

## Laboratorio di Chimica (2 CFU)

### SCOPO DEL CORSO:

- FAR ACQUISIRE ALLO STUDENTE UNA FAMILIARITA' CON PROCESSI CHIMICI SEMPLICI
- COLLEGARE QUANTO STUDIATO CON UNA ESPERIENZA PRATICA

### ESAME:

- RELAZIONI SCRITTE DA CONSEGNARE AL DOCENTE (BREVI (!) MA COMPLETE)
- BREVE DISCUSSIONE DELLE RELAZIONI

### ESPERIENZA PROGRAMMATE:

1. Preparazione di soluzioni acquose (soluzione di un acido, base, tampone)– misura pH (29/1/02)
2. Reazioni chimiche (reazioni di precipitazione, acido-base, formazione di complessi) (12/2/02).
3. Titolazioni acido-base (determinazione dell'acidità di un aceto) (19/2/02).
4. Titolazioni redox (determinazione del titolo di una soluzione di acqua ossigenata) (26/2/02).
5. Titolazioni complessometriche (determinazione della durezza dell'acqua) (5/3/02).

## **DOCUMENTAZIONE DEL CORSO**

- **TESTO DI CHIMICA GENERALE PER LA  
COMPRESIONE DEI FENOMENI**
- <http://www.dschi.univ.trieste.it/~kaspar/naturali/Laboratorio.html> : PER DESCRIZIONE DEGLI ESPERIMENTI

# **LABORATORIO CHIMICO E' UN LUOGO POTENZIALMENTE PERICOLOSO PER LA PROPRIA INCOLUMITÀ E PER QUELLA DEGLI ALTRI**

## **NORME DI SICUREZZA DA SEGUIRE IN UN LABORATORIO CHIMICO**

–Legge 626:

### **LA SICUREZZA SIGNIFICA PREVENIRE POTENZIALI INCIDENTI**

- **CONOSCENZA DEL PROCESSO CHIMICO:** prima di eseguire qualsiasi reazione chimica bisogna essere coscienti dei fenomeni chimici che si stanno sperimentando e **valutare le potenziali fonti di pericolo** in ogni passaggio dell'esperimento
- **UTILIZZO DI MEZZI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE:** uso di camice – occhiali protettivi – guanti
- **CONOSCENZA DEI MEZZI DI PROTEZIONE COLLETTIVI:** vie di fuga – coperte ignifughe – docce.
- **ORDINE E DISCIPLINA NELL'ESEGUIRE GLI ESPERIMENTI**

# UTILIZZO DI SOSTANZE CHMICHE

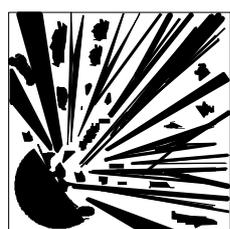
## CLASSIFICAZIONE DELLE SOSTANZE CHIMICHE IN BASE ALLA LORO PERICOLOSITÀ

Ogni reattivo chimico deve contenere un'etichetta che specifica: informazioni essenziali

- nome della sostanza,
- nomi del produttore e del distributore,
- simboli ed indicazioni di pericolo, frasi di rischio (R) e consigli di prudenza (S).

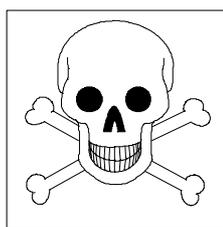
## SIMBOLI ED INDICAZIONI DI PERICOLO

### 1) SOSTANZE PIÙ PERICOLOSE



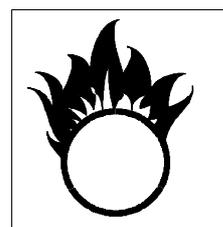
ESPLOSIVE

E



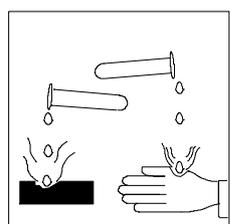
TOSSICHE

T



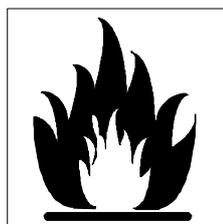
COMBURENTI

O



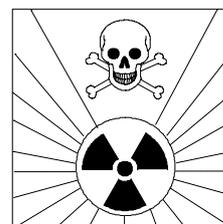
CORROSIVE

C



INFIAMMABILI

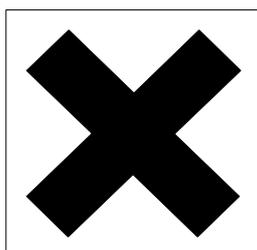
F



RADIOATTIVE

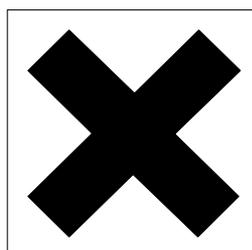
R

### 2) SOSTANZE UN PO' MENO PERICOLOSE DELLE PRECEDENTI



NOCIVE

Xn



IRRITANTI

Xi

## NORME PRINCIPALI DI SICUREZZA DA SEGUIRE IN UN LABORATORIO CHIMICO

**UN LABORATORIO CHIMICO PUÒ ESSERE ESTREMA-MENTE PERICOLOSO PER LA PROPRIA INCOLUMITÀ E PER QUELLA DEGLI ALTRI SE NON SI PRESTANO LE DOVUTE CAUTELE**

