Associazione per
l'Insegnamento della Fisica

EUSOit
VII Gara Nazionale

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Prova per la Certificazione delle Eccellenze e Selezione della Squadra Italiana EUSO

EUSO
Giochi di Anacleto

Terra, terra!

TEMPO A DISPOSIZIONE: 5 ORE

Padova, 15 febbraio 2018

Istruzioni

Mentre lavori in laboratorio indossa camice e occhiali protettivi .
È assolutamente proibito bere o mangiare all'interno del laboratorio.

Hai a disposizione dei guanti che dovrai indossare quando maneggi le sostanze chimiche. Fai particolare attenzione nel manipolare gli acidi.

Quando avrai finito dovrai consegnare i fogli delle risposte e tutti i fogli di carta che hai usato per scrivere, anche quelli di brutta copia.
Su tutti i fogli deve essere riportato il nome della tua scuola.

Tutti i risultati dovranno essere riportati nel foglio risposte del tuo gruppo.

Attenzione!

Solo quello che avrai scritto sul foglio risposte vale per la valutazione.

Potete organizzare e distribuire il lavoro fra i diversi membri del gruppo nel modo e nell'ordine che vi pare più opportuno.

Leggendo il testo individua le informazioni che ti servono per condurre le attività e dare le risposte alle domande. Tieni sempre conto del tempo che hai a disposizione.

Quando hai finito lascia tutto sul tavolo: non sei autorizzato a portare con te nulla di ciò che hai trovato in laboratorio.

Leggi con attenzione queste istruzioni !

Terra – Terra

Il Sig. Avvocato Oreste Gadro, che d'ora in avanti chiameremo l'Avv. O. Gadro, sta seguendo un contenzioso legato alla compravendita di un terreno edificabile. Il venditore sostiene che deve essere corrisposto un valore aggiuntivo legato alla qualità del terriccio ivi presente, a sua detta di eccellente qualità. Sostiene persino che i batteri presenti nel suo terriccio abbiano proprietà tali da renderli molto utili per l'uomo e per l'ambiente, incrementando ulteriormente il valore.

L'Avv. O. Gadro che nel tempo libero è anche un appassionato di scienza, ha deciso di informarsi su quali test e perizie possono essere svolti sul terriccio. Si è quindi rivolto a voi, del team Terra-Terra Science Corp.

Avete quindi il compito di mostrare all'Avv. O. Gadro alcuni di questi test. In particolare mostrerete come di un terriccio si possono quantificare la porosità e il contenuto di vari nutrienti per le piante, e analizzerete alcuni microorganismi del suolo.

Infine, siete così bravi che l'Avv. O. Gadro, per soddisfare la sua personale curiosità, vi chiederà di mettere a punto anche un esperimento che ha poco a che vedere con il terriccio...

ATTIVITÀ 1
QUANTA ARIA C'È IN UN TERRICCIO?

1.1 INTRODUZIONE

Scopo dell'esperimento

Il contenuto d'aria e di acqua del terreno fornisce informazioni sulle condizioni di crescita delle piante; se il terreno è troppo denso si può avere un accumulo eccessivo d'acqua o uno sviluppo anomalo delle radici, se invece è tanto poco coeso da non riuscire a trattenere l'acqua, si secca molto rapidamente e si impoverisce perché non in grado di assorbire i nutrienti in essa disciolti. Nel terriccio esistono spazi "vuoti" che possono essere riempiti dall'acqua (micropori, in grado di trattenere l'acqua contrastando la forza di gravità) o dall'aria (macropori). Anche l'areazione del terreno è un parametro importante per lo sviluppo delle piante. Confrontando la percentuale d'aria contenuta in diversi campioni di terriccio, si possono avere indicazioni sulle cause della diversa crescita di piante uguali coltivate, nelle stesse condizioni ambientali, in terreni diversi.
Lo scopo dell'esperimento che ti viene proposto, è quello di misurare il volume d'aria contenuto in un campione di terriccio normalmente usato per la coltivazione delle piante, al fine di ottenere informazioni sulla sua porosità[1]. L'esecuzione di questa misura sarà preceduta da due misure di prova relative al volume d'aria contenuto in due materiali granulosi (riso e cous cous).

Richiami teorici

Per l'esecuzione della misura di volume può essere applicata con buona approssimazione *l'equazione caratteristica dei gas perfetti*:

$$p\,V = n\,R\,T$$

dove n è il numero di moli del gas, R è la costante dei gas perfetti e T è la temperatura assoluta del gas.

Per eseguire la misura del volume con il manometro differenziale, il sistema dovrà subire una trasformazione che, con buona approssimazione, potrà essere ritenuta isoterma. Questo ti permetterà di applicare la legge dei gas perfetti nel caso della trasformazione a temperatura costante che prende il nome di *legge di Boyle-Mariotte*: $pV = costante$
Essa descrive la relazione tra pressione e volume nel passaggio del gas perfetto dallo stato A allo stato B a temperatura costante.

$$p_A V_{TotA} = p_B V_{TotB}$$

Edme Mariotte

1 Proprietà del terreno che si esprime come rapporto tra il volume degli spazi "vuoti" (interstizi) e il volume totale. La misura eseguita in questo contesto non è una misura di porosità.

Per eseguire la misura si utilizzerà un manometro a U detto anche manometro differenziale, un dispositivo formato da due rami tra loro comunicanti (a forma di U, da cui il nome) in uno dei quali è versato un liquido. Il funzionamento di questo strumento si basa sulla legge di Stevino e sul principio dei vasi comunicanti.

Simon Stevin

La legge di Stevino si applica a fluidi non comprimibili (in genere i liquidi) e per distanze per le quali l'accelerazione di gravità possa considerarsi costante. In base a questa legge, in un punto all'interno di un liquido, si ha una pressione pari a quella che si misura alla superficie del liquido, incrementata di un valore Δp che dipende dalla profondità h a cui si trova il punto in esame, oltre che dalla densità d del liquido e dal valore locale dell'accelerazione di gravità g. Ciò si esprime con la seguente equazione:

$$\Delta p = d\, g\, h$$

Nel corso di questo lavoro assumerai che il valore dell'accelerazione locale di gravità sia $g = 9.81\,\mathrm{m\,s^{-2}}$.

Il principio dei vasi comunicanti considera recipienti, anche di diversa forma, collegati tra loro e posti in un ambiente nel quale agisce la sola forza di gravità, con accelerazione di gravità da considerarsi costante. In tale caso, un liquido contenuto nei vasi si dispone in modo che tutte le sezioni orizzontali del liquido nei diversi vasi siano sottoposte alla stessa pressione.

1.2 MATERIALI

Materiale in dotazione ad ogni singola squadra

1 manometro ad acqua con riga metrica e sostegno. Il manometro è costituito da due cannucce sottili di vetro (S_1 ed S_2) con tubo in gomma (t) di raccordo, il tutto fissato ad un supporto di legno con scala metrica
6 elastici per fissare il manometro al supporto
1 beuta
1 tubo di raccordo con tappo e cannuccia passante, (t_1)
1 cannuccia di vetro di sezione uguale alle altre, chiusa ad una estremità con un tappo di gomma, (C_V)
1 siringa
1 becher con acqua e 2 contenitori in alluminio per conservare separatamente i campioni usati
3 contenitori contenenti rispettivamente riso, cous cous e terriccio
1 foglio di cartoncino
2 fogli di carta
1 pennarello indelebile a punta sottile
1 metro a nastro
1 spruzzetta senza tappo per reggere la cannuccia di prova nella pesata

Materiale a disposizione delle squadre presenti nel laboratorio

1 bilancia
1 contenitore pieno di acqua demineralizzata a temperatura ambiente
1 rotolo di scotch di carta, 1 rotolo di carta da cucina, guanti usa e getta e 1 paio di forbici

1.3 TARATURA DELLA STRUMENTAZIONE

1.3.1 Misura del volume interno unitario V_{UC} delle cannucce di vetro S_1 ed S_2

Con "volume interno unitario" si intende qui il contenuto, misurato in cm^3, in ogni "fetta" di cannuccia lunga un millimetro.

Disponi di una cannuccia di vetro con lo stesso diametro di quelle del manometro. Hai anche a disposizione dell'acqua demineralizzata, mantenuta a temperatura ambiente, tra i 15 °C e i 25°C. La densità dell'acqua demineralizzata a quella temperatura è d = 1.000 g cm^{-3}.

Sul fascicolo risposte descrivi il procedimento che seguirai per misurare il volume interno unitario della cannuccia utilizzando anche una riga e una bilancia.

Esegui il procedimento descritto, **riportando sul Foglio Risposte** tutte le misure eseguite, l'elaborazione dei calcoli e il risultato. Ricorda di indicare anche l'incertezza della tua misura.

Se vuoi puoi comprare l'informazione **rivolgendoti ad uno dei mentori di fisica.** Dovrai però pagare un prezzo di **punti 6.**

1.3.2 Misura del volume interno V_t del tubo di gomma t_1

Essendo noto il volume unitario dell'aria contenuta in $\mathbf{t_1}$, $\mathbf{V_{Ut}}$ = (2,589 ± 0,098) · 10^{-2} cm^3/mm, determina il volume d'aria contenuto nel tubo $\mathbf{t_1}$, compreso quello del tubicino passante nel tappo. **Riporta il risultato sul Foglio Risposte.** Ricorda di indicare anche l'incertezza della tua misura.

