscaldamento: SCOPPIO DEL CONTENITORE**
- **Ammaloramento dei materiali esposti alle temperature criogeniche: ROTTURA con PROIEZIONE DI FRAMMENTI**



DISPOSITIVI di PROTEZIONE INDIVIDUALE

Le attività nelle quali si impiega e manipola azoto liquido richiedono la protezione di: occhi e volto, mani e piedi, corpo.

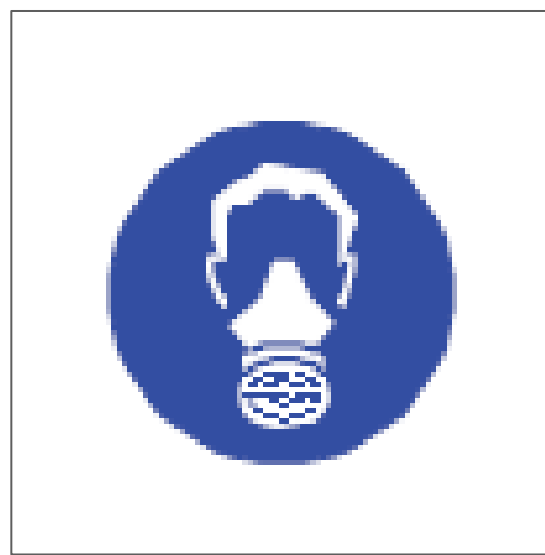
➔		guanti per basse temperature	Sempre durante le operazioni di riempimento. (EN 388, EN 420, EN 511)
		Casco	Obbligatorio nei casi in cui la valutazione dei rischi individui il pericolo di urti contro impianti o strutture del reparto di riempimento.
➔		visiera protettiva	Durante le operazioni di riempimento. (EN 166)
➔		scarpe antinfortunistiche	Uso obbligatorio. (Scarpe chiuse e pantaloni senza risvolto a copertura)
		tappi auricolari	Durante le operazioni più rumorose nei pressi delle pompe in funzione.
➔		indumenti da lavoro protettivi	Sempre, allacciati ed in ordine a protezione del corpo. (Grembiule per sostanze criogene)

DISPOSITIVI di PROTEZIONE INDIVIDUALE

Maschere filtranti o Autorespiratori?

Le maschere facciali filtranti (FFP e anche quelle antigas) non assicurano protezione contro le **atmosfere sotto-ossigenate** con presenza di gas criogeni in elevata concentrazione.

In caso di rilascio accidentale in un locale chiuso (e privo di sistema di ventilazione e senza possibilità di arieggiare), **NON EFFETTUARE INTERVENTI DIRETTI** fino all'arrivo dei soccorritori professionali (valutare l'eventualità di ricorrere ad autorespiratori).



MISURE DI PREVENZIONE

Aerazione / ventilazione

LOCALI CON DEWAR O IMPIANTI DI EROGAZIONE

- **Volume dei locali di stoccaggio: MAGGIORE DI 20 m³**
- **Temperatura interna dei locali: INFERIORE A 50° C**
- **Collocazione dei locali: PIANO TERRA**
(fatte salve situazioni gestite con impiantistica specifica e dotazioni sicurezza: GAIA, N.KOLBE)
- **Adeguate ventilazione dei locali:**
 - **VENTOLE e APERTURE DI AERAZIONE**
- **Dotare i locali di stoccaggio di:**
 - **RILEVATORI CONCENTRAZIONE OSSIGENO**
 - **VIDEOCAMERE/ALLARME 'UOMO A TERRA'**
(solo per locali con impianto: GAIA e N.KOLBE)



MISURE DI PREVENZIONE

Eventuale smaltimento

- **Smaltire l'azoto liquido liberandolo in atmosfera, in zona aperta e ben ventilata**

L'AZOTO NON è TOSSICO PER L'UOMO E L'AMBIENTE

- **Non scaricare in fogne, scantinati o scavi dove l'accumulo può risultare pericoloso**

***L'AZOTO è PIÙ PESANTE DELL'ARIA* (Stratifica in basso)**



MISURE DI EMERGENZA

Fuoriuscita (o Sversamento) accidentale entro locali chiusi – da Dewar, Recipienti pressurizzati, Impianti

➤ **Se interessati dall'evento:**

- **ARIEGGIARE immediatamente il locale e USCIRE**
- **Rientrare e riprendere le attività solo dopo RICAMBIO COMPLETO dell'aria**

➤ **In caso di impianto di erogazione con fuoriuscita occulta, se non in grado di uscire:**

- **Azionare il sistema di allarme 'Uomo-a-terra' (e si attiva l'allarme collegato ai rilevatori di Ossigeno)**



MISURE DI EMERGENZA

Fughe di liquido all'esterno - Nuvole di vapore

- Sono create dalla condensazione del vapore acqueo venuto a contatto con l'azoto liquido.
- Ristagnano in basso e penetrano in cunicoli e pozzetti.
- Il primo segnale di riconoscimento è la presenza di una nuvola in prossimità del suolo.

