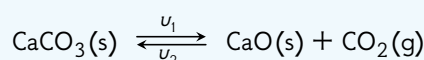


Τρία ερωτήματα αναφορικά με το θέμα Δ3 των πανελλαδικών εξετάσεων χημείας ημερησίων γενικών λυκείων (18/6/2021).

1. Να βρεθεί η σχέση που συνδέει τον ρυθμό μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 με την συγκέντρωση του CO_2 .
2. Να βρεθεί η σχέση που συνδέει τη συγκέντρωση του CO_2 με τον χρόνο.
3. Να βρεθεί η σχέση που συνδέει τον ρυθμό μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 σε σχέση με τον χρόνο.

Θέμα Δ3 Ένα από τα παραπροϊόντα της βιομηχανικής παρασκευής της αμμωνίας (NH_3) είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ανθρακικού ασβεστίου $\text{CaCO}_3(\text{s})$.

Σε δοχείο σταθερού όγκου $V_2 = 1\text{L}$ εισάγονται $2\text{mol CaCO}_3(\text{s})$. Το δοχείο θερμαίνεται στους $\theta^\circ\text{C}$, οπότε το $\text{CaCO}_3(\text{s})$ διασπάται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:

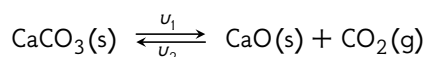


Ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής συγκέντρωσης του CO_2 είναι $u = 0,4\text{M}/\text{min}$ και ο βαθμός διάσπασης του $\text{CaCO}_3(\text{s})$ είναι 0,5. Αν οι αντιδράσεις και προς τις δύο κατευθύνσεις της χημικής ισορροπίας είναι στοιχειώδεις (απλές) τότε:

- α. να γράψετε τον νόμο ταχύτητας της αντίδρασης διάσπασης του $\text{CaCO}_3(\text{s})$ καθώς και τον νόμο της αντίθετης αντίδρασης.
- β. να υπολογίσετε τις τιμές και τις μονάδες των σταθερών ταχύτητας k_1 και k_2 .
- γ. να υπολογίσετε τα mol του CO_2 που πρέπει να αφαιρεθούν από το δοχείο, ώστε η πίεση σε αυτό να υποδιπλασιαστεί υπό σταθερή θερμοκρασία.

Λύση

1. Εφόσον οι αντιδράσεις και προς τις δύο κατευθύνσεις της αμφίδρομης αντίδρασης με χημική εξίσωση:



είναι στοιχειώδεις οι σχέσεις που δίνουν τις ταχύτητες των αντιδράσεων u_1 και u_2 προς τα δεξιά και προς τα αριστερά αντίστοιχα είναι:

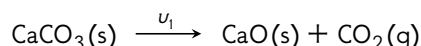
$$u_1 = k_1 \quad (1)$$

$$u_2 = k_2 \cdot [\text{CO}_2] \quad (2)$$

Κάθε χρονική στιγμή ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 ισούται με τον ρυθμό μεταβολής της συγκέντρωσης της παραγωγής του μείον τον ρυθμό μεταβολής της συγκέντρωσης της κατανάλωσής του δηλαδή ισχύει:

$$\frac{d[\text{CO}_2]}{dt} = \frac{d[\text{CO}_2]_{\text{παρ.}}}{dt} - \frac{d[\text{CO}_2]_{\text{κατ.}}}{dt} \quad (3)$$

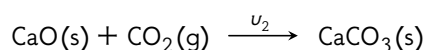
Η παραγωγή του CO_2 γίνεται σύμφωνα με την αντίδραση προς τα δεξιά δηλαδή:



και προκύπτει ότι ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης της παραγωγής του είναι ίσος με την ταχύτητα της αντίδρασης και ισχύει:

$$\frac{d[\text{CO}_2]_{\text{παρ.}}}{dt} = u_1 \quad (4)$$

Η κατανάλωση του CO_2 γίνεται σύμφωνα με την αντίδραση προς τα αριστερά δηλαδή:



και προκύπτει ότι ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης της κατανάλωσής του είναι ίσος με την ταχύτητα της αντίδρασης και ισχύει:

$$\frac{d[\text{CO}_2]_{\text{κατ.}}}{dt} = v_2 \quad (5)$$

Η σχέση (3) λόγω των (4) και (5) γίνεται:

$$\frac{d[\text{CO}_2]}{dt} = v_1 - v_2 \quad (6)$$

Από τις σχέσεις (6), (1) και (2) προκύπτει τελικά η σχέση που δίνει τον ρυθμό μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση του CO_2 :

$$\frac{d[\text{CO}_2]}{dt} = k_1 - k_2 \cdot [\text{CO}_2] \quad (7)$$

Όπως προκύπτει εύκολα από τη σχέση (7) ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 είναι k_1 όταν η συγκέντρωση του CO_2 είναι μηδέν δηλαδή τη χρονική στιγμή μηδέν, ενώ στη χημική ισορροπία που ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 μηδενίζεται η συγκέντρωση του CO_2 είναι μέγιστη και έχει τιμή k_1/k_2 .

2. Η σχέση (7) είναι μια γραμμική διαφορική εξίσωση 1ης τάξης με σταθερούς συντελεστές και με αρχική συνθήκη την $c(0) = 0$ δίνει:

$$[\text{CO}_2] = \frac{k_1}{k_2} (1 - e^{-k_2 t}) \quad (8)$$

την συγκέντρωση του CO_2 συναρτήσει του χρόνου. Βλέπουμε ότι τη χρονική στιγμή μηδέν έχει τιμή μηδέν και μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα προσεγγίζει την τιμή k_1/k_2 .

3. Από τις σχέσεις (7) και (8) προκύπτει και η σχέση (9) που μας δίνει τον ρυθμό μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 σε σχέση με τον χρόνο.

$$\frac{d[\text{CO}_2]}{dt} = k_1 \cdot e^{-k_2 t} \quad (9)$$