1.4 ALLESTIMENTO DELL'APPARATO SPERIMENTALE

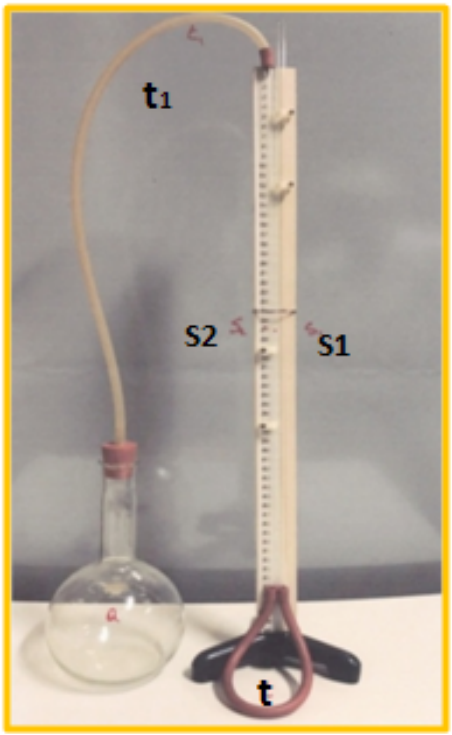


Fig. 1 - Apparato sperimentale

Q: beuta
$\mathbf{t_1}$: tubo con tappo
$\mathbf{S_1}$ ed $\mathbf{S_2}$: bracci del manometro
t: tubo di gomma di raccordo
Nota che l'estremità superiore della cannuccia $\mathbf{S_1}$ è aperta.

Monta il dispositivo come in figura 1 fissando il supporto in legno al sostegno con gli elastici in dotazione.

1.5. APPLICAZIONE DELLA TEORIA IN SITUAZIONI PARTICOLARI

SUGGERIMENTO: per rispondere alle domande di questo paragrafo usa i simboli riportati nella scheda "Formule Utili" che trovi alla fine del paragrafo.

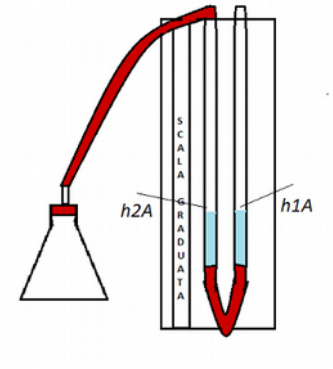


Figura 2 - La beuta è vuota e l'acqua nei due rami del manometro si trova al medesimo livello

Stato A

La figura illustra lo stato del sistema, quando il manometro, è già stato collegato alla beuta e l'acqua (colorata di azzurro), nelle due cannucce, è in equilibrio allo stesso livello: $\mathbf{h_{1A} = h_{2A}}$.

Il sistema è costituito dalla beuta vuota, dal tubetto nel tappo, dal tubo di gomma $\mathbf{t_1}$ e dalla cannuccia $\mathbf{S_2}$.

Ricorda che l'estremità superiore della cannuccia S_1 è aperta e perciò, sulla superficie libera dell'acqua che è al suo interno, agisce la pressione atmosferica.

a.1) Scrivi sul Foglio Risposte qual è la pressione dell'aria contenuta nel sistema, una volta raggiunto l'equilibrio.

a.2) Se V_x è il volume interno della beuta, ricordando quanto detto nei paragrafi 1.1 e 1.3, scrivi il volume totale d'aria presente nel sistema, $V_x + V_A$, e riportalo sul **Foglio Risposte.** Usa simboli riferiti a grandezze note o misurabili.

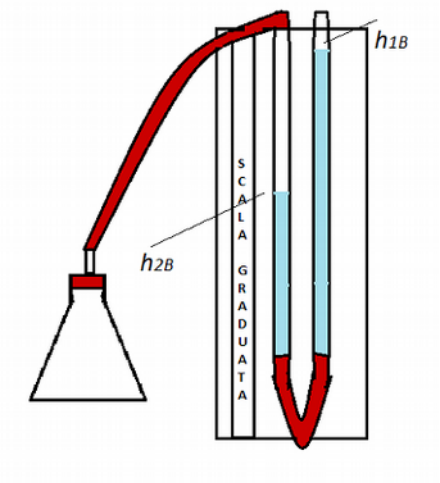


Figura 3 - La beuta è vuota ma l'acqua nei due rami del manometro non si trova al medesimo livello

Stato B

Nel manometro è stata inserita altra acqua. L'acqua risale nelle due cannucce, $\mathbf{S_1}$ **e** $\mathbf{S_2}$, disponendosi all'equilibrio a due livelli diversi: $\mathbf{h_{1B} \neq h_{2B}}$. I simboli hanno il medesimo significato di quelli descritti in Figura 2.

b.1) Scrivi sul Foglio Risposte qual è la pressione, una volta raggiunto l'equilibrio, dell'aria contenuta nel sistema**.**

b.2) Se V_x è il volume interno della beuta, ricordando quanto detto nei paragrafi 1.1 e 1.3, scrivi, in simboli, il volume totale d'aria $V_x + V_B$ presente ora nel sistema e riportalo sul **Foglio Risposte**

Formule utili

Se la temperatura rimane invariata negli stati A e B possiamo applicare la legge di Boyle e, facendo riferimento ai simboli indicati nelle precedenti figure, troveremo la seguente relazione di uguaglianza

(1) $$(p_a + dg\,\Delta h_A)\,(V_A + V_x) = (p_a + d\,g\,\Delta h_B)\,(V_B + V_x)$$

La precedente equazione, risolta rispetto a V_x , assume la seguente forma

(2) $$V_x = \frac{p_a V_{UC}(h_{2A} - h_{2B})}{dg(h_{1B} - h_{2B})} - (V_{UC} h_{2B} + V_t)$$

La (2) ti consentirà di calcolare $\boldsymbol{V_x}$, il volume d'aria presente nella beuta, in tutte le situazioni che prenderai in esame durante l'esperimento.

Di seguito si riporta il significato dei simboli utilizzati nelle relazioni (1) e (2):

p_a: pressione atmosferica
V_x: volume dell'aria contenuta nella beuta
d: densità dell'acqua
h_{2B}: altezza del volume d'aria contenuto in S_2 nello stato B
h_{1B}: altezza del volume d'aria contenuto in S_1 nello stato B
Δh_A: h_{1A} -h_{2A}, dislivello tra le superfici libere dell'acqua nello stato A
Δh_B : h_{1B} -h_{2B}, dislivello tra le superfici libere dell'acqua nello stato B
g e V_{UC} sono stati definiti nel paragrafo

1.6 RACCOLTA DATI

1.6.1 Rileva il valore della pressione atmosferica con lo strumento a tua disposizione e **riportalo sul Foglio Risposte**

RACCOMANDAZIONI
Per ottenere risultati affidabili svolgi le diverse operazioni con attenzione, inoltre ricordati di:

a) trasformare opportunamente le unità di misura
b) stimare l'incertezza delle misure eseguite
c) riportare i risultati sul Foglio Risposte avendo cura di mantenere il corretto numero di cifre significative.

La bontà delle misure dipende anche, e in modo particolare, dalla tenuta dei collegamenti perciò fai molta attenzione quando colleghi i tubi di gomma alle cannucce (anche per evitare di romperle) e quando chiudi la beuta con il tappo. Per eseguire nel modo migliore quest'ultima operazione ti consigliamo ***di pulire con molta cura il tappo e il bordo interno del collo della beuta,*** *al fine di eliminare le polveri e i residui del materiale usato nella misura precedente, che potrebbero consentire il passaggio di aria fra tappo e beuta.*

1.6.2 Misura del volume d'aria contenuto nella beuta vuota

1) Chiudi con il tappo la beuta in modo che sia saldo, ma senza premere troppo a fondo, e segna sul vetro il livello della superficie inferiore del tappo con un pennarello. Togli il tappo.
2) Fai in modo che i due rami del manometro sporgano dal supporto in legno di circa due centimetro.
3) Versa lentamente dell'acqua in S_1 con la siringa, fino a far giungere il livello nelle due cannucce di vetro a circa 4 cm sopra i raccordi col tubo *t*.
4) Schiaccia leggermente il tubo di raccordo *t* per favorire la fuoriuscita di eventuali bolle d'aria.

5) Riempi d'acqua la siringa e tienila pronta all'uso.
6) Fai scorrere verso l'alto il ramo S_1 di alcuni centimetri, approssimativamente 2 - 3 cm.
7) **Prima** tappa la beuta e **poi** infila il tubicino $\mathbf{t_1}$ nell'estremità che sporge dal supporto della cannuccia S_2, fino a fargli toccare il supporto di legno.
8) Abbassa o alza il ramo S_1 fino a quando i livelli dell'acqua nei due bracci del manometro tornano ad essere uguali.
9) Rileva *velocemente* l'altezza della colonna d'aria h_{2A} in $\mathbf{S_2}$ che leggi sulla riga millimetrata del supporto e riporta il valore sul **Foglio Risposte**.
10) *Subito dopo*, con la siringa, introduci *con attenzione* l'acqua nel braccio $\mathbf{S_1}$ fino a raggiungere lo zero indicato sulla riga di carta. Leggi *subito* le altezze della colonna d'aria in S_2 e della colonna d'acqua in S_1
11) Riporta sul **Foglio Risposte** il livello h_{2B} dell'acqua nel ramo S_2 . Riporta sul **Foglio Risposte** anche il livello h_{1B} dell'acqua nel ramo S_1.
12) Tocca la beuta con la mano per un breve tempo e osserva come variano i livelli dell'acqua in S_1 ed S_2. Sai darne una spiegazione? Ti si è detto di operare velocemente: sai dire perché? Riporta sul **Foglio Risposte** quanto hai osservato e la tua spiegazione.
13) Scollega il manometro dalla beuta e, inclinando il supporto in legno, versa l'acqua contenuta nel manometro in un bicchiere.
14) Ripeti altre due volte tutte le operazioni dal punto 2 al punto 11 per avere tre misure indipendenti a beuta vuota.
15) Completa la tabella calcolando i valori derivati dalle misure dirette e i volumi di aria V_x presenti nei diversi casi nella beuta.
16) Calcola il valore medio del volume della beuta, l'incertezza derivata dalle prove ripetute e l'errore percentuale: riporta i tuoi calcoli ed il risultato sul **Foglio Risposte immediatamente sotto alla tabella 1.1**.

