



# Progetto Science Under 17

*attività promossa dall'Associazione per l'Insegnamento della Fisica  
con la collaborazione del Dipartimento di Biologia dell'Università di Padova  
valida per la partecipazione alle Olimpiadi Europee delle Discipline Scientifiche  
riconosciuta per la certificazione delle eccellenze  
dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca*

**prova di istituto**

**settima edizione**

**30 novembre 2017**

**tempo: 4 ore consecutive**

## **ISTRUZIONI GENERALI**

**In laboratorio indossa sempre un camice e ricorda che è proibito bere o mangiare.  
Dovrai avere i guanti quando maneggi sostanze chimiche e dovrai indossare gli occhiali se ti  
viene richiesto.**

*Alla fine dell'esperimento consegna tutti i fogli che hai usato  
anche quelli di brutta copia.*

*Riporta tutti i risultati sui fogli risposta.*

*Se hai fatto dei grafici non dimenticare di consegnarli insieme ai fogli risposta.*

*Sarà valutato solo ciò che è scritto sui fogli risposta con i grafici allegati.*

*Scrivi il codice del tuo gruppo su tutti i fogli che consegnerai.*

## **LAVORO DI GRUPPO**

**Nel gruppo potete organizzare il lavoro come vi sembra più opportuno e svolgere i diversi  
temi nell'ordine che preferite. Potete anche lavorare contemporaneamente a diverse attività.  
Tenete conto del tempo di cui disponete e dividetevi i compiti con la mira di concludere entro  
il termine. Quando necessario collaborate, il successo è di tutto il gruppo.**

# **BUON LAVORO!**

## Tema 1

# Una stima del Numero di Avogadro, e un paio di divagazioni.

### RACCOMANDAZIONI:

**Fai sempre attenzione quando maneggi le sostanze chimiche e le attrezzature!**

**Indossa sempre le protezioni, in particolare gli occhiali!**

Quando riporti i risultati, utilizza sempre un numero adeguato di cifre significative.

**Non è necessario svolgere tutte le attività nell'ordine in cui sono presentate. Se lo ritieni opportuno, puoi procedere anche secondo un ordine diverso.**

*Rilassati e buon divertimento!*

### Ripasso!

**Definizione di mole** Ti ricordiamo che un concetto fondamentale nella Chimica è la **mole**. Una mole di qualsiasi cosa è esattamente uguale ad un **numero di Avogadro** ( $N_A = 6.022\,140\,857 \times 10^{23}$ ) di copie di quella cosa. Nel caso di oggetti macroscopici puoi renderti conto facilmente che una mole è una quantità poco maneggevole. Nel caso di atomi e molecole, invece, il peso di una mole coincide con un numero di grammi esattamente uguale al peso atomico o molecolare.

**Concentrazioni** Negli esperimenti di oggi le concentrazioni dei reagenti sono espresse in due modi:

1. in **frazione in volume**, data dal rapporto tra il volume della sostanza e il volume *totale* del liquido [o solido, o gas] in cui essa è contenuta;
2. in **concentrazione molare** (M), data dal rapporto tra moli di sostanza disciolta e volume *totale* della soluzione (1M = 1 mol/L). *Nota: spesso la concentrazione è espressa anche come millimolare: 1 mM = 1 mmol/L =  $10^{-3}$  mol/L.*

**Titolazioni, punto equivalente** La **titolazione** è un metodo di analisi chimica che permette di determinare la concentrazione di una specie di interesse in un campione incognito tramite aggiunta di una soluzione a concentrazione nota di un opportuno reagente (questa soluzione è detta **titolante**). In gergo tecnico, la concentrazione è detta anche *titolo*, da cui il nome della tecnica.

Si chiama **punto equivalente** il punto in cui tutta la specie di interesse presente inizialmente nella soluzione ha reagito per effetto dell'aggiunta del titolante.

**Pesi atomici** Per i tuoi calcoli utilizza i seguenti valori approssimati dei pesi atomici:

PA(H) = 1,0	PA(C) = 12,0	PA(N) = 14,0	PA(O) = 16,0
PA(Na) = 23,0	PA(Mg) = 24,3	PA(Cl) = 35,5	PA(Ca) = 40,0

**Nota:** Per quanto le tre parti A, B e C siano legate da un filo conduttore, sono autonome e non devono necessariamente essere svolte nell'ordine in cui sono presentate.

**Indicatori, punto di viraggio, strumenti di misura** Per determinare il punto equivalente della titolazione ci si serve di un **indicatore**, cioè di una sostanza il cui colore varia in funzione della variazione di una proprietà della soluzione in cui è presente (ad esempio la concentrazione di una particolare specie chimica).

Il punto di cambiamento di colore dell'indicatore prende il nome di **punto di viraggio**. Un buon indicatore deve quindi avere un punto di viraggio il più vicino possibile al punto equivalente, in modo da poter identificare quest'ultimo (che è in definitiva lo scopo della titolazione) osservando la variazione di colore della soluzione causata dal viraggio dell'indicatore.

Per misurare accuratamente la quantità di titolante che è necessario aggiungere per raggiungere il punto equivalente si utilizza solitamente uno strumento detto **buretta**: un lungo e stretto tubo verticale graduato (solitamente con tacche ogni 0.1 o 0.05 mL a fronte di volumi complessivi di 50 o 25 mL), dotato di un rubinetto sul fondo, come quello in figura.

Regolando con attenzione il rubinetto, una buretta consente aggiunte molto precise di reagenti, ma non è l'unico strumento possibile per svolgere una titolazione. A seconda dei volumi e delle accuratezze necessarie possono essere sufficienti delle pipette graduate, delle siringhe... o addirittura, per svolgere misure molto grossolane, può essere sufficiente **contare le gocce** che cadono da un contagocce!

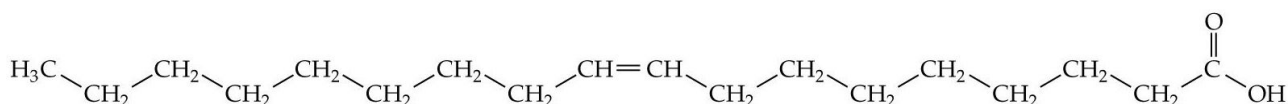
## 1A – Una stima del Numero di Avogadro.

**Amedeo Avogadro** fu il primo, nel 1811, a proporre che (a parità di temperatura e pressione) il volume di un gas fosse proporzionale al numero di atomi o molecole a prescindere dalla natura del gas. Circa un secolo dopo, Jean Baptiste Perrin definì in suo onore il Numero di Avogadro come il numero di atomi contenuti in una mole di idrogeno atomico. Al giorno d'oggi si parla a dire il vero di Costante di Avogadro (la "Costante" ha unità di misura  $\text{mol}^{-1}$  anziché essere un numero puro come nel caso del "Numero"), definita sul numero di atomi in 12 grammi di  $^{12}\text{C}$ .

