

SCUOLA NORMALE SUPERIORE
AMMISSIONE AL I ANNO DEL CORSO ORDINARIO

PROVA DI MATEMATICA
PER STUDENTI DI MATEMATICA, FISICA E INFORMATICA

25 AGOSTO 2022

Problema 1. Nello spazio euclideo tridimensionale sono fissati due piani π e π' paralleli posti a distanza 1 l'uno dall'altro. Nel piano π si sceglie un segmento NM di lunghezza $\sqrt{2}$, nel piano π' un segmento $V'W'$ di lunghezza $\sqrt{2}$; si collegano N, M, V', W' in modo da formare un tetraedro T (non necessariamente regolare).

Determinate per quali scelte dei segmenti NM e $V'W'$ si ha che questo tetraedro ha il volume più grande possibile. Quanto vale il volume massimo?

(Sia VW la proiezione ortogonale di $V'W'$ sul piano π : per descrivere le posizioni ottimali, spiegate in quale posizione si trova VW rispetto a NM nel piano π .)

Problema 2. Chiamiamo A la semicirconferenza nel piano cartesiano che consiste dei punti del semipiano superiore a distanza 1 dall'origine. In altre parole, definiamo

$$A = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 = 1 \text{ e } y \geq 0\}.$$

Mostrate che non esiste un polinomio reale $p(x, y)$ in due variabili che si annulla in tutti e soli i punti di A , ossia che non esiste un polinomio reale $p(x, y)$ in due variabili tale che

$$A = \{(x, y) \mid p(x, y) = 0\}.$$

Problema 3. Fissiamo un intero n con $n \geq 2$, e siano a_1, \dots, a_n parametri reali. Consideriamo il sistema di equazioni

$$\begin{cases} x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_{n-1} + x_n = a_1 x_1 \dots x_n \\ x_1 + x_3 + x_4 + \dots + x_{n-1} + x_n = a_2 x_1 \dots x_n \\ x_1 + x_2 + x_4 + \dots + x_{n-1} + x_n = a_3 x_1 \dots x_n \\ \vdots \\ x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{n-2} + x_n = a_{n-1} x_1 \dots x_n \\ x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{n-2} + x_{n-1} = a_n x_1 \dots x_n \end{cases}$$

In altre parole, il sistema ha n indeterminate x_1, \dots, x_n , e n equazioni. La k -esima equazione ha a sinistra la somma di tutti gli x_i con l'eccezione di x_k , e a destra a_k moltiplicato per il prodotto di tutti gli x_i .

Fate vedere che, al variare di a_1, \dots, a_n , il sistema può avere

- 1) 1 oppure 2 soluzioni reali se n è pari,
- 2) 1 oppure 3 soluzioni reali se n è dispari.

(continua sul retro)

Problema 4. Per ogni numero reale negativo $a < 0$ definiamo il polinomio

$$F_a(x) = 2x^3 + ax + 1.$$

- 1) Dimostrate che F_a ha un'unica radice reale negativa (può avere anche radici positive, che non ci interessano). In seguito chiameremo $\phi(a)$ questa radice.
- 2) Considerate la successione definita per ricorrenza nel modo seguente:

$$\begin{cases} a_0 = a \\ a_{n+1} = \phi(a_n) \end{cases} \text{ per } n \geq 0.$$

Fate vedere che la successione a_n converge, e calcolatene il limite.

Problema 5. Stefania ha una scorta illimitata di caramelle, alcune all'arancia e altre alla fragola. Vuole preparare un sacchetto di $n + 2$ caramelle da regalare all'amica Cecilia e decide di farlo nel seguente modo. Come primo passo mette nel sacchetto vuoto una caramella all'arancia e una alla fragola. Poi compie n volte la seguente operazione: pesca una caramella a caso dal sacchetto, la osserva e la rimette nel sacchetto assieme a un'altra caramella (proveniente dalla scorta) dello stesso gusto di quella pescata.

- 1) Qual è la probabilità che Cecilia riceva k caramelle alla fragola, al variare di k fra 1 ed $n + 1$?
- 2) Sapendo che la caramella aggiunta al sacchetto subito dopo il primo passo è all'arancia, qual è la probabilità che le caramelle alla fragola ricevute da Cecilia siano di più di quelle all'arancia?

Problema 6. Dato un intero positivo k , sia $f(k)$ il numero di coppie ordinate (a, b) di interi positivi con $k = a^2b^3$. Per ogni intero positivo n , si definisca $F(n)$ come la somma di tutti i numeri $f(k)$ per $1 \leq k \leq n$. In altre parole, $F(n) = f(1) + \dots + f(n)$.

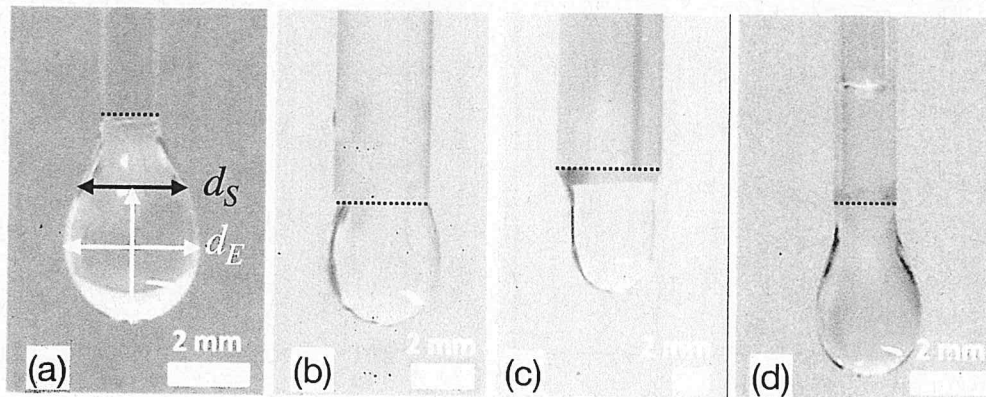
- 1) Dimostrate che esiste una costante reale $C > 0$ tale che $F(n) \leq C\sqrt{n}$ per ogni intero positivo n .
- 2) Diciamo che un intero positivo k è *quadratoso* se per ogni divisore primo p di k , anche p^2 è un divisore di k . Fate vedere che vi sono costanti reali positive α e β tali che il numero di interi quadratosi fra 1 ed n sia almeno $\alpha\sqrt{n}$ e al più $\beta\sqrt{n}$.