1.6.3 Misura del volume d'aria contenuto nella beuta quando è stata riempita con i due campioni di prova

Le misure seguenti hanno lo scopo di osservare come varia il volume d'aria contenuto nel sistema quando la beuta è "riempita" con un solido sfuso.

1. Riempi la beuta con il riso fino al segno fatto alla base del tappo.
2. Ripetendo le operazioni indicate nel paragrafo **1.6.2** misura, **una sola volta**, il volume d'aria contenuto nella beuta piena di riso. Riporta tutte le misure sul **Foglio Risposte** nella tabella 1.2.
3. Svuota tutto il contenuto della beuta nei contenitori leggeri e mettili da parte per l'uso successivo.

   Abbi cura di svuotare bene la beuta e di ripulirla con attenzione.
4. Riempi la beuta fino alla base del tappo con il campione di cous cous.
5. Ripeti con la beuta piena di cous cous le operazioni già eseguite con il riso.

Per ottenere una stima dell'incertezza assoluta di V_x puoi considerare che l'errore percentuale nella misura del volume d'aria effettuato col manometro sia il medesimo determinato nella misura del volume della beuta. Puoi allora calcolare l'incertezza assoluta per i volumi d'aria nel riso e nel cous cous.

1.6.4 Misura della percentuale in volume dell'aria contenuta in un tipo di terriccio

Ora ne sai abbastanza di questo strumento per effettuare una misura del volume d'aria contenuto nella beuta riempita di terriccio e per ricavare la percentuale in volume dell'aria in quel terriccio. Esegui una sola serie di misure e riportale sul **Foglio Risposte**.

1.7 DENSITÀ ASSOLUTA DEL RISO E DEL COUS COUS

Misura la densità assoluta (senza aria) del riso e del cous cous. Avrai bisogno di tutto il riso e il cous cous che hai messo da parte e dovrai progettare un procedimento per ottenere il risultato. Sul **Foglio Risposte** riporta il procedimento seguito ed i risultati.

1.8 RIFLESSIONI SU QUANTO FATTO

1.8.1 La legge di Boyle e Mariotte vale sotto certe condizioni: quali accorgimenti hai seguito per garantirti che, con la migliore approssimazione possibile, tale legge sia valida? Rispondi ai qusiti che trovi sul **Foglio Risposte**.

1.8.2 Scrivi sul **Foglio Risposte** i punti critici che giudichi più significativi fra quelli rilevati nella procedura operativa (non più di due) e gli accorgimenti che eventualmente hai messo in atto per migliorare le tue misure.

Complimenti, sei arrivato alla FINE del lavoro!

ATTIVITÀ 2

MICROBI DEL SUOLO E ROCCE CARBONATICHE

Materiali	
Colorazione e osservazione batteri • Sospensione microbica in terreno LB giallo • Acqua • Cloruro di tetrazolo (avvolto in alluminio) • Olio di mais • Microscopio ottico • Olio immersione • Campioni di funghi unicellulari, procarioti a forma di cocco e bastoncello • Campioni di batteri del suolo • 6 vetrini • Matita	**Acidificazione dell'acqua** • Bicchieri e bicchierini in plastica • Reagenti in tubi Falcon da 15 mL • Indicatore di pH Bogen • Apparato per acidificazione acqua (Fig. 2.3) • Acqua naturale e acqua gassata, in tubi Falcon da 50 mL • 2 becher in vetro da 50 mL • Bicchiere con sassi carbonatici
DOTAZIONE BANCONE ✓ 20 Pipette pasteur in plastica ✓ Pipette in plastica con pipettatore ✓ Spruzzetta con acqua deionizzata ✓ Contenitore per rifiuti ✓ Rack portaprovette ✓ Pennarello indelebile	**A DISPOSIZIONE NEL LABORATORIO** ✓ pH metro ✓ Piastre riscaldanti ✓ Cappa chimica con soluzioni per colorazione Gram dei batteri ✓ Bilancia ✓ Sassi carbonati trattati con soluzioni acide

Gli esperimenti di questa attività si possono eseguire in ordine sparso; ti consigliamo però di allestire subito le reazioni del punto 2.1, perché i batteri ci mettono molto tempo per metabolizzare l'olio.

2.1 BATTERI DEL SUOLO CHE DEGRADANO SOSTANZE ORGANICHE

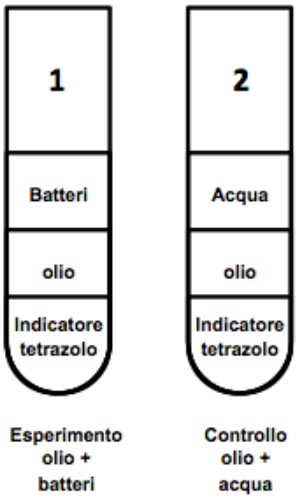
Da uno dei terreni che analizzerai al punto 2.2 è stato isolato un ceppo di batteri Gram$^-$ di forma coccoide che potrebbe essere utile per il biorisanamento di inquinanti idrocarburici, come i carburanti o le benzine sversate negli ambienti acquatici o terrestri. Questo batterio sopravvive ed è metabolicamente attivo solo in un preciso intervallo di pH del terreno. Ti chiediamo in questo primo esperimento di verificare se il batterio isolato sia effettivamente in grado di dare inizio al processo di degradazione di un olio eseguendo un test colorimetrico.

Il test si basa sul fatto che il cloruro di tetrazolo (2, 3, 5 trifenil cloruro di tetrazolo) è incolore nella sua forma ossidata e diventa rosso-rosato quando è ridotto. Durante la prima fase di degradazione degli oli, che è in ogni caso un processo lungo e complesso, si producono alcune specie riducenti. Se l'indicatore diventa rosso in presenza di olio e batteri, possiamo assumere che i batteri abbiano effettivamente iniziato a degradare l'olio.

Procedimento

Con un pennarello sigla due provette per l'esperimento scrivendo sulla prima "1 olio + batteri" sulla seconda " 2 controllo olio + acqua". Osserva la Figura per preparare le provette come segue:

- Aggiungi in ciascuna provetta 2 ml di soluzione contenente cloruro di tetrazolo.
- Con una pipetta pasteur pulita trasferisci 15 gocce di olio di mais in ciascuno dei due tubi "1 olio + batteri" e "2 controllo olio + acqua"
- Utilizza una pipetta pulita per trasferire 2 ml di sospensione microbica nel tubo "1 olio + batteri"
- Nel tubo "2 controllo olio + acqua" aggiungi 2 ml di acqua con una pipetta pulita
- Chiudi le provette con il tappo, mescola il contenuto agitando ripetutamente
- Lascia le provette nel portaprovette a temperatura ambiente e osserva i risultati; tieni traccia nel foglio risposte di quando il cloruro di tetrazolo inizia a cambiare colore.



2.2 COLORAZIONE DEI BATTERI DEL SUOLO

Nel suolo si trovano comunemente microbi di varia natura, fra i quali eucarioti unicellulari e batteri di varia morfologia. Suoli con diverso pH e diversa disponibilità di nutrienti ospitano comunità microbiche molto diversificate. Fra i microbi comunemente presenti nel suolo alcuni sono interessanti per applicazioni biotecnologiche e sanitarie: *Bacillus clausii*, un bacillo Gram$^+$ capace di resistere a condizioni estreme di pH e temperatura, è utilizzato come probiotico nella dieta umana; numerose specie metabolizzano sostanze inquinanti per l'uomo e per gli ecosistemi; organismi unicellulari a colorazione verde brillante sono in grado di fare la fotosintesi; solo in pochi i microbi del suolo possono essere vettori di malattie anche per l'uomo.

Con la colorazione di Gram è possibile classificare i microbi un due grandi gruppi, in base alla loro capacità di trattenere il colorante basico cristal-violetto: i Gram-positivi si colorano di viola scuro perché hanno una parete cellulare molto spessa, i Gram-negativi che presentano una parete più sottile assumono meno colorante e appaiono invece rosa fuxia.

I campioni a disposizione sono: funghi unicellulari, procarioti a forma di cocco e procarioti bastoncellari. Riesci a riconoscere nei campioni estratti da diversi terreni qualcuno di questi organismi e a stabilire l'intervallo di pH del terreno nel quale vive?