Perrin fu il primo a determinarne il valore con vari metodi. Ai nostri giorni la maggiore precisione si ottiene misurando la distanza tra gli atomi in un cristallo con la tecnica della diffrazione ai raggi X.

Se quello che interessa non è scoprire la nona cifra dopo la virgola, bensì ci si accontenta di stimare l'ordine di grandezza di  $N_A$ , esiste un semplice (e famoso) esperimento che ora svolgerai.

L'**acido oleico** ( $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ ), uno degli **acidi grassi** che compongono i trigliceridi contenuti nell'olio d'oliva e in altri grassi, è una sostanza anfifilica (tensioattiva). Questo significa che ogni sua molecola possiede una parte idrofila (con affinità per l'acqua e le sostanze polari) e una parte idrofobica (con scarsa affinità per le sostanze polari, e elevata affinità per le sostanze apolari, come gli idrocarburi, gli olii, e anche i gas dell'aria). Per questo motivo ha la tendenza a disporsi all'interfaccia acqua-aria formando uno strato monomolecolare, dunque sottilissimo.



**Figura 1.1.** Formula di struttura dell'acido oleico. La parte idrofila è quella contenente l'ossigeno.

Quest'ultima proprietà può essere sfruttata per stimare le dimensioni delle molecole di acido oleico, quindi il numero di molecole contenute in un volume noto di tale sostanza, e infine il valore del Numero di Avogadro.

*Nota bene:*

Questo esperimento ha come obiettivo fornire una *stima* dell'*ordine di grandezza* del Numero di Avogadro, quindi sarà sufficiente utilizzare un numero modesto di cifre significative!

Ti confronterai con numeri molto, molto grandi e numeri molto, molto piccoli, perciò riporta sempre *tutti* i valori in *notazione scientifica*!

### Materiali

(nota: alcuni dei reagenti potrebbero essere in comune tra più gruppi)

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Acido oleico (in provetta)   | <input type="checkbox"/> Cilindro graduato da 50/100 mL     |
| <input type="checkbox"/> Acqua demineralizzata  | <input type="checkbox"/> Becher/beuta da 100 mL             |
| <input type="checkbox"/> <b>Alcool denaturato</b><br>(ATTENZIONE! INFIAMMABILE!)  | <input type="checkbox"/> Tortiera in alluminio (ca. Ø30 cm) |
| <input type="checkbox"/> Talco in polvere, su piattino  | <input type="checkbox"/> Bilancia (precisa min. 0.01 g)     |
| <input type="checkbox"/> Cotone o pezzuola  | <input type="checkbox"/> Righello (25-30 cm)                |
| <input type="checkbox"/> 2 pipette Pasteur, graduate, pulite (di cui 1 in comune con esperimento 1B, da usare per l'acido oleico) | <input type="checkbox"/> Stuzzicadenti                      |



## Procedura sperimentale

N.B.! Riporta tutti i risultati delle tue misure e i tuoi calcoli negli appositi spazi sul **foglio risposte**, nelle unità di misura richieste!

Per prima cosa, dovrai preparare una soluzione molto diluita di acido oleico:

1. Utilizza una delle due pipette Pasteur graduate per determinare quante gocce di acido oleico corrispondono a 1.0 mL e di conseguenza il volume di una goccia di acido oleico. → **1A.2**
2. Allo stesso tempo, utilizzando la bilancia, determina la densità dell'acido oleico pesandone 1.0 mL all'interno della stessa provetta in cui ti è stato consegnato. → **1A.7**

**Fai attenzione a non ungere la bilancia!**

3. Con la stessa pipetta, poni 4 gocce di acido oleico nel becher (o beuta) e aggiungi 50 mL di alcol denaturato. Mescola bene la soluzione. Calcola la concentrazione dell'acido oleico nella soluzione in frazione v/v (volume di acido oleico/volume di soluzione totale), esprimendola sia come numero puro (in notazione scientifica) che in ‰ (per mille). → **1A.3**
4. Utilizza la seconda pipetta Pasteur per determinare quante gocce di questa soluzione corrispondono a 1.0 mL e il loro volume. → **1A.4**
5. Calcola il volume di acido oleico presente in una goccia di soluzione alcolica. → **1A.6**

Ora misurerai le dimensioni della chiazza di acido oleico formata sull'acqua a partire da una goccia di soluzione diluita:

6. Riempi la tortiera in alluminio con acqua demineralizzata fino ad un livello di ca. 1.5-2 cm.
7. Intingi un batuffolo di cotone o la pezzuola nel talco e scuotilo sulla superficie dell'acqua cospargendola uniformemente in tutta la sua estensione. **N.B.:** il talco **non** dovrà creare una pellicola continua, né isolotti, bensì dei piccoli granelli piatti (da ca. mezzo millimetro in giù), con una densità media inferiore al 30-50%. Per rompere eventuali aree continue di talco, agita lo stuzzicadenti sul pelo dell'acqua.
8. Quando dopo un paio di minuti la superficie dell'acqua si sarà calmata, sempre utilizzando la seconda pipetta, con cautela fa' cadere da un paio di centimetri **una singola goccia** di soluzione diluita di acido oleico **al centro** della tortiera.

L'alcol contenuto nella goccia si dissolverà immediatamente nell'acqua lasciando in superficie l'acido oleico insolubile il quale, stendendosi fino a formare uno strato monomolecolare, sposterà la polvere di talco.

9. Misura il diametro della chiazza e calcolane l'area (o, se non molto circolare, stimane comunque le dimensioni e l'area). Riporta i risultati sul **foglio risposte**, **1A.5**.
10. Dopo aver svuotato la tortiera, ripeti le operazioni 5-9. Se lo ritieni necessario ripeti la misura per un totale di 3 (max 4) volte, e utilizza come valore finale dell'area quello che ritieni più adeguato (indicalo sul **foglio risposte**, **1A.5**).

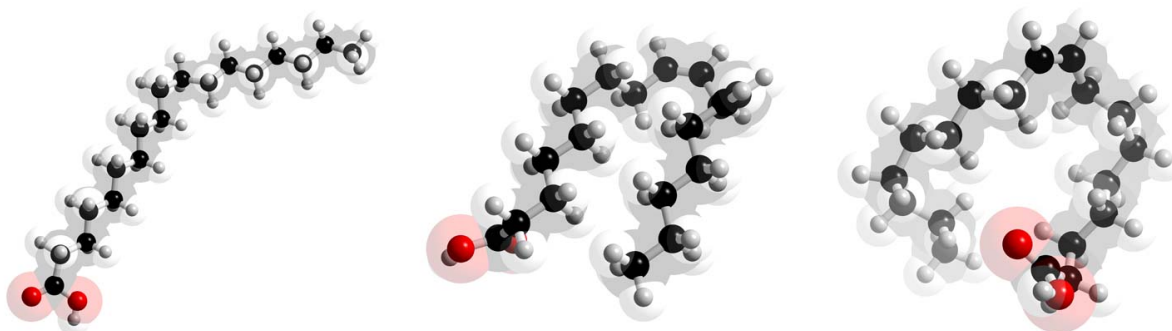
È arrivato il momento di fare un po' di calcoli...

