

**LABORATORIO  
DI CHIMICA ANALITICA I**

**AA 2016-2017**

**LA SICUREZZA IN LABORATORIO**

Lo studente che entra per la prima volta in un laboratorio chimico viene a contatto con materiali, reagenti ed attrezzature che non gli sono familiari.

L'ignoranza delle proprietà dei reagenti e dei materiali, della corretta utilizzazione della strumentazione e delle norme di comportamento in laboratorio sono fonti di pericolo per la sua incolumità e per quella di tutti i presenti.

Solo la più rigorosa osservanza di alcune regole basilari può evitare gli incidenti o limitarne gli effetti.

## 1. NORME DI SICUREZZA

La corretta esecuzione di un'operazione o determinazione analitica richiede ordine e pulizia del bancone su cui si opera e delle attrezzature utilizzate, ed un'adeguata conoscenza delle tecniche, dei metodi e delle procedure d'analisi, delle proprietà delle sostanze chimiche e dei materiali d'uso più comune oltre che dei principi di funzionamento delle attrezzature utilizzate.

Tutti le sostanze chimiche reperibili in laboratorio sono potenzialmente pericolose.

## 1. NORME DI SICUREZZA

Il regolamento CLP (classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze e delle miscele) (CE) 1272/2008 modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006 adeguando la precedente normativa UE al GHS (Sistema mondiale armonizzato di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche), un sistema delle Nazioni Unite volto a individuare le sostanze chimiche pericolose e a informare gli utenti dei relativi pericoli. Presenta anche nessi con la normativa REACH

Date chiave:

1° dicembre 2010: obbligo di riclassificazione delle sostanze

1° dicembre 2012: obbligo di etichettatura delle sostanze già presenti sul mercato in conformità al regolamento CLP

1° giugno 2015 : obbligo di classificazione delle miscele (in precedenza denominate preparati) ai sensi del regolamento CLP

1° giugno 2017 obbligo di rietichettatura e reimballaggio dei prodotti già immessi sul mercato

**Vedi approfondimento su etichettatura**

## NORME TASSATIVE DI SICUREZZA NEL LABORATORIO DIDATTICO

- Individuare la disposizione delle attrezzature di pronto soccorso (docce e lavaocchi di emergenza, cassetta di pronto soccorso, estintori, maschere antigas, ecc.) e delle vie di fuga. In caso di dubbi chiedere spiegazioni.
- Indossare sempre un camice (antiacido) e usare calzature chiuse.
- Indossare sempre e con continuità gli occhiali di sicurezza, in modo da cautelarsi anche dagli errori degli altri operatori presenti in laboratorio. Le lenti a contatto possono essere pericolose perché possono reagire con diversi fumi prodotti nel corso degli esperimenti.
- Evitare il contatto dei reagenti con la pelle: per la maggior parte sono tossici e/o corrosivi. In caso di contatto lavare ripetutamente e abbondantemente la parte esposta con acqua e, se necessario, richiedere l'intervento di un medico. Se necessario, usare gli appositi guanti di protezione (nel caso di problemi dermatologici conviene usare guanti di cotone a diretto contatto con la pelle e, su questi, guanti in lattice o vinile usa e getta).

## 1. NORME DI SICUREZZA

- Non effettuare mai e per nessun motivo esperimenti non autorizzati.
- Non lavorare mai da soli in laboratorio.
- Evitare assolutamente di mangiare, bere o fumare in laboratorio. Evitare di conservare cibi e bevande in recipienti di uso normale in laboratorio.
- Evitare di annusare il contenuto dei recipienti.
- Toccare con cautela la vetreria contenuta in stufe e muffole: fino a 200°-300°C *gli oggetti non hanno emissioni apprezzabili nel visibile*, e pertanto non si distinguono dagli oggetti a temperatura ambiente.
- *Non usare mai la bocca per riempire le pipette*: richiedere gli appositi aspirapipette.

## 1. NORME DI SICUREZZA

- Effettuare sotto cappa aspirante, e con il vetro frontale il più possibile chiuso, tutte le operazioni che richiedono l'uso di acidi concentrati e solventi organici, o che implicano lo sviluppo di fumi nocivi.
- Segnalare immediatamente le perdite di mercurio, metallo tossico e volatile.
- Evitare di usare o di maneggiare sostanze contenute in bottiglie o contenitori sprovvisti di etichetta di identificazione.
- Evitare nel modo più assoluto la vicinanza di contenitori di solventi organici a becchi a gas, fonti di calore, apparecchiature elettriche non "a sicurezza".
- *Evitare assolutamente ogni tipo di scherzo!*
- Evitare di gettare solventi organici e soluzioni contenenti sostanze tossiche nei lavandini o comunque nell'impianto fognante, al fine di limitare i danni all'ambiente. Nel caso non si sappia dove depositarli, chiedere informazioni al personale responsabile del laboratorio.

