

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Ερωτήσεις θεωρίας - Τύπου Α

ΕΡΩΤΗΣΗ 1. Με βάση τη θερμοχημική εξίσωση



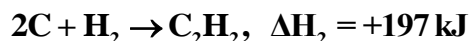
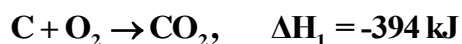
συμπεραίνουμε ότι για να

- α. σχηματισθεί 1 mol HCl απαιτούνται 185 kJ.
- β. σχηματισθεί 1 mol HCl απαιτούνται 92,5 kJ.
- γ. διασπασθούν 0,1 mol HCl απαιτούνται 9,25 kJ.
- δ. διασπασθούν 0,1 mol HCl ελευθερώνονται 9,25 kJ.

Λύση

Σωστό είναι το γ.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2. Μείγμα O_2 και H_2 διοχετεύεται σε δοχείο που περιέχει περίσσεια C σε σκόνη. Το μείγμα θερμαίνεται σε κατάλληλες συνθήκες και σχηματίζει CO_2 και C_2H_2 σύμφωνα με τις θερμοχημικές εξισώσεις:



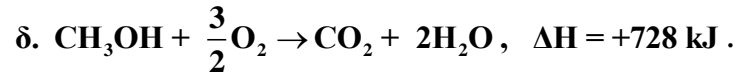
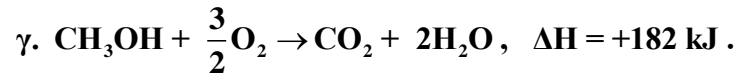
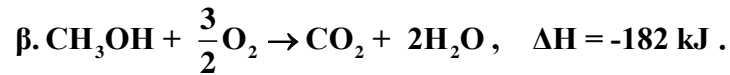
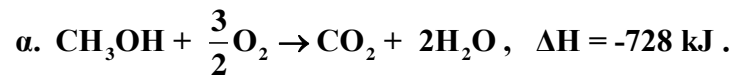
Τα συστατικά του μείγματος αντέδρασαν, χωρίς θερμική μεταβολή. Αυτό έγινε γιατί

- α. τα mol του H_2 ήταν ίσα με τα mol του O_2 .
- β. τα mol του H_2 ήταν τριπλάσια από τα mol του O_2 .
- γ. τα mol του O_2 ήταν περισσότερα από τα mol του H_2 .
- δ. τα mol του H_2 ήταν διπλάσια από τα mol του O_2 .

Λύση

Σωστό είναι το δ.

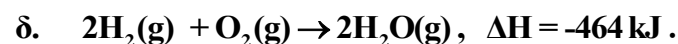
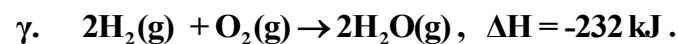
ΕΡΩΤΗΣΗ 3. Κατά την πλήρη καύση 8 g CH_3OH ($M_r = 32$) ελευθερώνονται 182 kJ σε ορισμένες συνθήκες. Στις ίδιες συνθήκες, η θερμοχημική εξίσωση για την πλήρη καύση της μεθανόλης είναι η



Λύση

Σωστό είναι το α.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4. Κατά τον σχηματισμό ενός mol υδρατμών ελευθερώνονται 232 kJ σε ορισμένες συνθήκες. Στις ίδιες συνθήκες η σωστή θερμοχημική εξίσωση για το σχηματισμό των υδρατμών είναι η



Λύση

Σωστό είναι το δ.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5. Η πρότυπη κατάσταση μιας καθαρής ουσίας είναι η πιο σταθερή μορφή της σε

α. θερμοκρασία 273 K και συγκέντρωση 1 M.

β. θερμοκρασία 298 K και συγκέντρωση 1 M.

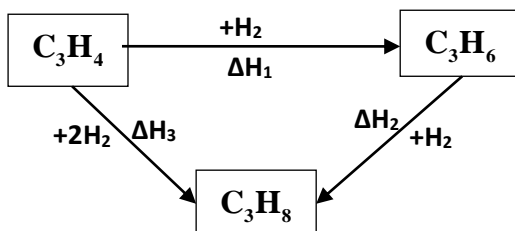
γ. θερμοκρασία 273 K και πίεση 1 atm.

δ. θερμοκρασία 298 K και πίεση 1 atm.

Λύση

Σωστό είναι το δ.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6. Δίνεται ο θερμοχημικός κύκλος:



Στον παραπάνω κύκλο ισχύει η εξίσωση:

- α. $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = 0$
- β. $\Delta H_2 - \Delta H_3 + \Delta H_1 = 0$
- γ. $\Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 = 0$
- δ. $\Delta H_2 - \Delta H_1 + \Delta H_3 = 0$

Λύση

Σωστό είναι το β.

ΕΡΩΤΗΣΗ 7. Η συμπύκνωση των υδρατμών περιγράφεται σωστά με τη θερμοχημική εξίσωση:

- α. $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}), -24 \text{ kJ}.$
- β. $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell), +24 \text{ kJ}.$
- γ. $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}), +24 \text{ kJ}.$
- δ. $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell), -24 \text{ kJ}.$

Λύση

Σωστό είναι το β.

Στη θερμοχημική εξίσωση δεν υπάρχει το σύμβολο ΔH (μεταβολή ενθαλπίας). Επομένως, η θερμοχημική εξίσωση εκφράζει το εκλυόμενο ή απορροφούμενο ποσό θερμότητας Q . Η υγροποίηση είναι εξώθερμο φαινόμενο, άρα κατά την υγροποίηση 1 mol υδρατμών εκλύεται στο περιβάλλον ποσό θερμότητας $Q = 24 \text{ kJ}$.

ΕΡΩΤΗΣΗ 8. Ένα ενδόθερμο φαινόμενο είναι η

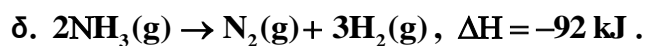
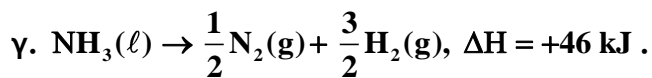
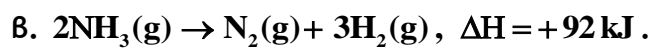
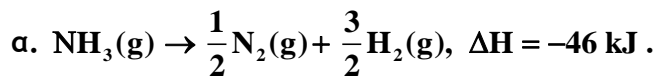
- α. φωτοσύνθεση.
- β. αναπνοή.
- γ. πήξη του νερού.
- δ. αντίδραση $\text{C}_{(\alphaδάμας)} \rightarrow \text{C}_{(\gammaραφίτης)}$.

Λύση

Σωστό είναι το α.

ΕΡΩΤΗΣΗ 9. Δίνεται η θερμοχημική εξίσωση

$\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}), \Delta\text{H} = -46 \text{ kJ}$, για την οποία όλες οι μετρήσεις ανάγονται σε ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Η διάσπαση της αέριας αμμωνίας μπορεί να παρουσιαστεί και με την ακόλουθη θερμοχημική εξίσωση



Λύση

Σωστό είναι το β.

Ερωτήσεις θεωρίας - Τύπου Β

ΕΡΩΤΗΣΗ 1. Να εξηγήσετε τις διαφορές στα παρακάτω ζεύγη εννοιών:

- α. Ουσία σε πρότυπη κατάσταση - ουσία σε πρότυπες συνθήκες.
- β. Χημική θερμοδυναμική - θερμοχημεία
- γ. Νόμος Lavoisier - Νόμος Lavoisier-Laplace

Λύση

α. Ουσία σε πρότυπη κατάσταση: Η πιο σταθερή μορφή της ουσίας σε θερμοκρασία 25 °C και πίεση 1 atm, όταν πρόκειται για διαλύματα αυτά έχουν συγκέντρωση 1 M.

Ουσία σε πρότυπες συνθήκες (STP συνθήκες): Η ουσία σε θερμοκρασία 0°C και πίεση 1 atm.