Nota: potete usare senza dimostrazione il fatto che dato un numero reale $t > 1$, la serie

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^t}$$

converge.

Esercizio 1. Assumendo di conoscere con grande precisione il valore della tensione superficiale tra l'acqua e l'aria, $\sigma_{\text{acqua}} \simeq 72 \times 10^{-3} \text{ N/m}$, si vuole misurare la tensione superficiale di un olio vegetale con l'aria attraverso il metodo della goccia pendente da un piccolo tubo. A tal fine vengono scattate delle foto di gocce pendenti (vedi figura) che si trovano in condizione di equilibrio meccanico e molto vicino alla situazione di distacco dal tubo. Le foto (a),(b),(c) mostrano gocce di acqua con tre differenti diametri del tubo, mentre la foto (d) mostra una goccia di olio vegetale, la cui tensione superficiale con l'aria è ignota allo sperimentatore. Per facilitare le estrazioni delle



misure dalle fotografie, vengono riportate in tabella le lunghezze di due segmenti [vedi figura (a)] che indicano rispettivamente il massimo diametro equatoriale della goccia (d_E), e il diametro della goccia misurato su un piano parallelo al piano equatoriale e posizionato a un'altezza d_S dal punto più basso della goccia (d_S).

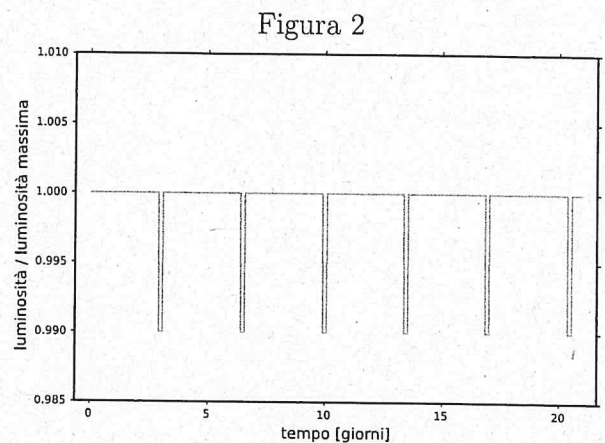
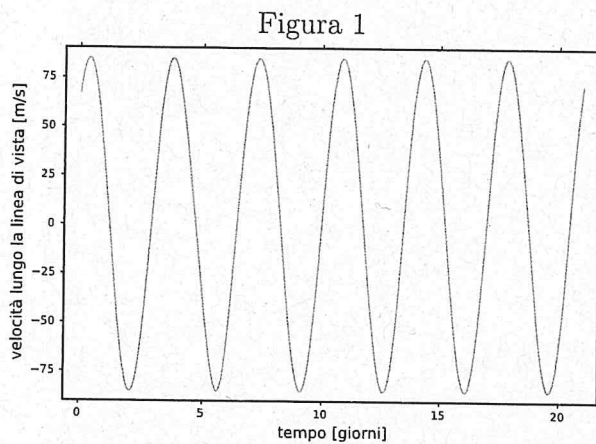
	(a) acqua	(b) acqua	(c) acqua	(d) olio
d_E [mm]	3.27 ± 0.11	3.59 ± 0.18	4.65 ± 0.28	2.54 ± 0.11
d_S [mm]	2.54 ± 0.11	2.97 ± 0.18	4.65 ± 0.28	2.16 ± 0.11

Una linea tratteggiata orizzontale è stata aggiunta per chiarezza in ogni foto per individuare la fine del tubo. Le densità dell'acqua e dell'olio (a temperatura ambiente) sono rispettivamente $\rho_{\text{acqua}} = 998 \text{ kg/m}^3$ e $\rho_{\text{olio}} = 930 \text{ kg/m}^3$. La densità dell'aria vale $\rho_{\text{aria}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$. L'accelerazione di gravità vale $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. La forza di gravità e la tensione superficiale sono gli unici elementi che contribuiscono a determinare l'equilibrio meccanico e la forma delle gocce. Determinare il valore della tensione superficiale dell'olio utilizzando i dati riportati in tabella, fornendo anche una stima dell'incertezza sulla misura effettuata.

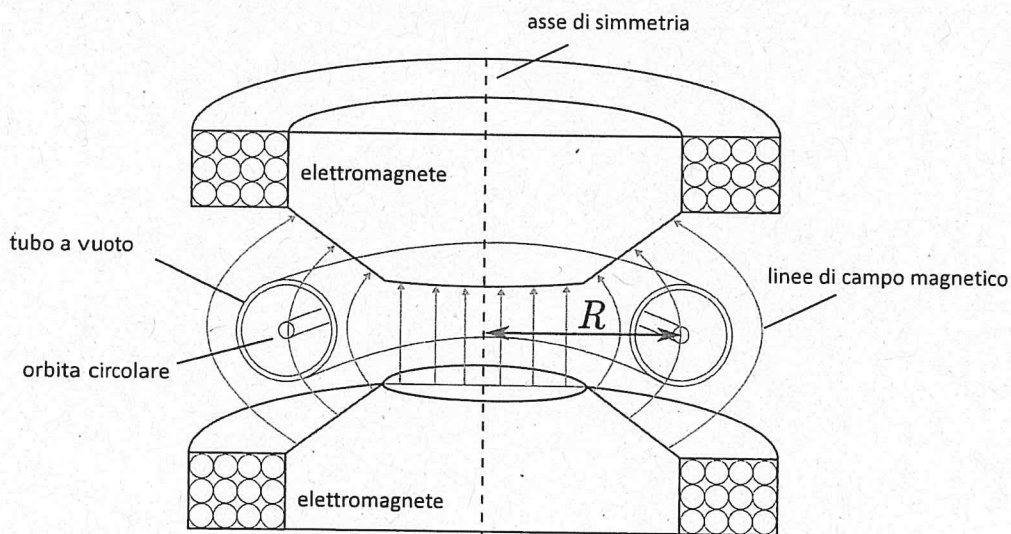
(altri esercizi sul retro)

Esercizio 2. Osservando una stella di massa $M = 1.1 M_*$ ($M_* \simeq 2 \cdot 10^{30}$ kg è la massa del Sole) si misura la sua velocità nella direzione della linea di vista in funzione del tempo. Il risultato è mostrato in figura 1. La luminosità osservata presenta una riduzione periodica, con lo stesso periodo, di circa l'1% (figura 2).