Le cause principali degli incidenti nei laboratori chimici sono molteplici tuttavia possono essere sostanzialmente ricondotte alle seguenti 4:

**1) scarsa conoscenza; 2) distrazione, 3) troppa sicurezza, 4) incoscienza.**

Nella tabella sono riportate le principali fonti ed i tipi di pericolo più comuni ai quali si può andare incontro, se non si prestano le dovute attenzioni e non si opera con le opportune cautele.

| <b>FONTI DI PERICOLO</b>          | <b>TIPO DI PERICOLO</b>   |
|-----------------------------------|---|
| manipolazione di reattivi chimici | avvelenamenti ed intossicazioni anche mortali, esplosioni, ustioni, ustioni e ferite agli occhi, eritemi della pelle, allergie, corrosioni della strumentazione e degli indumenti,... |
| uso di apparecchiature in vetro   | esplosioni, ferite da taglio, schegge, ustioni,...  |
| uso di apparecchiature elettriche | scosse, incendi, ustioni, stato di shock,...  |

Al fine di prevenire gli incidenti è assolutamente indispensabile che in un laboratorio chimico si operi tenendo conto di alcune fondamentali precauzioni: la maggior parte di esse sono normali norme di buonsenso, di logica e di educazione, altre risultano essere più specifiche.

Sono di seguito riportate alcune norme di sicurezza.

**(Attenzione che esse non sono qui elencate necessariamente in ordine di importanza.)**

**1) Indossare il camice:** rappresenta una protezione da incendi e sostanze pericolose: deve essere facilmente sfilabile.

**2) Indossare gli occhiali di sicurezza:** gli occhi sono la parte più delicata del corpo e vanno difesi con occhiali in plastica resistente agli urti che vanno indossati sempre perché eventuali lesioni possono derivare non solo quando si compiono manipolazioni pericolose ma anche come conseguenza di operazioni pericolose compiute da altre persone. Si deve

prestare particolare attenzione soprattutto quando si opera con prodotti potenzialmente tossici, infiammabili, esplosivi o che possono sprigionare vapori anche solo irritanti.

**3) Leggere sempre con molta attenzione le etichette dei recipienti prima di usarne il contenuto. Essere assolutamente certi dell'identificazione della sostanza presente nel recipiente.**

Manipolare o mescolare sostanze incognite può essere estremamente pericoloso. Ogni recipiente deve portare una etichetta che identifichi inequivocabilmente il suo contenuto almeno con il nome e/o la formula e le precauzioni d'uso.

In caso di dubbio non usare assolutamente il contenuto di un recipiente !

**4) Lavorare sotto la cappa aspirante** indossando anche gli occhiali di sicurezza soprattutto quando si usano sostanze pericolose, tossiche, solventi organici, acidi e/o alcali concentrati, o si seguono reazioni che sviluppano gas tossici o maleodoranti o che siano esotermiche o potenzialmente esplosive.

**5) Non consumare cibi o bevande in laboratorio:** il pericolo maggiore deriva dalla possibile contaminazione del cibo o della bevanda con sostanze tossiche. In secondo luogo è possibile che si verifichi la contaminazione dei reattivi col cibo.

**6) Non usare i recipienti adoperati per gli esperimenti per introdurre cibi o bevande:** non è detto che essi siano perfettamente puliti, inoltre certi residui chimici possono essere assorbiti dal vetro e rilasciati lentamente dopo qualche tempo.

**7) Non fumare:** può essere causa di incendi dato che molti solventi organici sono infiammabili.

**8) Non assaggiare, né toccare assolutamente i reattivi con le mani né annusarli:** numerose sostanze sono irritanti, caustiche, velenose, ..., e possono anche essere assorbite dalla pelle. Gli effetti possono manifestarsi anche dopo qualche tempo.

**9) È tassativamente vietato prelevare liquidi con pipette aspirando con la bocca:** usare sempre propipette automatiche o aspiratori in gomma: il liquido potrebbe finire in bocca, soprattutto se nella pipetta si formano bolle d'aria, con conseguenze potenzialmente pericolose.

**10) Indossare guanti protettivi quando si opera con sostanze pericolose:** di solito sono fatti in lattice di gomma e sono monouso. Attenzione che, soprattutto se sono bagnati, possono risultare scivolosi per cui è più facile perdere la presa.

**11) Lavarsi frequentemente ed accuratamente le mani:** spesso inavvertitamente, nonostante le precauzioni, si tocca qualche residuo che poi potrebbe venire a contatto con la bocca o gli occhi dando irritazioni o peggio.

**12) Avere ben chiaro ed in forma scritta tutto lo schema delle operazioni da svolgere prima di iniziare l'esperienza:** non iniziare alcun esperimento se si ha qualche dubbio in

merito: programmare tutta la sequenza delle operazioni da svolgere e preparare ordinatamente ed in tempo tutta l'attrezzatura da usare.

**13) Non prendere mai iniziative isolate ed alternative a ciò che l'esperimento prevede:** qualunque modifica va discussa preliminarmente col docente.

**14) Tenere pulito ed in ordine il proprio banco di lavoro:** lasciare sul banco solo l'attrezzatura indispensabile per lo svolgimento dell'esperienza in corso. Alla fine dell'esperienza riporre l'attrezzatura usata dopo averla pulita. Accertarsi di aver chiuso il rubinetto dell'acqua e del gas, se sono stati usati.