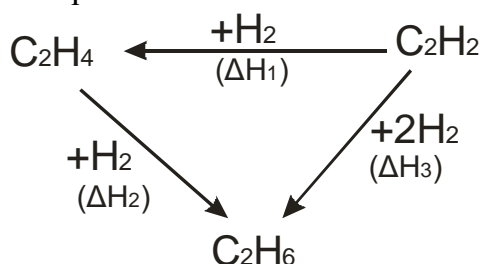
β. Χημική θερμοδυναμική: Είναι ο κλάδος της χημείας που μελετά όλα τα είδη ενεργειακών μετατροπών που συνοδεύουν μια χημική μεταβολή (αντίδραση).

Θερμοχημεία: Είναι ένα τμήμα της χημικής θερμοδυναμικής, το οποίο μελετά τις μετατροπές της χημικής σε θερμική ενέργεια και αντίστροφα.

γ. Νόμος Lavoisier: Κατά τις χημικές αντιδράσεις έχουμε διατήρηση της μάζας.

Νόμος Lavoisier-Laplace: Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά τη σύνθεση 1 mol μιας χημικής ένωσης από τα συστατικά της στοιχεία είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας, το οποίο απορροφάται ή εκλύεται κατά τη διάσπαση 1 mol της ίδιας χημικής ένωσης στα συστατικά της στοιχεία.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2. Στο παρακάτω θερμοχημικό κύκλο ισχύει $\Delta H_2 > 0$. Να αποδείξετε ότι ισχύει επίσης $\Delta H_3 > \Delta H_1$.



Λύση

Ο κύκλος περιγράφει την δημιουργία του C_2H_6 από το C_2H_2 είτε απευθείας, είτε σε δύο στάδια με ενδιάμεσο το C_2H_4 . Οπότε σύμφωνα με το νόμο του Hess ισχύει:

$$\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2 \Rightarrow \Delta H_3 - \Delta H_1 = \Delta H_2.$$

$$\text{Δίνεται ότι } \Delta H_2 > 0, \text{ κατά συνέπεια έχουμε } \Delta H_3 - \Delta H_1 > 0 \Rightarrow \Delta H_3 > \Delta H_1.$$

ΕΡΩΤΗΣΗ 3. Για να πραγματοποιηθεί η αντίδραση $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$

λαμβάνουν χώρα οι διαδικασίες:

- i. Σπάσιμο δεσμών $\text{H}-\text{H}$.
- ii. Σπάσιμο δεσμών $\text{Cl}-\text{Cl}$.
- iii. Δημιουργία δεσμών $\text{H}-\text{Cl}$.

α. Να γράψετε ποια/-ες διαδικασία/-ες από τις παραπάνω απορροφούν ενέργεια και ποια/-ες ελευθερώνουν ενέργεια.

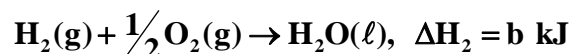
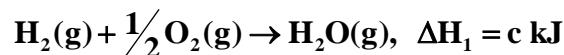
β. Αν η απορρόφηση ενέργειας είναι μικρότερη από την απελευθέρωση ενέργειας κατά τις παραπάνω διαδικασίες, να εξηγήσετε αν η αντίδραση είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη.

Λύση

α. Με το σπάσιμο των δεσμών των αρχικών ουσιών, διαδικασίες i και ii, απορροφάται ενέργεια, ενώ με τη δημιουργία δεσμών, διαδικασία iii, εκλύεται ενέργεια.

β. Αφού η απελευθέρωση ενέργειας είναι μεγαλύτερη από την απορρόφηση ενέργειας το σύστημα χάνει ενέργεια, η οποία εκλύεται προς το περιβάλλον, επομένως η αντίδραση είναι εξώθερμη.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4. Δίδονται οι παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις:



με αναγωγή των μετρήσεων στις ίδιες συνθήκες.

α. Να εξηγήσετε ποια αντίδραση από τις παραπάνω αποδίδει στο περιβάλλον περισσότερη θερμότητα.

β. Να επιλέξετε τη σωστή σχέση μεταξύ c και b και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

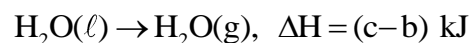
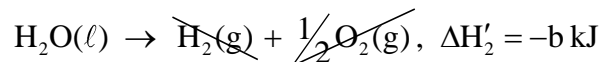
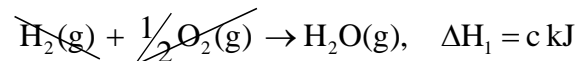
- i. $c = b$ ii. $c > b$ iii. $c < b$

Λύση

α. Μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποδίδει η δεύτερη αντίδραση. Τα αντιδρώντα και στις δύο αντιδράσεις έχουν την ίδια ενθαλπία. Το προϊόν στην δεύτερη αντίδραση, $\text{H}_2\text{O}(\ell)$, έχει μικρότερη ενθαλπία σε σχέση με το προϊόν στην πρώτη αντίδραση, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, γιατί το $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ έχει αυξημένη κινητική ενέργεια στα μόριά του, ως αέριο, σε σχέση με το $\text{H}_2\text{O}(\ell)$, που βρίσκεται σε υγρή κατάσταση.

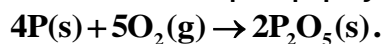
β. Επομένως $|\Delta H_1| < |\Delta H_2| \Rightarrow |c| < |b| \Rightarrow c > b$ επειδή οι αντιδράσεις είναι εξώθερμες και οι αριθμοί c και b είναι αρνητικοί. Σωστή η επιλογή ii.

Εναλλακτικά: Η μετατροπή οποιουδήποτε υγρού σε αέριο απαιτεί θερμότητα, δηλαδή είναι ενδόθερμη διαδικασία ($\Delta H > 0$).



Επειδή $\Delta H > 0$ θα είναι και $(c - b) > 0$ άρα $c > b$.

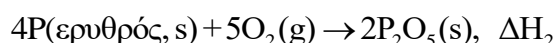
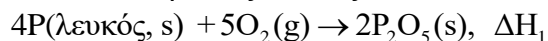
ΕΡΩΤΗΣΗ 5. Ο φωσφόρος καίγεται σύμφωνα με την εξώθερμη αντίδραση:



Δύο από τις μορφές που συναντάμε το φωσφόρο είναι ο λευκός φωσφόρος και ο ερυθρός φωσφόρος. Η καύση του λευκού φωσφόρου αποδίδει περισσότερη θερμότητα από ότι η καύση του ερυθρού φωσφόρου. Να εξηγήσετε αν η μετατροπή του λευκού φωσφόρου σε ερυθρό είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη διαδικασία.

Λύση

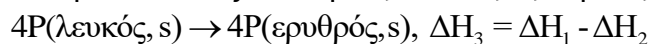
Οι δύο αντιδράσεις καύσης είναι:



Αντιστρέφοντας την δεύτερη αντίδραση



και προσθέτοντας κατά μέλη σε αυτή την πρώτη έχουμε

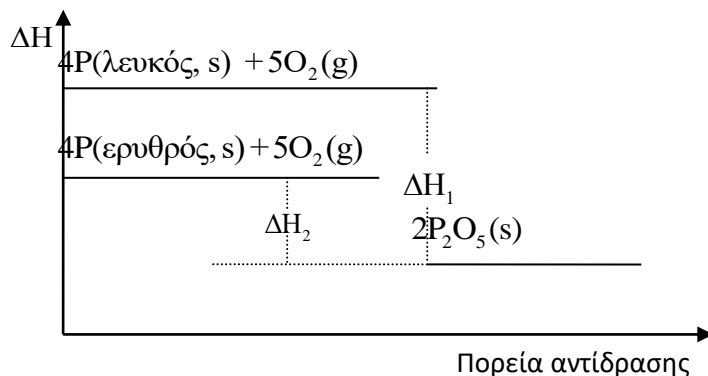


Όμως έχουμε από τα δεδομένα:

$$|\Delta H_1| > |\Delta H_2| \xrightarrow[\text{εξώθερμη αντίδραση}]{\Delta H < 0} \Delta H_1 < \Delta H_2 \Rightarrow \Delta H_1 - \Delta H_2 < 0 \Rightarrow \Delta H_3 < 0.$$

Επομένως η μετατροπή του λευκού φωσφόρου σε ερυθρό είναι εξώθερμη διαδικασία.