- (i) Descrivere qualitativamente il più semplice sistema che può essere responsabile di questo comportamento.
 - (ii) Determinare in modo quantitativo le caratteristiche del sistema, utilizzando M e i dati della figura 1.
- ($G_N \simeq 6.7 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg²)



Esercizio 3. Un betatrone è un acceleratore in cui particelle di carica q e massa m , che circolano in un tubo a vuoto di forma toroidale, sono mantenute in orbita circolare di raggio fissato R sul piano mediano di un elettromagnete a simmetria cilindrica (ossia con la geometria di un solido di rotazione) e vengono accelerate aumentando nel tempo l'intensità della corrente che genera il campo magnetico, e dunque l'intensità del campo stesso. Si assuma che il moto delle particelle sia non relativistico.



Determinare la relazione che a ogni dato istante deve sussistere tra il valor medio dell'intensità del campo sulla superficie del cerchio racchiuso dall'orbita e l'intensità del campo lungo l'orbita stessa, affinché sia possibile accelerare le particelle mantenendo costante il raggio dell'orbita.

(altri esercizi sul secondo foglio)

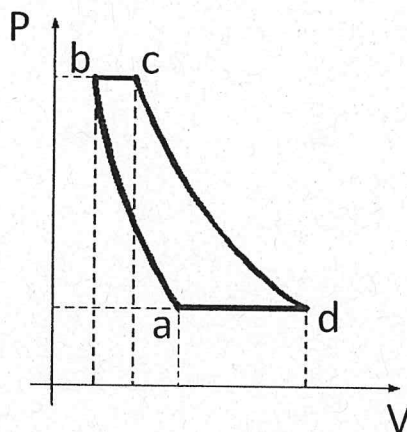
Esercizio 4. Un corpo nero assorbe senza riflettere tutta la radiazione incidente sulla sua superficie e contemporaneamente irradia una potenza pari a $W = \sigma AT^4$, dove A è l'area, T è la temperatura in kelvin e σ è la costante di Stefan-Boltzmann.

Una lastra circolare con spessore trascurabile rispetto al raggio si comporta come un corpo nero ed ha una delle due facce costantemente illuminata, in modo tale da assorbire sulla sua area A una potenza per unità di superficie P .

In condizioni di equilibrio la faccia illuminata e la faccia non illuminata hanno temperature rispettivamente T_1 e T_2 e c'è un flusso costante di calore dalla faccia illuminata alla faccia non illuminata.

Si determinino T_1 e T_2 in funzione degli altri parametri nell'approssimazione $(T_1 - T_2)/T_2 \ll 1$, usando un modello semplice e ragionevole con un coefficiente opportuno per la conduzione del calore nella lastra.

Esercizio 5. Una mole di un gas ideale avente rapporto dei calori specifici noto $\gamma = c_P/c_V$ compie il ciclo $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ schematizzato in figura nel piano pressione-volume. Le trasformazioni $a \rightarrow b$ e $c \rightarrow d$ sono adiabatiche reversibili, le trasformazioni $b \rightarrow c$ e $d \rightarrow a$ sono isobare reversibili.



- (i) Si rappresenti schematicamente il ciclo nel piano temperatura-entropia, determinando in particolare in quali punti del ciclo si raggiungono la temperatura massima T_h e quella minima T_l .
- (ii) Per valori fissati di T_h e T_l , si determini per quale valore del rapporto delle pressioni $\rho = P_b/P_a = P_c/P_d$ il lavoro fornito dal ciclo è massimo.
- (iii) Per il valore di ρ che massimizza il lavoro fornito, si determini il rendimento η del ciclo in funzione di T_h e T_l .

(Potrebbe essere utile l'informazione seguente: la funzione $f(x) = x + \alpha/x$, per $x > 0$ con $\alpha > 0$, ha il minimo nel punto $x = \sqrt{\alpha}$.)

SCUOLA NORMALE SUPERIORE
AMMISSIONE AL I ANNO DEL CORSO ORDINARIO

PROVA INTEGRATA DI MATEMATICA E FISICA
PER STUDENTI DI CHIMICA, BIOLOGIA, GEOLOGIA

25 AGOSTO 2022

Problema 1. Sia n un intero positivo, e siano a_1, \dots, a_n e $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ numeri reali. Consideriamo l'espressione

$$f(x) = a_1 \cos(\alpha_1 + x) + \dots + a_n \cos(\alpha_n + x).$$

Supponete che esista un numero reale q che non è un multiplo intero di π tale che $f(q) = f(0) = 0$. Fate vedere che $f(x) = 0$ per ogni numero reale x .

Problema 2. Dato un intero positivo r , siano d, n_1, \dots, n_r interi maggiori o uguale a 2. Supponiamo che tutti gli n_i dividano d , e che valga l'uguaglianza

$$\sum_{i=1}^r \frac{n_i - 1}{n_i} = 2 \frac{d - 1}{d}.$$

Trovate tutte le possibilità per r e per i numeri d, n_1, \dots, n_r .

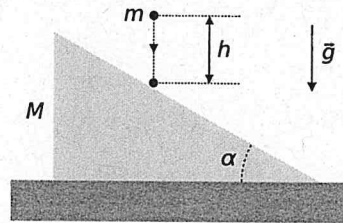
Problema 3. Siano A, B, C e D quattro punti nel piano, tali che nessuna retta contiene tre di questi. Supponiamo $\overline{AB} = \overline{CD}$ e $\overline{AD} = \overline{BC}$. Dimostrate che se i segmenti AB and CD si intersecano, allora i segmenti AC and BD sono paralleli.

Nota: Con \overline{AB} indichiamo la lunghezza del segmento AB .

