



ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
Γ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΦΙΛΛΕΝΙΑ ΣΙΔΕΡΗ

2

ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ – ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

Φιλλένια Σιδέρη

Θέμα 1^ο 1.1. Να συμπληρωθεί το ακόλουθο κείμενο με την κατάλληλη λέξη, αριθμό ή τύπο:

A. Ως ενθαλπία (H) ορίζεται το **θερμικό** περιεχόμενο ενός υλικού σώματος υπό σταθερή **πίεση**. Η μεταβολή της ενθαλπίας σε μία φυσική ή χημική μεταβολή είναι ίση με την **θερμότητα** που **εκλύεται** ή **απορροφάται** κατά την μεταβολή υπό σταθερή πίεση.

Εξώθερμες ονομάζονται οι αντιδράσεις οι οποίες πραγματοποιούνται με **έκλυση** θερμότητας προς το **περιβάλλον**. Μία αντίδραση είναι εξώθερμη, όταν η ενθαλπία των αντιδρώντων είναι **μεγαλύτερη** από την ενθαλπία των προϊόντων, οπότε η **περίσσεια** ενέργειας αποδίδεται στο περιβάλλον σε μορφή **θερμότητας**. Ενδόθερμες ονομάζονται οι αντιδράσεις οι οποίες πραγματοποιούνται με **απορρόφηση** θερμότητας από το περιβάλλον. Μία αντίδραση είναι ενδόθερμη όταν η ενθαλπία των αντιδρώντων είναι **μικρότερη** από την ενθαλπία των προϊόντων. Το επιπλέον ποσό ενέργειας **απορροφάται (προσλαμβάνεται)** από το περιβάλλον σε μορφή **θερμότητας**. Αν σε μία αντίδραση η $\Delta H = H_{\text{προϊόντων}} - H_{\text{αντιδρώντων}} > 0$, η αντίδραση είναι ενδόθερμη.

Η μεταβολή της ενθαλπίας σε μια αντίδραση εξαρτάται **α.** από την **φύση** των αντιδρώντων. Για παράδειγμα ο άνθρακας εμφανίζεται σε δύο αλλοτροπικές μορφές, ως γραφίτης και ως διαμάντι. Η ΔH κατά την καύση του άνθρακα είναι διαφορετική για κάθε μορφή, εξαιτίας των διαφορών στην μοριακή δομή και το είδος των δεσμών.

$C_{\text{γραφίτης}} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g), \Delta H_1 = -393,5 \text{ kJ}$
 $C_{\text{διαμάντι}} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g), \Delta H_1 = -395,5 \text{ kJ}$ } Από τις δύο αυτές εξισώσεις συμπεραίνουμε ότι κατά την μετατροπή 1 mol $C_{\text{γραφίτη}}$ σε $C_{\text{διαμάντι}}$ **απορροφάται** ποσότητα θερμότητας ίση με **2 kJ**.

β. από την **φυσική κατάσταση** των αντιδρώντων και των προϊόντων.

γ. Από τις **ποσότητες** των **αντιδρώντων**. Η μεταβολή της ενθαλπίας σε μία αντίδραση είναι **ανάλογη** των ποσοτήτων με τις οποίες τα **αντιδρώντα** λαμβάνουν μέρος στην αντίδραση. Για παράδειγμα κατά την καύση 4 mol $C_{\text{γραφίτη}}$, **εκλύεται** ποσότητα θερμότητας ίση με $4 \cdot 393,5 = 1574,0 \text{ kJ}$

δ. Από τις συνθήκες **πίεσης** και **θερμοκρασίας** στις οποίες πραγματοποιείται η αντίδραση.

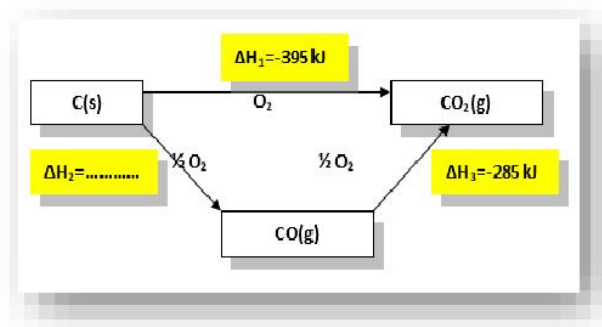
B. Οι νόμοι της θερμοχημείας είναι εφαρμογή της αρχής **διατήρησης** της **ενέργειας**. Σύμφωνα με τον νόμο Lavoisier-Laplace, το ποσό της θερμότητας που **εκλύεται** ή **απορροφάται** κατά το σχηματισμό 1 mol μιας χημικής ένωσης από τα **συστατικά** της **στοιχεία**, είναι **ίσο** με το ποσό της θερμότητας που **απορροφάται** ή **εκλύεται** κατά τη διάσπαση 1 mol της ίδιας χημικής ένωσης στα **συστατικά** της **στοιχεία** στις **ίδιες** συνθήκες. Έτσι για παράδειγμα από την εξίσωση του σχηματισμού του νερού: $H_2(g) + 1/2 O_2(g) \rightarrow H_2O(l), \Delta H = -286 \text{ kJ}$, μπορούμε να υπολογίσουμε ότι κατά την διάσπαση 1 mol $H_2O(l)$ σε H_2 και O_2 η $\Delta H' = +286 \text{ kJ}$, καθώς και ότι κατά την διάσπαση 2 mol H_2O θα **απορροφηθεί** ποσότητα θερμότητας ίση με **572 kJ**, Σύμφωνα με τον νόμο Hess το **ποσό** της θερμότητας που **εκλύεται** ή **απορροφάται** κατά την πραγματοποίηση μιας

Φιλλένια Σιδέρη

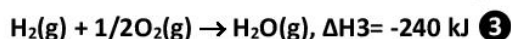
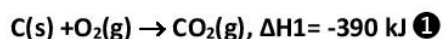
χημικής αντίδρασης είναι **ίδιο** είτε πραγματοποιηθεί σε **ένα** είτε σε **περισσότερα** από **ένα στάδια**

Ο νόμος του Hess χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μεταβολής της ενθαλπίας αντιδράσεων που είτε **δεν πραγματοποιούνται** στη φύση, είτε δεν μπορεί να μετρηθεί **πειραματικά** η ΔΗ τους γιατί είναι πολύ **αργές** ή πολύ **γρήγορες**.

Το αξίωμα αρχικής και τελικής κατάστασης αποτελεί τη γενίκευση του νόμου του **Hess** και αναφέρει ότι η ΔΗ κατά τη μετάβαση ενός συστήματος **σωμάτων** από μια **καθορισμένη αρχική** σε μία επίσης **καθορισμένη τελική** κατάσταση είναι **ανεξάρτητο** από τα **στάδια** στα οποία πραγματοποιείται αυτή η μεταβολή. Για παράδειγμα, από τον διπλανό θερμοχημικό κύκλο μπορούμε να υπολογίσουμε την $\Delta H_2 = -110 \text{ kJ}$.



1.2A. Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις:



Να αντιστοιχηθούν οι χημικές εξισώσεις της στήλης Α με τις μεταβολές της ενθαλπίας στην στήλη Β.

	A	B	
1	$\text{C(s)} + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO(g)}$	-560 kJ	A1 - B3
2	$\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2(\text{g})$	+280 kJ	A2 - B5
3	$2\text{CO(g)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g})$	+170 kJ	A3 - B1
4	$\text{CO(g)} + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)}$	-130 kJ	A4 - B4
5	$\text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO(g)} + 1/2 \text{O}_2(\text{g})$	+130 kJ	A5 - B2

B. Με βάση την προηγούμενη αντιστοίχιση, είναι σωστό ή λάθος ότι όταν διοχετεύονται 0,5 mol υδρατμών σε δοχείο που περιέχει 3,6 g C απορροφάται ποσότητα θερμότητας ίση με 39 kJ;

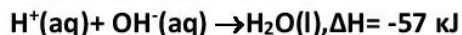
ΣΩΣΤΟ: Αρχικά έχουμε $3,6/12 = 0,3 \text{ mol C}$ και 0,5 mol H_2O και αντιδρά πλήρως ο άνθρακας.

mol	$\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2(\text{g}), \Delta H = +130 \text{ kJ}$		
Αρχ	0,3	0,5	
Α/Π	-0,3	-0,3	απορροφάται $Q = 0,3 \cdot 130 = 39 \text{ kJ}$
ΤΕΛ	.....	0,2

Φιλλένια Σιδέρη

1.3. Να χαρακτηριστούν οι ακόλουθες προτάσεις ως ορθές ή λανθασμένες και να αιτιολογηθεί η επιλογή σας:

A. Η εξουδετέρωση ενός ισχυρού μονοπρωτικού οξέος από μια ισχυρή μονοπρωτική βάση αναπαρίσταται από την θερμοχημική εξίσωση:



Επομένως, η αντίδραση: $2\text{HCl}(\text{aq}) + \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, έχει ΔH ίση με -114 kJ.

ΣΩΣΤΟ: Το HCl και το Ca(OH)₂ είναι ισχυροί ηλεκτρολύτες και ιοντίζονται/ δίστανται αντίστοιχα πλήρως, οπότε η αντίδραση της εξουδετέρωσης τους μπορεί να γραφεί:



B. Όταν τα αντιδρώντα έχουν χαμηλότερη τιμή ενθαλπίας από τα προϊόντα, η αντίδραση είναι εξώθερμη.

ΛΑΘΟΣ: Μία αντίδραση είναι εξώθερμη όταν κατά την μετατροπή των αντιδρώντων σε προϊόντα υπάρχει περίσσεια ενέργειας, η οποία αποδίδεται στο περιβάλλον ως θερμότητα, δηλαδή όταν $H_{\text{αντιδρώντων}} > H_{\text{προϊόντων}}$ και $\Delta H = H_{\text{προϊόντων}} - H_{\text{αντιδρώντων}} < 0$

Γ. Όσο μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης (E_a) έχει μία αντίδραση, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας απορροφάται κατά την αντίδραση ορισμένης ποσότητας αντιδρώντων. **ΛΑΘΟΣ:** η E_a είναι η ελάχιστη ενέργεια η οποία απαιτείται για την διάσπαση των αρχικών δεσμών και δεν αφορά στην ΔH , η οποία είναι ίση με την ποσότητα θερμότητας που εκλύεται απορροφάται κατά την αντίδραση ορισμένης ποσότητας αντιδρώντων.

Δ. Το διπλανό διάγραμμα ενθαλπίας αναπαριστά την μεταβολή της ενθαλπίας για την σύνθεση του νερού από τα συστατικά του στοιχεία στις τρεις φυσικές καταστάσεις. Είναι σωστό ή λάθος ότι μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας εκλύεται κατά την παραγωγή του νερού σε αέρια κατάσταση; Να αιτιολογήσετε πλήρως την απάντησή σας.

ΛΑΘΟΣ: Ο σχηματισμός του νερού αναπαρίσταται από τη θερμοχημική εξίσωση:



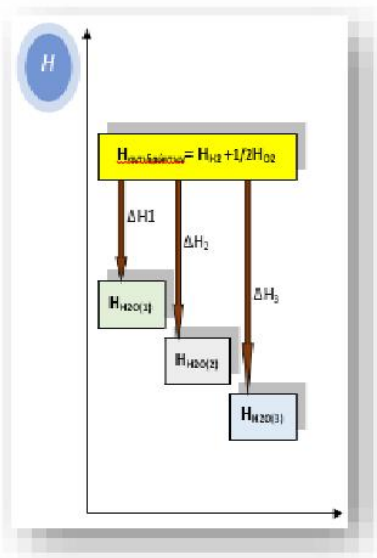
Είναι γνωστό ότι μία χημική ουσία έχει μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο στην αέρια φυσική κατάσταση και μικρότερη όταν βρίσκεται στη στερεή: $H_{\text{H}_2\text{O}(\text{s})} < H_{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} < H_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})}$

Επειδή η αντίδραση είναι εξώθερμη, η ΔH είναι μικρότερη του μηδενός και όσο μικρότερη είναι η τιμή της, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα θερμότητας που εκλύεται κατά την αντίδραση.

$H_{\Delta H} = H_{\text{προϊόντων}} - H_{\text{αντιδρώντων}}$, επομένως: $\Delta H_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} > \Delta H_{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} > \Delta H_{\text{H}_2\text{O}(\text{s})}$.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας εκλύεται κατά το σχηματισμό του νερού σε μορφή πάγου.

E. Δίνεται η θερμοχημική εξίσωση:



Φιλλένια Σιδέρη

Να χαρακτηρίσετε τις ακόλουθες προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

α. Η αντίδραση είναι ενδόθερμη.

ΛΑΘΟΣ: $H \Delta H < 0$

β. Τα αντιδρώντα έχουν μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο από τα προϊόντα.

ΣΩΣΤΟ: $\Delta H < 0$, επομένως $H_{\text{προϊόντων}} - H_{\text{αντιδρώντων}} < 0$ και $H_{\text{προϊόντων}} < H_{\text{αντιδρώντων}}$

γ. Αν η μεθανόλη ήταν υγρή, η ποσότητα θερμότητας που θα εκλυόταν από την αντίδραση της καύσης θα ήταν μεγαλύτερη.

ΛΑΘΟΣ: Η μεθανόλη σε υγρή κατάσταση θα είχε μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο από ότι σε αέρια, γιατί η κινητική ενέργεια των μορίων της θα ήταν μικρότερη. Επομένως $H'_{\text{αντιδρώντων}} < H_{\text{αντιδρώντων}}$ και $\Delta H' > \Delta H$. Άρα μικρότερη ποσότητα ενέργειας θα εκλυόταν στο περιβάλλον.

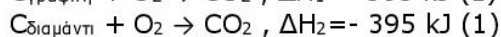
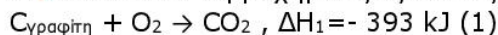
δ. Αν το νερό παραγόταν κατά την καύση σε υγρή κατάσταση, η ποσότητα θερμότητας που θα εκλυόταν από την αντίδραση της καύσης θα ήταν μεγαλύτερη.