Εναλλακτικά:



Από το διάγραμμα φαίνεται ότι $\Delta H_1 > \Delta H_2$. Επειδή, τόσο η ενθαλπία του προϊόντος, όσο και του αντιδρώντος οξυγόνου είναι ίδιες συνεπάγεται ότι $H_{\text{ερυθρού P}(s)} < H_{\text{λευκού P}(s)} \Rightarrow \Delta H_{\text{αντίδρασης λευκού P}(s) \rightarrow \text{ερυθρού P}(s)} = H_{\text{ερυθρού P}(s)} - H_{\text{λευκού P}(s)} < 0$. Συνεπώς, η μετατροπή του λευκού φωσφόρου σε ερυθρό είναι εξώθερμη.

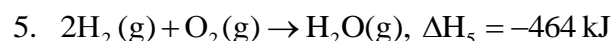
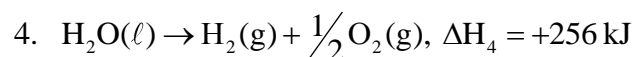
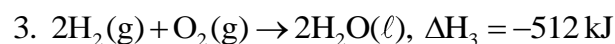
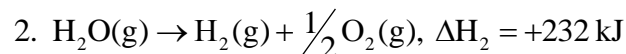
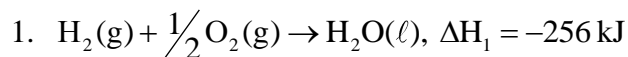
ΕΡΩΤΗΣΗ 6. Να αντιστοιχίσετε τις ενθαλπίες αντίδρασης των αντιδράσεων της στήλης I με την κατάλληλη τιμή τους της στήλης II και να δικαιολογήσετε τις επιλογές σας.

Στήλη I	Στήλη II
1. $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell), \Delta\text{H}_1 = \dots$	A. -512 kJ
2. $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}), \Delta\text{H}_2 = \dots$	B. -464 kJ
3. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\ell), \Delta\text{H}_3 = \dots$	Γ. -256 kJ
4. $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}), \Delta\text{H}_4 = \dots$	Δ. +232 kJ
5. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta\text{H}_5 = \dots$	E. +256 kJ

Λύση

1-Γ, 2-Δ, 3-A, 4-E και 5-B

ή

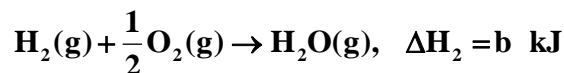


Οι αντιδράσεις 1^η, 3^η και 5^η ως καύσεις είναι εξώθερμες και έχουν αρνητική τιμή μεταβολής ενθαλπίας. Ταυτόχρονα είναι και αντιδράσεις σύνθεσης του νερού. Αντίθετα, οι δύο αντιδράσεις αποσύνθεσης (2^η και 4^η) έχουν θετική τιμή μεταβολής ενθαλπίας.

Η 3^η αντίδραση έχει διπλάσιους συντελεστές από τη 1^η, άρα θα έχει διπλάσια τιμή μεταβολής ενθαλπίας από την πρώτη. Άρα $\Delta\text{H}_1 = -256 \text{ kJ}$ και $\Delta\text{H}_3 = -512 \text{ kJ}$.

Η 5^η αντίδραση αποδίδει λιγότερη θερμότητα από την 3^η γιατί το νερό παράγεται ως αέριο το οποίο έχει αυξημένη κινητική ενέργεια στα μόριά του σε σχέση με το υγρό. Άρα στην 5^η αντίδραση έχουμε $\Delta\text{H}_5 = -464 \text{ kJ}$. Η 4^η αποτελεί αντιστροφή της 1^{ης}, οπότε έχουν αντίθετες τιμές μεταβολής ενθαλπίας, άρα $\Delta\text{H}_4 = +256 \text{ kJ}$. Η 2^η αποτελεί αντιστροφή της 1^{ης} και με υποδιπλασιασμένους συντελεστές, άρα $\Delta\text{H}_2 = +232 \text{ kJ}$

ΕΡΩΤΗΣΗ 7. Δίδονται οι θερμοχημικές εξισώσεις:



με αναγωγή των μετρήσεων στις ίδιες συνθήκες.

Ποια σχέση από τις παρακάτω ισχύει μεταξύ των a και b ;

- i. $a = b$ ii. $a < 2b$ iii. $a > 2b$

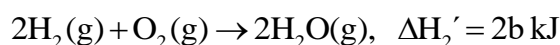
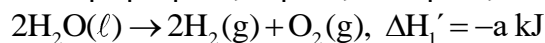
Να επιλέξετε τη σωστή σχέση και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Λύση

α. Σωστή η ii.

β. Και οι δύο είναι καύσεις, άρα εξώθερμες, οπότε $a, b < 0$. Επίσης, η φυσική μεταβολή της εξαέρωσης του νερού είναι ενδόθερμη μεταβολή, δηλαδή $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta H > 0$ (1)

Αντιστρέφουμε την πρώτη αντίδραση και διπλασιάζουμε την δεύτερη. Έτσι έχουμε



Προσθέτοντας κατά μέλη προκύπτει: $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta H = (2b - a) \text{ kJ}$ (2)

Από τις (1) και (2) προκύπτει: $2b - a > 0 \Rightarrow a < 2b$.

ΕΡΩΤΗΣΗ 8. Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες και να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας:

α. Ο νόμος Lavoisier Laplace αναφέρει ότι κατά τις χημικές αντιδράσεις η μάζα διατηρείται σταθερή.

β. Η μεταβολή της ενθαλπίας ορίζεται μόνο για τα χημικά φαινόμενα.

γ. Η αντίδραση: $4\text{P}(\text{s}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{P}_2\text{O}_5(\text{s})$ είναι εξώθερμη. Αυτό σημαίνει ότι σε πρότυπη κατάσταση 2 mol $\text{P}_2\text{O}_5(\text{s})$ έχουν μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο από ότι έχουν μαζί 4 mol $\text{P}(\text{s})$ και 5 mol $\text{O}_2(\text{g})$.

δ. Η ηλεκτρόλυση του νερού με διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το διάλυμά του, με αποτέλεσμα την αποσύνθεσή του στα συστατικά του στοιχεία, αποτελεί αντικείμενο της θερμοχημείας.

Λύση

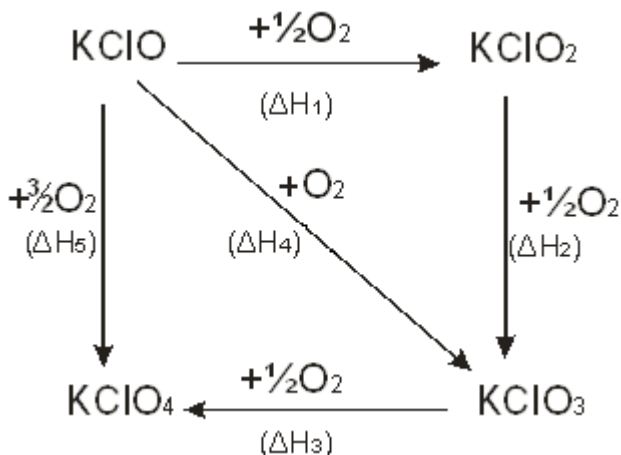
α. Λανθασμένη. Ο νόμος Lavoisier Laplace αναφέρεται σε θερμότητες και όχι σε μάζες.

β. Λανθασμένη. Αναφέρεται και σε φυσικά φαινόμενα όπως η μεταβολή φυσικών καταστάσεων της ύλης, για παράδειγμα: $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta H > 0$.

γ. Σωστή. Αφού η αντίδραση είναι εξώθερμη η ενθαλπία των προϊόντων είναι μικρότερη από την ενθαλπία των αντιδρώντων.

δ. Λανθασμένη. Είναι περίπτωση μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική, άρα είναι αντικείμενο της ηλεκτροχημείας.

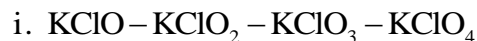
ΕΡΩΤΗΣΗ 9. Δίνεται το παρακάτω διάγραμμα χημικών μεταβολών:



- α. Να προσδιορίσετε και να γράψετε όλους τους θερμοχημικούς κύκλους που εμφανίζονται στο παραπάνω σχήμα.
- β. Θεωρώντας ως γνωστές τις ΔH_1 , ΔH_2 , ΔH_3 και ΔH_5 να βρείτε δύο σχέσεις με τις οποίες είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η τιμή του ΔH_4 .