11. Utilizzando i dati sperimentali raccolti e quelli noti, completa le richieste sul **foglio risposte**.
12. Il primo dato importante che otterrai (**1A.10**) sarà lo spessore  $h$  dello strato monomolecolare di acido oleico, che sarà sulla scala delle dimensioni molecolari. Successivamente, basandoti sull'assunzione che le molecole siano in prima approssimazione cubiche, potrai stimarne il volume molecolare (**1A.11**). Conoscendo la massa di acido oleico che forma la chiazza (**1A.8**) e calcolando a quante moli corrisponde (**1A.9**), sarai infine in grado di stimare la Costante di Avogadro (**1A.12-13**).

La Costante di Avogadro che si ricava in questo modo può risultare abbastanza diversa da quella che si è abituati a conoscere (ca.  $6.022\ 140\ 857 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$ ), sia a causa delle incertezze

sperimentali che, soprattutto, a causa dell'assunzione un po' troppo semplicistica che le molecole assumano forma cubica.

13. Supponi ora che le molecole abbiano la forma di un **parallelepipedo di base quadrata  $a \times a$  e altezza  $h$**  (spessore della chiazza). Utilizza il valore 'vero' della Costante di Avogadro per ricavare il valore di  $a$  e il rapporto  $h/a$ . La molecola assume forma stretta e allungata o bassa e appiattita? Svolgi i calcoli richiesti sul **foglio risposte, 1A.14-17**.
14. Trascuriamo per un attimo la presenza dei due ossigeni. I 18 atomi di carbonio della molecola sono legati tra loro a formare una singola catena flessibile. Questo vuol dire che, in linea di principio, questa potrebbe disporsi linearmente o raggomitolarsi in vari modi, fermo restando che le distanze tra due atomi di carbonio consecutivi siano sempre le stesse. A partire dai tuoi ultimi calcoli, saresti in grado di stimare la lunghezza di un legame carbonio-carbonio? Rispondi sul **foglio risposte, 1A.18**, dove troverai anche alcune informazioni aggiuntive.



**Figura 1.2.** Alcuni esempi di come potrebbe disporsi nello spazio una molecola di acido oleico © K. Harrison 3DChem.com

## 1B – Acido oleico, saponi e acque dure.

### Materiali

(nota: alcuni dei reagenti potrebbero essere in comune tra più gruppi)

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Acido oleico   | <input type="checkbox"/> $\text{Na}_2\text{EDTA}$ diidrato (in comune, vicino alla bilancia)                                     |
| <input type="checkbox"/> Soluzione di $\text{CaCl}_2$ 1 M                         | <input type="checkbox"/> 3 pipette Pasteur graduate, pulite (di cui 1 in comune con esperimento 1A, da usare per l'acido oleico) |
| <input type="checkbox"/> <b>Soluzione di NaOH 1 M</b><br>(ATTENZIONE! CORROSIVO!) | <input type="checkbox"/> Bottiglietta vuota trasparente da 0.5 L, con tappo  |
| <input type="checkbox"/> Acqua demineralizzata                                    | <input type="checkbox"/> Foglio di alluminio (in comune, alla bilancia)  |
|   | <input type="checkbox"/> Bilancia e spatolina  |

### Procedura sperimentale

Riporta sul **foglio risposte tutte le osservazioni** richieste, completando i punti **1B.1-4!**

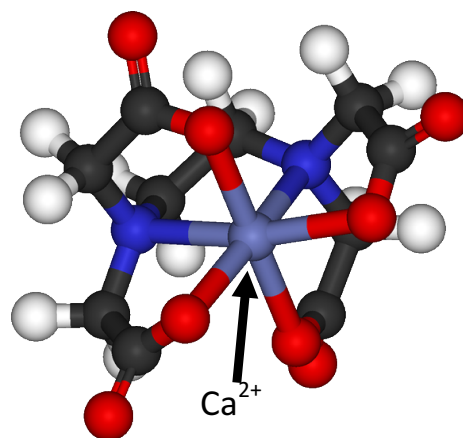
1. Riempi la bottiglietta con acqua demineralizzata fino a circa 1/3 (ca. 150 mL).
2. Trasferisci nella bottiglietta, con la sua pipetta, 0.25 mL di acido oleico e tappa.
3. Agita vigorosamente la bottiglietta, poi lasciala riposare. **Che cosa osservi subito e nell'arco di 5 minuti? → 1B.1**
4. Aggiungi 0.5 mL di NaOH 1 M, tappa bene e agita. **Cosa osservi?** Noti delle differenze, sopra e sotto il pelo dell'acqua, rispetto a prima dell'aggiunta della base? → **1B.2**

Ora la maggior parte dell'acido oleico esiste sotto forma di sale sodico, maggiormente solubile ma sempre anfifilico (tensioattivo). I sali di sodio o di potassio degli acidi grassi costituiscono i *saponi*.

5. Aggiungi ora 1 mL di  $\text{CaCl}_2$  1 M. **Cosa osservi immediatamente?** Tappa e agita vigorosamente. **Ora cosa osservi**, anche in confronto con i casi precedenti? → 1B.3

L'aggiunta del sale di calcio in quelle quantità ha reso l'acqua demineralizzata un'acqua molto dura, ovvero con un contenuto di calcio disciolto molto elevato. Ciò che hai appena osservato ti fa capire come mai un sapone tradizionale (ovvero basato sui sali di acidi grassi) non è indicato in presenza di acque dure (incluse quelle marine). **Spiegalo sul foglio risposte 1B.3c.** Al giorno d'oggi nei detergenti si utilizzano altre classi di molecole tensioattive che presentano questi problemi in misura sensibilmente minore. Un'alternativa altrimenti è quella di aggiungere al sapone un *chelante*, come l'**EDTA** (**acido etilendiamminotetraacetico**), ovvero una sostanza in grado di legare fortemente il calcio (o altri ioni polivalenti) sotto forma di un *complesso* molecolare, di fatto impedendogli di reagire con altre sostanze presenti in soluzione. Non a caso i chelanti sono anche denominati *sequestranti*.

6. Pesa circa 500 mg di  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  diidrato su un pezzetto di foglio di alluminio e trasferiscilo nella bottiglietta. Aggiungi anche 4 mL di  $\text{NaOH}$  1 M, tappa bene e agita vigorosamente. **Che cosa osservi? Come spieghi questo effetto?** → 1B.4



**Figura 1.3.** La struttura tridimensionale di un complesso tra l' $\text{EDTA}^{4-}$  e uno ione metallico come  $\text{Ca}^{2+}$ . L'EDTA avvolge lo ione come se fosse una chela di granchio (da qui il termine "chelante").

La base forte aggiunta serve essenzialmente a convertire  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  (sale disodico dell'EDTA) in  $\text{Na}_4\text{EDTA}$  (sale tetrasodico dell'EDTA), che è la forma maggiormente in grado di legare il calcio.

