



PREVENZIONE E SICUREZZA NEI LABORATORI

GAS TECNICI

Beatrice Gorelli
Dipartimento di Scienze della Vita

Classificazione dei gas

Caratteristiche fisiche

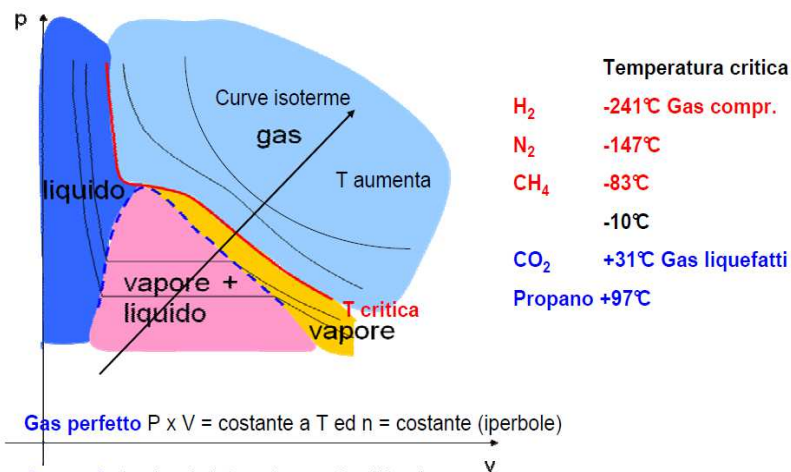
1. Compressi
2. Liquefatti
3. Disciolti

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 compressi *O₂, H₂, gas nobili*

- hanno temperatura critica che non consente di liquefarli nelle normali condizioni di manipolazione
- per la commercializzazione sono sottoposti a pressioni elevate (tipicamente attorno a 200 atm), contenuti, trasportati ed utilizzati in bombole, come gas ad alta pressione



Liquefazione: **Temperatura Critica** - per ciascun gas esiste una particolare temperatura al di sopra della quale non è più possibile la liquefazione del gas stesso
 Al di sotto della Temperatura Critica un Gas può essere liquefatto per aumento della pressione

Gas liquefatti

Es: CO₂ ed ammoniaca

- Nella bombola è presente il liquido in equilibrio col proprio gas alla pressione uguale alla tensione di vapore
- Il volume della fase liquida rappresenta circa l'80% del volume della bombola, lo spazio residuo compensa la pressione al variare della temperatura ed evita la fuoriuscita di liquido, perché bisogna considerare che quando si apre la valvola e diminuisce la pressione interna il liquido entra in ebollizione

Gas disciolti

Es: *acetilene*

- Gas formati da sostanze che necessitano di essere disciolte in un solvente. L'acetilene viene trasportato in soluzione di acetone assorbita su supporto poroso molto leggero (porosità del 90%, generalmente calcio silicato)

Criogenici

Es: azoto, argon, elio, anidride carbonica.

I pericoli potenziali manipolando queste sostanze derivano dalle seguenti caratteristiche:

- sono estremamente freddi (**Azoto-195°C, Elio-270°C**),
- **piccolissime quantità di liquido vengono convertite in grandi volume di gas** (ad esempio 1 litro di azoto liquido si espande, in condizioni standard, in circa 700 litri di gas) con conseguente riduzione della quantità di ossigeno nell'ambiente.

Concetti di base per una corretta individuazione dei pericoli e valutazione dei conseguenti rischi nell'utilizzo di gas compressi e liquefatti

- Energia chimica (Gas infiammabili e comburenti)
- Energia meccanica (Pressione)
- Danni biologici (intossicazione – sottossigenazione)

Gas monoatomici (Gas nobili: Elio, Argon ecc) e Gas poliatomici (Idrogeno H₂ – Ossigeno O₂ – Azoto N₂ – Anidride carbonica CO₂ – Metano CH₄ – Propano C₃H₈ ecc.)

- - I vari Atomi sono caratterizzati da una situazione elettronica diversa
- Gas nobili situazione stabile a bassa energia
- Nei gas poliatomici gli Atomi cercano di raggiungere una situazione elettronica a più bassa energia condividendo gli elettroni e formando legami che portano ad una molecola ad energia minore (maggiore stabilità)

Da un punto di vista energetico le reazioni chimiche fra le molecole sono favorite quando si formano molecole con legami più stabili di quelli delle molecole di partenza

- Variazione energetica favorevole in una reazione chimica è condizione necessaria ma non sufficiente perché la reazione avvenga in modo spontaneo es.:



Reazione energeticamente possibile ma cineticamente bloccata a T° ambiente

- Velocità della reazione = Numero di molecole che reagiscono per unità di tempo
- Aumento della Temperatura = Aumento della velocità di reazione
- Bisogna fornire Energia iniziale (Energia attivazione) ai Combustibili per reagire con Aria

INCENDIO

- Processo di combustione non controllato
- Combustibile: sostanza **capace di ossidarsi cedendo elettroni** ad un ossidante (comburente) in una reazione chimica. Es. H₂ (Idrogeno) CH₄ (metano)
- Comburente Sostanza **capace di ridursi acquistando elettroni**. Es.: O₂ (ossigeno), Aria (miscela ca. 20% di O₂ e 80% di N₂)
- Combustione: Reazione fortemente esotermica (con liberazione di calore) fra il combustibile e il comburente.