Λύση

α. Εμφανίζονται τρεις θερμοχημικοί κύκλοι που περιέχουν τις ενώσεις:



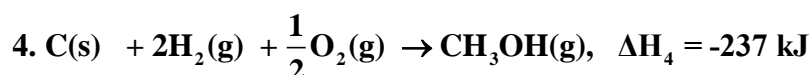
β. Ο δεύτερος κύκλος περιγράφει την δημιουργία KClO_3 από KClO είτε απευθείας είτε σε δύο στάδια με ενδιάμεσο το KClO_2 . Σύμφωνα με το νόμο του Hess ισχύει:
 $\Delta H_4 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ (1^η σχέση).

Ο τρίτος κύκλος περιγράφει την δημιουργία KClO_4 από KClO είτε απευθείας είτε σε δύο στάδια με ενδιάμεσο το KClO_3 . Σύμφωνα με το νόμο του Hess ισχύει:
 $\Delta H_5 = \Delta H_4 + \Delta H_3 \Rightarrow \Delta H_4 = \Delta H_5 - \Delta H_3$ (2^η σχέση).

Ασκήσεις - Τύπου Γ

ΑΣΚΗΣΗ 1.

Γ1. Δίνονται οι παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις:



α. Να βρείτε την θερμοχημική εξίσωση της τέλει καύσης της μεθανόλης, CH_3OH , προς υδρατμούς ($\text{H}_2\text{O}(\text{g})$).

β. Να βρείτε την θερμοχημική εξίσωση της τέλει καύσης της μεθανόλης, CH_3OH , προς $\text{H}_2\text{O}(\ell)$.

Γ2. Ποσότητα CH_3OH καίγεται με περίσσεια αέρα, οπότε παράγονται 10,8 g υδρατμών και 16,2 g υγρού νερού ($\text{H}_2\text{O}(\ell)$).

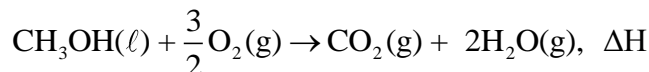
α. Να υπολογίσετε την ποσότητα της CH_3OH που κάηκε.

β. Να υπολογίσετε την θερμότητα που ελευθερώθηκε.

Δίνεται $\text{Mr}_{\text{H}_2\text{O}} = 18$ και $\text{Mr}_{\text{CH}_3\text{OH}} = 32$.

Λύση.

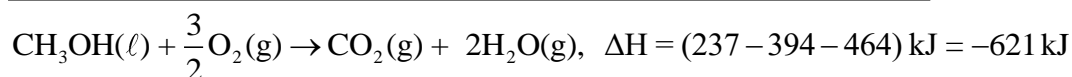
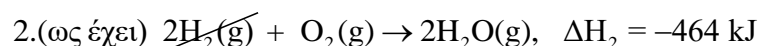
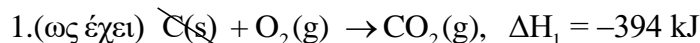
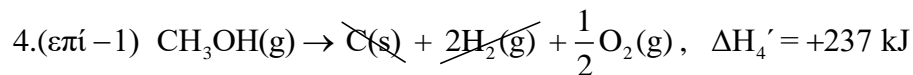
α. Έχοντας ως βάση τη ζητούμενη εξίσωση



τροποποιούμε κατάλληλα τις θερμοχημικές εξισώσεις που δίνονται, ώστε όταν τις αθροίσουμε να προκύπτει η ζητούμενη με τους ίδιους συντελεστές.

Οπότε, χρησιμοποιούμε τις 1, 2 και 4 ως εξής:

Την 4 την αντιστρέφουμε ώστε να εμφανιστεί η μεθανόλη στα αντιδρώντα με τον σωστό συντελεστή (ουσιαστικά είναι σαν να την πολλαπλασιάζω με -1). Τις 1 και 2 τις κρατάμε ως έχουν για να εμφανιστούν το CO_2 και τα $2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ στα προϊόντα.



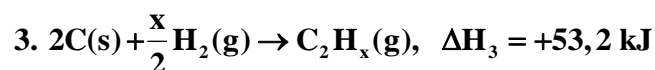
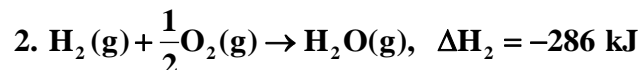
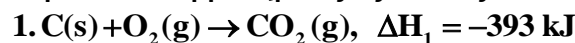
ΑΣΚΗΣΗ 2.

Γ1. 140 g της ένωσης $C_2H_x(g)$ καίγονται πλήρως με περίσσεια $O_2(g)$ προς $CO_2(g)$ και $H_2O(l)$ αποδίδοντας θερμότητα 7056 kJ.

α. Να γράψετε τη θερμοχημική εξίσωση της καύσης της ένωσης C_2H_x .

β. Να υπολογίσετε σε συνάρτηση με το x την τιμή της ενθαλπίας της παραπάνω αντίδρασης.

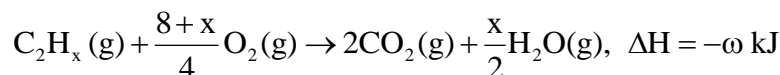
γ. Να βρείτε τον μοριακό τύπο της ένωσης C_2H_x , όταν γνωρίζετε και τις παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις:



Δίνεται $Ar_H = 1$, $Ar_O = 16$ και ότι οι μετρήσεις όλων των θερμοτήτων έγιναν στις ίδιες συνθήκες.

Λύση

α. Έστω ότι η τιμή της ενθαλπίας αντίδρασης καύσης είναι $\Delta H = -\omega \text{ kJ}$ ($\omega > 0$).



β. Βρίσκουμε τα mol του C_2H_x : $n_{C_2H_x} = \frac{m}{Mr} = \frac{140}{12 \cdot 2 + x} \text{ mol} = \frac{140}{24 + x} \text{ mol}$.

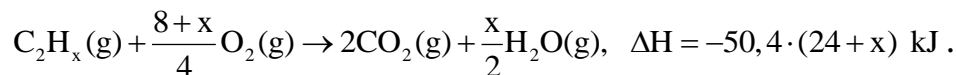
Από την στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε

1 mol C_2H_x εκλύει $\omega \text{ kJ}$

$\frac{140}{24 + x} \text{ mol}$ εκλύουν 7056 kJ

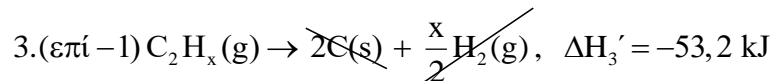
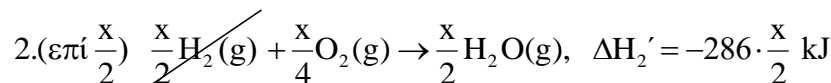
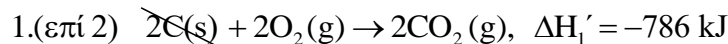
$$\omega = \frac{7056 \cdot (24 + x)}{140} = 50,4 \cdot (24 + x). \text{ Άρα } \Delta H = -50,4 \cdot (24 + x) \text{ kJ (1).}$$

γ. Ζητείται να προσδιορίσουμε την ενθαλπία της αντίδρασης

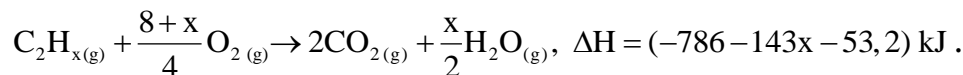


Χρησιμοποιούμε τις δοσμένες αντιδράσεις ως εξής: πολλαπλασιάζουμε την πρώτη

επί 2, τη δεύτερη επί $\frac{x}{2}$ και αντιστρέφουμε την τρίτη. Έτσι έχουμε



Προσθέτουμε κατά μέλη και έχουμε:



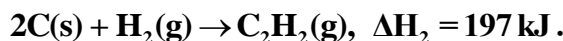
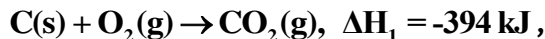
Από την (1) έχουμε:

$$-50,4 \cdot (24 + x) = -786 - 143x - 53,2 \Rightarrow 92,6x = 370,4 \Rightarrow x = \frac{370,4}{92,6} = 4.$$

Συνεπώς, ο μοριακός τύπος της ένωσης είναι C_2H_4 .

