

Ad Un Passo Dalla Finale EUSOit 2019

Tema di CHIMICA

Per risolvere i quesiti e i problemi proposti utilizza i valori delle masse atomiche relative presenti nella tavola periodica riportata in fondo alla Parte A.

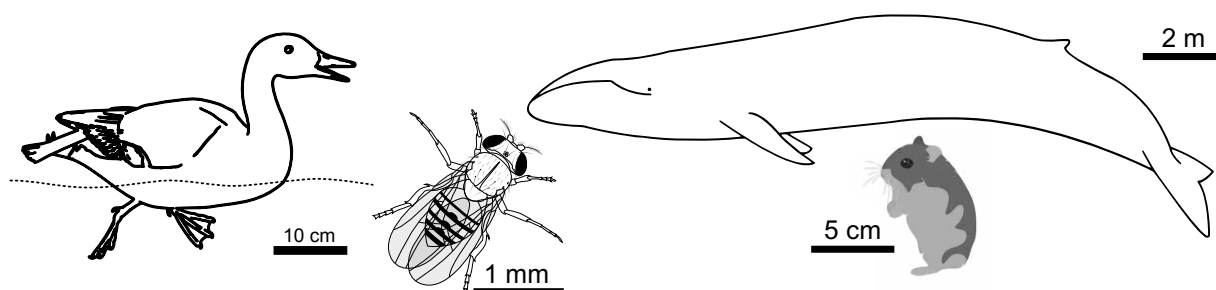
Parte A

20 quesiti a risposta chiusa

Leggi il testo con molta attenzione. Ciascun quesito ha una sola risposta corretta.

Ogni risposta corretta vale 2,5 punti, mentre ogni errore comporta una penalizzazione di 0,7 punti.

Riporta nell'apposita griglia sul foglio risposte le lettere corrispondenti alle risposte scelte, **facendo molta attenzione a non fare errori di trascrizione.**



◆**Chi1.** Una papera pesa circa 1 milione di volte un moscerino della frutta, che pesa circa 1 mg.

Il criceto nano pesa circa il 2,5% di una papera.

La balenottera azzurra infine pesa all'incirca come 100000 papere.

Quale delle seguenti quantità ha la massa più simile a quella della Terra? ($M_T = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg)

$$1 \text{ nanomole} = 10^{-9} \text{ moli}; N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

- A) 10 moli di papere
- B) 10 moli di criceti nani
- C) 10 moli di moscerini della frutta
- D) 10 nanomoli di balenottere azzurre

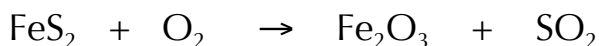
◆**Chi2.** Negli oceani di tutta la Terra vivono, in base alle stime più ottimistiche, circa 12000 balenottere azzurre. Il volume totale degli oceani è di circa 1370 milioni di km^3 . Qual è il valore della concentrazione molare media delle balenottere azzurre negli oceani?

- A) $1,5 \cdot 10^{-44}$ M B) $1,5 \cdot 10^{-41}$ M C) $1,5 \cdot 10^{-38}$ M D) $1,5 \cdot 10^{-35}$ M

◆**Chi3.** Contiene più atomi di idrogeno 1 kg di...

- A) C_6H_6 B) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ C) AlH_3 D) LiH

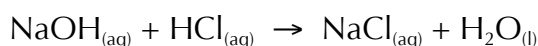
◆**Chi4.** Bilancia la seguente reazione:



Fai in modo che i coefficienti stechiometrici siano anche i più piccoli interi possibili, dividendoli quindi tutti per il massimo comun divisore qualora non lo fossero, o moltiplicandoli per un fattore comune qualora fossero delle frazioni. Qual è il valore della somma dei 4 coefficienti stechiometrici?