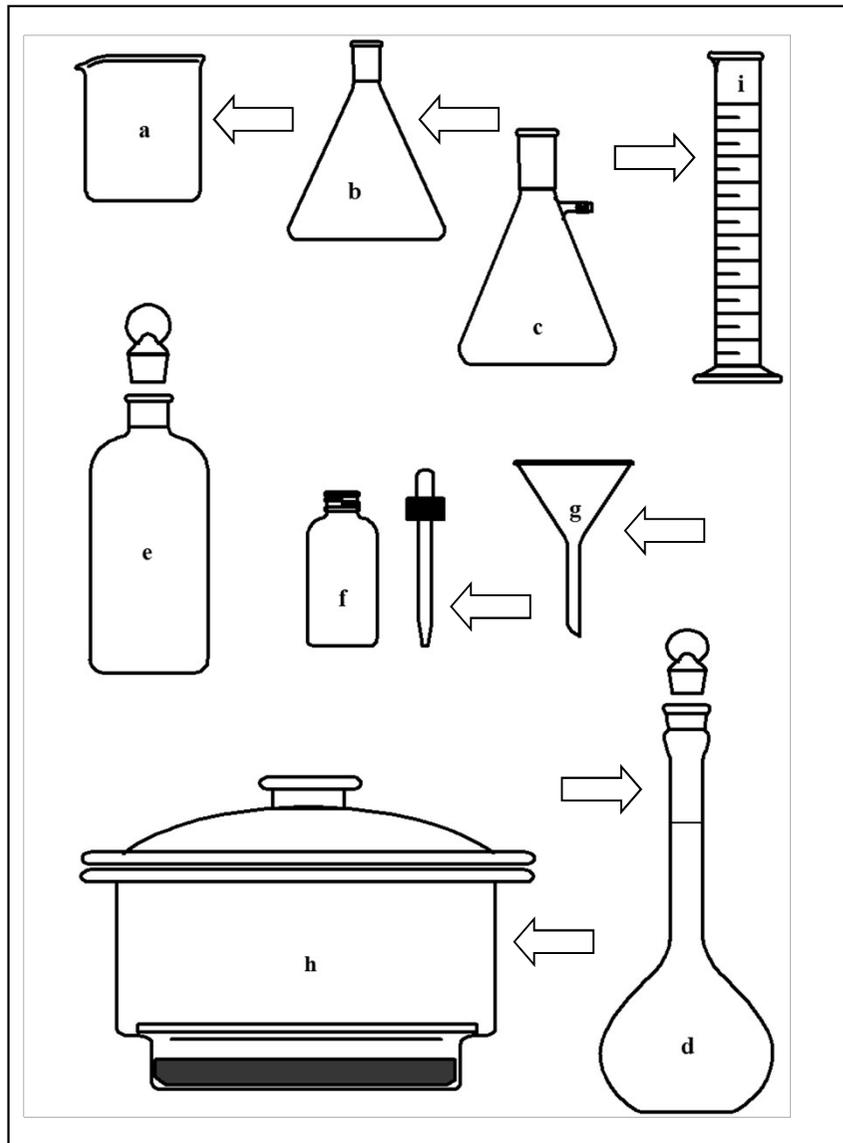
## 1. NORME DI SICUREZZA

- Non inserire o disinserire spine elettriche se non sono perfettamente isolate oppure quando si hanno le mani bagnate.
- Ricordarsi di chiudere i rubinetti del gas non appena terminato l'uso.
- Avvisare immediatamente il personale responsabile del laboratorio nel caso si verifichi un incidente, e riferire ad esso ogni infrazione di cui si viene a conoscenza.
- Versare gli acidi nell'acqua e non viceversa

**2. ATTREZZATURA DI LABORATORIO****VETRERIA****BEAKER****BEUTA****CILINDRO****MATRACCIO**

Si distingue una vetreria concepita per contenere un dato volume (tc = to contain; come beaker, beute, matracci tarati), da quella destinata a erogare volumi misurati (td = to deliver; come cilindri, pipette tarate, micropipette, burette).

## Attrezzature



a: beaker

b: beuta

c: beuta da vuoto

d: matraccio a pera

e: bottiglia

f: contagocce

g: imbuto

h: essiccatore

i: cilindro graduato

La capacità dei contenitori varia in multipli di 1, 2, 5 (1 mL, 2 mL, 5, mL, 10 mL, 20 mL, 50, mL, 100 mL, ecc.).

## Attrezzature

a: pipetta

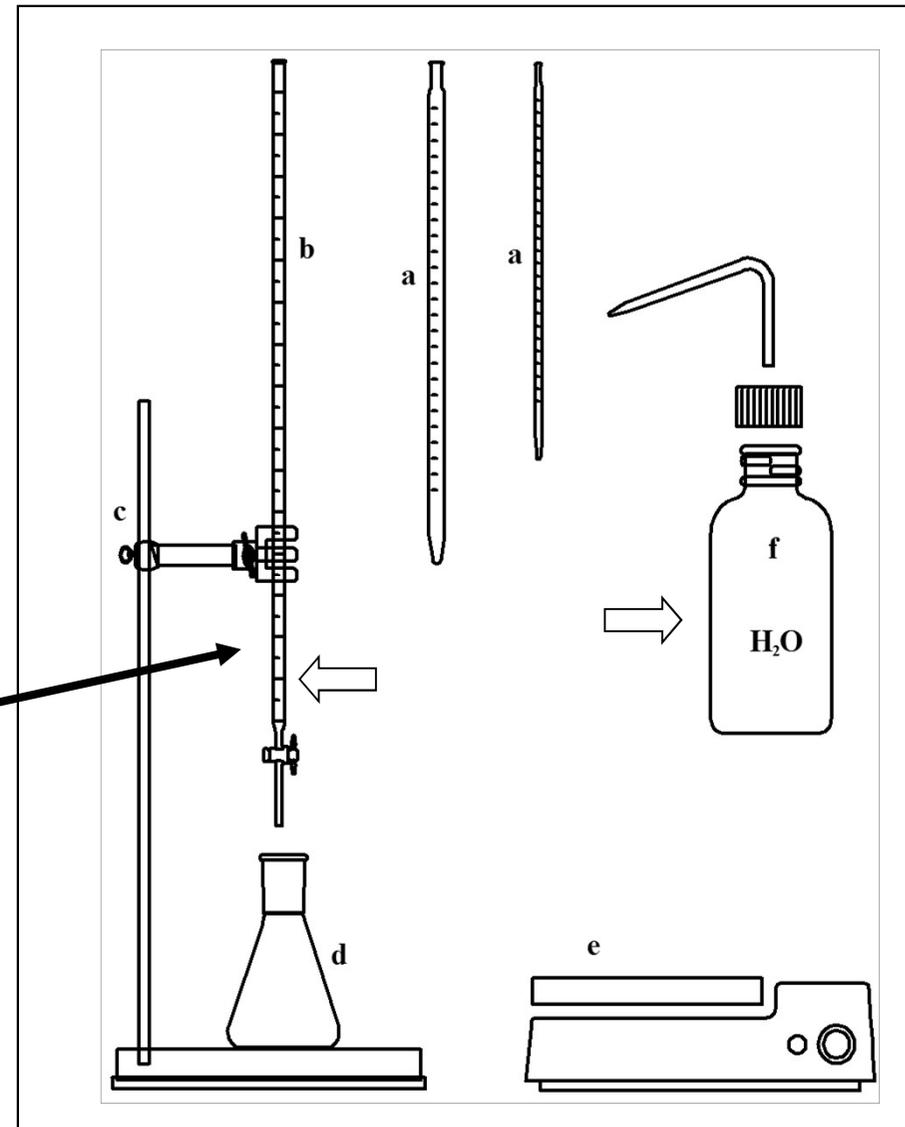
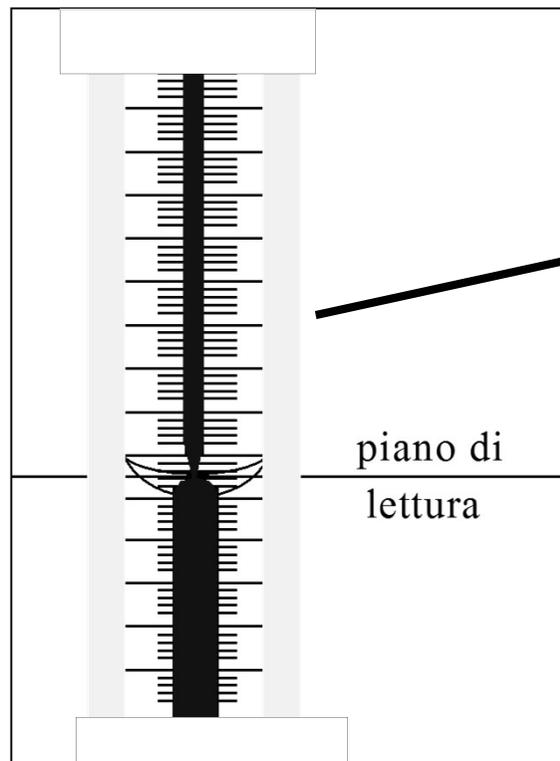
b: buretta

