

Problema n°2: Efficienza della Fotosintesi



1. Cominciamo con il calcolo della Entalpia standard della reazione:

- Avendo a disposizione il valore di Entalpia standard di combustione del glucosio, è banale trovare il valore di $\Delta^\circ \text{H}_{\text{reaz.}}$, poiché basta cambiare di segno il valore fornito e dividerlo per 6 (poiché consideriamo CH_2O come 1/6 del glucosio $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), ottenendo:

$$\Delta^\circ \text{H}_{\text{reaz}} = 467.5 \text{ KJ/mol}$$

- A questo punto è necessario calcolarsi il $\Delta^\circ \text{S}_{\text{reaz.}}$, sapendo che essa è pari alla differenza tra la sommatoria dei $\Delta^\circ \text{S}_{\text{prod.}}$ e la sommatoria dei $\Delta^\circ \text{S}_{\text{reag.}}$; sostituendo i dati si ottiene:

$$\Delta^\circ \text{S}_{\text{reaz}} = 96.27 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$$

- Fatto ciò, è possibile calcolarsi adesso il $\Delta^\circ \text{G}_{\text{reaz}}$, mediante la formula:

$$\Delta^\circ \text{G}_{\text{reaz}} = \Delta^\circ \text{H}_{\text{reaz}} - T \Delta^\circ \text{S}_{\text{reaz}}$$

Infatti sostituendo i valori sopra ricavati (avendo cura di adoperare le stesse unità di misura per il fattore entalpico ed entropico) e calcolando il parametro termodinamico a 298K si ottiene:

$$\Delta^\circ \text{G}_{\text{reaz}} = 438,81 \text{ KJ/mol}$$

- Per ricavare quanto richiesto nella seconda parte del primo quesito, si calcoli innanzitutto il valore di E associato ad un singolo fotone, sapendo che la lunghezza d'onda media adoperata dalle piante nel processo di fotosintesi è di 680 nm. Per fare ciò si utilizza l'espressione:

$$\Delta E = h \frac{c}{\lambda}$$

- Quindi, sostituendo alla costante di Planck il suo valore, considerando la velocità nel vuoto espressa in m/s e la lunghezza d'onda scelta in metri, si ottiene che l'energia associata ad un singolo fotone risulta:

$$\Delta E = 2.92 * 10^{-19} \text{ J}$$

- Per sapere il numero di fotoni necessari per produrre una molecole di ossigeno, basta dividere il valore di $\Delta^\circ \text{G}_{\text{reaz}} N_A$ e dividere ancora questo valore per l'energia di un singolo fotone (adoperando le medesime unità di misura), ottenendo che sono necessari:

2,5 fotoni---- praticamente 3!

2. Per poter trovare la soluzione al secondo quesito posto, bisogna prima calcolare i singoli $\Delta^\circ G$ di ogni specie mediante la legge scritta sopra, adoperando i dati forniti in tabella. Fatto ciò, per quando concerne le specie O_2 e CO_2 , bisogna moltiplicare i rispettivi valori trovati per 0.207 (atm) e $2.96 \cdot 10^{-4}$ (atm) proprio per il motivo esposto nel quesito. A questo punto, sapendo che $\Delta^\circ G_{\text{reaz}}$ è uguale alla differenza tra la sommatoria dei $\Delta^\circ G_{\text{prod}}$ e la sommatoria dei $\Delta^\circ G_{\text{reag}}$, sostituendo i valori trovati si ottiene:

$$\Delta^\circ G_{\text{reaz}} = 413.4 \text{ KJ/mol}$$

3. Il quesito 3 ci fornisce una prima misura dell'efficienza della fotosintesi. Moltiplicando 10 per il N_A si ottiene il numero di fotoni necessari per la produzione di una mole di molecole di O_2 (così come alla produzione di una mole di CH_2O), ovvero $6.023 \cdot 10^{24}$. Moltiplicando tale valore per l'energia associata ad un singolo fotone si ottiene la quantità di energia necessaria per la produzione di una mole di biomassa, ovvero **1759 KJ/mol**. Per trovare la soluzione posta dal quesito, basta dividere il valore di $\Delta^\circ G_{\text{reaz}}$ per 1759 KJ/mol e moltiplicare per 100, ottenendo:

$$\frac{438,81 \text{ KJ/mol}}{1759 \text{ KJ/mol}} * 100 = \mathbf{24.95 \%}$$

4. Convertendo il dato fornito si sa che ogni ora, nelle regione di Mosca in periodo estivo, l'energia solare assorbita è pari a $6.25 \text{ W/h} \cdot \text{m}^2$. Convertendo ancora tale valore si ottiene 22500 J/m^2 :
- moltiplicando per 240 (ore in dieci giorni) si ottiene 5400 KJ/m^2 . Moltiplicando ancora tale valore per 192600 m^2 (area di Mosca coperta da piante verdi) si ottiene 1040040000 KJ . Dividendo tale numero per l'energia associata ad un singolo fotone trovata sopra si ottiene $3.56 \cdot 10^{30}$ (fotoni assorbiti). Dividendo per 3 si ottiene il numero di molecole di ossigeno prodotte, cioè $1.19 \cdot 10^{30}$ e dividendo per N_A le moli di O_2 prodotte ovvero 1975760. Applicando l'equazione di stato dei gas perfetti e ponendo come incognita il volume si ottiene che, in 10 giorni di IchO sono stati prodotti 48338.55m³ di ossigeno!! Considerando invece le moli di biomassa esclusivamente come glucosio, moltiplicando le moli per 180.16 g/mol, si ottiene che sono stati prodotti ≈ 355 Kg di biomassa.
 - moltiplicando per 5 si ottiene 112500 J/m^2 . Moltiplicando ancora tale valore per 918 m^2 (area del MSU campus coperta da piante verdi) si ottiene 103275 KJ . Dividendo tale numero per l'energia associata ad un singolo fotone si ottiene $3.54 \cdot 10^{26}$ (fotoni assorbiti). Dividendo per 3 si ottiene il numero di molecole di ossigeno prodotte, uguali a quelle di biomassa prodotta, ovvero $1.18 \cdot 10^{26}$. Dividendo per N_A si ottengono le moli di biomassa prodotta uguali a quelle di ossigeno, cioè 195,92. Applicando l'equazione di stato dei gas perfetti e imponendo come incognita il volume si ottiene che, in 5 ore nel MSU campus, sono stati prodotti 4.8m³ di ossigeno. Considerando invece le moli di biomassa esclusivamente come glucosio, moltiplicando le moli per 180.16 g/mol, si ottiene che sono stati prodotti 35.26 Kg di biomassa.

5.

- L'energia solare totale assorbita dalla regione di Mosca (in 10 giorni) risulta essere 5400 KJ/m² per 1070000m², ovvero 5778000000KJ. Quella necessaria alla fotosintesi risulta essere 438,81 KJ per il numero di moli prodotte di ossigeno (uguali a quelle di biomassa), ovvero 866983246 KJ. Quindi la percentuale di energia solare convertita in energia chimica risulta:

$$(866983246 \text{ KJ} / 5778000000 \text{ KJ}) * 100 = \underline{\underline{15\%}}$$

- L'energia solare totale assorbita dal MSU campus (in 5 ore) risulta essere 112500 J/m² per 1700 m², ovvero 191250000 J. Quella necessaria alla fotosintesi risulta essere 438,81 per il numero di moli prodotte (uguali a quelle di biomassa), ovvero 85971655 J. Quindi la percentuale di energia solare convertita in energia chimica risulta:

$$(85971655 \text{ J} / 191250000 \text{ J}) * 100 = \underline{\underline{45\%}}$$

Soluzione proposta da

Stefano Ippolito di Siracusa

ex allievo dell'ITI Fermi di Siracusa

allievo dell'Università di Catania e della Scuola Superiore di Catania