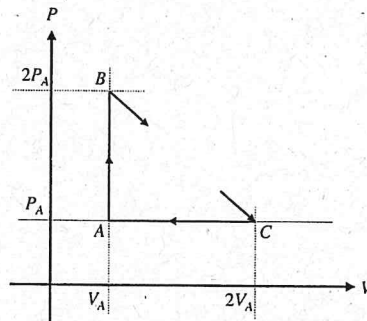
Problema 4. Si stimi la portata massima (in numero di autoveicoli per ora) di una strada a singola corsia, imponendo opportune condizioni di sicurezza. (Potrebbe essere utile l'informazione seguente: la funzione $f(x) = x + \alpha/x$, per $x > 0$ con $\alpha > 0$, ha il minimo nel punto $x = \sqrt{\alpha}$.)

(continua sul retro)

Problema 5. Una pallina di massa m e dimensioni trascurabili, inizialmente ferma, viene lasciata cadere verticalmente sotto l'effetto della gravità terrestre. Dopo aver percorso una distanza h urta in maniera elastica un piano inclinato di massa M , anche esso inizialmente fermo. Il piano inclinato può muoversi liberamente sul piano orizzontale senza attrito. L'angolo tra il piano inclinato e il piano orizzontale su cui poggia vale α . Non ci sono attriti tra la pallina e il piano inclinato durante l'urto. Calcolare la velocità del piano inclinato subito dopo l'urto con la pallina.



Problema 6. Si consideri la trasformazione ciclica di una mole di gas perfetto monoatomico indicata in figura,



dove $A \rightarrow B$ è una trasformazione isocora reversibile in cui la pressione del gas raddoppia, $B \rightarrow C$ una trasformazione ignota non necessariamente reversibile, e $C \rightarrow A$ una trasformazione isobara reversibile in cui il volume del gas si dimezza. Durante la trasformazione $B \rightarrow C$ il gas è isolato termicamente, per cui non in contatto con sorgenti esterne. Calcolare (i) il lavoro fatto sul gas nel ciclo e (ii) la variazione di entropia totale del sistema (gas e sorgenti) nel ciclo.

Ammissione al I anno - Corso Ordinario, Chimica. Anno Accademico 2022/23

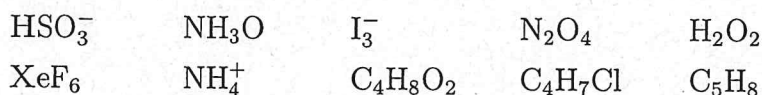
Prova Scritta di Chimica

26/08/2022

Esercizio 1

Per ognuna delle seguenti molecole o ioni, specificare:

- Formula di struttura e geometria spaziale;
- Eventuali isomeri;
- Ibridazione dell'atomo centrale;
- Se la molecola è chirale e se esistono elementi di simmetria.



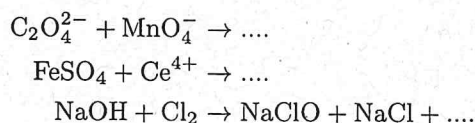
Esercizio 2

Si consideri la seguente semi-reazione: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

- Dopo averla bilanciata, scrivere la funzione che mette in relazione il potenziale di elettrodo E_H al pH assumendo che tutte le specie (ad eccezione di H^+) siano nel loro stato standard e sapendo che il potenziale standard di elettrodo E_H^0 della semi-reazione è +1.33 V.
- Impiegando la funzione ottenuta al punto precedente calcolare il potenziale di elettrodo a pH = 3 e a pH = 5.
- Si colleghi la semi-cella descritta in precedenza alla seguente semi-cella: $\text{Pt}|\text{Fe}^{2+}(\text{aq}; 0.09 \text{ M}), \text{Fe}^{3+}(\text{aq}; 0.01 \text{ M})$ il cui potenziale standard di elettrodo vale +0.77 V. Determinare per quale valore del pH della prima semi-cella il potenziale di cella ΔE si annulla.
- Determinare il valore della K_a dell'acido cloro-acetico utilizzando la seguente cella a concentrazione:
 $(-) \text{Pt}|\text{CH}_2\text{ClCOOH}(\text{aq}; 0.1 \text{ M})|\text{H}_2(\text{g}; 0.85 \text{ atm}) || \text{HCl}(\text{aq}; 0.1 \text{ M})|\text{H}_2(\text{g}; 0.85 \text{ atm})|\text{Pt} (+)$
sapendo che il potenziale di cella misurato è 0.0568 V.
- Progettare una cella elettrolitica per rivestire una sfera metallica inerte di 5.0 cm di raggio con uno strato di Ag dello spessore di 2 mm (densità argento, $d = 10.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Dire se facendo fluire una corrente di 5 A si raggiunge il rivestimento della sfera e in caso affermativo determinarne il tempo necessario.

Esercizio 3

Si bilancino le seguenti reazioni, aggiungendo reagenti/prodotti se necessario:



Esercizio 4

Si consideri un acido biprotico H_2A .

- Nel caso in cui H_2A sia un acido forte:
 - determinare il pH di una soluzione 0.010 M;
 - determinare quanti mL di una soluzione 0.010 M di NaOH sono necessari per neutralizzare 100 mL della soluzione al punto precedente;

- c. determinare la variazione di pH di una soluzione di 100 mL 0.100 M di H_2A a cui vengono aggiunti rispettivamente : 1) 25.0 mL di una soluzione 0.25 M di NaOH, 2) 50.0 mL di una soluzione 0.25 M di NaOH, 3) 75.0 mL di una soluzione 0.25 M di NaOH, 4) 85.0 mL di una soluzione 0.25 M di NaOH, 5) 95.0 mL di una soluzione 0.25 M di NaOH, 6) 100.0 mL di una soluzione 0.25 M di NaOH;
 - d. determinare i mL di soluzione 0.25 M di NaOH per raggiungere il punto di equivalenza della soluzione di cui sopra;
 - e. riportare i valori ottenuti ai punti c) e d) su un grafico (asse x: mL di soluzione di NaOH; asse y: pH).
- Nel caso in cui H_2A sia un acido debole con $K_{a1} = 1.8 \cdot 10^{-5}$, $K_{a2} = 4 \cdot 10^{-13}$:
 - a. determinare il pH di una soluzione 0.010 M;
 - b. determinare il pH della soluzione ottenuta aggiungendo a 25.0 mL di H_2A 0.010 M: 1) 10.0 mL di NaOH 0.010 M; 2) 12.5 mL di NaOH 0.010 M; 3) 20.0 mL di NaOH 0.010 M; 4) 25.0 mL di NaOH 0.010 M; 5) 30.0 mL di NaOH 0.010 M;
 - c. riportare i valori ottenuti al punto b) su un grafico (asse x: mL di soluzione di NaOH; asse y: pH).