c: sostegno

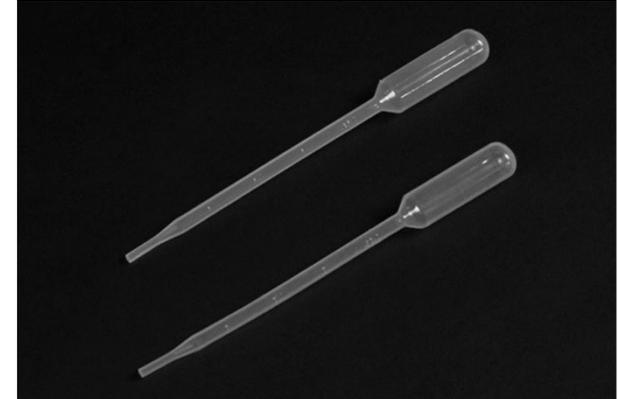
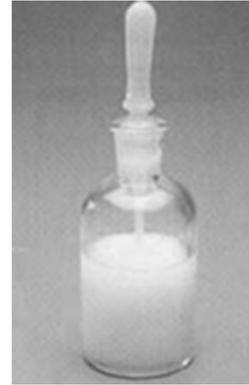
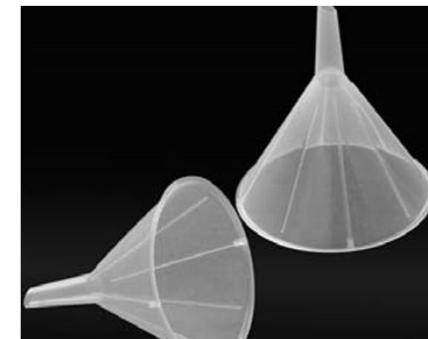
d: beuta

e: agitatore

f: spruzzetta



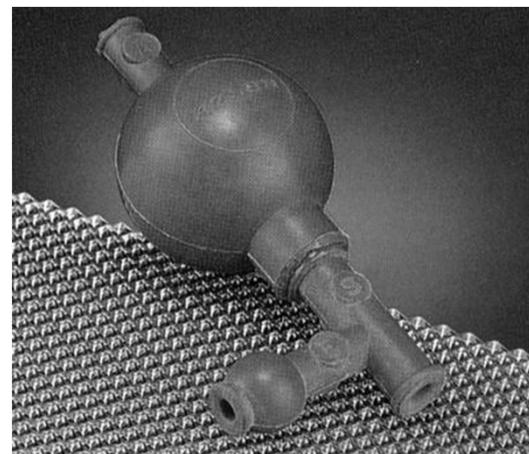
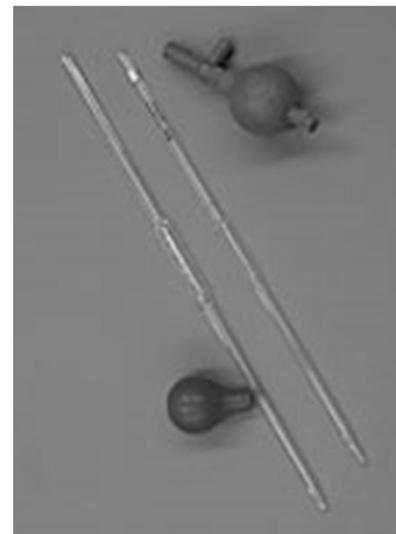
## Attrezzature

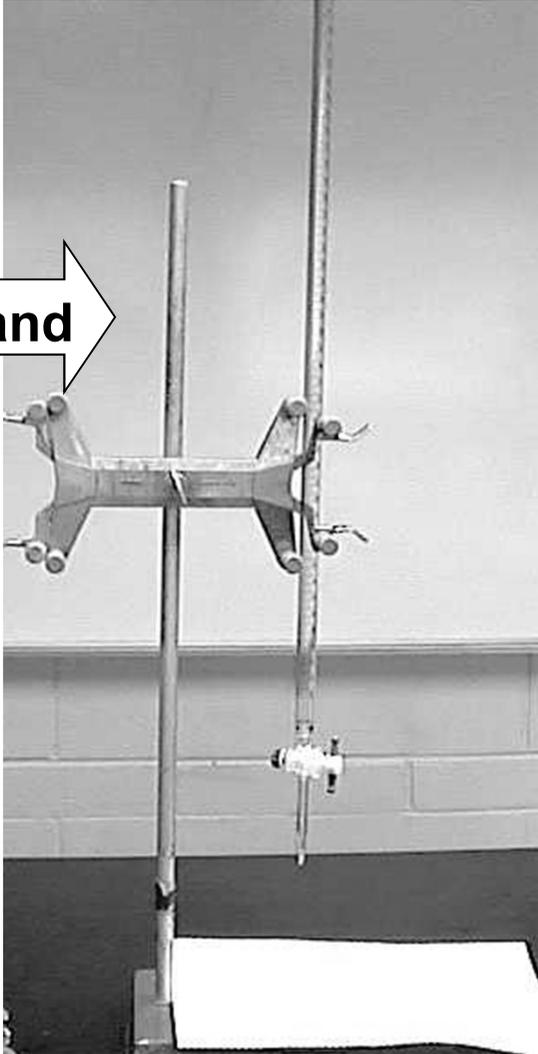
**ESSICCATORI****CONTAGOCCE /Pipette monouso****IMBUTI**

