

# CRIOGENICI



14.06.19

- ✓ Servono per realizzare e mantenere temperature molto basse.
- ✓ Molte applicazioni → importante essere informati su rischi e procedure per evitarli.
- ✓ Comportamenti delle diverse sostanze a bassa temperatura completamente estranei alla nostra normale esperienza → esposizione a rischi cui non siamo abituati
- ✓ Appropriata conoscenza permette di evitare facilmente i rischi più comuni.

# Proprietà dei fluidi criogenici

	He	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	O <sub>2</sub>
<i>P.M.</i>	4.003	2.016	28.01	39.95	32
<i>T<sub>eb.</sub> (K)</i>	4.22 (-269°C)	20.4 (-253°C)	77.4 (-196°C)	87.3 (-186°C)	90.2 (-183°C)
<i>Densità (Kg/m<sup>3</sup>)</i>	125	71	809	1393	1141
<i>Densità liq/vap</i>	7.4	53	175	241	255

# Densità dei gas

- **Idrogeno** ed **elio** molto meno densi degli altri gas. Idrogeno miscele esplosive con l'aria → pericolo di incendi ed esplosioni nelle zone più alte delle costruzioni. Essenziale maneggiare l'idrogeno in luoghi con adeguata ventilazione del soffitto.
- **Argon** molto più denso dell'aria → attenzione all'accumulo nelle zone basse.
- Anche **azoto** si comporta come un gas pesante → si accumula nelle parti più basse → pericolo di asfissia → necessaria adeguata ventilazione quando si usa azoto liquido come refrigerante.

# Punto di ebollizione

- **Azoto**: punto di ebollizione < ossigeno → aria (miscela di ossigeno e azoto) condensa alla  $T^\circ$  dell'azoto liquido.
- **Condensazione dell'aria** → liquido ad alta concentrazione di  $O_2$  → è possibile arrivare a quasi il 100% di  $O_2$  → possibilità di incidenti seri.
- Molti **materiali sono altamente infiammabili** se arricchiti di ossigeno → equipaggiamento criogenico deve essere in acciaio inossidabile, alluminio e bronzo.

# Punto di congelamento

- $T^\circ$  di ebollizione di  $H_2$  ed He molto basse → congelamento di tutti gli altri gas → possibilità di blocco dell'impianto.
- $H_2$  → purificare l'aria da  $N_2$  prima di introdurre  $H_2$  → si evita la formazione di miscele di gas esplosive.
- $O_2$  nel sistema durante il raffreddamento → solidificazione → possibilità di esplosione a contatto con  $H_2$  → importante eliminare completamente  $O_2$  da un circuito ad idrogeno.

# Rapporto dei volumi tra gas e liquidi

- Per molti fluidi criogenici  $V_{\text{gas a } T_{\text{ambiente}}} / V_{\text{liquidi } T_{\text{eb}}}$  tra 450 e 850 = pressione in bar generata dalla vaporizzazione del liquido contenuto in una ampolla alla pressione di 1 bar.
- I tubi di trasferimento sono talora inadeguatamente protetti contro le sovrappressioni → costose perdite ed esplosioni.
- I tubi di trasferimento sono delimitati da valvole. Se queste, dopo un trasferimento di liquidi criogenici, vengono chiuse possono esplodere



# RISCHI DA FUORIUSCITA

## ➤ Idrogeno e idrocarburi

gas infiammabile + ossigeno atmosferico → possibilità di combustione ed esplosione → fuoco localizzato → rapida propagazione all'intera area di fuoriuscita del gas.

### Molto importante

- ✓ minimizzare sorgenti di accensione
- ✓ essere sempre preparati ad un incendio
- ✓ essere sempre preparati ad una perdita di liquido infiammabile.

## ➤ Idrogeno

Espansione rapida di  $H_2$  criogenico dopo rilascio nell'ambiente → possibile situazione esplosiva.

Brucia con una fiamma quasi invisibile → necessaria distanza di sicurezza.



