Θερμοχημεία

Κεφάλαιο 2ο

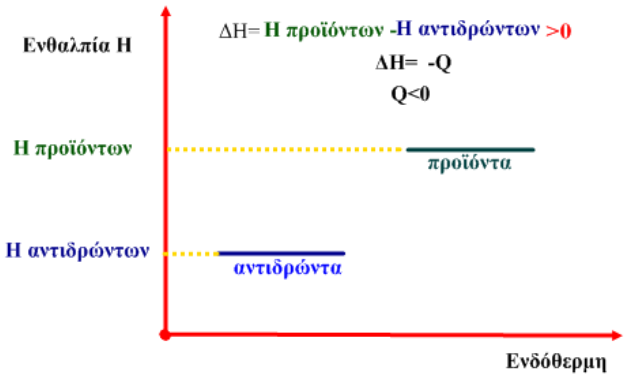
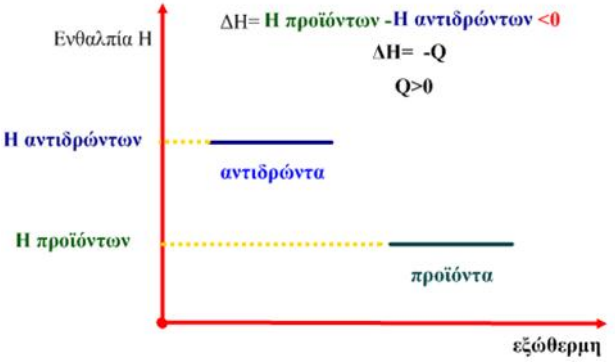
Επιμέλεια: Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός
Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Θερμοχημεία

Τι είναι η χημική ενέργεια των χημικών ουσιών;	Κάθε χημική ουσία έχει χημική ενέργεια. Είναι το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας των χημικών ειδών που αποτελούν την ουσία.
Που οφείλεται;	✸ Στην κίνηση των ατόμων, μορίων και ηλεκτρονίων κλπ. ✸ Στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των χημικών ειδών της ουσίας, όπως του δεσμού (που συγκρατούν τα άτομα στο μόριο), στις έλξεις των μορίων και των υποατομικών σωματιδίων κ.τ.λ.
Μπορεί να αποδοθεί στο περιβάλλον;	Η χημική ενέργεια μπορεί να αποδοθεί άλλοτε εύκολα (π.χ. στη βενζίνη με ένα σπινθήρα) και άλλοτε δύσκολα (π.χ. στα πυρηνικά καύσιμα) στο περιβάλλον.
Πότε μεταβάλλεται η χημική ενέργεια της ύλης;	Η χημική ενέργεια μεταβάλλει την ποσότητά της μέσα στις χημικές αντιδράσεις και στις φυσικές μεταβολές, όπως είναι η αλλαγή της φυσικής κατάστασης της ουσίας.
Σε ποιες μορφές μεταβάλλεται στις χημικές αντιδράσεις και ποιος κλάδος της Χημείας τις μελετά;	▶ Θερμική ενέργεια (θερμότητα). τις μετατροπές της χημικής σε θερμική ενέργεια (και αντίστροφα), οι οποίες είναι και οι πιο συνηθισμένες, τις μελετά η *θερμοχημεία*. ▶ Ηλεκτρική ενέργεια (ηλεκτρισμός). Τις μετατροπές της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική (και αντίστροφα) εξετάζει ο κλάδος της χημείας που ονομάζεται *ηλεκτροχημεία*. ▶ Φωτεινή ενέργεια (φως). Τις μετατροπές της χημικής σε φωτεινή ενέργεια (και αντίστροφα) εξετάζει η *φωτοχημεία*.
Τι μελετά η χημική θερμοδυναμική;	Η χημική θερμοδυναμική είναι ο κλάδος της χημείας που μελετά τις ενεργειακές μετατροπές που συνοδεύουν μια χημική αντίδραση. Συγκεκριμένα μελετά ▶ Τις ενεργειακές προϋποθέσεις που πρέπει να υπάρχουν, ώστε να πραγματοποιηθεί αυθόρμητα μια χημική αντίδραση. ▶ Τις μαθηματικές σχέσεις που περιγράφουν τις ενεργειακές μεταβολές της χημικής ενέργειας ▶ Τα είδη των μετατροπών της χημικής ενέργειας ▶ Ενδιαφέρεται για την αρχική και την τελική κατάσταση των χημικών ουσιών και όχι από τον τρόπο της μεταβολής ή την ταχύτητά της.
SOS Τι μελετά η	Η θερμοχημεία μελετά τις θερμικές μεταβολές που συνοδεύουν μια χημική