Esercizio 5

A 25 °C del bromuro di iodio viene introdotto in un recipiente a volume costante fino a raggiungere la pressione di 0.50 atm, prima che si verifichi qualsiasi reazione.

Quando la reazione $2IBr(g) \rightleftharpoons I_2(s) + Br_2(g)$ raggiunge l'equilibrio (a 25 °C), la pressione parziale del bromo è 0.17 atm.

- a. Trovare la costante di equilibrio K_p della reazione.
- b. Una volta raggiunto l'equilibrio, la pressione parziale del vapore di iodio è costante e vale $4.0 \cdot 10^{-4}$ atm. Determinare la pressione parziale del bromo nella miscela di equilibrio assumendo che esso non condensi.

Esercizio 6

Dissertazione: Il legame chimico: aspetti qualitativi e teorie proposte per interpretarlo.

Standard and Formal Electrode Potentials

Half-Reaction	E° , V*	Formal Potential, V†
Aluminum		
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Al}(s)$	-1.662	
Antimony		
$\text{Sb}_2\text{O}_5(s) + 6\text{H}^{+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{SbO}^{+} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.581	
Arsenic		
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+0.559	0.577 in 1 M HCl, HClO ₄
Barium		
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ba}(s)$	-2.906	
Bismuth		
$\text{BiO}^{+} + 2\text{H}^{+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Bi}(s) + \text{H}_2\text{O}$	+0.320	
$\text{BiCl}_4^{-} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Bi}(s) + 4\text{Cl}^{-}$	+0.16	
Bromine		
$\text{Br}_2(l) + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{Br}^{-}$	+1.065	1.05 in 4 M HCl
$\text{Br}_2(aq) + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{Br}^{-}$	+1.087†	
$\text{BrO}_3^{-} + 6\text{H}^{+} + 5\text{e}^{-} \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Br}_2(l) + 3\text{H}_2\text{O}$	+1.52	
$\text{BrO}_3^{-} + 6\text{H}^{+} + 6\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Br}^{-} + 3\text{H}_2\text{O}$	+1.44	
Cadmium		
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-0.403	
Calcium		
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ca}(s)$	-2.866	
Carbon		
$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$ (quinone) + $2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$	+0.699	0.696 in 1 M HCl, HClO ₄ , H ₂ SO ₄
$2\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-0.49	
Cerium		
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$		+1.70 in 1 M HClO ₄ ; +1.61 in 1 M HNO ₃ ; 1.44 in 1 M H ₂ SO ₄
Chlorine		
$\text{Cl}_2(g) + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{Cl}^{-}$	+1.359	
$\text{HClO} + \text{H}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Cl}_2(g) + \text{H}_2\text{O}$	+1.63	
$\text{ClO}_3^{-} + 6\text{H}^{+} + 5\text{e}^{-} \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Cl}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}$	+1.47	
Chromium		
$\text{Cr}^{3+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0.408	
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cr}(s)$	-0.744	
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{+} + 6\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1.33	
Cobalt		
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Co}(s)$	-0.277	
$\text{Co}^{3+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	+1.808	
Copper		
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	+0.337	
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{+}$	+0.153	
$\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	+0.521	
$\text{Cu}^{2+} + \text{I}^{-} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{CuI}(s)$	+0.86	
$\text{CuI}(s) + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}(s) + \text{I}^{-}$	-0.185	

continues

Fluorine		
$F_2(g) + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2HF(aq)$	+3.06	
Hydrogen		
$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)$	0.000	-0.005 in 1 M HCl, HClO ₄
Iodine		
$I_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	+0.5355	
$I_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	+0.615 ²	
$I_3^- + 2e^- \rightleftharpoons 3I^-$	+0.536	
$ICl_2^- + e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}I_2(s) + 2Cl^-$	+1.056	
$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}I_2(s) + 3H_2O$	+1.196	
$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}I_2(aq) + 3H_2O$	+1.178 ²	
$IO_3^- + 2Cl^- + 6H^+ + 4e^- \rightleftharpoons ICl_2^- + 3H_2O$	+1.24	
$H_5IO_6 + H^+ + 2e^- \rightleftharpoons IO_3^- + 3H_2O$	+1.601	
Iron		
$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe(s)$	-0.440	
$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	+0.771	0.700 in 1 M HCl; 0.732 in 1 M HClO ₄ ; 0.68 in 1 M H ₂ SO ₄
$Fe(CN)_6^{3-} + e^- \rightleftharpoons Fe(CN)_6^{4-}$	+0.36	0.71 in 1 M HCl; 0.72 in 1 M HClO ₄ , H ₂ SO ₄
Lead		
$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s)$	-0.126	-0.14 in 1 M HClO ₄ ; -0.29 in 1 M H ₂ SO ₄
$PbO_2(s) + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2H_2O$	+1.455	
$PbSO_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s) + SO_4^{2-}$	-0.350	
Lithium		
$Li^+ + e^- \rightleftharpoons Li(s)$	-3.045	
Magnesium		
$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg(s)$	-2.363	
Manganese		
$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mn(s)$	-1.180	
$Mn^{3+} + e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}$		1.51 in 7.5 M H ₂ SO ₄
$MnO_2(s) + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2H_2O$	+1.23	
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$	+1.51	
$MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \rightleftharpoons MnO_2(s) + 2H_2O$	+1.695	
$MnO_4^- + e^- \rightleftharpoons MnO_4^{2-}$	+0.564	
Mercury		
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg(l)$	+0.788	0.274 in 1 M HCl; 0.776 in 1 M HClO ₄ ; 0.674 in 1 M H ₂ SO ₄
$2Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg_2^{2+}$	+0.920	0.907 in 1 M HClO ₄
$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg(l)$	+0.854	
$Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg(l) + 2Cl^-$	+0.268	0.244 in sat'd KCl; 0.282 in 1 M KCl; 0.334 in 0.1 M KCl
$Hg_2SO_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg(l) + SO_4^{2-}$	+0.615	
Nickel		
$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni(s)$	-0.250	
Nitrogen		
$N_2(g) + 5H^+ + 4e^- \rightleftharpoons N_2H_5^+$	-0.23	
$HNO_2 + H^+ + e^- \rightleftharpoons NO(g) + H_2O$	+1.00	
$NO_3^- + 3H^+ + 2e^- \rightleftharpoons HNO_2 + H_2O$	+0.94	0.92 in 1 M HNO ₃
Oxygen		
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	+1.776	
$HO_2^- + H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 3OH^-$	+0.88	
$O_2(g) + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	+1.229	
$O_2(g) + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2$	+0.682	
$O_3(g) + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons O_2(g) + H_2O$	+2.07	
Palladium		
$Pd^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pd(s)$	+0.987	

