

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA
"LA SAPIENZA"

Guida alle norme di

**Sicurezza nei laboratori
chimici e prevenzione
di infortuni**

Spesso, ed in modo alquanto semplicistico, la « chimica » viene considerata come sinonimo di « pericolo ». E' pur vero che coloro che operano in un laboratorio chimico, inclusi gli studenti, sono soggetti a rischi ambientali più grandi e numerosi di altri lavoratori. Tuttavia, se si lavora consapevoli della molteplicità e della delicatezza delle operazioni che si compiono in un laboratorio chimico, della pericolosità delle sostanze adoperate e della complessità delle apparecchiature usate, e se si osservano più attentamente alcune norme elementari di sicurezza è possibile evitare sia i pericoli più immediati e più evidenti, quali incendi ed esplosioni, sia quei rischi di intossicazioni ed esposizioni croniche che spesso vengono relegati ad un ruolo secondario.

L'insegnamento e la conoscenza delle norme di sicurezza da osservare in un laboratorio chimico si limitano spesso ad una sommaria *indottrinazione* degli studenti nel primo periodo della loro attività sperimentale, quando essi, tuttavia, sono appena consapevoli di quanto incontreranno successivamente nel corso degli studi.

Pur riscontrandone l'utilità ci rendiamo conto che, a causa dei corsi di laurea già così densi di lezioni ed esercitazioni, l'istituzione di corsi separati in « norme di sicurezza e prevenzione infortuni » non è realistica; tuttavia, noi riteniamo che i corsi di laboratorio di base debbano comprendere delle istruzioni al riguardo come parte integrante di tutti gli esperimenti da effettuare.

Questo opuscolo ha lo scopo di indicare sommariamente quali sono i rischi maggiori che si incontrano in un laboratorio chimico e quali le principali misure di prevenzione. Esso è diretto principalmente agli studenti di Chimica e dei corsi di laurea che contemplan l'uso di laboratori chimici ed è un tentativo di focalizzare l'attenzione di studenti, docenti e non docenti su un problema così importante dell'attività professionale.

Pur essendo consci che questo opuscolo non è un trattato esauriente sull'argomento e che è perfezionabile con l'aiuto di quanti vorranno portare il contributo delle proprie esperienze, ci auguriamo che esso possa contribuire a formare, o almeno a *stimolare*, una corretta coscienza professionale e a prevenire le possibilità di incidenti.

Giorgio Tecce

Preside della Facoltà

Piero Porta

Istituto di Chimica
Generale ed Inorganica

INDICE

Premessa	pag.	7
1) Norme di carattere generale	»	8
2) Attività fuori orario normale di lavoro	»	10
3) Trasporto di materiali	*	10
4) Principali mezzi di protezione	»	10
5) Prevenzione incendi e mezzi di estinzione e di protezione	»	11
6) Impianti elettrici e uso di corrente elettrica	»	12
7) Cappe di aspirazione e operazioni sotto cappa	»	13
8) Apparecchi particolari	»	13
9) Operazioni sotto vuoto	»	14
10) Bombole di gas compressi	»	15
11) Operazioni sotto pressione	»	16
12) Esperimenti a bassa temperatura	»	17
13) Vetreria - maneggio, uso e manutenzione	»	17
14) Soffiatura del vetro	»	18
15) Officina meccanica	»	19
16) Sostanze pericolose - classificazione e azioni	»	19
A) Sostanze che, a contatto con l'acqua, sviluppano calore o gas infiammabili	»	20
B) Sostanze ossidanti	»	20
C) Sostanze infiammabili ed esplosive	»	20
D) Sostanze tossiche	*	23
17) Lampade UV ed altre sorgenti di luce	»	24
18) Sorgenti di radiazioni (raggi X) e sostanze radioattive	»	24
Allegati:		
1) Tipi di estintori in uso	»	25
2) Cassetta di pronto soccorso	»	26
3) Istruzioni generali per il primo intervento	»	27
Bibliografia	*	29

PREMESSA

Questo opuscolo rappresenta un breve sommario delle informazioni fondamentali per rendere consapevoli della sicurezza tutte le persone addette ad attività sperimentale nei laboratori chimici. Esso non può essere considerato sostitutivo delle disposizioni di legge attualmente in vigore, ma un manuale pratico scaturito da esperienze acquisite nei laboratori chimici e in problemi di sicurezza.

Il problema della prevenzione degli infortuni nei laboratori chimici può essere risolto sia in fase di progettazione e costruzione degli ambienti, fornendoli di adeguata attrezzatura e mezzi di protezione e sicurezza contro incendi, esplosioni, intossicazioni, ecc..., sia rendendo consapevoli tutti coloro che prestano la loro opera in un laboratorio chimico della delicatezza del loro compito e dei numerosi rischi a cui sono esposti.

E' perciò molto importante conoscere perfettamente tutto ciò che è oggetto del proprio lavoro (apparecchiature, operazioni da compiere, ecc...) e i pericoli per la propria incolumità fisica (e quella altrui dato che un incidente può avere conseguenze anche su coloro che si trovano nelle vicinanze).

I rischi principali a cui è esposto un operatore chimico sono: di esplosione, di reazioni violente, di congelamento, di ferite, di fulminazione e di irradiazione.

La legislazione vigente, D.P.R. n. 547 del 27 aprile 1955, prevede le norme relative alla progettazione, costruzione e manutenzione degli ambienti e dei posti di lavoro, alla sicurezza degli impianti, e ai mezzi individuali di protezione; essa si applica a tutte le attività alle quali siano addetti « lavoratori subordinati », cioè a tutti coloro che, fuori del proprio domicilio, prestano la propria opera alle dipendenze o sotto la direzione altrui, con o senza retribuzione, anche allo scopo di apprendere un mestiere, un'arte o una professione (art. 3 del citato D.P.R.).

L'art. 7 del D.P.R. 547 impone ai datori di lavoro di attuare le misure di sicurezza previste dal Decreto stesso e di rendere edotti i lavoratori dei rischi specifici cui sono esposti, portando a loro conoscenza (mediante affissione o divulgazione della normativa più essenziale) le norme principali di comportamento e di prevenzione. Il datore di lavoro deve inoltre esigere che i singoli operatori osservino le norme di sicurezza ed usino i mezzi di protezione messi a loro disposizione.

D'altra parte i lavoratori, in base all'art. 6 del citato D.P.R., devono:

- a) osservare le misure disposte dal datore di lavoro;
- b) usare con cura i dispositivi di sicurezza e di protezione predisposti e forniti dal datore di lavoro;
- c) segnalare immediatamente al datore di lavoro o al dirigente o ai preposti, le deficienze dei dispositivi e dei mezzi di sicurezza e di protezione;
- d) segnalare le altre eventuali condizioni di pericolo di cui venissero a conoscenza, adoperandosi direttamente in caso di urgenza e nell'ambito delle loro competenze e possibilità per eliminare o ridurre dette deficienze e pericoli;
- e) evitare di rimuovere o modificare i dispositivi e gli altri mezzi di sicurezza e di protezione senza averne ottenuta l'autorizzazione;

f) evitare di compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non siano di loro competenza e che possano compromettere la propria e altrui sicurezza.

Secondo l'art. 9 della Legge 20 maggio 1970 n. 300 « Statuto dei lavoratori », i lavoratori, mediante le loro rappresentanze, hanno diritto di controllare l'applicazione delle norme per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali, di promuovere la ricerca, l'elaborazione e l'attuazione di tutte le misure idonee a tutelare la loro salute e la loro integrità fisica.

La molteplicità e la delicatezza delle operazioni che si compiono in un laboratorio chimico, la complessità delle apparecchiature usate, la pericolosità delle sostanze adoperate sono fonte di costante pericolo e causa di numerosi infortuni per tutti coloro (docenti, non docenti, ricercatori, studenti, ecc...) che operano presso un laboratorio chimico. E' opportuno, quindi, che ci si preoccupi, fin dai primi anni dei laboratori didattici, di fornire ai giovani che iniziano la loro formazione professionale negli Istituti Universitari una adeguata educazione sugli aspetti antinfortunistici. La raccolta dei rischi e delle principali misure di prevenzione contenuta in questo opuscolo vuole essere un tentativo di focalizzare l'attenzione di studenti, docenti e non docenti su questo importante aspetto dell'attività professionale.

1) NORME DI CARATTERE GENERALE

— Gli edifici devono essere muniti di due o più scale di sicurezza in posizione da permettere un facile e rapido allontanamento del personale dai locali in cui si possono verificare incidenti. Nel caso di due sole scale, è opportuno che le stesse siano ubicate in posizione diametralmente opposta rispetto all'edificio.