MAI ENTRARE IN UNA NUVOLA DI VAPORE!

PERICOLI:

- La composizione della nuvola non è nota > rischio ASFISSIA e contatto/USTIONE da freddo (anche delle vie respiratorie)
- La visibilità è ridotta > CADUTE O URTI

Se vedete una nuvola di vapore: AVVERTIRE IL RESPONSABILE e INTERCETTARE LA SORGENTE DI LIQUIDO IN VAPORIZZAZIONE



MISURE DI EMERGENZA (PRIMO SOCCORSO)

Contatto accidentale diretto - Ustione da freddo

- **Primo grado di lesione: pelle arrossata, fredda e dolente >>> Riscaldare lentamente la pelle utilizzando acqua tiepida (non calda) o impacchi caldi per 20-30 minuti**
- **Secondo grado di lesione: bolle (vesciche) e dolore intenso >>> Applicare garze sterili e poi riscaldare lentamente la parte prossimale alle bolle (senza romperle!)**
- **Terzo grado di lesione: pelle violacea o nera con perdita di sensibilità >>> Rivolgersi al medico o al PS**



AZOTO LIQUIDO - Conservazione

- **Fornitura e conservazione a lunga durata in BOMBOLONI/EVAPORATORI FISSI**
- **Travaso e conservazione a media durata in CONTENITORI PRESSURIZZATI MOBILI o FISSI**
(usi strumentali in laboratorio, es. NMR)
- **Travaso e conservazione a breve/media durata in CONTENITORI NON PRESSURIZZATI – DEWAR**
(varie capacità volumetriche per gli usi sperimentali di laboratorio o per il mantenimento di biobanche)



EVAPORATORI CRIOGENICI

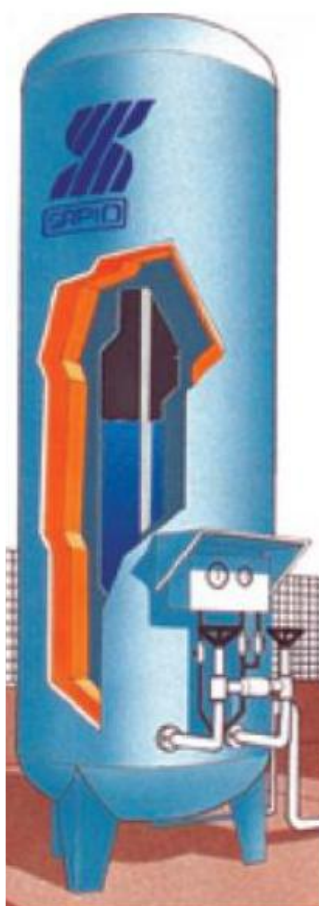
Apparecchio destinato allo stoccaggio di gas liquefatti e alla loro erogazione a pressione costante. Il suo funzionamento è completamente automatico.

La normativa di riferimento è:

- **Direttiva 2014/68/UE**, impiego di apparecchi in pressione, tra cui anche gli evaporatori criogenici
- **D.M. 329/04**, obbligo di relazione tecnica per la conformità dell'apparecchiatura alla PED.
- **D.Lgs. 81/08**, obbligo di formazione/informazione.