## 1C – Misure di durezza delle acque.

La presenza di calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) nell'acqua fa sì che questi possano depositarsi sotto forma di carbonati (calcare) o creare qualche problema nell'uso dei saponi (vedi parte B). Più è alta la concentrazione di  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  in soluzione, maggiore è la cosiddetta *durezza* dell'acqua.

Conoscere la concentrazione di tali ioni nelle acque che utilizziamo è dunque importante per permetterci di attuare eventuali contromisure e dosare adeguatamente detersivi e anticalcare. A tal proposito, avrai probabilmente notato che i detersivi per il bucato devono essere utilizzati in quantità maggiori in presenza di acque dure.

°f	classificazione
0-7	ACQUA MOLTO DOLCE
8-14	ACQUA DOLCE
15-24	ACQUA DI MEDIA DUREZZA
25-32	ACQUA DI DISCRETA DUREZZA
33-42	ACQUA DURA
>42	ACQUA MOLTO DURA

**Tabella 1.1.** Classificazione delle acque in base alla durezza espressa in gradi francesi.  
(In realtà esistono molte versioni di questa tabella, con intervalli di valori anche sensibilmente diversi.)





In Italia la durezza dell'acqua è espressa in gradi francesi (°f), i quali sono definiti come 10 mg di carbonato di calcio  $\text{CaCO}_3$  per litro. In pratica, si fa finta che:

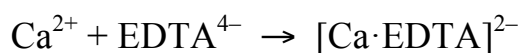
- (1) tutto il  $\text{Mg}^{2+}$  presente sia sostituito, 1 ione a 1, con il  $\text{Ca}^{2+}$ , e
- (2) tutto il  $\text{Ca}^{2+}$  esista sotto forma di  $\text{CaCO}_3$ .

Il particolare peso formula del  $\text{CaCO}_3$  (arrotondato all'unità) fa sì che i calcoli siano piuttosto semplici ed esista un rapporto di equivalenza comodo tra la concentrazione del  $\text{Ca}^{2+}$  in mmol/L e quella in °f.

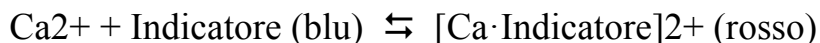
**Domanda:** Se 1°f corrisponde a 10 mg di  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , a che concentrazione millimolare di  $\text{Ca}^{2+}$  corrisponde? Rispondi sul **foglio risposte, 1C.1**.

Per misurare la durezza totale ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) si può titolare una quantità nota di acqua con una soluzione di EDTA 0.01 M in ambiente basico (pH ca. 10) in presenza di un *indicatore complessometrico*, il Nero Eriocromo T (NET).

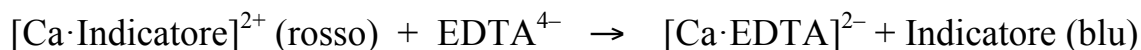
L'EDTA lega fortemente gli ioni metallici bivalenti in rapporto di 1 ione/1 molecola di EDTA. Quando lega uno ione, è (in prima approssimazione) come se lo rimuovesse dalla soluzione.



L'indicatore lega anch'esso uno ione bivalente per molecola, ma più debolmente rispetto all'EDTA, e possiede due colori distinti in presenza di ioni bivalenti in soluzione (rosso) e in loro assenza (blu).



Quindi, prima dell'aggiunta di EDTA tutto l'indicatore è legato al  $\text{Ca}^{2+}$  e si ha una soluzione rossa, e questo colore perdura fintanto che vi sono ioni  $\text{Ca}^{2+}$  liberi in soluzione, ovvero non legati all'EDTA. Una volta che tutto il  $\text{Ca}^{2+}$  è stato complessato dall'EDTA, l'indicatore assume il colore della sua forma libera, blu, segnalando che è stato raggiunto il punto finale della titolazione.



Per la maggior parte degli usi non è necessario conoscere la durezza dell'acqua con una precisione estrema. Un errore di  $\pm 1^\circ\text{f}$  è assolutamente tollerabile. Perciò oggi svolgerai delle titolazioni 'da battaglia' contando le gocce di titolante.

### Materiali

(nota: alcuni dei reagenti potrebbero essere in comune tra più gruppi)

- ☐ Soluzione  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  0.010 M
- ☐ Soluzione di tampone glicina 1 M a pH ca. 10.5
- ☐ Soluzioni incognite W, X, Y e Z
- ☐ Indicatore Nero Eriocromo T (NET)
- ☐ 2 pipette Pasteur graduate, pulite
- ☐ Pipette Pasteur in vetro o plastica, con tettarelle (anche non graduate)
- ☐ 4 bicchierini da caffè usa e getta
- ☐ bilancia

### Procedura sperimentale

- i. Utilizzando una pipetta Pasteur graduata determina quante gocce corrispondono a 1 mL di soluzione di  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  0.010 M, e qual è il volume (in mL e  $\mu\text{L}$ ) di una di tali gocce. Riporta il dato sul **foglio risposte, 1C.2a-c**.

- ii. Sapendo che la quantità di acqua da analizzare è 10 mL, calcola quanti °f corrispondono ad una goccia di  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  0.010 M. Riporta calcoli e risultati sul **foglio risposte, 1C.3**.

Per ciascuna soluzione incognita:

1. Trasferisci in un bicchierino da caffè 10.0 mL (o 10.0 g) di soluzione incognita
2. Aggiungi 1 mL di tampone a pH 10.5
3. Aggiungi una puntina di spatola di indicatore NET. Deve potersi apprezzare il colore, senza che questo sia molto carico.
4. Fa' gocciolare dalla pipetta graduata la soluzione di  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  mentre muovi il bicchiere per mescolare. Conta le gocce necessarie a far virare l'indicatore e riporta il numero sulla tabella **1C.4** sul **foglio risposte**.
5. Calcola la durezza esprimendola in gradi francesi e classificala in base alle indicazioni in **tabella 1.1**. Riporta i risultati sulla tabella **1C.4** sul **foglio risposte**.

*Suggerimento:*

La soluzione di durezza più bassa è la X. Ti conviene cominciare da quella per capire come funziona.

Puoi analizzare ciascuna soluzione da una a  $6.022140857 \times 10^{23}$  volte, nei limiti del buon senso.

Per ciascuna soluzione incognita **otterrai il punteggio massimo se l'errore sarà al più di 1°f**.





## TEMA 2: LATTE E DERIVATI

Il latte è un alimento completo, perché contiene molte sostanze nutritive; un litro di latte intero di mucca è composto da: circa 87% acqua, 5% zuccheri (principalmente lattosio), 3,5% grassi, 3,2% proteine (caseine, albumine e globuline), sali minerali (calcio, fosfato, potassio), vitamine (B2 e B12). Il latte scremato possiede percentuali ridotte di grassi, rispetto al latte intero.