ΣΩΣΤΟ: Το νερό σε υγρή κατάσταση θα είχε μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο από ότι σε αέρια, γιατί η κινητική ενέργεια των μορίων του θα ήταν μικρότερη. Επομένως $H'_{\text{προϊόντων}} < H_{\text{προϊόντων}}$ και $\Delta H' < \Delta H$. Άρα μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας θα εκλυόταν στο περιβάλλον.

ε. Όταν καίγεται υπό σταθερή πίεση 1 mol CH_3OH , όπως φαίνεται στη χημική εξίσωση εκλύεται προς το περιβάλλον ενέργεια ίση με 172,5 kcal.

ΣΩΣΤΟ: Με βάση την θερμοχημική εξίσωση όταν καίγεται 1 mol CH_3OH εκλύεται ποσότητα θερμότητας 690 kJ, , δηλαδή $690/4 = 172,5$ kcal.

στ. Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις:



Επομένως, η πρότυπη ενθαλπία μετατροπής του άνθρακα γραφίτη σε άνθρακα διαμάντι είναι ίση με **+2 kJ/mol**



Σωστό: Γράφουμε τη θερμοχημική εξίσωση της μετατροπής του γραφίτη σε διαμάντι:



Συνδυάζουμε τις γνωστές εξισώσεις, ώστε να προκύψει η ζητούμενη:



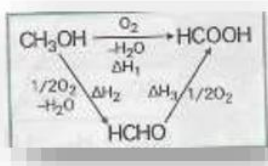
Επομένως η πρότυπη ενθαλπία μετατροπής του άνθρακα γραφίτη σε άνθρακα διαμάντι είναι ίση με **$\Delta H = +2 \text{ kJ/mol}$**

ζ. Αν δίνεται η θερμοχημική εξίσωση: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}, \Delta H = 40 \text{ kJ}$, γνωρίζουμε ότι όταν διασπώνται 0,2 mol NO εκλύεται ποσότητα θερμότητας ίση με 8 kJ.

Με βάση τον νόμο Lavoisier, η αντίστροφη αντίδραση θα έχει $\Delta H = -40 \text{ kJ}$, επομένως όταν διασπώνται 0,2 mol NO εκλύεται ποσότητα θερμότητας 4 kJ.

1.4. Στις ακόλουθες ερωτήσεις να επιλεγεί η ορθή απάντηση:

Φιλλένια Σιδέρη



A. Από τον διπλανό θερμοχημικό κύκλο μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ΔH_2 είναι ίση με:

α. $\Delta H_1 - \Delta H_3$ **β.** $\Delta H_1/2$ **γ.** $\Delta H_1 + \Delta H_3$ **δ.** ΔH_3

B. Ο σχηματισμός του H_2O από H_2 και O_2 είναι μια αντίδραση καύσης. Όταν το νερό διασπάται στα συστατικά του, απορροφάται μεγαλύτερη ποσότητα

θερμότητας όταν η φυσική του κατάσταση είναι:

α. στερεή **β.** υγρή **γ.** αέρια **δ.** δεν έχει σημασία η φυσική κατάσταση

Γ. Η χημική αντίδραση $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ είναι πολύ αργή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, διότι:

α. Η μεταβολή της ενθαλπίας είναι αρνητική.

β. Η μεταβολή της ενθαλπίας είναι θετική.

γ. Η ενέργεια ενεργοποίησης είναι μεγάλη.

δ. Η ενέργεια ενεργοποίησης είναι μικρή.

Δ. Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις: $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$, $\Delta H = -400,0 \text{ kJ}$ (1), $H_2(g) + 1/2 O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$, $\Delta H = -300,0 \text{ kJ}$ (2), $vC(s) + vH_2(g) \rightarrow C_vH_{2v}(g)$, $\Delta H = +0,80 \text{ kJ}$ (3), $C_vH_{2v}(g) + 3v/2 O_2(g) \rightarrow vCO_2(g) + v H_2O(g)$, $\Delta H = -2800,8 \text{ kJ}$ (4).

Ο μοριακός τύπος του C_vH_{2v} είναι:

A: C_2H_4

B: C_3H_6

Γ: C_4H_8

Δ: C_5H_{10}

E. Από τα ακόλουθα δεν επηρεάζει τη μεταβολή της ενθαλπίας μιας αντίδρασης

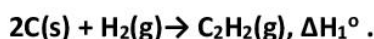
α. η φυσική κατάσταση των ουσιών

β. η θερμοκρασία

γ. ο μηχανισμός με τον οποίο πραγματοποιείται η αντίδραση

δ. η φύση των ουσιών

Στ. Δίνεται το διάγραμμα μεταβολής της ενθαλπίας για το σχηματισμό του ακετυλένιου:



Από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστή:

α. Το C_2H_2 έχει μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο από τα στοιχεία από τα οποία σχηματίζεται.

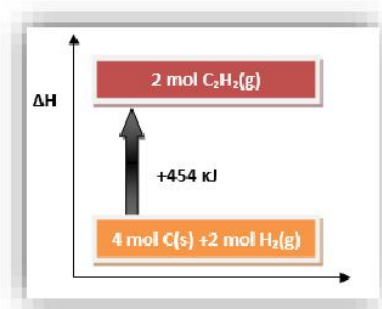
ΛΑΘΟΣ: Με βάση το διάγραμμα το ενεργειακό περιεχόμενο, δηλαδή η H του C_2H_2 είναι υψηλότερο.

β. Ο σχηματισμός του C_2H_2 είναι εξώθερμη αντίδραση

ΛΑΘΟΣ: Με βάση το διάγραμμα $\Delta H > 0$, επομένως ο σχηματισμός είναι ενδόθερμος.

γ. Όταν 1 mol C_2H_2 διασπάται σε C και H_2 εκλύεται ποσότητα θερμότητας ίση με 454 kJ.

ΛΑΘΟΣ: Με βάση τον νόμο Lavoisier η διάσπαση του C_2H_2 θα είναι εξώθερμη.



Φιλλένια Σιδέρη

Με βάση το διάγραμμα όταν 2 mol C₂H₂ διασπώνται σε 4 mol C και 2 mol H₂ εκλύεται ποσότητα θερμότητας 454 kJ, επομένως όταν διασπάται 1 mol C₂H₂ εκλύεται ποσότητα θερμότητας 454/2=227 kJ,

δ. Κατά το σχηματισμό 0,1 mol C₂H₂ απορροφάται από το περιβάλλον ποσότητα θερμότητας ίση με 22,7 kJ.

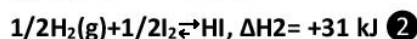
ΣΩΣΤΟ: Με βάση τον νόμο Lavoisier, όταν σχηματίζεται 1 mol C₂H₂ απορροφάται ποσότητα θερμότητας 454/2=227 kJ, επομένως όταν σχηματίζεται 0,1 mol C₂H₂ εκλύεται ποσότητα θερμότητας 22,7 kJ.

1.5. Α. Στο διπλανό σχήμα δίνεται ένας θερμοχημικός κύκλος.

1. Ο θερμοχημικός κύκλος είναι εφαρμογή του νόμου του Hess.

2. Από τον θερμοχημικό κύκλο μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ΔH₂= -640 kJ και ότι όταν 1 mol CO καίγεται προς CO₂ εκλύεται ποσότητα θερμότητας ίση με 280 kJ

Β. Για τον σχηματισμό του HI δίνονται οι ακόλουθες θερμοχημικές εξισώσεις:



1. Να δοθούν οι πιθανές εξηγήσεις για την διαφορά στην τιμή των ΔH.

Α. Είναι πιθανόν τα πειράματα να έχουν πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Β. Το I₂ ή το HI ή και τα δύο να βρίσκονται σε διαφορετικές φυσικές καταστάσεις.

2. Αν το H₂ και το I₂ είναι στην ίδια φυσική κατάσταση και το HI μπορεί να παραχθεί σε στερεή ή αέρια κατάσταση να εξηγηθεί σε ποια εξίσωση παράγεται ως στερεό.

Ο σχηματισμός του HI είναι ενδόθερμη αντίδραση και το HI έχει μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο στην αέρια φυσική κατάσταση και μικρότερη όταν βρίσκεται στη στερεή: H_{I2(s)}< H_{I2(g)}

ΔH(s) < ΔH(g) και επομένως ως στερεό παράγεται στην 1 αντίδραση.

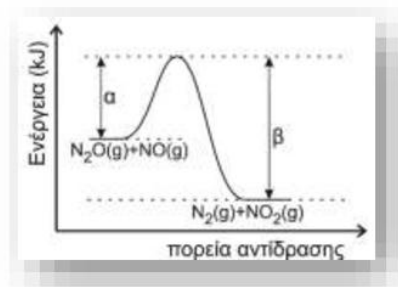
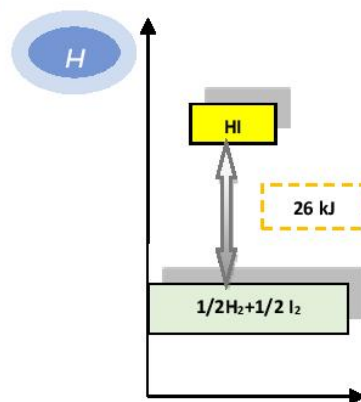
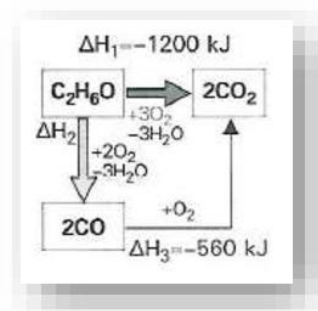
Γ. Για την αντίδραση που αναπαρίσταται από την χημική εξίσωση:



η ενέργεια του συστήματος αντιδρώντων και προϊόντων απεικονίζεται στο διπλανό διάγραμμα. Με βάση το διάγραμμα να απαντήσετε στις ερωτήσεις που ακολουθούν αιτιολογώντας τις απαντήσεις σας.

Α. Η αντίδραση είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη; **Είναι εξώθερμη, γιατί ΔH<0**

Β. Αν α = 209 kJ και β = 348 kJ



Φιλλένια Σιδέρη

1. να υπολογίσετε την ΔH της αντίδρασης

$$\Delta H = \alpha - \beta = -139 \text{ kJ}$$

2. να υπολογίσετε την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης

$$E_a = \alpha = +209 \text{ kJ}$$

3. να υπολογίσετε την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης $\text{N}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{NO}$.

$$E_a' = \beta = +348 \text{ kJ}$$

Θέμα 2^ο

2.1. Να συμπληρωθεί το ακόλουθο κείμενο με την κατάλληλη λέξη, αριθμό ή τύπο.

A. Η θεωρία των συγκρούσεων αναφέρει ότι για να πραγματοποιηθεί μία χημική αντίδραση μεταξύ δύο μορίων θα πρέπει να υπάρξει 1 **σύγκρουση**, 2. με **κατάλληλο προσανατολισμό**, 3. με **κινητική ενέργεια μορίων**, ώστε να ξεπεραστεί η **ενέργεια ενεργοποίησης (E_a)** της αντίδρασης.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της E_a μιας αντίδρασης, τόσο **μικρότερη** είναι η πιθανότητα να είναι μία σύγκρουση **αποτελεσματική** και επομένως τόσο μικρότερη είναι η **ταχύτητα** της.

B. Μέση ταχύτητα αντίδρασης ονομάζεται το **πηλίκο** της μεταβολής της **συγκέντρωσης** ενός **αντιδρώντος** ή **προϊόντος** της αντίδρασης προς το **χρόνο** μέσα στον οποίο πραγματοποιείται αυτή η μεταβολή, πολλαπλασιασμένο επί τον **αντίστροφο συντελεστή** του αντιδρώντος ή του προϊόντος στη χημική εξίσωση της αντίδρασης.

Για την αντίδραση: $2\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Γ}(\text{g})$, η μέση ταχύτητα της αντίδρασης δίνεται από

$$\text{τους τύπους: } u = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{A}]}{\Delta t} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta[\text{B}]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{Γ}]}{\Delta t}$$

Καμπύλη αντίδρασης είναι η γραφική παράσταση της **συγκέντρωσης** ενός των **αντιδρώντων** ή **προϊόντων** μιας αντίδρασης ως συνάρτηση του **χρόνου**.

Από την καμπύλη μιας αντίδρασης μπορούν να υπολογιστούν:

1. Η **στιγμιαία** τιμή της **ταχύτητας** σε κάποια χρονική στιγμή t .

2. Η **μέση** τιμή της **ταχύτητας** για το χρονικό διάστημα Δt .

Γ. Με βάση τη θεωρία των συγκρούσεων η ταχύτητα μιας αντίδρασης είναι ανάλογη του **αριθμού** των **αποτελεσματικών συγκρούσεων** μεταξύ των μορίων των **αντιδρώντων**.

Όταν αυξάνεται ο αριθμός των **μορίων** που κινούνται σε ορισμένο **χώρο**, αυξάνεται τόσο ο αριθμός των **συγκρούσεων** όσο και ο αριθμός των **αποτελεσματικών συγκρούσεων**, επομένως η **αύξηση** της συγκέντρωσης των **αντιδρώντων** έχει ως αποτέλεσμα την **αύξηση** της ταχύτητας της αντίδρασης.

Η πίεση επηρεάζει την ταχύτητα μίας αντίδρασης μόνο όταν, μεταξύ των **αντιδρώντων** υπάρχει ένα τουλάχιστον **αέριο** και προκαλείται από μεταβολή του **όγκου** του δοχείου. Αύξηση της πίεσης η οποία οφείλεται σε **ελάττωση** του **όγκου** του δοχείου σε μία αντίδραση που έχει ένα τουλάχιστον **αέριο αντιδρών** έχει ως αποτέλεσμα την **αύξηση** της ταχύτητας της αντίδρασης. Σε μία ετερογενή χημική αντίδραση η οποία περιλαμβάνει στερεά αντιδρώντα, η **αύξηση** της **επιφάνειας επαφής** του στερεού στην οποία πραγματοποιείται η αντίδραση, έχει ως αποτέλεσμα

Φιλλένια Σιδέρη

την αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης και γι' αυτό είναι πολύ πιο γρήγορη όταν τα στερεά βρίσκονται σε μορφή σκόνης ή σε πολύ λεπτό διαμερισμό.