2.2.1 Preparazione dei vetrini

- Sulla parte satinata del vetrino scrivi a matita il nome del campione (ATTENZIONE: non usare il pennarello perché quel colore si scioglierà durante la colorazione)
- Versa sul vetrino una goccia di sospensione microbica utilizzando una pipetta pasteur pulita (una goccia è sufficiente, è importante non sovraccaricare il vetrino per essiccarlo in fretta e per ottenere una colorazione efficiente)
- Con la stessa pipetta pasteur distribuisci bene la goccia sull'intera superficie del vetrino
- Secca il liquido sul vetrino lasciandolo asciugare all'aria (nell'aula troverai una piastra riscaldante quadrata impostata a circa 50°C, utile per velocizzare il processo)
- Prepara prima i tre vetrini con le culture pure di funghi unicellulari, procarioti a forma di cocco e procarioti a forma di bastoncello: quando questi tre preparati sono pronti esegui la colorazione di Gram e osserva i microbi al microscopio utilizzando la visione con l'obiettivo 100X a immersione.

2.2.2 Colorazione di Gram

Sotto la cappa chimica trovi una serie di vaschette già pronte con i coloranti e l'acqua: ogni punto corrisponde a una diversa vaschetta, perciò segui il protocollo spostando I vetrini da una vaschetta all'altra.

1) Immergi i tre vetrini con i microbi da colorare nel colorante Cristal violetto per 60 secondi.
2) Lava immergendo nella vaschetta con acqua (di rubinetto) per 30 secondi.
3) Immergi il vetrino nella soluzione iodurata di Lugol (mordenzante) per 30 secondi.
4) Lava immergendo nella vaschetta con acqua (di rubinetto) per 30 secondi.
5) Trattare il vetrino con il decolorante per 30 secondi.
6) Lava immergendo nella vaschetta con acqua per 30 secondi
7) Immergi il vetrino nel secondo colorante (Fucsina, colorante di contrasto) per 60 secondi.
8) Lava con acqua (di rubinetto) per 30 secondi. Lascia essiccare il vetrino.

2.2.3 Osservazione al microscopio con obiettivo 100X

- Poni una singola goccia di olio da immersione al centro del vetrino
- Monta il vetrino sul vassoio e ruota la ghiera degli obiettivi fino a portare l'obiettivo 100X in posizione; a quel punto alza lentamente il vassoio portavetrino utilizzando la vite macrometrica fino a quando la goccia di olio non aderisce all'obiettivo
- Metti a fuoco il campione utilizzando le viti macrometrica e micrometrica con delicatezza
- Spostati nel campo visivo per inquadrare un'area del vetrino ideale per l'osservazione

ATTENZIONE! assicurati che gli altri obiettivi non vadano in immersione per non danneggiarli!!!

2.2.4 Batteri del suolo

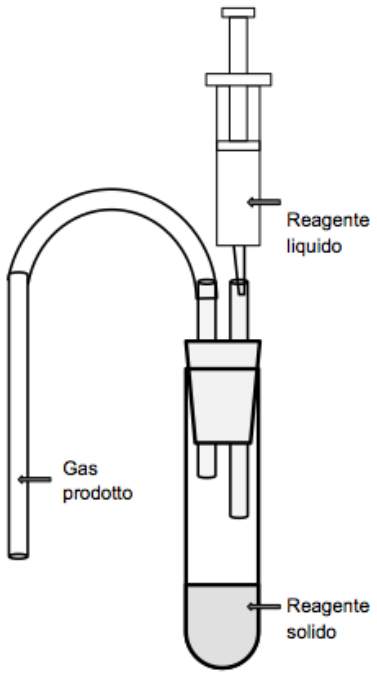
A tua disposizione:

Batteri isolati da terreno a pH 4.5	Batteri isolati da terreno a pH neutro	Batteri isolati da terreno a pH 8

Ognuna di queste culture contiene diverse specie batteriche, selezionate in base al pH ottimale di crescita. Dovrai colorare e osservare la flora microbica isolata da questi 3 diversi campioni di suolo, confrontandola con i vetrini che hai preparato in precedenza.

- Versa sul vetrino una goccia di sospensione batterica e procedi con il protocollo 2.2.1
- Quando i tre vetrini sono pronti, esegui la colorazione di Gram (protocollo 2.2.2)
- Osserva i microbi al microscopio utilizzando l'obiettivo 100X ad immersione (protocollo 2.2.3)

2.3 ACIDIFICAZIONE DELL'ACQUA



L'atmosfera terrestre è composta da azoto per il 98%, ossigeno per il 21% e il resto è composto da gas presenti in tracce, fra cui anidride carbonica e idrogeno. Con l'apparato descritto nella figura a fianco potrai preparare in provetta ciascuno di questi 4 gas e di farli gorgogliare in una soluzione di acqua deionizzata e indicatore di pH. Scopo dell'esperimento è verificare l'effetto di ciascun gas sul pH dell'acqua e quindi sul pH delle piogge.

FIGURA 2.3

Reazioni chimiche e quantità di reagenti

1) $2H_2O_2(aq) \xrightarrow{KI} \mathbf{O_2(g)} + 2H_2O$
2) $NaNO_2(aq) + HSO_3NH_2(s) \rightarrow \mathbf{N_2(g)} + NaHSO_4(aq) + H_2O(l)$
3) $NaHCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + \mathbf{CO_2(g)}$
4) $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow \mathbf{H_2(g)} + MgCl_2(aq)$

Reagente solido (provetta)	Reagente liquido (siringa)	Gas prodotto
1.0g KI	5ml H_2O_2	ossigeno
0.5g HSO_3NH_2	5ml $NaNO_2$	azoto
0.5g $NaHCO_3$	5ml HCl	anidride carbonica
2cm Mg nastro	5ml HCl	idrogeno

2.3.1 Gas disciolti in acqua

1. Contrassegna 4 bicchieri in plastica ciascuno con il nome del gas che ci farai gorgogliare dentro (O_2 N_2 CO_2 H_2) e contrassegna un 5 bicchiere come controllo.
2. In ciascun bicchiere versa 70 ml di acqua deionizzata e 4 gocce di indicatore di pH
3. Trasferisci nella provetta il primo reagente solido già pesato e versa in un bicchierino il corrispondente reagente liquido; con la siringa aspira 5 ml e quindi assembla il gassificatore per la prima reazione, come illustrato in figura.
4. Immergi l'estremità del tubo dentro al bicchiere marcato O_2 con acqua e colorante e conduci la reazione spingendo lo stantuffo della siringa molto lentamente, in modo tale che il reagente liquido cada goccia a goccia sul reagente solido contenuto nella provetta. Fai anche pause fra una goccia e la successiva (se la reazione procede troppo velocemente il gas prodotto non sarà l'unica cosa a risalire attraverso il tubo e a gorgogliare nella soluzione, producendo un risultato che non rispecchia esclusivamente il contributo del gas che desideri testare)
5. Osserva per un minuto circa cosa succede nel bicchierino e annota i risultati
6. Rimuovi l'apparato e risciacqualo accuratamente in ogni sua parte con acqua deionizzata: ESEGUI QUESTO PASSAGGIO CON MOLTA CURA ALTRIMENTI I RESIDUI DI REAGENTI POSSONO ALTERARE LE REAZIONI SUCCESSIVE
7. Procedi con la seconda reazione eseguendo di nuovo i punti da 3 a 5. Lava bene l'apparato e ripeti di nuovo tutto il procedimento per gli ultimo due reagenti.
8. Osserva bene il colore delle soluzioni contenute in ciascuno dei 5 bicchierini: il controllo, dove non è stato fatto gorgogliare niente + i 4 bicchierini dove sono stati fatti gorgogliare 4 diversi gas.
9. Annota nel foglio risposte i valori di pH dei campioni più significativi, misurati con il pH metro (istruzioni vicine allo strumento): se più bicchieri mostrano lo stesso colore assumi che abbiano lo stesso pH.

2.3.2 Effetto immediato di soluzioni acide sulle rocce carbonatiche

pH	4	5	6	7	8	9
Colore indicatore Bogen	rosso-rosa	arancione	giallo	verde	blu-verde	blu

Hai a disposizione sul bancone frammenti di rocce carbonatiche di origine organica. Considera le seguenti equazioni chimiche e valuta che effetto possono avere soluzioni acide su carbonati e bicarbonati.

$$CO_2 + H_2O \Leftrightarrow H_2CO_3^-$$

$$H_2CO_3^- \Leftrightarrow HCO_3^- + H^+$$

$$HCO_3^- \Leftrightarrow CO_3^{2-} + H^+$$

- Numera da 1 a 7 i bicchieri di plastica a tua disposizione; in ciascuno versa: 90 ml di acqua deionizzata; 10 gocce di indicatore; 5 gocce di soluzione NaOH 0.1M
- Al bicchiere numero 1 aggiungi con la pipetta 10 ml di soluzione HCl 1M e mescola
- Aspira 10 ml della soluzione così ottenuta, trasferiscila nel bicchiere n. 2 e mescola
- Ripeti queste operazioni fino al bicchiere numero 7
- Osserva e annota il colore di ciascuna soluzione
- Prendi 3 bicchierini puliti e trasferisci all'interno di ciascuno 1.5g di frammenti di rocce carbonatiche a disposizione sul tuo bancone
- Sul primo bicchierino aggiungi 5 ml della soluzione contenuta nel bicchiere 1 e osserva attentamente l'effetto sulle rocce
- Sul secondo bicchierino aggiungi 5 ml della soluzione contenuta nel bicchiere 4 e osserva attentamente
- Sul terzo bicchierino aggiungi 5ml della soluzione contenuta nel bicchiere 7 e osserva attentamente
- Vai al pH metro per misurare il pH delle soluzioni contenute nei bicchierini 1, 4 e 7; annota le misure effettuate nel foglio risposte.
- Conserva i bicchieri colorati: ti saranno utili per la successiva attività 2.3.4

2.3.3 Effetto a lungo termine di soluzioni acide sulle rocce carbonatiche

A disposizione nel laboratorio, vicino alla bilancia, ci sono alcuni pezzi di rocce carbonatiche di origine organica selezionati per dimensioni: un bicchiere contiene frammenti identici a quelli che hai nel bancone, gli altri sono stati immersi per due settimane in soluzione acida con pH intermedio tra i valori del bicchiere 1 quello del bicchiere 4. Dovrai pesarli entrambi per verificare se il trattamento abbia favorito il deposito di carbonato o la sua solubilizzazione. Procedi come segue:

- Metti un bicchierino sulla bilancia e azzera la tara.
- Preleva pezzi di rocce carbonatiche **non trattate** finché raggiungi esattamente il peso di 1 grammo
- Annota il numero di pezzi sul foglio risposte, riponili di nuovo nel contenitore e mescola bene
- Ripeti la pesata in totale per 5 volte, annotando ogni volta quanti pezzi servono per fare 1 grammo
- Ripeti questa operazione per 5 volte annotando ogni volta il peso ottenuto.