## ➤ Ossigeno

- ✓ Non brucia ma aiuta la combustione → nulla che possa causare incendi dovrebbe essere tenuto nei luoghi dove c'è ossigeno.
- ✓ Eventuali perdite → prevenute o ridotte usando un getto d'acqua direzionato sulla perdita → si forma una copertura di ghiaccio.
- ✓ Importante: uscire rapidamente da pozze di ossigeno liquido →  $O_2$  può provocare il congelamento dei piedi
- ✓ La formazione di nebbia può essere pericolosa in caso di perdita di ossigeno o di qualsiasi liquido a basse temperature → diminuzione visibilità → importante tenere sempre pulita l'area di lavoro.

# ALTRI RISCHI

## Recipienti pressurizzati

Esposizione al calore → rottura catastrofica → espansione ed ebollizione del liquido → esplosione del vapore.

## Raffreddamento eccessivo

Rottura del recipiente

## Migrazione fredda

Isolazione non sufficiente → situazioni rischiose e rotture.

# PERICOLI PER LA SALUTE

# Asfissia

- Pericolo insidioso → **veloce e spesso inaspettato.**
- Nell'aria viziata  $\uparrow [CO_2] \rightarrow \uparrow$  respirazione. In ambito criogenico non c'è presenza di biossido di carbonio → il respiro smette totalmente in un periodo molto breve.
- Per eventuale salvataggio → **necessario adeguato equipaggiamento.**
- Cause di asfissia:
  - ✓ entrare in luoghi contenenti argon
  - ✓ entrare attraverso una apertura in grandi contenitori pieni di altri gas oltre all'aria (ad es. azoto o argon)
  - ✓ entrare in un luogo in cui è stato usato azoto liquido per raffreddare
  - ✓ entrare in un recipiente pulito con azoto invece che con acqua
  - ✓ entrare in un contenitore di gas contenente aria, il cui ossigeno è stato rimosso
  - ✓ lavorare con azoto liquido in uno spazio non ventilato
  - ✓ lavorare vicino a scarichi di azoto

➤ Per prevenire l'asfissia bisogna:

- ✓ rendere il personale pienamente consapevole dei rischi dell'asfissia
- ✓ evitare che gas inerti entrino in luoghi non adeguatamente ventilati
- ✓ non usare aria sintetica da respirare se non attentamente testata
- ✓ evitare di entrare in recipienti chiusi da molto tempo, anche se contenenti aria, se l'atmosfera non viene testata
- ✓ non dare affidamento alle valvole per la tenuta dei gas
- ✓ fare ripetuti test per accertare che l'aria sul luogo di lavoro sia respirabile
- ✓ ricordare che l'argon, essendo pesante, tende a formare depositi nei luoghi bassi
- ✓ se si lavora in spazi chiusi, assicurarsi che vi sia sempre un aiuto vicino e che siano sempre reperibili equipaggiamenti per la respirazione

# Congelamento

- Il maneggiare sistemi che lavorano con il freddo è particolarmente pericoloso → la pelle aderisce al metallo raffreddato a temperature molto basse → necessario usare sempre **guanti protettivi**.
- Freddo → azione anestetizzante → congelamenti senza che ci si accorga.
- Individui non abbastanza protetti → sofferenza da esposizione al freddo più rapida di quanto sia la capacità di reagire.
- Esposizione prolungata → possibile congelamento, senza sufficiente avvertimento dovuto al dolore locale.

# Bruciature

- Si verificano quando una fuoriuscita di gas o liquido infiammabile inizia la combustione.
- Le fiamme di idrogeno sono poco visibili → si può venire a contatto con fiamme di idrogeno senza accorgersene.



## Bruciature fredde

Liquido, vapore o gas a bassa temperatura → effetti sulla pelle simile ad una bruciatura, che variano a seconda di  $T$  e  $t$  di esposizione.

Occhi → danno anche con esposizione troppo breve per intaccare la pelle.

## Accorgimenti

Nel maneggiare liquidi criogenici → tubo flessibile o grande contenitore d'acqua a disposizione → lavaggio di ogni parte del corpo accidentalmente spruzzata con liquidi criogenici.

Non toccare tubi o contenitori di gas liquefatti non isolati → metallo estremamente freddo può incollarsi alla pelle e lacerarla.



# Indumenti protettivi

- Proteggere sempre gli **occhi** con uno **schermo** o con **occhiali**.
- Indossare sempre i **guanti**.
- E' consigliabile usare **scarpe alte**.
- Indossare i **pantaloni all'esterno delle scarpe**.