Η αύξηση της θερμοκρασίας μιας αντίδρασης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων των αντιδρώντων, επομένως την αύξηση του αριθμού των αποτελεσματικών συγκρούσεων, γιατί περισσότερα μόρια έχουν κινητική ενέργεια μεγαλύτερη από την ενέργεια ενεργοποίησης.

Οι καταλύτες επεμβαίνουν στο μηχανισμό πραγματοποίησης μιας αντίδρασης προσφέροντας μια πορεία αντιδράσεων με μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης, με αποτέλεσμα περισσότερες συγκρούσεις να είναι αποτελεσματικές. Τα ένζυμα ή βιοκαταλύτες είναι πρωτεϊνικής φύσης μεγαλομοριακές ενώσεις και οποία καταλύουν βιοχημικές αντιδράσεις. Τα ένζυμα διαφέρουν από τους υπόλοιπους καταλύτες γιατί, έχουν εξειδικευμένη δράση, είναι ευαίσθητα σε μεταβολές της θερμοκρασίας και της οξύτητας των διαλυμάτων και είναι πιο αποτελεσματικά από τους υπόλοιπους καταλύτες.

Σύμφωνα με τη θεωρία των ενδιάμεσων προϊόντων ο καταλύτης αντιδρά σε ένα ενδιάμεσο στάδιο, αλλά αναγεννάται σε επόμενο με αποτέλεσμα να παραμένει ποιοτικά και ποσοτικά αμετάβλητος. Η καθεμία από τις αντιδράσεις έχει μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης από τη συνολική.

Η θεωρία της προσρόφησης εξηγεί ικανοποιητικά την ετερογενή κατάλυση.

Δ. Από το νόμο της ταχύτητας, ο οποίος υπολογίζεται μόνο πειραματικά, υπολογίζεται η στιγμιαία τιμή της ταχύτητας αντίδρασης για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, για την οποία γνωρίζουμε τις συγκεντρώσεις των αντιδρώντων.

Στο νόμο της ταχύτητας ετερογενών αντιδράσεων δε μετέχουν τα στερεά και τα αμιγή υγρά. Για παράδειγμα για την απλή αντίδραση $C(s)+CO_2(g)\rightarrow 2CO(g)$, ο νόμος της ταχύτητας είναι: $u=k[CO_2]$ και η αντίδραση είναι 1^{ης} τάξης.

Σε μία απλή αντίδραση που δεν περιέχει στερεά, η τάξη της αντίδρασης είναι ίση με το άθροισμα των συντελεστών των αντιδρώντων στη χημική εξίσωση της αντίδρασης.

Η αντίδραση: $O_3(g)+NO(g)\rightarrow O_2(g)+NO_2(g)$ είναι απλή, επομένως ο νόμος της ταχύτητας είναι: $u=k[O_3][NO]$, είναι 2^{ης} τάξης, και οι μονάδες της σταθεράς ταχύτητας κ: $M^{-1}\cdot s^{-1}$

Σε μία αντίδραση που έχει πολύπλοκο μηχανισμό και πραγματοποιείται σε στάδια, ο νόμος της ταχύτητας καθορίζεται από το αργό στάδιο. Για παράδειγμα η αντίδραση: $F_2(g)+2NO_2(g)\rightarrow 2NO_2F(g)$ πιστεύεται ότι πραγματοποιείται σε 2 στάδια:

αργό στάδιο: $F_2(g)+NO_2(g)\rightarrow NO_2F(g)+F$

γρήγορο στάδιο: $F+NO_2(g)\rightarrow NO_2F(g)$

Ο νόμος της ταχύτητας είναι: $u=k[F_2][NO_2]$ και η αντίδραση είναι 2^{ης} τάξης.

Υπάρχουν αντιδράσεις μηδενικής τάξης, οι οποίες είναι ανεξάρτητες από τη συγκέντρωση των αντιδρώντων και εξελίσσονται με σταθερή ταχύτητα ($u=k$). Στις αντιδράσεις μηδενικής τάξης οι μονάδες της σταθεράς ταχύτητας είναι $M\cdot s^{-1}$.

2.2. Στις ακόλουθες ερωτήσεις να επιλεγεί η ορθή απάντηση:

A. Για την αντίδραση των A, B, Γ που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:

$2A(g)+B(g)\rightarrow 3\Gamma(g)$, δίνεται ότι η στιγμιαία ταχύτητα παραγωγής του Γ σε $t=10\text{ min}$ είναι ίση με $6,0\text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$. Τη χρονική στιγμή $t=650\text{ s}$ η στιγμιαία ταχύτητα της αντίδρασης μπορεί να είναι ίση με:

Φιλλένια Σιδέρη

- α. $6,0 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ β. $2,0 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ γ. $1,8 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ δ. $5,6 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$

B. Για την παραπάνω αντίδραση η μέση ταχύτητα κατανάλωσης του A για το διάστημα 0-10 min μπορεί να είναι ίση με:

- α. $2,0 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ β. $5,0 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ γ. $6,0 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ δ. $3,0 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$

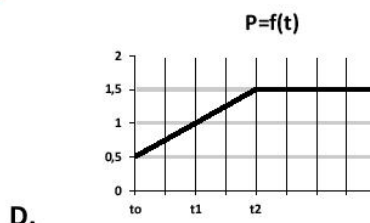
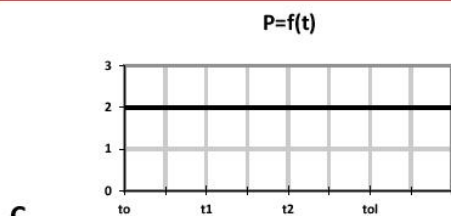
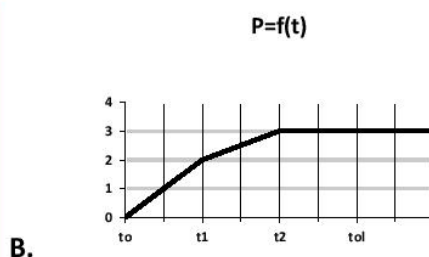
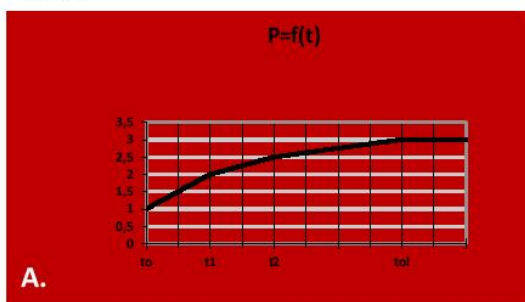
Γ. Σε ένα δοχείο σταθερού όγκου 20 L που περιέχει περίσσεια άνθρακα εισάγονται 10 mol CO_2 και η πίεση γίνεται ίση με 5 atm. Παρατηρείται σταδιακή αύξηση της πίεσης και την χρονική στιγμή $t_1=30\text{s}$ η πίεση μετρείται ίση με 8 atm στην ίδια θερμοκρασία. Η μέση τιμή της ταχύτητας της αντίδρασης: $\text{C(s)}+\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}$, $\Delta H>0$ από 0- t_1 μπορεί να είναι ίση με:

- α. $0,01 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ β. $0,02 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ γ. $0,04 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ δ. $0,06 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$

Δ. Η χημική αντίδραση $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ είναι πολύ γρήγορη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, διότι:

- α. Η ΔH είναι αρνητική γ. Η ενέργεια ενεργοποίησης είναι μεγάλη
β. Η ΔH είναι θετική. δ. Η ενέργεια ενεργοποίησης είναι μικρή.

E. Η αντίδραση: $\text{A}(\text{g}) \rightarrow 3\text{B}(\text{g})$ πραγματοποιείται σε κλειστό δοχείο υπό σταθερή θερμοκρασία. Το διάγραμμα της πίεσης ως προς το χρόνο μέσα στο δοχείο μπορεί να είναι:



Στ. Η ταχύτητα παραγωγής του NO_2 από τη διάσπαση του N_2O_4 , σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ είναι ίση με $0,04 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ τα πρώτα 10 s. Η ταχύτητα της αντίδρασης από 10-20 s μπορεί να είναι ίση με:

- A. $0,04 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ B. $0,02 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ γ. $0,01 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ Δ. $1,5 \text{ M}\cdot\text{min}^{-1}$

Z. Ο λόγος του ρυθμού μεταβολής της συγκέντρωσης του $\text{N}_2(\text{g})$ προς το ρυθμό μεταβολής της συγκέντρωσης του $\text{O}_2(\text{g})$ στην αντίδραση με εξίσωση είναι:



- A. $5/2$ B. $-2/5$ γ. $2/5$ Δ. $-5/2$.

2.4. Να χαρακτηριστούν οι προτάσεις ως ορθές ή λανθασμένες και να αιτιολογηθεί πλήρως η επιλογή:

A. Όσο μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης έχει μία αντίδραση, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος ολοκλήρωσής της.

Φιλλένια Σιδέρη

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Όσο μεγαλύτερη E_a έχει μία αντίδραση, τόσο λιγότερα μόρια έχουν κινητική ενέργεια μεγαλύτερη και επομένως τόσο λιγότερες συγκρούσεις είναι αποτελεσματικές. Η ταχύτητα της αντίδρασης είναι μικρή με αποτέλεσμα να απαιτείται περισσότερος χρόνος για την ολοκλήρωσή της.

B. Μία εξώθερμη αντίδραση έχει μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης από μία ενδόθερμη.

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Η E_a είναι η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας κατά την σύγκρουση ώστε η σύγκρουση να οδηγήσει σε προϊόντα και είναι χαρακτηριστική για κάθε αντίδραση. Επομένως οι E_a διαφορετικών αντιδράσεων δεν είναι συγκρίσιμες.

Γ. Η ενέργεια ενεργοποίησης μιας αντίδρασης και της αντίστροφής της έχουν την ίδια ακριβώς τιμή.

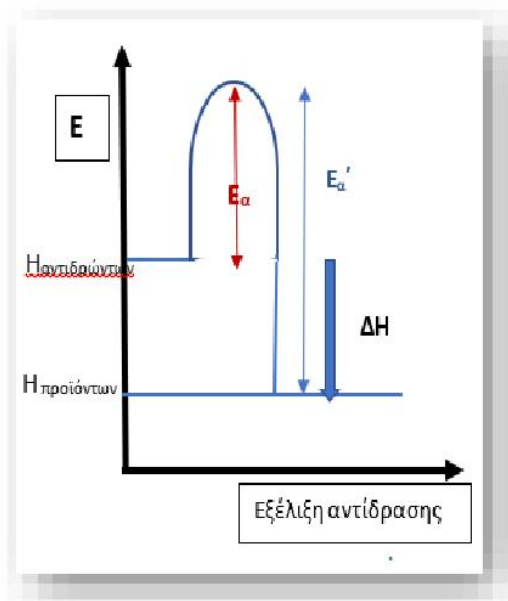
ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Η E_a της εξώθερμης αντίδρασης είναι μικρότερη από την E_a' της αντίστροφής της ενδόθερμης, διότι το ενεργειακό περιεχόμενο των αντιδρώντων και επομένως και η κινητική ενέργεια των μορίων είναι μεγαλύτερη, όπως φαίνεται και στο διπλανό ενεργειακό διάγραμμα.

Δ. Ο νόμος της ταχύτητας αντίδρασης μπορεί να εξαχθεί από την χημική εξίσωση της αντίδρασης.

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Ο νόμος της ταχύτητας μιας αντίδρασης εξάγεται πειραματικά. Αν πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι η αντίδραση είναι απλή και γίνεται σε ένα στάδιο, τότε ο νόμος της ταχύτητας μπορεί να γραφεί με βάση την χημική εξίσωση της.

E. Η χρήση κατάλληλου καταλύτη μπορεί να επιτρέψει την πραγματοποίηση μιας αντίδρασης η οποία δεν μπορεί να γίνει χωρίς την παρουσία του καταλύτη.

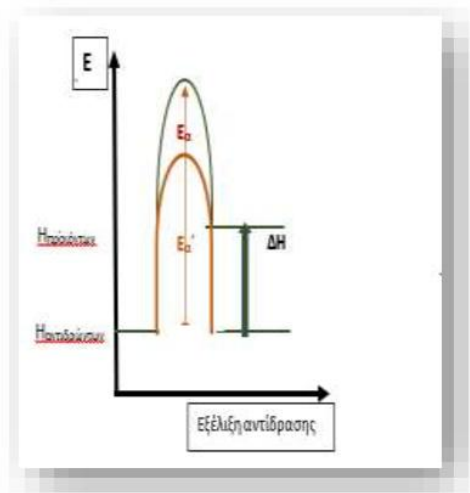
ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Ο καταλύτης μεταβάλλει τον μηχανισμό μιας επιτρεπτής αντίδρασης με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η E_a και περισσότερες συγκρούσεις να είναι αποτελεσματικές.



Φιλένια Σιδέρη

Στ. Η προσθήκη καταλύτη έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της ποσότητας θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά την αντίδραση.

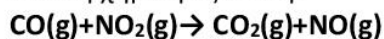
ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Ο καταλύτης επηρεάζει την E_a της αντίδρασης και όχι την μεταβολή της ενθαλπίας του συστήματος, η οποία εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά την αντίδραση, όταν η πίεση είναι σταθερή.



