

1^ο ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ

- **04.04.2024 (09.15-11.00): Ασκήσεις Φ1 – Φ4**

Άσκηση Φ1

Η ενθαλπία σχηματισμού του νερού στην αέρια φάση είναι: $\Delta_f H_{298}^0[\text{H}_2\text{O}(g)] = -241.82 \text{ kJ mol}^{-1}$

Υπολογίστε την τιμή της στους 100°C .

Δίνονται τα c_p : $\text{H}_2\text{O}(g) : 33.58 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{H}_2(g) : 28.82 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{O}_2(g) = 29.36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Λύση

Άσκηση Φ1

Η ενθαλπία σχηματισμού του νερού στην αέρια φάση είναι: $\Delta_f H_{298}^0[\text{H}_2\text{O}(g)] = -241.82 \text{ kJ mol}^{-1}$

Υπολογίστε την τιμή της στους 100°C .

Δίνονται τα c_p : $\text{H}_2\text{O}(g)$: $33.58 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{H}_2(g)$: $28.82 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{O}_2(g)$ = $29.36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Λύση



Η εξάρτηση της ενθαλπίας της αντίδρασης από τη θερμοκρασία καθορίζεται από τη διαφορά θερμοχωρητικοτήτων μεταξύ αντιδρώντων και προϊόντων:

$$\frac{d\Delta H}{dT} \equiv \sum v_i c_{p_i}$$

Άσκηση Φ1

Η ενθαλπία σχηματισμού του νερού στην αέρια φάση είναι: $\Delta_f H_{298}^0[\text{H}_2\text{O}(g)] = -241.82 \text{ kJ mol}^{-1}$

Υπολογίστε την τιμή της στους 100°C .

Δίνονται τα c_p : $\text{H}_2\text{O}(g)$: $33.58 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{H}_2(g)$: $28.82 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{O}_2(g)$ = $29.36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Λύση



Η εξάρτηση της ενθαλπίας της αντίδρασης από τη θερμοκρασία καθορίζεται από τη διαφορά θερμοχωρητικότητας μεταξύ αντιδρώντων και προϊόντων:

$$\frac{d\Delta H}{dT} \equiv \sum v_i c_{p_i}$$

$$\sum v_i c_{p_i} = c_p(\text{H}_2\text{O},g) - c_p(\text{H}_2,g) - \frac{1}{2}c_p(\text{O}_2,g) =$$

Άσκηση Φ1

Η ενθαλπία σχηματισμού του νερού στην αέρια φάση είναι: $\Delta_f H_{298}^0[\text{H}_2\text{O}(g)] = -241.82 \text{ kJ mol}^{-1}$

Υπολογίστε την τιμή της στους 100°C .

Δίνονται τα c_p : $\text{H}_2\text{O}(g)$: $33.58 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{H}_2(g)$: $28.82 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{O}_2(g)$ = $29.36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.


Λύση



Η εξάρτηση της ενθαλπίας της αντίδρασης από τη θερμοκρασία καθορίζεται από τη διαφορά θερμοχωρητικότητας μεταξύ αντιδρώντων και προϊόντων:

$$\frac{d\Delta H}{dT} \equiv \sum v_i c_{p_i}$$

$$\sum v_i c_{p_i} = c_p(\text{H}_2\text{O},g) - c_p(\text{H}_2,g) - \frac{1}{2}c_p(\text{O}_2,g) = \left(33.58 - 28.82 - \frac{1}{2}29.36 \right) \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} = -9.92 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$


$$d\Delta H = \sum v_i c_{p_i} dT \Rightarrow$$

Άσκηση Φ1

Η ενθαλπία σχηματισμού του νερού στην αέρια φάση είναι: $\Delta_f H_{298}^0[\text{H}_2\text{O}(g)] = -241.82 \text{ kJ mol}^{-1}$

Υπολογίστε την τιμή της στους 100°C .