— Ogni laboratorio deve essere munito di porte d'uscita in numero di una ogni cinque o dieci persone a seconda della pericolosità delle operazioni; le porte devono essere apribili verso l'esterno, ed essere resistenti al fuoco; nel caso di due sole porte è opportuno, ove possibile, che una si apra sul corridoio e l'altra dia all'aperto.

— Le zone pericolose devono essere opportunamente segnalate.

— I cavi elettrici devono essere ben protetti.

— Gli estintori devono essere posti ben in vista ed in luoghi facilmente accessibili.

— E' vietato fumare nei laboratori in presenza di sostanze infiammabili.

— In ogni laboratorio o nelle immediate vicinanze deve esserci una doccia di emergenza.

— La cassetta del pronto soccorso deve essere completa del materiale necessario (vedi Allegato 2) e sistemata in luogo bene in vista.

— Ogni ambiente deve essere ben aerato; onde evitare il formarsi di concentrazioni pericolose di gas infiammabili, tossici o asfissianti, è opportuno mantenere costantemente in funzione il motore di aspirazione della cappa o tenere socchiusa la finestra.

— Su ogni apparecchio telefonico devono essere indicati i numeri di Ambulanza e Vigili del Fuoco.

— Sulla porta di ogni laboratorio devono essere indicati i nomi dei responsabili con i numeri telefonici del domicilio privato.

— L'ORDINE e la PULIZIA sono elementi indispensabili per dimi-

nuire il rischio di incidenti nel laboratorio; tenere tutto in ordine significa anche evitare che piccoli incendi si trasformino in altri di maggiore proporzione. La pulizia e l'ordine interessano non soltanto i locali nel loro complesso ma anche i pavimenti, gli scaffali, gli spazi attorno alle docce di emergenza, ai mezzi antincendio, ai cavi e ai comandi elettrici, ecc... In particolare:

a) i pavimenti non vanno ingombrati con materiale (secchi, tubi di plastica o di gomma, recipienti, ecc...) che possa essere di intralcio o provocare cadute;

b) mantenere asciutto il pavimento e pulito anche delle minime tracce di liquidi oleosi; scivolare in un laboratorio chimico è sempre più pericoloso che altrove;

c) in caso di spandimenti di liquidi o solidi sul pavimento o sui banchi, eliminare subito tali sostanze, specialmente se pericolose. Se si tratta di liquidi corrosivi o caustici questi non devono venire assorbiti con stracci, segatura od altri materiali organici, ma eliminati con lavaggi di acqua asciugando poi con segatura; si deve comunque evitare di toccare tali sostanze con le mani e in caso di contatto lavarle subito e accuratamente con acqua e sapone;

d) le perdite di mercurio devono essere immediatamente eliminate per il pericolo rappresentato dai suoi vapori tossici, se inspirati; se del mercurio cade sopra superfici calde, spegnere la sorgente di calore e provvedere ad una energica aerazione dell'ambiente. Il mercurio può essere reso inoffensivo con spargimento di polvere di zinco e polvere di zolfo, o di opportune sostanze attualmente in vendita;

e) evitare l'accumulo di materiali non richiesti per l'uso immediato, specie se sono infiammabili, tossici o comunque pericolosi;

f) residui, rifiuti, stracci sporchi e tutto quanto può costituire esca per il fuoco devono essere messi in recipienti separati e contrassegnati con opportune scritte;

g) le schegge di vetro non devono essere lasciate sul banco o sul pavimento, ma raccolte e spazzate subito; ogni oggetto o recipiente di vetro scheggiato, rotto o comunque inefficiente o imperfetto non deve essere riposto nello scaffale ma nell'armadio di recupero vetreria, se esistente, altrimenti nella cassetta adibita esclusivamente per i rottami di vetro;

h) le sostanze contenute in bottiglie non esattamente identificate devono essere eliminate con precauzione. Evitare di mescolare fra loro sostanze che possano reagire;

i) non si devono scaricare nelle acque di scarico, né nei rifiuti, tutte quelle sostanze che, anche se diluite, possano risultare tossiche; per esse si deve provvedere prima ad una opportuna bonifica o mediante trasformazione chimica (per es. cianuri in ferrocianuri) o mediante distruzione (per es. trattamento con ossidanti energici, combustione, ecc...). Le sostanze infiammabili da eliminare non devono essere scaricate nei lavandini, ma trattate per combustione sotto cappa. Acidi diluiti, alcali, e sostanze solubili in acqua possono essere scaricati in fogna purché vengano diluiti con grande quantità di acqua. Gli acidi e le basi concentrate dovranno essere diluiti con moltissima acqua o essere previamente neutralizzate prima di versarle negli scarichi;

l) i becchi Bunsen devono funzionare solo durante gli esperimenti e le analisi;

m) non compiere mai operazioni non completamente acquisite; prima di iniziare una qualsiasi operazione chimica si deve prevedere ciò

che può succedere e si devono predisporre le necessarie misure di sicurezza, specialmente quando si prevedono reazioni collaterali. Qualsiasi operazione, a meno che non vi sia assoluta certezza di completa innocuità, deve essere trattata con molta precauzione.

2) ATTIVITA' FUORI ORARIO NORMALE DI LAVORO

L'attività sperimentale dovrebbe essere sospesa al di fuori dell'orario normale di lavoro. In caso di necessità si consiglia, fuori orario, di svolgere attività sperimentale in presenza di almeno un'altra persona.

Se è necessario lasciare in funzione delle apparecchiature fuori orario di lavoro e prive di sorveglianza, esse dovranno essere contrassegnate da un cartello « Lasciare in funzione » e essere munite di opportuni sistemi di sicurezza, prevedendo anche possibili interruzioni di corrente e le conseguenze dovute al ripristino delle condizioni di funzionamento.

3) TRASPORTO DI MATERIALI

E' necessario utilizzare i carrelli quando si debbano trasportare carichi di un certo peso.

Si devono usare i montacarichi per trasportare materiali di peso elevato, tenendo presente che nessuno deve entrare nel montacarichi quando questo contenga materiali (eccetto il personale adibito al trasporto). E' consigliabile che due persone provvedano al trasporto di materiali su montacarichi.

In mancanza di montacarichi, si può utilizzare il normale ascensore attenendosi scrupolosamente a quanto detto sopra, soprattutto per quanto riguarda l'assenza di persone estranee al trasporto durante il movimento dell'ascensore.

Usare secchi di plastica muniti di manico per trasportare recipienti di vetro contenenti solventi ed acidi prelevati dal magazzino.

Le bombole di gas compresso devono essere munite, durante il trasporto, di cappellotto protettivo ed essere trasportate su carrelli muniti di dispositivo di fissaggio mediante catene.

4) PRINCIPALI MEZZI DI PROTEZIONE

Durante le operazioni pericolose usare un paio di occhiali di protezione: **occhiali a stanghetta** per operazioni normali; **occhiali a tenuta** quando si prevedono investimenti da spruzzi o polveri nocive presenti nell'ambiente. Per es. devono essere usati occhiali a tenuta nelle operazioni con formaldeide, acido formico, ammoniacca in soluzione ed anidra, aria liquida, nelle operazioni di macinazione o frantumazione, ecc...

Protegersi le mani con un paio di guanti da lavoro in pelle, o almeno avvolgere le mani con uno straccio, quando si desidera infilare un tubo di vetro in uno di gomma. Nella manipolazione di sostanze nocive (liquidi corrosivi, sali velenosi) e nelle operazioni pericolose per la pelle usare guanti di gomma, neoprene, Vipla, ecc... In molti casi, eccetto per molti solventi organici, è sufficiente un paio di guanti da cucina. Devono essere usati i guanti di amianto per operazioni con oggetti e apparecchi a temperatura elevata, con aria liquida, ecc...

Ogni reazione che comporta l'impiego e lo sviluppo di gas, vapori o polveri pericolose va condotta sotto cappa con buona aspirazione.

In presenza di gas, polveri o fumi particolari nocivi, o comunque quando non si conosca la natura del gas presente nell'aria, occorre usare maschere antigas. Queste devono essere conservate in armadi accessibili a tutti; il loro stato di efficienza deve essere verificato periodicamente. Qualora si tratta di maschere a filtro, è necessario adoperare il filtro adatto per il tipo di sostanza nociva prevista. In presenza di polveri durante le operazioni di macinazione, frantumazione, ecc... usare le maschere antipolvere.

Nelle operazioni con pericolo di esplosione, quando si effettuano fusioni o disgregazioni, travasi di liquidi corrosivi, nelle operazioni sotto vuoto o in pressione, in quelle con apparecchi ad alte temperature gli apparecchi vanno protetti con schermi di vetro di sicurezza, o di resina sintetica trasparente, o, meglio, con solidi schermi quali, ad esempio, reti metalliche a maglie fitte nel caso di possibili esplosioni.

