

NUCLEO TEMATICO 3: **REAZIONI CHIMICHE E STECHIOMETRIA**

1. Premessa	1
2. Bilanciamento degli schemi di reazione	2
3. Definizione del concetto di mole e della costante di Avogadro	4
4. Unità di misura della concentrazione (mol dm^{-3} , g dm^{-3} , composizione percentuale) e relativi calcoli	6
5. Conversione della quantità di massa in moli	8
6. Relazione tra il numero di moli (quantità chimica) e massa negli schemi di reazione	8
7. Reazioni esotermiche ed endotermiche	10
8. Equilibrio chimico	10
9. Velocità di reazione e fattori che influenzano la velocità di reazione	12

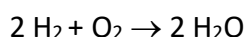
1. PREMESSA

È di fondamentale importanza acquisire la capacità di leggere, scrivere ed interpretare correttamente gli schemi di reazione, oltre a sapere operare con le unità di misura necessarie per determinare le quantità di sostanze coinvolte in un processo o in una trasformazione chimica. La stechiometria descrive le proporzioni tra gli atomi nelle molecole e tra i reagenti e i prodotti nelle reazioni chimiche. Queste informazioni sono usate per bilanciare gli schemi delle reazioni chimiche. Lo studio del percorso che ha condotto alla formulazione delle leggi fondamentali della chimica aiuta a comprendere e applicare il modello particellare della materia su scala microscopica.

Si devono dunque acquisire le conoscenze e le abilità relative a tutti i punti di questa sezione declinati qui di seguito più in dettaglio.

2. BILANCIAMENTO DEGLI SCHEMI DI REAZIONE

Gli schemi di reazione rappresentano le reazioni chimiche. Includono formule per i reagenti (le sostanze presenti prima della reazione) e per i prodotti (le nuove sostanze formate nella reazione). Le equazioni chimiche devono essere bilanciate per riflettere la conservazione della materia in natura; gli atomi non scompaiono né compaiono spontaneamente. Il bilanciamento di una reazione o (stechiometria di reazione) è importante perché spesso vogliamo conoscere la relazione numerica tra reagenti e prodotti in una reazione chimica. Per esempio, potremmo voler sapere quanto biossido di carbonio, un gas serra, si forma quando viene bruciata una certa quantità di combustibile fossile. Un'equazione chimica bilanciata fornisce le relazioni quantitative tra le quantità di reagenti e di prodotti, chiamati coefficienti stechiometrici. Per esempio, la reazione:



indica che 2 moli di H_2 reagiscono con 1 mole di O_2 per formare 2 moli di H_2O . Queste relazioni possono essere usate per calcolare quantità: quanto prodotto è possibile ottenere da una data quantità di reagente, oppure quanto reagente è necessario per reagire completamente con una data quantità di un altro reagente.

CONOSCENZE

- Principio di conservazione della massa
- Simbologia di una reazione chimica

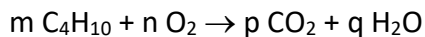
ABILITÀ

- Lo studente deve saper scrivere correttamente gli schemi di reazione che significa conoscere come si rappresentano le molecole (formula chimica) e come si devono bilanciare i più semplici schemi di reazione (principio di conservazione della massa)

Esempi di quesiti

Quesito 1

Lo schema della seguente reazione



è bilanciato se i coefficienti stechiometrici: m , n , p , q valgono, rispettivamente:

- A.** 1, 3, 5, 4
- B.** 1, 4, 3, 5
- C.** 1, 4, 3, 4
- D.** 1, 3, 3, 4
- E.** nessuna delle precedenti

Dal principio di conservazione della massa in una reazione chimica sappiamo che il numero di atomi di un elemento nei reagenti deve essere uguale al numero di atomi presenti nei prodotti. Occorre quindi conteggiare tutti gli atomi di C a destra e sinistra, e poi fare lo stesso con gli atomi di O e gli atomi di H. Questo calcolo non porta a valori uguali in nessun caso proposto nelle risposte da **A** a **D** dunque l'unica risposta possibile è la **E**.