- A) 12 B) 13 C) 25 D) nessuno dei precedenti

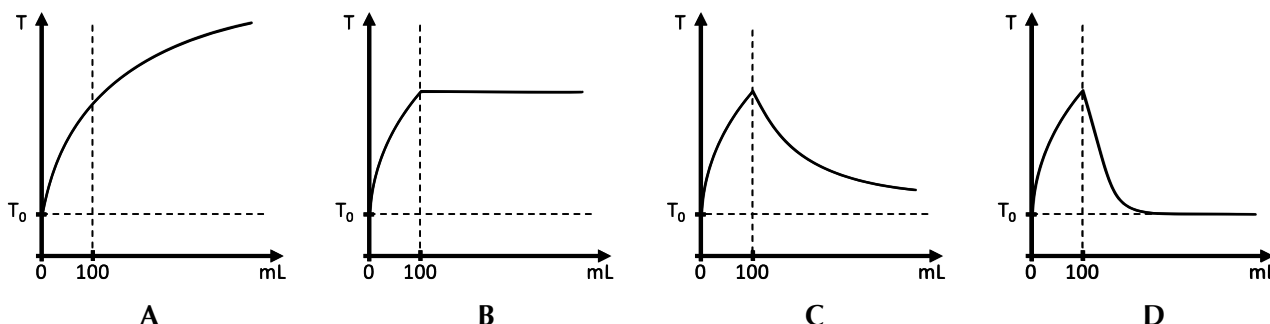
◆**Chi5.** Nell'esperimento di novembre hai verificato che la reazione che segue è *esotermica*.



100 mL di una soluzione di NaOH alla temperatura iniziale T_0 sono posti in un recipiente, con pareti perfettamente isolate termicamente e di capacità termica trascurabile, e viene aggiunta gradualmente una soluzione di HCl di *uguale* concentrazione e stessa temperatura iniziale T_0 .

Quale dei grafici seguenti rappresenta meglio l'andamento della temperatura T della soluzione presente nel recipiente in funzione dei mL di HCl aggiunti?

Nota: la scala di entrambi gli assi è lineare; la scala di T è inoltre arbitraria.



◆**Chi6.** Quali delle seguenti sono prevalentemente fonti di errori sistematici e quali di errori casuali?

1. La dissipazione termica da parte di un calorimetro non perfettamente isolato.
2. La stima dei decimi di grado su un termometro a mercurio con tacche ogni grado.
3. L'utilizzo di una bilancia molto precisa ma calibrata l'ultima volta diversi anni fa.

- A) Sono tutte fonti di errori prevalentemente casuali.
B) Sistematici: 1 e 3, casuali: 2
C) Sistematici: 1, casuali: 2 e 3
D) Sono tutte fonti di errori prevalentemente sistematici.

◆**Chi7.** Quale delle seguenti affermazioni è più corretta? Leggi con molta attenzione.

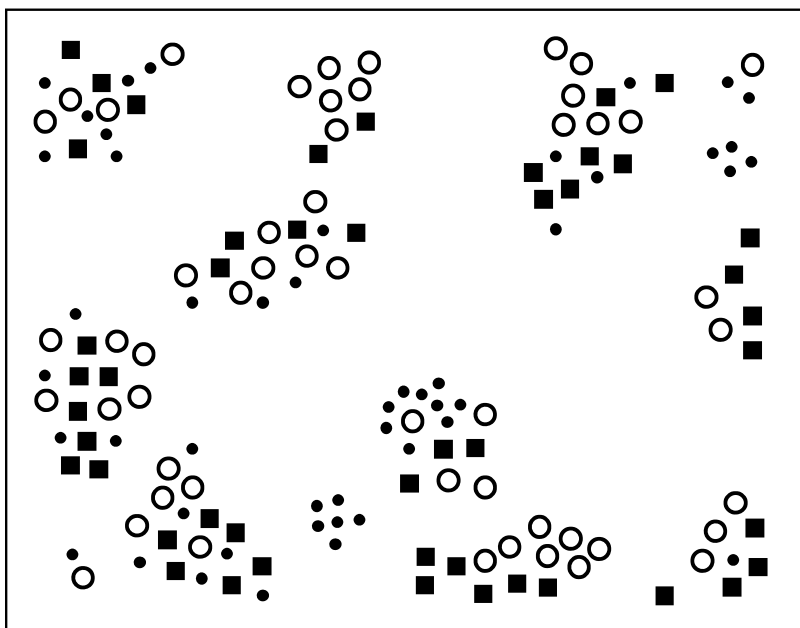
- A) Gli errori *sistematici* possono essere annullati calcolando la media di più misure
B) Gli errori *casuali* vengono annullati calcolando la media di due misure consecutive
C) L'errore *casuale* su una *singola* misura può essere compensato a posteriori tenendo conto del funzionamento dello strumento di misura e/o dell'apparato sperimentale
D) L'errore *sistematico* su una *singola* misura può essere compensato a posteriori tenendo conto del funzionamento dello strumento di misura e/o dell'apparato sperimentale

◆**Chi8.** Quale dei simboli compare il maggior numero di volte nel riquadro qui a fianco?