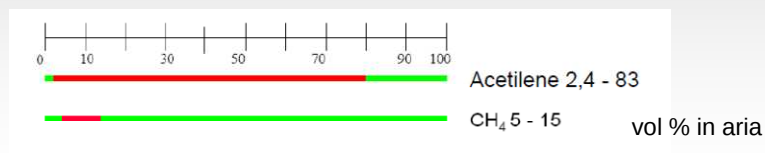
Combustione di Gas

Temperatura di Autoaccensione

- Misura l'Energia di attivazione che determina la cinetica della combustione
- Temperatura minima alla quale il combustibile inizia a bruciare spontaneamente in presenza di comburenti (normalmente aria) senza necessità di un innesco come una fiamma od una scintilla. Se non si raggiunge la Ta non avviene la reazione di combustione.
- Ta H₂ 560°C, Ta CH₄ 595°C , Ta Acetilene 305°C

Limiti di infiammabilità (Flash point)

- - limiti inferiore e superiore del campo di infiammabilità
- Una Miscela compresa entro i valori limiti, se innescata, dà luogo ad una combustione con propagazione della fiamma (reaz. autosostenuta).
- Quantità combustibile troppo piccola = Miscela povera
- Quantità combustibile troppo elevata = Miscela troppo ricca



Temperatura di Autoaccensione e Limiti di infiammabilità – Aria come comburente

- In Ossigeno puro la Ta si abbassa e si ha un più ampio campo di infiammabilità
- Pericolo maggiore per Sovraossigenazione

Scheda di Sicurezza (SDS)

Prodotto : METANO

punto 9 PROPRIETÀ FISICHE E CHIMICHE

- Peso molecolare (g/mol) 16
- Punto di ebollizione - 161 °C
- Punto di fusione - 183 °C
- Temperatura critica - 83 °C
- Densità relativa, gas (aria=1) 0,6
- Densità relativa, liquido (acqua=1) 0,42
- Tensione di vapore a 20 °C Non applicabile
- Solubilità in acqua (mg/l) 26
- Aspetto Gas Incolore
- Odore Nessuno
- Temperatura di autoaccensione 595 °C
- Limiti di infiammabilità (vol % in aria) 5 – 15

Esplosioni

rapidi rilasci di gas ad elevata pressione e temperatura nell'ambiente

- Molto più pericolosi degli incendi sono le esplosioni-combustioni in cui il rilascio energetico (energia meccanica e termica) per unità di tempo è molto più elevato con conseguenti maggiori danni a persone e cose.
- (potenza = energia rilasciata per unità di tempo)
- **La contemporanea presenza in fase gassosa del combustibile e del comburente favorisce la combustione di tipo esplosivo**
- Deflagrazione – Propagazione della fiamma con velocità minore del suono (subsonica) determina Forti sovrappressioni
- Detonazione – Propagazione della fiamma con velocità superiore a quella del suono (supersonica) determina Fortissime sovrappressioni

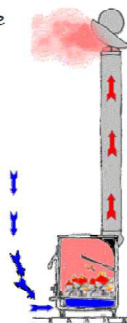
Densità dei gas (rispetto alla densità dell'aria) utile per:

- *Conoscere la dispersione di gas infiammabili, tossici, inerti (per sotto ossigenazione) nell'ambiente*
- *Collocare correttamente i rilevatori di gas ed i punti di aspirazione*

$$d = g/V = P \times PM / R \times T$$

Con P e PM=costante (stesso gas) la densità di un gas dipende solo dalla Temperatura e diminuisce all'aumentare di questa

- Mongolfiere ad aria calda
- Tiraggio dei camini (Trasporto calore via Convezione → Scale protette)
- Stratificazione verso il basso di vapori di Azoto liquido



Densità dei gas $d = g/V = P \times PM / R \times T$

Con P e T = costante la densità di un gas dipende solo dal PM ed aumenta con gas diversi all'aumentare del PM

PM medio Aria (ca 80% N₂ PM 28 e 20% O₂ PM 32 da cui $0.80 \times 28 + 0.2 \times 32 = \text{ca } 29$)

H ₂ Idrogeno	PM=2	gas molto più leggero dell'aria
CH ₄ Metano	PM=16	gas più leggero dell'aria
CO ₂ Anidride carbonica	PM=44	gas più pesante dell'aria
C ₃ H ₈ Propano	PM=44	gas più pesante dell'aria

CO₂ L'anidride carbonica è un **gas asfissiante** in quanto, pur non producendo effetti tossici sull'organismo umano, si sostituisce all'ossigeno dell'aria. Quando ne determina una diminuzione a valori inferiori al 17% in volume, produce asfissia (Sottossigenazione).