**15) Rimanere al proprio posto** e muoversi solo lo stretto indispensabile. Ciò vale soprattutto se è in corso una reazione chimica e se si sta riscaldando qualcosa. Non girare tra i banchi e non toccare la strumentazione che non si conosce: oltre ad esser pericoloso e dannoso per se e per gli altri, tale fatto può causare inconvenienti agli altri frequentatori del laboratorio.

**16) Usare con attenzione la vetreria:**

1) si possono prendere forti scottature perché la vetreria calda non è visivamente distinguibile da quella fredda;

2) il vetro può facilmente rompersi in frammenti molto taglienti.

Se la vetreria è calda, prenderla con le apposite pinze o con dei guanti sufficientemente grossi o con uno straccio o con un pezzo di carta opportunamente sagomato. Riscaldare e far raffreddare lentamente la vetreria che altrimenti potrebbe rompersi.

I frammenti di vetro sono molto taglienti: per raccogliergli usare le stesse precauzioni adoperate per maneggiare la vetreria calda.

Se un' apparecchiatura è danneggiata non adoperarla assolutamente ma buttarla nell'apposito contenitore per la raccolta della vetreria rotta.

**17) Quando si prepara una soluzione diluita di un acido o di un idrossido, partendo da acidi o idrossidi concentrati, aggiungere questi all' acqua lentamente ed agitando in continuazione e mai il contrario:**

**prestare massima attenzione quando si ha a che fare con  $H_2SO_4$  concentrato o con NaOH o KOH solidi: quando questi composti vengono mescolati con  $H_2O$  si sviluppa una grande quantità di calore ed in conseguenza di ciò la soluzione si riscalda molto velocemente (reazione esotermica). Attenzione: la soluzione può raggiungere il punto di ebollizione quasi istantaneamente e mettersi a schizzare pericolosamente.**

**18) Non scaldare su fiamma libera liquidi infiammabili (esempio solventi organici):** i loro gas potrebbero incendiarsi. Adoperare i mantelli riscaldanti elettrici.

**19) Non rivolgere l'apertura dei recipienti verso altre persone** perché il liquido potrebbe schizzare.

**20) Non indagare su eventuali perdite di gas usando una fiamma: se c'è una effettiva perdita si può generare un incendio:** usare le apposite soluzioni saponose.

**21) Prestare attenzione alle apparecchiature sotto tensione elettrica:** non toccare le strumentazioni elettriche con le mani bagnate, assicurarsi che non ci siano fili scoperti sotto tensione. In caso di potenziale pericolo staccare la corrente operando dal quadro elettrico generale la cui collocazione deve essere nota a tutti i frequentatori del laboratorio.

**22) Non ingombrare i passaggi né le porte né le zone in cui sono presenti i mezzi antincendio.** In caso di emergenza si potrebbe verificare di dover evacuare velocemente i locali.

**23) Non restare mai soli in laboratorio:** un incidente anche di lieve entità può diventare serio se si è soli e non si interviene con immediatezza e decisione.

**24) Prendere visione della posizione del quadro elettrico principale e di quelli secondari, dei mezzi antincendio, delle porte di sicurezza, delle valvole di controllo dell'acqua e del gas:** in caso di reale pericolo, se si è colti dal panico, è più difficile ragionare e trovare la loro posizione.

Farsi spiegare il funzionamento dei sistemi di sicurezza.

**25) Non tenere in tasca oggetti appuntiti o taglienti** come forbici o tubi di vetro: in caso di urto o caduta possono diventare pericolosi.

**26) Chi porta i capelli lunghi** cerchi di raccogliarli, ad esempio con un nastro, per minimizzare il pericolo di impigliarsi, o di rovinarli con qualche reattivo o peggio di bruciarli o di farli cadere in qualche recipiente.

**27) Lavorare su quantità limitate di sostanze** per limitare i pericoli in caso di incidente.

**28) Non appoggiare mai recipienti, bottiglie o apparecchiature vicino al bordo del tavolo:** quando meno uno se lo aspetta tendono a cadere giù.

**29) Afferrare saldamente e con tutte le precauzioni del caso i recipienti contenenti i reattivi quando devono essere mossi da un posto ad un altro.**

Non tenerli distrattamente ma sostenere i recipienti mettendo una mano sul loro fondo. Non afferrare le bottiglie per il tappo.

**30) Lavorare in ambienti sufficientemente arieggiati.** Molte reazioni chimiche necessitano di reattivi o sviluppano prodotti volatili pericolosi perché tossici o irritanti; è dunque necessario lavorare in ambienti in cui tali prodotti possano diluirsi a sufficienza.

**31) Avvertire sempre preventivamente l'insegnante ed i colleghi se si è allergici a certi prodotti chimici.** Ad esempio talune persone manifestano allergia all'aspirina e ad i suoi precursori e derivati.

**32) Se per qualunque motivo si avverte un senso di malessere, allontanarsi immediatamente dal banco di lavoro avvertendo i colleghi vicini ed il docente.**

**33) Non cercare di nascondere gli effetti di un incidente anche se ritenuto di lieve entità.** La persona che subisce un infortunio talvolta lo sottovaluta ( o lo sopravvaluta) per motivi psicologici. Avvertire sempre il docente ed i colleghi vicini. Tra l'altro, il docente è obbligato per legge ad avvertire gli organi competenti in caso di incidente.