Δίνονται τα c_p : $\text{H}_2\text{O}(g)$: $33.58 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{H}_2(g)$: $28.82 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $\text{O}_2(g)$ = $29.36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Λύση



Η εξάρτηση της ενθαλπίας της αντίδρασης από τη θερμοκρασία καθορίζεται από τη διαφορά θερμοχωρητικοτήτων μεταξύ αντιδρώντων και προϊόντων:

$$\frac{d\Delta H}{dT} \equiv \sum v_i c_{p_i}$$

$$\sum v_i c_{p_i} = c_p(\text{H}_2\text{O},g) - c_p(\text{H}_2,g) - \frac{1}{2}c_p(\text{O}_2,g) = \left(33.58 - 28.82 - \frac{1}{2}29.36\right) \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} = -9.92 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\Rightarrow d\Delta H = \sum v_i c_{p_i} dT \Rightarrow \int_{298}^{373} d\Delta H = (-9.92 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(373 \text{ K} - 298 \text{ K}) = -744 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\Rightarrow \Delta_f H_{373}^0 = \Delta_f H_{298}^0 - 0.744 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H_{373}^0 = -242.6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Άσκηση Φ2

Θεωρήστε την αντίδραση: $\text{C(graph)} + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$

Δίνονται οι θερμοχωρητικότητες (σε $\text{cal mol}^{-1} \text{K}^{-1}$):

$$C_{P(\text{C,graph})} = -1.265 + 14.008 \times 10^{-3}T - 103.31 \times 10^{-7}T^2,$$

$$C_{P(\text{O}_2)} = 6.148 + 3.102 \times 10^{-3}T - 9.23 \times 10^{-7}T^2 \quad \text{και}$$

$$C_{P(\text{CO}_2)} = 6.214 + 10.396 \times 10^{-3}T - 35.45 \times 10^{-7}T^2$$

Βρείτε μια εξίσωση από την οποία θα μπορείτε να υπολογίσετε την ΔH_T^0 σε κάθε θερμοκρασία.

Δίνεται ότι: $\Delta H_{298.15}^0 = -94051 \text{ cal mol}^{-1}$

Λύση

Άσκηση Φ2

Θεωρήστε την αντίδραση: $\text{C(graph)} + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$

Δίνονται οι θερμοχωρητικότητες (σε $\text{cal mol}^{-1} \text{K}^{-1}$):

$$c_{P(\text{C,graph})} = -1.265 + 14.008 \times 10^{-3}T - 103.31 \times 10^{-7}T^2,$$

$$c_{P(\text{O}_2)} = 6.148 + 3.102 \times 10^{-3}T - 9.23 \times 10^{-7}T^2 \quad \text{και}$$

$$c_{P(\text{CO}_2)} = 6.214 + 10.396 \times 10^{-3}T - 35.45 \times 10^{-7}T^2$$

Βρείτε μια εξίσωση από την οποία θα μπορείτε να υπολογίσετε την ΔH_T^0 σε κάθε θερμοκρασία.

Δίνεται ότι: $\Delta H_{298.15}^0 = -94051 \text{ cal mol}^{-1}$

Λύση

$$\frac{d\Delta H}{dT} \equiv \frac{d}{dT} \left(\sum v_i h_i \right) = \sum v_i c_{p_i} \quad \begin{array}{l} \downarrow \\ \rightarrow \end{array} \quad \begin{array}{c} c_{p_i} = a_i + b_i T + c_i T^2 \\ \rightarrow \end{array} \quad \frac{d\Delta H}{dT} = \sum v_i (a_i + b_i T + c_i T^2) \quad \rightarrow$$

Άσκηση Φ2

Θεωρήστε την αντίδραση: $\text{C}(\text{graph}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$

Δίνονται οι θερμοχωρητικότητες (σε $\text{cal mol}^{-1} \text{K}^{-1}$):

$$c_{P(\text{C,graph})} = -1.265 + 14.008 \times 10^{-3}T - 103.31 \times 10^{-7}T^2,$$

$$c_{P(\text{O}_2)} = 6.148 + 3.102 \times 10^{-3}T - 9.23 \times 10^{-7}T^2 \quad \text{και}$$

$$c_{P(\text{CO}_2)} = 6.214 + 10.396 \times 10^{-3}T - 35.45 \times 10^{-7}T^2$$

Βρείτε μια εξίσωση από την οποία θα μπορείτε να υπολογίσετε την ΔH_T^0 σε κάθε θερμοκρασία.

