

ΤΑΞΗ: Γ' ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΜΑΘΗΜΑ: ΧΗΜΕΙΑ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΘΕΜΑ

Σε δοχείο σταθερού όγκου 10L εισάγονται 2mol H₂ και 2mol I₂ και θερμαίνονται στους θ °C, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: H_{2(g)} + I_{2(g)} ⇌ 2HI_(g) για την οποία είναι K_c=9 στους θ °C.

A. Να υπολογίσετε τη σύσταση (σε mol) του μείγματος ισορροπίας και την απόδοση της αντίδρασης.

B. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, αφαιρούμε από το μείγμα ισορροπίας 2mol HI οπότε αποκαθίσταται νέα χημική ισορροπία. Να σχεδιάσετε την καμπύλη αντίδρασης για το H₂ και για το HI από την αρχική κατάσταση μέχρι τη νέα θέση ισορροπίας.

Γ. Η ποσότητα του HI που υπάρχει στη νέα κατάσταση ισορροπίας διαλύεται στο νερό οπότε προκύπτει διάλυμα Δ₁ όγκου 10 L. Να υπολογίσετε τον όγκο διαλύματος NH₃ (διάλυμα Δ₂) με pH=11 με το οποίο πρέπει να αναμειξούμε το διάλυμα Δ₁ ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με pH=9.

Δ. Κάποιοι μαθητές επιχείρησαν σε ένα σχολικό εργαστήριο να ογκομετρήσουν 25mL από το παραπάνω διάλυμα NH₃. Το σχολικό εργαστήριο διέθετε τους δείκτες :

Φαινολοφθαλείνη 8,2-10

Κόκκινο του μεθυλίου 4,7-6,2

Και 25 mL πρότυπου διαλύματος HCl 0,1 M.

Η ογκομέτρηση σταμάτησε όταν είχαν προσθέσει 24,5mL πρότυπου διαλύματος.

I. Να εξηγήσετε ποιος δείκτης είναι κατάλληλος για την παραπάνω ογκομέτρηση.

II. Ποια είναι η συγκέντρωση του διαλύματος NH₃ που υπολόγισαν οι μαθητές;

III. Να αναφέρετε τους λόγους στους οποίους οφείλεται η διαφορά της παραπάνω συγκέντρωσης από την πραγματική.

Δίνεται ότι :

• Όλα τα διαλύματα βρίσκονται σε θερμοκρασία θ=25 °C.

• K_w = 10⁻¹⁴

• K_{b(NH₃)} = 10⁻⁵

• Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

A.

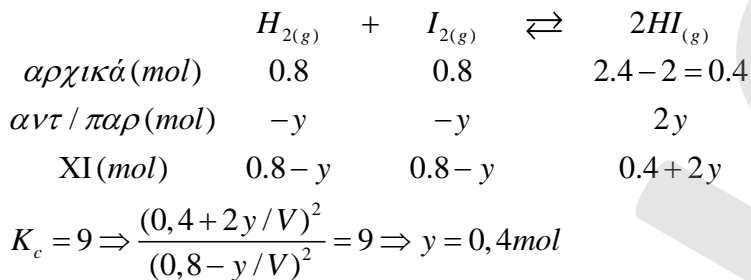
	H _{2(g)}	+	I _{2(g)}	⇌	2HI _(g)
αρχικά (mol)	2		2		-
αντ / παρ (mol)	-x		-x		2x
XI (mol)	2-x		2-x		2x

$$K_c = 9 \Rightarrow \frac{(2x/V)^2}{(2-x/V)^2} = 9 \Rightarrow x = 1,2 \text{ mol}$$

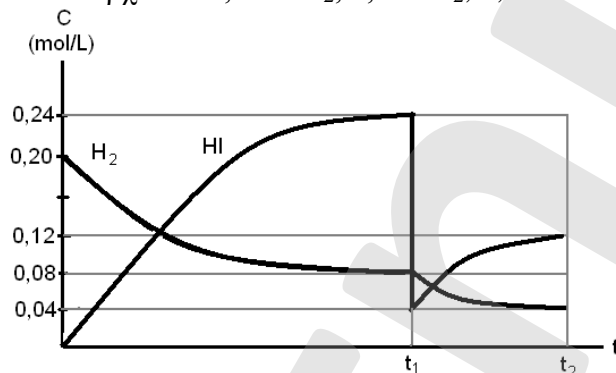
Άρα στη χημική ισορροπία υπάρχουν: 0,8mol H₂, 0,8 mol I₂ και 2,4 mol HI.

Η απόδοση της χημικής αντίδρασης είναι $\alpha = \frac{n_{\text{πρακτ}}}{n_{\text{θεωρ}}} \Rightarrow \alpha = \frac{2x}{4} \Rightarrow \alpha = 0,6$ δηλαδή 60%.