Grotta del cane (Pozzuoli) - Tini (Glucosio → Alcol Etilico + CO₂) – Lago Nyos (Cameroon) supersaturazione di CO₂ 1986: ca. 1700 morti.

Palloni aerostatici ad Elio o Idrogeno



Classificazione dei gas

Caratteristiche fisiche

1. Compresi
2. Liquefatti
3. Disciolti

Caratteristiche chimiche

1. **Inerti** - In condizioni normali di pressione e temperatura non reagiscono né si combinano con altre sostanze (N₂, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)
2. **Infiammabili** - Possono bruciare se associati ad un comburente e ad un innesco: (H₂, acetilene, butano, propano, metano)
3. **Comburenti** - Possono infiammare materiale combustibile o alimentare incendi già in atto rendendo più difficili le operazioni di spegnimento (O₂, N₂O, aria compressa)
4. **Tossici** – Provocano intossicazione/avvelenamento: Ammoniaca (NH₃), CO, Fosfina (PH₃), Arsina (AsH₃)
5. **Corrosivi** - Provocano corrosione sia dei tessuti organici che dei materiali (Cloro, Fluoro, HCl, HF, HBr)

Gas comburenti

O₂ aria compressa protossido di azoto N₂O

- sono gas che attivano la combustione delle sostanze infiammabili e combustibili (sovraossigenazione)

Gas infiammabili

acetilene, idrogeno, metano, butano, propano

gas che bruciano in presenza di aria o ossigeno, se miscelate in certe proporzioni, formando CO₂ ed H₂O e liberando notevoli quantità di energia termica o calore.

Precauzioni gas comburenti

Precauzioni:

- Evitare le fughe
- Ventilare gli ambienti chiusi
- Controllare la **presenza di ossigeno**
- Segnalare la **presenza di comburenti**
- Non accendere **fiamme o fumare**

Precauzioni gas infiammabili

Prevenzione:

- Controllo delle fughe: installazione di sensori, **sostanze odorogene**;
- Ventilazione
- Rimozione **fonti di innesco**, divieto accensione fiamme e fumo
- **Materiale elettrico** specifico per gli impianti

Gas inerti

azoto, anidride carbonica, elio, argon,

- gas non reattivi – possono dar luogo a fenomeni di sottossigenazione

Sottossigenazione

- Il tenore di O₂ presente in un ambiente può essere rilevato solo da strumenti idonei
- La sottossigenazione può portare ad una attenuazione dell'attenzione, ad una deformazione del giudizio e, in breve tempo, a lesioni cerebrali
- La perdita di conoscenza e il decesso sopravvengono senza nessun preavviso o sensazione di allarme
- I sintomi come sonnolenza, fatica, errori di valutazione possono essere mascherati da uno stato di euforia che induce un falso senso di sicurezza e benessere

Sottossigenazione

I SENSI UMANI NON RILEVANO LA SOTTOSSIGENAZIONE

- 21% concentrazione normale dell'ossigeno nell'aria
- 19% sbadigli, stanchezza
- 14% polso rapido, malessere, vertigini
- 10% nausea, svenimento rapido
- 8% coma dopo 40 s, arresto respiratorio, morte
- 0% coma e arresto respiratorio dopo tre inspirazioni

Rischio di sottossigenazione

Quando è presente il rischio di sottossigenazione:

- **Spazi chiusi:** cunicoli, tombini, serbatoi etc.
- **Spazi semichiusi:** parti interne di fabbricati, laboratori, fosse sotto i macchinari, canalette etc.
- **Fughe di gas:** da un recipiente, da una tubazione, da una valvola, da un riduttore, da impianti di surgelazione etc.
- **Vaporizzazione gas criogenico**

Precauzioni gas inerti

- Tenute stagne per evitare fughe nell'ambiente
- Portare sfiati all'esterno
- **Ventilare** ambienti chiusi
- Segnalare la possibile presenza di atmosfere sotto ossigenate
- Sensori
- Tenere presente che le maschere antigas non sono efficaci

Gas tossici

ammoniaca, monossido di carbonio, arsina, fosfina

- Gas composti da sostanze nocive per l'organismo a partire da una certa concentrazione e per una certa durata di esposizione, possono quindi determinare disturbi reversibili o irreversibili nei normali processi fisiologici