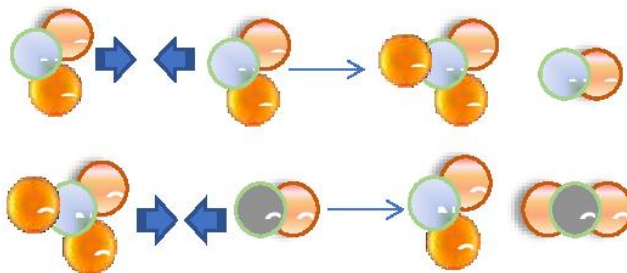
Ζ. Η ταχύτητα οξείδωσης του σιδήρου από υδρατμούς προς $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ ελαττώνεται διαρκώς με την πάροδο του χρόνου.

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Η οξείδωση του σιδήρου από τους υδρατμούς είναι περίπτωση αυτοκατάλυσης. Το $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ (σκουριά) είναι καταλύτης του συστήματος, με αποτέλεσμα μόλις αρχίσει η παραγωγή του κατά την αντίδραση, ταχύτητα αντίδρασης να αυξηθεί.

Η. Η αντίδραση της οξείδωσης του CO από NO_2 προς CO_2 περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



και πραγματοποιείται σε δύο στάδια εκ των οποίων το πρώτο είναι αργό και το δεύτερο γρήγορο, όπως φαίνεται στην διπλανή αναπαράσταση με μοντέλα. Από την αναπαράσταση συμπεραίνουμε ότι ο νόμος της ταχύτητας είναι $υ = k [NO_2]^2$



ΣΩΣΤΗ: Στο πρώτο στάδιο με βάση τα μοντέλα πραγματοποιείται η αντίδραση:

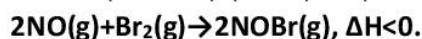


Θ. Σε δύο δοχεία Δ1 και Δ2 με αρχικούς όγκους V_1 και $V_2 = 3V_1$ αντίστοιχα, εισάγονται:

Στο Δ1: 4 mol NO και 4 mol Br_2 .

Στο Δ2: 6 mol NO και 12 mol Br_2 .

Το NO και το Br_2 αντιδρούν σύμφωνα με την απλή αντίδραση:



Να χαρακτηρίσετε τις ακόλουθες προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες, αιτιολογώντας την απάντησή σας.

α. Η αντίδραση είναι τρίτης τάξης.

ΣΩΣΤΗ: Επειδή η αντίδραση είναι απλή, ο νόμος της ταχύτητας είναι: $υ = k \cdot [NO]^2 [Br_2]$ και η τάξη της αντίδρασης είναι το άθροισμα των εκθετών των συγκεντρώσεων των αντιδρώντων στον νόμο της ταχύτητας.

β. Η ταχύτητα $υ_1$ στο δοχείο Δ1 είναι μικρότερη από την ταχύτητα $υ_2$ στο δοχείο Δ2.



Φιλλένια Σιδέρη

$$u_2 = k[NO]^2[Br_2] = k \frac{n_{NO}^2 n_{Br_2}}{V^3} = k \frac{6^2 \cdot 12}{V_2^3} = k \frac{432}{27V_1^3} = k \frac{16}{V_1^3}$$

Επομένως: $u_1 = 4u_2$

γ. Αν στο δοχείο Δ1 εισαχθεί κατά την έναρξη της αντίδρασης ευγενές αέριο He, υπό σταθερό όγκο και θερμοκρασία, η ταχύτητα δε θα μεταβληθεί.

ΣΩΣΤΗ: Η συνολική πίεση θα αυξηθεί λόγω της εισαγωγής του ευγενούς αερίου, αλλά εφόσον δεν θα μεταβληθούν ο όγκος του δοχείου και η θερμοκρασία, η ταχύτητα θα παραμείνει σταθερή, διότι οι συγκεντρώσεις των αντιδρώντων θα είναι σταθερές.

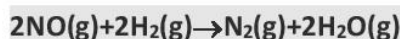
δ. Αν στο δοχείο Δ2, το οποίο διαθέτει ευκίνητο έμβολο, εισαχθεί κατά την έναρξη της αντίδρασης ευγενές αέριο He, υπό σταθερή πίεση και θερμοκρασία, η ταχύτητα δε θα μεταβληθεί.

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Για να παραμείνουν σταθερές η συνολική πίεση και η T με την εισαγωγή του ευγενούς αερίου θα αυξηθεί ο όγκος του δοχείου, επομένως οι συγκεντρώσεις των αντιδρώντων θα ελαττωθούν και η αρχική ταχύτητα θα ελαττωθεί.

ε. Αν στο δοχείο Δ2 αυξηθεί η θερμοκρασία, η ταχύτητα αντίδρασης ελαττώνεται, γιατί η αντίδραση είναι εξώθερμη.

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων των αντιδρώντων, με αποτέλεσμα μεγαλύτερος αριθμός μορίων να έχει κινητική ενέργεια μεγαλύτερη από την E_a κατά την σύγκρουση, περισσότερες συγκρούσεις να είναι αποτελεσματικές και επομένως να αυξάνεται η ταχύτητα της αντίδρασης.

2.3.A. Δίνεται η μονόδρομη αντίδραση:



Στο διπλανό διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή των συγκεντρώσεων των σωμάτων που μετέχουν σε αυτή σε συνάρτηση με τον χρόνο. Δίνεται ότι οι αρχικές συγκεντρώσεις μονοξειδίου και υδρογόνου είναι ίδιες και η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

1. να αντιστοιχίσετε τις καμπύλες α β γ με καθένα από τα σώματα που μετέχουν στην αντίδραση, αιτιολογώντας πλήρως την απάντησή σας.

Οι κλίσεις των καμπυλών των συγκεντρώσεων

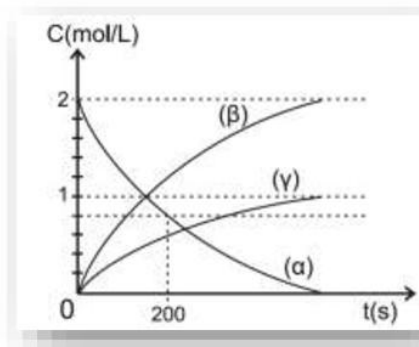
αντιδρώντων και προϊόντων ως συνάρτηση του χρόνου είναι ανάλογες των συντελεστών στην χημική εξίσωση της αντίδρασης. Παρατηρούμε ότι η μοναδική φθίνουσα καμπύλη είναι η (α), η οποία αντιστοιχεί στο NO και το H₂, τα οποία είναι αντιδρώντα και η συγκέντρωσή τους ελαττώνεται. Όταν η c στην (α) μεταβάλλεται κατά 2 M, στην (β) μεταβάλλεται επίσης κατά 2 M, ενώ στην (γ) μεταβάλλεται κατά 1 M. Επομένως, η (β) αντιστοιχεί στο H₂O, το οποίο έχει συντελεστή 2 και η (γ) αντιστοιχεί στο N₂, το οποίο έχει συντελεστή 1.

2. η μέση ταχύτητα της αντίδρασης τα πρώτα 200 s είναι:

α. $2 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ β. $3 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ γ. $6 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$

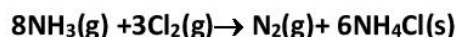
3. ρυθμός σχηματισμού του νερού τα πρώτα 200 s είναι:

α. $2 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ β. $3 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ γ. $6 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$



Φιλλένια Σιδέρη

B. Δίνεται η χημική εξίσωση:



1. Να δοθεί ο ορισμός και να γραφεί ο τύπος που αναπαριστά τον ρυθμό κατανάλωσης της αμμωνίας, τον ρυθμό παραγωγής του N_2 και την μέση ταχύτητα της αντίδρασης.

Ρυθμός κατανάλωσης της NH_3 είναι το πηλίκο της μεταβολής της συγκέντρωσης της αμμωνίας προς τον χρόνο μέσα στο οποίο παρατηρήθηκε η μεταβολή.

$$v_{\text{NH}_3} = -\Delta[\text{NH}_3]/\Delta t$$

Ρυθμός παραγωγής του N_2 είναι το πηλίκο της μεταβολής της συγκέντρωσης του αζώτου προς τον χρόνο μέσα στο οποίο παρατηρήθηκε η μεταβολή.

$$v_{\text{N}_2} = \Delta[\text{N}_2]/\Delta t$$

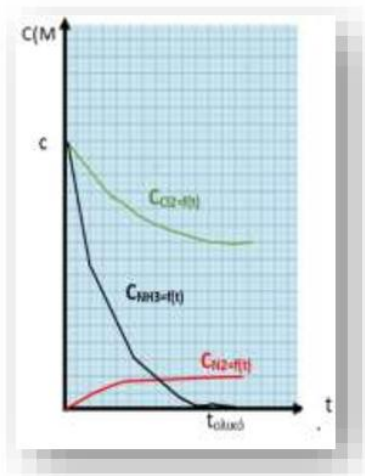
Μέση ταχύτητα της αντίδρασης είναι το πηλίκο της μεταβολής της συγκέντρωσης ενός των αντιδρώντων ή προϊόντων προς τον χρόνο μέσα στο οποίο παρατηρήθηκε η μεταβολή, πολλαπλασιασμένο επί τον αντίστροφο συντελεστή του αντιδρώντος ή προϊόντος στην χημική εξίσωση της αντίδρασης.

$$u = -\frac{1}{8} \frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta[\text{Cl}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t}$$

2. Σε ένα κενό δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται ισομοριακές ποσότητες αμμωνίας και χλωρίου. Στο διπλανό διάγραμμα να κατασκευαστούν ποιοτικά οι καμπύλες αντίδρασης για όσα από τα αντιδρώντα και προϊόντα είναι εφικτό.

Επειδή έχω ισομοριακές ποσότητες στο ίδιο δοχείο, έχω και ίσες αρχικές συγκεντρώσεις.

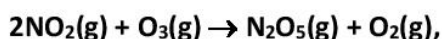
M	$8\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 6\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$		
Αρχ	c	c	
Α/Π	-c	-3c/8	c/8
Τελ	.....	5c/8	c/8



3. Να υπολογιστεί ο λόγος της αρχικής προς την τελική πίεση μέσα στο δοχείο, αν η θερμοκρασία έχει παραμείνει σταθερή.

$$\frac{P_0}{P_{\text{Τελ}}} = \frac{c_{\text{NH}_3} + c_{\text{Cl}_2}}{c_{\text{NH}_3, \text{τελ}} + c_{\text{Cl}_2, \text{τελ}} + c_{\text{N}_2}} = \frac{2c}{\frac{5c}{8} + \frac{c}{8}} = \frac{8}{3}$$

Γ. Για την αντίδραση που περιγράφεται από την χημική εξίσωση:



δίνονται τα πειραματικά δεδομένα του διπλανού πίνακα.

M	1	2	3
$[\text{NO}_2]$	0,10	0,20	0,10
$[\text{O}_3]$	0,50	0,50	0,60
$u (\text{M}\cdot\text{s}^{-1})$	$2,5\cdot 10^3$	$5,0\cdot 10^3$	$3,0\cdot 10^3$

Φιλλένια Σιδέρη

1. Να βρεθεί ο νόμος της ταχύτητας και η τιμή της σταθεράς k και να προταθεί ένας μηχανισμός για την πραγματοποίηση της αντίδρασης.

$$u = k[NO_2]^x [O_3]^y$$

$$u_1 = k[0,10]^x [0,50]^y = 2,5 \cdot 10^3 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} \quad (1)$$

$$u_2 = k[0,20]^x [0,50]^y = 5,0 \cdot 10^3 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2)$$

$$u_3 = k[0,10]^x [0,60]^y = 3,0 \cdot 10^3 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3)$$

Με διαίρεση κατά μέλη της (1)/(2):

$$\chi = 1$$

Με διαίρεση κατά μέλη της (1)/(3):

$$y = 1$$

Επομένως: $u = k[NO_2][O_3]$, $k = 5,0 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Πιθανός μηχανισμός: $NO_2 + O_3 \rightarrow \Pi$

αργά



γρήγορα

2. Σε ένα δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται ισομοριακές ποσότητες NO_2 και O_3 και η αρχική ταχύτητα της αντίδρασης είναι $2,0 \cdot 10^3 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$. Μετά από ορισμένο χρόνο η ταχύτητα της αντίδρασης είναι ίση με το $1/8$ της αρχικής, ενώ η θερμοκρασία έχει παραμείνει σταθερή. Να υπολογιστεί το ποσοστό NO_2 που καταναλώθηκε.

M	$2NO_2(g) + O_3(g) \rightarrow N_2O_5(g) + O_2(g)$			
Αρχ	c	c		
Α/Π	-2x	-x	x	x
ΤΕΛ	c-2x	c-x	x	x

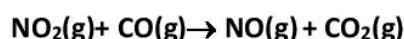
$$u_1 = k \cdot c^2 = 2,0 \cdot 10^3 \text{ M} \quad \text{και} \quad c = 0,20 \text{ M}$$

$$u_2 = k \cdot (0,20 - 2x)(0,20 - x) = \frac{u_1}{8} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{και} \quad x = 0,08 \text{ M}$$

(η 2η λύση απορρίπτεται γιατί $x > 0,20 \text{ M}$).