continues

Platinum		
$\text{PtCl}_4^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pt}(s) + 4\text{Cl}^-$	+0.755	
$\text{PtCl}_6^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons \text{PtCl}_4^{2-} + 2\text{Cl}^-$	+0.68	
Potassium		
$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}(s)$	-2.925	
Selenium		
$\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{Se}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.740	
$\text{SeO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+1.15	
Silver		
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s)$	+0.799	0.228 in 1 M HCl; 0.792 in 1 M HClO ₄ ; 0.77 in 1 M H ₂ SO ₄
$\text{AgBr}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{Br}^-$	+0.073	
$\text{AgCl}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{Cl}^-$	+0.222	0.228 in 1 M KCl
$\text{Ag}(\text{CN})_2^- + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + 2\text{CN}^-$	-0.31	
$\text{Ag}_2\text{CrO}_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Ag}(s) + \text{CrO}_4^{2-}$	+0.446	
$\text{AgI}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{I}^-$	-0.151	
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0.017	
Sodium		
$\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(s)$	-2.714 ^a	
Sulfur		
$\text{S}(s) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(g)$	+0.141	
$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{S}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.450	
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+0.172	
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0.08	
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}$	+2.01	
Thallium		
$\text{Tl}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Tl}(s)$	-0.336	-0.551 in 1 M HCl; -0.33 in 1 M HClO ₄ , H ₂ SO ₄
$\text{Tl}^{3+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Tl}^+$	+1.25	0.77 in 1 M HCl
Tin		
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s)$	-0.136	-0.16 in 1 M HClO ₄
$\text{Sn}^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	+0.154	0.14 in 1 M HCl
Titanium		
$\text{Ti}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ti}^{2+}$	-0.369	
$\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	+0.099	0.04 in 1 M H ₂ SO ₄
Uranium		
$\text{UO}_2^{2+} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.334	
Vanadium		
$\text{V}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{V}^{2+}$	-0.255	
$\text{VO}^{2+} + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	+0.337	
$\text{V}(\text{OH})_4^- + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{VO}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	+1.00	1.02 in 1 M HCl, HClO ₄
Zinc		
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-0.763	

^aG. Milazzo, S. Caroli, and V. K. Sharma, *Tables of Standard Electrode Potentials*, London: Wiley, 1978.

^bE. H. Swift and E. A. Butler, *Quantitative Measurements and Chemical Equilibria*, New York: Freeman, 1972.

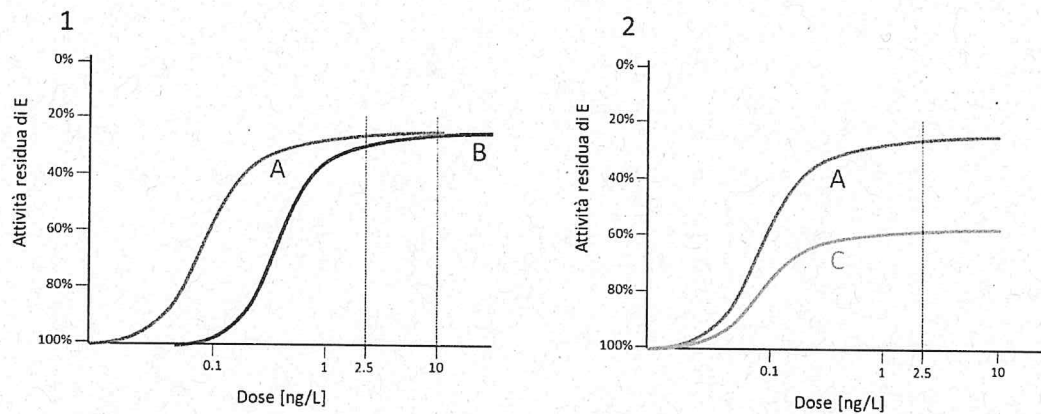
^cThese potentials are hypothetical because they correspond to solutions that are 1.00 M in Br₂ or I₂. The solubilities of these two compounds at 25°C are 0.18 M and 0.0020 M, respectively. In saturated solutions containing an excess of Br₂(l) or I₂(s), the standard potentials for the half-reaction Br₂(l) + 2e⁻ ⇌ 2Br⁻ or I₂(s) + 2e⁻ ⇌ 2I⁻ should be used. In contrast, at Br₂ and I₂ concentrations less than saturation, these hypothetical electrode potentials should be used.

Concorso ammissione 1 Anno corso ordinario. Classe di Scienze Biologiche.

Prova di Biologia

Rispondere ai seguenti questi in forma **concisa** e con **calligrafia leggibile**. Il candidato ha facoltà di argomentare anche tramite l'ausilio di grafici e/o disegni.

PROBLEMA 1. I seguenti grafici mostrano le curve dose-effetto che riportano l'attività residua di un dato enzima (E) in presenza di concentrazioni crescenti di 3 diversi inibitori (A, B, C).