Ripeti le stesse operazioni con **i frammenti immersi per due settimane in soluzione acida**: sono necessari più o meno pezzi di dimensioni simili a quelli non trattati per raggiungere il peso di 1 grammo?
Che deduzioni puoi trarre da queste osservazioni? Riportale nel foglio risposte.

2.3.4 Effetto della temperatura sulla solubilità della CO_2 in acqua

Scopo di questo esperimento è verificare se la temperatura influenza la percentuale di CO_2 disciolta nell'acqua e, di conseguenza, il pH della soluzione.

- Trasferisci in un becher di vetro 25 ml di acqua minerale naturale e aggiungi 10 gocce di indicatore
- Trasferisci in un secondo becher 25 ml di acqua minerale gassata (per aggiunta di CO_2) e aggiungi 10 gocce di indicatore
- Osserva e annota il colore delle due soluzioni; con il pH metro misura per ogni campione il valore di pH
- Metti i due campioni sopra ad una piastra riscaldante, accendi la piastra e fissa la temperatura a 150°C
- Con l'aiuto di un cronometro, osserva a intervalli di tempo regolari come cambia il colore delle soluzioni man mano che la temperatara si alza. Fai riferimento ai bicchieri colorati dell'eperimento 2.3.2 per dedurre i valori approssimativi di pH. Annota le tue osservazioni sul foglio risposte.
- L'esperimento procede finché le soluzioni non abbiano raggiunto la temperatura di 100°C; lascia bollire ancora per circa 1 minuto quindi spegni la piastra riscaldante.

FAI ATTENZIONE: usa tutte le precauzioni per non scottarti quando rimuovi i becher di vetro dalla piastra.

2.3.5 Le piogge acide

Le piogge acide sono dovute principalmente agli ossidi dello zolfo e dell'azoto presenti nell'atmosfera, in minore quantità anche all'anidride carbonica. La caduta delle piogge acide può produrre l'abbassamento del pH e la modificazione della composizione chimica del terreno. Il pH del terreno è inoltre influenzato dalla concentrazione di sali e di CO_2 nella soluzione circolante che lo bagna. Quando arrivano al terreno le precipitazioni acide o quando la soluzione circolante è ricca di CO_2 si ha la messa in circolo gli ioni idrogeno e si attua l'acidificazione del suolo. Al diminuire del pH, l'aumentato numero di ioni idrogeno compete con i cationi nutrienti normalmente assorbiti delle piante (Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++}) provocando una diminuzione del loro assorbimento e un rilascio di questi nella soluzione circolante, esponendoli maggiormente all'azione di dilavamento. Sotto pH 5,5 viene inoltre ostacolato l'assorbimento da parte delle piante dell'azoto, del potassio, dello zolfo e del fosforo. In aggiunta l'idrossido di alluminio solido viene solubilizzato dai protoni acidificanti e nel terreno si liberano ioni d'alluminio solubili che sono altamente tossici per la corretta fisiologia delle radici vegetali. L'effetto generale è una diminuzione dell'apporto dei nutrienti e un'elevata tossicità per cui le piante che crescono su terreni molto acidi si indeboliscono notevolmente, esponendosi all'attacco di insetti, malattie e variazioni climatiche eccessive.

Gli effetti degli inquinanti acidi sugli ecosistemi variano a seconda delle caratteristiche dei terreni nelle aree interessate. In genere i suoli caratterizzati dalla presenza di rocce calcaree (come nella maggior parte dei suoli italiani) sono in grado di neutralizzare direttamente gli effetti delle piogge acide. L'abbassamento del pH nel terreno può anche causare la compromissione di molti processi microbiologici, fra i quali l'azotofissazione (il processo che comporta l'arricchimento del suolo di azoto tramite la fissazione dell'azoto molecolare atmosferico). Ci sono batteri azotofissatori non simbionti, come quelli appartenenti ai generi *Clostridium* e *Azotobacter*, e simbionti, come quelli del genere *Rhizobium*. Nel caso dei non simbionti, la diffusione è limitata solo dalla presenza di ossigeno, dato che sono batteri anaerobi, e la loro attività metabolica è possibile anche in suoli acidi ma solo fino a pH 5.5. I batteri del genere *Rhizobium* si insediano nelle radici dell'ospite, inducendo la formazione di tipici noduli radicali, e qui, dato che sono autotrofi solo per l'azoto, sottraggono diversi composti organici e sali minerali all'ospite, cedendogli però in cambio composti azotati. Questi batteri possono vivere ed operare anche in terreni acidi fino ad un pH di 4.2-4.5 (sebbene preferiscano suoli neutri o lievemente alcalini), ma necessitano di altri elementi quali Ca, P, Mo, Co, B, Fe.

ATTIVITÀ 3

ANALISI DEL TERRICCIO

(15 + 5 punti)

ATTENZIONE: gli esperimenti presenti in quest'attività possono essere svolti durante i tempi morti previsti nel corso dell'attività 4; le domane finali si collegano all'attività 2.

Analisi qualitativa dei nutrienti in un terriccio.

I tre elementi essenziali per le piante sono N, P e K. Per questa ragione sono chiamati macronutrienti e se necessario devono essere forniti alle piante sotto forma di fertilizzanti. La quantità di sostanza da aggiungere dipende non solo dallo stato chimico del suolo ma anche dalla struttura fisica, dalle coltivazioni in atto o precedenti attività microbiologiche o altro. Perciò la scelta della quantità appropriata di fertilizzanti può essere fatta solo dopo una valutazione tecnica e un'analisi chimica del terreno.

Infatti è interessante osservare che mentre un dosaggio insufficiente di nutrienti diminuisce la produzione, un eccesso può avere effetti negativi sulla fisiologia delle piante e sulla loro qualità. Un esempio fra tutti è un eccesso di azoto, che sfavorisce la formazione di strutture rigide (come il legno), mentre favorisce la formazione di strutture più morbide come il fogliame, i frutti e i nuovi getti. Ciò ha un effetto negativo sulla resistenza della pianta agli agenti meccanici ma anche nei confronti degli attacchi dei patogeni.

Mediante dei semplici test analizzerai il contenuto in un terriccio dei tre nutrienti fondamentali, e in particolare l'azoto nitrico (NO_3^- e NO_2^-), il fosforo da fosfati (PO_4^{3-}), il potassio (K^+). In aggiunta, determinerai il pH dello stesso terriccio. Il pH ha importanti effetti sull'abilità di un terreno di trattenere o rilasciare altri nutrienti, tra cui c'è per esempio il ferro, che è più solubile, e quindi assimilabile a pH più acidi. Dipende molto dal tipo di colture ma in generale è desiderabile un terreno neutro o lievemente acido, mentre un terreno basico tende a trattenere i nutrienti.

Procedura per l'analisi chimica del campione di suolo

Materiale

5 provette di vetro con tappo a vite, una delle quali già contenente una piccola quantità di liquido
1 provetta di plastica con tappo a vite blu, contenente la soluzione di estrazione
1 cartoccio di alluminio contenente un campione di terriccio
1 spatolina
3 bustine (tutte diverse) contenenti i reagenti per i test NPK
pipette graduate di plastica
in comune:
bilancia precisa
centrifuga
alluminio per pesate e trasferimento di campioni nelle provette
forbici

3.1. lettura delle carte colorimetriche

- Il pH e l'abbondanza di fosforo e di azoto vengono valutati attraverso analisi colorimetrica. Durante le analisi (descritte successivamente) si svilupperanno colori di intensità proporzionale al contenuto di azoto e fosforo nel campione e all'acidità del terriccio, che dovranno essere confrontati con quelli riportati sulla scala colorimetrica fornita. Il confronto deve essere fatto tenendo la fiala con la soluzione in esame a circa 2 cm dalla scala colorimetrica, con la luce dietro la carta.

Riportare sul foglio risposte, in base alla corrispondenza tra il colore osservato e quello riportato sulla carta, pH e abbondanza di azoto e fosforo.

Sono possibili anche valutazioni intermedie tra due valori presenti sulla carta.