Gas corrosivi

cloro, fluoro

- Gas composti da sostanze che reagiscono chimicamente corrodendo tessuti organici e materiali

Sostanze chimiche incompatibili con rischio di formazione di sostanze tossiche

REAGENTI	REAGENTI	SOSTANZE TOSSICHE FORMATE
Prodotti arsenicali	Qualsiasi agente riducente	Arsina
Acido nitrico	Rame, ottone, qualsiasi metallo pesante	Diossido d'azoto (fumi nitrosi)
Azotidrati (-N ₃)	Acidi	Azotidrato di idrogeno
Cianuri	Acidi	Cianuro di idrogeno
Fosforo	Alcali caustici, o agenti riducenti	Fosfina
Ipocloriti	Acidi	Cloro o acidi ipocloroso
Nitrati	Acido solforico	Diossido d'azoto
Nitriti	Acidi	Diossido d'azoto
Seleniuri	Agenti riducenti	Seleniuro d'idrogeno
Solfuri	Acidi	Solfuro d'idrogeno

Precauzioni Gas tossici

Precauzioni

- **Lavorare sotto cappa**
- Ventilazione
- Monitoraggio
- DPI: occhiali, guanti, tute ermetiche, **mezzi di respirazione adeguati**

DPI per gas tossici



Semimaschera con filtri per gas e vapori



Maschera completa con filtri per gas e vapori

MASCHERE/SEMIMASCHERE ANTIGAS A FILTRO:

- Sono costituite da un elemento facciale completo o da una semimaschera equipaggiati da uno o più mezzi filtranti, eventualmente intercambiabili. I filtri o le cartucce filtranti possono essere anche combinati in modo tale che il dispositivo possa proteggere il lavoratore da più agenti inquinanti gassosi o addirittura da inquinanti gassosi e da aerosol liquidi o solidi.
- Un filtro combinato va usato solo in presenza contemporanea dei due inquinanti e non per uno solo dei due tossici.

Semimaschera con filtri per gas e vapori



Esempio di filtri per la protezione da gas e vapori

Tipo	Colore	Protezione
AX	marrone	Gas e vapori organici con punto ebollizione < 65°C
A	marrone	Gas e vapori organici con punto ebollizione > 65°C
B	grigio	Gas e vapori inorganici (cloro, idrogeno solforato, acido cianidrico)
E	giallo	Gas acidi (acido cloridrico, anidride solforosa)
K	verde	Ammoniaca e derivati

Classificazione dovuta alla diversità del carbone attivo impiegato nella cartuccia!

Classe	Capacità	Limite di utilizzo
1	bassa	1000 ppm
2	media	5000 ppm
3	alta	10000 ppm

Classificazione in base alla capacità (durata) del filtro!

Prevenzione generale

Le misure di prevenzione principali legate all'utilizzo di gas sono:

- Controllare ed eliminare le **fughe**
- **Ventilare** l'ambiente
- Controllare il **tenore di gas** o vapore
- **Inertizzare** le atmosfere

Fughe

Rilascio involontario di gas nell'atmosfera.

Una fuga può essere prodotta da:

- Difetto di tenuta delle connessioni di una tubazione o di un contenitore
- Fuoriscita di gas o vapore da una valvola, da un rubinetto, da un fusto o da un flacone lasciati aperti

La presenza di una fuga può essere controllata mettendo un po' di liquido tensioattivo nel punto da cui si sospetta fuoriesca il gas

Ventilazione

La ventilazione dei locali ha lo scopo di assicurare un certo numero di ricambi/ora tale da diluire il gas o vapore rendendolo non più (o meno) pericoloso.

La ventilazione può essere naturale (aerazione) o meccanica (forzata)

La prima si attua nei depositi mentre nei laboratori è presente ventilazione forzata

Controllo del tenore di gas

Negli ambienti ove c'è la possibilità di formazione di miscele esplosive o di fuga di gas tossici si devono installare detector di gas all'altezza opportuna

Ve ne sono di vario tipo con sensori a:

- - **Conducibilità termica** basato sulla trasmissione di calore tra un elemento sensibile riscaldato elettricamente ed il gas da rivelare adatto a misurare concentrazioni di gas anche non combustibile con conduttività di calore diversa o molto diversa da quella dell'aria e **non può essere impiegato per rilevare singoli gas presenti in una miscela.**
- Non è impiegato per rivelare concentrazioni inferiori al LIE eccetto che per alcuni gas come l'idrogeno per il quale mostra una particolare sensibilità.
- - **Raggi infrarossi (si CO_2 no H_2)** basato sull'assorbimento di energia nello spettro infrarosso da parte del gas analizzato e sulla conseguente variazione di energia assorbita da un ricevitore di raggi infrarossi scelto per una specifica banda di lunghezze d'onda
- - **Ionizzazione di fiamma (no CO_2 e H_2)** capacità di una fiamma di idrogeno di ionizzare gli idrocarburi
- - **Semiconduttori** variazione di conducibilità di un elemento semiconduttore (SnO_2), provocata dall'assorbimento chimico dei gas a contatto con la superficie porosa del semiconduttore riscaldata elettricamente a una prestabilita temperatura. I sensori a semiconduttore sono **fortemente influenzati dalle variazioni di temperatura** e di ciò va tenuto il dovuto conto con opportune compensazioni
- - **Combustione catalitica** principio di funzionamento si basa sull'ossidazione del gas combustibile a contatto con una superficie ricoperta da un composto catalizzatore e riscaldata elettricamente Per il corretto funzionamento del sensore catalitico è necessario che l'ossigeno sia presente nella miscela in concentrazioni non inferiori al 5% - 10% volume altrimenti non è

Inertizzazione

Operazione di aggiunta di un gas inerte ad una miscela esplosiva/infiammabile allo scopo di ridurre il tenore di ossigeno e portarla sotto il limite di esplosività/infiammabilità

Classificazione commerciale dei gas

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

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

Purezza dei gas in commercio

Il **tenore di impurezza** è espresso per lo più in *ppm*, *ppb* o *ppt*.

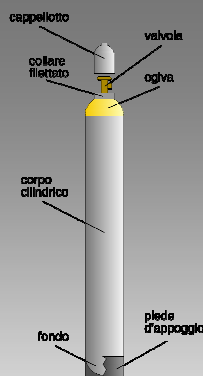
A livello commerciale la purezza è indicata con una simbologia a due cifre.

ARGON N 56

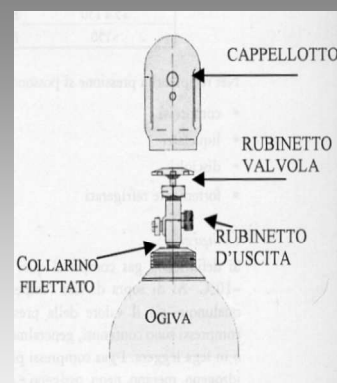
Il primo numero indica il numero dei 9 da apporre nel valore percentuale

Il secondo numero indica la cifra da apporre dopo i 9 nel valore percentuale

In questo caso l'Ar è puro al 99,9996% ovvero le impurezze sono 4 ppm.



Elementi bombola



Le bombole sono costituite da un cilindro con sommità ogivale su cui è fissato un rubinetto di uscita con valvola ed un cappellotto di protezione

Identificazione bombole

Le bombole devono recare i seguenti dati:

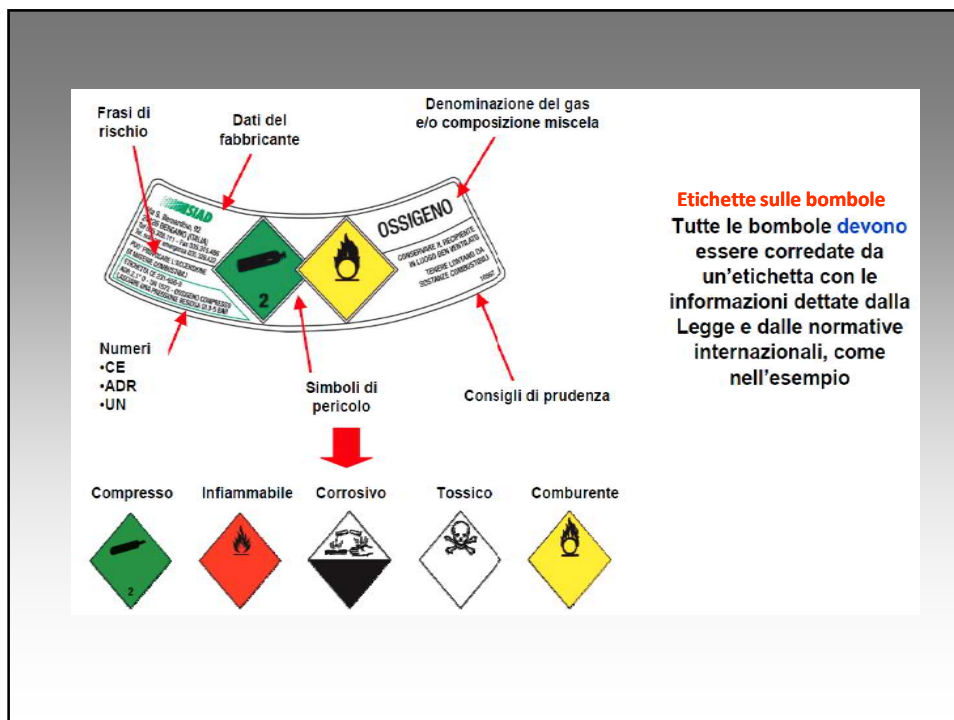
- **Punzonatura** effettuata all'atto della costruzione
- **Pressione di servizio a 15 °C** (in funzione del tasso di riempimento)
- **Pressione di collaudo idraulico**
- **Capacità geometrica** in litri
- **Tipo di materiale**
- **Tipo di gas** contenuto
- **Periodicità del collaudo**