Επομένως καταναλώθηκαν $2x/c = 0,8$ ή 80% του NO_2

Δ. Για την αντίδραση που αναπαρίσταται από την εξίσωση:



δίνεται ότι όταν τριπλασιάζεται η συγκέντρωση του NO_2 , η ταχύτητα της αντίδρασης εννεαπλασιάζεται, ενώ όταν διπλασιάζεται η συγκέντρωση του CO , η ταχύτητα της αντίδρασης μένει σταθερή. Με βάση αυτές τις πληροφορίες να επισημάνετε τις ακόλουθες προτάσεις ως ορθές ή λανθασμένες και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1. Η αντίδραση είναι απλή και γίνεται σε ένα στάδιο

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: Έστω ότι ο νόμος της ταχύτητας είναι:

$$u = k[NO_2]^x [CO]^y = k \cdot c_1^x \cdot c_2^y$$

$$\text{Όταν } c_1' = 3c_1, u_1' = 9u_1 \text{ δηλαδή: } u_1' = k \cdot 3^x c_1^x \cdot c_2^y = 9k \cdot c_1^x \cdot c_2^y, \text{ επομένως: } \chi = 2$$

$$\text{Όταν } c_2' = 2c_2, u_2' = u_2 \text{ δηλαδή: } u_2' = k \cdot c_1^x \cdot 2^y c_2^y = k \cdot c_1^x \cdot c_2^y, \text{ επομένως: } y = 0$$

Επομένως ο νόμος της ταχύτητας είναι: $u = k[NO_2]^2$ και η αντίδραση δεν είναι απλή, διότι το CO δεν μετέχει στον νόμο της ταχύτητας και η συγκέντρωση του NO_2 είναι υψωμένη στο τετράγωνο και όχι στην 1η που είναι ο συντελεστής του στην χημική εξίσωση της αντίδρασης,

2. Η αντίδραση είναι 2^{ης} τάξης συνολικά και 0ης τάξης ως προς CO .

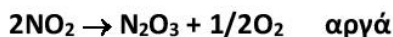
Φιλλένια Σιδέρη

ΟΡΘΗ: Η τάξη της αντίδρασης είναι το άθροισμα των εκθετών των συγκεντρώσεων στον νόμο της ταχύτητας.

3. Οι μονάδες της σταθεράς ταχύτητας είναι s^{-1} .

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ: μονάδες $k = \frac{M}{s} = M^{-1} \cdot s^{-1}$

4. Ένας πιθανός μηχανισμός για την αντίδραση είναι:



ΟΡΘΗ: Το αργό στάδιο είναι σύμφωνα με τον νόμο της ταχύτητας και το άθροισμα των σταδίων με την χημική εξίσωση της αντίδρασης.

5. Αν αρχικά χρησιμοποιηθούν ισομοριακές ποσότητες αντιδρώντων, η ταχύτητα της αντίδρασης, όταν θα έχει καταναλωθεί το $\frac{1}{4}$ της ποσότητας του CO θα είναι ίση με $\frac{9}{16}$ της αρχικής.

ΟΡΘΗ:

M	$NO_2(g) + CO(g) \rightarrow NO(g) + CO_2(g)$			
Αρχ	c	c		
Α/Π	-x	-x	x	x
ΤΕΛ	c-x	c-x	x	x

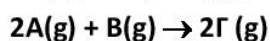
Η αρχική ταχύτητα θα είναι:

$$u = k \cdot c^2$$

Όταν θα έχουν αντιδράσει $x=c/4$ M CO, θα έχουν επίσης αντιδράσει $x=c/4$ M NO_2 και η

$$[NO_2] = 3c/4 \text{ M, } \text{οπότε η ταχύτητα } u' = k\left(\frac{3c}{4}\right)^2 = \frac{9}{16}kc^2 = \frac{9}{16}u$$

Ε. Τα σώματα Α και Β αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Το αντιδρών Β είναι έγχρωμο, ενώ τα Α και Γ είναι άχρωμα.

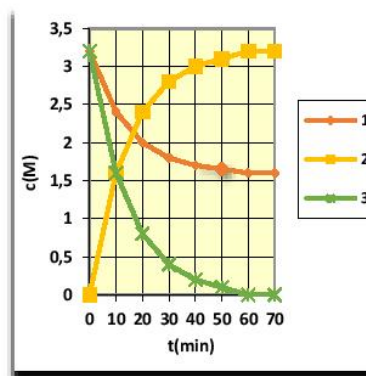
1. Να προτείνετε δύο μεθόδους για τη μέτρηση της ταχύτητας της αντίδρασης

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης ενός αντιδρώντος σε διάφορες χρονικές στιγμές, ώστε να υπολογιστεί η ταχύτητα της αντίδρασης αξιοποιούνται διάφορες μετρήσιμες ιδιότητες οι οποίες εξαρτώνται από την συγκέντρωση, όπως το χρώμα, ο φθορισμός, η αγωγιμότητα, το pH, η πίεση....

Επειδή το Β είναι έγχρωμο θα μπορούσε η συγκέντρωση του Β να υπολογίζεται σε κατάλληλο όργανο (χρωματόμετρο) από την ένταση του χρώματος, η οποία θα μειώνεται όσο θα μειώνεται η συγκέντρωση.

Επίσης, επειδή κατά την αντίδραση ελαττώνεται ο συνολικός αριθμός mol των αερίων, με αποτέλεσμα η πίεση να εμφανίζει σταδιακή μείωση θα μπορούσε μετράται η πίεση με μανόμετρο.

2. Να αντιστοιχίσετε τα Α, Β, Γ στις καμπύλες 1,2,3 του διπλανού διαγράμματος και να εκτιμήσετε αν τα αντιδρώντα είναι σε στοιχειομετρικές ποσότητες.



Φιλλένια Σιδέρη

Οι κλίσεις των καμπυλών των συγκεντρώσεων αντιδρώντων και προϊόντων ως συνάρτηση του χρόνου είναι ανάλογες των συντελεστών στην χημική εξίσωση της αντίδρασης. Παρατηρούμε ότι η μοναδική αύξουσα καμπύλη είναι η (2), η οποία αντιστοιχεί στο Γ, το οποίο είναι προϊόν και η συγκέντρωση του αυξάνεται. Όταν η c στην (1) μεταβάλλεται κατά 1,5 M, στην (3) μεταβάλλεται επίσης κατά 3,0 M, ενώ στην (2) μεταβάλλεται επίσης κατά 3 M. Επομένως, η (1) αντιστοιχεί στο Β, το οποίο έχει συντελεστή 1 και η (3) αντιστοιχεί στο Α, το οποίο έχει συντελεστή 2.

Τα αντιδρώντα δεν είναι σε στοιχειομετρικές ποσότητες, διότι έχουν ίδια αρχική συγκέντρωση, ενώ η αναλογία των συντελεστών στην χημική εξίσωση της αντίδρασης είναι 2/1.

3. Σε ποια χρονική στιγμή ολοκληρώνεται η αντίδραση; Στην $t=60 \text{ min}$, όπου πλέον οι συγκεντρώσεις δεν μεταβάλλονται και το Α έχει καταναλωθεί πλήρως.

4. Πως μπορεί να υπολογιστεί η στιγμιαία τιμή της ταχύτητας τη χρονική στιγμή 20 min;

1. Φέρνουμε την κάθετη στον άξονα των χρόνων στο σημείο $t=20 \text{ min}$, η οποία τέμνει την καμπύλη του Γ (ή του Α ή του Β) στο σημείο Χ.
2. Κατασκευάζουμε την εφαπτομένη της καμπύλης στο Χ και φέρνουμε την παράλληλη στον άξονα των χρόνων στο ίδιο σημείο, οπότε σχηματίζεται μία οξεία γωνία φ.
3. Η γωνία φ έχει απέναντι κάθετη το Δc και προσκείμενη κάθετη το Δt, οπότε η εφαπτομένη της φ είναι ίση με τη στιγμιαία τιμή της ταχύτητας κατανάλωσης αντιδρώντος ή παραγωγής προϊόντος (u_i) τη χρονική στιγμή t

$$u_i = \epsilon \phi = -dc/dt \text{ και}$$

Η ταχύτητα αντίδρασης είναι u_i/x όπου x ο συντελεστής στην χημική εξίσωση της αντίδρασης.

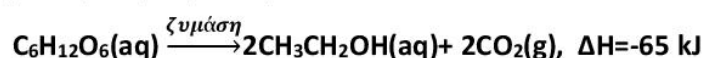
5. Πόση θα είναι η μέση ταχύτητα αντίδρασης από 10-20 min;

1. Φέρνουμε την κάθετη στον άξονα των χρόνων στο σημείο $t_1=10 \text{ min}$, η οποία τέμνει την καμπύλη στο σημείο Α και στο σημείο $t_2=20 \text{ min}$, η οποία τέμνει την καμπύλη στο σημείο Β.
2. Στα σημεία Α και Β φέρνουμε τις παράλληλες στον άξονα των χρόνων, οι οποίες τέμνουν τον άξονα των συγκεντρώσεων στις τιμές $c_1=1,5 \text{ M}$ και $c_2=2,5 \text{ M}$ αντίστοιχα. Επειδή ο υπολογισμός γίνεται από καμπύλη αντίδρασης προϊόντος, η μέση ταχύτητα της αντίδρασης από t_1 έως t_2 θα είναι ίση με:

$$v = 1/2v_r = \frac{1}{2} \frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = \frac{1}{2} \frac{2,5 - 1,5}{20 - 10} = 0,05 \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}$$

Να αιτιολογήσετε πλήρως τις απαντήσεις σας.

Ζ. 500 mL διαλύματος γλυκόζης ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 4M ζυμώνονται και η γλυκόζη μετατρέπεται σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα παρουσία ζυμάσης (αλκοολική ζύμωση), σύμφωνα με την εξίσωση:



Σε χρόνο t_1 ίσο με 200 min έχουν εκλυθεί 44,8 L αερίου CO_2 (STP).

1. Από τις προτάσεις που ακολουθούν σωστή είναι η:

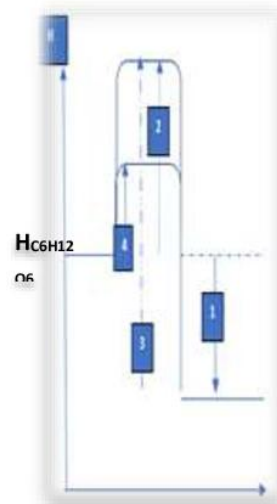
Φιλλένια Σιδέρη

A. Σε 200 min η αντίδραση ολοκληρώνεται B. Η ταχύτητα της αντίδρασης είναι ίση με 0,005 M/min

Γ. Η ταχύτητα της αντίδρασης είναι ίση με 0,020 M/min Δ. Η ταχύτητα της αντίδρασης είναι ίση με 0,010 M/min

2. Παρατηρήστε το ενεργειακό διάγραμμα της αλκοολικής ζύμωσης και επιλέξτε τον συνδυασμό των σωστών προτάσεων από τις ακόλουθες:

1. Η 3 έχει τιμή +65 kJ
2. Η 3 εκφράζει την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης.
3. Η 4 εκφράζει την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης παρουσία ζυμάσης.
4. Η αλκοολική ζύμωση είναι περίπτωση ετερογενούς κατάλυσης.
5. Η αλκοολική ζύμωση πρέπει να πραγματοποιείται σε σκιερούς χώρους και τα βαρέλια δεν πρέπει να βρίσκονται εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία.
6. Η ταχύτητα της αντίδρασης ελαττώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία πάνω από τους 50° C.



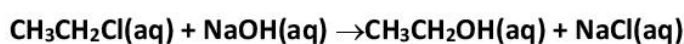
A. 3-5-6 B. 1-3-6 Γ. 2-3-5-6 Δ. 1-3-4

3. Ο λόγος των τιμών της ωσμωτικής πίεσης του διαλύματος αν η θερμοκρασία του διαλύματος διατηρηθεί σταθερή σε t_0 και σε t_1 είναι ίσος με:

A. 1/2 B. 2/3 Γ. 1/4 Δ. 1/3

H. Η αντίδραση:

	Πείραμα 1	Πείραμα 2	Πείραμα 3
$[CH_3CH_2Cl]$ (M)	0,1	0,1	0,4
$[NaOH]$ (M)	0,1	0,2	0,2
U (M·s ⁻¹)	10 ⁻³	10 ⁻³	4·10 ⁻³



πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 80°C και έχουν γίνει οι μετρήσεις της ταχύτητας που δίνονται στον διπλανό πίνακα:

1. Να βρεθεί ο νόμος της ταχύτητας αντίδρασης, η τιμή της σταθεράς ταχύτητας και να προταθεί ένας μηχανισμός για την πραγματοποίηση της αντίδρασης.

$$u = k[CH_3CH_2Cl]^x [NaOH]^y$$

$$u_1 = k[0,1]^x [0,1]^y = 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (1)}$$

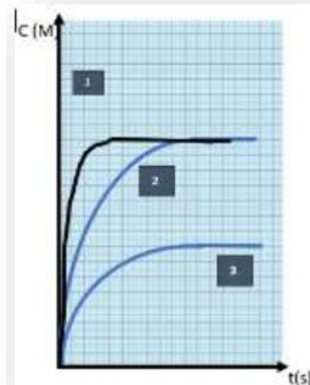
$$u_2 = k[0,1]^x [0,2]^y = 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (2)}$$

$$u_3 = k[0,4]^x [0,2]^y = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (3)}$$

Με διαίρεση κατά μέλη της (1)/(2): $y=0$

Με διαίρεση κατά μέλη της (1)/(3): $x=1$

Επομένως: $u = k[CH_3CH_2Cl]$, $k=10^{-2} \text{ s}^{-1}$



Φιλλένια Σιδέρη

Πιθανός μηχανισμός:

αργά



γρήγορα

2. Η αντίδραση πραγματοποιείται σε τρία δοχεία με τις ίδιες αρχικές ποσότητες (mol) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ και NaOH :

- Στο δοχείο Δ1 ο όγκος του διαλύματος είναι 1L.
- Στο δοχείο Δ2 ο όγκος του διαλύματος είναι 1L και χρησιμοποιείται και μεταλλικός στερεός καταλύτης.
- Στο δοχείο Δ3 ο όγκος του διαλύματος είναι 3L

α. Να συγκρίνετε τις ταχύτητες αντίδρασης στο 1^ο και 2^ο δοχείο και στην συνέχεια στο 1^ο και το 3^ο δοχείο και τις ενέργειες ενεργοποίησης της αντίδρασης E_{a1} , E_{a2} , E_{a3} , στα 3 δοχεία.

Η συγκέντρωση του $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ στα δοχεία Δ1 και Δ2 είναι ίσες, ενώ στο Δ3 είναι $c/3$.

Η $c_1=c_2$, αλλά η $u_1 < u_2$, γιατί έχει χρησιμοποιηθεί καταλύτης με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας αντίδρασης.