## Attrezzature

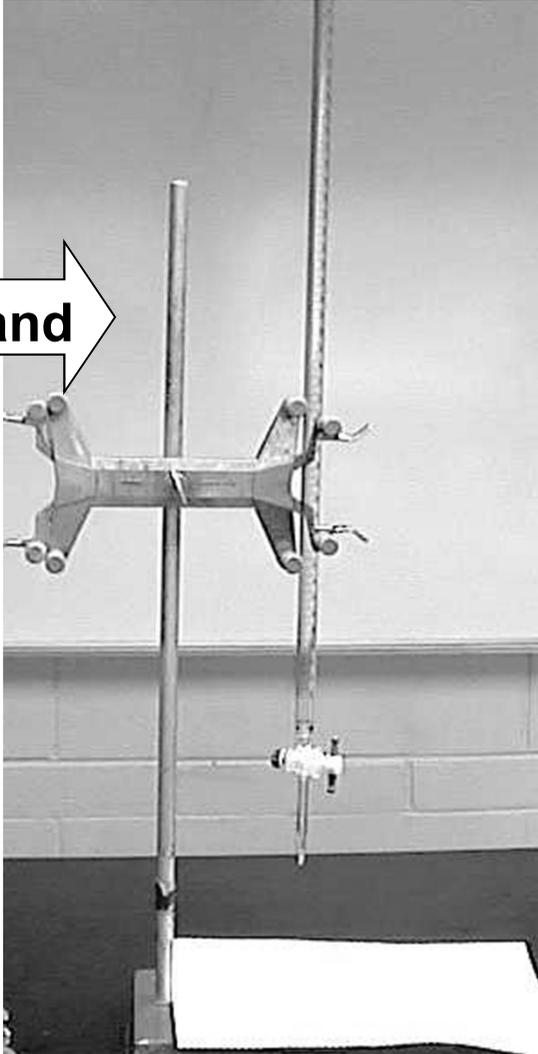


**SPRUZZETTE PER  
ACQUA DISTILLATA**

**PIPETTE E  
PROPIPETTE**

**BURETTE**

stand



rubinetto



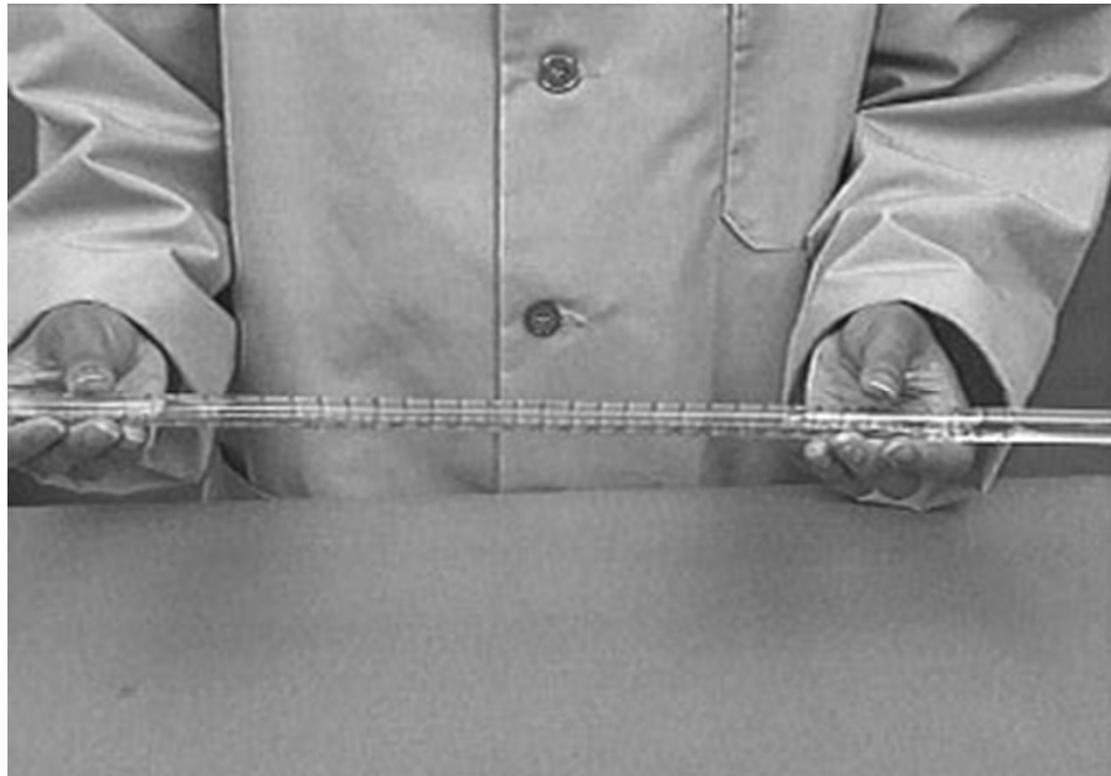
scovolini  
per pulizia

## 2. ATTREZZATURA DI LABORATORIO

### Uso della buretta

Lavare la buretta con acqua e detersivo (poco!) con l'apposito scovolino. Fare l'ultimo risciacquo con acqua distillata.

Avvinare la buretta *pulita* con circa 5-10 mL della sostanza da utilizzare, facendola ruotare.