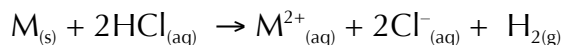
Elabora una strategia per rendere il conteggio rapido, ma soprattutto riducendo il rischio di errori.

In **ChiA.** (parte B) ti sarà richiesto di descrivere il metodo adottato.

- A) ○ (cerchi vuoti)
- B) ■ (quadrati pieni)
- C) • (pallini pieni)
- D) I due (o più) simboli più abbondanti compaiono lo stesso numero di volte.



◆**Chi9.** Sappiamo che un metallo ignoto M viene dissolto da $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ secondo la reazione:



In un esperimento si verifica che 100 g di metallo “M” puro si dissolvono completamente in 350 mL di HCl 10,0 mol/L ma non in 300 mL di HCl 10,0 mol/L.

Indica quale tra i seguenti può essere il metallo “M”:

- A) Magnesio (Mg) B) Vanadio (V) C) Nickel (Ni) D) Cadmio (Cd)

◆**Chi10.** Se alla lista del **quesito precedente** fossero aggiunti altri elementi chimici compatibili con i risultati dell’esperimento, quale tra le seguenti prove aggiuntive consentirebbe di identificare definitivamente il metallo? **N.B.:** prove sempre svolte con 100 g del metallo “M” e HCl 10,0 mol/L.

- A) Valutazione della capacità di “M” di essere dissolto in 250 mL di HCl
- B) Misurazione accurata della quantità di H_2 prodotto nella reazione con 300 mL di HCl
- C) Misurazione accurata della quantità di H_2 prodotto nella reazione con 350 mL di HCl
- D) Nessuna delle prove proposte.

◆**Chi11.** Una massa di ghiaccio occupa più spazio rispetto a una pari massa di acqua liquida a causa...

- A) della maggiore quantità di aria intrappolata nella struttura cristallina
- B) della formazione di un minor numero di legami covalenti
- C) della formazione di un maggior numero di legami a idrogeno
- D) di una maggiore agitazione termica delle molecole

◆**Chi12.** Il carbonato di calcio, costituente di marmi e rocce calcaree, è praticamente insolubile in acqua ma è attaccabile dagli acidi (come quello cloridrico) secondo la reazione



La CO_2 gassosa formata abbandona la soluzione.

Una piccola quantità nota di carbonato di calcio viene fatta reagire in una beuta a collo stretto, di ca. 150 mL di volume, con un eccesso (50 mL in tutto) di una soluzione di HCl.

Tuttavia, a reazione conclusa, nonostante il carbonato si sia dissolto completamente e si sia prodotta abbondante effervescenza, pesando la beuta con il suo contenuto ci si accorge che il peso è calato *meno* rispetto alle attese e si sospetta che la CO_2 formata sia rimasta almeno in parte dentro la beuta. A cosa potrebbe corrispondere l'eccesso di peso?

- A) Al peso di circa 100 mL di CO_2 gassosa.
- B) Al peso di ca. 100 mL d'aria meno il peso di ca. 100 mL di CO_2 (che è più leggera dell'aria).
- C) Al peso di ca. 100 mL di CO_2 (che è più pesante dell'aria) meno il peso di ca. 100 mL d'aria.
- D) Al peso di circa 100 mL di aria.

◆**Chi13.** L'energia di un fotone (un "pacchetto" di energia luminosa) è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda λ della luce (generalmente espressa in nanometri):

$$E \propto 1/\lambda$$

Una sostanza che assorbe luce (e quindi fotoni), osservata per trasparenza appare generalmente del colore *complementare* a quello della luce assorbita maggiormente. Una sostanza **fluorescente**, dopo aver assorbito un fotone di una certa energia, ne riemette uno di energia sempre *inferiore*.