θερμοχημεία;	αντίδραση, δηλαδή: 1. Τα ποσά θερμότητας που τελικά εκλύονται ή απορροφώνται κατά τη χημική αντίδραση. 2. Τους παράγοντες που τα επηρεάζουν, δηλαδή καθορίζουν την ποσότητα της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά τη χημική αντίδραση και ερμηνεύουν το γιατί εκλύονται ή απορροφώνται.. 3. Τους γενικότερους νόμους που διέπουν τις εναλλαγές αυτές της θερμικής ενέργειας μεταξύ των αντιδρώντων και των προϊόντων.
Τι ονομάζεται σύστημα στη χημεία και τι περιβάλλον;	▶ Σύστημα είναι ο χώρος όπου γίνεται η χημική αντίδραση που μελετάμε. ▶ Οτιδήποτε άλλο εκτός του συστήματος ονομάζεται περιβάλλον. Για παράδειγμα: στη χημική αντίδραση της εξουδετέρωσης του HCl από NaOH που γίνεται σε υδατικό διάλυμα και σε γυάλινο χημικό σκεύος (ποτήρι ζέσεως) : $HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl\ (aq) + H_2O(l)$ ✸ σύστημα είναι τα : HCl (aq), NaOH (aq), NaCl (aq) και H2O(l) ✸ περιβάλλον είναι το γυάλινο δοχείο και οτιδήποτε εκτός αυτού.
SOS Ποιες αντιδράσεις ονομάζονται ενδόθερμες και ποιες εξώθερμες;	▶ Οι αντιδράσεις που ελευθερώνουν ενέργεια υπό μορφή θερμότητας στο περιβάλλον ονομάζονται εξώθερμες. ▶ Οι αντιδράσεις που απορροφούν ενέργεια υπό μορφή θερμότητας από το περιβάλλον ονομάζονται ενδόθερμες.
SOS Τι ονομάζεται θερμοχημική εξίσωση;	▶ Θερμοχημική εξίσωση ονομάζεται η χημική αντίδραση στης οποίας στο δεξί μέλος (στη μεριά των προϊόντων της αντίδρασης) αναγράφεται το ποσό της θερμότητας που απορροφάται ή εκλύεται στη χημική αντίδραση ή της μεταβολής της ενθαλπίας. Παράδειγμα: $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 890\ kJ$ ✸ Η παραπάνω αντίδραση είναι εξώθερμη αντίδραση και μας πληροφορεί πως: «όταν καίγεται 1 mol μεθανίου με 2 mol οξυγόνου παράγονται 1 mol διοξειδίου του άνθρακα, 2 mol νερού σε υγρή μορφή και παράγονται 890 kJ θερμότητα».