ΑΣΚΗΣΗ 3.

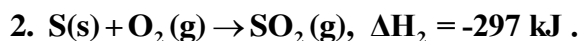
Γ1. Το δοχείο Α περιέχει μείγμα C και O₂, ενώ το δοχείο Β περιέχει μείγμα C και H₂. Τα δοχεία θερμαίνονται σε κατάλληλες συνθήκες, οπότε τα συστατικά του Α αντιδρούν πλήρως προς CO₂, ενώ τα συστατικά του Β αντιδρούν πλήρως προς C₂H₂, σύμφωνα με τις θερμοχημικές εξισώσεις



Και για τις δύο αντιδράσεις συνολικά απαιτήθηκαν 19,7 kJ. Επίσης, σχηματίστηκαν συνολικά 22,4 L αερίων, σε STP συνθήκες.

Να υπολογίσετε την ποσότητα του O₂ στο μείγμα Α.

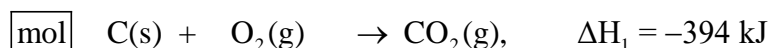
Γ2. Να υπολογίσετε τη ΔH της αντίδρασης $2H_2S(g) + SO_2(g) \rightarrow 3S(s) + 2H_2O(l)$ αν δίνονται οι παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις:



Λύση

Γ1.

Έστω x mol C αντιδρούν δίνοντας CO₂ στο δοχείο Α.

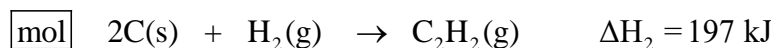


Αρχ. x x -

A / Π x x x ελευθερώνονται 394 · x kJ

Τελ. - - x

Έστω 2ψ mol C αντιδρούν δίνοντας C₂H₂ στο δοχείο Β.



Αρχ. 2ψ ψ -

A / Π 2ψ ψ ψ απορροφώνται 197 · ψ kJ

Τελ. - - ψ

Δίνεται για τα συνολικά αέρια προϊόντα

$$V_{CO_2} + V_{C_2H_2} = (x + \psi)22,4 = 22,4 \Rightarrow x + \psi = 1 \quad (1).$$

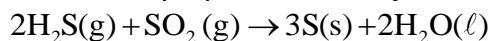
Δίνεται για τη συνολική μεταβολή θερμότητας

$$197\psi - 394x = 19,7 \Rightarrow 10\psi - 20x = 1 \Rightarrow \psi - 2x = 0,1 \quad (2)$$

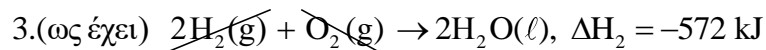
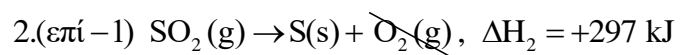
Από (1) και (2) προκύπτει $3\psi = 2,1 \Rightarrow \psi = 0,7$ και $x = 0,3$.

Συνεπώς το δοχείο Α περιείχε 0,3 mol O₂.

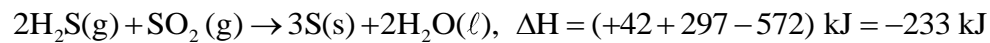
Γ2. Καθοδηγούμενοι από τους συντελεστές της αντίδρασης



Αντιστρέφουμε και διπλασιάζουμε την πρώτη αντίδραση, αντιστρέφουμε την δεύτερη αντίδραση και αφήνουμε ως έχει την τρίτη αντίδραση. Έτσι έχουμε:



Προσθέτοντας κατά μέλη προκύπτει η ζητούμενη αντίδραση



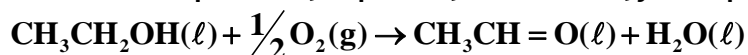
Συνεπώς, η μεταβολή ενθαλπίας της ζητούμενης αντίδρασης είναι $\Delta\text{H} = -233 \text{ kJ}$.

ΑΣΚΗΣΗ 4.

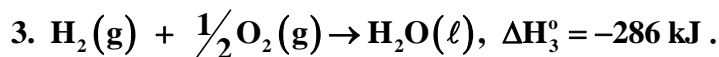
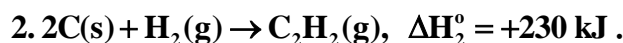
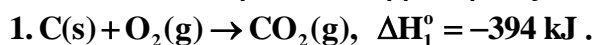
Γ1. Σε δοχείο τοποθετούμε ισομοριακό μείγμα H_2 και O_2 . Φέρουμε το μείγμα στους θ °C και σε πίεση P, οπότε τα συστατικά του μείγματος αντιδρούν σχηματίζοντας υδρατμούς και ελευθερώνοντας θερμότητα β kJ. Σε όμοιο δοχείο τοποθετούμε άλλο μείγμα H_2 και O_2 ίσων συνολικών mol με τα mol του μείγματος στο πρώτο δοχείο. Φέρουμε το μείγμα στους θ °C και σε πίεση P, οπότε σχηματίζονται υδρατμοί και ελευθερώνεται το ίδιο ποσό θερμότητας β kJ.

Να υπολογίσετε την αρχική % v/v περιεκτικότητα του οξυγόνου στο δεύτερο δοχείο.

Γ2. Να υπολογίσετε την πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης



αν δίνονται οι παρακάτω θερμοχημικές αντιδράσεις:

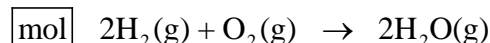


Λύση

Γ1.

Αφού ελευθερώθηκε ίση ποσότητα θερμότητας, θα σχηματίστηκε και ίδια ποσότητα υδρατμών. Επομένως, στο δεύτερο δοχείο θα αντέδρασαν ίσες ποσότητες υδρογόνου και οξυγόνου με αυτές που αντέδρασαν στο πρώτο δοχείο.

Πρώτο δοχείο :



Αρχ. n n -

A / Π. n $\frac{n}{2}$ n

Τελ. - $\frac{n}{2}$ n

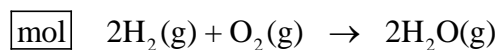
Στο πρώτο δοχείο υπάρχει περίσσεια οξυγόνου.

Στο δεύτερο δοχείο για να αντιδρούν ακριβώς οι ίδιες ποσότητες, θα πρέπει να υπάρχει περίσσεια υδρογόνου.

Ειδικότερα, η αρχική ποσότητα του O_2 να είναι $\frac{n}{2}$ και του H_2 να είναι $n + \frac{n}{2}$,

ώστε τα συνολικά mol να είναι πάλι 2n.

Με άλλα λόγια, στο δεύτερο δοχείο έχουμε

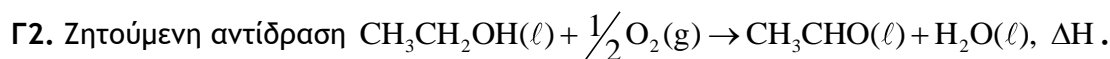


Αρχ. $n + \frac{n}{2} \quad \frac{n}{2} \quad -$

A / Π. $n \quad \frac{n}{2} \quad n$

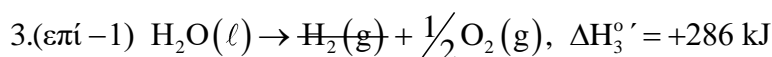
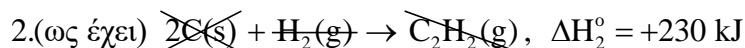
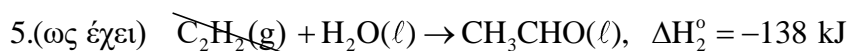
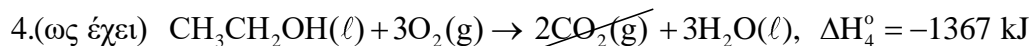
Τελ. $\frac{n}{2} \quad - \quad n$

Συνεπώς, $\% (\text{v/v})_{\text{O}_2} = \frac{\frac{n}{2}}{2n} \cdot 100\% = 25\%$.