Il colore della luce dipende dalla lunghezza d'onda secondo questa tabella approssimativa, che riporta anche qual è il corrispondente colore complementare:

λ (nm)	380		450		495		565		590		620		740	
colore	← UV	Violetto	Blu		Verde		Giallo		Arancio		Rosso		IR→	
c.compl	- -		Giallo		Arancio		Rosso		Viola/Blu		Blu/Verde		- -	

UV e IR indicano rispettivamente gli ultravioletti e gli infrarossi, *invisibili* all'occhio umano.

Tra le seguenti coppie (T: colore mostrato per trasparenza → F: colore della luce riemessa) qual è l'unica compatibile con una ipotetica sostanza fluorescente?

- A) T: Arancio → F: Violetto
- B) T: Giallo/Arancio → F: Verde
- C) T: Rosso → F: Blu
- D) T: Blu → F: Verde

◆**Chi14.** In base all'equazione dei gas ideali $pV=nRT$ ($R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), a parità di pressione p e temperatura T , che cosa si può dedurre in merito alla densità dei gas?

- A) La densità aumenta all'aumentare della massa molecolare
- B) La densità diminuisce all'aumentare della massa molecolare
- C) La densità dei gas ideali è indipendente dalla massa molecolare
- D) Per determinare la densità di un gas ideale serve conoscere il volume V che occupa

◆**Chi15.** È data una ipotetica reazione (bilanciata) $A+2B+2C\rightarrow 2D$.

Le masse molari dei tre reagenti A, B e C sono, nell'ordine: 128 g/mol, 54 g/mol e 75 g/mol.

Qual è la massa molare del prodotto D?

- A) 257 g/mol
- B) 386 g/mol
- C) È possibile determinarla, ma non è nessuna delle precedenti.
- D) Non è possibile determinarla a partire dai dati a disposizione.

◆**Chi16.** Si fa ancora riferimento alla reazione e ai dati del **quesito precedente**. Vengono fatti reagire insieme 75 g di A, 100 g di B e 100 g di C. Qual è la massa di D che si può formare, al massimo?

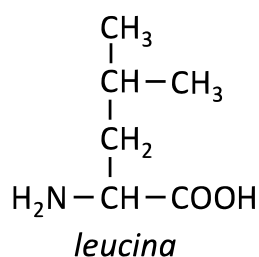
Suggerimento: individuare prima qual è il reagente limitante, quindi determinare la quantità di D che si forma a partire dalla quantità data di reagente limitante ma con gli altri due reagenti in proporzioni stechiometriche.

- A) 226 g B) 357 g C) 257 g D) 275 g

◆**Chi17.** Il minerale enargite è composto da 48.41% Cu, 19.02% As e 32.57% S (percentuali in massa). Qual è la formula empirica dell'enargite?

- A) CuAsS B) Cu₂AsS₂ C) Cu₃AsS₄ D) Cu₄AsS₃

◆**Chi18.** Ogni volta che un amminoacido forma un legame peptidico legandosi ad un altro amminoacido o a un peptide (catena di amminoacidi), si libera una molecola d'acqua in quanto si tratta di una reazione di condensazione.



Una proteina è un lungo peptide, formato dalla condensazione di molti amminoacidi.

Qui accanto viene riportata la formula di struttura di un amminoacido dal peso molecolare molto vicino al peso medio degli amminoacidi che si uniscono a costituire le proteine.

Una certa proteina ha una massa molecolare di circa 25 kDa. Da quanti amminoacidi è più probabilmente formata tale proteina?

(1 Da = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg = unità di massa atomica)

- A) 168 B) 190 C) 220 D) 415

◆**Chi19.** Il nitrato di potassio ha la seguente tabella di solubilità in acqua, espressa in g di KNO₃ per 100 mL di H₂O:

T °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Solubilità	13,3	20,9	31,6	45,8	63,9	85,5	110	138	169	202	246

80 g di KNO₃ vengono posti in una beuta e sciolti completamente nella minima quantità di acqua, alla temperatura di 80°C. La soluzione è lasciata raffreddare lentamente e impedendo all'acqua di evaporare, fino a raggiungere la temperatura ambiente di 25°C.

In quale intervallo si colloca la massa del solido che si è depositato sul fondo?

- A) inferiore a 17 g B) tra 17 e 20,5 g C) tra 20,5 e 28 g D) superiore a 28 g

◆**Chi20.** Il solfato di sodio è un sale piuttosto lento a sciogliersi in acqua.