GRAFICI PROBLEMA 1

- In riferimento al grafico 1, commentare e suggerire una possibile spiegazione per le differenze tra gli effetti di A e di B.
- Incubando E con una miscela di 2.5 ng di A e con 10 ng di B l'attività enzimatica residua non è diversa da quella misurata quando E è incubato con A o B singolarmente. Fornire una possibile spiegazione.
- Nel grafico 2, l'effetto di A è confrontato con l'effetto di un terzo inibitore C. In questo caso, incubando E con una miscela di 2.5 ng di A e con 2.5 ng di C, è maggiormente plausibile che l'attività enzimatica residua sia minore, sia maggiore o sia uguale a quella misurata incubando E con solo 2.5 ng di A? Motivare la risposta.

PROBLEMA 2. Due neuroni (neurone A e neurone B) vengono posti nella stessa piastra di coltura. Essi sono però separati da un setto che consente il passaggio solo di piccole molecole, assicurando in tal modo che la composizione del mezzo di coltura sia identica nei due compartimenti della camera di coltura (vedi disegno).
Nota: ciò che segue non va considerato come la descrizione di un esperimento realmente eseguito, o eseguibile, ma come un esercizio teorico.

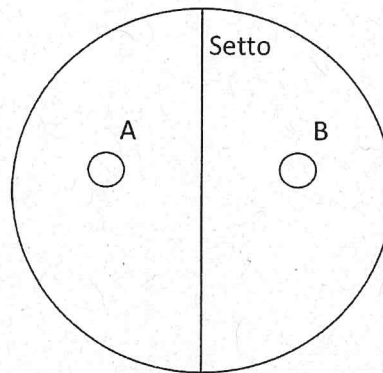


FIGURA PROBLEMA 2

- a. Somministrando il neurotrasmettitore N nel mezzo di coltura e registrando l'attività elettrica dei due neuroni con due elettrodi separati si osserva una depolarizzazione di A ed una concomitante iperpolarizzazione di B. Fornire una possibile spiegazione.
- b. Durante la sperimentazione, il setto che separa i due compartimenti viene rimosso e immediatamente si ripete l'esperimento. È plausibile osservare nuovamente lo stesso effetto? Motivare la risposta.
- c. Senza apportare ulteriori variazioni, l'esperimento viene ripetuto a distanza di una settimana. Si utilizza una micropipetta che espelle una piccolissima quantità di neurotrasmettitore N nelle immediate vicinanze di B. Anche in questo caso si osserva una iperpolarizzazione di B. Se però N viene somministrato nel mezzo di coltura, ammettendo che la diffusione di N sia immediata, si osserva una depolarizzazione di A e una iniziale concomitante iperpolarizzazione di B, rapidamente (dopo 2 ms) seguita da una depolarizzazione di B. Fornire almeno una possibile spiegazione per questo fenomeno.
- d. Nella medesima situazione descritta in c., si inserisce un elettrodo stimolante in A (quindi solo A viene stimolato) e si registra la risposta elettrica evocata in B con un secondo elettrodo. Alla luce del risultato dell'esperimento c., che tipo di risposta elettrica è più plausibile? Cosa accadrebbe se il setto fosse nuovamente inserito?

PROBLEMA 3. In una scena del delitto viene ritrovata una quantità di sangue fresco di diversi millilitri e nessun'altra traccia. La Polizia scientifica preleva un piccolo campione per l'analisi del DNA e congela il resto. L'analisi del DNA rivela una corrispondenza con una coppia di gemelli omozigoti. I due gemelli sono stati separati alla nascita e quindi sono stati esposti ad ambienti diversi. Dopo aver consultato un esperto di medicina forense, si decide quindi di prelevare campioni di sangue da entrambi i gemelli. La Polizia e l'esperto consultato sono convinti che esista almeno un modo per identificare chi dei due gemelli è stato ferito sulla scena del crimine. Descrivi almeno una differenza biologica tra gemelli omozigoti che potrebbe essere utilizzata per identificare l'assassino.

PROBLEMA 4. I pesci mostrati nella foto a sinistra sono dei Guppy (*Poecilia reticulata*). L'individuo colorato e più piccolo è il maschio. Questi pesci sono originari del Centro America dove vivono in piccoli corsi di acqua dolce e sono predati da altri pesci. Tali pesci sono anche caratterizzati da grande variabilità della colorazione dei maschi che è controllata a livello genetico e sono stati usati in passato come organismo modello per studiare l'ereditarietà delle livree.

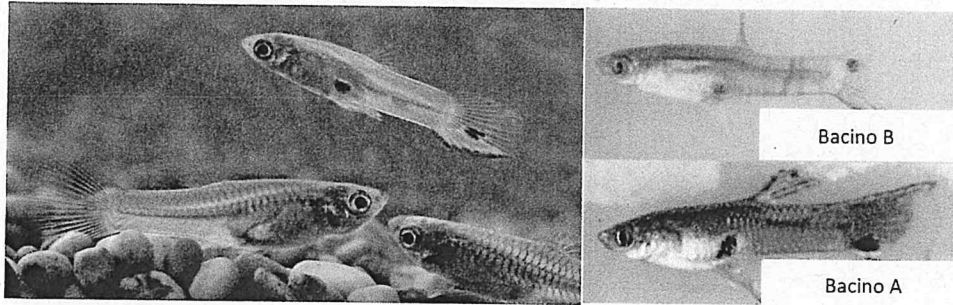


FIGURA PROBLEMA 4. Sinistra: Foto di Per Harald Olsen - Opera propria, CC BY 3.0, (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9997976>) Destra: adattato da <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/guppies-small-fish-live-streams-trinidad-areas-caribbean-parts-south-america-within-native-q58560766>

La determinazione del sesso in questa specie è genetica ed il genere eterogametico è quello maschile, ovvero il genotipo del maschio è XY e quello della femmina è XX.