3. DEFINIZIONE DEL CONCETTO DI MOLE E DELLA COSTANTE DI AVOGADRO

La mole contiene un numero specifico ($6,022 \times 10^{23}$) di unità elementari, questo numero è noto come costante di Avogadro (N_A). La mole consente di effettuare in modo semplice (paragrafo 5 del nucleo 3) il conteggio di atomi o molecole misurando il loro peso. Il concetto di mole ci consente di determinare il numero di atomi o di molecole in un campione a partire dalla sua massa (paragrafo 5 del nucleo 3). Proprio come un cliente di una ferramenta vuole conoscere il numero di chiodi contenuto in una data quantità pesata di chiodi, così noi vogliamo conoscere il numero di atomi in una data massa di atomi. Dal momento che gli atomi sono troppo piccoli per essere contati, usiamo la loro massa.

CONOSCENZE

- Definizione di mole

ABILITÀ

- Passare dal numero di moli al numero di particelle e viceversa

Esempi di quesiti

Quesito 2

Se una mole di metano corrisponde a 16 g, quante molecole sono contenute in 0,16 g di questa sostanza?

- A.** 6.022×10^{21}
- B.** 6.022×10^{24}
- C.** 6.022×10^{23}
- D.** 6.022×10^{22}
- E.** 6.022×10^{20}

Dalla definizione del concetto di mole e della costante di Avogadro sappiamo che in una mole di qualsiasi sostanza ci sono 6.022×10^{23} particelle. Quindi in 16g di ammoniaca ci sono 6.022×10^{23} molecole di ammoniaca. Poiché ne prendiamo 0.16 g che sono 1/100 avremo anche 1/100 di molecole cioè 6.022×10^{21} . La risposta esatta è dunque la **A**.

4. UNITÀ DI MISURA DELLA CONCENTRAZIONE (mol dm⁻³, g dm⁻³, COMPOSIZIONE PERCENTUALE) E RELATIVI CALCOLI

Una soluzione è una miscela omogenea di due o più componenti. Il solvente è il componente più abbondante, mentre il soluto è quello meno abbondante. L'acqua è il solvente nelle soluzioni acquose. La maggior parte dei fluidi che incontriamo nella vita di tutti i giorni è costituita da soluzioni. Soluzioni comuni includono l'acqua di mare (soluzione di un solido in un liquido), le bibite gassate (gas disciolto in un liquido), le bevande alcoliche come la vodka (miscela di liquidi), l'aria (miscela di gas) e il sangue (miscela di gas, solidi e liquidi). La concentrazione delle soluzioni è usata per specificare la quantità di soluto presente in una data quantità di soluzione. Indichiamo come concentrazione la quantità di soluto (espresso in moli o massa) rispetto alla quantità di solvente e/o soluzione (espressa in moli, massa o volume). Tre modi comuni per esprimere la concentrazione di una soluzione sono la percentuale in massa, la molarità e la molalità. La concentrazione delle soluzioni è utile nella conversione tra quantità di soluto e di soluzione. La percentuale in massa e la molarità rappresentano i modi più comuni per esprimere la concentrazione. La molalità è utilizzata per quantificare proprietà colligative come l'abbassamento crioscopico e l'innalzamento ebullioscopico.

CONOSCENZE

- Definizione di M, m, frazione molare, per cento in peso

ABILITÀ

- Lo studente deve saper passare da una unità di misura della concentrazione all'altra avendo fatto proprie le definizioni delle comuni unità di misura come Molarità, molalità, frazione molare, per cento in peso
- Lo studente deve saper calcolare il numero di moli di una sostanza presente in una soluzione a partire dalla concentrazione della soluzione

Esempi di quesiti

Quesito 3

Indicare la soluzione PIÙ concentrata tra le seguenti:

- A.** 1 mol di soluto in 1.5 L di soluzione
- B.** 1 mol di soluto in 3 L di soluzione
- C.** 1 mol di soluto in 3,5 L di soluzione
- D.** 1 mol di soluto in 4 L di soluzione
- E.** 1 mol di soluto in 1 L di soluzione

La molarità è definita come il rapporto tra il numero di moli del soluto rispetto al volume di soluzione. Poiché le moli di soluto sono sempre le stesse il più concentrato (valore più grande) sarà quello con il denominatore più piccolo. La risposta esatta è dunque la **E**.