Identificazione delle bombole

Per agevolare il loro riconoscimento, le bombole presentano una colorazione caratteristica a seconda del contenuto

Il colore del corpo della bombola è deciso dal produttore mentre l'ogiva deve rispettare dei colori convenzionali stabiliti dalla norma **UNI EN 1089 – 3**, recepita con il D.M. 7 gennaio 1999.

La bombola deve inoltre riportare l'etichetta caratteristica della sostanza come ogni imballaggio e gli eventuali segnali di pericolo



Colorazioni vigenti

Gas specifici

- **Acetilene:** MARRONE ROSSICCIO.
- **Ossigeno:** BIANCO;
- **Protossido di azoto:** BLU.
- **Argon:** VERDE SCURO;
- **Azoto:** NERO;
- **Anidride carbonica:** GRIGIO;
- **Elio:** MARRONE.

Colorazioni vigenti

In base al rischio

Ad eccezione dei gas specifici, tutti i gas e le miscele di gas devono essere identificati da una codifica a colori che indica le proprietà del contenuto in conformità alle etichette di pericolo

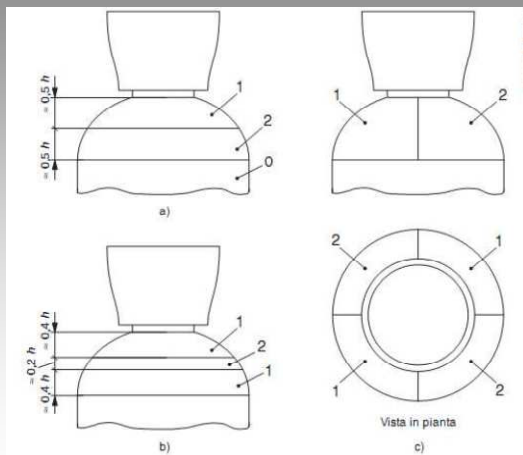
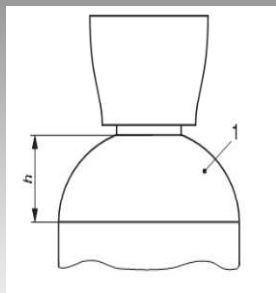
- **Tossico e/o corrosivo:** GIALLO;
- **Inflammabile:** ROSSO;
- **Ossidante:** BLU CHIARO;
- **Inerte:** VERDE BRILLANTE.

BOMBOLE TRASPORTABILI PER GAS IDENTIFICAZIONE DELLA BOMBOLA CODIFICAZIONE DEL COLORE - UNI EN 1089-3

GAS e MISCELE	COLORE DISTINTIVO	
Tossico e/o corrosivo		GIALLO
Inflammabile		ROSSO
Ossidante		BLU CHIARO
Inerte		VERDE BRILLANTE
Tossico e infiammabile		GIALLO più ROSSO
Tossico e ossidante		GIALLO più BLU CHIARO
Acetilene		MARRONE ROSSICCIO
Ossigeno		BIANCO
Protossido d'azoto		BLU
Argo		VERDE SCURO
Azoto		NERO
Anidride carbonica		GRIGIO
Elio		MARRONE
Aria o aria sintetica		BIANCO più NERO
Elio/ossigeno		BIANCO più MARRONE
Ossigeno/anidride carbonica		BIANCO più GRIGIO
Ossigeno/protossido d'azoto		BIANCO più BLU

Posizione colorazione

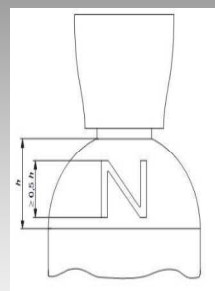
Una colorazione Due colorazioni



Coesistenza fra colorazioni diverse

Prima del 1999 la colorazione delle bombole era diversa in ogni Paese dell'UE; Il nuovo sistema di identificazione è obbligatorio dal 10 agosto 1999 per le bombole di nuova fabbricazione, mentre per quelle già in circolazione lo è divenuto dal 30 giugno 2006. Per questo motivo, nella fase transitoria tutte le bombole codificate con colore in conformità alla norma europea riportavano sull'ogiva una doppia marcatura con la lettera "N".