Για να την κατασκευάσουμε εργαζόμαστε ως εξής:

- Διατηρούμε την 4^η και 5^η αντίδραση ως έχουν, αφού περιέχουν τις ενώσεις $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ και CH_3CHO στη σωστή πλευρά της χημικής εξίσωσης και με τους συντελεστές που θέλουμε.
- Για να απαλλαγούμε από το CO_2 που εισάγει η τέταρτη αντίδραση αντιστρέφουμε και διπλασιάζουμε την πρώτη.
- Για να απαλλαγούμε από το C_2H_2 στα αντιδρώντα που εισάγει η 5^η αντίδραση χρησιμοποιούμε τη 2^η αντίδραση ως έχει.
- Τέλος, αντιστρέφουμε την τρίτη αντίδραση.



ΑΣΚΗΣΗ 5.

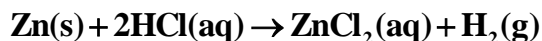
Γ1. Σε 500 mL διαλύματος HCl συγκέντρωσης 0,2 M προστίθενται V L διαλύματος NaOH συγκέντρωσης 0,1 M. Κατά την εξουδετέρωση παράχθηκαν 2,85 kJ.

α. Να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος NaOH που προστέθηκε, όταν γνωρίζετε τη θερμοχημική εξίσωση:

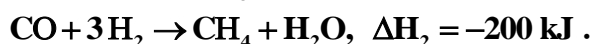


β. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του τελικού διαλύματος σε HCl.

Γ2. Σε διάλυμα HCl 4 M, επιδρούμε περίσσεια Zn οπότε γίνεται η αντίδραση:



Όλο το παραγόμενο αέριο διοχετεύεται σε δοχείο που περιέχει 0,3 mol αερίου CO. Και τα δύο αέρια αντιδρούν πλήρως σύμφωνα με τις παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις



Μετά την ολοκλήρωση των αντιδράσεων έχουν παραχθεί 52 kJ. Να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος HCl 4 M.

Λύση

α. $n_{\text{HCl}} = C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = 0,2 \cdot 0,5 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}.$

Από την στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε: (αν έχουμε n mol NaOH)

[mol]	HCl	+ NaOH	→ NaCl	+ H ₂ O	ΔH = -57 kJ
Αρχ.	0,1	n	-	-	
A/Π	x	x	x	x	εκλύονται 57 · x kJ
Τελ.	0,1 - x	n - x	x		

Δίνεται ότι $57x = 2,85 \Rightarrow x = 0,05.$

Επειδή $x(0,05) < n_{\text{HCl}}(0,1)$, το HCl είναι σε περίσσεια και αντέδρασε πλήρως το υδροξείδιο του νατρίου. Οπότε, $n - x = 0 \Rightarrow x = n = 0,05$, δηλαδή προστέθηκαν

0,05 mol NaOH. Συνεπώς $V_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{C_{\text{NaOH}}} \Rightarrow V_{\text{NaOH}} = \frac{0,05}{0,1} \text{ L} = 0,5 \text{ L} = 500 \text{ mL}.$

β. Το τελικό διάλυμα ισούται με το άθροισμα των όγκων των διαλυμάτων που προστέθηκαν, άρα έχει όγκο $V_{\text{ολ}} = 0,5 \text{ L} + 0,5 \text{ L} = 1 \text{ L}$, οπότε η συγκέντρωση του

HCl σε αυτό είναι $C_{\text{HCl}}' = \frac{n_{\text{HCl}}'}{V_{\text{ολ}}} = \frac{(0,1 - 0,05) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$

Γ2. Έστω x mol του CO αντιδρούν για να δώσουν CH₃OH και y mol αντιδρούν για να δώσουν CH₄.

Για την πρώτη αντίδραση έχουμε:

[mol]	CO	+ 2H ₂	→ CH ₃ OH,	ΔH ₁ = -120 kJ
A/Π	x	2x	x	εκλύονται 120 · x kJ

και για την δεύτερη αντίδραση:

[mol]	CO	+ 3H ₂	→ CH ₄ + H ₂ O,	ΔH ₂ = -200 kJ
A/Π	y	3y	y	εκλύονται 200 · y kJ

Δίνεται ότι

$$x + y = 0,3 \quad (1)$$

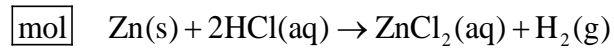
$$120 \cdot x + 200 \cdot y = 52 \Rightarrow 1,2x + 2y = 0,52 \quad (2)$$

Από (1) και (2) προκύπτει $x = 0,1$ και $y = 0,2$.

Άρα η συνολική ποσότητα H_2 που παράχθηκε από την πρώτη αντίδραση είναι:

$$(2x + 3y) \text{ mol} = (0,2 + 0,6) \text{ mol} = 0,8 \text{ mol}.$$

Από τη στοιχειομετρία της αρχικής αντίδρασης έχουμε:



$$\text{Αρχ.} \quad \omega \quad \quad \varphi \quad \quad - \quad \quad -$$

$$\text{Α / Π} \quad \frac{\varphi}{2} \quad \quad \varphi \quad \quad \frac{\varphi}{2} \quad \quad \frac{\varphi}{2}$$

$$\text{Όμως, } n_{H_2} = \frac{\varphi}{2} \text{ mol} \Rightarrow 0,8 \text{ mol} = \frac{\varphi}{2} \text{ mol} \Rightarrow \varphi = 1,6, \text{ οπότε } n_{HCl} = 1,6 \text{ mol}.$$

Άρα ο όγκος του διαλύματος HCl 4 M που χρησιμοποιήθηκε είναι

$$V_{HCl} = \frac{n_{HCl}}{C_{HCl}} = \frac{1,6 \text{ mol}}{4 \text{ M}} = 0,4 \text{ L}.$$

Προβλήματα - Τύπου Δ

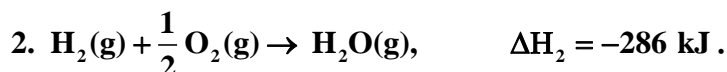
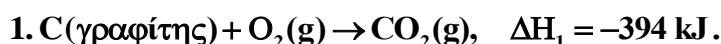
ΠΡΟΒΛΗΜΑ 1.

Δ1. 2,6 g ενός αλκινίου Α όταν καίγονται πλήρως εκλύουν θερμότητα 132,9 kJ. Ίση ποσότητα του αλκινίου Α απαιτεί για την πλήρη υδρογόνωσή του 4,48 L H₂ μετρημένα σε STP συνθήκες.

α. Να βρεθεί ο μοριακός τύπος του αλκινίου Α.

β. Να γράψετε τη θερμοχημική εξίσωση της τέλει καύσης του αλκινίου Α.

Δ2. Να γράψετε τη θερμοχημική εξίσωση του σχηματισμού του αλκινίου Α από τα συστατικά του στοιχεία. Δίνονται οι παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις



Λύση

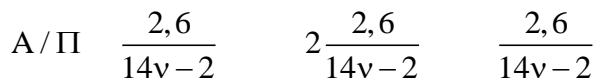
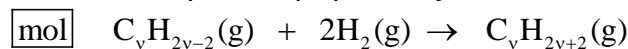
Δ1.

α. Το αλκίνιο Α έχει Γενικό Μοριακό Τύπο C_vH_{2v-2}.

Τα mol του Α είναι $n_A = \frac{2,6}{14v-2}$ mol.

Τα mol του υδρογόνου είναι $n_{H_2} = \frac{4,48}{22,4}$ mol = 0,2 mol.

Από την αντίδραση υδρογόνωσης του αλκινίου προκύπτει

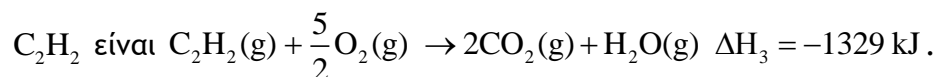


Δίνεται ότι το υδρογόνο που απαιτήθηκε ήταν 0,2 mol, επομένως

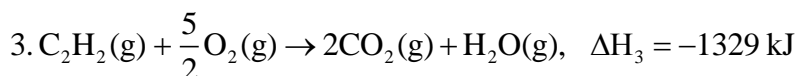
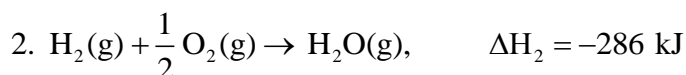
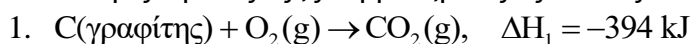
$$2 \frac{2,6}{14v-2} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol} \Rightarrow 14v - 2 = 26 \Rightarrow v = 2.$$

Συνεπώς το αλκίνιο είναι το ακετυλένιο (C₂H₂).