5. CONVERSIONE DELLA QUANTITÀ DI MASSA IN MOLI

Una mole di qualsiasi elemento ha una massa in grammi equivalente alla sua massa atomica (espressa in uma) e una mole di qualsiasi composto ha una massa in grammi equivalente alla sua massa formula (espressa in uma). La massa di una mole di un elemento o di un composto corrisponde alla sua massa molare.

CONOSCENZE

- Relazione massa/mole

ABILITÀ

- Lo studente deve saper applicare la definizione di mole (paragrafo 3 del nucleo 3) per determinare il numero di atomi o di molecole in un campione a partire dalla sua massa e viceversa determinare la massa di una certa sostanza a partire dal numero di moli che la costituiscono

6. RELAZIONE TRA IL NUMERO DI MOLI (QUANTITÀ CHIMICA) E MASSA NEGLI SCHEMI DI REAZIONE

Il reagente limitante in una reazione chimica è il reagente che limita la quantità di prodotto che può essere formata. La resa teorica è la quantità di prodotto che è possibile ottenere in una reazione chimica in base alla quantità del reagente limitante. La resa effettiva in una reazione chimica è la quantità di prodotto effettivamente formata, mentre la resa percentuale è la resa reale divisa per la resa teorica e moltiplicata per 100.

I calcoli relativi a reagente limitante, resa teorica e resa percentuale sono importantissimi in chimica perché ci permettono di comprendere in maniera quantitativa le reazioni chimiche. Così come abbiamo la necessità di conoscere le relazioni tra i diversi ingredienti di una ricetta, allo stesso modo, per effettuare una reazione chimica, dobbiamo conoscere le relazioni tra reagenti e prodotti.

CONOSCENZE

- Definizione di reagente limitante, resa teorica e resa percentuale

ABILITÀ

- Lo studente deve saper calcolare il reagente limitante e la resa di una reazione a partire dai grammi a disposizione dei reagenti avendo fatto proprie le nozioni di stechiometria (paragrafo 2 del nucleo 3) e la conversione della quantità di massa in moli (paragrafo 5 del nucleo 3)

Esempi di quesiti

Quesito 4

70 mol di A e 105 mol di B reagiscono secondo lo schema di reazione: $A + B \rightarrow C$
Quante sono le moli di A, B e C presenti alla fine della reazione?

- A.** 35, 0, 60
- B.** 0, 0, 60
- C.** 0, 5, 120
- D.** 0, 35, 70
- E.** 20, 35, 30

Dal paragrafo 6, Relazione tra il numero di moli (quantità chimica) e massa negli schemi di reazione, sappiamo che occorre trovare il reagente limitante cioè quello che dà la minima quantità di prodotto (considerando l'altro in eccesso). In questo caso da 70 moli di A si ottengono 70 moli di C, mentre da 105 moli di B si potrebbero ottenere 105 moli di C. Quindi A è il reagente limitante e si consuma tutto (rimangono 0 moli), si formano di conseguenza 70 moli di C (resa della reazione). Per ogni mole di A che reagisce ne reagisce anche una di B, quindi di B ne rimangono $105 - 70 = 35$. La risposta esatta è la **D**.

7. REAZIONI ESOTERMICHE ED ENDOTERMICHE

Le reazioni chimiche sono generalmente accompagnate da variazioni di energia. Per esempio, quando bruciamo il metano nella cucina a gas viene rilasciata energia, impiegata per riscaldare il cibo che stiamo cucinando. Le reazioni chimiche che rilasciano energia, si definiscono esotermiche. Alcune reazioni chimiche si comportano in modo opposto. Esse, infatti, assorbono energia dall'ambiente circostante. Queste reazioni vengono definite endotermiche. L'utilizzo del ghiaccio istantaneo è un buon esempio di reazione endotermica.