Quale delle forme di recipienti da laboratorio qui a fianco è la *meno* adatta per sciogliere in fretta tutto il solfato di sodio agitando a mano il recipiente, senza l'ausilio di tappi, bacchette, agitatori magnetici né di altri strumenti?

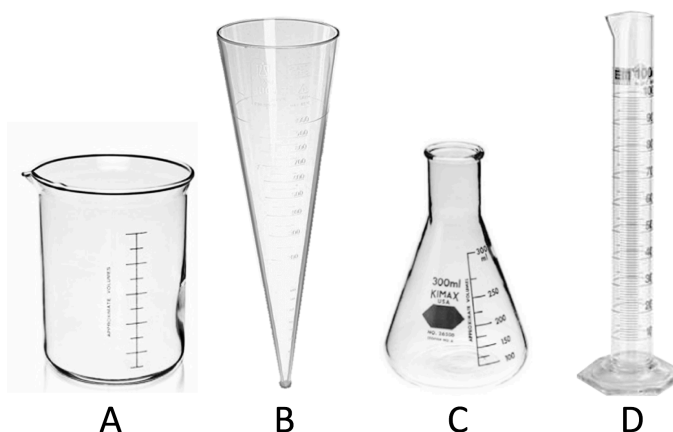


Tavola Periodica con masse atomiche relative

1											18															
1 H 1.008		2										13										14	15	16	17	18 He 4.003
3 Li 6.94		4 Be 9.01										5 B 10.81										6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99		12 Mg 24.30										13 Al 26.98										14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10		20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80								
37 Rb 85.47		38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc -	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29								
55 Cs 132.91		56 Ba 137.33	57-71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po -	85 At -	86 Rn -								
87 Fr -		88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -															

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Parte B

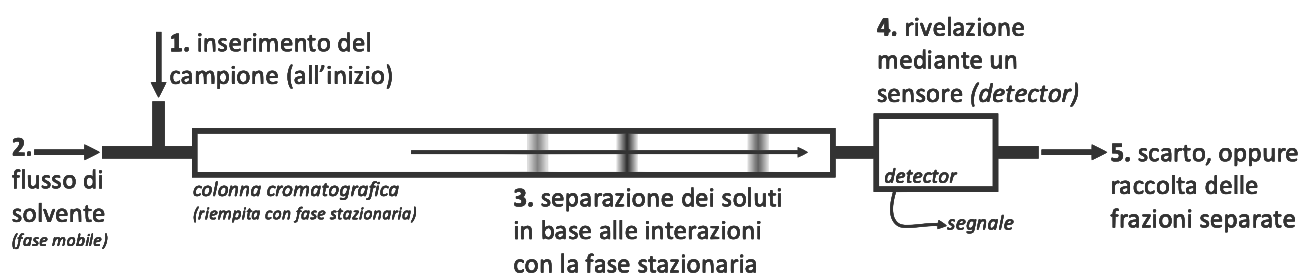
Problemi a risposta aperta

ChiA. [5 punti] Contare senza sbagliare

Dopo aver spiegato perché può risultare facile sbagliare il conteggio “a mano”, descrivi un metodo efficace per determinare il simbolo più abbondante nella figura del quesito **Chi8**, riducendo il più possibile le possibilità di errore. Rispondi sul **foglio risposte**.

ChiB. [20 punti] Cromatografia

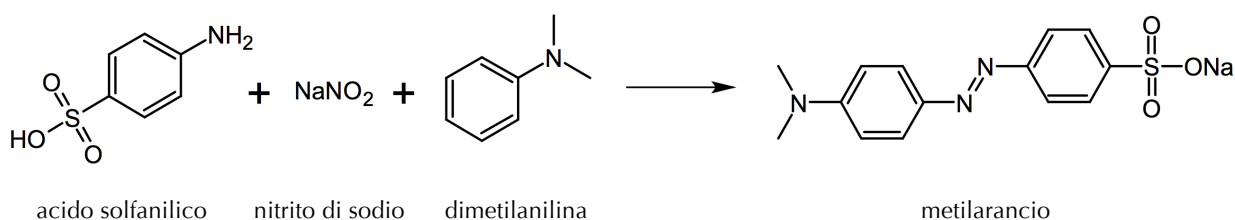
La cromatografia è un insieme di tecniche per separare delle sostanze, per scopi analitici o preparativi, sfruttando le differenze nelle loro interazioni con un substrato solido (fase stazionaria). La figura che segue schematizza il principio di funzionamento della cromatografia in fase liquida (LC).