Δίνεται ότι: $\Delta H_{298.15}^0 = -94051 \text{ cal mol}^{-1}$

Λύση

$$c_{p_i} = a_i + b_i T + c_i T^2$$

$$\frac{d\Delta H}{dT} \equiv \frac{d}{dT} \left(\sum v_i h_i \right) = \sum v_i c_{p_i} \quad \rightarrow \quad \frac{d\Delta H}{dT} = \sum v_i (a_i + b_i T + c_i T^2) \quad \rightarrow$$

$$\Delta H - \Delta H_0 = \sum v_i \left(a_i T + \frac{b_i T^2}{2} + \frac{c_i T^3}{3} \right) \quad \rightarrow \quad \Delta H - \Delta H_0 = 1.331T - 3.357 \times 10^{-3}T^2 + 25.70 \times 10^{-7}T^3$$

Άσκηση Φ2

Θεωρήστε την αντίδραση: $\text{C(graph)} + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$

Δίνονται οι θερμοχωρητικότητες (σε $\text{cal mol}^{-1} \text{K}^{-1}$):

$$c_{P(\text{C,graph})} = -1.265 + 14.008 \times 10^{-3}T - 103.31 \times 10^{-7}T^2,$$

$$c_{P(\text{O}_2)} = 6.148 + 3.102 \times 10^{-3}T - 9.23 \times 10^{-7}T^2 \quad \text{και}$$

$$c_{P(\text{CO}_2)} = 6.214 + 10.396 \times 10^{-3}T - 35.45 \times 10^{-7}T^2$$

Βρείτε μια εξίσωση από την οποία θα μπορείτε να υπολογίσετε την ΔH_T^0 σε κάθε θερμοκρασία.

Δίνεται ότι: $\Delta H_{298.15}^0 = -94051 \text{ cal mol}^{-1}$

Λύση

$$c_{p_i} = a_i + b_i T + c_i T^2$$

$$\frac{d\Delta H}{dT} \equiv \frac{d}{dT} \left(\sum v_i h_i \right) = \sum v_i c_{p_i} \quad \rightarrow \quad \frac{d\Delta H}{dT} = \sum v_i (a_i + b_i T + c_i T^2) \quad \rightarrow$$

$$\Delta H - \Delta H_0 = \sum v_i \left(a_i T + \frac{b_i T^2}{2} + \frac{c_i T^3}{3} \right) \quad \rightarrow \quad \Delta H - \Delta H_0 = 1.331T - 3.357 \times 10^{-3}T^2 + 25.70 \times 10^{-7}T^3$$

Όμως: για $T=298.15 \text{ K}$: $\Delta H_{298} = -94051 \text{ cal mol}^{-1} \rightarrow \Delta H_0 = -94218 \text{ cal mol}^{-1}$.

$$\Delta H = -94218 + 1.331T - 3.357 \times 10^{-3}T^2 + 25.70 \times 10^{-7}T^3 \text{ cal mol}^{-1}$$

Άσκηση Φ3

Για την αντίδραση $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2} \text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{NH}_3(\text{g})$ είναι γνωστά τα εξής:

$K_p = 10^3$ στους 293 K και $\Delta_f H_{293}^0 = -10.94 \text{ kcal mol}^{-1}$. Να υπολογιστούν:

α) η K_y στους 293 K και ολική πίεση 2 atm, β) το ποσοστό της αμμωνίας που διασπάται στους 293 K υπό πίεση 1 atm και γ) τα $\Delta_f G_{293}^0$ και $\Delta_f S_{293}^0$ της NH_3 .