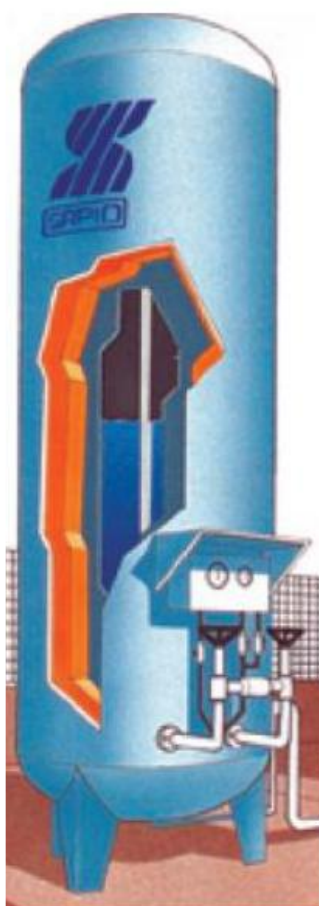
Sono costituiti da:

- **Un serbatoio**
- **Un quadro di controllo**
- **Un circuito di messa in pressione**



EVAPORATORI CRIOGENICI - Serbatoio

- Il serbatoio è costituito da un recipiente interno in acciaio inossidabile nel quale si trova il gas liquefatto refrigerato ad una pressione compresa tra 3 e 30 bar.
- Il recipiente è posto in un involucro isolante in acciaio al carbonio.
- Nell'intercapedine fra i due recipienti c'è un liquido costituito da perlite sotto vuoto spinto.
- Il recipiente, concentrico rispetto all'involucro, è sostenuto mediante particolari tiranti dall'involucro stesso, che poggia sulla piattaforma di sostegno.



EVAPORATORI CRIOGENICI – Quadro controllo

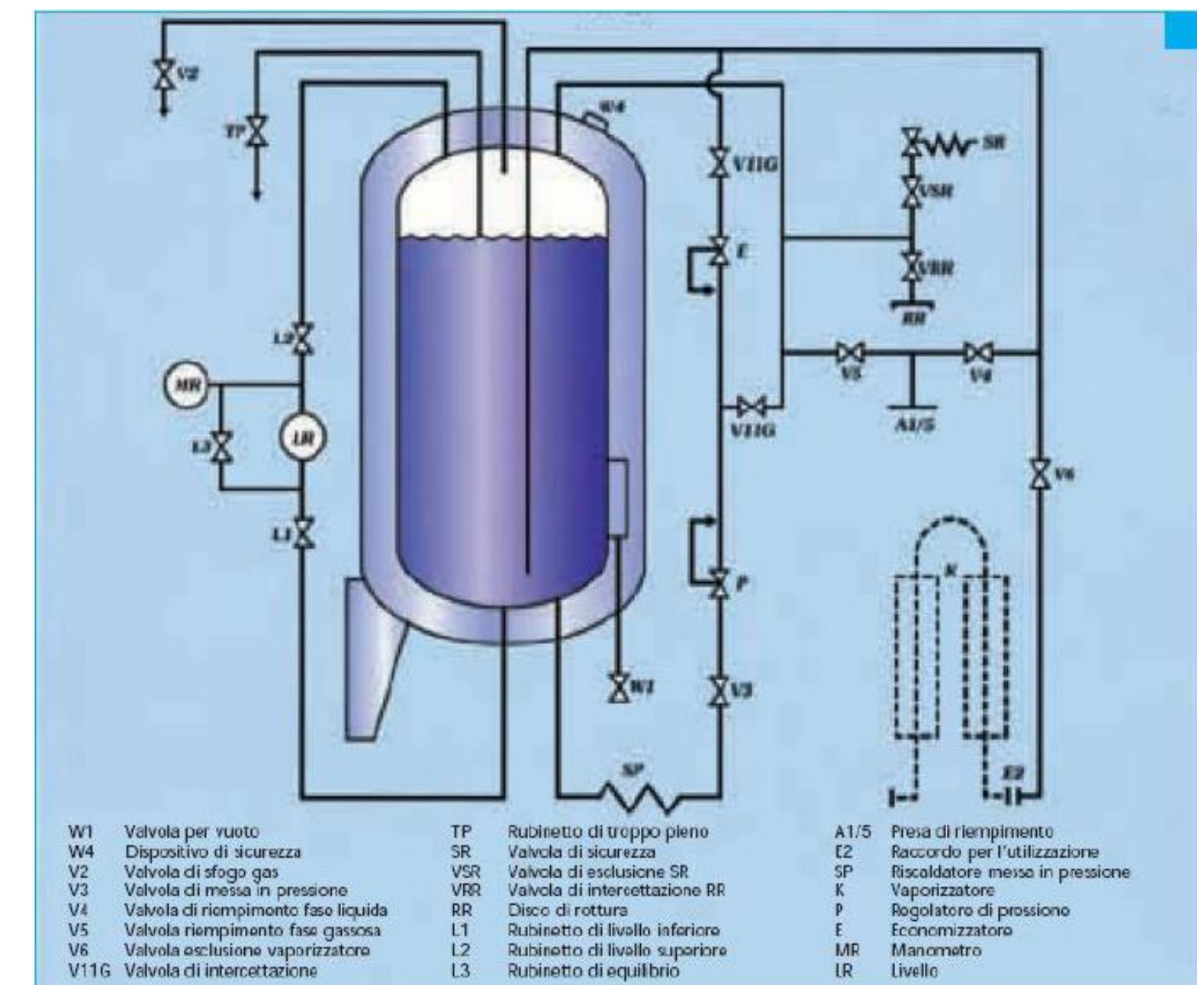
Il quadro di controllo comprende:

- **Valvole di comando**
- **Valvole di sicurezza**
- **Manometri**
- **Indicatori di livello**
- **Regolatori di pressione**

REGOLAZIONE AUTOMATICA

Se la pressione tende a diminuire: una piccola quantità di liquido torna allo stato gassoso all'interno del contenitore e ripristina la pressione.

Se la pressione è più alta: in fase di erogazione il gas in eccesso passa attraverso un sistema di valvole e viene immesso in rete.

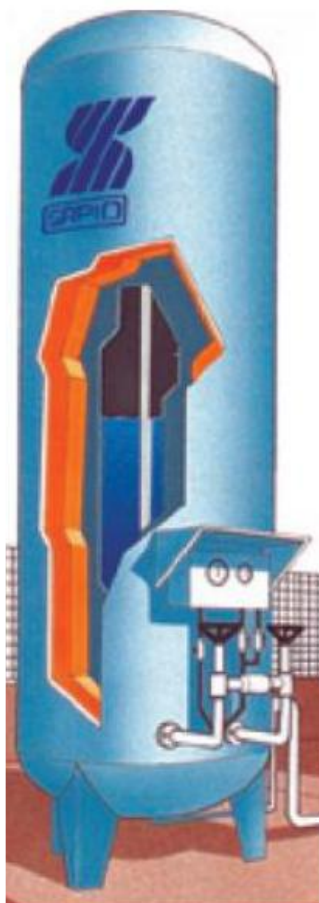


EVAPORATORI CRIOGENICI - Circuito

Il circuito di messa in pressione è costituito da:

- **Serpentina**
- **Valvole di messa in pressione**
- **Riduttore**
- **Valvola di intercettazione**

Il funzionamento degli evaporatori è completamente automatico e garantisce un'erogazione di gas in funzione della richiesta, senza modificare la pressione nella rete di distribuzione dell'utente.



EVAPORATORI CRIOGENICI

Dispositivi di Sicurezza

- Gli evaporatori freddi sono costruiti secondo le vigenti norme di legge e sono sottoposti a controlli sia in fase costruttiva che durante l'esercizio.
- I recipienti in pressione sono muniti di sistemi di sicurezza regolamentari (valvole di sicurezza e dischi a rottura prestabilita) per eventuali ed anormali sovrappressioni. Tali organi di sicurezza sono applicati nella fase gassosa del contenitore in modo da non permettere l'uscita di gas liquefatto.
- Gli involucri calorifughi sono protetti da ogni sovrappressione che dovesse verificarsi nell'intercapedine, per mezzo di un disco di sicurezza, a tenuta di vuoto, posto nella parte superiore dell'involucro.

Disco di sicurezza, o valvola a tenuta di vuoto: disco in acciaio al carbonio tenuto in sito dal vuoto regnante nell'intercapedine dell'evaporatore. In seguito ad eventuali lesioni del recipiente interno e travaso di liquido nell'intercapedine, il vuoto si annulla, eliminando conseguentemente la tenuta del disco.