SOS **Τι γνωρίζεται για τη θερμότητα που εκλύεται ή απορροφάται σε μία αντίδραση;**	▶ Είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σύστημα σ' ένα άλλο λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. ▶ Η θερμότητα μετριέται σε μονάδες ενέργειας, όπως είναι : 1 kJ = 10^3 J 1 kcal =10^3 cal 1 kcal = 4,184 kJ ▶ Σε μία ενδόθερμη θερμοχημική εξίσωση το ποσό της θερμότητας που απορροφάται σημειώνεται με αρνητικό πρόσημο και δηλώνει ότι τη θερμότητα αυτή την προσφέρουμε εμείς στο σύστημα. ▶ Σε μία εξώθερμη θερμοχημική εξίσωση το ποσό της θερμότητας που εκλύεται σημειώνεται με θετικό πρόσημο και δηλώνει ότι τη θερμότητα αυτή την προσφέρει το αντιδρών σύστημα στο περιβάλλον του. ▶ Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται η απορροφάται εξαρτάται: ✸ από τους συντελεστές της αντίδρασης ✸ τη φυσική κατάσταση των σωμάτων (στερεή, υγρή ή αέρια) που συμμετέχουν και είναι διαφορετικό όταν ένα τουλάχιστον από τα παραπάνω μεταβληθούν.
Τι είναι η θερμοκρασία ενός σώματος;	▶ Θερμοκρασία είναι το μέτρο κίνησης των δομικών μονάδων της ύλης π.χ. των μορίων. ▶ Για παράδειγμα αν έχουμε δύο ίσες ποσότητες νερού με διαφορετικές θερμοκρασίες, τότε τα μόρια του θερμού νερού κινούνται ταχύτερα. ▶ Η θερμοκρασία δεν είναι θερμότητα. Αποτελεί ιδιότητα του υλικού που περιγράφει την ένταση της κίνησης των μορίων του και όχι ενέργεια όπως η θερμότητα.
Τι ονομάζεται ενθαλπία - Η υλικού σώματος ;	▶ Η ενθαλπία είναι η θερμοδυναμική συνάρτηση: H=E+P·V, όπου: ✸ H: η ενθαλπία του συστήματος ✸ E: η εσωτερική ενέργεια του συστήματος ✸ P: η πίεση του συστήματος ✸ V: ο όγκος του συστήματος ▶ Η ενθαλπία περιέχεται στο σύστημα και συνδέεται με τη ροή θερμότητας στο σύστημα. ▶ Η ενθαλπία είναι μία καταστατική ιδιότητα του συστήματος . Ως καταστατικό εξαρτάται από την ποσότητα και τις συνθήκες στις οποίες βρίσκεται το σύστημα και όχι από τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα έφτασε στην κατάσταση αυτή. Για παράδειγμα 2 mol CO_2 σε P = 1atm και θ = 25 °C έχουν την ίδια ενθαλπία είτε η ποσότητα

	αυτή σχηματίστηκε από την καύση CH_4 είτε από τη διάσπαση $CaCO_3$.
Σχεδιάστε το ενεργειακό διάγραμμα ενδόθερμης αντίδρασης	
Σχεδιάστε το ενεργειακό διάγραμμα εξώθερμης αντίδρασης	
SOS Ερώτηση: Τι ονομάζεται ενθαλπία αντίδρασης;	► Ενθαλπία αντίδρασης ορίζεται η μεταβολή ενθαλπίας ΔΗ μεταξύ των αντιδρώντων και προϊόντων, για δεδομένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. *Δηλαδή,* $\Delta H = H_{\text{προϊόντων}} - H_{\text{αντιδρώντων}}$ Για μια αντίδραση της γενικής μορφής: $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma \Gamma + \delta \Delta$, η μεταβολή της ενθαλπίας ΔΗ είναι η διαφορά: $\Delta H = H_{\text{προϊόντων}} - H_{\text{αντιδρώντων}} \Leftrightarrow$ $\Delta H = \gamma H_{\Gamma} + \delta H_{\Delta} - \alpha H_{A} - \beta H_{B}$ ► Μονάδα μέτρησης της ΔΗ είναι το kJ ή το kJ/mol. ► ισούται αριθμητικά με το απορροφούμενο ή εκλυόμενο ποσό θερμότητας q, εφόσον η αντίδραση πραγματοποιείται υπό σταθερή πίεση.
Δείξτε με παράδειγμα τα συμπεράσματα από την ενθαλπία αντίδρασης	► Από την αντίδραση: $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$, $\Delta H = -890$ kJ προκύπτει ότι ποσότητα αντιδρώντων ίση με 1 mol CH4(g) και 2 mol $O_2(g)$