I soluti sospinti dalla fase mobile raggiungono il *detector* in tempi diversi (detti *tempi di eluizione*), producendo di solito una serie di segnali in forma di *picchi* con aree proporzionali alle loro quantità. A parità di solvente e relativa velocità di flusso, fase stazionaria e temperatura, i tempi di eluizione per una data sostanza saranno sempre gli stessi indipendentemente dalla presenza di altri soluti.

Studio di una reazione

Le tecniche cromatografiche si dimostrano particolarmente utili per studiare l'avanzamento delle reazioni e per valutare la presenza di impurezze o la comparsa di eventuali sottoprodotti indesiderati.

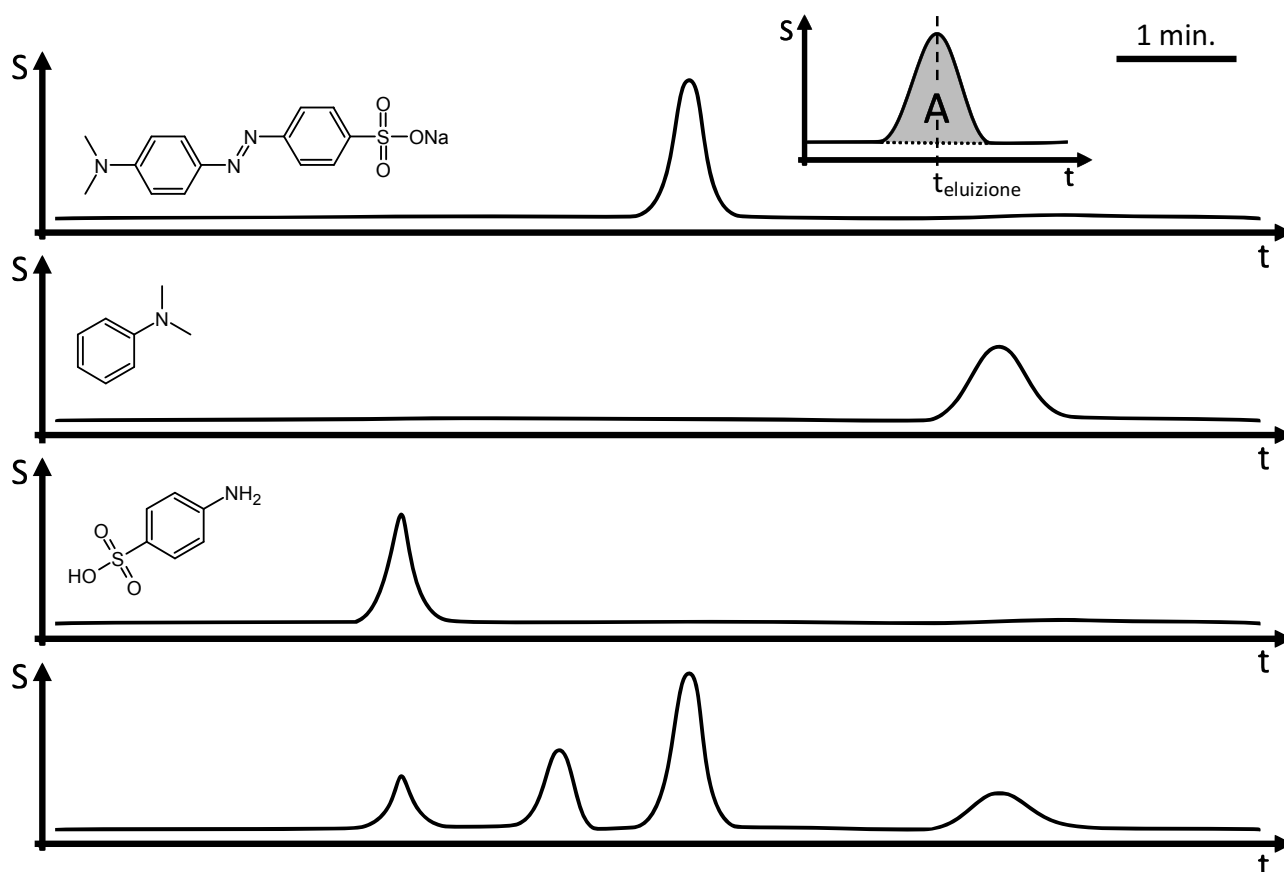


Si sintetizza del metilarancio a partire da acido solfanilico, nitrito di sodio e dimetilanilina in base alla reazione (semplificata) riportata qui sopra, con le strutture organiche rappresentate in forma topologica. La reazione riporta reagenti e prodotti in proporzioni stechiometriche, ma non riporta *due* piccole molecole di *un unico* prodotto aggiuntivo.

◆**ChiB.1** [2 pt.] Determina qual è la formula chimica del prodotto non riportato nella reazione.

Nota: non è necessario rispondere a questa domanda per poter procedere con il resto del problema.

Qui di seguito sono riportati quattro *cromatogrammi*, con identiche scale sui due assi, tutti ottenuti iniettando nella stessa colonna cromatografica un **identico volume (0,100 mL)** di varie soluzioni, e svolgendo le cromatografie in identiche condizioni.



In alto a destra è riportato un esempio di come per un picco si determinano l'area A (ombreggiata) e il tempo di eluizione ($t_{\text{eluizione}}$). L'asse verticale riporta il segnale del *detector* in unità arbitrarie. La scala relativa all'asse orizzontale (tempo) è riportata come barra di lunghezza 1 minuto. Considera $t = 0 \text{ min}$ nell'origine degli assi.

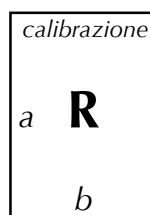