## USO DELLA BURETTA

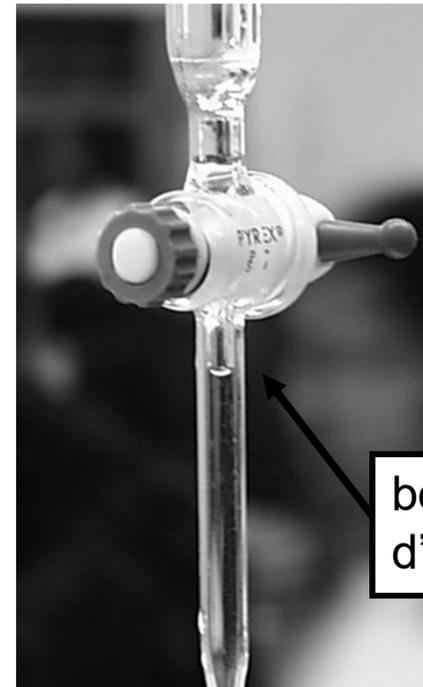
### Riempimento



imbuto

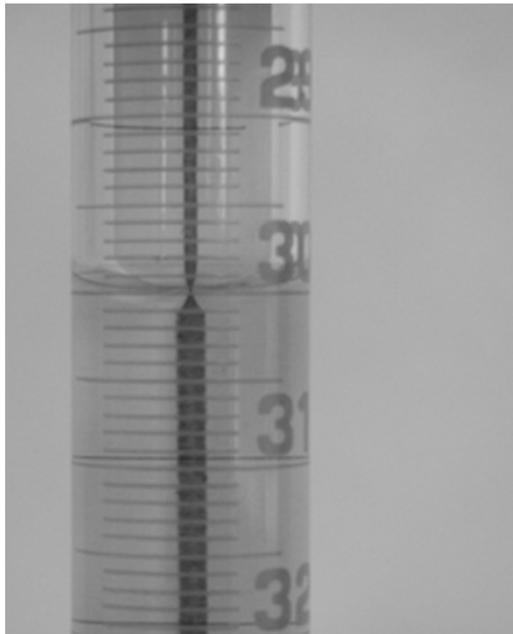
collo della buretta

Fare attenzione all'eventuale presenza di bolle nel beccuccio: il volume erogato potrebbe non corrispondere a quello letto!!!



bolla  
d'aria

## Lettura della buretta



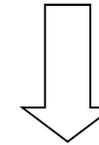
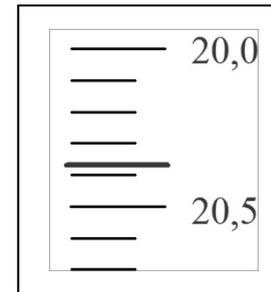
Si legge il valore corrispondente al menisco oppure, nelle burette con linea blu verticale, in corrispondenza alla strozzatura di questa riga.

Il volume prelevato da una buretta di 50 mL, tarata in decimi di millilitro, viene letto alla 2a cifra decimale.

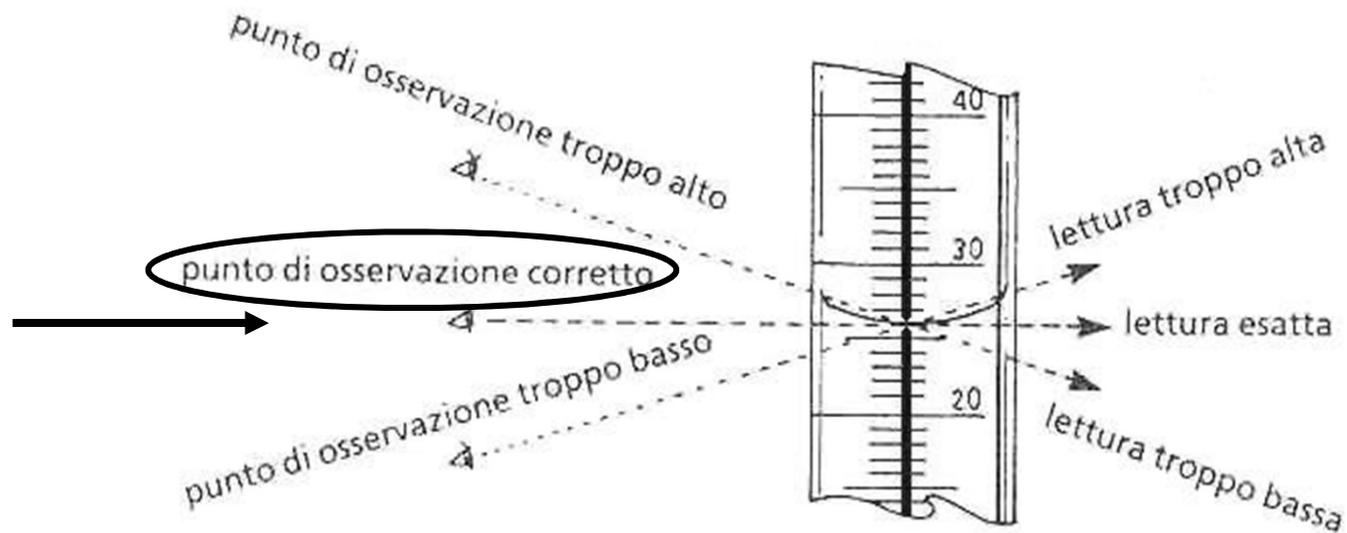
Infatti, per rappresentare l'incertezza di una misura sperimentale fornita da uno strumento si può arrotondare il risultato in modo che esso contenga tutte le cifre certe più la prima incerta.

## Lettura della buretta

Il volume di fianco è 20,37 mL (o 20,38 mL).



Fare attenzione al punto di osservazione:



## 2. ATTREZZATURA DI LABORATORIO

Le BILANCE in commercio sono classificabili come:

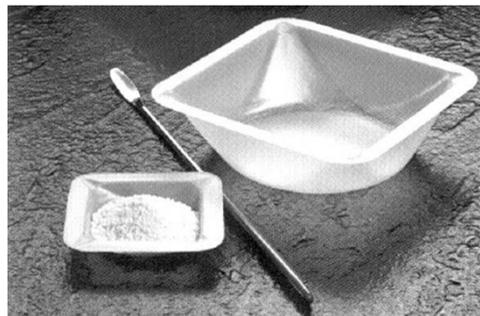
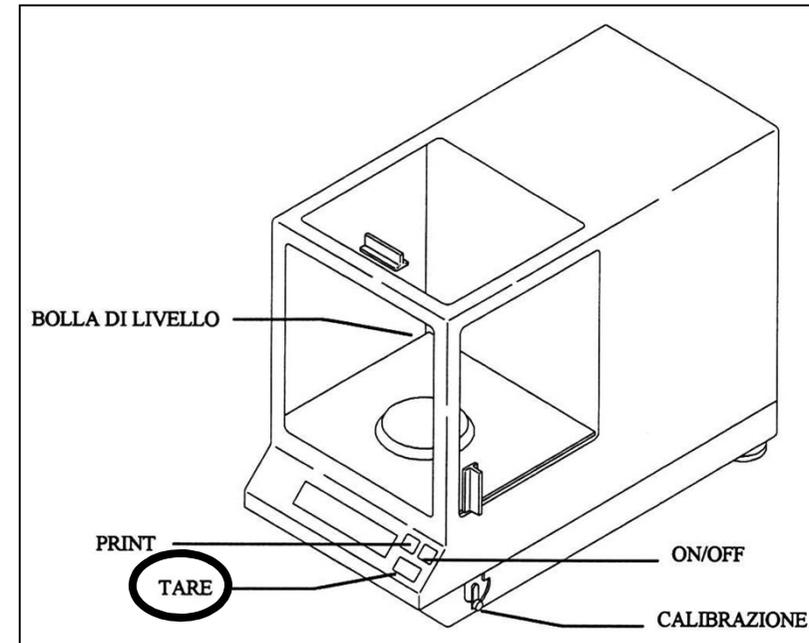
- macrobilance (tecniche)
- bilance analitiche
- semi-microbilance
- microbilance
- ultra-microbilance



### Caratteristiche medie dei vari tipi di bilancia

	Capacità (g)	Precisione (mg)
Macro	1000-5000	10-100
Analitica	150-200	0.1
Semimicro	10-30	0.01
Micro	0.5-3	0.001
Ultra-micro	0.025	0.0001

## USO DELLA BILANCIA ANALITICA



**navicelle  
per pesata**

## Materiali

I materiali d'uso più comune sono vetro, porcellana, materie plastiche, elastomeri e metalli preziosi.

I vetri sono solidi amorfi, generalmente trasparenti, costituiti da una miscela di silicati contenente ossidi metallici e/o non metallici. Sono caratterizzati da un punto di rammollimento variabile tra circa 600°C e 1500°C, a seconda della composizione chimica.

I vetri più comuni sono i vetri *Ignis*, *Pyrex*, *Duran* e *Jena*. I primi tre resistono meglio al riscaldamento e permettono la costruzione di contenitori e vetreria a pareti spesse. Il vetro Jena è più resistente agli acidi ma più delicato.

Il *quarzo* normalmente utilizzato è in realtà *silice vetrosa*, ottenuta solidificando la silice fusa: la silice vetrosa ha una struttura amorfa caratteristica dello stato liquido ed un coefficiente di dilatazione bassissimo che la rende ideale per impieghi che implicino forti sbalzi di temperatura.

La silice vetrosa è usata per crogioli, celle per misure spettrofotometriche (perché *trasparente* da circa 190 nm nell'UV a 3-4 mm nell'IR), pesafiltri, apparecchi per reazioni fotochimiche, ecc. Ha un'elevatissima resistenza agli acidi, anche concentrati, tranne che al fluoridrico.

La *porcellana* è una ceramica purissima, ottenuta per cottura dell'argilla caolinica a temperature dell'ordine di 1300-1400°C. In genere viene verniciata a fuoco con una vernice trasparente detta vetrina. La porcellana è chimicamente e meccanicamente più resistente del vetro e viene usata per crogioli e capsule. Questi possono essere riscaldati fino a circa 1200°C e vengono quindi usati per effettuare le calcinazioni.

Le *materie plastiche* e gli *elastomeri* o *gomme*, sono polimeri organici a peso molecolare molto elevato. Possono essere *termoindurenti*, se per riscaldamento induriscono irreversibilmente in seguito alla formazione di una struttura reticolata tridimensionale, oppure *termoplastici* se, essendo costituiti da catene prevalentemente lineari, hanno basso punto di fusione e possono essere lavorati e saldati a caldo o con solventi organici.

Gli *elastomeri* sono polimeri modificati per aggiunta di additivi vulcanizzanti, plastificanti, antiossidanti e di riempitivi che ne migliorano la resistenza meccanica e chimica, l'elasticità, la flessibilità, ecc. I principali sono le gomme nitriliche, butiliche, cloropreniche, etilen-propileniche, fluorocarboniche e siliconiche.

Una delle materie plastiche più comuni è il *polietilene* (PE:  $-\text{[CH}_2\text{-CH}_2\text{]}_n\text{-}$ ) o *politene*. Quello a bassa densità (punto di fusione: 108°C; intervallo utile di temperatura: da -40°C a 70°C) è usato, per esempio, per spruzzette a schiacciamento, mentre quello ad alta densità (punto di fusione: 135°C; intervallo utile di temperatura: da -40 a 100°C) viene usato per bottiglie, palloni, beakers e materiale meccanicamente più resistente in genere (oggettistica tecnica, tubi).

Il *polipropilene* (PP:  $-\text{[CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{]}_n-$  punto di fusione:  $170^\circ\text{C}$ ; intervallo utile di temperatura: da  $-40^\circ\text{C}$  a  $135^\circ\text{C}$ ) è più duro e rigido del polietilene e viene anch'esso utilizzato per oggettistica tecnica.

A temperatura ambiente, polietilene e polipropilene non vengono attaccati dalla maggior parte degli acidi e delle basi concentrati. Sono attaccati solo dall'acido solforico avente concentrazione maggiore del 60% in peso, dall'acido nitrico concentrato e dagli ossidanti molto forti (bromo, ac. perclorico). Non sono adatti per conservare solventi organici, che possono essere assorbiti e portare al rammollimento o deformazione delle pareti.

Non contenendo ioni metallici, polietilene e polipropilene sono più idonei del vetro alla conservazione delle soluzioni diluite di ioni metallici.

Il *teflon* (PTFE, politetrafluoroetilene:  $-\text{[CF}_2\text{-CF}_2\text{]}_n-$ ) è particolarmente indicato nei casi in cui è necessaria un'elevata resistenza chimica e può essere usato da  $-200^\circ\text{C}$  fino a circa  $260^\circ\text{C}$ . Esso viene impiegato per beakers, tubazioni, valvole, celle elettrochimiche, ecc.

Il teflon, essendo autolubrificante, viene usato nella fabbricazione dei *maschi* dei rubinetti delle burette, per ricoprire ancorette magnetiche per agitatori meccanici o per assicurare la tenuta tra parti di vetro. In virtù della sua elevata costante dielettrica, viene usato anche per nastri isolanti.