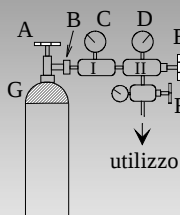
Queste marcature erano in posizione diametralmente opposta e di colore diverso da quello dell'ogiva della bombola.



GAS CON COLORAZIONE INDIVIDUALE		VECCHIA		NUOVA		RAL
Acetilene	C ₂ H ₂		arancione		marrone ross.	3009
Ammoniaca	NH ₃		verde		giallo*	1018
Argon	Ar		amaranto		verde scuro	6001
Azoto	N ₂		nero		nero	9005
Diossido di Carbonio	CO ₂		grigio chiaro		grigio	7037
Cloro	Cl ₂		giallo		giallo*	1018
Elio	He		marrone		marrone	8008
Idrogeno	H ₂		rosso		rosso	3000
Ossigeno	O ₂		bianco		bianco	9010
Protossido d'Azoto	N ₂ O		blu		blu	5010

*Colorazione per tutto il gruppo gas tossici e/o corrosivi.

UTILIZZO DI BOMBOLE CONTENENTI GAS



Ogni bombola possiede una valvola di sicurezza A con un bocchettone di uscita B filettato per il collegamento ad un "riduttore di pressione" C + D.

I gas sono infatti solitamente contenuti nelle bombole ad alta pressione (fino a 200 atm), valore che è di solito troppo alto per consentire il loro uso diretto. Pertanto, prima dell'uso, il gas viene portato ad una pressione inferiore (da qualche atm a frazioni di Torr, a seconda delle necessità) da un riduttore.

Ad esempio, è riportato in figura un riduttore a due stadi in acciaio. Esso è munito di attacco per il collegamento con il bocchettone della bombola B con raccordi che hanno caratteristiche diverse (diametro, passo della filettatura, senso di avvitamento sinistrorso o destrorso, maschio o femmina) a seconda del tipo di gas contenuto nella bombola.

In tal modo, ogni tipo di gas è contenuto in una bombola che ha un bocchettone di uscita che può essere connesso solo con un tipo specifico di riduttore di pressione per eliminare la possibilità di scambi accidentali (con l'uso di riduttori si evitavano le conseguenze di errori: es. CO invece di O_2 o aria).

Il riduttore di pressione possiede due manometri: C è montato sul I stadio e misura la pressione all'interno della bombola mentre D è montato sul II stadio e misura la pressione di utilizzo che viene regolata dalla valvola E.

Prima dell'utilizzo, il gas può essere fatto passare attraverso valvole ed apparecchiature F per la misura del flusso (flussimetro).

Norme per l'impiego delle bombole di gas

- Regola fondamentale indica che le bombole non debbono entrare in laboratorio se non per periodi limitati e purché la capacità sia ridotta e, nel caso di gas pericolosi, possano essere collocate sotto una cappa di aspirazione dedicata.
- Movimentare internamente le bombole solo su appositi carrelli provvisti di fissaggio e non far rotolare o trascinare mai
- Durante il trasporto la valvola deve essere protetta col cappellotto
- Le bombole devono essere in piedi e la valvola deve essere facilmente raggiungibile e manovrabile
- Le bombole non compatibili tra loro devono essere separate
- Non si devono riempire bombole proprie con gas diversi da quelli per cui sono state costruite e collaudate
- Collocare sempre le bombole distanti da fonti di calore
- I riduttori di pressione devono essere adatti al tipo di gas
- Prima di aprire la bombola verificare che i riduttori di pressione siano regolati al minimo di erogazione
- La valvola della bombola deve essere aperta lentamente onde evitare bruschi colpi di pressione al riduttore
- Le valvole della bombola devono essere o completamente chiuse o completamente aperte: nelle posizioni intermedie potrebbero verificarsi perdite di tenuta dello stelo
- Dopo l'uso è importante che la valvola della bombola venga chiusa; la chiusura della bombola non è solo necessaria affinché non ci siano pretese di gas ma anche per evitare la situazione opposta: se la bombola è semivuota la sua chiusura garantisce che non possa entrarci aria o umidità
- E' opportuno che sulle linee di utenza ci siano indicatori di portata

Rischi connessi all'uso di bombole

Rilasci involontari di gas.

Le bombole possono scoppiare quando la pressione interna aumenta con temperature elevate.

Questo rischio è molto forte in caso di incendio.

Bombola di gas compresso a 200 Atm ha un notevole contenuto di energia e può compiere un lavoro

Gravi problemi per rilasci energetici non controllati (ad esempio rottura della valvola per caduta senza cappellotto e trasformazione della bombola in un missile)

Raccordi delle valvole.