**34) Avvertire sempre il docente ed i colleghi vicini se si intende iniziare un'operazione che possa comportare qualche rischio potenziale.**

Preziosi suggerimenti sulle norme del comportamento da seguire in laboratorio, sul trattamento dei reattivi e sulle norme antinfortunistiche in generale sono rintracciabili su numerosissime pubblicazioni nazionali ed internazionali specializzate nel settore della sicurezza e prevenzione, pubblicate dall'Ente Nazionale Prevenzione Infortuni e dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro. Un elenco di tali riviste si trova di solito in appendice ai libri di testo specifici per il laboratorio chimico.

**35) Tenere le apparecchiature elettriche lontane dall'acqua:** in caso di contatto della parti sotto tensione con acqua si può prendere la scossa.

### **36) I rifiuti e gli scarti del laboratorio**

Premesso che non si deve inquinare l'ambiente, i rifiuti e gli scarti devono essere raccolti in maniera differenziata per il loro successivo smaltimento.

- I rifiuti di tipo comune come carte, stracci, guanti monouso,...., purché non sporchi di reattivi chimici pericolosi, vanno gettati in appositi contenitori metallici non troppo grandi per evitare pericolosi accumuli.

- I residui della vetreria rotta vanno messi in un contenitore a parte per essere smaltiti dopo essere stati ben puliti (Attenzione a non tagliarsi).

- I residui dei solventi vanno raccolti assieme per essere eventualmente distillati e riciclati.

- I residui dei prodotti chimici possono essere messi assieme agli altri scarti solo dopo che ci si è accertati che non possano dar luogo a reazioni esotermiche e nocive.

- Gli scarti infiammabili vanno raccolti in contenitori metallici per poter essere o ricuperati o successivamente bruciati all'aria aperta o negli inceneritori adatti.

- I solventi alto bollenti e poco infiammabili possono essere messi in larghi recipienti e lasciati evaporare all'aria: ciò vale soprattutto per i solventi organici immiscibili con H<sub>2</sub>O e di alta densità che se fossero gettati nel lavandino non verrebbero diluiti dall'H<sub>2</sub>O ma resterebbero nei giunti a gomito dei tubi di scarico concentrandosi pericolosamente e corrodendo gli scarichi stessi.

- Gli acidi e le basi possono essere gettati negli scarichi solo dopo loro diluizione con molta acqua, in piccole porzioni e facendo poi scorrere altra acqua a lungo per evitare reazioni esotermiche e la corrosione dei tubi dello scarico.

- Le sostanze nocive devono essere neutralizzate con opportuni reagenti, quindi bruciate o sotterrate in discariche speciali autorizzate.

- Le sostanze che reagiscono violentemente con H<sub>2</sub>O (come i metalli alcalini e gli idruri) vanno distrutte con reagenti opportuni. (**Esempio:** Na viene distrutto con etanolo o metanolo).

- Particolari norme sono prescritte per l'eliminazione di sostanze particolarmente pericolose come l'amianto (noto cancerogeno) e per l'uso, la detenzione e l'eliminazione di sostanze radioattive.

Ogni laboratorio chimico dovrebbe avere degli scarichi speciali collegati con un impianti di depurazione in modo che gli scarti vengano opportunamente trattati, separati e smaltiti a seconda delle loro caratteristiche.

**N.B. Quando si compiono delle azioni ripetitive ed apparentemente noiose, anche se si stanno adoperando sostanze ed apparecchiature pericolose, si tende ad abbassare il proprio livello di attenzione e a sopravvalutare le proprie capacità ed esperienza.**

**La sicurezza deve derivare da una attitudine mentale a mettere sempre in pratica le norme di prevenzione dai pericoli per sé e per gli altri.**

**La sicurezza è la prevenzione dei pericoli !**

## **QUADERNO DI LABORATORIO**

Quaderno di laboratorio è un elemento essenziale del lavoro in un qualsiasi tipo di laboratorio.

- Deve essere un quaderno del tipo a fogli fissi.
- Datare e numerare tutti i fogli che si usano.
- Scrivere tutte le proprie osservazioni ordinatamente, in modo da poter sempre ricostruire, anche a distanza di tempo, la sequenza di ciò che si è fatto in ogni momento.
- Usare tale quaderno anche per i calcoli in brutta copia: in caso di errore non cancellare ciò che si è scritto ma semplicemente tagliare in modo che si possa eventualmente rileggere.
- Eseguire le esperienze solo dopo aver scritto, capito e discusso criticamente ciò che si vuol fare.

### **RELAZIONI SCRITTE**

- BREVI MA ESAURIENTI
- REAZIONI CHIMICHE E CALCOLI STECHIOMETRICI CON LA PREVISIONE DEL RISULTATO
- DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI ESEGUITE
- RISULTATI OTTENUTI
- COMMENTO CRITICO DEL RISULTATO OTTENUTO

Esempio:

Misure del pH dell'acqua distillata:

- 1) Viene eseguita la misura del pH dell'acqua distillata dopo avere tarato lo strumento (o utilizzando lo strumento preventivamente tarato) sui tamponi a  $\text{pH}=7$  e  $\text{pH}=4$ .
- 2) L'elettrodo viene accuratamente sciacquato e quindi immerso nell'acqua misurando un  $\text{pH} = \dots$
- 3) Il pH misurato è consistente con quanto previsto in quanto ....