5) PREVENZIONE INCENDI E MEZZI DI ESTINZIONE E DI PROTEZIONE

In un laboratorio chimico il rischio di incendio è provocato dai prodotti infiammabili e da numerose altre cause di accensione; per esempio un incendio può essere provocato da reazione tra alcuni ossidanti e riducenti, o tra alcuni composti e l'acqua.

Già nel progettare un locale per esperimenti chimici si devono scegliere opportuni materiali da costruzione e si deve assicurare una buona aerazione; l'impianto elettrico deve essere realizzato in modo adeguato alle esigenze, curandone frequentemente il perfetto stato di efficienza.

I quantitativi di solventi in giacenza devono essere ridotti al minimo indispensabile, evitando l'accumulo nei laboratori. E' consigliabile che i solventi siano conservati in armadi metallici esterni al laboratorio e dotati di fori per l'aerazione.

I liquidi infiammabili, o che comunque possano produrre miscele esplosive, non si devono versare nei lavandini. I contenitori di qualunque prodotto chimico devono essere completamente vuoti prima di gettarli allo scarico.

Per quanto è possibile è meglio evitare l'uso di solventi molto volatili, qualora questi possano essere sostituiti da omologhi superiori a minore volatilità (es. toluene al posto di benzene, eptano al posto di pentano); si diminuiscono così i pericoli di incendi e nocività (per es. il benzene è molto più tossico del toluene). Nei locali dove si usano liquidi infiammabili (per es. solfuro di carbonio, benzene, etere, alcool metilico ed etilico, acetone, ecc...), bisogna evitare le fiamme libere, il fumare, ecc...

Quando si riscaldano dei liquidi infiammabili è necessario:

- condensare i vapori;
- operare sotto cappa;
- evitare fiamme libere o resistenze elettriche scoperte.

Nel travasare dei liquidi infiammabili si devono usare sifoni o altri mezzi analoghi e in locali in cui non ci siano sorgenti di calore eccessivo o apparecchiature elettriche che possano causare scintille. I materiali impregnati di solventi o di sostanze corrosive non devono essere essiccati in stufa.

Per conservare a bassa temperatura i materiali infiammabili usare frigoriferi senza luce interna e con il dispositivo di termoregolazione all'esterno; le sostanze devono, inoltre, essere conservate in recipienti accuratamente sigillati ed etichettati.

I principali mezzi antincendio in laboratorio sono gli estintori portatili e a carrello; quello più comune e di maggiore utilità è ad anidride carbonica (gli estintori idrici non dovrebbero essere mai usati in un laboratorio chimico). Nell'allegato 1 sono descritti i campi di impiego dei principali estintori disponibili in commercio; qui di seguito vengono brevemente descritti i dati tecnici di alcuni estintori:

a) **estintori ad anidride carbonica**: sono costituiti da una bombola d'acciaio contenente CO_2 liquefatta, a pressione di circa 70 atm.;

b) **estintori a polvere**: contengono una polvere sottilissima, incombustibile, non igroscopica che viene espulsa da CO_2 e azoto compressi. La polvere è generalmente costituita da bicarbonato di sodio;

c) **estintori a schiuma**: contengono in un recipiente principale una soluzione acquosa di una sostanza schiumogena; al momento dell'impiego nella soluzione viene immesso un gas che dà origine alla schiuma e che fornisce la pressione occorrente per l'uscita della schiuma. Il gas viene prodotto in seguito a reazione chimica tra due sostanze mantenute separate con estintore a riposo (fiala di acido solforico);

d) **estintori a fluobrene**: contengono fluobrene, dibromo-tetrafluoroetano; all'interno dell'estintore è contenuta una bombola di CO_2 in acciaio, collaudata a 200 atm. Questi estintori sono di impiego universale, ma sconsigliati in ambienti chiusi. Il fluobrene, catturando i radicali liberi che sono i prodotti intermedi della reazione a catena nella combustione, intercetta o spezza la reazione di combustione e interrompe il propagarsi della fiamma. Hanno pertanto un'azione chimica e non fisica.

Gli estintori portatili devono essere sistemati in posizioni che risultino bene in vista e facilmente accessibili (è consigliabile sistemarli sulle pareti degli ambienti); è necessario inoltre eseguire un controllo periodico.

È necessario che tutti i lavoratori imparino ad usare i mezzi antincendio e ne conoscano bene l'ubicazione.

In caso d'incendio occorre:

— interrompere la corrente elettrica agendo sull'interruttore generale del laboratorio;

— allontanare dalle vicinanze dell'incendio tutte quelle sostanze che possano dar luogo ad altri incidenti o reagire violentemente sotto l'azione del calore;

— intervenire con la massima tempestività facendo uso di estintori, ed altri mezzi (sabbia, coperte antifiama, ecc...);

— avvertire subito, nei casi gravi, i Vigili del Fuoco.

Occorre ricordare che la fiamma è solo una manifestazione della combustione! Quindi bisogna attaccare il fuoco direttamente alla base della fiamma in modo da agire, da diversi punti, **sul materiale che brucia**.

6) IMPIANTI ELETTRICI E USO DI CORRENTE ELETTRICA

Tutte le apparecchiature elettriche, compresi i colori dei cavi elettrici, devono essere conformi alle norme CEI.

Le connessioni elettriche e il comando delle apparecchiature elettriche relative alle cappe di aspirazione devono essere sistemate allo esterno e azionabili dall'esterno.

Tutti gli apparati elettrici devono avere il collegamento a terra; l'impianto di terra deve essere tenuto sempre in perfetta efficienza. Non impiegare come dispersori di terra tubazioni di gas, aria compressa e simili.

Controllare sempre l'isolamento dei cavi elettrici, provvedendo, in caso di deterioramenti, alla loro sostituzione. Prima di pulire o revisionare apparecchiature elettriche bisogna togliere la corrente.

Non toccare con mani bagnate le parti elettriche anche se ben protette.

7) CAPPE DI ASPIRAZIONE E OPERAZIONI SOTTO CAPPA

Le cappe di aspirazione, di ampiezza sufficiente a contenere le apparecchiature e i recipienti da usare, devono essere installate in tutti quei locali ove si manipolano sostanze tossiche o infiammabili. Esse devono essere costruite in materiali anticorrosivi e incombustibili, con vetri di tipo temperato onde evitare ferite di taglio in caso di rotture.

Per operazioni con liquidi molto infiammabili devono essere previste delle cappe con sistema di spegnimento automatico a CO₂, con arresto automatico dei ventilatori e chiusura automatica delle porte, allo scopo di evitare il diffondersi nell'ambiente del gas estinguente.

Ogni cappa dello stesso ambiente, o di ambienti diversi contigui, deve avere impianto di aspirazione separato in modo che nessuna possa andare in pressione e possa disperdere nell'ambiente i gas pericolosi. I ventilatori aspiranti devono essere costruiti in materiali antisintilla e anticorrosivi. Il condotto di ventilazione deve terminare a distanza conveniente e a sufficiente altezza da terra, e lo sfogo dei fumi all'aria deve avvenire in zona tale (e con filtri opportuni) da non recar danno a persone.

Prima di usare la cappa occorre essere sicuri che l'aspiratore funzioni; lo sportello di accesso deve essere normalmente tenuto chiuso e verrà aperto solo quando è necessario l'intervento dell'operatore.

8) APPARECCHI PARTICOLARI

La manipolazione di materiale caldo (capsule, treppiedi di ferro, bagnimaria, ecc.) deve essere effettuata impiegando i mezzi di protezione adeguati come pinze di metallo, guanti antitermici, ecc.

Evitare spruzzi di liquidi su apparecchi a temperatura elevata e tenere lontano da essi sostanze infiammabili o alterabili al calore.

L'apparecchio di Kipp deve essere usato sotto cappa.

I recipienti di vetro a pareti sottili non devono mai essere usati sotto vuoto.

Non esporre ai raggi solari recipienti a globo e simili, pieni di liquidi infiammabili trasparenti poiché l'effetto « lente » potrebbe provocare incendi.

Se si devono conservare corpi caldi in un essiccatore è consigliabile non chiuderlo subito; la depressione in esso prodotta per il successivo raffreddamento può ostacolare la successiva apertura con pericolo di rottura. Nell'approntare un essiccatore per il funzionamento asciugarlo accuratamente prima di introdurre l'essiccante (acido solforico, anidride fosforica, ecc...). Per rimuovere l'essiccante, estrarlo con precauzione e a piccole porzioni, e scaricarlo lentamente sotto un forte getto di acqua corrente.