- a. Quale è il rapporto atteso tra maschi e femmine alla nascita?
- b. In condizioni naturali e in presenza di predatori si osserva che il rapporto tra maschi adulti e femmine adulte è di 1:3. Come spieghereste questo fenomeno?
- c. Un gruppo di Guppy appena nati viene trasferito in un bacino artificiale privo di altre specie e coperto da una rete per evitare la predazione da parte di uccelli. Che proporzione tra maschi e femmine prevedete di osservare? I risultati di questo esperimento possono essere utilizzati per sostenere l'ipotesi che avete avanzato in b.?
- d. La popolazione descritta in c. viene ora seguita per alcune generazioni. Si osserva come l'intensità della colorazione dei maschi aumenti in maniera misurabile col trascorrere delle generazioni. A questo punto la popolazione viene separata in due diversi bacini, uno simile a quello descritto in c. (bacino A) ed uno in cui sono stati introdotti i loro predatori naturali (bacino B). Queste popolazioni vengono seguite per alcune generazioni e si osserva che la popolazione nel bacino B evolve sviluppando una colorazione meno intensa di quella del bacino A (foto a destra). I risultati di questo esperimento sono compatibili con l'ipotesi che avete avanzato in b.?
- e. I Guppy sono pesci ovovipari, ovvero le uova vengono incubate dalla madre che partorisce piccoli vivi. Un certo numero di femmine vergini vengono poste ognuna in una vasca con un maschio del Bacino A e un maschio del Bacino B. I maschi vengono poi rimossi e si attende la nascita della progenie. Tramite analisi del DNA si rivela la paternità di ogni pesce nato. Vi attendete che il rapporto tra figli dei due tipi di maschi (Bacino A e Bacino B) sia circa 1:1 oppure sia sbilanciato in favore di uno dei due? Motivare la risposta.

PROBLEMA 5. La calopsite (*Nymphicus hollandicus*), mostrata nella foto a sinistra, è una specie di pappagalli per la quale sono state identificate diverse mutazioni che coinvolgono la livrea.

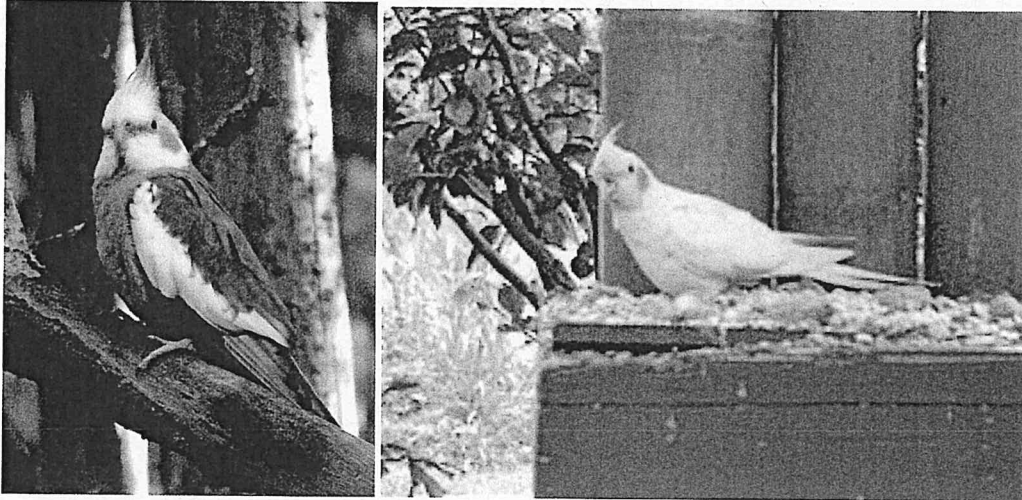


FIGURA PROBLEMA 5. Immagini riprodotte in base a CC 3.0. Immagine a sinistra: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nymphicus_hollandicus_2.jpg. Immagine a destra: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schwaigern_Nymphicus_hollandicus_2013_Leintalzoos.JPG

Una mutazione è detta "lutino" (foto a destra) e comporta la scomparsa della pigmentazione scura, gli individui affetti mantengono il colore giallo e arancione sulla testa e gli occhi appaiono rossi se illuminati direttamente. Anche le zampe presentano un colore rosa.

- a. Fornire una possibile spiegazione per questo fenotipo oculare.
- b. I seguenti incroci risultano nei seguenti fenotipi:

F1m: maschio lutino con una femmina selvatica (ovvero priva di mutazioni anche in eterozigosi). 100% femmine con fenotipo lutino e 100% dei maschi con fenotipo selvatico.

F1f: femmina lutino con un maschio selvatico.

100% individui con fenotipo selvatico.

B1: femmina lutino con un maschio F1m.

50% di individui lutino e 50% con fenotipo selvatico.

Descrivere l'ereditarietà del tratto lutino

Una seconda mutazione è detta "faccia bianca" ed è priva di colore giallo o arancione mentre il colore grigio scuro è preservato. Gli occhi e le zampe sono normalmente pigmentati. Uno schema di incroci che richiede più generazioni e che parte da un individuo "faccia bianca" e un individuo lutino è in grado di generare alcuni individui completamente bianchi, ovvero privi sia della colorazione grigia del corpo sia di quella giallo/arancione della testa.

- c. In base a questi risultati, cosa si può dedurre circa il numero minimo di pigmenti distinti nella calopsite?
- d. I seguenti incroci risultano nei seguenti fenotipi:

M: due individui "faccia Bianca".

100% individui "faccia bianca"

F1: un individuo "faccia Bianca" e un individuo selvatico

100% individui selvatici

BW1: un individuo "faccia Bianca" e un individuo F1

50% individui "faccia Bianca"

C1: un maschio "faccia Bianca" e una femmina lutino

100% individui selvatici

In base a questi risultati, proporre uno schema di incroci successivi per generare il 100% di individui bianchi.

PROBLEMA 6. Un essere umano adulto è composto da circa 10^{13} cellule, tutte derivate da un singolo uovo fecondato per successive divisioni cellulari.

- a. Supponendo che tutte le cellule continuino a dividersi (come i batteri nel mezzo di coltura), quante generazioni di divisioni cellulari sarebbero necessarie per produrre 10^{13} cellule?
- b. Le cellule umane in coltura si dividono circa una volta al giorno. Supponendo che tutte le cellule continuino a dividersi a questa velocità durante la gestazione e il successivo sviluppo postnatale, quanto tempo sarebbe sufficiente per generare un organismo adulto?
- c. Perché, secondo te, gli esseri umani adulti impiegano più tempo per completare il loro sviluppo di quanto potrebbero suggerire questi calcoli?