## Acqua distillata e deionizzata

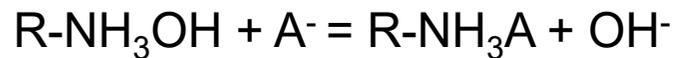
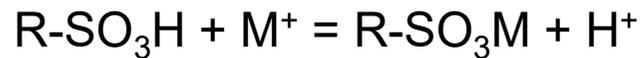
L'acqua di rete contiene sali e impurezze determinati dalla sua origine, dai trattamenti di depurazione subiti e dalle possibili contaminazioni originate lungo la rete (alcoli, detersivi, sostanze oleose, particolato sospeso, ioni inorganici - principalmente  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $ClO^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $F^-$  - zuccheri, germi, virus, gas - ossigeno, azoto, anidride carbonica, ammoniaca, cloro, ecc).

Alcoli, detersivi, impurezze gassose e sostanze oleose vengono generalmente eliminati mediante distillazione, il particolato sospeso viene eliminato mediante filtrazione, i sali inorganici mediante resine a scambio ionico cioè mediante *deionizzazione*, oppure per *distillazione*.

L'acqua distillata si ottiene per condensazione dei vapori prodotti durante l'ebollizione dell'acqua in un'apposita caldaia.

Per il laboratorio chimico sono disponibili distillatori a più stadi (mono-distillatore, bi-distillatore, ecc.) eventualmente dotati di stadio preliminare di deionizzazione.

La deionizzazione sfrutta reazioni di scambio cationico e anionico su appositi substrati, generalmente costituiti da polimeri dotati di gruppi funzionali acidi (solfonici o carbossilici,  $-\text{SO}_3\text{H}$  e  $-\text{COOH}$ , rispettivamente) o basici (ammoniaci sostituiti,  $-\text{NR}_3\text{OH}$ ). In seguito a reazioni di scambio del tipo



gli ioni inorganici presenti vengono sostituiti da ioni idrossido e idrogeno. Le resine esaurite, che non hanno più gruppi acidi o basici *disponibili* devono essere rigenerate con acido cloridrico o con idrossido di sodio diluiti, rispettivamente.

L'acqua deionizzata o distillata può essere conservata in recipienti di politene, eventualmente dotati di trappole a idrossido di sodio per evitare l'assorbimento di anidride carbonica atmosferica.

*Dal punto di vista chimico analitico, un'acqua è considerata pura quando non contiene impurezze che possono influenzare la determinazione analitica in corso. Non è quindi necessario usare sempre acqua distillata. Per molte delle normali operazioni di laboratorio è sufficiente usare acqua deionizzata.*

Un parametro di uso generale per quantificare la qualità dell'acqua in funzione del contenuto di sali di calcio e magnesio è la *durezza*. Esistono diverse scale di durezza ma, in generale, essa esprime *la concentrazione globale dei sali di calcio e di magnesio espressa come quantità in peso di un certo sale di calcio in rapporto ad una certa quantità di acqua*. Le scale più comuni sono quelle espresse in:

***gradi francesi (gr CaCO<sub>3</sub> per 10<sup>5</sup> g H<sub>2</sub>O)***

***gradi tedeschi (gr CaO per 10<sup>5</sup> g H<sub>2</sub>O)***

***gradi americani (grani CaCO<sub>3</sub> per gallone H<sub>2</sub>O\*)***

La *durezza totale*, corrispondente alla concentrazione totale di calcio e magnesio, è costituita dalla *durezza temporanea*, legata alla concentrazione degli ioni bicarbonato e quindi eliminabile poiché per ebollizione precipitano i carbonati



e dalla *durezza permanente*, legata agli ioni calcio e magnesio che rimangono in soluzione dopo l'ebollizione.

\* 1 grano = 0,0648 g, 1 gallone = 3,785 L

**2. Esempio di ATTREZZATURA DI LABORATORIO****MATERIALE PER GRUPPO**

Sul banco:               buretta da 50 ml

Nell'armadietto:       essiccatore

2 beaker piccoli + 1 per gli scarichi

beuta da 250 mL

spruzzetta

imbuto

**MATERIALE e STRUMENTAZIONE COMUNE**

scovolini per burette

bilance analitiche

navicelle per pesata

contagocce per indicatore

## **TITOLAZIONI VOLUMETRICHE**

La titolazione volumetrica consiste nella misura del volume di una soluzione a concentrazione nota necessario per reagire il più completamente possibile con l'analita in esame.

Una soluzione standard è un reagente a concentrazione nota usato per eseguire un'analisi per titolazione.

La titolazione viene eseguita per lenta aggiunta di una soluzione standard da una buretta ad una soluzione dell'analita fino a che la reazione tra i due viene giudicata completa. Il volume di reagente necessario a completare la titolazione viene determinato dalla lettura della buretta.

In una titolazione si raggiunge il punto di equivalenza quando la quantità di titolante aggiunto è chimicamente equivalente alla quantità di analita nel campione.

## PROCEDURA GENERALE PER TITOLAZIONI VOLUMETRICHE

**Sbagliato!!!!**  
Titolazione eseguita da  
due operatori



**Corretto**  
Titolazione eseguita da un  
unico operatore: regola il  
rubinetto e agita la beuta.



### 3. TITOLAZIONI VOLUMETRICHE

#### PROCEDURA GENERALE PER TITOLAZIONI VOLUMETRICHE

1. lavare la buretta con acqua e detersivo (poco!) con l'apposito scovolino e sciacquare con acqua distillata
2. avvinare la buretta *pulita* con circa 5-10 mL della sostanza da utilizzare, riempirla e azzerarla facendo attenzione all'eventuale presenza di bolle nel beccuccio;
3. aggiungere poche gocce di indicatore nella soluzione da titolare contenuta nella beuta e titolare sotto agitazione (lavare periodicamente le pareti della beuta, usando la spruzzetta, per portare in soluzione eventuali goccioline di reattivo schizzate via) fino al viraggio;
4. per una più sicura identificazione del colore dell'indicatore durante la titolazione, appoggiare la beuta su di un foglio di carta da filtro; eventualmente riempire due beaker con due soluzioni di indicatore nelle due diverse forme (prima e dopo titolazione) in modo che durante la titolazione sia possibile confrontare il colore della soluzione in esame con quello delle due soluzioni di riferimento;
5. leggere il volume al punto di arresto a due cifre decimali
6. ripetere la titolazione almeno altre due volte.