Il primo cromatogramma dall'alto è stato ottenuto con una soluzione **10,0 μM** di **metilarancio** puro. Il secondo è stato ottenuto con una soluzione **10,0 μM** di **dimetilanilina** pura. Il **terzo** è stato ottenuto con una soluzione **10,0 μM** di **acido solfanilico** puro.

N.B.: Il nitrito di sodio e il prodotto aggiuntivo già menzionato **non** danno segnali visibili nei cromatogrammi, per cui non sono stati analizzati in forma pura.

L'ultimo cromatogramma in basso è stato ottenuto iniettando nella colonna sempre 0,100 mL di una soluzione ottenuta **diluendo 2000 volte** la miscela finale di una reazione di sintesi del metilarancio. All'inizio della reazione, le concentrazioni dell'acido solfanilico e della dimetilanilina erano **50 mM ciascuna**, mentre il nitrito di sodio era in eccesso. Il volume della miscela di reazione è rimasto costante.

◆**ChiB.2** [7 pt.] Completa la tabella sul **foglio risposte** inserendo, per ciascun picco presente nei 4 cromatogrammi, il **tempo di eluizione** e la sua **area approssimata** (in mm^2) ricavata misurando con il righello sul grafico.

Importante! Per consentire, a chi corregge, di compensare eventuali variazioni nelle proporzioni della stampa, misura accuratamente le lunghezze dei due lati a e b del rettangolo **R** qui a lato e riportane i valori (entro 0,5 mm) sul **foglio risposte**.



◆**ChiB.3** [6 pt.] Per ciascun picco del 4° cromatogramma, laddove è possibile, identifica il soluto corrispondente, ricavane la concentrazione nella soluzione (diluita) iniettata nel cromatografo, e la concentrazione nella miscela finale di reazione. Riporta tutto nella tabella sul **foglio risposte**.

◆**ChiB.4** [2 pt.] Determina la **resa percentuale** del metilarancio nella reazione esaminata (quantità ottenuta/quantità attesa). Riporta il risultato e i calcoli sul **foglio risposte**.

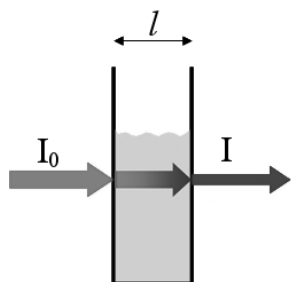
◆**ChiB.5** [3 pt.] Come spiegheresti la comparsa di un picco “di troppo” nel 4° cromatogramma? Rispondi sul **foglio risposte**.