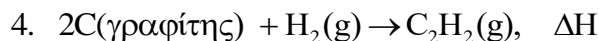
β. Όταν καίγονται πλήρως 0,1 mol C₂H₂ εκλύονται 132,9 kJ, συνεπώς η καύση 1 mol C₂H₂ θα εκλύει 1329 kJ, οπότε η θερμοχημική εξίσωση της τέλει καύσης του



Δ2. Γνωρίζουμε τις εξής θερμοχημικές εξισώσεις:



Η θερμοχημική εξίσωση σχηματισμού του ακετυλενίου από τα συστατικά του στοιχεία είναι η εξής:



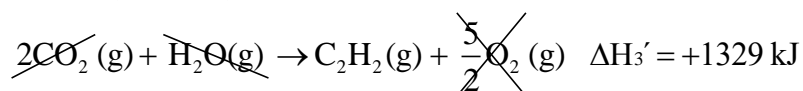
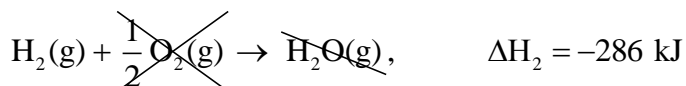
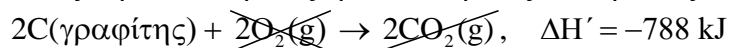
Για να προσδιορίσουμε το ΔH σχηματίζουμε την αντίδραση 4 από τις 1, 2, και 3 κάνοντας τις παρακάτω μετατροπές:

i. Αντιστρέφουμε την 3^η, ώστε να εμφανιστεί το $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ στα προϊόντα με το σωστό συντελεστή.

ii. Πολλαπλασιάζουμε την 1^η επί 2, ώστε να εμφανιστούν τα δύο άτομα C(s) στα αντιδρώντα.

iii. Αφήνουμε ως έχει την 2^η, αφού έχει το $\text{H}_2(\text{g})$ στη σωστή πλευρά και με το σωστό συντελεστή.

Τέλος, προσθέτουμε τις τροποποιημένες αντιδράσεις.



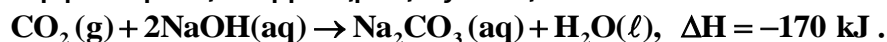
ΠΡΟΒΛΗΜΑ 2.

Δ1. Η θερμότητα που ελευθερώνεται κατά την καύση 1 mol ενός αλκενίου (C_vH_{2v}) προς $CO_{2(g)}$ και $H_2O(l)$ είναι 2060 kJ. Να υπολογίσετε τον μοριακό τύπο του αλκενίου με δεδομένες τις παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις:

- $vC(s) + vH_2(g) \rightarrow C_vH_{2v}(g), \Delta H_2 = +20 \text{ kJ}.$
- $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g), \Delta H_3 = -394 \text{ kJ}.$
- $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l), \Delta H_4 = -286 \text{ kJ}.$

Δ2. Ποσότητα από το παραπάνω αλκένιο εισάγεται σε κλειστό δοχείο με περίσσεια οξυγόνου. Το μείγμα που σχηματίζεται έχει όγκο 15,68 L, μετρημένο σε STP συνθήκες, αναφλέγεται και καίγεται πλήρως.

Το μείγμα των αερίων της καύσης διοχετεύεται σε υδατικό διάλυμα NaOH 2 M, οπότε η ποσότητα του CO_2 δεσμεύεται πλήρως εκλύοντας θερμότητα 51 kJ, σύμφωνα με την θερμοχημική εξίσωση



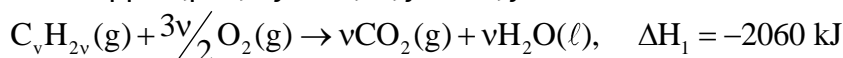
Να υπολογίσετε την σύσταση του αρχικού μίγματος αλκενίου-οξυγόνου.

Δ3. Να υπολογίσετε το όγκο του διαλύματος NaOH, αν μετά την αντίδραση με το CO_2 ο όγκος του διαλύματος παρέμεινε ο ίδιος και η συγκέντρωση του NaOH έγινε 1 M.

Όλες οι μετρήσεις υπολογίστηκαν σε ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Λύση

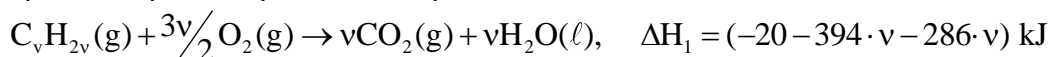
Δ1. Η θερμοχημική εξίσωση της καύσης του αλκενίου είναι:



Τροποποιούμε τις δοσμένες θερμοχημικές εξισώσεις, ώστε να δίνουν τη ζητούμενη θερμοχημική εξίσωση.

- (επί -1) $C_vH_{2v}(g) \rightarrow vC(s) + vH_2(g), \Delta H_2' = -20 \text{ kJ}$
- (επί v) $vC(s) + vO_2(g) \rightarrow vCO_2(g), \Delta H_3' = -394 \cdot v \text{ kJ}$
- (επί v) $vH_2(g) + \frac{v}{2}O_2(g) \rightarrow vH_2O(l), \Delta H_4' = -286 \cdot v \text{ kJ}$

Προσθέτουμε κατά μέλη οπότε προκύπτει:



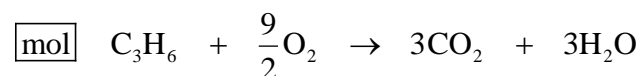
Οπότε έχουμε τη σχέση $-20 - 394 \cdot v - 286 \cdot v = -2060 \Rightarrow 2040 = 680v \Rightarrow v = 3.$

Το αλκένιο είναι το προπένιο: C_3H_6 .

Δ2. Έστω ότι το μείγμα περιέχει x mol C_3H_6 και y mol O_2 . Τότε έχουμε:

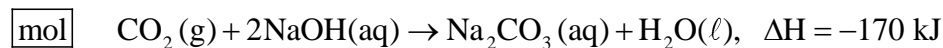
$$n_{C_3H_6} + n_{O_2} = \frac{15,68}{22,4} \text{ mol} = 0,7 \text{ mol} \Rightarrow x + y = 0,7 \quad (1).$$

Η αντίδραση καύσης που συμβαίνει στο δοχείο παρουσιάζεται στην παρακάτω χημική εξίσωση:



Αρχ.	x	y		
Α/Π	x	$\frac{9}{2}x$	3x	3x

Έστω ότι το υδατικό διάλυμα βάσης περιέχει ω mol NaOH. Τα παραχθέντα mol CO_2 αντιδρούν με το NaOH σύμφωνα με την παρακάτω θερμοχημική εξίσωση.



Αρχ. $3x$ ω

Α/Π. $3x$ $6x$ ελευθερώνονται $170 \cdot 3x \text{ kJ}$

Τελ. $-$ $\omega - 6x$

Δίνεται ότι $170 \cdot 3x = 51 \Rightarrow x = 0,1$.

Από την εξίσωση (1) προκύπτει $x + y = 0,7 \Rightarrow 0,1 + y = 0,7 \Rightarrow y = 0,6$.

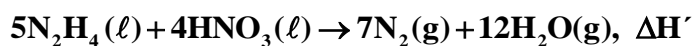
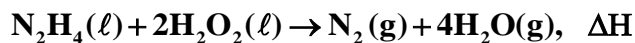
Επομένως, το αρχικό διάλυμα περιείχε $0,1 \text{ mol C}_3\text{H}_6$ και $0,6 \text{ mol O}_2$.