### TROVI SUL BANCO DI LAVORO

Acqua distillata, latte intero (almeno 200 mL), latte scremato (circa 30 mL) e il pennarello ti serviranno spesso; gli altri materiali variano con il tipo di esperimento.

### 2A. I GRASSI DEL LATTE [15 punti]

#### Materiali

- ✓ Latte intero > 3,5% g/100 mL
- ✓ Latte scremato : < 0,5% g/100 mL
- ✓ Ghiaccio (q.b.)
- ✓ 1 recipiente da 250-500 mL (esempio: un becher o una vaschetta)
- ✓ 1 provetta Falcon da 50 – 100 mL
- ✓ 1 cilindro graduato da 100 mL
- ✓ 1 termometro a stelo lungo ( -10 ÷ +100°C)
- ✓ 1 stelo porta-burette
- ✓ Ganci e pinze per fissare il termometro e la provetta Falcon
- ✓ 1 orologio o cronometro
- ✓ Carta millimetrata, matita, righello

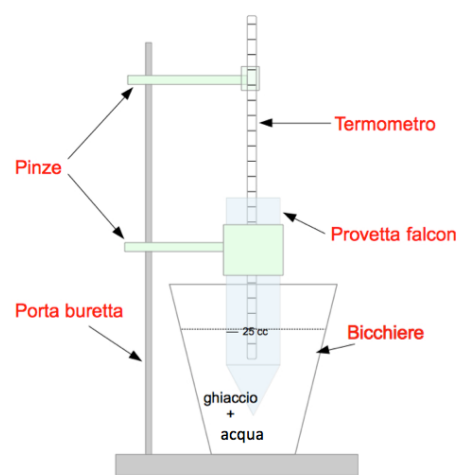
#### La presenza di grassi nel latte influenza la sua velocità di raffreddamento?

Controlla che la temperatura del tuo bagno di acqua e ghiaccio sia a 0°C: spesso il ghiaccio esce da congelatori impostati a temperature inferiori. Inoltre non ci deve essere troppo ghiaccio, altrimenti questo circonda le pareti del tubo di plastica all'inizio dell'esperimento e poi pian piano si scioglie.

Prepara l'impianto di raffreddamento come indicato nella figura a lato (punti 1 – 3 del protocollo) poi attendi qualche minuto finché il termometro immerso nel campione misura +20°C. Da quel momento fai partire il cronometro e inizia le letture della temperatura ogni minuto, per circa 10 minuti, finché il termometro segna +4°C. Riporta i valori di temperatura nella **Tabella 2A.1** del foglio risposte.

Ripeti le misure di raffreddamento per tre volte con i campioni a tua disposizione:

- 1) Acqua distillata
- 2) Latte scremato
- 3) Latte intero



Schema impianto raffreddamento latte

## Procedimento

1. Misura 25 mL di acqua distillata con il cilindro graduato e versali nella provetta Falcon.
2. Immergi la provetta nel bagno di acqua e ghiaccio facendo in modo che il liquido nel tubo sia sommerso dalla miscela raffreddante. Fissa la provetta allo stelo porta-burette con una pinza.
3. Collega il termometro al porta-burette in modo che tu possa leggere la temperatura. Immergi il bulbo nel liquido campione, facendo attenzione a non toccare la plastica del tubo.
4. Quando il termometro misura  $+20^{\circ}\text{C}$ , fai partire il tuo cronometro e leggi la temperatura del campione ogni minuto. Dopo ogni misura, trascrivi il valore della temperatura nella **Tabella 2A.1**.
5. Trascorsi 10 minuti continua le misure finché il termometro segna  $+4^{\circ}\text{C}$ . Segna il tempo trascorso per passare da  $20^{\circ}\text{C}$  a  $4^{\circ}\text{C}$  in coda alla **Tabella 2A.1**

Pulisci bene la provetta Falcon, poi riempi con il campione successivo e ripeti le operazioni da 1 a 5.

*Nota: se non hai a disposizione lo stelo porta-burette con relativi ganci e pinze, puoi tenere il termometro in mano ma fai attenzione a mantenere ferma la sua posizione e non toccare le pareti del tubo!*



Con i valori ottenuti e riportati in Tabella 2A.1 costruisci un grafico su carta millimetrata, mettendo in relazione i valori di temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) con gli intervalli di tempo (minuti) [**Grafico, 2A.2**]



Rispondi alle domande numerate da **2A.3** a **2A.7** nel foglio risposte. Considera che il latte per uso alimentare può contenere diversi valori di grasso, che sono stabiliti per legge:

- latte scremato:  $< 0,5\%$  g/100 mL
- latte parzialmente scremato: tra  $1,5\%$  e  $1,8\%$  g/100 mL
- latte intero:  $> 3,5\%$  g/100 mL

## 2B. LE PROTEINE DEL LATTE [12 punti]

Il reattivo **Fehling A** (soluzione di solfato rameico pentaidrato,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) è di un bel colore azzurro. Com'è noto, questa sostanza reagisce con le soluzioni contenenti proteine, in soluzione o emulsione fortemente basica e a caldo, assumendo una colorazione che va dal rosso al viola.

### Materiali

- ✓ Provette da 10 – 15 mL, portaprovette
- ✓ Pipette da 2 – 5 mL, pipettatore
- ✓ Latte intero
- ✓ Acqua distillata
- ✓ Soluzione 2M di NaOH
- ✓ Reattivo Fehling A
- ✓ 1 bacchetta di vetro
- ✓ 2 becker da 400 ml
- ✓ 2 pipette Pasteur
- ✓ Caglio
- ✓ Soluzione 1M di acido acetico
- ✓ Carta da filtro
- ✓ Imbuto
- ✓ Piastra riscaldante
- ✓ Termometro (vedi sopra)

## **2B.1 Test per la presenza di proteine nel latte**

Imposta l'incubatore alla temperatura di 50/60 °C

1. Nella prima provetta (latte) introduci 1 ml di latte e diluisci in rapporto 1:5 con acqua distillata.
2. Nella seconda provetta (siero) introduci 1 ml del liquido ottenuto dopo aver cagliato il latte (vedi oltre, punto 2B.2) e diluisci in rapporto 1:5 con acqua distillata.
3. Nella terza provetta (acqua) versa 5 ml di acqua distillata per la prova "in bianco".
4. Aggiungi in tutte le provette
  - 2 mL di soluzione NaOH 2 M
  - 2 mL di reattivo di Fehling A.
5. Mescola bene la soluzione e riscalda i tubi per pochi minuti alla temperatura di 50/60 °C.

### **Risultato atteso**

*Se hai agito correttamente, in pochi secondi osserverai il cambiamento del colore verso il rosso-viola nelle provette che contengono proteine (latte, siero); questo indica la formazione di complessi  $\text{Cu}^{2+}$  - organici dovuti alla presenza di legami peptidici.*

*ATTENZIONE: il reattivo di Fehling è molto sensibile al calore, pertanto se superi le temperature indicate otterrai un precipitato anche nella prova "in bianco".*



Osserva attentamente il colore delle soluzioni presenti nelle tre provette e riporta le tue osservazioni nel **Foglio risposte 2B.1**.