L'uso delle centrifughe deve essere molto accurato: occorre evitare un eccesso di carico e la sua impropria distribuzione nei contenitori; non bisogna rimuovere le protezioni quando la macchina è in moto; è necessario evitare vibrazioni dovute ad un carico mal distribuito o al logora-

mento dei supporti o ad un basamento non adeguato. I pericoli più gravi che possono verificarsi nell'uso di una centrifuga sono: lo scoppio del panierino (o cesto) in cui viene posta la sostanza da trattare e che è sottoposto a velocissima rotazione, e il contatto dell'operatore con le parti in movimento. Ogni apparecchiatura deve essere dotata del manuale di istruzioni e l'operatore deve seguire tutte le norme prescritte. Data l'alta velocità di esercizio che sottopone le centrifughe a notevoli sforzi, è consigliabile effettuare frequenti e periodiche revisioni, specie se vi vengono trattate sostanze corrosive che potrebbero accelerare il deterioramento della resistenza meccanica del materiale con cui vengono costruite.

9) OPERAZIONI SOTTO VUOTO

Le raccomandazioni sono simili per esperimenti condotti con vuoti ottenibili mediante qualsiasi tipo di pompe; il grado di rischio è sempre presente anche quando si operi con le pressioni residue ottenibili normalmente con una pompa ad acqua (circa 15 mm Hg). Ovviamente esso è più alto se si adoperano pompe meccaniche con pressione residua di circa 5×10^{-2} mm Hg.

Essiccazione sotto vuoto — Per evitare le conseguenze di una eventuale implosione, ogni apparecchio sotto vuoto va contenuto in una gabbia di protezione fatta di rete metallica. Gli essiccatori sotto vuoto devono avere le seguenti caratteristiche:

— essere protetti con gabbia di rete metallica o anche con nastro adesivo trasparente;

— usare grassi opportuni per assicurare la tenuta del coperchio (consigliabili i grassi al silicone) e per evitare difficoltà nell'operazione di apertura;

— è preferibile usare un tappo di vetro smerigliato a giuntura conica (ben pulito e lubrificato) anziché il tappo di gomma forato al centro contenente il tubo di vetro munito di rubinetto;

— lubrificare frequentemente il rubinetto dell'essiccatore per evitarne la rottura.

Distillazione a pressione ridotta — Si devono impiegare schermi fatti di vetro di sicurezza o di resina sintetica trasparente, e in tutte le operazioni di distillazione è sempre necessario che l'operatore porti occhiali di sicurezza, o meglio uno schermo facciale che protegga tutto il viso.

Prima di iniziare una distillazione a pressione ridotta occorre:

— controllare accuratamente ogni apparecchiatura da usare negli esperimenti (palloni di vetro, ecc...), accertandosi che siano esenti da difetti, non siano incrinati o danneggiati;

— se per ragioni tecniche non è possibile adottare schermi di vetro o di resina sintetica, condurre gli esperimenti sotto cappa fornita di vetri infrangibili; nel caso non si disponga di vetri infrangibili, occorre rinforzare i vetri con strisce di nastro adesivo trasparente;

— verificare a freddo la tenuta di tutta l'apparecchiatura e in modo particolare che i tappi usati (se di gomma o di sughero) non vengano risucchiati dal vuoto. Si consiglia comunque di usare tappi di vetro e apparecchiature con coni smerigliati;

— assicurarsi che l'apparecchiatura poggi su una superficie piana (preferibilmente su una stuoia di gomma) per evitare qualsiasi irregolarità di pressione sulla base.

Durante la distillazione il riscaldamento dei palloni deve essere eseguito a mezzo di un bagno, o di nastri o mantelli elettrici, e non direttamente con fiamme libere. Inoltre, occorre:

— nell'uso di bagni riscaldanti (ad olio, bagnomaria, ecc...), tener presente che il livello del liquido nel pallone deve essere inferiore a quello del bagno; il riscaldamento va iniziato solo dopo aver fatto il vuoto, per evitare eventuali schiumeggiamenti dovuti alla violenza dell'ebollizione del liquido caldo a pressione ridotta;

— fare entrare gas inerte (es. azoto), riducendo così il vuoto all'interno, e spegnere il riscaldamento se la depressione dovesse superare quella di collaudo;

— allo scopo di evitare ritardi nell'ebollizione e rendere più uniforme l'operazione, introdurre, mediante un capillare di vetro che peschi fino al fondo del recipiente, aria o gas inerte;

— evitare eventuali pericoli di implosione che possono essere causati dall'urtare le apparecchiature sotto vuoto;

— evitare pericolosi sbalzi di temperatura e di pressione;

Alla fine della distillazione occorre:

— togliere il vuoto prima di chiudere la pompa onde evitare pericolosi risucchi;

— assicurarsi, prima di smontare l'apparecchiatura, che non vi sia più il vuoto in ogni sua parte.

Filtrazione sotto vuoto — Bisogna controllare sempre che:

— le beute usate non siano difettose o comunque danneggiate;

— i crogioli di Gooch non possano scivolare dai sostegni ad anello di gomma delle beute.

10) BOMBOLE DI GAS COMPRESSI

I pericoli derivanti dall'uso di gas compressi in bombole sono generalmente di due tipi: scoppio delle bombole, e fughe di gas tossici ed infiammabili. Per i gas di uso continuo e frequente, è obbligatorio costruire dei depositi di bombole all'esterno dell'edificio; all'interno dei laboratori i gas arriveranno mediante condutture metalliche.

E' permesso l'uso di bombole all'interno dei laboratori a condizione che, appena terminata la sperimentazione, la bombola venga riportata al deposito e con precauzione (vedi punto 3 - Trasporto di materiali).

Le ogive delle bombole devono essere colorate a vernice come segue:

Acetilene	— arancione;
Ammoniaca	— verde chiaro;
Anidride carbonica	— grigio chiaro;
Aria	— bianco e nero;
Azoto	— nero;
Cloro	— giallo;
Elio	— marrone;
Idrogeno	— rosso;
Ossigeno	— bianco;
Etilene	— violetto.

Nell'uso di bombole di gas compressi occorre:

— usare soltanto acqua calda (a temperatura non superiore ai 50°C) qualora sia necessario riscaldare bombole di gas liquefatto per

ottenere una adeguata uscita del gas; **mai** servirsi per questo scopo di fasce riscaldate elettricamente;

— non lubrificare con grassi ed olii le valvole di chiusura e di riduzione. Usare sempre per ogni tipo di bombole i prodotti all'uopo consigliati dalla ditta fornitrice;

— non intercambiare i riduttori di pressione;

— munire di adatti dispositivi (capsule di sicurezza), contro i ritorni di fiamma e di miscele esplosive, le bombole di gas combustibili, e quelle di ossigeno ed aria;

— tenere sempre lontane le bombole dai raggi solari e da altre fonti di calore, e non far subire loro urti o cadute. A tal fine le bombole, durante l'impiego, devono essere fissate alle pareti mediante catene metalliche;

— controllare sempre i dispositivi di controllo e di sicurezza, in particolare le valvole, allo scopo di evitare fughe che dipendono sempre da difetti di funzionamento degli stessi o dalle connessioni difettose (tubazioni di collegamento);

— usare per le connessioni fascette stringitubo, evitando l'uso di filo di ferro o altro.

Nello stesso locale non devono essere tenute bombole contenenti gas fra loro incompatibili quali:

O₂ e H₂; O₂ e NH₃; Cl₂ e H₂; Cl₂ e NH₃; ecc...

11) OPERAZIONI SOTTO PRESSIONE

Gli esperimenti in autoclave devono essere condotti in apposite celle o in parti del laboratorio separate mediante muri antischegge; i comandi devono essere, comunque, al di fuori della zona sperimentale.

Nella previsione di reazioni con rischio di incendio o esplosione, munire la zona di lavoro con impianto elettrico del tipo antideflagrante.