Δ3.

$$\left. \begin{aligned} n_{\text{NaOH},\text{αρχ.}} &= C_{\text{NaOH},\text{αρχ.}} \cdot V_{\text{NaOH}} \\ n_{\text{NaOH},\text{τελ.}} &= C_{\text{NaOH},\text{τελ.}} \cdot V_{\text{NaOH}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{n_{\text{NaOH},\text{αρχ.}}}{n_{\text{NaOH},\text{τελ.}}} = \frac{C_{\text{NaOH},\text{αρχ.}}}{C_{\text{NaOH},\text{τελ.}}} \Rightarrow \frac{\omega}{\omega - 6x} = \frac{2}{1} \Rightarrow \omega = 12x \Rightarrow \omega = 1,2$$

$$\text{Συνεπώς, } V_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH},\text{αρχ.}}}{C_{\text{NaOH},\text{αρχ.}}} = \frac{1,2 \text{ mol}}{2 \text{ M}} = 0,6 \text{ L} = 600 \text{ mL}.$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 3. Ένα σημαντικό κριτήριο επιλογής καυσίμων στους πυραύλους είναι η θερμαντική τους ικανότητα ανά γραμμάριο καύσιμης ύλης. Όσο πιο υψηλή τιμή έχει το κριτήριο αυτό τόσο υψηλότερη αξία έχει το καύσιμο. Η υδραζίνη (NH_2NH_2) συνδυαζόμενη με κάποιες άλλες ουσίες δημιουργεί κατάλληλα καύσιμα για πυραύλους. Δύο από τις ουσίες με τις οποίες συνδυάζεται είναι το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) και το νιτρικό οξύ (HNO_3), με τα οποία αντιδρά σε στοιχειομετρική αναλογία ως εξής:



Γνωρίζοντας τις παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις :

- $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4(\ell), \Delta H_1 = +50 \text{ kJ}$
- $\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2(\ell), \Delta H_2 = -192 \text{ kJ}$
- $\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HNO}_3(\ell), \Delta H_3 = -344 \text{ kJ}$
- $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\ell), \Delta H_4 = -572 \text{ kJ}$
- $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta H_5 = +44 \text{ kJ}$

και επιπλέον ότι το καύσιμο $\text{NH}_2\text{NH}_2 / \text{H}_2\text{O}_2$ κοστίζει 1,3 €/g, ενώ το καύσιμο $\text{NH}_2\text{NH}_2 / \text{HNO}_3$ κοστίζει 1,2 €/g :

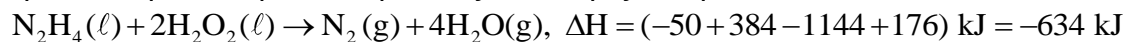
- Να προσδιορίσετε τις ΔH και $\Delta H'$.
 - Να προσδιορίσετε το καταλληλότερο καύσιμο για πυραύλους, ως προς το κριτήριο της θερμαντικής ικανότητας ανά γραμμάριο καύσιμης ύλης.
 - Να επιλέξετε το προτιμότερο καύσιμο από οικονομικής άποψης.
- Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Ar : H=1, N=14 και O=16 .
 Όλες οι μετρήσεις υπολογίστηκαν σε ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Λύση

α. Χρησιμοποιούμε τις δοσμένες αντιδράσεις για να προσδιορίσουμε την ενθαλπία της αντίδρασης $\text{N}_2\text{H}_4(\ell) + 2\text{H}_2\text{O}_2(\ell) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta H$, ως εξής:

- (επί -1) $\text{N}_2\text{H}_4(\ell) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}), \Delta H_1' = -50 \text{ kJ}$
- (επί -2) $2\text{H}_2\text{O}_2(\ell) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}), \Delta H_2' = +384 \text{ kJ}$
- (επί 2) $4\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}(\ell), \Delta H_4' = -1144 \text{ kJ}$
- (επί 4) $4\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta H_5' = +176 \text{ kJ}$

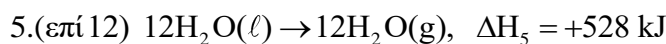
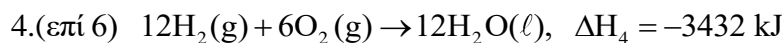
προσθέτουμε κατά μέλη και μετά τις απαλοιφές έχουμε:



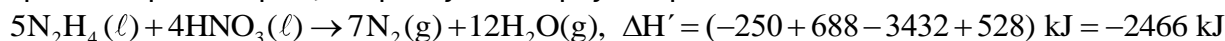
Με την ίδια διαδικασία προσδιορίζουμε την ενθαλπία της αντίδρασης $5\text{N}_2\text{H}_4(\ell) + 4\text{HNO}_3(\ell) \rightarrow 7\text{N}_2(\text{g}) + 12\text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta H'$, ως εξής:

Αντιστρέφουμε και πενταπλασιάζουμε την πρώτη αντίδραση, αντιστρέφουμε και διπλασιάζουμε την τρίτη αντίδραση, εξαπλασιάζουμε την τέταρτη αντίδραση και δωδεκαπλασιάζουμε την πέμπτη αντίδραση

- (επί -5) $5\text{N}_2\text{H}_4(\ell) \rightarrow 5\text{N}_2(\text{g}) + 10\text{H}_2(\text{g}), \Delta H_1'' = -250 \text{ kJ}$
- (επί -2) $4\text{HNO}_3(\ell) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{O}_2(\text{g}), \Delta H_3' = +688 \text{ kJ}$



προσθέτουμε κατά μέλη και με τις απαλοιφές έχουμε:



$\text{B. } M_{\text{r}_{\text{N}_2\text{H}_4}} = 2 \cdot 14 + 4 \cdot 1 = 32$, $M_{\text{r}_{\text{H}_2\text{O}_2}} = 2 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 34$

Από τη θερμοχημική εξίσωση έχουμε:

1 mol N_2H_4 και 2 mol H_2O_2 αποδίδουν 634 kJ

32 g και 68 g αποδίδουν 634 kJ

1 g καυσίμου αποδίδει x;

$$x = \frac{634 \text{ kJ} \cdot 1 \text{ g καυσίμου}}{100 \text{ g καυσίμου}} = 6,34 \text{ kJ}.$$

Επομένως, το πρώτο καύσιμο έχει θερμαντική ικανότητα 6,34 kJ/g.

$M_{\text{r}_{\text{N}_2\text{H}_4}} = 2 \cdot 14 + 4 \cdot 1 = 32$, $M_{\text{r}_{\text{HNO}_3}} = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 14 + 3 \cdot 16 = 63$

Από τη θερμοχημική εξίσωση έχουμε:

5 mol N_2H_4 και 4 mol HNO_3 αποδίδουν 2466 kJ

160 g και 252 g αποδίδουν 2466 kJ

1 g καυσίμου αποδίδει y;

$$y = \frac{2466 \text{ kJ} \cdot 1 \text{ g καυσίμου}}{412 \text{ g καυσίμου}} = 5,99 \text{ kJ}.$$

Επομένως, το δεύτερο καύσιμο έχει θερμαντική ικανότητα 5,99 kJ/g. Προφανώς το καταλληλότερο καύσιμο για πυραύλους, με κριτήριο τη θερμαντική ικανότητα, ανά γραμμάριο καύσιμης ύλης, είναι το πρώτο.

δ. Το 1 g του καυσίμου $\text{N}_2\text{H}_4/\text{H}_2\text{O}_2$ κοστίζει 1,3 € και παρέχει ενέργεια 6,34 kJ.

Για να πάρουμε την ίδια ενέργεια από το καύσιμο $\text{N}_2\text{H}_4/\text{HNO}_3$ χρειαζόμαστε

$$\omega = 1 \text{ g} \cdot \frac{6,34 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}}{5,99 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}} = 1,06 \text{ g}, \text{ τα οποία κοστίζουν } 1,06 \text{ g} \cdot 1,2 \frac{\text{€}}{\text{g}} = 1,27 \text{ €}.$$

Αφού, $1,27 < 1,3$ προτιμότερο καύσιμο από οικονομικής άποψης είναι το $\text{N}_2\text{H}_4/\text{HNO}_3$.

Ημερομηνία τροποποίησης: 12/04/2020

Επιμέλεια: Πάγκαλος Σπύρος - Παπαστεργιάδης Θωμάς

Επιστημονικός έλεγχος: Αποστολόπουλος Κωνσταντίνος - Γιαλούρης Παρασκευάς