Λύση

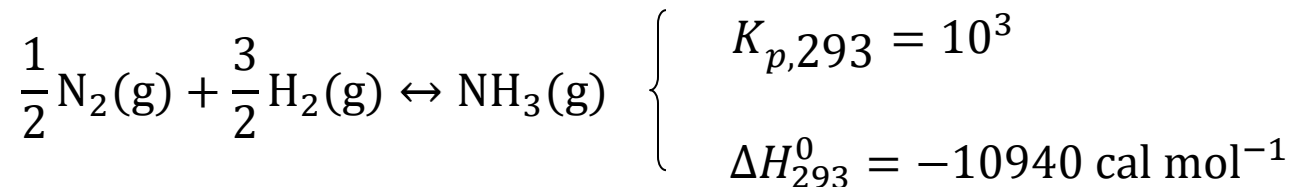
Άσκηση Φ3

Για την αντίδραση $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2} \text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{NH}_3(\text{g})$ είναι γνωστά τα εξής:


$K_p = 10^3$ στους 293 K και $\Delta_f H_{293}^0 = -10.94 \text{ kcal mol}^{-1}$. Να υπολογιστούν:

α) η K_y στους 293 K και ολική πίεση 2 atm, β) το ποσοστό της αμμωνίας που διασπάται στους 293 K υπό πίεση 1 atm και γ) τα $\Delta_f G_{293}^0$ και $\Delta_f S_{293}^0$ της NH_3 .

Λύση



α) $K_y = p^{-\sum \nu_i} K_p$ με $p = 2 \text{ atm}$, $\sum \nu_i = -1$

 $K_y = 2^1 \times 10^3 = 2 \times 10^3$

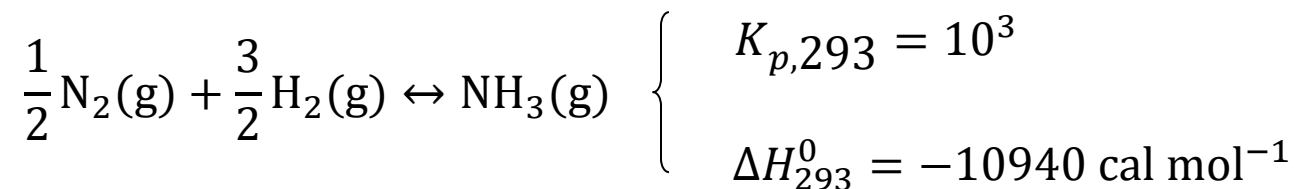
Άσκηση Φ3

Για την αντίδραση $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2} \text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{NH}_3(\text{g})$ είναι γνωστά τα εξής:

$K_p = 10^3$ στους 293 K και $\Delta_f H_{293}^0 = -10.94 \text{ kcal mol}^{-1}$. Να υπολογιστούν:

α) η K_y στους 293 K και ολική πίεση 2 atm, β) το ποσοστό της αμμωνίας που διασπάται στους 293 K υπό πίεση 1 atm και γ) τα $\Delta_f G_{293}^0$ και $\Delta_f S_{293}^0$ της NH_3 .

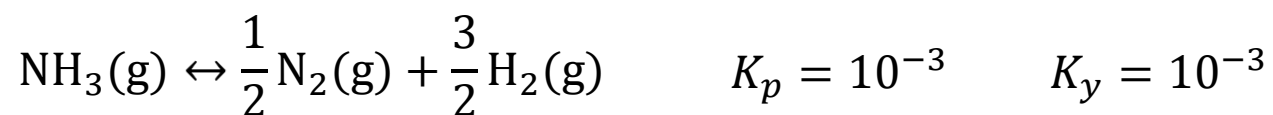
Λύση



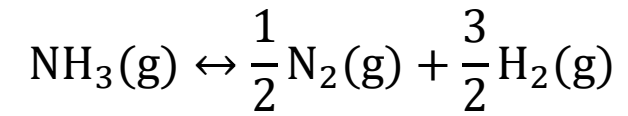
α) $K_y = p^{-\sum \nu_i} K_p$ με $p = 2 \text{ atm}$, $\sum \nu_i = -1$