E' necessario seguire le seguenti istruzioni:

— controllare sempre l'efficienza delle guarnizioni;

— non superare mai la pressione di esercizio prevista e consentita, che deve essere chiaramente indicata sull'autoclave; è consigliabile che la pressione effettiva non superi mai i 2/3 della scala manometrica. A tal uopo, nel comprimere i gas a freddo, tenere conto della loro espansione termica;

— sorvegliare costantemente i dispositivi di controllo e sicurezza;

— assicurarsi periodicamente dell'efficienza dei dispositivi automatici di scarico per eccessiva pressione (valvole di sicurezza, dischi di rottura, ecc...);

— prima di aprire l'autoclave assicurarsi che sia già a temperatura ambiente, e se esiste ancora pressione interna aprire con molta cautela la valvola di scarico;

— nel riscaldamento delle autoclave servirsi di variatori di tensione inseriti tra la rete e l'apparecchiatura, e disporre il variatore di tensione (previamente tarato in modo da conoscere le corrispondenze tra valori di tensione e temperature di equilibrio) nella posizione desiderata in base alla temperatura da raggiungere. In caso di mancato o difettoso funzionamento del termoregolatore, questo accorgimento permetterà di evitare il surriscaldamento e il possibile scoppio dell'autoclave;

— il volume di liquido nell'autoclave non deve superare la metà del volume totale;

— nel caso si operi con liquidi pericolosi, prevedere, il convogliamento dei fluidi (in caso di improvviso scarico) verso zone dove non possano generare rischi di incendio o di intossicazione;

— dopo ogni operazione, controllare le apparecchiature per verificare eventuali presenze di corrosione.

12) ESPERIMENTI A BASSA TEMPERATURA

Ghiaccio secco, anidride carbonica solida, e azoto liquido sono i mezzi refrigeranti più comuni. Dovrebbe essere evitato l'uso di aria liquida specialmente se può venire in contatto con sostanze organiche (rischio di combinazioni esplosive).

Poiché le temperature, alle condizioni normali di pressione, del ghiaccio secco e dell'azoto liquido sono rispettivamente di -78°C e -196°C , ci possono essere rischi di congelamento per contatto.

Il ghiaccio secco, pertanto, deve essere maneggiato con guanti di pelle o stracci, onde evitare ustioni.

Non bisogna mai immergere le dita in un gas liquefatto; il travaso di azoto liquido nei vasi Dewar deve essere poi effettuato con cautela, a piccole porzioni inizialmente, e con protezione di visiera.

Se si immerge improvvisamente un recipiente caldo in un liquido refrigerante, si provoca l'ebollizione brusca di quest'ultimo; occorre, quindi, evitare di farlo, o farlo molto lentamente.

Bisogna, inoltre, ricordare che nell'usare vasi Dewar contenenti azoto liquido, vi è tendenza alla condensazione di ossigeno dall'atmosfera. Quindi trappole di linee da vuoto lasciate inavvertitamente aperte, e alla temperatura dell'azoto liquido, possono accumulare forti quantità di ossigeno liquefatto.

Nell'usare acqua corrente per raffreddamento occorre che le connessioni vengano realizzate mediante tubi flessibili (gomma o PVC) fissati saldamente con apposite fascette stringitubo, allo scopo di evitare sfilamento dei tubi e possibile allagamento del laboratorio.

13) VETTERIA, MANEGGIO, USO E MANUTENZIONE

Nei laboratori gli infortuni dovuti a rotture di apparecchi e tubi di vetro sono abbastanza frequenti. Incidenti di questo tipo portano alle seguenti conseguenze:

— tagli e lesioni anche gravi;

— causticazioni, intossicazioni, ecc..., causate da spruzzi di sostanze pericolose;

— incendi od esplosioni, se nei contenitori di vetro vi erano sostanze infiammabili od esplosive.

E' necessario perciò trattare il vetro con molta accuratezza, sia nella scelta del materiale da usare per un esperimento, sia nell'uso, sia nella manutenzione e nell'immagazzinamento.

Si consiglia di attenersi alle seguenti istruzioni:

— avere a disposizione adeguate scorte in modo da eliminare ogni occasione di ricorso a materiale difettoso;

— al ricevimento di apparecchiature in vetro, controllare bene specialmente se dovranno essere adoperate per operazioni sotto vuoto o in pressione o ad alta temperatura, che non siano difettose, non presentino incrinature o bolle;

— tenere la vetreria sistemata in appositi armadi o scaffalature bene illuminati e dotati di fasce lungo i bordi;

— nel tagliare tubi o bacchette bisogna operare con mani protette da guanti o da stracci;

— se si deve far passare un tubo di vetro in un tappo di gomma o di sughero, eseguire fori del giusto diametro in modo da permettere l'inserimento del tubo di vetro nel tappo senza pericoli e nello stesso tempo garantirne la tenuta. Le mani vanno comunque protette con guanti di pelle o con stracci;

— sorvegliare gli apparecchi in vetro durante il loro funzionamento per poter intervenire tempestivamente in caso di guasti, di anomalie, di pericoli;

— non usare mai bacchette, tubi, ecc... scheggiati o a taglio vivo. Prima di infilare le parti estreme di bacchette, tubi, ecc..., in tubi di gomma, tappi, ecc..., esse devono essere molate o arrotondate alla fiamma, lubrificate o inumidite con olio di vaselina o glicerina o grasso al silicone o, almeno, con acqua e sapone;

— nel recupero di vetri inseriti in tappi o tubi, occorre servirsi di guanti di cuoio o pelle. Se l'operazione riuscisse difficile, evitare di ricorrere a manovre di forza con rischio di ferirsi e incidere la gomma con un coltello o una lametta per liberare il vetro;

— le provette vanno tenute con le apposite pinze di legno o metalliche, e inclinare in modo da evitare che eventuali spruzzi di liquido non colpiscano le persone;

— se si devono superare i 50°C, usare solo vetreria in vetro speciale, adatta a resistere a temperature elevate;

— i recipienti di vetro devono essere presi e sostenuti non per il collo o per i bordi, ma per il corpo. Gli apparecchi a collo lungo vanno tenuti per il collo, ma sempre sostenuti anche sotto il fondo;

— non lasciare mai nel lavandino recipienti o apparecchi contenenti sostanze corrosive (es. acido solforico, nitrico, alcali, fenolo, ecc...) o pericolose;

— prima di lavare la vetreria, eliminare dagli apparecchi qualsiasi sostanza dannosa. E' consigliabile, nel lavare la vetreria, indossare guanti di gomma o di resina sintetica e, quando si usino acidi o basi forti per la pulizia, proteggere gli occhi con occhiali di sicurezza o con uno schermo facciale. Il lavaggio della vetrina può essere fatto con fosfato trisodico, pomice, acidi o basi forti, miscele cromatiche, ecc... a seconda dei casi.

14) SOFFIATURA DEL VETRO

Nel lavorare il vetro è necessario:

— effettuare le operazioni in ambienti ben aerati;

— accertarsi prima di iniziare la soffiatura della vetreria che essa sia ben pulita ed esente da solventi organici;

— mettersi gli occhiali scuri appositamente previsti, onde proteggere gli occhi dalle intense radiazioni del vetro incandescente;

— avere a disposizione un contenitore metallico dove gettare di volta in volta i frammenti di vetro, e usare questo contenitore solo per questo scopo.

15) OFFICINA MECCANICA

Qualsiasi intervento su organi di macchinari in moto deve essere evitato. Non bisogna operare su organi di trasmissione di motori, quali pulegge, cinghie, ecc... se non a macchina ferma.

Prima di mettere in movimento le macchine, è necessario accertarsi che non vi siano vicino persone che potrebbero esserne danneggiate.

Ogni macchinario deve avere un cartello con le istruzioni d'uso più importanti e schermi che proteggano l'operatore dalle parti più pericolose.

Molti incidenti sono accaduti perché i capelli o gli indumenti inadatti degli operatori si sono impigliati negli organi in movimento. E' pertanto necessario che non ci si avvicini alle macchine se non si è certi di non avere parti di intralcio o di pericolosità.

16) SOSTANZE PERICOLOSE

Qualora non se ne conosca **con certezza** la innocuità, sia da sola che in combinazione con altre sostanze o agenti esterni, ogni sostanza deve essere considerata pericolosa, dannosa per la salute, e trattata con grande precauzione.

Le sostanze possono essere pericolose sia per reazione con altre o con agenti esterni (infiammabilità, esplosione, ecc...), sia per la loro stessa nocività. Le sostanze pericolose per la salute sono principalmente di tre tipi:

- corrosive (distruzione dei tessuti);
- tossiche (assorbimento nel sangue);
- radioattive.

L'azione nociva può esercitarsi attraverso: l'**ingestione**, il **contatto cutaneo** e, principalmente e più frequentemente, l'**inalazione**.

L'**ingestione** può essere evitata nei seguenti modi:

- non fumare o mangiare nei laboratori;
- non bere dai recipienti di laboratorio;
- lavarsi bene le mani e la faccia al termine di ogni lavoro;
- non asciugarsi agli indumenti da lavoro indossati;
- non pipettare mai liquidi mediante aspirazione con la bocca, a meno che non si tratti di liquidi perfettamente innocui.