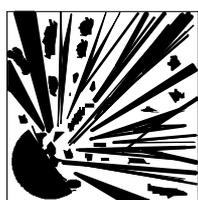


| SIGLA | DEFINIZIONE                    | USO PRINCIPALE   |
|-------|--------------------------------|--|
| RPE   | Reagente di grado analitico    | Per analisi ed usi scientifici generali                |
| RS    | Reagente speciale              | Per applicazioni speciali con garanzia di alta purezza |
| RHP   | Reagente di grado farmaceutico | Conforme alle specifiche delle diverse farmacopee      |
| RE    | Reagente di grado industriale  | Sintesi e usi diversi                                  |

Se la sostanza è potenzialmente pericolosa allora deve essere posta in recipienti adatti la cui etichetta deve riportare tra l'altro dei simboli internazionali accompagnati da lettere (Consiglio d'Europa, Strasburgo 1965 e leggi successive) che indicano il tipo di rischio caratteristico di quella sostanza chimica e che sono di seguito riportati.

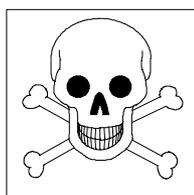
Secondo le norme CEE le sostanze pericolose sono divise in otto categorie principali che sono a loro volta suddivise in due gruppi di diversa pericolosità.

## 1) SOSTANZE PIÙ PERICOLOSE



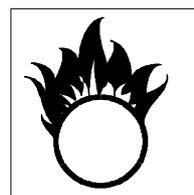
ESPLOSIVE

E



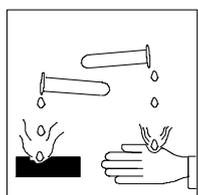
TOSSICHE

T



COMBURENTI

O



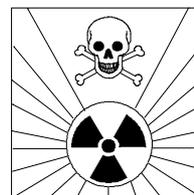
CORROSIVE

C



INFIAMMABILI

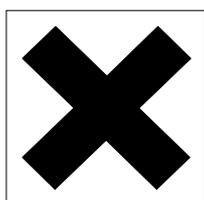
F



RADIOATTIVE

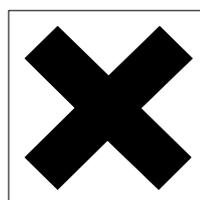
R

## 2) SOSTANZE UN PO' MENO PERICOLOSE DELLE PRECEDENTI



NOCIVE

Xn



IRRITANTI

Xi

Vengono di seguito riportate alcune norme e precauzioni per l'uso e lo stoccaggio delle sostanze appartenenti a ciascuna delle otto categorie.

Ricordarsi che prevenire è molto meglio che curare !!!

## **SOSTANZE ESPLOSIVE (E)**

Sono classificate come tali le sostanze che possono esplodere in determinate condizioni sperimentali, in particolare per esposizione a fonti di calore, e che sono più sensibili del nitrobenzene agli urti ed agli attriti.

**Esplosione:** reazione chimica o cambiamento di stato che avviene in un intervallo di tempo molto breve e che genera un notevole innalzamento di temperatura e generalmente una grande quantità di gas.

La sua pericolosità è principalmente data da:

- a) **vampata di calore** che può provocare ustioni anche molto gravi, l' incendio di vapori, liquidi e solidi, la fusione e la sublimazione dei solidi, l'espansione dell'aria con onda d'urto, lo spostamento ad alta velocità di corpi solidi;
- b) **produzione incontrollata di sostanze nocive** a causa dell'alta temperatura che si sviluppa.

Attenzione: alcuni reattivi, di per sé non esplosivi, tendono a decomporsi per dare sostanze esplosive per semplice esposizione all'aria ed alla luce: per questo caso bisogna prestare particolare attenzione ai prodotti ossigenati come i perossidi ( $H_2O_2$  ad esempio), ed ai solventi organici come etere dietilico, etere diisopropilico, tetraidrofurano.

Alcune sostanze quando sono seccate possono esplodere molto facilmente.

- possono esplodere per semplice urto: perclorato di ammonio, acido picrico, 2,4-dinitrofenilidrazina, dicromato di ammonio, 2,3,6-trinitrofenolo, .....

Certe sostanze di per sé non pericolose lo possono diventare se vengono mescolate con altre: prestare dunque particolare attenzione quando si eliminano i rifiuti versandoli nel lavandino o negli appositi contenitori.

Ad **esempio**, se si gettano nel lavandino residui di acetone (solvente molto infiammabile, di larghissimo uso industriale, adoperato anche per asciugare velocemente la vetreria in laboratorio), assicurarsi di far scorrere molta acqua per lavare bene gli scarichi ed evitare la formazione di vapori infiammabili ed esplosivi.

- Possono esplodere se mescolati con combustibili: i perclorati di Na, K, Mg, Ba, i nitrati, i bromati, i persolfati di Na e K, il perossido di benzoile, etc,.....

- Possono esplodere per semplice riscaldamento: acido perclorico, perclorati, azidi, ipocloriti organici, diazo composti, N-cloroammine,...

Si deve cercare di evitare l'uso delle sostanze esplosive e quando non se ne può proprio fare a meno, usarne la quantità minore possibile.

Prestare somma attenzione ed adoperare tutti gli accorgimenti necessari, maneggiarle sotto cappa indossando occhiali ed usando schermi protettivi.