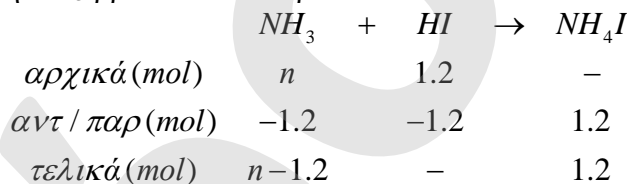
B.



Στη νέα χημική ισορροπία υπάρχουν : 0,04M H₂, 0,04M I₂, 0,12M HI.



Γ. 1,2mol HI στο διάλυμα Δ₁ και έστω n mol NH₃ στο διάλυμα Δ₂. Το διάλυμα που προκύπτει μετά την αντίδραση είναι ρυθμιστικό (περιέχει NH₃ -NH₄⁺), οπότε συμπεραίνουμε ότι η NH₃ βρίσκεται σε περίσσεια.



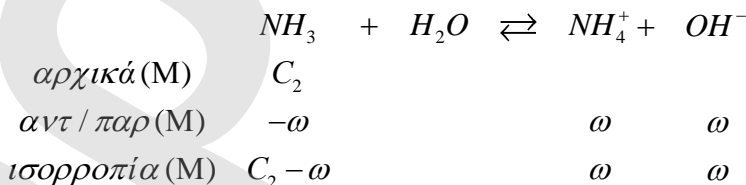
Προκύπτει ρυθμιστικό διάλυμα για το οποίο ισχύει:

$$pH = pK_a + \log \frac{C_\beta}{C_\alpha} \Rightarrow 9 = -\log 10^{-9} + \log \frac{(n-1,2)/V_{\text{τελ}}}{1,2/V_{\text{τελ}}} \Rightarrow 9 = 9 + \log \frac{n-1,2}{1,2} \Rightarrow \log 1 = \log \frac{n-1,2}{1,2} \Rightarrow$$

$$n - 1,2 = 1,2 \Rightarrow n = 2,4 \text{ mol}$$

$$\text{Όπου } K_{\alpha(NH_4^+)} = \frac{K_w}{K_{b(NH_3)}} = 10^{-9}.$$

Για το διάλυμα Δ₂:

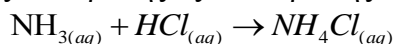


$$pH = 11 \Rightarrow pOH = 14 - pH \Rightarrow pOH = 3 \Rightarrow -\log[OH^-] = 3 \Rightarrow \omega = 10^{-3} \text{ M}$$

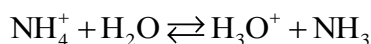
$$\text{Και } K_b = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{\omega^2}{C_2 - \omega} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{\omega^2}{C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{10^{-6}}{10^{-5}} \Rightarrow C_2 = 0,1 \text{ M}$$

$$\text{Άρα ο όγκος του διαλύματος Δ₂ θα είναι } C_2 = \frac{n}{V_2} \Rightarrow V_2 = 24 \text{ L}$$

Δ. I. Η χημική εξίσωση της αντίδρασης εξουδετέρωσης που πραγματοποιείται είναι:



Στο ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης το ογκομετρούμενο διάλυμα περιέχει μόνο το άλας NH_4Cl . Από τα ιόντα του άλατος αντιδρά με το H_2O μόνο το NH_4^+ (είναι οξύ).



Επομένως στο ισοδύναμο σημείο το διάλυμα που προκύπτει είναι όξινο δηλαδή έχει $\text{pH} < 7$. Άρα κατάλληλος δείκτης είναι το κόκκινο που μεθυλίου του οποίου η περιοχή pH αλλαγής χρώματος είναι μικρότερη από 7.

II. Οι μαθητές θεώρησαν ότι το ισοδύναμο σημείο είναι όταν είχαν προσθέσει 24,5mL διαλύματος HCl .

$$\text{Τότε } n_{\text{HCl}} = n_{\text{NH}_3} \Rightarrow 0,1 \cdot 24,5 \cdot 10^{-3} = n_{\text{NH}_3} \Rightarrow n_{\text{NH}_3} = 2,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Άρα } C_{\text{NH}_3} = \frac{n}{V} \Rightarrow C_{\text{NH}_3} = \frac{2,45 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow C_{\text{NH}_3} = 0,098 \text{ M}$$

III. 1) Η χρωματική αλλαγή (οπτική παρατήρηση) του δείκτη δεν ταυτίζεται με το ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης.

2) Υπάρχουν σφάλματα κατά τη μέτρηση του όγκου του πρότυπου διαλύματος.