- Il contenuto di potassio viene valutato con un metodo torbidimetrico. Durante l'analisi (descritta successivamente) si svilupperà una torbidità di intensità proporzionale al contenuto di potassio nel campione. Per leggere il risultato, tenere la fiala d'analisi contro la carta di lettura, (la lettura è più semplice avendo la luce alle spalle). La torbidità viene valutata guardando attraverso la fiala e osservando per quali tacche sulla carta di lettura è possibile vedere la linea bianca nel mezzo: l'ultima tacca per cui tale linea è visibile è quella che stabilisce l'entità del contenuto di potassio nel campione (riportare sul foglio risposte).

3.2. Esecuzione dei test

– Test pH

Aggiungere nella provetta contenente già 2,5 mL di indicatore di pH (colore verdolino-giallo) circa 0,2 g di campione di terreno. Chiudere la provetta e agitare delicatamente per 1 minuto. Dopo aver lasciato decantare per almeno 5 minuti valutare l'acidità del terreno confrontando il colore della soluzione soprastante la parte insolubile con la carta colorimetrica.

Mostrare ad un assistente la provetta accanto alla carta colorimetrica corrispondente. L'assistente apporrà una firma sul foglio risposte. ***Riportare il valore di pH sul foglio risposte.***

– Test azoto (N), fosforo (P), potassio (K)

3.2.1. Procedura generale di estrazione (per analisi di N, P e K):

Mettere nella provetta 7,5 mL di soluzione di estrazione (presente nella provetta di plastica con tappo blu) e ca. **0,5 g** di campione di terreno. Chiudere la provetta e agitare per 1 minuto, dopodiché centrifugare a 2500 rpm per 5 minuti. **Chiedere assistenza per usare la centrifuga.**

Nelle tre analisi che seguono utilizzerai delle miscele di reagenti presenti in tre bustine. Queste presentano una linea tratteggiata come indicazione su dove devono essere strappate o tagliate per aprirle. Per evitare di perdere il contenuto, prima di tagliare dai dei colpetti alla bustina in modo da far cadere tutto il materiale nell'unico angolo che non sarà tagliato.

Dopo l'apertura, allarga con attenzione i lembi della bustina e piegala delicatamente in modo da favorire il trasferimento di tutta la polvere dentro la provetta scelta.

3.2.2. Test azoto (N):

Trasferire 2,5 mL della soluzione ottenuta tramite la *procedura generale di estrazione* (al punto precedente) in un'altra provetta (fare attenzione a non trasferire terreno). Aggiungere nella nuova provetta il contenuto di una bustina di reattivo **HI3896-N**.

Riposizionare il tappo e agitare vigorosamente per 30 secondi. Lasciare a riposo per 30 secondi. Verificare la tonalità del colore rosa con la carta colorimetrica.

Mostrare ad un assistente la provetta accanto alla carta colorimetrica corrispondente. L'assistente apporrà una firma sul foglio risposte.

Riportare risultato del test N sul foglio risposte.

3.2.3. Test fosforo (P):

Trasferire 2,5 mL della soluzione ottenuta tramite la *procedura generale di estrazione* in un'altra provetta (fare attenzione a non trasferire terreno). Aggiungere nella nuova provetta il contenuto di una bustina di reattivo **HI3896-P**.

Riposizionare il tappo e agitare vigorosamente per 30 secondi. Lasciare a riposo per 1 minuto. Verificare la tonalità del colore blu con la carta colorimetrica.

Mostrare ad un assistente la provetta accanto alla carta colorimetrica corrispondente. L'assistente apporrà una firma sul foglio risposte.

Riportare il risultato del test P sul foglio risposte.

3.2.4. Test potassio (K):

Trasferire **0,5 mL** della soluzione ottenuta tramite la *procedura generale di estrazione* in un'altra provetta (fare attenzione a non trasferire terreno), **e aggiungere 2 mL di soluzione di estrazione**. Aggiungere in quest'ultima provetta il contenuto di una bustina di reattivo **HI3896-K**.

Riposizionare il tappo e agitare vigorosamente per 30 secondi. Si sviluppa un colore blu. Verificare l'intensità della torbidità sviluppata tramite la carta di lettura (come descritto precedentemente) **Mostrare ad un assistente la provetta accanto alla carta torbidimetrica corrispondente. L'assistente apporrà una firma sul foglio risposte.**

Riportare il risultato del test K sul foglio risposte.

3.3. Un tuo commento

Come valuti il terriccio dal punto di vista dei nutrienti? Suggeriresti di aggiungere dei fertilizzanti oppure di mescolarlo con terriccio con diverso contenuto di nutrienti? **Rispondi sul foglio risposte**.

Fertilità di un terreno.

In un terreno fertile l'elemento equilibratore che integra le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche è costituito dall'humus, derivato dalla degradazione dei residui vegetali e animali e dall'attività di sintesi dei microrganismi. Un terreno sano ospita una moltitudine di esseri viventi del mondo vegetale e animale: batteri, alghe, funghi, vermi, molluschi, artropodi e insetti. Anche alcuni vertebrati contribuiscono alla vita di quell'ecosistema, per esempio, la talpa, il toporagno e gli orbettini.

Materiale

Capsula petri in vetro con *Armadillidium vulgare* (isopode terrestre)

Lente d'ingrandimento, pennello, cucchiaio in plastica

Attività

Con la lente d'ingrandimento osserva attentamente la morfologia dell'*Armadillidium* un crostaceo terrestre, che si appallottola quando avverte un pericolo. Cerca in particolare di contare quante zampe possiede.

Foglio risposte

Quali organismi conosci che contribuiscono a rendere fertile un terreno, decomponendo la sostanza organica, rimuovendo la terra e scavando gallerie, metabolizzando le sostanze presenti?

4. (Un altro modo per) Misurare il numero di Avv.O.Gadro

(tot. 35 punti)

L'Avv. Oreste Gadro nel tempo libero si diletta di scienza. Ha già provato a contare le molecole in una mole spargendo macchie d'olio, ma non è molto soddisfatto del grado di precisione raggiunto.

Il suo amico Sig. Millikan sostiene di aver determinato con buona precisione il valore della carica di un elettrone (e = 1.602176487×10^{-19} C), curiosamente sempre pasticciando con delle goccioline d'olio.

L'Avv. conosce molto bene la legge dei gas e ricorda a memoria il valore di R fino alla settima cifra decimale (R = 8.3144598 dm^3 kPa K^{-1} mol^{-1}).

Ispirato dalle misure di pressione svolte dai periti per determinare la porosità del terriccio, ha un'idea: "proviamo con l'elettrolisi dell'acqua!" e mette in piedi l'esperimento, che però affida a te perché si è appena ricordato di dover correre in tribunale per l'ennesima udienza.

Svolgerai quindi un'elettrolisi dell'acqua in un recipiente chiuso. Misurerai le variazioni di pressione (e temperatura) che avverranno in seguito al passaggio di una corrente elettrica nota attraverso gli elettrodi della cella.

IMPORTANTE: questo esperimento prevede alcuni tempi morti dell'ordine dei 15-20 minuti. Puoi sfruttarli per svolgere nel frattempo gli esperimenti dell'attività 3 (analisi qualitativa dei nutrienti in un terriccio).

Cenni teorici

Se si applica una differenza di potenziale sufficientemente elevata (dell'ordine di pochi Volt) tra due elettrodi immersi in una soluzione salina acquosa, si può provocare la scissione dell'acqua (elettrolisi) in idrogeno e ossigeno gassosi (H_2 e O_2).

Per ogni due elettroni che attraverso il circuito elettrico raggiungono l'elettrodo negativo (catodo) si sviluppa una molecola di idrogeno, mentre per ogni quattro elettroni che lasciano l'elettrodo positivo (anodo) per proseguire lungo il circuito elettrico si sviluppa una molecola di ossigeno, secondo le due semireazioni seguenti (gli elettroni sono considerati a tutti gli effetti come dei reagenti o dei prodotti):

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$$

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$

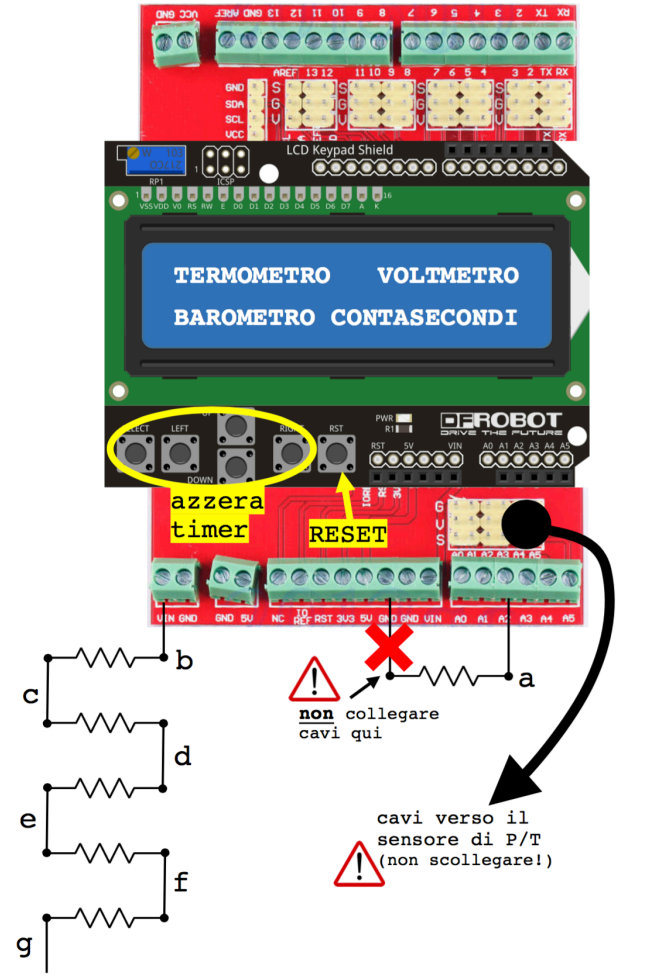
Gli ioni OH^- e gli ioni H^+ che si formano localmente migrano rapidamente verso l'altro elettrodo e si neutralizzano a vicenda ($H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$).