	έχει ενθαλπία κατά 890 kJ μεγαλύτερη από ποσότητα προϊόντων ίση με 1 mol $CO_2(g)$ και 2 mol $H_2O(7)$. *Αντίστοιχα έχουμε:* $2CH_4(g) + 4O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 4H_2O(l)$, $\Delta H = -2 \times 890$ kJ= - 1780 kJ ✸ Παρατηρούμε δηλαδή ότι διπλασιάζοντας τους συντελεστές *διπλασιάζεται και το εκλυόμενο ποσό θερμότητας.*
SOS Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η μεταβολή της ενθαλπίας;	Η μεταβολή της ενθαλπίας μιας αντίδρασης εξαρτάται: 1. Από τη φύση των αντιδρώντων Για παράδειγμα η θερμότητα καύσης του γραφίτη είναι διαφορετική απ' αυτή του διαμαντιού, C (γραφίτης) + $O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ ΔH =-393,5 kJ C (αδάμας) + $O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ ΔH = -395,4 kJ 2. Από τη φυσική κατάσταση των αντιδρώντων και προϊόντων Για το λόγο αυτό έχουμε: $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(1)$ ΔH= - 890 kJ $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_20(g)$ ΔH= - 802 kJ 3. Από τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα (= πραγματοποιείται) η αντίδραση.
Τι ονομάζεται πρότυπη κατάσταση υλικού;	► Με διεθνή σύμβαση έχει καθοριστεί οι μεταβολές ενθαλπίας να αναφέρονται σε αντιδρώντα και σε προϊόντα που βρίσκονται στην πρότυπη τους κατάσταση. Η πρότυπη κατάσταση μιας ουσίας (στοιχείου ή ένωσης) είναι η πιο σταθερή μορφή της σε: ✸ θερμοκρασία 25 °C και ✸ πίεση 1 atm *και για διαλύματα* ✸ συγκέντρωση c= 1 M
SOS: Τι ονομάζεται πρότυπη ενθαλπία αντίδρασης;	Όταν τα αντιδρώντα σώματα και τα προϊόντα βρίσκονται σε πρότυπη κατάσταση, η αντίστοιχη μεταβολή της ενθαλπίας λέγεται πρότυπη μεταβολή ενθαλπίας ή πρότυπη ενθαλπία και συμβολίζεται με ΔΗ°.
SOS Τι ονομάζεται πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού ΔH_f^o;	► Πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού μιας ένωσης, $\Delta H°_f$ είναι η μεταβολή της ενθαλπίας κατά το σχηματισμό 1 mol της ένωσης από τα συστατικά της στοιχεία , σε πρότυπη κατάσταση. Π.χ. $C_{(γραφίτης)} + O_2(g) \rightarrow C0_2(g)$ $\Delta H°_f$ = - 393,5 kJ