CONOSCENZE

- Definizione di energia e calore
- Variazione di energia delle reazioni chimiche e scambio il calore

ABILITÀ

- Lo studente deve saper riconoscere una reazione esotermica/endotermica

8. EQUILIBRIO CHIMICO

L'equilibrio implica i concetti di uniformità di composizione e costanza nel tempo. Quando un sistema è in equilibrio, alcune proprietà del sistema rimangono inalterate e non cambiano macroscopicamente, L'equilibrio chimico dinamico in una reazione chimica viene raggiunto quando la velocità della reazione diretta eguaglia la velocità della reazione inversa. Quando si raggiunge l'equilibrio chimico dinamico, le concentrazioni di reagenti e prodotti diventano costanti, anche se entrambe le reazioni continuano ad avvenire e possiamo definire la costante di equilibrio K_{eq} (rapporto tra le concentrazioni dei prodotti ognuno elevato al proprio coefficiente stechiometrico e le concentrazioni dei reagenti ognuno elevato al proprio coefficiente stechiometrico). K_{eq} è una misura del grado di avanzamento di una reazione. Un valore elevato di K_{eq} indica che la reazione diretta è favorita (vi sarà una concentrazione elevata di prodotti all'equilibrio). Un valore basso di K_{eq} indica che la reazione inversa è favorita (concentrazione elevata di reagenti all'equilibrio). Un valore intermedio di K_{eq} indica che, all'equilibrio, vi saranno quantità significative sia di reagenti sia di prodotti. Mediante l'uso della costante di equilibrio è possibile calcolare il pH di soluzioni che contengono acidi o basi deboli.

Il principio di Le Châtelier afferma che, quando un sistema chimico all'equilibrio viene perturbato, il sistema si sposta nella direzione che rende minima la perturbazione. Il principio di Le Châtelier consente di prevedere che cosa accade a un sistema chimico all'equilibrio quando le condizioni vengono mutate (concentrazione reagenti e prodotti, temperatura, volume, pressione). Ciò

permette ai chimici di modificare le condizioni di una reazione chimica per ottenere un dato risultato.

CONOSCENZE

- Conoscere le principali definizioni (K_{eq} e principio di Le Châtelier)

ABILITÀ

- Saper individuare come si sposta una reazione all'equilibrio dopo una perturbazione

Esempi di quesiti

Quesito 5

Qual è la proprietà di una reazione che ha raggiunto l'equilibrio?

- A.** La quantità di prodotti è maggiore di quella dei reagenti
- B.** La quantità di prodotti è minore di quella dei reagenti
- C.** La velocità della reazione diretta è maggiore di quella della reazione inversa
- D.** La velocità della reazione diretta uguale è quella della reazione inversa
- E.** La velocità della reazione diretta è minore di quella della reazione inversa

Una reazione raggiunge l'equilibrio e quindi macroscopicamente non si osservano variazioni di concentrazione né dei reagenti né dei prodotti, quando la velocità di reazione della reazione diretta che porta i reagenti a diventare prodotti uguaglia la reazione inversa che ritrasforma i prodotti in reagenti. Pertanto, la risposta esatta è la **D**.

9. VELOCITÀ DI REAZIONE E FATTORI CHE INFLUENZANO LA VELOCITÀ DI REAZIONE

La velocità di una reazione chimica è data dalla quantità di reagente (generalmente espresso in termini di concentrazione molare) che si converte in prodotto in un dato intervallo di tempo. In generale, le velocità di reazione aumentano con la concentrazione dei reagenti e con la temperatura. Uno degli obiettivi dei chimici consiste nel comprendere i fattori che influenzano le velocità di reazione, in modo da poterli controllare. Molte reazioni chimiche devono superare una barriera energetica, nota come energia di attivazione, nel procedere dai reagenti ai prodotti. Un aumento di temperatura di una miscela di reazione incrementa la frazione di molecole reagenti in grado di superare la barriera, aumentando così la velocità di reazione.