Valvola di sicurezza



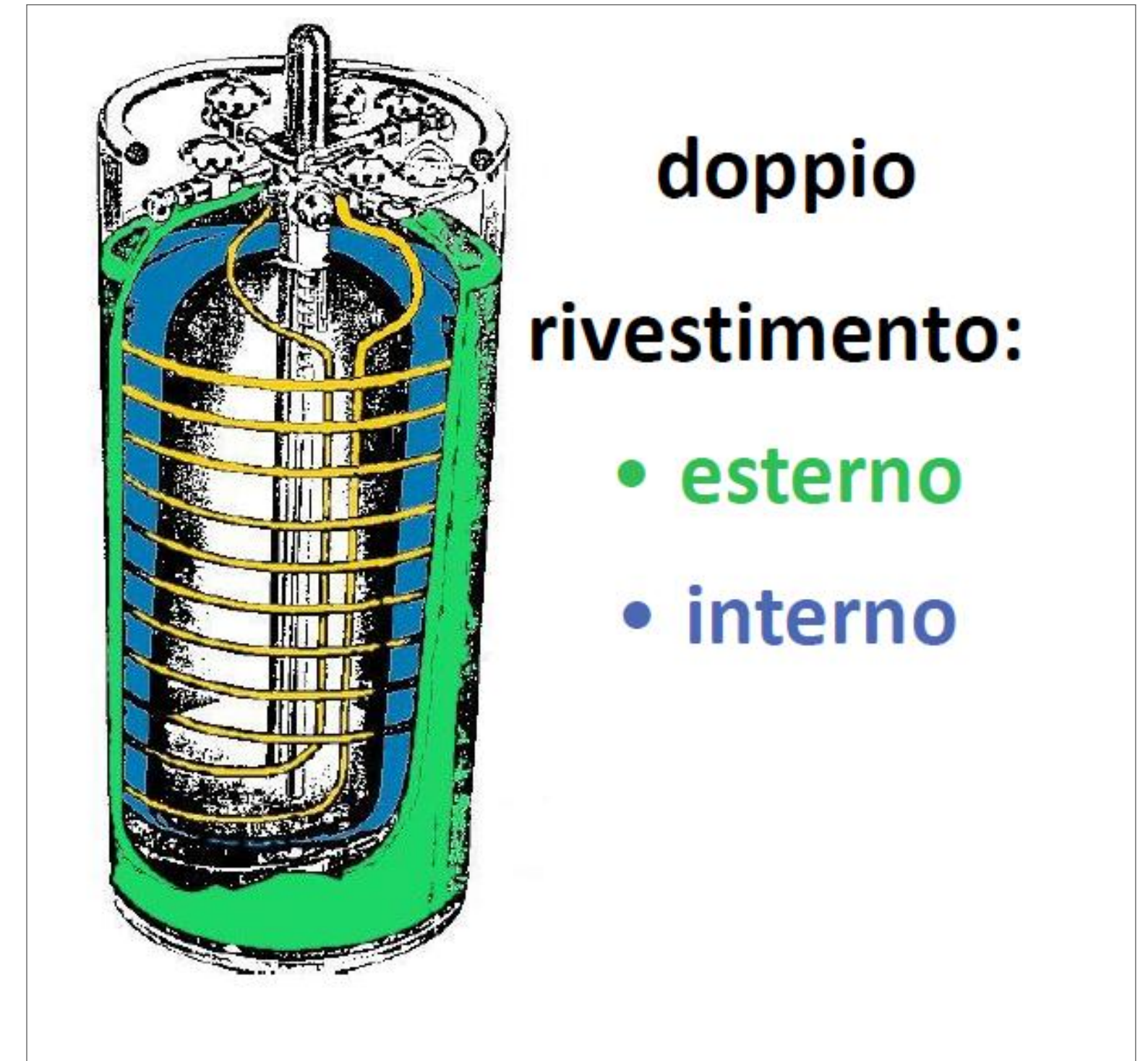
Disco a rottura



CONTENITORI CRIOGENICI PRESSURIZZATI

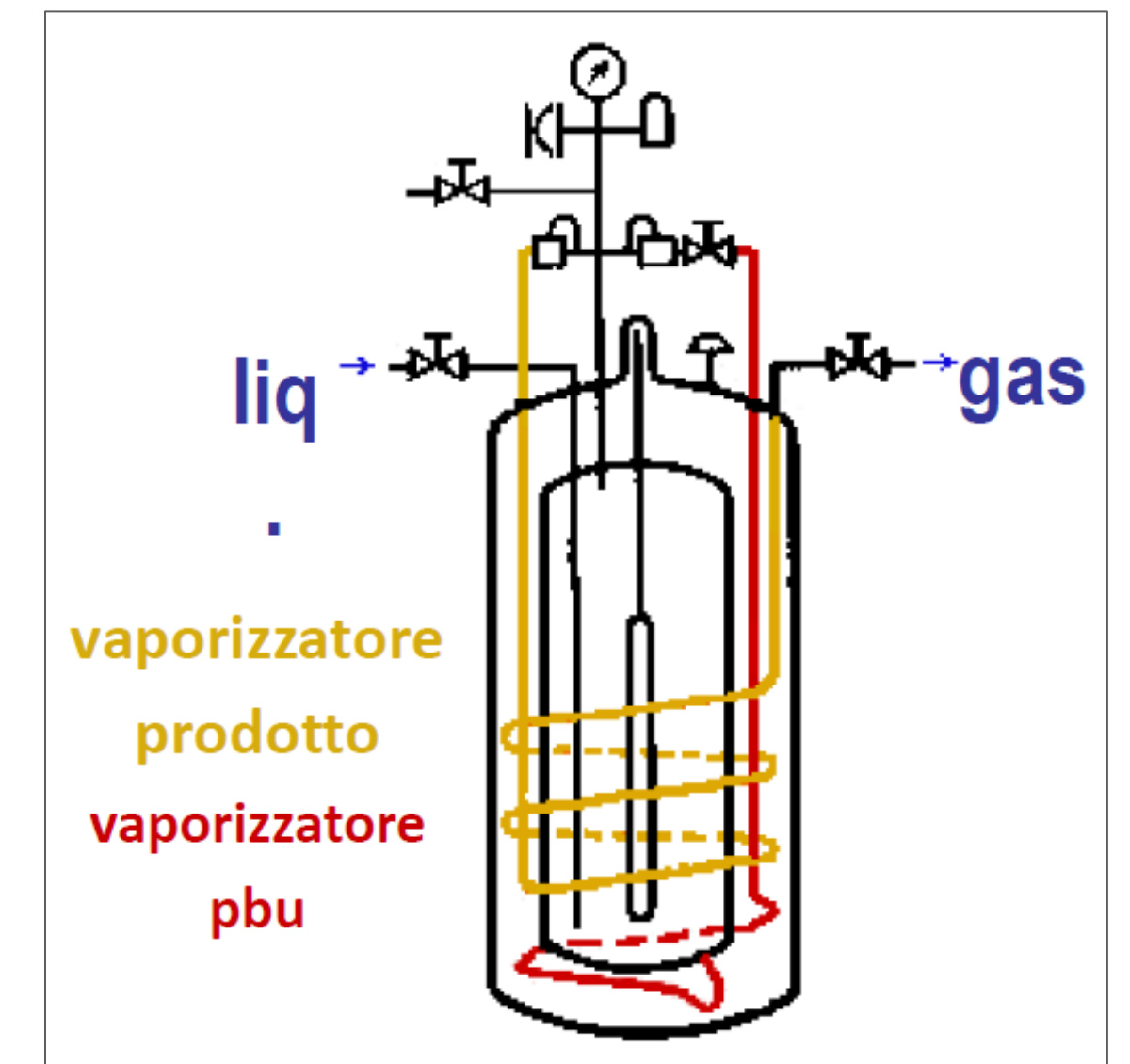
Contenitori chiusi e costruiti in modo da avere un doppio rivestimento (interno ed esterno) e hanno un sistema di controllo della pressione del gas.

- un **doppio rivestimento**, come i thermos, per ridurre la diffusione del calore dall'esterno al liquido conservato a temperatura criogenica
- una **valvola limitatrice** di pressione e un disco antiscoppio contro l'eccesso di pressione
- un **indicatore di livello** che indica la quantità di liquido rimasto
- due tipi di **vaporizzatori**: un vaporizzatore ad accumulo di pressione (pbu) e un vaporizzatore del prodotto.



CONTENITORI CRIOGENICI PRESSURIZZATI

- Il **VAPORIZZATORE PBU** (bobina ad accumulo di pressione) è un piccolo vaporizzatore interno al doppio rivestimento che, a contatto con il rivestimento esterno, vaporizza poco liquido per mantenere costante la pressione interna.
- Il **VAPORIZZATORE DEL PRODOTTO** trasforma il liquido in gas prima dell'uscita.
- Esistono due tipi di contenitori per criogenici:
 - ad alta pressione (per l'uso dell'azoto in forma gassosa);
 - a bassa pressione (per l'uso dell'azoto allo stato liquido).



PRECAUZIONI – Contenitori mobili

- Sono dotati di ruote e devono **ESSERE SPINTI** e non tirati.
- Le **VALVOLE DI SICUREZZA** devono sempre essere libere da ghiaccio o altri impedimenti al loro funzionamento.
- Il corpo del contenitore **NON DEVE SUBIRE COLPI** (che potrebbero compromettere l'integrità della intercapedine sotto vuoto).
- Devono essere **MOVIMENTATI CON ATTENZIONE.**
- Devono essere **CONSERVATI IN AREE VENTILATE** (se la valvola limitatrice si apre in seguito ad un eccessivo aumento di pressione, il gas fuoriesce).