Η $c_1 > c_3$, επομένως η $u_1 > u_3$, διότι η αύξηση της συγκέντρωσης του αντιδρώντος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας αντίδρασης.

Η ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης ελαττώνεται μόνο παρουσία καταλύτη, διότι μεταβάλλεται ο μηχανισμός της αντίδρασης.

Άρα: $E_{a1} = E_{a3} < E_{a2}$

β. Να αντιστοιχηθούν τα δοχεία Δ1 και Δ2 στις καμπύλες του διπλανού διαγράμματος.

Παρουσία καταλύτη η ταχύτητα αυξάνεται και επομένως ελαττώνεται ο χρόνος ολοκλήρωσης της αντίδρασης, χωρίς να μεταβάλλεται η ποσότητα του προϊόντος που παράγεται. Επομένως το Δ1 αντιστοιχεί στην καμπύλη 2 και το Δ2 στην καμπύλη 1.

γ. Πως θα επηρεαστεί ταχύτητα της αντίδρασης αν αυξηθεί το pH του διαλύματος με προσθήκη στερεού NaOH , χωρίς μεταβολή του όγκου του;

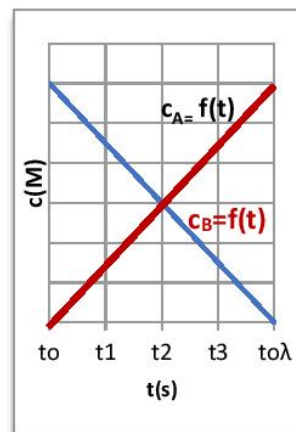
Δεν θα επηρεαστεί γιατί το NaOH δεν μετέχει στο καθοριστικό στάδιο της αντίδρασης και στον νόμο ταχύτητας.

θ. Για την αντίδραση $\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{B}(\text{g})$ δίνεται το διπλανό διάγραμμα συγκέντρωσης- χρόνου για ένα από τα A και B.

α. Να γραφεί ο νόμος της ταχύτητας και να βρεθούν οι μονάδες της σταθεράς ταχύτητας k .

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Η γραφική παράσταση της συγκέντρωσης του A ως συνάρτηση του χρόνου, $c=f(t)$, είναι ευθεία με κλίση k . δηλαδή σε ίσους χρόνους παρατηρείται ίση ελάττωση της συγκέντρωσης του αντιδρώντος A. Επομένως η ταχύτητα είναι σταθερή και ανεξάρτητη της συγκέντρωσης του A: $u = \epsilon\phi\alpha = k$ είναι ευθεία γραμμή,



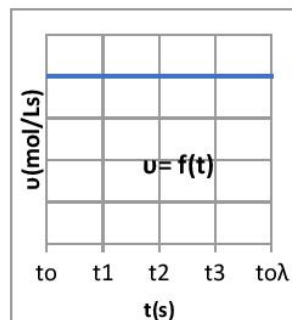
Φιλλένια Σιδέρη

Οι μονάδες της σταθεράς k είναι μονάδες ταχύτητας, δηλαδή $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ή $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

β. Να σχεδιαστεί το διάγραμμα της συγκέντρωσης του άλλου σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο στο ίδιο διάγραμμα. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Επειδή όταν καταναλώνονται c M A παράγονται c M B, η γραφική παράσταση της συγκέντρωσης του B θα είναι ευθεία γραμμή με κλίση k και σε t_0 θα είναι 0.

γ. Να σχεδιαστεί το διάγραμμα της ταχύτητας της αντίδρασης σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση του A. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



Η ταχύτητα είναι σταθερή και ίση με k , γιατί δεν εξαρτάται από τη συγκέντρωση της A.

H : Αν η ταχύτητα μιας αντίδρασης τριπλασιάζεται όταν η θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται αυξάνεται κατά 10°C , πόσο ταχύτερη θα είναι η αντίδραση να πραγματοποιηθεί στους 70°C αντί των 30°C ;

Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 10°C η ταχύτητα τριπλασιάζεται, επομένως:

από τους 30°C στους 40°C : $u_2=3u_1$

από τους 40°C στους 50°C : $u_3=3u_2=9u_1$

από τους 50°C στους 60°C : $u_4=3u_3=27u_1$

από τους 60°C στους 70°C : $u_5=3u_4=81u_1$

ή γενικότερα αν η θερμοκρασία μεταβληθεί $\chi\cdot 10^\circ\text{C}$ θα δίνεται από τον τύπο:

$$u_x=3^\chi u_1$$

I. Δίνεται η χημική εξίσωση που περιγράφει την απλή αντίδραση του μαγνησίου με διάλυμα υδροχλωρίου: $\text{Mg}(s)+ 2\text{H}^+(\text{aq})\rightarrow\text{Mg}^{2+}(\text{aq})+ \text{H}_2(\text{g}), \Delta\text{H}<0$

Σε ένα δοχείο Δ εισάγεται περίσσεια Mg σε μορφή ελάσματος και στη συνέχεια εισάγονται 200 mL διαλύματος HCl 0,5M οπότε η αρχική ταχύτητα της αντίδρασης είναι U_1 , παράγονται V L αερίου H_2 και εκλύεται ποσότητα θερμότητας Q_1 .

Η αντίδραση επαναλαμβάνεται στην ίδια θερμοκρασία στα 6 δοχεία του ακόλουθου πλέγματος. Να απαντήσετε στις ερωτήσεις που ακολουθούν αιτιολογώντας πλήρως τις απαντήσεις σας.

Δοχείο 1 Ίδια ποσότητα Mg σε μορφή ελάσματος - 200 mL διαλύματος HCl 1M	Δοχείο 2 Ίδια ποσότητα Mg σε μορφή ρινισμάτων - 200 mL διαλύματος HCl 0,5 M	Δοχείο 3 Ίδια ποσότητα Mg σε μορφή ελάσματος - 400 mL διαλύματος HCl 0,5 M
Δοχείο 4 Ίδια ποσότητα Mg σε μορφή ρινισμάτων - 400 mL διαλύματος HCl 0,5 M	Δοχείο 5 Ίδια ποσότητα Mg σε μορφή ελάσματος - 400 mL διαλύματος HCl 1M	Δοχείο 6 Ίδια ποσότητα Mg σε μορφή ελάσματος - 100 mL διαλύματος HCl 0,5 M

α. Σε ποια δοχεία η ταχύτητα της αντίδρασης είναι οπωσδήποτε μεγαλύτερη από την ταχύτητα στο Δ;

Φιλλένια Σιδέρη

Η ταχύτητα της αντίδρασης αυξάνεται όταν αυξάνεται η συγκέντρωση των αντιδρώντων, αυξάνεται ο διαμερισμός, δηλαδή η επιφάνεια επαφής των στερεών, αυξάνεται η θερμοκρασία και χρησιμοποιούνται καταλύτες.

Στο Δ1 η συγκέντρωση του HCl, είναι διπλάσια της αρχικής, επομένως $u_1 > u$.

Στο Δ2 η συγκέντρωση του HCl, είναι ίση με την αρχική, αλλά χρησιμοποιούνται ρινίσματα Mg, επομένως $u_2 > u$.

Στο Δ3 η συγκέντρωση του HCl, είναι ίση με την αρχική, και χρησιμοποιείται έλασμα Mg, επομένως $u_3 = u$.

Στο Δ4 η συγκέντρωση του HCl, είναι ίση με την αρχική και χρησιμοποιούνται ρινίσματα, επομένως $u_4 > u$.

Στο Δ5 η συγκέντρωση του HCl, είναι διπλάσια της αρχικής, επομένως $u_5 > u$.

Στο Δ6 η συγκέντρωση του HCl, είναι ίση με την αρχική, και χρησιμοποιείται έλασμα Mg, επομένως $u_6 = u$.

β. Σε ποια δοχεία η ποσότητα θερμότητας που εκλύεται είναι μεγαλύτερη από την Q_1 ;

Η ποσότητα θερμότητας που εκλύεται η απορροφάται σε μία αντίδραση είναι ανάλογη των mol των αντιδρώντων που καταναλώνονται.

Τα αρχικά $n_{\text{HCl}} = cV = 0,1 \text{ mol}$

Στο Δ1 $n_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ mol} > 0,1 \text{ mol}$, επομένως $Q_1 > Q$.

Στο Δ2 $n_{\text{HCl}} = 0,1 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}$, επομένως $Q_2 = Q$.

Στο Δ3 $n_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ mol} > 0,1 \text{ mol}$, επομένως $Q_3 > Q$.

Στο Δ4 $n_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ mol} > 0,1 \text{ mol}$, επομένως $Q_4 > Q$.

Στο Δ5 $n_{\text{HCl}} = 0,4 \text{ mol} > 0,1 \text{ mol}$, επομένως $Q_5 > Q$.

Στο Δ6 $n_{\text{HCl}} = 0,05 \text{ mol} < 0,1 \text{ mol}$, επομένως $Q_6 < Q$.

γ. Σε ποια δοχεία εκλύεται μεγαλύτερος όγκος H_2 από V, μετρημένος στις ίδιες συνθήκες;

Ο όγκος του H_2 που παράγεται κατά τη αντίδραση είναι ανάλογος των mol των αντιδρώντων που καταναλώνονται. Τα αρχικά $n_{\text{HCl}} = cV = 0,1 \text{ mol}$

Στο Δ1 $n_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ mol} > 0,1 \text{ mol}$, επομένως $V_1 > V$.

Στο Δ2 $n_{\text{HCl}} = 0,1 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}$, επομένως $V_2 = V$.

Στο Δ3 $n_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ mol} > 0,1 \text{ mol}$, επομένως $V_3 > V$.

Στο Δ4 $n_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ mol} > 0,1 \text{ mol}$, επομένως $V_4 > V$.

Στο Δ5 $n_{\text{HCl}} = 0,4 \text{ mol} > 0,1 \text{ mol}$, επομένως $V_5 > V$.

Στο Δ6 $n_{\text{HCl}} = 0,05 \text{ mol} < 0,1 \text{ mol}$, επομένως $V_6 < V$

Θέμα 3^ο

Φιλλένια Σιδέρη

ΔΙΝΟΝΤΑΙ:

$A_{r,C}=12, A_{r,H}=1,$

$A_{r,O}=16,$



$R=0,082 \text{ Latm/mol.K}$

Όταν σχηματίζονται 4,0 g CO₂ από C και O₂ εκλύεται ποσότητα θερμότητας 35,5 kJ.

Όταν σχηματίζονται 2,8 g CO από C και O₂ εκλύεται ποσότητα θερμότητας 11,0 kJ.

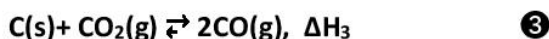
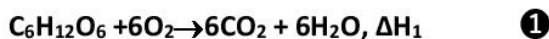
Όταν σχηματίζονται 18,0 g C₆H₁₂O₆ (γλυκόζη) από C, H₂ και O₂ εκλύεται ποσότητα θερμότητας 60,0 kJ.

Όταν σχηματίζονται 342,0 g C₁₂H₂₂O₁₁ (ζάχαρη) από C, H₂ και O₂

εκλύεται ποσότητα θερμότητας 1200,0 kJ.

Όταν σχηματίζονται 4 g CO₂ από C και O₂ εκλύεται ποσότητα θερμότητας 35,5 kJ.

3.1. Να υπολογιστούν οι μεταβολές της ενθαλπίας ΔH των αντιδράσεων που αναπαριστανται από τις χημικές εξισώσεις:



Θα υπολογίσουμε τις μεταβολές της ενθαλπίας για την καύση του άνθρακα προς CO₂, CO, για το σχηματισμό της γλυκόζης και της ζάχαρης.

C(s)+O₂(g)→CO₂(g), ΔH₆	
Όταν σχηματίζονται 4,0/44 mol CO ₂ εκλύεται θερμότητα 35,5 kJ	
1 mol	Q ₁ =390,5 kJ
Επομένως: ΔH ₆ =-390,5 kJ	
C(s)+1/2O₂(g)→CO(g), ΔH₇	
Όταν σχηματίζονται 2,8/28 mol CO ₂ εκλύεται θερμότητα 11,0 kJ	
1 mol	Q ₂ =110,0 kJ
Επομένως: ΔH ₇ =-110,0 kJ	

6C(s)+6H₂(g)+ 3O₂(g)→ C₆H₁₂O₆, ΔH₈	
Όταν σχηματίζονται 18,0/180 mol γλυκόζης εκλύεται θερμότητα 60,0 kJ	
1 mol	Q ₃ =600,0 kJ
Επομένως: ΔH ₈ =-600,0 kJ	
12C(s)+11H₂(g)+ 6O₂(g)→ C₁₂H₂₂O₁₁, ΔH₉	
Όταν σχηματίζονται 342/342 mol γλυκόζης εκλύεται θερμότητα 1200,0 kJ	
1 mol	Q ₄ =1200,0 kJ
Επομένως: ΔH ₉ =-1200,0 kJ	

Θα υπολογίσουμε τις ΔH₁, ΔH₂, ΔH₃ με εφαρμογή του νόμου Hess.

$$\Delta H_1 = 6 \Delta H_6 + 6 \Delta H_4 - \Delta H_8 = -3.183 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_2 = 12 \Delta H_6 + 11 \Delta H_4 - \Delta H_9 = -6.126 \text{ kJ}$$

Φιλλένια Σιδέρη

$$\Delta H_3 = 2 \Delta H_7 - \Delta H_6 = +170,5 \text{ kJ}$$

3.2. Ορισμένη ποσότητα μείγματος ζάχαρης και γλυκόζης διαλύεται σε νερό στους 27°C και το διάλυμα έχει όγκο 500 mL και εμφανίζει οσμωτική πίεση 9,84 atm. Ίση ποσότητα μείγματος ζάχαρης και γλυκόζης αναφλέγεται με περίσσεια αέρα και καίγεται με παράλληλη έκλυση ποσότητας θερμότητας που μπορεί να ανάξει 5,47 mol CO₂ σε CO, σύμφωνα με την εξίσωση 3. Να βρεθεί η σύσταση του μείγματος σε mol.