## **2B.2 Latte cagliato**

Hai mai provato a fare il formaggio? Si versa il latte in una pentola di rame riscaldata alla temperatura di 37 – 40 °C. Per favorire la precipitazione delle caseine, le proteine più abbondanti, si inoculano batteri lattici che fermentando gli zuccheri acidificano il latte. Infine si aggiunge il caglio, composto di enzimi ottenuti dallo stomaco dei lattanti come il vitello, il capretto o l'agnello. In laboratorio possiamo far precipitare le caseine del latte con un **processo acido** (aggiunta di acido acetico). La consistenza della cagliata è diversa nei due casi, come verificherai di seguito.

### *Metodo enzimatico*

1. Versa nel primo becher 50 mL di latte intero e 50 mL di acqua distillata.
2. Riscalda a 40°C e poi aggiungi una decina di gocce di caglio.
3. Mescola con la bacchetta di vetro e lascia riposare per circa 5 minuti.
4. Filtra la sospensione ottenuta e osserva attentamente la consistenza della cagliata rimasta sul filtro.
5. Preleva 1 mL del siero filtrato e trasferiscilo nella seconda provetta (vedi sopra), così potrai completare il test con il reattivo di Fehling che misura le proteine rimaste nel siero.

### *Processo acido*

1. Versa nel secondo becher 50 mL di latte intero e 50 mL di acqua distillata.
2. Riscalda a 40°C e poi aggiungi 5 ml di soluzione di acido acetico 1M.
3. Mescola con la bacchetta di vetro e lascia riposare per circa 5 minuti.
4. Filtra la sospensione ottenuta e osserva attentamente la consistenza della cagliata rimasta sul filtro.



Riporta le tue osservazioni sulle cagliate nel **Foglio risposte 2B.2**. Rispondi poi domande numerate da **2B.3** a **2B.6** nel foglio risposte.

## 2C. BATTERI NEL LATTE [13 punti]

Lo yogurt (dal turco yoğurt) è un derivato dal latte ottenuto in seguito all'inoculazione di fermenti lattici: i batteri proliferano e il latte subisce un processo di fermentazione durante il quale il lattosio è trasformato in acido lattico. Non è semplice identificare i fermenti lattici nello yogurt, perciò avrai a disposizione per le tue osservazioni una preparazione pura in soluzione fisiologica. Dovrai poi confrontare le dimensioni di questi organismi procarioti con quelli di una tipica cellula eucariote: il lievito del pane e della birra *Saccharomyces cerevisiae*.

### Materiali

- ✓ Bunsen
- ✓ Pinza in legno o comunque adatta a sostenere il vetrino vicino alla fiamma
- ✓ Microscopio, vetrini porta-oggetto e copri-oggetto
- ✓ Pipette Pasteur, ansa sterile
- ✓ Colorante blu di metilene al 1% (o altro colorante vitale)
- ✓ Fermenti lattici, diluiti in soluzione fisiologica 1:1
- ✓ Cellule del lievito *Saccharomyces cerevisiae*, diluite in soluzione fisiologica zuccherata

### VETRINO 1: il lievito *Saccharomyces cerevisiae*

- Con la pipetta Pasteur deporre una goccia di sospensione di *Saccharomyces cerevisiae* al centro di un vetrino portaoggetti.
- Coprire con un vetrino coprioggetto senza formare bolle (Figura).



- Scrivere al lato del vetrino con il pennarello di quali campione si tratta.
- Esaminare al microscopio le cellule di lievito, come spiegato in seguito.

### VETRINO 2: il batterio *Bacillus clausii*

- Con una pipetta Pasteur deporre una o due gocce di sospensione di *Bacillus clausii* al centro di un vetrino portaoggetti. Aggiungere una goccia del colorante blu di metilene e mescolare con l'ansa sterile, distribuendo il campione in modo da formare uno strato sottile.
- Coprire con un vetrino coprioggetto senza formare bolle (Figura).
- Scrivere al lato del vetrino con il pennarello di quali campione si tratta.
- Esaminare al microscopio le cellule batteriche, come spiegato in seguito.

### **VETRINO 3: il batterio *Bacillus clausii* su vetrino fissato**

- Con una pipetta Pasteur deporre una o due gocce di sospensione di *Bacillus clausii* al centro di un vetrino portaoggetti. Aggiungere una goccia del colorante blu di metilene e mescolare con l'ansa sterile, distribuendo il campione in modo da formare uno strato sottile.
- Essiccare il vetrino all'aria o passandolo molto alto sulla fiamma del bunsen.

*(NOTA DI SICUREZZA: Attenzione, se avvicinate troppo il vetrino alla fiamma si può avere ebollizione del campione e si potrebbe spaccare il vetrino con spargimento di frammenti di vetro!!!  
Tenete il vetrino vicino alla fonte di calore ma a distanza di sicurezza dalla fiamma)*

- Fissare il materiale sul vetrino facendolo passare velocemente qualche volta attraverso la fiamma del Bunsen (se fatto velocemente questa operazione non comporta rischi).
- Colorare il preparato con la soluzione di blu di metilene, depositando alcune gocce di colorante sul campione e lasciandolo agire per 3-5 minuti.
- Eliminare il colorante in eccesso lavando delicatamente con acqua distillata.
- Eliminare l'acqua in eccesso e asciugare vicino al bunsen.
- Montare il vetrino coprioggetto sul preparato.
- Scrivere al lato del vetrino con il pennarello di quali campione si tratta.
- Esaminare al microscopio le cellule batteriche, come spiegato in seguito.

### **VETRINO 4: organismi unicellulari a confronto su vetrino fissato**

- Preparare un nuovo campione seguendo le stesse operazioni del punto 3, mettendo però sul vetrino portaoggetti sia una goccia di fermenti lattici diluiti sia una goccia di lievito diluito.

### **Osservazione al microscopio**

- Inizia le osservazioni con l'obiettivo 10x: l'obiettivo dev'essere in posizione verticale.
- Muovendo la vite macrometrica, abbassa il tavolino portapreparati fino a fine corsa.
- Metti il vetrino sul tavolino, fermandolo lateralmente con la pinza del carrello traslatore.
- Sposta il vetrino affinché il fascio di luce illumini la zona del campione che desideri osservare.
- Regola l'intensità della luce in modo che sia visibile attraverso gli oculari ma non troppo alta. Regola anche l'apertura del diaframma per aumentare il contrasto.
- Muovi la vite macrometrica finché l'oggetto da osservare non è messo a fuoco.
- Perfeziona la messa a fuoco usando la vite micrometrica.
- Se desideri osservare un altro punto del vetrino, usa i comandi per spostarti a destra, a sinistra, avanti e indietro.
- Senza modificare nient'altro, cambia l'obiettivo 10x con il 40X o 60X
- Muovi la vite micrometrica (non quella macrometrica) per mettere a fuoco l'oggetto che stai osservando.