Un catalizzatore – una sostanza che accelera una reazione, ma non viene consumata – abbassa l'energia di attivazione, di modo che risulti più semplice superare la barriera energetica senza aumentare la temperatura. I catalizzatori sono utilizzati in molte reazioni chimiche per aumentare le velocità. Senza catalizzatori, molte reazioni procedono così lentamente da non essere sfruttabili. Le migliaia di reazioni che avvengono negli organismi viventi sono controllate da catalizzatori biologici detti enzimi.

CONOSCENZE

- Lo studente deve conoscere le principali definizioni della cinetica chimica (velocità di reazione, costante di velocità, ordine di reazione, energia di attivazione)

ABILITÀ

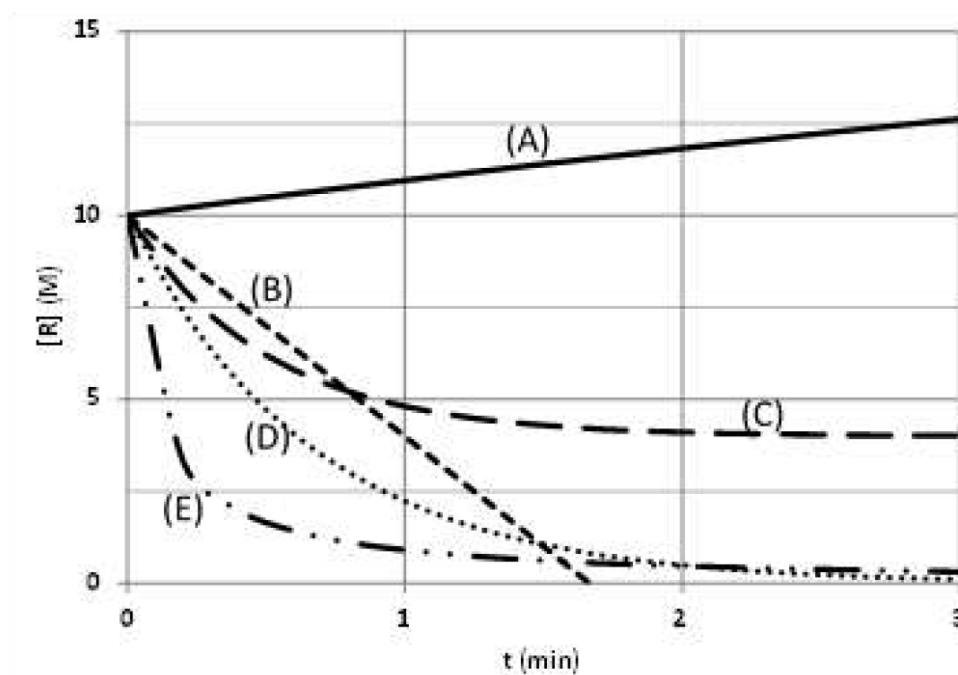
- Lo studente deve essere in grado di valutare l'effetto della temperatura e/o di un catalizzatore nella velocità di reazione

Esempi di quesiti

Quesito 6

Per una generica reazione chimica del tipo $R \rightarrow P$, nella quale R è il reagente e P è il prodotto, viene riportato in grafico come varia la concentrazione del reagente R in funzione del tempo a partire da una concentrazione iniziale $[R]_0 = 10M$.

Indicare quale degli andamenti riportati è possibile osservare.



- A.** Tutti eccetto l'andamento (A)
- B.** Solo l'andamento (B)
- C.** Solo l'andamento (C)
- D.** Solo l'andamento (D)
- E.** Solo l'andamento (E)

Con il procedere di una reazione chimica la concentrazione dei reagenti deve diminuire con conseguente aumento della concentrazione dei prodotti; quindi, la curva A è impossibile e la risposta esatta è la **A**.