Έστω n_1 mol C₁₂H₂₂O₁₁ και n_2 mol C₆H₁₂O₆. Η Π του διαλύματος εξαρτάται από τον συνολικό αριθμό mol, διότι είναι προσθετική ιδιότητα

$$\Pi = \frac{(n_1 + n_2)RT}{V} \rightarrow (n_1 + n_2) = \frac{9,84 \text{ atm} \cdot 0,5 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} 300 \text{ K}} = 0,2 \text{ mol} \quad (1)$$

Όταν καίγεται 1 mol ζάχαρης εκλύεται ποσότητα θερμότητας 6.126 kJ
 $Q_1 = 6.126 n_1$

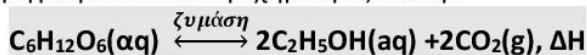
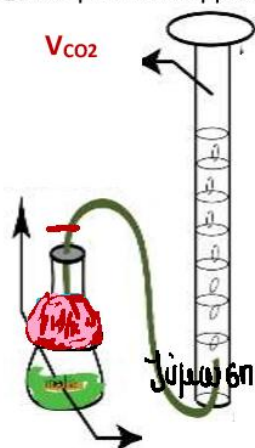
Όταν καίγεται 1 mol γλυκόζης εκλύεται ποσότητα θερμότητας 3.183 kJ
 $Q_2 = 3.183 n_2$

Όταν ανάγειται 1 mol CO₂ απορροφάται ποσότητα θερμότητας 170,5 kJ
 $Q_3 = 932,6 \text{ kJ}$

$$Q_{\text{ολική}} = Q_1 + Q_2 = 6.126 n_1 + 3.183 n_2 = 932,6 \text{ kJ} \quad (2)$$

Από (1) και (2): $n_1 = n_2 = 0,1 \text{ mol}$

3.3. Η αλκοολική ζύμωση είναι μια βιοτεχνολογική διαδικασία που επιτυγχάνεται με τη ζύμη, μερικά είδη βακτηρίων και άλλους μικροοργανισμούς για τη μετατροπή των σακχάρων σε αιθυλική αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Η αλκοολική ζύμωση αρχίζει με τη διάσπαση των σακχάρων από τις ζύμες για να σχηματίσουν μόρια πυροσταφυλικού οξέος, διεργασία η οποία είναι γνωστή ως γλυκόλυση. Η γλυκόλυση ενός μορίου γλυκόζης παράγει δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος. Τα δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος στη συνέχεια ανάγονται σε δύο μόρια αιθανόλης και 2 μόρια CO₂ και η συνολική μετατροπή περιγράφεται από την χημική εξίσωση:



A. Είναι απλή αντίδραση η αλκοολική ζύμωση; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

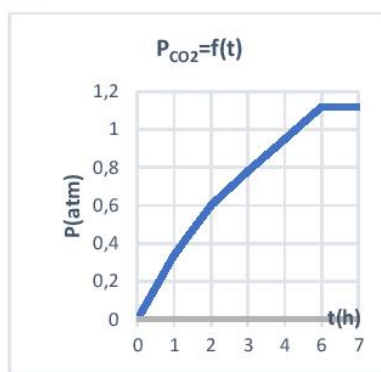
Δεν είναι απλή αντίδραση, διότι καταρχάς διασπώνται τα σάκχαρα και δημιουργείται πυροσταφυλικό οξύ και στη συνέχεια το πυροσταφυλικό οξύ ανάγεται σε αιθανόλη

B. Να υπολογιστεί η μεταβολή της ενθαλπίας ΔH της αλκοολικής ζύμωσης. Από τον νόμο Hess:

$$\Delta H = 2\Delta H_5 + 2\Delta H_6 - \Delta H_8 = 2(-280) + 2(-390,5) - (-600) = -741 \text{ kJ}$$

Φιλλένια Σιδέρη

Γ. Ο ρυθμός ζύμωσης του μούστου μπορεί να υπολογιστεί με τη μέτρηση του όγκου ή της πίεσης που ασκεί το CO₂ στην κορυφή του σωλήνα του σχήματος. Κατά την αλκοολική ζύμωση ενός δείγματος μούστου σε σταθερή θερμοκρασία 27°C έγιναν οι μετρήσεις που δίνονται στο διπλανό διάγραμμα.



1. Να υπολογιστεί η μέση ταχύτητα παραγωγής CO₂ σε atm/h από την έναρξη μέχρι την ολοκλήρωση της ζύμωσης.

$$u_{CO_2} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{1,1 \text{ atm}}{6 \text{ h}} = 0,183 \frac{\text{atm}}{\text{h}}$$

2. Αν το δοχείο συλλογής του CO₂ έχει όγκο 0,82 L να βρεθεί η ποσότητα γλυκόζης που αντέδρασε και η ποσότητα θερμότητας που εκλύθηκε ή απορροφήθηκε κατά την διάρκεια της ζύμωσης.

$$n_{CO_2} = \frac{PV}{RT} = 0,037 \text{ mol}$$

Όταν υφίσταται ζύμωση 1 mol γλυκόζης παράγονται 2 mol CO₂ και εκλύεται ποσότητα θερμότητας 741 kJ

Όμως $n_{CO_2} = 2n = 0,037 \text{ mol}$ και $n = 0,019 \text{ mol}$

Επομένως, αντέδρασαν **0,019 mol γλυκόζης** και εκλύθηκε ποσότητα θερμότητας **14,1 kJ**.

Δ. Αν η ποσότητα της γλυκόζης στο αρχικό δείγμα ήταν 0,03 mol, να υπολογιστεί η απόδοση της αντίδρασης και να προταθούν δύο τρόποι για την αύξηση της.

$$\alpha = \frac{n_{CO_2, \text{πρακτικά}}}{n_{CO_2, \text{θεωρητικά}}} = \frac{0,038}{0,060} = 0,62 \text{ ή } 62\%$$

Για την αύξηση της απόδοσης της αλκοολικής ζύμωσης:

1. Επειδή είναι εξώθερμη και ευνοείται σε χαμηλές θερμοκρασίες, η ελάττωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος θα είχε ως αποτέλεσμα την μετατόπιση της ισορροπίας δεξιά και θα αύξανε την απόδοση.

2. Η δέσμευση της παραγόμενης αιθανόλης θα μετατόπιζε την ισορροπία δεξιά όπου παράγεται αιθανόλη, με αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης της αντίδρασης.

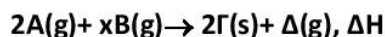
Ε. Αν η αλκοολική ζύμωση πραγματοποιηθεί σε θερμοκρασία 55° C, ο χρόνος ολοκλήρωσης της αυξάνεται. Να δώσετε μια εξήγηση για το φαινόμενο. **Η αλκοολική ζύμωση καταλύεται από τις ζυμάσες που είναι ένζυμα. Τα ένζυμα απενεργοποιούνται σε θερμοκρασίες πάνω από 50° C, με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της αντίδρασης.**

Φιλλένια Σιδέρη

Θέμα 4^ο:

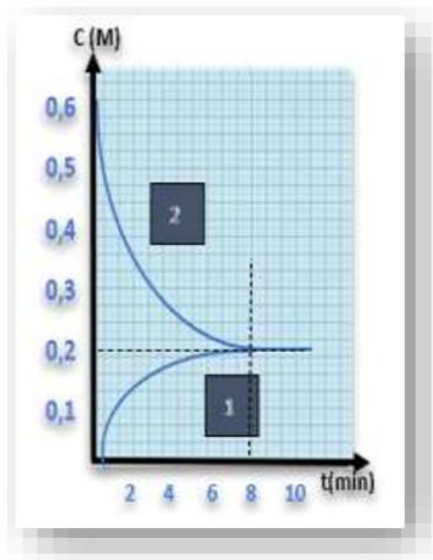
Σε ένα δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται ισομοριακές ποσότητες των Α και Β, σε κατάλληλες συνθήκες, ώστε να αντιδράσουν.

Τα διπλανά διαγράμματα συγκέντρωσης - χρόνου αντιστοιχούν σε δύο από τα 4 σώματα που μετέχουν στην χημική αντίδραση που περιγράφεται από την εξίσωση:



4.1. Να αντιστοιχίσετε τις καμπύλες στα αντιδρώντα και προϊόντα και να αιτιολογήσετε πλήρως την απάντησή σας. Οι κλίσεις των καμπυλών των συγκεντρώσεων αντιδρώντων και προϊόντων ως συνάρτηση του χρόνου είναι ανάλογες των συντελεστών στην χημική εξίσωση της αντίδρασης. Παρατηρούμε ότι η μοναδική αύξουσα καμπύλη είναι η (1), η οποία αντιστοιχεί στο Δ, το οποίο είναι προϊόν και η συγκέντρωσή του αυξάνεται. Η ουσία Δ είναι στερεή. Όταν η c στην (1) μεταβάλλεται κατά 0,2 M και η αντίδραση ολοκληρώνεται, στην (2) μεταβάλλεται επίσης κατά 0,4 M, αλλά παραμένει περίσσεια 0,2 M. Επομένως, η (1) αντιστοιχεί στο Δ, το οποίο έχει συντελεστή 1 και η (2) αντιστοιχεί στο Α, το οποίο έχει συντελεστή 2.

4.2. Α. Να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις όλων των σωμάτων σε $t_1 = 4 \text{ min}$ και σε $t_2 = 8 \text{ min}$.



M	$2\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Γ}(\text{s}) + \Delta(\text{g}), \Delta\text{H}$		
Αρχ	0,6	0,6	
Α/Π	-0,3	-0,45	0,15
t_1	0,3	0,15	0,15
Α/Π	-0,1	-0,15	0,05
$t_{\text{ολικό}}$	0,2	.....	0,20

Προφανώς το Β, του οποίου η αρχική συγκέντρωση ήταν επίσης 0,6 M αντέδρασε πλήρως και επομένως ο συντελεστής του στην χημική εξίσωση της αντίδρασης ήταν 3. Με βάση το διάγραμμα σε t_1 έχουν αντιδράσει 0,3 M του Α.

Επομένως σε t_1 : $[\text{A}] = 0,3 \text{ M}$, $[\text{B}] = 0,15 \text{ M}$, $[\Delta] = 0,15 \text{ M}$

$t_{\text{ολικό}}$: $[\text{A}] = 0,2 \text{ M}$, $[\text{B}] = 0 \text{ M}$, $[\Delta] = 0,2 \text{ M}$

Β. Να υπολογιστούν οι ρυθμοί μεταβολής της συγκέντρωσης όλων των σωμάτων και η μέση ταχύτητα της αντίδρασης για το διάστημα t_0 έως $t_1 = 4 \text{ min}$ και για το διάστημα από t_1 έως $t_{\text{ολικό}}$.

Από t_0 έως t_1

$$u_1 = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{A}]}{\Delta t} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta[\text{B}]}{\Delta t} = \frac{1}{1} \frac{\Delta[\Delta]}{\Delta t} = \frac{0,15}{4} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$u_{\text{A}} = 2u_1 = \frac{0,15}{2} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}, u_{\text{B}} = 3u_1 = \frac{0,45}{4} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}, u_{\Delta} = u_1 = \frac{0,15}{4} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}$$

Από t_1 έως t_2

$$u_2 = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{A}]}{\Delta t} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta[\text{B}]}{\Delta t} = \frac{1}{1} \frac{\Delta[\Delta]}{\Delta t} = \frac{0,20 - 0,15}{8 - 4} = \frac{0,05}{4} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$u_{\text{A}2} = 2u_2 = \frac{0,05}{2} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}, u_{\text{B}2} = 3u_2 = \frac{0,15}{4} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}, u_{\Delta 2} = u_2 = \frac{0,05}{4} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}$$

Φιλλένια Σιδέρη

Γ. Αν ο όγκος του δοχείου είναι 2 L και η ποσότητα θερμότητας που απορροφήθηκε από t_0 έως t_1 είναι ίση με 60 kJ, να υπολογιστεί η μεταβολή ενθαλπίας της αντίδρασης, ΔH .

Παράχθηκαν συνολικά $n_{\Delta}=cV=0,20 \cdot 2=0,40 \text{ mol}$

Όταν παράγονται 0,40 mol Δ απορροφάται ποσότητα θερμότητας 60 kJ

1,00 mol Δ απορροφάται ποσότητα θερμότητας Q

Q=150 kJ, επομένως $\Delta H=150 \text{ kJ}$

Δ. Να υπολογιστεί η % μεταβολή της πίεσης μέσα στο δοχείο από την έναρξη μέχρι την ολοκλήρωσή της, αν η θερμοκρασία είναι σταθερή.

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{P_{\text{ΤΕΛ}} - P_{\text{ΑΡΧ}}}{P_{\text{ΑΡΧ}}} 100 = \frac{\frac{(n'_A + n'_B + n_{\Delta})RT}{V} - \frac{(n_A + n_B)RT}{V}}{\frac{(n_A + n_B)RT}{V}} 100\% \\ &= \frac{0,40 - 1,20}{1,20} 100\% = -66,7\% \end{aligned}$$

Επομένως παρατηρήθηκε ελάττωση της πίεσης κατά 66,7%.

4.3. Μετρήσεις της ταχύτητας της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκαν με μέτρηση της πίεσης μέσα στο δοχείο σε σταθερή θερμοκρασία θ_1 , οδήγησαν στα αποτελέσματα του διπλανού πίνακα.