Le sostanze esplosive vanno tenute in locali isolati, arieggiati e lontani da quelli in cui sono conservate le sostanze infiammabili.

## **SOSTANZE INFIAMMABILI (F)**

Si definisce combustione la reazione spontanea ed esotermica nella quale una sostanza riducente (il combustibile) reagisce con un ossidante (il comburente che di solito è l'O<sub>2</sub> presente nell'aria) e viene parzialmente o completamente ossidata da questi.

Ad esempio nella combustione degli idrocarburi contenenti C e H si formano sempre come prodotti CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e calore: benché la reazione sia spontanea ( $\Delta G < 0$ ) tuttavia è talvolta necessario innescarla (ad esempio riscaldando con la fiamma di un fiammifero) perché l'energia di attivazione è piuttosto elevata:

seguono due esempi con il metano (CH<sub>4</sub>) e con il butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>):



Il fenomeno, dunque, avviene solo se sono co-presenti 3 distinti fattori:

- 1) combustibile (riducente);
- 2) comburente (un ossidante come O<sub>2</sub>);
- 3) sorgente di accensione con temperatura sufficiente a superare l'energia di attivazione e quindi ad innescare la reazione (fiamma libera, urto, sfregamento, scintilla, riscaldamento, luce, ...).

Esistono varie categorie di sostanze infiammabili:

- a) solidi che s'infiammano per accensione e che continuano a bruciare anche se la sorgente di accensione viene allontanata.
- b) liquidi con temperatura di infiammabilità < 21 °C.
- c) gas che si infiammano per semplice contatto con l'aria a pressione atmosferica (1 atm).
- d) sostanze che a contatto con aria umida o con H<sub>2</sub>O danno gas infiammabili (esempio Na, K).

Tutte queste sostanze vanno tenute lontano da fonti di calore, fiamme o scintille, aria (c) ed umidità (c e d). Vanno conservate in recipienti chiusi e riempiti per non più di 3/4 del loro volume totale e posti in ambienti ben ventilati.

L'infiammabilità è caratterizzata da tre parametri:

**1) Punto di infiammabilità (flash point):** è la temperatura minima alla quale, a pressione di 1 atm, la sostanza produce vapori in una quantità tale da dare una miscela con l'aria che in contatto con una scintilla o una fiamma può infiammarsi o esplodere.

**2) Temperatura di ignizione o autoaccensione (ignition temperature):** è la temperatura minima richiesta per iniziare e auto-sostenere la combustione di una miscela dei vapori della sostanza, indipendentemente dalla sorgente di calore.

**3) Campo di infiammabilità:** intervallo di composizione della miscela aria - sostanza in cui quest'ultima è infiammabile.

Particolarmente pericolose sono le sostanze che hanno flash point al di sotto della temperatura ambiente: queste non devono essere mai lasciate allo scoperto se non in presenza di adeguata ventilazione.

È buona norma di sicurezza tenere in laboratorio solo la quantità minima indispensabile di prodotti infiammabili.

Le sostanze infiammabili vanno riscaldate o evaporate con estrema cautela, sempre sotto cappa e ben lontano dalle fiamme libere, da scintille, da motori elettrici e da piastre molto calde.

Per motivi di sicurezza l'etere dietilico non va evaporato ma distillato in modo che i suoi vapori non si disperdano nell'ambiente ma siano raffreddati, condensati e raccolti in un recipiente.

Certe sostanze si ossidano all'aria fino a raggiungere spontaneamente la temperatura di ignizione: ad esempio P bianco,  $\text{PH}_3$ , certi composti metallorganici, alcuni metalli quando sono finemente suddivisi come Mg, Al, Ni: queste sostanze vanno conservate in atmosfera di gas inerte ( $\text{N}_2$  o Ar).

I metalli alcalini (Na, K, Li) ed alcuni idruri metallici vanno tenuti rigorosamente lontani dall'acqua e dall'umidità perché reagiscono molto violentemente con essi formando  $\text{H}_2$  che si può incendiare per il calore della reazione.

In tabella sono riportati il punto di infiammabilità, la temperatura di ignizione ed il campo di infiammabilità per alcuni solventi di comune reperibilità nei laboratori.

| specie          | p. infiammabilità °C | T ignizione °C | c. infiammabilità % |
|-----------------|----------------------|----------------|---------------------|
| acetone         | -17                  | 537            | 2.6 - 12.8          |
| etere dietilico | -29                  | 180            | 1.8 - 48.0          |
| etanolo         | 14                   | 425            | 3.5 - 15.0          |
| metanolo        | 10                   | 464            | 7.3 - 36.0          |
| benzene         | -11                  | 562            | 1.4 - 8.0           |
| toluene         | 4.4                  | 536            | 1.4 - 6.7           |

Dalla tabella si evince che l'etere dietilico è tra i solventi più pericolosi dal punto di vista dell'infiammabilità.

## SOSTANZE COMBURENTI O OSSIDANTI (O)

Provocano una reazione esotermica quando vengono a contatto con altre sostanze soprattutto se infiammabili: possono incendiare le sostanze combustibili.

Esempi di comburenti:

O<sub>2</sub> puro o in miscela nell'aria, nitrati, clorati, .....

Valgono le stesse norme valide per le sostanze infiammabili e vanno tenute ben lontano da quest'ultime, in ambienti esterni resistenti all'esplosione.