	Παρατηρήσεις!! 1. Η $\Delta H°_f$ των στοιχείων στην πιο σταθερή μορφή τους θεωρείται μηδέν π.χ. $\Delta H°_f$(γραφίτης)=0, ενώ $\Delta H°_{f\ (διαμαντιού)} \neq 0$. 2. Η $\Delta H°_f$ παίρνει και θετικές και αρνητικές τιμές.
Πως υπολογίζεται η ενθαλπία αντίδρασης από τις ενθαλπίες σχηματισμού;	Η τιμή της $\Delta H°_f$ μιας αντίδρασης μπορεί να υπολογιστεί με βάση τις πρότυπες ενθαλπίες σχηματισμού των ενώσεων που μετέχουν στην αντίδραση: $\Delta H° = \Sigma\Delta H°_f$ (προϊόντων) - $\Sigma\Delta H°_f$ (αντιδρώντων) Π.χ. για την αντίδραση $2NH_3(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow N_2(g) + 6HCl(g)$ ισχύει: $\Delta H° = 6\Delta H°_f (HCl) - 2\Delta H°_f (NH_3)$
SOS: Τι ονομάζεται πρότυπη ενθαλπία καύσης ΔH^o_c;	Πρότυπη ενθαλπία καύσης μιας ουσίας, $\Delta H°_c$, είναι η μεταβολή της ενθαλπίας κατά την πλήρη καύση 1 mol της ουσίας, σε πρότυπη κατάσταση. Π. χ. όταν λέμε ότι η ενθαλπία καύσης του $C_3H_8(g)$ είναι -2220 kJ mol^{-1}, εννοούμε ότι: $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$, $\Delta H°_c = -2220$ kJ *Παρατηρήσεις!!* Οι αντιδράσεις καύσης έχουμε πάντα έκλυση θερμότητας άρα είναι εξώθερμες, δηλαδή $\Delta H°_c < 0$.
SOS: Τι ονομάζεται πρότυπη ενθαλπία εξουδετέρωσης ΔH^o_n;	Πρότυπη ενθαλπία εξουδετέρωσης, $\mathbf{\Delta H^o_n}$, είναι η μεταβολή της ενθαλπίας κατά την πλήρη εξουδετέρωση (σε αραιό υδατικό διάλυμα) 1 mol H^+ ενός οξέος με μια βάση ή 1 mol OH^- μιας βάσης με ένα οξύ, σε πρότυπη κατάσταση. *Παρατηρήσεις!!* Η αντίδραση εξουδετέρωσης είναι εξώθερμη αντίδραση οπότε παίρνει πάντα αρνητική τιμές, δηλαδή $\mathbf{\Delta H^o_n} < 0$.
Τι ισχύει για την ΔH^o_n της εξουδετέρωσης ισχυρού οξέος από ισχυρή βάση;	Κατά την εξουδετέρωση ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση η τιμή της $\Delta H°_n$ είναι περίπου σταθερή, ανεξάρτητα από το είδος του οξέος ή της βάσης που χρησιμοποιούμε γιατί τα ισχυρά οξέα και οι ισχυρές βάσεις διίστανται (ή ιοντίζονται) πλήρως σε ιόντα και η μόνη αντίδραση που γίνεται κατά την εξουδετέρωση είναι: $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)\ \ \Delta H^o_n = -57{,}1$ kJ *παραδείγματα:*

	$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) \quad \Delta H^o_n = -57,1\ kJ$ $HNO_3\ (aq) + KOH(aq) \rightarrow KNO_3\ (aq) + H_2O(l) \quad \Delta H^o_n = -57,1\ kJ$
SOS: Τι ισχύει για την ΔH^o_n της εξουδετέρωσης όπου το οξύ ή και η βάση είναι ασθενές;	Κατά την εξουδετέρωση ασθενούς οξέος από ισχυρή βάση ή αντίστροφα μέρος της εκλυόμενης ενέργειας δαπανάται για τη διάσταση (ή ιοντισμό) του ασθενούς ηλεκτρολύτη και γι αυτό η $\Delta H°_n \neq -57,1KJ$ Π.χ. $HCN(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCN(aq) + H_2O(l) \quad \Delta H^o_n = -10,6\ kJ$

Ερωτήσεις κατανόησης & προβλήματα

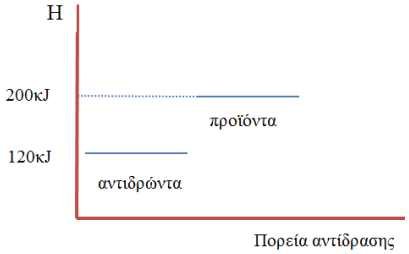
Στο Φροντιστήριο:

Ερωτήσεις:

2-1. **Σχολικού βιβλίου:** (11, 12α,β)/68, 13, 14, 16. 17/69.