Osserva e disegna quello che vedi nel **Foglio risposte 2C.1** (Vetrino 1), **2C.2** (Vetrino 4).



Rispondi alle domande **2C.3** e **2C.4**.

## **10 Regole per un buon disegno al microscopio**

1. Utilizzare una penna a punta molto fine o una matita ben appuntita.
2. Produrre il disegno su carta bianca (senza linee o quadretti).
3. Definire le strutture con linee semplici continue e precise.
4. Non è necessario rappresentare tutto, si può anche scegliere di disegnare solo una porzione dell'intera immagine al microscopio.
5. Mantenere accuratamente le proporzioni rispetto all'oggetto originale.
6. Fare un disegno abbastanza grande per mostrare chiaramente i dettagli più importanti.
7. Lasciare spazio per scrivere il nome delle strutture rappresentate.
8. Scrivere il nome delle strutture rappresentate in stampatello molto leggibile.
9. Sotto o sopra al disegno scrivere il titolo e indicare tutte le informazioni disponibili:
  - nome del campione e diluizione
  - tipo di microscopio (ottico, elettronico, a fluorescenza..)
  - tipo di vista è (è una sezione longitudinale o trasversale, è un oggetto intero..)
  - ingrandimento utilizzato.
10. Il disegno a colori è importante solo se questa informazione è necessaria (es. diverse gradazioni di verde in una foglia, i pigmenti di un fiore); in tutti gli altri casi, il disegno a matita rende più comprensibile l'immagine.

*Fine del Tema n. 2*



## TEMA 3: OSCILLAZIONI A CATENA

### PREMESSA

Nel mondo quotidiano possiamo osservare svariate situazioni in cui avviene un trasferimento di energia da un sistema oscillante ad un altro: il rollio di una barca dovuto alle onde, il vibrato di una corda di violino amplificato dalla vibrazione indotta nella cassa di risonanza, il tremore di un edificio dovuto alle onde sismiche. L'effetto è detto "accoppiamento" e risulta



*Fig 3.1: Facendo oscillare le gambe col ritmo giusto, l'altalena si mette ad oscillare a sua volta.*

particolarmente intenso quando la frequenza delle oscillazioni raggiunge un particolare valore detto *frequenza di risonanza*. Ciascun sistema meccanico risponde bene solo a specifiche frequenze e ciò è dovuto al fatto che la frequenza di risonanza dipende dalle caratteristiche costruttive del sistema "accoppiato".

### UNA COPPIA DI PENDOLI

#### PREMESSA

In questo esperimento esplorerai il comportamento di due pendoli identici, accoppiati tra loro mediante un'asticciola rigida. L'apparecchiatura sperimentale è costituita da due aste di sostegno verticali connesse tramite una terza asta fissata in posizione orizzontale; la posizione di quest'ultima non va modificata per tutto il corso dell'esperimento. Ad essa sono sospese due masse identiche mediante cordicelle sottili ed inestensibili, della medesima lunghezza. Le due masse possono essere considerate due pendoli semplici e sono libere di oscillare indipendentemente l'una dall'altra. L'accoppiamento dei due pendoli si ottiene avvolgendo una sola volta il filo che li sostiene alle estremità di un'asticciola sottile. L'asticciola deve sempre trovarsi in posizione orizzontale e il filo di sostegno non deve risultare deviato dalla verticale: si veda Fig 2.3-A. Si indicherà con  $y$  la distanza fra il centro di massa del pendolo (coincide con quello della massa appesa al filo) e l'asticciola di accoppiamento. La distanza  $y$  potrà essere variata agevolmente spostando l'asticciola. Quando l'asticciola viene alzata o abbassata si farà in modo che la distanza  $h$  fra i fili che sostengono i pendoli rimanga costante: può, per questo, essere utile fare un segno con la penna alle due estremità dell'asticciola ad indicare la posizione dove va avvolto il filo.

È importante badare a che i pendoli oscillino sempre solamente nel piano verticale parallelo all'asse dell'asticciola di accoppiamento.

I due pendoli su questo piano possono essere fatti oscillare in tre maniere diverse:

- 1) Modo 1: spostando le masse in direzioni opposte e lasciandoli oscillare come in Fig 3.2.B
- 2) Modo 2: spostando le masse nella stessa direzione, e lasciandoli quindi oscillare come in Fig 3.2.C

- 3) spostando uno solo dei due pendoli e lasciandolo oscillare mentre l'altro pendolo è fermo come in Fig 3.2.D: in questo caso si potrà osservare che il primo pendolo oscillerà con ampiezza sempre minore mentre il secondo, allo stesso tempo, inizierà ad oscillare, con sempre maggiore ampiezza. Il processo si invertirà ripetutamente fino a quando i due pendoli potranno scambiarsi energia meccanica.

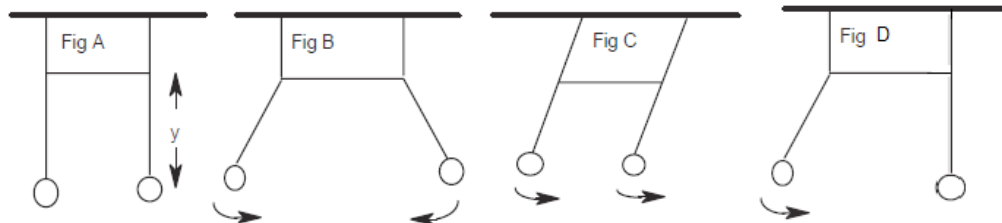


Fig 3.2 : I due pendoli verranno fatti oscillare in tre modi

## SCOPI DELL'ESPERIMENTO

- Studiare sperimentalmente la dipendenza da  $y$  del periodo di oscillazione nel Modo 1.
- Studiare sperimentalmente la dipendenza da  $y$  del periodo di oscillazione nel Modo 2.
- Studiare sperimentalmente la dipendenza da  $y$  della frequenza media di scambio dell'energia fra i due pendoli accoppiati (Modo 3).
- Confrontare i risultati sperimentali con quelli previsti dalla teoria

## TROVI SUL BANCO DI LAVORO

- apparecchiatura comprendente i due pendoli da accoppiare
- asticciola per l'accoppiamento
- cronometro
- riga e metro a nastro avvolgibile
- una piccola livella per controllare la posizione dell'asticciola

## RACCOLTA DATI

**Per ottenere risultati affidabili prendi le misure con cura; ricordati di stimare l'incertezza dei valori ottenuti e di riportarla nelle tabelle che trovi sul Fascicolo Risposte.**

**3.1** Controlla che l'asticciola sia disposta in modo che  $y$  abbia lunghezza compresa fra 30.0 e 40.0 cm; assicurati che i fili di sospensione dei pendoli siano verticali e l'asticciola di accoppiamento sia in posizione orizzontale. Dopo di ciò misura la distanza  $h$  fra i fili di sospensione dei due pendoli. Misura la lunghezza  $l$  dei due pendoli:  $l$  va misurata dal centro di massa del pendolo al punto intorno al quale il pendolo oscilla, la misura va presa con l'asticciola di accoppiamento già in sede. Riporta questi valori sul Fascicolo Risposte. Le misure di  $h$  e di  $l$  rimarranno invariate per tutta la durata dell'esperimento.