## SOSTANZE TOSSICHE (T)

Sono sostanze che a seguito di ingestione o inalazione o assorbimento attraverso la pelle possono essere causa di gravi danni alla salute ed anche di morte. Molte sostanze sono tossiche, tuttavia l'entità dei loro effetti sull'organismo dipende fortemente da alcuni fattori qui sotto elencati:

- 1) natura della sostanza;
- 2) quantità introdotta nell'organismo;
- 3) intervallo di tempo di contatto con la sostanza.

Sono stati definiti i valori limite di esposizione a molte sostanze in base a dati epidemiologici e di laboratorio che sono raccolte in apposite pubblicazioni.

**TLV (Threshold Limit Value):** è la massima concentrazione di una certa sostanza alla quale una persona può esser esposta giornalmente (per 8 ore) o settimanalmente (40 ore) senza risentire di alcun danno.

**TLV-STEL (Short Term Exposure Limit):** è la massima concentrazione di una certa sostanza alla quale una persona può esser esposta per un tempo di 15 minuti al massimo senza risentire di alcun danno. Talora tali limiti sono superabili se poi la persona rimane a lungo lontano dall'esposizione a tale sostanza in modo che il suo organismo abbia il tempo per smaltirla.

**TLV - C (Ceiling):** è la concentrazione che non deve mai essere superata in ogni caso.

Una esposizione troppo lunga a certi prodotti chimici (esempio solventi organici come benzene o Pb e Hg) può causare degli avvelenamenti cronici che rientrano nelle malattie professionali. Gli effetti nocivi di tali sostanze sono talora avvertibili solo a lunga scadenza, quando il danno è ormai irreparabile. Si comprende dunque come in questi casi la prevenzione risulta essere la migliore soluzione.

Seguire rigorosamente le istruzioni riportate sulle etichette dei contenitori. Evitare di respirare i vapori, di toccare e di ingerire tali sostanze, lavorare in ambienti ben ventilati o meglio sotto la cappa, in casi particolarmente pericolosi si richiede l'uso della maschera antigas, usare gli occhiali protettivi ed i guanti, lavarsi spesso le mani con acqua e sapone, non usare solventi organici per pulirsi da una eventuale contaminazione, perché questi potrebbero sciogliere la sostanza e disperderla facilitando il suo assorbimento attraverso la pelle. Accertarsi che ogni eventuale residuo sia stato eliminato dai recipienti e dal banco di lavoro.

**Le sostanze tossiche devono essere conservate in recipienti sigillati posti in armadi chiusi a chiave e con l'indicazione del pericolo molto ben visibile.**

## **SOSTANZE CORROSIVE (C)**

Sono quelle che esercitano azione distruttiva sui tessuti vivi e sulle attrezzature: evitare assolutamente il contatto con la pelle, gli occhi e la bocca. Rientrano in questa categoria tutti gli acidi e gli alcali concentrati più comuni: esempio  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $HCl$ ,  $HF$ ,  $HClO_4$ ,  $NaOH$ ,  $KOH$ ,  $LiOH$ ,  $CaO$ ,  $NH_3$ ,...

E' obbligatorio l'uso degli occhiali di protezione, e dei guanti. Se sono volatili usare la cappa aspirante.

Vanno conservate in recipienti chiusi e di materiale in ogni caso opportuno. Ad esempio  $NaOH$  si conserva in recipienti di plastica e non di vetro che viene intaccato.

## **SOSTANZE RADIOATTIVE (R)**

Sono capaci di emettere radiazioni ionizzanti. Esistono norme di legge molto severe e specifiche per la loro conservazione, manipolazione e smaltimento. Gli operatori devono essere muniti di opportuni dosimetri personali e gli ambienti devono possedere sistemi di isolamento adeguati: la contaminazione ambientale può essere catastrofica e gli effetti a lungo e breve termine mortali.

## **SOSTANZE NOCIVE (Xn)**

In seguito ad inalazione, ingestione o assorbimento cutaneo provocano danni limitati. E' necessario seguire le prescrizioni riportate nelle etichette e seguire le indicazioni date per l'uso delle sostanze corrosive. Ad esempio è nocivo  $\text{KMnO}_4$ .

## **SOSTANZE IRRITANTI (Xi)**

Possono provocare reazioni infiammatorie ed allergiche in seguito a contatto con la pelle. E' necessario seguire le prescrizioni riportate nelle etichette e seguire le indicazioni date per l'uso delle sostanze corrosive. Ad esempio è irritante il solvente tetraidrofurano.

---

Dal 1981 sono state aggiunte ulteriori categorie di rischio a quelle già esistenti:

## **ESTREMAMENTE INFIAMMABILI**

Liquidi con punto di infiammabilità  $< 0\text{ }^\circ\text{C}$  e T ebolliz.  $< 35\text{ }^\circ\text{C}$ .

## **MOLTO TOSSICHE**

Sostanze che per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea possono provocare lesioni gravi e la morte.

## **PERICOLOSE PER L'AMBIENTE**

Sostanze che possono provocare grave rischio a breve o lungo tempo per l'ambiente.

## **CANCEROGENE**

Sostanze che per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea possono provocare il cancro o aumentarne la frequenza. L'informazione sull'azione cancerogena presunta o certa di alcune sostanze viene, purtroppo, spesso sottovalutata o trascurata dalle ditte produttrici ed anche dai libri di testo.