Il **contatto cutaneo** può causare semplici irritazioni, dermatiti o ustioni chimiche. E' utile ricordare che sostanze organiche come anilina, fenolo, toluidina, ecc... ed inorganiche quali sali di metalli (arsenico, berillio, vanadio, cromo, mercurio, ecc...) danno rapido assorbimento attraverso la pelle con conseguente avvelenamento. E' utile anche ricordare che alcune sostanze organiche, in particolare le ammine aromatiche, sono cancerogene.

Per evitare il pericolo di assorbimento attraverso la pelle è necessario l'uso, durante il lavoro, di guanti di gomma sottili (del tipo dei guanti da cucina), e lavare, dopo ogni esperimento, ogni parte del corpo che sia venuta in contatto con queste sostanze.

L'**inalazione** di aria inquinata da gas, fumi, nebbie o polveri può causare intossicazioni più o meno acute, nonché irritazioni delle vie respiratorie e degli occhi. Quando si ha a che fare con sostanze tossiche e infiammabili, quali cloro, bromo, anidride solforosa, ossido di carbonio idrogeno solforato, formaldeide, acido cianidrico, benzene, ecc... è necessario operare sotto cappa e con gli sportelli chiusi. La ventilazione de

locali interessati deve essere molto efficiente, e, nei casi in cui la concentrazione delle sostanze può essere elevata, è indispensabile operare con maschere antigas dotate di filtro specifico.

Una classificazione delle sostanze nocive viene riportata in numerose pubblicazioni (vedi bibliografia allegata) insieme con i mezzi più idonei per la protezione. In questo capitolo si daranno alcuni cenni sulle sostanze più comuni classificandole a seconda delle proprie caratteristiche di reattività.

A) Sostanze che, a contatto con l'acqua, sviluppano calore o gas infiammabili

Il calore che si sviluppa per miscelazione di alcune sostanze con l'acqua (ad esempio acido solforico concentrato, calce viva) può essere eccessivo, con la conseguenza di eventuali spruzzi tutt'intorno e pericolo di ustioni agli operatori e alle persone vicine. In questi casi, nell'eseguire la miscelazione, occorre operare con estrema prudenza ed essere muniti dei mezzi protettivi necessari (occhiali, guanti, ecc...).

Sono poi particolarmente pericolose le sostanze quali sodio, potassio, carburo di calcio e metallo-organici che, a contatto con l'acqua, sviluppano gas infiammabili. Fra queste sostanze il sodio, largamente diffuso nei laboratori chimici, reagisce violentemente con acqua, con svolgimento di idrogeno, e deve essere, quindi, trattato con molta cautela. Si possono indicare i seguenti consigli:

— evitare che i rifiuti contenenti tali sostanze vengano gettati in lavandini, secchi, bidoni, ecc...; essi devono essere distrutti in modo opportuno;

— è inutile e dannoso conservare grandi quantità di queste sostanze in laboratorio;

— il sodio deve essere distrutto mediante alcool etilico denaturato;

— il sodio deve essere sempre conservato sotto uno strato di idrocarburo a bassa volatilità (toluene, olio di vasellina, idrocarburi saturi C₇-C₉). Se il sodio è contenuto in un recipiente di vetro, questo deve essere tappato e posto in un altro recipiente metallico allo scopo di evitare, in caso di rottura del vetro, fuoriuscita del sodio o del liquido conservante;

— non usare mai sodio per distillare solventi alogenati perché si hanno violente esplosioni.

B) Sostanze ossidanti

Quando si adoperano sostanze ossidanti, quali acido perclorico, perossidi, ecc..., è necessario operare sotto cappa, predisporre uno schermo di protezione, e munirsi di occhiali di sicurezza (o schermo facciale) e di guanti protettivi.

C) Sostanze infiammabili ed esplosive

Per poter valutare il grado di pericolosità di sostanze infiammabili ed esplosive è necessario conoscere le loro principali proprietà chimico-fisiche quali:

— stato fisico (se solido, liquido o gassoso nelle condizioni di temperatura e pressione di operazione);

— caratteristiche chimiche e fisiche quali tensione di vapore, volatilità, temperatura di ebollizione, densità, solubilità nel solvente da adoperare, temperatura di infiammabilità, di accensione e di autoaccensione, ecc...;

— potere e limiti del campo di esplosività;

— sensibilità agli urti;

— reattività chimica a contatto con altre sostanze (reazioni acide, basiche, di ossidazione e riduzione, di decomposizione, sviluppo di sostanze pericolose, ecc...).

Un incendio o uno scoppio accade quando interviene una qualunque causa capace di portare ad alta temperatura una sostanza potenzialmente infiammabile od esplosiva, e di fornire ad essa una certa quantità di energia.

In questi casi è pertanto tassativo il divieto di accendere fiamme, di fumare, e di tenere nelle vicinanze sorgenti di ignizione.

Quando si opera con sostanze gassose è opportuno ricordare che:

— la miscelazione con l'aria dell'ambiente può dare origine a meccanismi di reazione piuttosto complessi (per esempio, alcune sostanze come l'ammoniaca, pur non essendo infiammabili, danno miscele esplosive con l'aria);

— negli angoli morti dei locali vi è sempre un accumulo di gas;

— differenze di temperatura tra il gas e l'aria favoriscono, per la differente densità, stratificazioni diverse da quelle previste. Per esempio, gas più pesanti dell'aria come anidride solforosa ed ossido di azoto, se caldi, tendono ad andare verso l'alto per il minor peso specifico.

I liquidi infiammabili più comuni in laboratorio sono i solventi non clorurati; tra i più pericolosi ci sono: solfuro di carbonio, etere, benzolo, acetone, alcool metilico ed etilico.

Certi composti chimici sono spontaneamente infiammabili all'aria (es. alchil-metalli, metalli finemente divisi, idruri, fosfori).

Questi composti debbono essere travasati e trattati in atmosfera non reattiva, ad esempio sotto azoto.

I composti sovraossigenati (clorati, perossidi, ecc...) addizionati a prodotti combustibili o facilmente ossidabili, formano miscele facilmente infiammabili per aumento della temperatura, per urto o per sfregamento.

Per prevenire ogni causa di incendio si consiglia di attenersi alle seguenti norme:

— in presenza di sostanze infiammabili, non usare becchi Bunsen. Scegliere preferibilmente dei bagnimaria, bagni d'olio, piastre elettriche o becchi ad aria calda;

— se l'uso di apparecchi generatori di scintille (interruttori, motori elettrici, termostati, ecc...) può provocare un incendio, allontanare questi apparecchi dalle zone di lavoro, usare motori ad aria compressa;

— non mettere i prodotti chimici vicino a fonti di calore quali forni, stufe, bagni di sabbia, canali di vapore, radiatori elettrici, in luoghi soleggiati;

— non fumare;

— se si distillano frequentemente liquidi infiammabili, è preferibile usare apparecchi da distillazione metallici per evitare rischi di rotture. Prevedere possibili reazioni tra il metallo ed il liquido da distillare;

— se durante la distillazione la mancanza di acqua nel refrigerante può provocare la fuga nell'atmosfera di vapore, fissare solidamente le

tubature d'arrivo dell'acqua, sorvegliare la portata dell'acqua di refrigerazione, usare un contatore manometrico che interrompa il riscaldamento in caso di interruzione della circolazione d'acqua;

— se i composti sono spontaneamente infiammabili all'aria (es., alchil-metalli, metalli finemente divisi, idruri, fosfori, ecc...), o se l'evaporazione o la decomposizione delle sostanze dà luogo a vapori infiammabili all'aria, condurre gli esperimenti in atmosfera non reattiva (es. in azoto o altri gas inerti);

— se si debbono fare delle miscele di prodotti comburenti (ad es., composti sovraossigenati) e combustibili o facilmente ossidabili, preparare solo piccole quantità, evitare di riscaldare, tritare solo ingredienti puri separatamente, mescolare i prodotti a freddo delicatamente con un mezzo non metallico;

— non ingrassare né oliare i raccordi e la filettatura delle bottiglie di ossigeno, aria compressa, protossido di azoto e di tutti gli altri gas comburenti;

— evitare l'uso di camici in tessuto sintetico. Dare la preferenza a quelli di cotone;

— tener presente che piccoli incendi sviluppatasi entro recipienti possono essere facilmente spenti coprendo il recipiente col coperchio;

— per accendere il gas è preferibile usare accenditori a pietra focaia piuttosto che fiammiferi;

— se è necessario mantenere acceso un bruciatore per lungo tempo, la fiamma deve essere tenuta visibile (al colore rosso) perché, se invisibile, può essere causa di incidenti.

Nei laboratori in cui vengono usati prodotti infiammabili non bisogna installare tramezzi, ripiani o soffitti che possano propagare rapidamente un incendio (materie plastiche espanse).