Domande iniziali:

1. Combinando le due semireazioni, bilancia **sul foglio risposte** la reazione complessiva dell'elettrolisi ottenuta coinvolgendo lo scambio di 4 elettroni.

$$____\ H_2O_{(l)} \xrightarrow{4e^-} ___\ H_{2(g)} + ___\ O_{2(g)}$$

2. Quante moli di gas si sviluppano complessivamente per ogni mole di elettroni che percorre il circuito? Chiama *K* questo coefficiente. Lo userai in seguito. **Rispondi sul foglio risposte**.
3. Definiamo *F* la carica di una mole di elettroni. Scrivi **sul foglio risposte** una espressione letterale che leghi *F*, il numero di Avogadro N_A e la carica di un elettrone *e*.
   Nota: dato che lo scopo dell'esperimento è proprio quello di misurarlo, fai finta che il valore di N_A per ora ti sia ignoto.
4. Scrivi sul **foglio risposte** l'equazione di stato dei gas perfetti.
5. A partire dall'equazione di stato dei gas perfetti, sul **foglio risposte** esprimi *n* in funzione di tutti gli altri parametri. Ti servirà più avanti.



Circuito elettrico, legge di Ohm
Sistema di acquisizione.

Il flusso di cariche elettriche attraverso un conduttore è chiamato corrente elettrica. La sua intensità è data dalla quantità di carica che attraversa il conduttore nell'unità di tempo.

Una corrente elettrica di intensità *I* che attraversa un resistore di resistenza *R*, genera una differenza di potenziale *V* ai suoi capi.

V, R, e I sono legati dalla **legge di Ohm**:

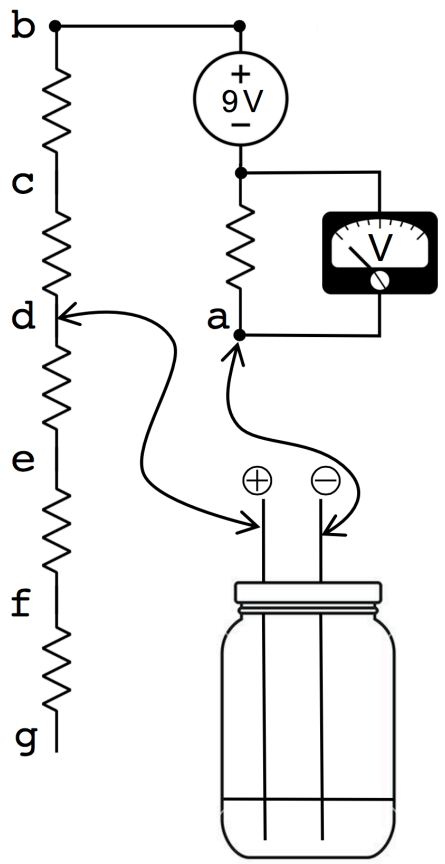
$$V = R \cdot I$$

dove, nelle unità del S.I., *V* è espressa in Volt (V), *R* in Ohm (Ω), *I* in Ampere (A).

Per poter svolgere l'elettrolisi, misurare la corrente e per svolgere le misure di pressione e temperatura utilizzerai un sistema di acquisizione dati basato su una scheda Arduino, come nella figura qui a fianco. **Lo schema elettrico equivalente è riportato sulla pagina seguente**.

Nelle quattro posizioni sul display sono riportati i valori di quattro grandezze che possono essere misurate con il sistema: **temperatura, pressione, differenza di potenziale, tempo**.

La tensione fornita dall'alimentatore è di circa 9 V, costante. Per consentirti di variare la corrente che attraversa la cella elettrolitica, puoi variare il numero di resistori in serie con essa, andando a collegarti in uno dei punti b-g del circuito con uno dei cavetti a coccodrillo. Questi cavetti sono rappresentati sullo schema elettrico con delle doppie frecce.



Ciascun resistore nel circuito è di circa 12 Ohm. L'unico il cui valore è stato misurato con precisione è quello ai cui capi è posto il voltmetro digitale (per la precisione, un convertitore analogico-digitale) dell'Arduino.

Poiché anche tale resistore è in serie, è attraversato dalla stessa corrente che percorre la cella elettrolitica. (Vedi schema elettrico).

Il valore preciso di questo resistore è riportato su un'etichetta sul tuo strumento.

Potrai quindi ricavare il valore della corrente che percorre la cella elettrolitica a partire dalla tensione misurata dal voltmetro, sfruttando la legge di Ohm vista prima.

Infine, la quantità di carica totale *Q* che attraversa la cella durante un certo tempo è espressa in Coulomb (C) ed è data dal prodotto

$$Q = I \cdot t$$

dove *I* è espressa in Ampere e *t* è il tempo in secondi.

Materiali

sul tuo bancone:
solfato di sodio
spruzzetta con acqua deionizzata
beuta da 250 mL
cilindro graduato da 100 mL
siringa contenente del grasso blu
vasetto grande per conserve
tappo per vasetto, modificato con elettrodi e sensore di pressione/temperatura
cappottino verde per il vasetto
due cavetti con pinze a coccodrillo
sistema di lettura dati basato su Arduino (una famosa scheda a microprocessore), con display

in comune nel laboratorio:
acqua deionizzata
lavandino con rubinetto
bilancia per pesare esclusivamente vasetti pieni o vuoti (identificata con un'etichetta)
bilance di varia precisione per pesare i reagenti (N.B. non reggono il peso dei vasetti)
un tappo per vasetti non modificato
termometro a immersione
carta assorbente
carta stagnola per le pesate

Procedura sperimentale

Fase I – preparazione della soluzione di elettrolita di solfato di sodio

1. Aggiungi circa **210 mL** di acqua deionizzata nella beuta contenente circa 5 g di solfato di sodio e mescola fino a completa dissoluzione del sale.
2. Lascia riposare mentre procedi con le fasi successive

Fase II – misurazione del volume interno di un vasetto

1. Asciuga da eventuali residui d'acqua il tappo non modificato che trovi presso le bilance
2. Usa la bilancia dedicata per pesare, insieme, il vasetto e il tappo non modificato. **Annota il peso sul foglio risposte.**
3. Riempi il vasetto con acqua di rubinetto, e misurane la temperatura con il termometro che trovi presso le bilance. **Annota la temperatura sul foglio risposte.**
4. Poggia il vasetto su una superficie orizzontale e, dopo averlo riempito fino all'orlo con acqua, tappalo avvitando il tappo non modificato. **N.B. non sforzare il tappo se la filettatura non si inserisce correttamente al primo colpo!**
5. Pesa il vasetto pieno sulla bilancia dedicata. **Annota il peso sul foglio risposte.**
6. Sfrutta i valori di densità dell'acqua riportati sul **grafico** (in fondo al testo) per determinare il volume interno del vasetto. **Annota il risultato e i calcoli sul foglio risposte.**
7. Vuota il vasetto nel lavandino e asciugane il più possibile l'interno, la filettatura e il tappo.
8. Riponi il tappo non modificato vicino alla bilancia. **Non impegnarlo per troppo tempo dato che deve essere condiviso con le altre squadre nella stanza.**
9. **Domanda:** come si spiega a livello macroscopico e microscopico il particolare andamento del grafico densità/temperatura per l'acqua? **Rispondi sul foglio risposte**.

Fase III – Inserimento della soluzione di elettrolita e prova di funzionamento dell'elettrolisi.

IMPORTANTISSIMO!: il coperchio modificato con il sensore non dovrà <u>mai</u> essere raggiunto dalla soluzione acquosa, pena il rischio di rendere inutilizzabile il sensore stesso. Maneggia sempre con attenzione il vasetto senza inclinarlo o rovesciarlo e senza generare schizzi al suo interno!

1. Misura esattamente circa 200 mL di soluzione di solfato di sodio e trasferiscili nel vasetto. **Riporta sul foglio risposte il volume effettivamente aggiunto**.
2. Inserisci il tappo modificato senza scollegare i cavi (qualora dovessero scollegarsi involontariamente, richiedi assistenza), e avvitalo fino in quasi in fondo senza stringere particolarmente forte.
3. Resetta il sistema di acquisizione premendo una volta il tasto RST (quello più a destra) e attendi che il display mostri dei valori numerici.
4. Collega i cavetti con coccodrillo nel seguente modo: uno tra la posizione **a** (polo negativo) e uno dei due elettrodi sul vasetto, l'altro prima tra la posizione **g** e l'altro elettrodo sul vasetto. Se il valore di tensione misurato dovesse essere sensibilmente inferiore a 700 mV, avvicina leggermente gli elettrodi immersi piegandoli, **ma senza farli toccare**: mantienili in

ogni caso distanti almeno 5 mm. Osserva lo sviluppo di gas agli elettrodi. Se il voltaggio misurato dovesse risultare zero, richiedi assistenza.
N.B. se decidi di piegare gli elettrodi, prima di svitare il tappo <u>stacca i coccodrilli</u>, ma lascia gli altri cavi attaccati!