PRECAUZIONI – Contenitori fissi

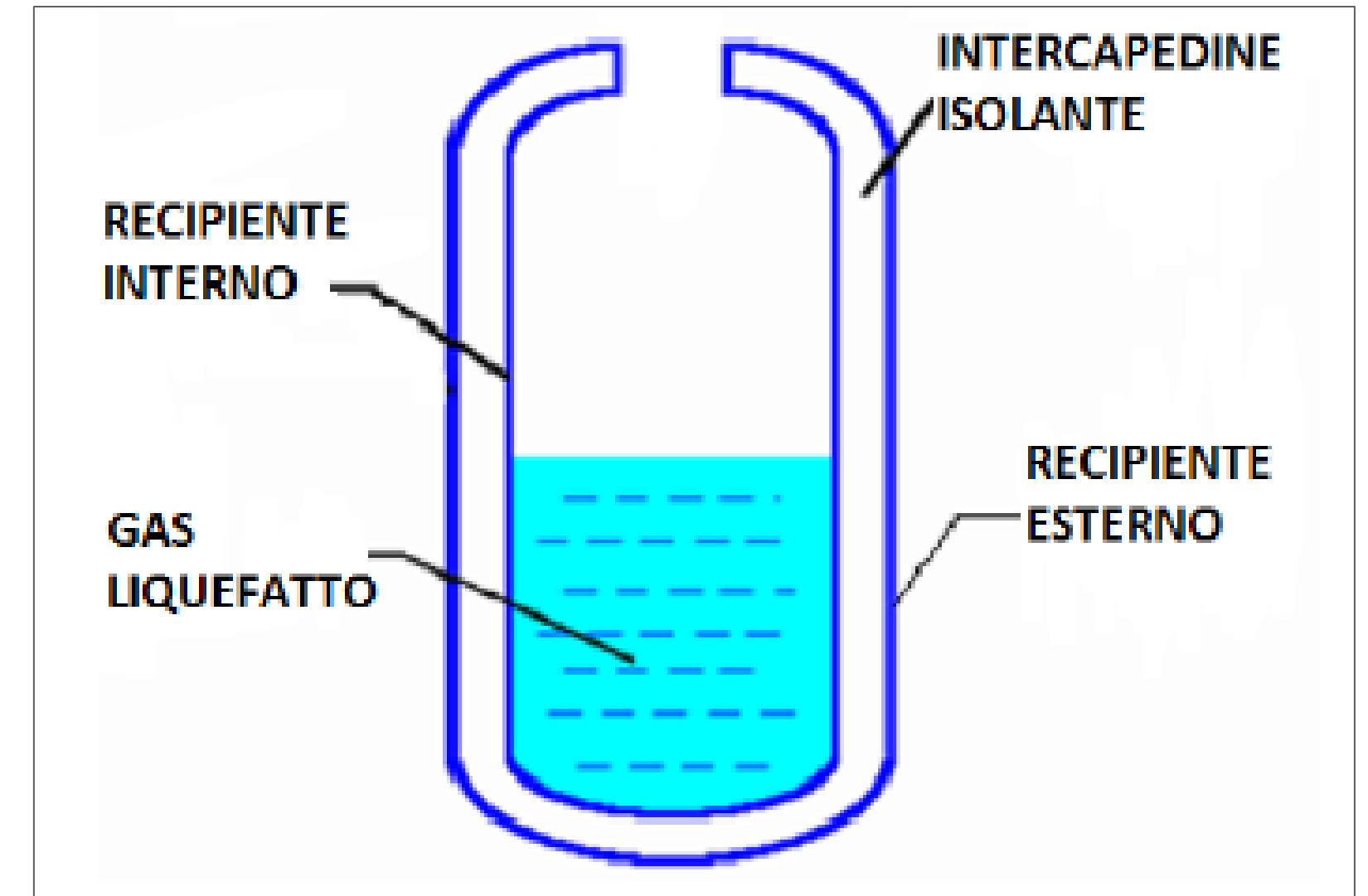
(non in uso al DMED)

- **Non sono dotati di ruote, quindi si devono utilizzare DISPOSITIVI MOTORIZZATI per spostarli.**
- **Le VALVOLE DI SICUREZZA devono sempre essere libere da ghiaccio o altri impedimenti al loro funzionamento.**
- **Il corpo del contenitore NON DEVE SUBIRE COLPI** (che potrebbero compromettere l'integrità della intercapedine sotto vuoto).
- **Devono essere MOVIMENTATI CON ATTENZIONE.**
- **Devono essere CONSERVATI IN AREE VENTILATE** (se la valvola limitatrice si apre in seguito ad un eccessivo aumento di pressione, il gas fuoriesce).