Bisogna fornire il laboratorio di estintori portatili o a carrello; ricordare che quelli ad acqua polverizzata raffreddano con maggiore efficacia di quelli a CO₂, ma non devono essere usati su prodotti sensibili all'acqua.

Per quanto riguarda le sostanze esplosive quali perossidi organici, ossido di etilene, i nitrati, il cloruro di azoto, il biossido di cloro, i diazocomposti, i sali di diazonio secchi, idrazina, acetiluri, ecc... si raccomandano le seguenti generali misure di sicurezza:

— maneggiarle in piccole quantità;

— evitare i surriscaldamenti, la vicinanza di fiamme, gli urti, il contatto con materiali metallici;

— disporre schermi di protezione attorno alle apparecchiature;

— indossare robuste protezioni per gli occhi e la faccia.

Tra le sostanze esplosive più pericolose occorre citare:

a) **acetilene e acetiluri** - L'acetilene, utilizzata sotto pressione e non diluita oppure in presenza di metalli come rame, argento e mercurio, si decompone violentemente; le condutture di trasporto di acetilene devono essere in acciaio inossidabile. Gli acetiluri dei metalli pesanti esplodono facilmente quando sono secchi; perciò vanno trattati allo stato umido;

b) **nitrato di ammonio** - Questo sale non è pericoloso a temperatura ordinaria, ma diventa esplosivo se trattato a circa 800°C (decomposizione) oppure se mescolato, sotto l'azione di una fiamma, ad una sostanza combustibile;

c) **perclorati** - L'anione perclorato, usato come precipitante di cationi complessi, deve essere sostituito, se possibile, con altri anioni a

proprietà analoghe; infatti i complessi che si ottengono con l'anione perclorato, una volta secchi, possono esplodere facilmente all'urto o anche spontaneamente;

d) **composti metallo-organici** - Queste sostanze sono spesso termicamente labili e vengono attaccate, anche in maniera esplosiva, dall'ossigeno e dall'umidità; ad esempio i composti trialchilici (specialmente metilici ed etilici) dell'alluminio si incendiano all'aria, e i composti metallo-carbonilici (specialmente di nichel e ferro) sono estremamente volatili e altamente tossici. Con queste sostanze bisogna pertanto operare con estrema cura;

e) **idruro di litio e alluminio** - Riscaldando questo composto si forma facilmente idrogeno con conseguente esplosione; è necessario pertanto trattarlo in atmosfera inerte (azoto);

f) **diazocomposti ed idrazina** - Sono forti esplosivi specialmente se usati allo stato puro; trattarli sempre in piccole quantità;

g) **solventi** - Molti solventi come **etere etilico, etere isopropilico, tetraidrofurano, tetralina, acetone**, ecc... possono perossidarsi a contatto con l'ossigeno dell'aria provocando esplosioni.

Bisogna perciò non esporli all'azione della luce e dell'aria, conservandoli in bottiglie colorate e ben chiuse.

Occorre, inoltre, ricordare che nel corso di **idrogenazioni catalitiche** su platino, rodio, ecc... può avvenire combinazione esplosiva dell'idrogeno con l'ossigeno dell'aria residua se l'apparecchiatura non è stata preventivamente e completamente trattata con gas inerte.

D) Sostanze tossiche

Molti composti chimici, solidi, liquidi o gassosi hanno proprietà tossiche se vengono, come già detto, inalati, ingeriti o a contatto con la pelle. Un prodotto come il mercurio può intossicare anche se la sua pressione di vapore è molto bassa. Alcuni prodotti tossici quali benzene, tetracloruro di carbonio, solfuro di carbonio, alcool metilico, mercurio, ecc... vengono usati molto frequentemente nei laboratori. Il diossido di carbonio solido usato come refrigerante volatilizza in modo continuo e può rendere irrespirabile l'atmosfera di un locale. Ci sono poi sostanze particolarmente velenose quali **cianuri, triossido di diarsenico, cloruro mercurico**, ecc... che devono essere conservate in apposite cassette chiuse a chiave e custodite da persona responsabile e specificatamente incaricata.

Come già detto nella prima parte di questo capitolo una classificazione delle sostanze nocive, il loro grado di tossicità e le concentrazioni massime tollerabili sono argomenti trattati in libri e pubblicazioni appositamente predisposte e alle quali si rimanda (vedi bibliografia allegata) per una attenta consultazione.

Le norme più importanti per la prevenzione di rischi e per la protezione sono anche riportate nella prima parte di questo capitolo.

17) LAMPADE UV ED ALTRE SORGENTI DI LUCE

Le radiazioni ultraviolette ed altre radiazioni prodotte da sorgenti di luce ad alta intensità possono causare congiuntiviti.

La radiazione UV produce ozono, che è altamente tossico. E' pertanto necessario ventilare opportunamente i locali nei quali siano presenti sorgenti di luce UV.

Le radiazioni visibili possono essere filtrate mediante opportuni schermi od occhiali scuri.

18) SORGENTI DI RADIAZIONI (RAGGI X) E SOSTANZE RADIOATTIVE

Il rischio di irradiazione esterna esiste in presenza di:

- a) generatori di raggi X;
- b) sorgenti sigillate (misuratori, irradiator, ionizzatori);
- c) sorgenti non sigillate (molecole marcate, sostanze radioattive).

L'uso di apparecchiature generatrici di raggi X espone le persone addette ad un rischio di irradiazione notevole. Nella bibliografia vengono citate le leggi che regolano l'uso di apparecchiature radiogene e di sostanze radioattive e gli opuscoli che trattano di questo argomento.

Occorre ricordare che:

- il limite massimo ammissibile per le persone colpite da radiazioni ionizzanti è di 5 rem/anno;
- è necessario delimitare la zona di rischio irradiante attorno alla sorgente;
- è obbligatorio disporre di schermi speciali (in piombo);
- bisogna effettuare misure periodiche delle radiazioni nell'ambiente attorno alla sorgente (sorveglianza fisica), e assicurare la sorveglianza medica delle persone che lavorano in modo continuo e diretto.

Le sorgenti non sigillate (molecole marcate, ecc...) possono essere disseminate accidentalmente e contaminare le superfici di lavoro, gli abiti, i corpi, l'atmosfera, causando irradiazione esterna per contatto cutaneo o irradiazione interna per ingestione o inalazione.

Si ricorda che i residui di sostanze radioattive non devono essere introdotti nei contenitori dei rifiuti normali, né nelle condutture di scarico; essi devono essere smaltiti in modo opportuno.

Per tutto quanto concerne apparecchiature radiogene e sostanze radioattive, è necessario rivolgersi al Servizio di Fisica Sanitaria (c/o Istituto di Chimica Biologica) istituito e operante nell'Università di Roma.

Preparato e redatto a cura del Prof. Piero Porta dell'Istituto di Chimica Generale ed Inorganica.

TIPI DI ESTINTORI IN USO

Natura del materiale da proteggere	Tipo di estintore				Fluobrene ^a
	Idrico	Schiu- ma chi- mica	A pol- vere	CO ₂	
Materiali comuni (carbone - carta - legno - tessuti)	SI	SI	SI	NO	SI
Liquidi infiammabili più leggeri dell'acqua e non miscibili con essa (vernici - benzina - nafta - petrolio - grassi ecc.)	NO	SI	SI	SI	SI
Liquidi infiammabili più leggeri dell'acqua e miscibili con essa o più pesanti, anche non miscibili (alcol - acetone - acido acetico - clorobenzolo - dicloroetano ecc.)	SI	SI	SI ^b	SI ^b	SI
Sostanze comburenti (nitrati - nitriti - clorati)	SI	NO	NO	NO	SI
Sostanze reagenti pericolosamente con l'acqua (carburo di calcio - sodio - potassio - litio ecc.)	NO	NO	SI	SI ^c	SI
Apparecchiature elettriche (trasformatori - alternatori - interruttori - motori ecc.)	NO	NO	SI	SI	SI
Automezzi	NO	SI	SI	SI	SI

^a Si sconsiglia l'uso in ambienti chiusi

^b Da tenere presente la pericolosità dell'uso della CO₂ in presenza di cianuri

^c Ad alta temperatura i metalli possono ridurre la CO₂ con formazione di CO tossico.

CASSETTA DI PRONTO SOCCORSO

La cassetta di pronto soccorso, preferibilmente una in ogni laboratorio, dovrebbe essere fornita almeno del seguente materiale:

- una bottiglia di alcool denaturato;
- una boccetta di tintura di iodio;
- una bottiglia di acqua ossigenata diluita;
- un flacone di amuchina;
- un astuccio di preparato antibiotico-sulfamidico stabilizzato in polvere;
- un preparato antiustione;
- un flacone di soluzione ammoniacale;
- un preparato emostatico;
- cerotto adesivo;
- garza idrofila sterilizzata;
- cotone idrofilo;
- un paio di forbici;
- acido acetico all'1%;
- soluzione di bicarbonato di sodio all'1%;
- un bagno oculare;
- un laccio emostatico di gomma.