$\rightarrow K_y = 2^1 \times 10^3 = 2 \times 10^3$

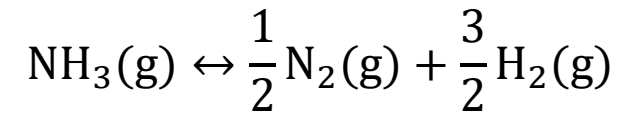
β) έχουμε τώρα την αντίδραση **διάσπασης** της αμμωνίας υπό $p=1 \text{ atm}$ $\rightarrow K_p = K_y$



Θεωρούμε ότι έχουμε αρχικά 1 mol NH_3 και ότι διασπώνται α mol ($0 < \alpha < 1$).
βαθμός διάσπασης



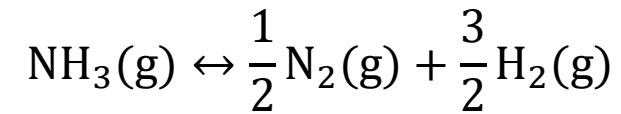
Θεωρούμε ότι έχουμε αρχικά 1 mol NH₃ και ότι διασπώνται α mol (0 < α < 1).
βαθμός διάσπασης



	NH ₃	N ₂	H ₂
Αρχικά mol			
αντιδρούν			
παράγονται			
στην ισορροπία			

Σύνολο mol
στην ισορροπία

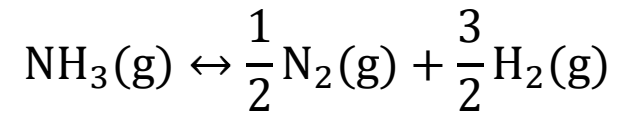
Θεωρούμε ότι έχουμε αρχικά 1 mol NH₃ και ότι διασπώνται α mol ($0 < \alpha < 1$). ⊙ βαθμός διάσπασης



	NH ₃	N ₂	H ₂
Αρχικά mol	1		
αντιδρούν	α		
παράγονται		$(1/2)\alpha$	$(3/2)\alpha$
στην ισορροπία	$1-\alpha$	$(1/2)\alpha$	$(3/2)\alpha$

Σύνολο mol
στην ισορροπία

Θεωρούμε ότι έχουμε αρχικά 1 mol NH_3 και ότι διασπώνται α mol ($0 < \alpha < 1$). Ⓞ \rightarrow βαθμός διάσπασης



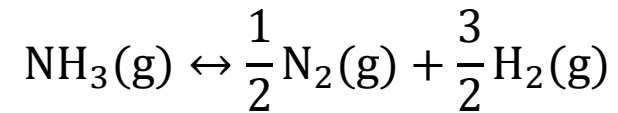
	NH_3	N_2	H_2
Αρχικά mol	1		
αντιδρούν	a		
παράγονται		$(1/2)a$	$(3/2)a$
στην ισορροπία	$1-a$	$(1/2)a$	$(3/2)a$

Σύνολο mol
στην ισορροπία

$$1+a$$

$$y_{\text{NH}_3} = \frac{1-a}{1+a} \quad y_{\text{N}_2} = \frac{a}{2(1+a)} \quad y_{\text{H}_2} = \frac{3a}{2(1+a)}$$

Θεωρούμε ότι έχουμε αρχικά 1 mol NH₃ και ότι διασπώνται α mol (0 < α < 1). ⊙ βαθμός διάσπασης



	NH ₃	N ₂	H ₂
Αρχικά mol	1		
αντιδρούν	<i>a</i>		
παράγονται		(1/2) <i>a</i>	(3/2) <i>a</i>
στην ισορροπία	1- <i>a</i>	(1/2) <i>a</i>	(3/2) <i>a</i>

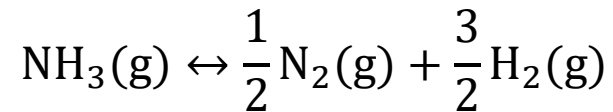
Σύνολο mol
στην ισορροπία

$$1+\alpha$$

$$y_{\text{NH}_3} = \frac{1-a}{1+a} \quad y_{\text{N}_2} = \frac{a}{2(1+a)} \quad y_{\text{H}_2} = \frac{3a}{2(1+a)}$$

$$K_y = \frac{y_{\text{N}_2}^{1/2} \cdot y_{\text{H}_2}^{3/2}}{y_{\text{NH}_3}}$$