5. Collega ora il secondo cavetto tra il secondo elettrodo e le altre posizioni **b-f**, osservando le tensioni sul display. Se la massima tensione riportata supera i 2300 mV, hai due alternative: o provi a distanziare lievemente gli elettrodi **(vale la stessa raccomandazione di poco sopra!)** oppure decidi di non usare più quella posizione di collegamento negli esperimenti futuri, perché la corrente che attraversa il resistore non è ideale per il suo funzionamento.
6. **Osservazione:** noti delle differenze nello sviluppo delle bollicine ai due elettrodi? Come le spiegheresti? Rispondi sul **foglio risposte**.

Fase IV – Preparazione degli esperimenti di elettrolisi

1. Se sei soddisfatto dei risultati fino a questo momento, puoi procedere agli esperimenti veri, ma prima ti conviene aggiungere un po' di grasso blu sulla guarnizione del coperchio per migliorare la tenuta. Senza esagerare, con la siringa stendi sul fondo del tappo (non sulla filettatura) una fascia di grasso spessa circa un millimetro scarso e larga circa 5 millimetri in corrispondenza della zona di contatto con il vetro, e avvitalo sul vasetto quasi fino in fondo.
N.B. non sforzare il tappo se la filettatura non si inserisce correttamente al primo colpo!
2. Inserisci il vasetto nel cappottino verde. **<u>Attenzione a non ribaltarlo!</u>** Chiudi il vasetto stringendo un po' meglio, ma mai così forte da faticare a riaprirlo.
3. Ora dovrai lasciarlo a riposo senza toccare il vetro o il coperchio, per almeno 20 minuti. Se vuoi, puoi azzerare il contasecondi premendo un tasto qualsiasi dei 5 più a sinistra.
Assicurati che gli elettrodi siano scollegati!
4. Secondo te perché bisogna attendere questo tempo prima di poter procedere con le misure vere e proprie? **Rispondi sul foglio risposte**.
5. Mentre attendi, puoi svolgere altre attività oppure fare alcuni calcoli:
    a. Determina il volume libero nel vasetto. Stima pari a circa 1,5 cm^3 il volume di tutte le parti sporgenti dal tappo (sensore, elettrodi, distanziatore). **Completa l'apposito spazio sul foglio risposte.**
    b. Familiarizza con le tabelle in cui riportare le misure e con i calcoli che dovrai svolgere in seguito.

Fase V – Primo esperimento di elettrolisi

1. Sul foglio risposte, annota nella prima tabella di raccolta dati i valori iniziali di temperatura e pressione al tempo iniziale.
2. Collega gli elettrodi come nelle prove di fase III, sfruttando la posizione **c**. Nel momento in cui chiudi il circuito, azzera il contasecondi e annota nella tabella la tensione misurata dallo strumento ai capi del resistore.
3. **Ogni 100 secondi** annota tutti i parametri sulla tabella, poi (anche in un secondo momento):
    a. ricava l'intensità di corrente;
    b. calcola le millimoli totali di gas presenti nel recipiente;
    c. calcola la variazione (Δmmol) delle millimoli rispetto al tempo t = 0;
    d. calcola la carica elettrica totale che ha attraversato il circuito dall'inizio dell'esperimento.

Assicurati che non vi siano perdite di pressione. Dovessi notare significative perdite di pressione, dovrai fermare l'esperimento e ripeterlo dopo aver stretto meglio il tappo, oppure dopo aver aggiunto ancora un po' di grasso nelle zone più sguarnite.

ATTENZIONE!!
Se il display dovesse cominciare a lampeggiare, vuol dire che per sicurezza conviene far uscire i gas accumulati nel vasetto. Ferma l'esperimento come indicato nei due punti seguenti, annotando però come tempo finale quello effettivo.

4. Quando il tempo raggiunge i 1000 s, scollega i coccodrilli e annota gli ultimi dati sulla tabella.
5. Senza rimuovere il vasetto dal cappotto, svita delicatamente ma rapidamente il tappo quel tanto che basta per riequilibrare la pressione interna e quella atmosferica. Riavvitalo e attendi almeno 10-15 minuti prima di svolgere un nuovo esperimento.
6. Mentre attendi, svolgi altre attività oppure completa i calcoli richiesti a margine della tabella, sul **foglio risposte**.

Fase VI – Ripetizioni dell'esperimento.

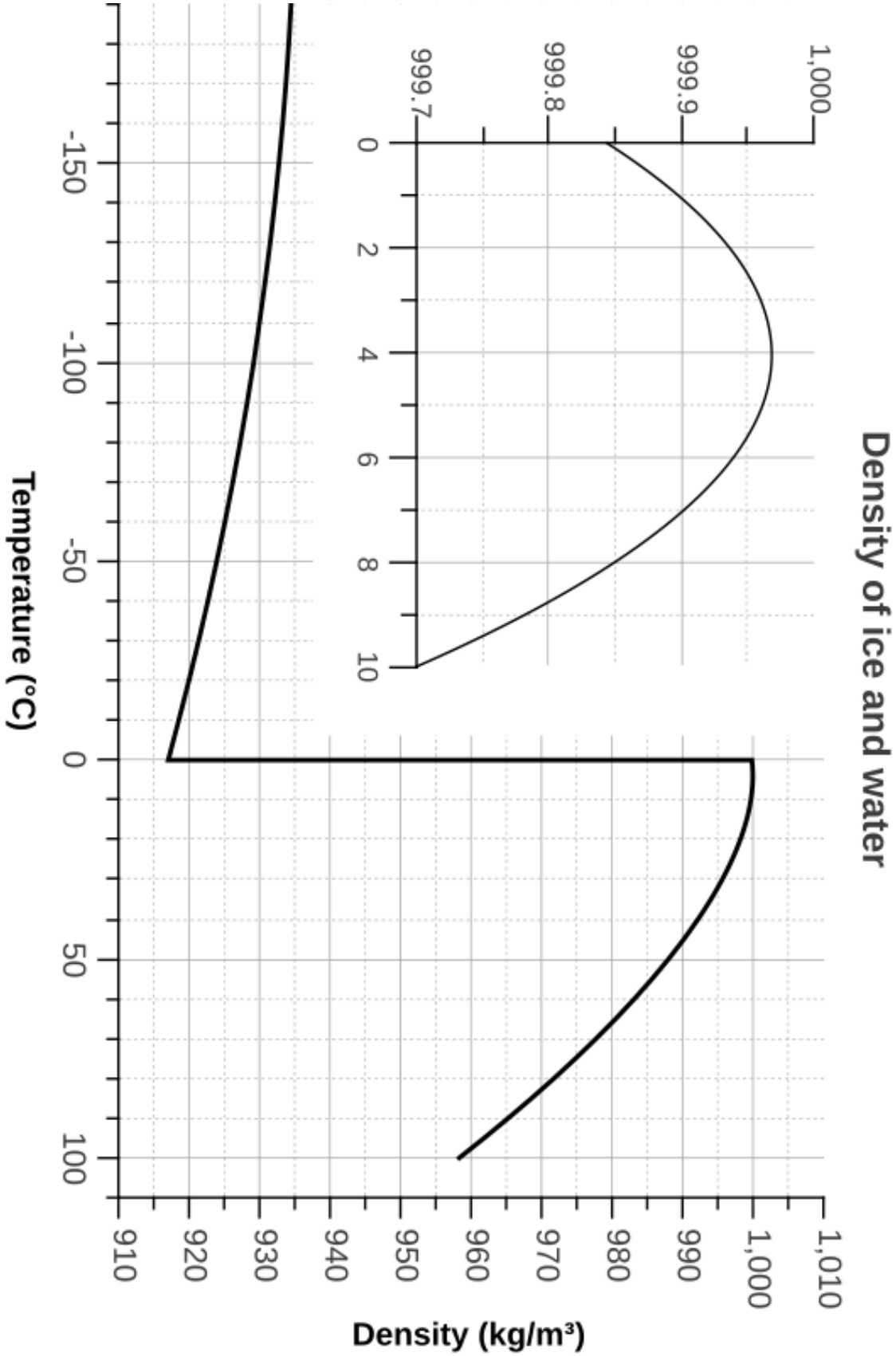
Dopo aver atteso il tempo necessario dall'ultimo esperimento, ripeti la procedura della fase V, cambiando la posizione di contatto del coccodrillo di sinistra (posizioni b-g) se vuoi valutare il comportamento del sistema al variare della corrente. Ti viene richiesto di svolgere l'esperimento **almeno tre volte in tutto**, provando almeno **tre** valori di corrente diversi.

Calcoli finali

Sul **foglio risposte**, svolgi i calcoli a margine delle tabelle per determinare ogni volta il valore del Numero di Avv.O.Gadro, e trai le tue conclusioni negli spazi appositi che seguono.

Domanda finale:

Mettendo a punto questo esperimento, inizialmente al posto del solfato di sodio Na_2SO_4 si era usato bicarbonato di sodio $NaHCO_3$ come elettrolita, ma con un risultato strano: veniva prodotto molto più gas del previsto! Ricordando quali ioni si sviluppano vicino a ciascun elettrodo e gli equilibri dei carbonati e bicarbonati in acqua, saresti in grado di spiegare questo comportamento?



fonte: Klaus-Dieter Keller, Wikipedia