Occorre prestare attenzione quando si collegano le attrezzature al fine di non fare collegamenti errati

Rischi connessi all'uso di bombole

Peso dei recipienti:

è la causa principale di infortunio con bombole. Una bombola piena può pesare fino a 100 kg. Durante la manipolazione e il trasporto delle bombole occorre usare i guanti e la movimentazione va effettuata con gli appositi carrelli. Per movimentazioni prolungate vanno usate scarpe con puntale di acciaio

Rischi connessi all'uso di bombole

Uso improprio dei recipienti.

È pericoloso utilizzare i contenitori di gas, pieni o vuoti, per usi diversi da quelli per cui sono stati costruiti

Stoccaggi.

Le bombole vanno tenute in appositi locali, asciutti, freschi e ben aerati con accesso controllato. Possono essere tenute dentro i laboratori solo in casi eccezionali.

In ogni caso devono essere assicurate ad un supporto fisso.

Precauzioni nell'uso delle bombole

Non trasportare mai una bombola senza il cappellotto

Non usare il cappellotto come punto di presa

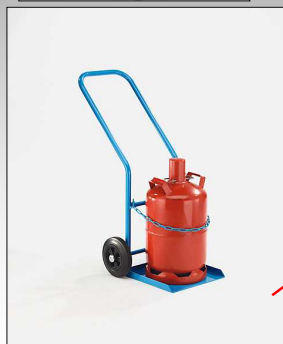
Non lasciare le bombole sotto montacarichi o altri oggetti pesanti i cui movimenti possano urtarle o che possano cadervi sopra

Non trasportare le bombole facendole **rotolare** sul pavimento

Non utilizzare le bombole come rulli, supporti, incudini

Non sottoporre le bombole a **urti meccanici** violenti

Non utilizzare bombole con **periodo di revisione** scaduto



Rischi nell'uso dei criogenici

I rischi principali derivano da:

- contatto di parti del corpo con la sostanza criogenica,
- riduzione della quantità di ossigeno nell'aria ambiente.

**Questi rischi sono superiori a quelli
che si hanno con i gas compressi**

Misure di prevenzione

evitare il contatto accidentale con liquidi criogenici o gas evaporati che si trovano ancora a temperature molto basse, in quanto può provocare ustioni altrettanto gravi di quelle causate da temperature elevate

mantenere i contenitori dei liquidi criogenici in aree ben ventilate in quanto, pur non essendo sostanze tossiche, possono provocare asfissia, in funzione delle dimensioni del locale può essere necessario pertanto predisporre un rilevatore del livello di ossigeno in aria, collegato ad un sistema di allarme

Misure di prevenzione

effettuare il trasporto dei contenitori di gas criogenico con appositi carrelli.

Non usare ascensori.

le operazioni di travaso dell'azoto liquido devono essere fatte da operatori opportunamente informati sui rischi potenziali associati alla manipolazione.

Durante le operazioni di travaso:

- indossare i dispositivi di protezione idonei quali guanti resistenti al freddo e se necessario visiera o occhiali,
- evitare ogni contatto diretto con le sostanze criogeniche,
- mantenere attivo l'impianto di areazione o spalancate le aperture verso l'esterno

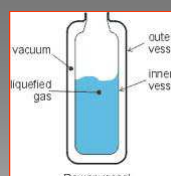


Definizione delle procedure di sicurezza per il carico dei liquidi criogenici

I liquidi criogenici generalmente impiegati sono **azoto** ed **elio**. I potenziali pericoli derivanti dalla loro manipolazione sono dovuti innanzitutto alla loro bassissima temperatura [Azoto (-195) °C, Elio @(-270) °C], in secondo luogo dal loro rapporto di **conversione Liquido/Gas** pari a 1/700; vale a dire che **un litro di liquido si espande a 700 litri di gas** con conseguente riduzione della quantità di ossigeno nell'ambiente.

Ai fini dell'applicazione delle procedure di sicurezza è **obbligatorio**:

1. evitare il contatto accidentale con liquidi criogenici o gas evaporati, utilizzando dispositivi di protezione individuale quali guanti, camici e maschere protettive;
2. mantenere i contenitori dei liquidi criogenici in aree ben ventilate;
3. effettuare il trasporto dei contenitori di gas criogenico con appositi carrelli.



Accessori

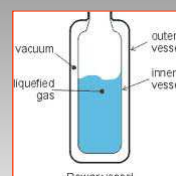
1. beccuccio di travaso azoto
2. dispositivo di spillamento automatico
3. bicchiere rigido
4. bicchiere basculante
5. carrello con 5 ruote piroettanti
6. flessibile di raccordo
7. separatore di fase



500 mL and 1,000 mL



Low form, 600 mL



Proprietary foam construction
(USPTO # 7,971,744) Mini (130
mL), Standard (800 mL), Large
(1400 mL) and Tall (2 L)

Grazie per l'attenzione!