Cercare di sostituire l'uso di tali sostanze con quello di altre meno pericolose: se ciò non è possibile allora usare tutte le norme di buon senso, cautela e prevenzione adatte, tra le quali ricordiamo: adoperare estrema cautela e parsimonia nel loro uso e stoccaggio, indossare sempre i guanti e gli occhiali, maneggiare i recipienti sotto cappa, evitare qualunque contatto ed inalazione dei vapori, prestare attenzione particolare alla distruzione dei residui, aggiungere sui contenitori etichette supplementari di avvertimento, etc.

Le etichette dei contenitori di tali sostanze di solito portano la specificazione di rischio R45 "Può causare il cancro".

Ulteriori informazioni, tra le quali le tabelle aggiornate delle sostanze sospette, sono pubblicate da enti internazionali come ad esempio Agency for Research on Cancers (J.Melnikov ed altri., Carcinogens and Mutagens in Undergraduate Laboratory, J.Chem. Educ., 58 A11 (1981)).

## **TERATOGENE**

Sostanze pericolose per lo sviluppo del feto.

## **MUTAGENE**

Sostanze pericolose per lo sviluppo normale delle cellule.

---

## **FRASI DI RISCHIO E DI PRUDENZA**

Sulle etichette si trovano, oltre ai simboli appena visti, delle sigle inizianti per **R** (frasi di rischio) e/o **S** (frasi di prudenza) che mettono sull'avviso e danno utili consigli a chi opera con tali sostanze. Ad esempio R1 = sostanza esplosiva allo stato secco, R12 = altamente infiammabile, R41 = rischio di gravi lesioni agli occhi, R46 = sostanza che può provocare alterazioni genetiche ereditarie, S1= tenere sotto chiave, S3 = tenere in luogo fresco, S30 = evitare al prodotto il contatto con l'acqua, S37 = usare i guanti, ....

E' necessario tener presente che certe sostanze possono appartenere contemporaneamente a più categorie di pericolosità.

## **SOSTANZE CHE NON RIPORTANO IN ETICHETTA AVVISI DI PERICOLOSITÀ**

Anche se un recipiente contenente una sostanza non porta avvisi di pericolosità, si devono fare alcune importanti considerazioni in merito alle precauzioni da prendere per il suo uso.

1) L'organismo di ogni persona può essere sensibile, in diverso modo, all'esposizione a sostanze chimiche, che per alcuni possono apparire innocue, mentre, per altri, sono pericolose. Il corpo umano di alcune persone sviluppa improvvise e pericolose allergie nei confronti di certe sostanze, anche comuni, che si possono manifestare anche dopo tempi lunghi con irritazioni, bruciori, lacrimazione, tosse, difficoltà di respirazione,..., e che nei casi più gravi possono essere anche mortali. Sono ben note e documentate le gravi forme di allergia di certe persone per la comune aspirina (acido acetilsalicilico) o per i farinacei o per la puntura di un insetto, come il calabrone, che per taluni è mortale.

2) Oltre a ciò, si deve considerare che quotidianamente vengono sintetizzati centinaia di nuovi composti e che quindi, non tutti vengono testati sufficientemente prima di essere posti in commercio.

3) I metodi di sintesi ed i criteri di valutazione della purezza e della pericolosità adottati per le sostanze, che si trovano in un laboratorio chimico possono essere molto diversi da quelli adoperati per la preparazione delle stesse sostanze specificatamente destinate ad uso alimentare. Ciò significa che, per esempio, l'alcol etilico adoperato come solvente in laboratorio potrebbe essere di derivazione sintetica e contenere impurezze, anche se in minima quantità, altamente tossiche per l'organismo, mentre l'alcol etilico destinato ad usi alimentari deve derivare per legge esclusivamente dalla fermentazione naturale di carboidrati ed essere prodotto seguendo metodologie e norme di igiene ben precise.

4) Talora i reattivi apparentemente innocui sono conservati vicino a bottiglie di sostanze pericolose e possono essere stati inquinati inavvertitamente con una spatola o una pipetta.

La normativa più recente prevede finalmente che i reattivi chimici vengano venduti accompagnati da una scheda di sicurezza: essa deve contenere una serie di indicazioni utili, tra le quali:

- 1) precisa identificazione del prodotto e delle sue proprietà principali;
- 2) pericoli a cui si può andare incontro nel suo maneggio;
- 3) misure di pronto soccorso;
- 4) misure antincendio;
- 5) manipolazione e stoccaggio;
- 6) protezione individuale;
- 7) informazioni tossicologiche;
- 8) informazioni ecologiche e sullo smaltimento;
- 9) informazioni sul trasporto.

È opportuno ricordare che:

|   |
|---|
| <p><b>LE SOSTANZE CHE NON RIPORTANO IN ETICHETTA AVVISI DI PERICOLOSITÀ SONO SEMPRE E COMUNQUE DA CONSIDERARE COME POTENZIALMENTE PERICOLOSE E QUINDI DA TRATTARE CON LA MASSIMA ATTENZIONE !</b></p> |
|---|

---

Tratto da C.Tavagnacco, "Laboratorio di Chimica", 2000, Libreria Goliardica Editrice S.r.L., Edizioni Goliardiche, Trieste.

Si ringrazia l'autore per la gentile concessione.