Άλλες:

2-2. Να προσδιορίσετε αν η αντίδραση είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη και να υπολογίσετε την ενθαλπία της αντίδρασης από το ενεργειακό διάγραμμα:



2-3. Να σχεδιάσετε το ενεργειακό διάγραμμα μεταβολής της ενθαλπίας της αντίδρασης:
$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$, $\Delta H = -394kJ$

Προβλήματα:

2-4. **Σχολικού βιβλίου:** 15/69, 18/69, 22/70, 19/69. 20/69, 37/72

2-5. Να υπολογισθεί η ΔH^0 της αντίδρασης $2H_2S_{(g)} + SO_{2(g)} \rightarrow 3S_{(s)} + 2H_2O_{(l)}$ αν: $\Delta H^0_f(H_2S_{(g)}) = -0,6kJ/mol$, $\Delta H^0_f(SO_{2(g)}) = -296,9kJ/mol$ και $\Delta H^0_f(H_2O_{(l)}) = -286kJ/mol$.

[Απ. 12,1 kJ]

Στο Σπίτι:

Ερωτήσεις:

2-6. Το ποσό θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά την πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης εξαρτάται:

α. μόνο από τη φυσική κατάσταση των αντιδρώντων και προϊόντων
β. μόνο από την ποσότητα των αντιδρώντων
γ. μόνο από τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης
δ. απ' όλους τους παραπάνω παράγοντες.

2-7. Ποια από τις παρακάτω εκφράσεις οι οποίες αναφέρονται στην πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης δεν είναι σωστή;

α. η ενθαλπία του συστήματος μεταβλήθηκε κατά -120 kJ
β. η ενθαλπία του συστήματος μεταβλήθηκε από την αρχική τιμή των 1420 kJ στην τελική τιμή των 1300 kJ
γ. η ενθαλπία του συστήματος μειώθηκε
δ. η ενθαλπία των αντιδρώντων ήταν μεγαλύτερη από την ενθαλπία των προϊόντων.

2-8. Η ενέργεια που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον κατά την πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης υπό σταθερή πίεση ονομάζεται:

α. ενθαλπία
β. χημική ενέργεια
γ. μεταβολή εσωτερικής ενέργειας
δ. μεταβολή ενθαλπίας.

2-9. Από τη θερμοχημική εξίσωση $C + O_2 \rightarrow CO_2$, $\Delta H = -94kcal$, προκύπτει ότι:

α. κατά την καύση οποιασδήποτε ποσότητας C εκλύονται 94 kcal
β. η θερμότητα που απορροφάται από το περιβάλλον κατά το σχηματισμό 1mol CO_2 είναι 94 kcal
γ. κατά την καύση 1mol C ελευθερώνονται στο περιβάλλον 94 kcal
δ. μάζα C + μάζα O_2 = μάζα CO_2 - 94 kcal.

2-10. Για κάθε εξώθερμη αντίδραση η οποία πραγματοποιείται υπό σταθερή πίεση ισχύει:

α. $H_{προϊόντων} < 0$
β. $\Delta H > 0$
γ. $H_{προϊόντων} < H_{αντιδρώντων}$
δ. $H_{αντιδρώντων} = - H_{προϊόντων}$.

2-11. Ο όρος «πρότυπη ενθαλπία αντίδρασης» χρησιμοποιείται για να εκφράσει τη μεταβολή της ενθαλπίας όταν:

α. η αντίδραση πραγματοποιείται σε ιδανικές συνθήκες
β. κατά τη διάρκεια της αντίδρασης η θερμοκρασία δε μεταβάλλεται
γ. ο υπολογισμός αυτός αναφέρεται σε πίεση 1atm και στους 298K
δ. ο υπολογισμός αναφέρεται σε πίεση 1atm και στους 0 ^{0}C.

2-12. Από τη θερμοχημική εξίσωση $H_{2\,(g)} + {}^1/_2O_{2\,(g)} \rightarrow H_2O_{\,(l)}$, $\Delta H^0 = -286$ kJ προκύπτει ότι:

α. κατά την καύση οποιασδήποτε ποσότητας H_2 ελευθερώνονται 286 kJ
β. κατά τον σχηματισμό 1mol υδρατμών απορροφώνται 286 kJ
γ. κατά την καύση 1mol H_2 προς υδρατμούς ελευθερώνονται 286 kJ
δ. η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού του υγρού νερού είναι -286 kJ/mol.