	ΠΕΙΡΑΜΑ 1	ΠΕΙΡΑΜΑ 2	ΠΕΙΡΑΜΑ 3
[A]	0,2	0,1	0,6 M
[B]	0,3	0,6	0,6 M
$u(\text{M}\cdot\text{min}^{-1})$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$

Α. Να βρεθεί ο νόμος της ταχύτητας και η τιμή της σταθεράς k και να προταθεί ένας μηχανισμός για την πραγματοποίηση της αντίδρασης.

$$u = k[A]^x[B]^y$$

$$u_1 = k[0,2]^x[0,3]^y = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}\cdot\text{min}^{-1} \quad (1)$$

$$u_2 = k[0,1]^x[0,6]^y = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}\cdot\text{min}^{-1} \quad (2)$$

$$u_3 = k[0,6]^x[0,6]^y = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{min}^{-1} \quad (3)$$

Με διαίρεση κατά μέλη της (2)/(3): $x=1$

Με διαίρεση κατά μέλη της (1)/(3): $y=1$

Επομένως: $u = k[A][B]$, $k=2 \cdot 10^{-2}/3 \text{ M}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

Πιθανός μηχανισμός:



Β. Σε ένα δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται ισομοριακές ποσότητες των Α και Β, στην ίδια θερμοκρασία, η οποία παραμένει σταθερή. Να βρεθεί ο λόγος των ταχυτήτων αντίδρασης κατά την έναρξη και την χρονική στιγμή που έχει καταναλωθεί η μισή ποσότητα του Β.

Φιλλένια Σιδέρη

M	2A(g)+ 3B(g)→ 2Γ(s)+ Δ(g), ΔH		
Αρχ	c	c	
Α/Π	-c/3	-c/2	c/6
t ₁	2c/3	c	c/2

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{k \cdot c \cdot c}{k \cdot \frac{2}{3}c \cdot \frac{1}{2}c} = \frac{3}{1}$$

Γ. Σε ένα δοχείο σταθερού όγκου 10 L εισάγονται στοιχειομετρικές ποσότητες των Α και Β, οι οποίες αντιδρούν σε θερμοκρασία 37° C. Η ταχύτητα της αντίδρασης κατά την έναρξη της είναι ίση με $3,2 \cdot 10^{-5} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ και η πίεση τελικά σταθεροποιείται στην τιμή 5,1 atm. Η θερμοκρασία θ₁ στην οποία είχε πραγματοποιηθεί η αντίδραση στο ερώτημα Α, ήταν ίση μικρότερη ή μεγαλύτερη από 37° C; Να αιτιολογήσετε πλήρως την απάντησή σας.

Η τιμή της k εξαρτάται από όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα, εκτός από την συγκέντρωση και την πίεση που εμμέσως επηρεάζει την συγκέντρωση. Θα υπολογίσουμε την τιμή της k' στις νέες συνθήκες και θα την συγκρίνουμε με την k. Δεδομένου ότι η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει την ταχύτητα της αντίδρασης, γιατί περισσότερα μόρια έχουν κινητική ενέργεια υψηλότερη της E_a:

Αν k' = k, η θ₁ = 37° C

Αν k' > k, η θ₁ < 37° C

Αν k' < k, η θ₁ > 37° C

M	2A(g)+ 3B(g)→ 2Γ(s)+ Δ(g), ΔH		
Αρχ	c	1,5c	
Α/Π	-c	-1,5c	0,5c
t ₁	.....	.....	0,5c

Στο τέλος της αντίδρασης:

$$c_{\Delta} = \frac{P}{RT} = 0,2 \text{ M και}$$

$$c = 0,4 \text{ M}$$

Παρατηρούμε ότι οι μονάδες της ταχύτητας είναι M·s⁻¹ και

την υπολογίζουμε σε M·min⁻¹, πολλαπλασιάζοντας επί 60 s/min. $u = 1,92 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}$

$$u = k'c \cdot 1,5c \text{ και } k' = \frac{1,92 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 0,4^2} = 8,00 \cdot 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

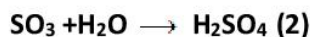
k' > k, επομένως η θ₁ < 37° C

Θέμα 5° Δίνεται: R=0,082 L·atm/mol·K

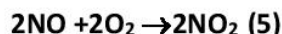
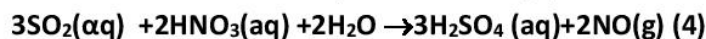
5.1. Το θειικό οξύ είναι ισχυρότατα διαβρωτικό και καυστικό οξύ, όπως και οξειδωτικό σε μεγάλες συγκεντρώσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, το πυκνό θειικό οξύ διαθέτει εντονότατη αφυδατική δράση, με αποτέλεσμα όταν έρθει σε επαφή με οργανική ύλη να την απανθρακώνει αφαιρώντας μόρια ύδατος. Αναμιγνύεται με το νερό σε οποιαδήποτε αναλογία με έκλυση μεγάλων ποσών θερμότητας. Άλλη ιστορική ονομασία του είναι **βιτριόλι** (oil of vitriol), από την οποία προέρχεται και το επίθετο "βιτριολικός" που σημαίνει κακός, κακότροπος, αιχμηρός, καυστικός.

Κατά τον 17ο αιώνα ο Γερμανός αλχημιστής - χημικός και φαρμακοποιός **Johann Glauber** παρασκεύασε θειικό οξύ με την ακόλουθη σειρά μη ισοσταθμισμένων αντιδράσεων:

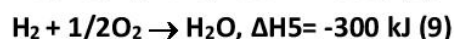
Φιλλένια Σιδέρη



Το 1746 αναπτύχθηκε η μέθοδος των μολύβδινων θαλάμων η οποία βασίζεται στον ακόλουθο κύκλο αντιδράσεων:



5.1. Να υπολογιστεί η μεταβολή της ενθαλπίας της αντίδρασης οξειδωσης του SO_2 από το HNO_3 (4), αν είναι επιπλέον γνωστές οι ισοσταθμισμένες θερμοχημικές εξισώσεις:



Με την βοήθεια του νόμου Hess:

Τριπλασιάζουμε και αντιστρέφουμε την (3): $3\text{SO}_2 \rightarrow 3\text{S} + 3\text{O}_2, -3\Delta H_1$

Αντιστρέφουμε την (6): $2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2 + \text{N}_2 + 3\text{O}_2, -\Delta H_2$

Διπλασιάζουμε και αντιστρέφουμε την (9): $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}, -2\Delta H_5$

Τριπλασιάζουμε την (7) $3\text{H}_2 + 3\text{S} + 6\text{O}_2 \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4, 3\Delta H_3$

Γράφουμε την (8): $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}, \Delta H_4$

Προσθέτουμε κατά μέλη: $3\text{SO}_2(\text{αα}) + 2\text{HNO}_3(\text{αα}) + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{αα}) + 2\text{NO}(\text{g}),$

$\Delta H = -3\Delta H_1 - \Delta H_2 - 2\Delta H_5 + 3\Delta H_3 + \Delta H_4 = -413 \text{ kJ}$

5.2. Σε 400 mL υδατικού διαλύματος HNO_3 12,6% w/v διοχετεύονται υπό πίεση 13,44 L SO_2 μετρημένα σε STP και ο όγκος του διαλύματος παραμένει αμετάβλητος, οπότε πραγματοποιείται η αντίδραση (4). Το παραγόμενο NO διοχετεύεται σε κλειστό δοχείο όγκου 8,2 L σε θερμοκρασία 27° C και η πίεση στο δοχείο μετρείται με μανόμετρο.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στο διπλανό διάγραμμα, ενώ ο χρόνος ολοκλήρωσης της αντίδρασης είναι 60 s.

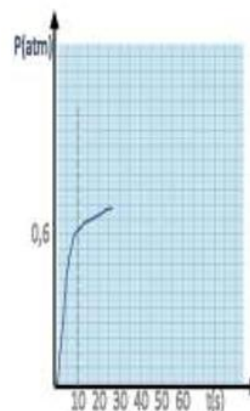
Α. Να υπολογιστεί η μέση ταχύτητα της αντίδρασης και η θερμότητα που εκλύεται ή απορροφάται κατά τα πρώτα 10 s.

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{m}{M_r} = \frac{4 \cdot 12,6}{63} = 0,8 \text{ mol}$$

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{V}{V_m} = \frac{13,44}{22,4} = 0,6 \text{ mol}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \text{ και}$$

$$n = \frac{0,6 \text{ atm} \cdot 8,2\text{L}}{0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300\text{K}} = 0,2 \text{ mol NO}$$



Φιλλένια Σιδέρη

mol	3SO ₂ (αq) + 2HNO ₃ (αq) + 2H ₂ O → 3H ₂ SO ₄ (αq) + 2NO(g),				ΔH=-413 kJ
Αρχ	0,6	0,8			
Α/Π	-x	-2x/3	x	2x/3	Q1=413x/3
t ₁	0,6-x	0,8-2x/3	x	2x/3	

n_{NO}=2X/3=0,2 mol, επομένως χ=0,3 mol και

εκλύεται ποσότητα θερμότητας Q1=41,3 kJ

$$u_1 = -\frac{1}{3} \frac{\Delta[S_2O_2]}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[HNO_3]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{\Delta[H_2SO_4]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,3}{0,4 \cdot 10} = \frac{1}{40} M \cdot s^{-1}$$

Β. Να υπολογιστεί η μέση ταχύτητα της αντίδρασης και η θερμότητα που εκλύεται ή απορροφάται από t1= 10 s έως την ολοκλήρωση της αντίδρασης.

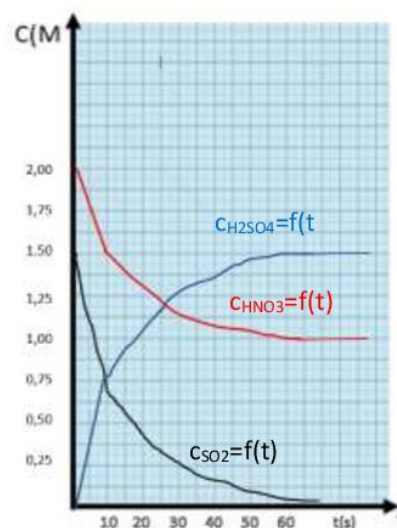
mol	3SO ₂ (αq) + 2HNO ₃ (αq) + 2H ₂ O → 3H ₂ SO ₄ (αq) + 2NO(g),				ΔH=-413 kJ
Αρχ	0,3	0,6	0,3	0,2	
Α/Π	-0,3	-0,2	0,3	0,2	Q2=413·0,3/3
t2	.....	0,4	0,6	0,4	

εκλύεται ποσότητα θερμότητας Q2=41,3 kJ

$$u_2 = -\frac{1}{3} \frac{\Delta[S_2O_2]}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[HNO_3]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{\Delta[H_2SO_4]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,3}{0,4 \cdot (60 - 10)} = \frac{1}{200} M \cdot s^{-1}$$

5.3. Να κατασκευαστούν σε κοινούς άξονες οι καμπύλες αντίδρασης για το SO₂, HNO₃, H₂SO₄.

M/S	t ₀	t ₁	t ₂
[SO ₂]	1,50	0,75	0
[HNO ₃]	2,00	1,50	1,00
[H ₂ SO ₄]	0	0,75	1,50



5.4. Για την αντίδραση (8) δίνονται οι ακόλουθες πειραματικές μετρήσεις:
Α. Είναι απλή η αντίδραση;
Αν όχι να προταθεί ένας

	ΠΕΙΡΑΜΑ 1	ΠΕΙΡΑΜΑ 2	ΠΕΙΡΑΜΑ 3
[N ₂]	0,1	0,1	0,3
[O ₂]	0,1	0,4	0,4
U · 10 ³ (M s ⁻¹)	4	8	24

Φιλλένια Σιδέρη

μηχανισμός για την πραγματοποίηση της.

$$u = k[N_2]^x[O_2]^y$$

$$u_1 = k[01]^x[0,1]^y = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (1)}$$

$$u_2 = k[0,1]^x[0,4]^y = 8 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (2)}$$

$$u_3 = k[0,3]^x[04]^y = 24 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (3)}$$

Με διαίρεση κατά μέλη της (2)/(3): $x=1$

Με διαίρεση κατά μέλη της (1)/(2): $y=1/2$

Επομένως:

$$u = k[N_2][O_2]^{1/2}$$

Β. Να υπολογιστεί η σταθερά ταχύτητας κ.

$$k = 8 \cdot 10^{-3} / 0,1 \cdot 0,4^{1/2} = 1,27 \cdot 10^{-2} \text{ M}^{-1/2} \cdot \text{s}^{-1}$$

Γ. Σε ένα δοχείο εισάγονται ορισμένα mol N_2 και ορισμένα mol O_2 , σε κατάλληλες συνθήκες ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση. Σε κάποια χρονική στιγμή t_1 οι συγκεντρώσεις N_2 και NO είναι ίσες, ενώ σε επόμενη χρονική στιγμή t_2 οι συγκεντρώσεις O_2 και NO είναι ίσες και στο δοχείο υπάρχουν 1 mol N_2 και 4 mol O_2 .

Να βρεθούν τα αρχικά mol N_2 και O_2 και ο λόγος των στιγμιαίων ταχυτήτων σε t_1 και t_2 .

mol	$N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$		
Αρχ	n_1	n_2	
Α/Π	-x	-x	2x
t_1	n_1-x	n_2-x	2x
Α/Π	-y	-y	2y
t_2	n_1-x-y	n_2-x-y	2x+2y

Σε t_1 : $[N_2]=[NO]$ και $n_{N_2}=n_{NO}$

$$n_1-x=2x \text{ και } n_1=3x \text{ (1)}$$

Σε t_2 : $n_2-x-y=2x+2y$ και $n_2=3(x+y)$ (1)

$$n_{O_2} = n_2-x-y = 4 \text{ mol (3) και } x+y=2 \text{ mol,}$$

οπότε $n_2=6 \text{ mol}$

$$n_{N_2} = n_1-x-y = 1 \text{ mol, οπότε } n_1=3 \text{ mol, } x=y=1 \text{ mol}$$

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{k \cdot \frac{n_1-x}{V} \cdot \left(\frac{n_2-x}{V}\right)^{1/2}}{k \cdot \frac{n_1-x-y}{V} \cdot \left(\frac{n_2-x-y}{V}\right)^{1/2}} = \frac{\sqrt{5}}{1}$$