**3.2** Avvicina le masse dei pendoli fino a quasi toccarsi (Modo 1), poi lasciale andare facendo attenzione che durante le oscillazioni i pendoli si mantengano nel piano verticale che contiene l'asticciola di accoppiamento. Scegli uno dei due pendoli e misura la durata  $(T_1)_{10}$  di 10 oscillazioni complete; riporta il valore misurato nella tabella TAB 3.1 del Fascicolo Risposte. Ripeti questa misura altre due volte, sempre per lo stesso pendolo.

**3.3** Calcola la durata media di dieci oscillazioni  $(T_1)_{10 \text{ medio}}$  e il periodo medio  $T_1$  (durata media di un'oscillazione completa). Riporta questi valori nella tabella TAB 3.1 del Fascicolo Risposte.

**3.4** Senza modificare il valore di  $y$  devia dello stesso angolo (piccolo) ambedue i pendoli nella medesima direzione (Modo 2) e poi lasciali andare. Misura la durata  $(T_2)_{10}$  di 10 oscillazioni e riportala nella tabella TAB 3.2 del Fascicolo Risposte. Ripeti questa misura altre due volte.

**3.5** Calcola la durata media di dieci oscillazioni  $(T_2)_{10 \text{ medio}}$  e il periodo medio  $(T_2)$ . Riporta questi valori nella tabella TAB 3.2 del Fascicolo Risposte.

**3.6** Sempre mantenendo fisso il valore di  $y$  tieni ferma l'asticciola di accoppiamento con una mano e, con l'altra, devia uno dei pendoli nel piano verticale che contiene l'asticciola, allontanandolo dal secondo che dovrà rimanere fermo (Modo 3). Quando lasci andare il pendolo deviato lascia anche quello che hai tenuto fermo: potrai osservare che i due pendoli alternano le loro oscillazioni, infatti, quando uno si ferma (o è quasi fermo) l'altro oscilla con la massima ampiezza. Un completo ciclo di scambio di energia si ha dal momento in cui uno dei pendoli smette di oscillare per un brevissimo intervallo di tempo, al momento successivo in cui lo stesso pendolo riduce l'ampiezza delle oscillazioni fino a fermarsi di nuovo. Osserva uno dei pendoli e misura il tempo  $(T)_4$  impiegato per quattro completi scambi di energia. Riporta questo valore nella tabella TAB 3.3 del Fascicolo Risposte.

*NOTA: potresti osservare situazioni in cui i pendoli sembra che non smettano mai di oscillare, in questo caso terrai conto di quando il pendolo oscilla con la minima ampiezza.*

**3.7** Calcola la durata media  $T$  di un singolo trasferimento completo di energia. Riporta questo valore nella tabella TAB 3.3 del Fascicolo Risposte. Calcola la frequenza  $f$  corrispondente a  $T$  e riporta anche questo valore nella tabella TAB 3.3. Ricorda che  $f = 1/T$ .

**3.8** Ripeti le misure da 3.2 a 3.7 per altri cinque valori di  $y$ . Per farlo dovrai sollevare l'asticciola di accoppiamento di un tratto di circa 5 cm ogni volta.

## GRAFICI ED ELABORAZIONE DEI DATI

Sappiamo che il periodo  $T$  di un pendolo semplice di lunghezza  $l$ , per piccole deviazioni dalla posizione di equilibrio e con intensità del campo gravitazionale costante, è direttamente proporzionale a  $\sqrt{l}$  poiché vale

la formula:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , dove  $g$  è l'accelerazione di gravità nel luogo ove si trova il pendolo. Pare pertanto ragionevole studiare la variazione dei valori del periodo in funzione della  $\sqrt{y}$  e la variazione dei valori della frequenza in funzione di  $1/\sqrt{y}$ .



NOTA: nelle tabelle al posto di  $\sqrt{y}$  troverai scritto il formato equivalente  $y^{1/2}$ .

**3.9** Calcola i valori di  $\sqrt{y}$  corrispondenti a quelli di  $y$  riportati nelle tabelle TAB 3.1 e TAB 3.2 e scrivi nelle apposite caselle delle due tabelle. Per queste misure puoi omettere il calcolo dell'incertezza.

**3.10** Su uno dei fogli di carta millimetrata riporta, in funzione dei valori di  $\sqrt{y}$ , il grafico delle misure del periodo determinato per il primo modo di oscillazione,  $T_1$ . Traccia il segmento che, a tuo parere, approssima meglio i punti del grafico.

**3.11** Determina il coefficiente angolare  $m_1$  e l'intercetta  $q_1$  della retta a cui appartiene il segmento. Riporta sul foglio di carta millimetrata su cui hai tracciato il grafico, i calcoli e il procedimento grafico eseguiti per ricavare questi valori.

**3.12** Fai una stima dell'incertezza di  $m_1$  e di  $q_1$ . Mostra con chiarezza il procedimento seguito per trovare tali stime, disegnando sul foglio di carta millimetrata o elaborando i valori su un foglio a parte che allegherai ai grafici.

**3.13** Su uno dei fogli di carta millimetrata rappresenta, in funzione dei valori di  $\sqrt{y}$ , le misure del periodo determinato per il secondo modo di oscillazione,  $T_2$ .

**3.14** Diresti che l'affermazione che i valori di  $T_2$  sono costanti al variare di  $y$  è compatibile con le tue misure? Spiega sul Fascicolo Risposte perché sì o perché no.

**3.15** Nell'ipotesi che  $T_2$  possa dirsi costante al variare di  $y$  quale sarebbe il suo valore più probabile e l'incertezza con cui è noto dalla tua misura.

**3.16** Su uno dei fogli di carta millimetrata riporta, in funzione dei valori di  $\frac{1}{\sqrt{y}}$ , il grafico delle misure della frequenza  $T_1$  con la quale avviene un completo scambio di energia fra i due pendoli che oscillano alternativamente. Traccia il segmento che, a tuo parere, approssima meglio i punti del grafico.

**3.17** Determina il coefficiente angolare  $m$  e l'intercetta  $q$  della retta a cui appartiene il segmento. Riporta nel foglio di carta millimetrata su cui hai tracciato il grafico, i calcoli e il procedimento grafico eseguiti per ricavare questi valori.

**3.18** Fai una stima dell'incertezza di  $m$  e di  $q$ . Mostra con chiarezza il procedimento seguito per trovare tali stime, disegnando sul foglio di carta millimetrata o elaborando i valori su un foglio a parte.

**3.19** Rispondi alle domande sul Fascicolo Risposte riportando le tue conclusioni sulla base delle osservazioni fatte.

## FINE DEL TEMA 3 !