## Uso della buretta

Stringere/allargare il rubinetto per regolare la velocità di erogazione del liquido.



Soprattutto in vicinanza del punto equivalente è importante avere un corretto controllo della velocità di erogazione, che deve essere rallentata per evitare di passare oltre.

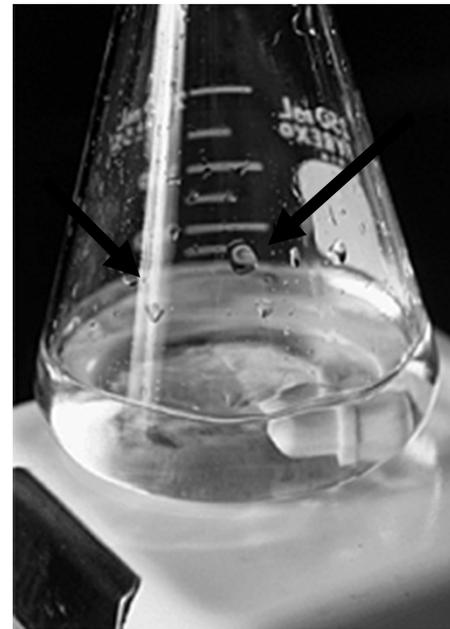
### 3. TITOLAZIONI VOLUMETRICHE

Come assicurarsi che tutta la soluzione uscita dalla buretta raggiunga quella contenuta nella beuta



1. Far scendere eventuali gocce restate aderenti al puntale con la spruzzetta.

2. Lavare periodicamente le pareti della beuta, usando la spruzzetta, per portare in soluzione eventuali gocce schizzate via.



Si eseguono normalmente tre titolazioni, ottenendo tre valori di concentrazione della specie da titolare. Da questi risultati si valutano i seguenti parametri:

Media:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Deviazione standard:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

p. 63

**ATTENZIONE:** scegliere dalla calcolatrice la funzione “deviazione standard” appropriata (campionaria, NON della popolazione).

Richiamo sull'intervallo di fiducia

Nelle normali operazioni di laboratorio è spesso impossibile eseguire numerose misurazioni. Tuttavia, è comunque possibile definire un intervallo in cui poter assumere ragionevolmente che in esso sia compreso il valore vero.

Tale intervallo si chiama intervallo di fiducia.

La probabilità che il valore atteso di un parametro stimato sia incluso in un intervallo stimato del parametro stesso si chiama livello di fiducia, e si indica con  $1-\alpha$ .

## Intervallo di fiducia

$$\mu = \bar{X} \pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{N}}$$

t è la t di Student, scelta tra i valori tabulati in funzione del numero di gradi di libertà,  $\nu$ , e del livello di fiducia prescelto. Quando si stima l'intervallo di fiducia, i *gradi di libertà* sono uguali al numero delle misure diminuito di 1.

Tabella 5-3  
Valori di  $t$  per vari livelli di probabilità

Gradi di libertà	Livello di probabilità				
	80%	90%	95%	99%	99.8%
1	3.08	6.31	12.7	63.7	318.
2	1.89	2.92	4.30	9.92	22.3
3	1.64	2.35	3.18	5.84	10.2
4	1.53	2.13	2.78	4.60	7.17
5	1.48	2.02	2.57	4.03	5.89
6	1.44	1.94	2.45	3.71	5.21
7	1.42	1.90	2.36	3.50	4.78
8	1.40	1.86	2.31	3.36	4.50
9	1.38	1.83	2.26	3.25	4.30
10	1.37	1.81	2.23	3.17	4.14
15	1.34	1.75	2.13	2.95	3.73
20	1.32	1.72	2.09	2.84	3.55
30	1.31	1.70	2.04	2.75	3.38
60	1.30	1.67	2.00	2.66	3.23
$\infty$	1.29	1.64	1.96	2.58	3.09

**4 VALUTAZIONE STATISTICA DEI RISULTATI**

Il risultato deve essere riportato nella forma:

$$M_{\text{HCl}} = \left( \bar{X} \pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{N}} \right) M \quad (1 - \alpha, \nu)$$

**ESEMPIO DI CALCOLO**

Lo studente X ha eseguito tre titolazioni ottenendo i seguenti risultati per  $M_{\text{HCl}}$ :

0.0998 M

0.1067 M

0.0987 M

Calcolo dei parametri:

Media = 0.10173

Deviazione Standard = 0.004336

Per la scelta del valore t si valuta la tabella →

Tabella 5-3

Valori di  $t$  per vari livelli di probabilità

Livello più comune

Gradi di libertà	Livello di probabilità				
	80%	90%	95%	99%	99.8%
1	3.08	6.31	12.7	63.7	318.
2	1.89	2.92	4.30	9.92	22.3
3	1.64	2.35	3.18	5.84	10.2
4	1.53	2.13	2.78	4.60	7.17
5	1.48	2.02	2.57	4.03	5.89
6	1.44	1.94	2.45	3.71	5.21
7	1.42	1.90	2.36	3.50	4.78
8	1.40	1.86	2.31	3.36	4.50
9	1.38	1.83	2.26	3.25	4.30
10	1.37	1.81	2.23	3.17	4.14
15	1.34	1.75	2.13	2.95	3.73
20	1.32	1.72	2.09	2.84	3.55
30	1.31	1.70	2.04	2.75	3.38
60	1.30	1.67	2.00	2.66	3.23
$\infty$	1.29	1.64	1.96	2.58	3.09

Caso dell'esempio

**4 VALUTAZIONE STATISTICA DEI RISULTATI**

Il risultato si arrotonda alla prima o seconda cifra significativa dell'incertezza ( $t \cdot s / \sqrt{N}$ ) e si arrotonda il numero dei decimali della media di conseguenza.

Perciò, nel caso presente (arrotondamento alla seconda cifra significativa):

$$\begin{array}{ccc} & \downarrow & \\ \mathbf{0.10173} & & \\ & \pm & \\ \mathbf{0.010765} & & \\ & \uparrow & \\ & & \mathbf{= 0.102 \pm 0.011} \end{array}$$

Il risultato viene quindi espresso:

$$\mathbf{M_{HCl} = (0.102 \pm 0.011) M, (1-\alpha = 95\%, \nu=2)}$$