2-13. Από τη χημική εξίσωση $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$, $\Delta H^0 = -22kcal$, προκύπτει ότι η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού της NH_3 είναι:

α. 22kcal/mol
β. 44kcal/mol
γ. -11kcal/mol
δ. -22kcal.

2-14. Οι αντιδράσεις καύσης είναι:

α. ενδόθερμες
β. εξώθερμες
γ. ενδόθερμες ή εξώθερμες ανάλογα με το σώμα που καίγεται
δ. ενδόθερμες ή εξώθερμες ανάλογα με τις συνθήκες της αντίδρασης.

2-15. Η τιμή της πρότυπης ενθαλπίας σχηματισμού του O_2:

α. είναι ίση με μηδέν
β. είναι θετική
γ. είναι αρνητική
δ. εξαρτάται από τις συνθήκες στις οποίες αναφέρεται.

2-16. Αν για τη χημική εξίσωση $3O_{2\,(g)} \rightarrow 2O_{3\,(g)}$, δίνεται ότι $\Delta H > 0$, τότε συμπεραίνεται ότι:

α. το όζον (O_3) είναι η σταθερότερη μορφή του οξυγόνου
β. η αρχική κατάσταση του συστήματος είναι σταθερότερη από την τελική
γ. δε μπορεί να υπάρχει στη φύση τριατομικό οξυγόνο
δ. το όζον περιέχει ενέργεια.

2-17. Η ενθαλπία σχηματισμού του HNO_3 αναφέρεται στη χημική μετατροπή που συμβολίζεται από τη χημική εξίσωση:

α. $^1/_2H_2 + {}^1/_2N_2 + {}^3/_2O_2 \rightarrow HNO_3$

β. $H + N + 3O \rightarrow HNO_3$

γ. $^1/_2N_2O_5 + {}^1/_2H_2O \rightarrow HNO_3$

δ. σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω χημικές εξισώσεις.

2-18. Η πρότυπη ενθαλπία εξουδετέρωσης εκφράζει τη θερμότητα που εκλύεται κατά την εξουδετέρωση σε καθορισμένες συνθήκες:

α. ενός mol οξέος από ένα mol βάσης

β. ενός mol ιόντων H^+ από ένα mol ιόντων OH^-

γ. ενός ιόντος H^+ από ένα ιόν OH^-

δ. οξέος από βάση προς σχηματισμό ενός mol άλατος.

2-19. Συμπληρώστε στο κάθε διάστικτο των παρακάτω χημικών εξισώσεων έναν από τους αριθμούς -240, -570, +285, +240, -285, +480.

$H_{2\,(g)} + {}^1/_2O_{2\,(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$, ΔH_1 = ...kJ

$2H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$, ΔH_2 = ...kJ

$H_2O_{(l)} \rightarrow H_{2\,(g)} + {}^1/_2O_{2\,(g)}$, ΔH_3 = ...kJ

$2H_2O_{(g)} \rightarrow 2H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)}$, ΔH_4 = ...kJ

2-20. Ποιες από τις παρακάτω αντιδράσεις είναι εξώθερμες και ποιες ενδόθερμες;

α) $C(s) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g)$

β) $CH_4\,(g) + 2O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) + 2H_2O\,(g)$

γ) $HC1\,(aq) + NaOH\,(aq) \rightarrow NaCl\,(aq) + H_2O\,(aq)$

Προβλήματα:

ΔH_f^o, ΔH^o ,

2-21. Η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού της NH_3 είναι ΔH_f^o = -46KJ/mol. Ποιες είναι οι πρότυπες ενθαλπίες των ακόλουθων αντιδράσεων;

α) $N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \rightarrow 2NH_3\,(g)$

β) $2NH_3\,(g) \rightarrow N_2\,(g) + 3H_2\,(g)$

[Απ. α) ΔH^o= -92kJ, β) ΔH^o=92kJ]

2-22. Σε κλειστό δοχείο διοχετεύονται 112L H_2 (σε STP) και 70g N_2, τα οποία αντιδρούν σε κατάλληλες συνθήκες και σχηματίζουν NH_3.