Θεωρούμε ότι έχουμε αρχικά 1 mol NH₃ και ότι διασπώνται α mol ($0 < \alpha < 1$). ↗ βαθμός διάσπασης



	NH ₃	N ₂	H ₂
Αρχικά mol	1		
αντιδρούν	α		
παράγονται		$(1/2)\alpha$	$(3/2)\alpha$
στην ισορροπία	$1-\alpha$	$(1/2)\alpha$	$(3/2)\alpha$

Σύνολο mol
στην ισορροπία $1+\alpha$

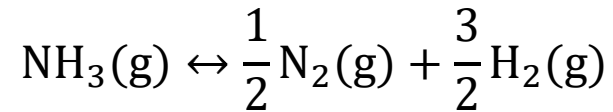
$$y_{\text{NH}_3} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \quad y_{\text{N}_2} = \frac{\alpha}{2(1+\alpha)} \quad y_{\text{H}_2} = \frac{3\alpha}{2(1+\alpha)}$$

$$K_y = \frac{y_{\text{N}_2}^{1/2} \cdot y_{\text{H}_2}^{3/2}}{y_{\text{NH}_3}} \Rightarrow 10^{-3} = 1.299 \cdot \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \Rightarrow \alpha = 0.028$$

άρα διασπάται το 2.8%
της αμμωνίας

Θεωρούμε ότι έχουμε αρχικά 1 mol NH₃ και ότι διασπώνται α mol (0 < α < 1).

βαθμός διάσπασης



	NH ₃	N ₂	H ₂
Αρχικά mol	1		
αντιδρούν	α		
παράγονται		(1/2)α	(3/2)α
στην ισορροπία	1-α	(1/2)α	(3/2)α

Σύνολο mol
στην ισορροπία

$$1+\alpha$$

$$y_{\text{NH}_3} = \frac{1-a}{1+a} \quad y_{\text{N}_2} = \frac{a}{2(1+a)} \quad y_{\text{H}_2} = \frac{3a}{2(1+a)}$$

$$K_y = \frac{y_{\text{N}_2}^{1/2} \cdot y_{\text{H}_2}^{3/2}}{y_{\text{NH}_3}} \Rightarrow 10^{-3} = 1.299 \cdot \frac{a^2}{1-a^2} \Rightarrow a = 0.028$$

άρα διασπάται το 2.8%
της αμμωνίας

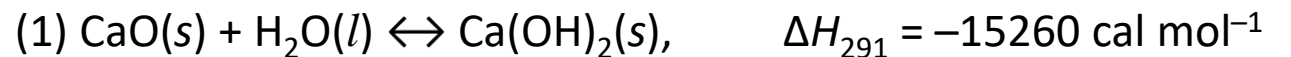
γ) για τη **σύνθεση** της αμμωνίας:

$$\Delta_f G_{293}^0 = -RT \ln K_p = -(1.987 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times (293\text{K}) \times \ln(10^3) = -4021.6 \text{ cal mol}^{-1}$$

$$\Delta_f S_{293}^0 = \frac{\Delta_f H_{293}^0 - \Delta_f G_{293}^0}{293} = -23.6 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Άσκηση Φ4

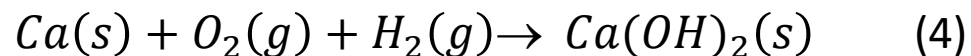
Να υπολογίσετε την ενθαλπία σχηματισμού του Ca(OH)_2 στους 291 K από τα δεδομένα των ακόλουθων αντιδράσεων :



Λύση

Ζητείται η $\Delta_f H_{291}$ του Ca(OH)_2

Η αντίδραση σχηματισμού είναι :



Η (4) προκύπτει με άμεση άθροιση των (1) – (3):