Inoltre, una delle cassette di pronto soccorso disponibili nell'edificio dovrebbe contenere:

- un flacone di soluzione fisiologica con apparato per trasfusione (da usarsi, **da parte del medico**, in caso di ustioni gravi).

La materia è regolata dal decreto ministeriale 28 luglio 1958, visti gli artt. 27 e 56 del D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303.

ISTRUZIONI GENERALI PER IL PRIMO INTERVENTO

- Prestare con la massima tempestività i primi soccorsi a chi sia rimasto vittima di un infortunio.
- Chiamare immediatamente un medico in tutti i casi gravi.
- Isolare l'infortunato dall'ambiente nocivo, e stare attenti a non essere colpiti a propria volta.
- Lavarsi bene le mani con acqua e sapone prima di toccare qualunque ferita o il materiale di medicazione.
- Non somministrare mai bevande alle persone prive di sensi.
- Lavare le ferite con acqua e sapone, allontanando il terriccio, la polvere, le schegge, ecc...; in mancanza di acqua, lavare la pelle intorno alla ferita con cotone idrofilo imbevuto di tintura di iodio o acqua ossigenata diluita.
- Lasciare uscire dalla ferita alcune gocce di sangue ed asciugare con garza sterile.
- Trattare la ferita con acqua ossigenata diluita.
- Asciugare la ferita con garza e trattarla con iodio oppure con polvere antibiotico-sulfamidica; coprire con garza, indi con cotone idrofilo, fasciare con una benda di garza e fermare con cerotto.
- Se la perdita di sangue è abbondante, comprimere la ferita con garza e cotone idrofilo; se trattasi di un arto, applicare il laccio emostatico.
- Per le ferite agli occhi, lavare soltanto con acqua o con il bagno oculare.
- In caso di scottature lievi, applicare il preparato antiustione, coprire con garza sterile e bendare.
- In caso di ustioni estese e gravi, limitarsi a coprirle con garza sterile, chiedere urgentemente le cure del medico e provvedere urgentemente al trasporto dell'infortunato in luogo di cura.
- In caso di fratture, lussazioni, distorsioni o contusioni gravi, evitare movimenti del ferito e chiedere l'intervento di un medico. Nel trasporto del ferito agire con grande cautela, riducendo al minimo i suoi movimenti. Se la sede della frattura presenta anche delle ferite, disinfettare le ferite con acqua ossigenata diluita, coprirle con garza sterile e immobilizzare la parte così come si trova, senza toccare o spostare eventuali frammenti ossei sporgenti.
- In caso di malori improvvisi, liberare il colpito da ogni impedimento (cravatta, cintura, colletto, ecc...), portarlo con cautela in luogo aerato, e chiedere l'intervento del medico.
- Non somministrare mai alcool né tentare mai di far bere una persona svenuta.
- In caso di svenimento, mettere il paziente in posizione orizzontale a capo basso, aprire le finestre, allentare eventuali impedimenti (cintura, cravatta, colletto), applicare stimoli sulle piante dei piedi e delle mani.
- In caso di spruzzi di prodotti corrosivi, togliere gli abiti sotto doccia e lavare abbondantemente per 15 minuti; se sono stati colpiti gli occhi, tenere la vittima con le palpebre aperte sotto un filo d'acqua per 15 minuti.
- In caso di asfissia da cause meccaniche (intasamento da corpi estra-

nei, asfissia da strangolamento, da seppellimento, ecc...) o tossiche (da gas, ecc...) o da folgorazione per corrente elettrica, portare l'infortunato in luogo aerato e praticargli immediatamente ed a lungo la respirazione artificiale.

- In tutti i casi di malori improvvisi, di svenimenti, di asfissie, fare molta attenzione alle protesi dentarie dell'infortunio.
- Non tentare di estrarre eventuali corpi estranei dagli occhi, ma ricorrere subito all'infermeria.
- Se si nota sangue in bocca o al naso, spostare il ferito su un fianco per evitare rischi di soffocamento.

BIBLIOGRAFIA

Leggi

- D.P.R. n. 547 del 27.4.1955, contenente le « norme per la prevenzione infortuni e per l'igiene del lavoro ».
- Legge n. 300 del 20.5.1970, « Statuto dei lavoratori ».
- D.P.R. n. 185 del 13.2.1964, contenente le norme su « sicurezza e protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti derivanti dall'impiego pacifico dell'energia nucleare », pubbl. su Gazz. Uff. n. 95 del 16.4.1964.
- D.M. del 6.6.1968, pubbl. su Gazz. Uff. n. 220 del 30.8.1968 su « Determinazione delle dosi e delle concentrazioni massime ammissibili ai fini della protezione sanitaria dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti ».
- D.P.R. n. 1428 del 24.9.1968, pubbl. su Gazz. Uff. n. 51 del 26.2.1969, su « Definizione dei tipi di macchine radiogene il cui impiego può determinare rischi di radiazioni ionizzanti per i lavoratori e la popolazione ».

Testi e opuscoli

- « Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro », E.N.P.I., vol. 1, serie C n. 30.
- « Norme di sicurezza e prevenzione incendi », Collezione legale Pirola, n. 1262, Ed. Pirola, Milano.
- « Statuto dei lavoratori », Coll. leg. Pirola, n. 1296, Ed. Pirola, Milano.
- Per le modalità di eliminazione delle sostanze di scarto vedere: « Laboratory Waste Disposal », a cura della Manufacturing Chemists Association, II Ed. (1964), Washington.
- Per la sicurezza nei laboratori chimici e per le sostanze pericolose consultare:
 - « Safety and Health in Chemical Operations », H.H. Fawcett & W.S. Wood, Interscience Publ., New York (1965).
 - « Hazard of Chemical Laboratories », II Ed. (1977), London Chem. Soc., a cura di G.D. Muir; III Ed. (1981), a cura di L. Bretherick.
 - « Toxic and Hazardous Industrial Chemical Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data », a cura di I.T.I. (Intern. Technical Inform. Institute, Tokyo) (1981).
 - « Pollutants and High Risk Groups », E.J. Calabrese, John Wiley, New York (1978).
 - « Directory of Pollution Control Equipment in Western Europe », edited by R. Whiteside, Graham & Trotman Limited, London (1977).
 - « The Law and Practice Relating to Pollution Control in the Member States of European Communities: Italy », P. Dell'Anno, publ. by Graham & Trotman Limited (1976).
 - « Prontuario delle Sostanze Chimiche Pericolose », E.N.P.I., III Ed., serie C, n. 21.
 - « Industrial Hygiene and Toxicology », F.A. Patty, Interscience Publ., New York.
 - « Dangerous Properties of Industrial Materials », Irving N. Sax, Publ. Van Nostrand, New York, V Ed. (1979).
 - « Safe Handling of Chemical Carcinogens, Mutagens, Teratogens and Highly Toxic Substances », Ed. by D.B. Walters, Ann Arbor Science Publ., Ann Arbor, Vol. 1 e 2 (1980).
 - « Aluminum Alkyls, Safety and Handling Information », edited by

Ethyl Corporation, rappresentante in Italia: Italian General Commerce, Via Disciplini 12, Milano.

- « Gas Tossici », Coll. leg. Pirola, n. 1101, Milano (1975).
- « Handbook of Analytical Toxicology », The Chemical Rubber Co., Cleveland, U.S.A. (1969).
- Per le radiazioni ionizzanti consultare:
 - « Problemi di Protezione attorno ad Apparecchi per Diffrazione di Raggi X », A. Susanna e F. Zampini, a cura dell'Associazione Ital. di Cristallografia (1971).
 - « Radiation Hazards from X-Ray Diffraction Equipment », J.R. Howley & C. Robbin, Radiological Health Data and Reports (1967).
 - « Raggi X - Protezione, Dosimetria, Prevenzione », E.N.P.I.
 - « Contaminazione Radioattiva - Limiti ammissibili, Prevenzione, Misura, Decontaminazione », E.N.P.I.
 - « La Sicurezza nei Laboratori Radiochimici - Aspetti Legislativi e Procedure Operative », E. Rapetti, SORIN, Saluggia.

Finito di stampare - Settembre 1982
La Goliardica Editrice Universitaria di Roma
Soc. Coop. Editrice e Libreria a r. l.
00159 Roma - Via D. de Dominicis, 15 - Tel. 43.87.879