Να υπολογιστεί το ποσό της θερμότητας πού εκλύεται.

Δίνεται η ενθαλπία σχηματισμού της NH_3: -45KJ/mol.

[Απ. Q=150kJ]

2-23. Να υπολογιστεί η θερμότητα της αντίδρασης: $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$

Δίνονται οι θερμότητες σχηματισμού CO: +26 kcal/mol, CH4: +20 kcal/mol, H20:+58 kcal/mol.

[Απ. 52 kcal]

ΔH_c^o

2-24. Η ενθαλπία καύσης του βουτανίου είναι -2880KJ/mol. Ποσότητα βουτανίου ίση με 11,6g καίγεται πλήρως. Να υπολογιστούν:

α) το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται, β) η μάζα του CO_2 που παράγεται από την καύση.

[Απ. α) 576kJ, β) 35,2g]

2-25. Η ενθαλπία καύσης ενός αλκανίου (C_vH_{2v+2}) είναι -2200KJ/mol. Ποσότητα από το αλκάνιο αυτό ίση με 8,8g καίγεται πλήρως, οπότε ελευθερώνεται θερμότητα ίση με 440 KJ. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος του αλκανίου;

[Απ. C_3H_8]

2-26. 9,6 g S καίγονται με O_2, οπότε παράγεται αέριο μίγμα SO_2, SO_3 και εκλύονται 23,4 kcal. Να βρεθεί η σύσταση του αέριου μίγματος σε mol. Δίνονται $\Delta H°_f$ (SO_2) = -70 kcal/mol και $\Delta H°_f$ ($S0_3$) =-94 kcal/mol.

[Απ.0,2 mol SO_2, 0,1 mol SO_3**]**

2-27. Μείγμα που περιέχει 4g $CH_{4\,(g)}$ και 24g $O_{2\,(g)}$ θερμοκρασίας 25 ^{0}C αναφλέγεται και τα προϊόντα ψύχονται ξανά στους 25 ^{0}C. Αν $\Delta H^0_f(CH_{4\,(g)})$ = -76kJ/mol, $\Delta H^0_f(CO_{2\,(g)})$ = -394kJ/mol και $\Delta H^0_f(H_2O_{(l)})$ = -286kJ/mol να υπολογιστούν:

α) το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται κατά την καύση

β) η κατά βάρος σύσταση των καυσαερίων, στους 25 ^{0}C.

Δίνονται οι ατομικές μάζες των στοιχείων: C: 12, H: 1, O: 16.

[Απ.222,5KJ]

2-28. Ένα μίγμα, που αποτελείται από 5,2g C_2H_2 και 4,4g C_3H_8, καίγεται πλήρως. Να υπολογιστεί το ποσό της θερμότητας που εκλύεται:

Δίνονται οι ενθαλπίες καύσης του C_2H_2: -1300KJ/mol και του C_3H_8: -2220KJ/mol.

[Απ. 482kJ]

ΔH^o_n

2-29. Σε 500ml διαλύματος HNO_3 0,8M προστίθενται 14gKOH. Να υπολογιστούν:

α) η ποσότητα του άλατος πού σχηματίζεται,

β) το ποσό της θερμότητας πού ελευθερώνεται.

Δίνεται η ενθαλπία εξουδετέρωσης του HNO_3 με KOH: -54KJ/mol.

[Απ. α) 0,25mol, β) 13,5kJ]

2-30. Ένα μίγμα που αποτελείται από NaOH και KOH, έχει μάζα 15,2g. Το μίγμα εξουδετερώνεται πλήρως με διάλυμα HCl 0,5M, οπότε ελευθερώνεται ποσό θερμότητας ίσο με 16,8KJ. Να υπολογιστούν:

α) η σύσταση του αρχικού μίγματος,

β) ο όγκος τού διαλύματος HCl πού καταναλώθηκε.

Δίνεται η ενθαλπία εξουδετέρωσης του HCl: -56KJ/mol.

[Απ. α) 0,1molNaOH, 0,2molKOH, β) 600mL]