CONTENITORI NON PRESSURIZZATI - Dewar

- **IL DEWAR è un contenitore criogenico trasportabile per gas liquefatto, non pressurizzato.**
- **Principale caratteristica: alta capacità di isolamento termico.**
- Un dewar è costituito da due recipienti inseriti uno dentro l'altro in modo da lasciare una intercapedine da cui viene estratta l'aria fino ad ottenere il vuoto spinto; in alcuni casi viene inserito del materiale isolante.



PRECAUZIONI - Dewar

- **Devono essere MOVIMENTATI CON ATTENZIONE.**
- **Utilizzare preferibilmente APPOSITI CARRELLI.**
- **In caso di ribaltamento, è inevitabile la fuoriuscita del liquido criogenico.**
- **In caso di trasporto in ascensore, posizionare il carrello per il trasporto del recipiente all'interno del vano, quindi salire al piano e chiamare l'ascensore (NON PERMANERE IN ASCENSORE CON IL DEWAR).**
- **FISSARLI a parete o carrello in modo da evitare possibili ribaltamenti.**
- **Il corpo del contenitore NON DEVE SUBIRE COLPI che potrebbero compromettere l'integrità dell'intercapedine sotto vuoto.**



PRECAUZIONI – Accessori per la gestione in sicurezza dell’Azoto liquido nei dewar

1. Beccuccio di travaso
2. Spillatore automatico rimovibile o fisso (2-F)
3. Bicchiere rigido
4. Bicchiere basculante
5. Carrello con
5 ruote piroettanti
6. Flessibile di raccordo
7. Separatore di fase



MISURE DI PREVENZIONE

Movimentazione e manipolazione (TRAVASO)

- **Indossare i DPI**, verificando preventivamente la loro integrità ed efficienza
- Non indossare pantaloni con risvolto
- Servirsi degli **appositi carrelli** per la movimentazione dei contenitori non dotati di ruote
- Effettuare il **travaso in ambiente ben ventilato/arieggiato** e con sistema ventilazione attivo, se in Lab effettuare l'operazione sotto cappa chimica laddove possibile
- Non riempire mai completamente i contenitori: fare attenzione al liquido che trabocca e agli schizzi!
- **Evitare il contatto** accidentale diretto con il liquido criogeno ed evitare di respirare i gas evaporati.

MISURE DI PREVENZIONE

Movimentazione e manipolazione

- **Controllare periodicamente il corretto funzionamento delle valvole di sicurezza dei contenitori.**
- **Proteggere /nastro adesivo o altro/ la eventuale vetreria esposta a liquidi criogenici in modo da ridurre al minimo la possibilità di rotture e di proiezioni.**
- **Operare in modo da limitare la formazione di blocchi di ghiaccio sulle rastrelliere o altri strumenti di erogazione dell'azoto.**
- **Riporre il criotubo che sta sgelando in un contenitore a parete e/o dietro uno scudo di sicurezza**



Gestione in sicurezza di gas tecnici da laboratorio - Azoto Liquido

GT-02

Parte operativa (addestramento)

- **Rifornimento di Azoto liquido in sicurezza**
- **Travaso, trasporto e deposito in sicurezza**

Rifornimento di Azoto liquido in sicurezza



Uso dei DPI



Azionamento ventilatore



Controllo e apertura valvola dell'evaporatore criogenico



Travaso, trasporto e deposito in sicurezza - AZOTO LIQUIDO -



Uso dei DPI



**Rabbocco
Dewar per
biobanca**



**Riempimento Dewar per NMR
dall'erogatore esterno
dell'evaporatore criogenico**



UNIUD

Grazie per l'attenzione

**Servizio di prevenzione
e protezione d'Ateneo**

c/o

Via del Cottonificio 114
33100 Udine

Tel. 0432 556418
prevenzione.uniud.it

spp@uniud.it
giusi.zaina@uniud.it