ChiC. [25 punti] Spettrometria (tratto da EUSO2003 Dublino, Task B)

Introduzione alla legge di Beer-Lambert

Quando la luce attraversa un mezzo, viene in parte assorbita e/o diffusa. La legge di Beer-Lambert descrive in che modo l'intensità della luce dipende dalla concentrazione di una sostanza in soluzione. Essa mette in relazione l'intensità luminosa I trasmessa con l'intensità luminosa I_0 che sarebbe trasmessa da una soluzione con concentrazione zero, la concentrazione molare C e la lunghezza l del campione tramite la formula

$$I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon Cl}$$



La costante ε è una proprietà della particolare sostanza disciolta, viene chiamata *coefficiente di estinzione molare* e dipende dalla lunghezza d'onda (λ) della luce incidente.

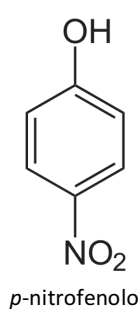
Calcolando il logaritmo in base 10 del rapporto I_0 / I e chiamandolo **assorbanza** (A), si ottiene:

$$A = \varepsilon Cl$$

Uno **spettrofotometro** è uno strumento in grado di misurare l'assorbanza a varie lunghezze d'onda della luce. Il campione viene solitamente posto in recipienti di sezione quadrata (cuvette) di lunghezza $l = 1$ cm e lo spettrofotometro si occupa di misurare l'intensità della luce trasmessa, confrontarla con l'intensità della luce incidente e calcolare il logaritmo. L'effetto del recipiente o del solvente può essere compensato mediante la procedura di bianco, che consente di misurare l'intensità trasmessa da un campione in cui la sostanza che assorbe la luce è assente.

La legge di Beer-Lambert non è sempre valida. Ciò può dipendere dalla reattività del soluto ma anche più semplicemente dai limiti di sensibilità dello strumento utilizzato per misurare l'assorbanza.

L'esperimento



Si hanno a disposizione una soluzione di *p*-nitrofenolo 300 μ M in NaOH 0,02 M, una soluzione di *p*-nitrofenolo 60 μ M in NaOH 0,02 M e una soluzione di NaOH 0,02 M. Il *p*-nitrofenolo in soluzione basica è fortemente colorato di giallo.

Vengono preparati 4 mL di alcune diverse soluzioni, per diluizione delle soluzioni di *p*-nitrofenolo, come indicato nella **tabella**, e ne vengono misurate le assorbanze con luce di una specifica lunghezza d'onda. Tutte le assorbanze misurate sono riportate nella stessa tabella.

- ◆**ChiC.1** [2 pt.] Calcola le concentrazioni finali delle soluzioni di p-nitrofenolo, inserendole nella penultima colonna della tabella **sul foglio risposte**.
- ◆**ChiC.2** [9 pt.] Nello spazio apposito sul **foglio risposte** rappresenta con precisione in un grafico fatto bene le assorbanze misurate in funzione della concentrazione del p-nitrofenolo.
- ◆**ChiC.3** [3 pt.] La legge di Beer-Lambert è valida in tutto l'intervallo di concentrazioni analizzato? In caso negativo, indica qual è l'intervallo ristretto di concentrazioni in cui è valida. Rispondi sul **foglio risposte**.
- ◆**ChiC.4** [3 pt.] Come mai l'utilizzo di uno spettrofotometro non sarebbe indicato per determinare accuratamente la concentrazione di una soluzione molto concentrata di p-nitrofenolo?
- ◆**ChiC.5** [3 pt.] Traccia sul grafico la retta che approssima meglio l'andamento dei punti sperimentali nell'intervallo di validità della legge di Beer-Lambert.
- ◆**ChiC.6** [5 pt.] A partire dalla retta tracciata e dalla relazione $A = \varepsilon \cdot C \cdot l$ ricava il coefficiente di estinzione molare ε per il p-nitrofenolo in soluzione basica. Utilizza il valore di l pari a 1 cm. Riporta i calcoli e i risultati sul **foglio risposte**. Riporta anche le **unità di misura**. A tale scopo tieni presente che le unità di assorbanza sono di fatto numeri puri (senza unità di misura).