

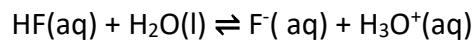
Ενδεικτική επίλυση

α) $M_r(\text{HF}) = 1 + 19 = 20$.

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow n = \frac{20}{20} \text{ mol} \Rightarrow n = 1 \text{ mol.}$$

$$c_1 = \frac{n}{V_1} \Rightarrow c_1 = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \Rightarrow c_1 = 1 \text{ M.}$$

Στο διάλυμα Δ1 πραγματοποιείται η ακόλουθη αμφίδρομη αντίδραση



M	HF(aq)	H ₂ O(l)	F ⁻ (aq)	H ₃ O ⁺ (aq)
Αρχικά	1	-	-	-
Ιοντίζονται	x	-	-	-
Παράγονται	-	-	x	x
Ιοντική ισορροπία	1-x	-	x	x

Επομένως ισχύει ότι $K_a = \frac{x \text{ M} \cdot x \text{ M}}{(1-x) \text{ M}}$ (1)

Επίσης ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις, άρα: $1 - x = 1$ (2)

$$\text{Από (1), (2)} \Rightarrow K_a = \frac{x \text{ M} \cdot x \text{ M}}{1 \text{ M}} \Rightarrow x^2 \text{ M} = 10^{-4} \text{ M} \Rightarrow x = 10^{-2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow \text{pH} = -\log 10^{-2}$$

$$\text{pH} = 2$$

Άρα το pH του υδατικού διαλύματος Δ1 είναι 2.

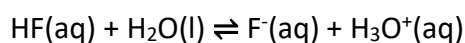
β) Με την προσθήκη νερού μειώνεται η συγκέντρωση του HF και κατά συνέπεια η συγκέντρωση των οξονίων [H₃O⁺].

Από τη σχέση $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ συμπεραίνουμε ότι το pH θα αυξηθεί.

Άρα μετά την αραιώση το pH θα αυξηθεί κατά μισή μονάδα ($\text{pH} = 2 + 0,5$). Δηλαδή το pH του αραιωμένου διαλύματος Δ2 θα είναι ίσο με 2,5.

$$\text{pH} = 2,5 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,5} \text{ M.}$$

Έστω c_2 η συγκέντρωση του HF στο διάλυμα Δ2, οπότε θα γίνεται η αντίδραση:



M	HF(aq)	H ₂ O(l)	F ⁻ (aq)	H ₃ O ⁺ (aq)
Αρχικά	c ₂	-	-	-
Ιοντίζονται	γ	-	-	-
Παράγονται	-	-	γ	γ
Ιοντική ισορροπία	c ₂ - γ	-	γ	γ

Επομένως, ισχύει ότι

$$K_a = \frac{\gamma \text{ M} \cdot \gamma \text{ M}}{(c_2 - \gamma) \text{ M}} \quad (3) \quad \text{Ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις και επομένως: } c_2 - \gamma = c_2 \quad (4). \quad \text{Δεδομένου}$$

$$\text{ότι } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,5} \text{ M}, \text{ προκύπτει ότι } \gamma = 10^{-2,5} \text{ M}. \quad (5)$$

$$\text{Αντικαθιστώντας τις σχέσεις (4), (5) στην εξίσωση (3)} \Rightarrow K_a = \frac{\gamma \text{ M} \cdot \gamma \text{ M}}{c_2} \Rightarrow \gamma^2 \text{ M}^2 = 10^{-4} \text{ M} \cdot c_2$$

$$\Rightarrow 10^{-5} \text{ M} = 10^{-4} \cdot c_2 \Rightarrow c_2 = 10^{-1} \text{ M}.$$

Επομένως η συγκέντρωση του υδατικού διαλύματος Δ2 είναι c₂ = 10⁻¹ M.

Από την αραιώση 200 mL διαλύματος Δ1 συγκέντρωσης 1 M σε διάλυμα Δ2 συγκέντρωσης c₂ και όγκου V₂ ισχύει:

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} = 10^{-1} \text{ M} \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 2 \text{ L}. \text{ Επομένως, } V_{\text{νερού}} = 2 \text{ L} - 0,2 \text{ L} = 1,8 \text{ L}.$$

Άρα για να προκύψει διάλυμα Δ2 0,1 M με pH 2,5 προστέθηκαν 1,8 L νερό.

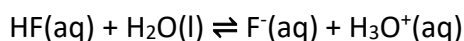
γ) Με την προσθήκη αερίου HF χωρίς αύξηση του όγκου του διαλύματος Δ2 αυξάνεται η συγκέντρωση του HF και κατά συνέπεια η συγκέντρωση των οξωνίων [H₃O⁺].

Από τη σχέση pH = -log[H₃O⁺] συμπεραίνουμε ότι το pH θα μειωθεί.

Άρα, μετά την προσθήκη HF το pH θα ελαττωθεί μισή μονάδα (2,5 - 0,5), δηλαδή το pH του διαλύματος Δ3 θα είναι ίσο με 2.

$$\text{pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ M}.$$

Έστω c₃ η συγκέντρωση του HF οπότε θα πραγματοποιείται η αντίδραση



M	HF(aq)	H ₂ O(l)	F ⁻ (aq)	H ₃ O ⁺ (aq)
Αρχικά	c ₃	-	-	-
Ιοντίζονται	z	-	-	-

Παράγονται	-	-	z	z
Ιοντική ισορροπία	$c_3 - z$	-	z	z

Επομένως ισχύει

$$K_a = \frac{z \cdot M \cdot z \cdot M}{(c_3 - z) \cdot M} \quad (6) \quad \text{Ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις οπότε } c_3 - z = c_3 \quad (7)$$

Δεδομένου ότι $[H_3O^+] = 10^{-2} \text{ M}$ προκύπτει ότι $z = 10^{-2} \text{ M}$. (8)

$$\text{Αντικαθιστώντας τις σχέσεις (7) και (8) στην (6)} \Rightarrow K_a = \frac{z \cdot M \cdot z \cdot M}{c_3} \Rightarrow z^2 \cdot M^2 = 10^{-4} \text{ M} \cdot c_3$$

$$\Rightarrow c_3 = 1 \text{ M}$$

Επομένως στο τελικό υδατικό διάλυμα Δ3: $n_3 = c_3 \cdot V_3 \Rightarrow 1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} \Rightarrow n_3 = 0,2 \text{ mol HF}$.

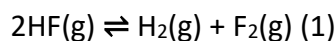
Στο αρχικό υδατικό διάλυμα Δ2 : $n_2 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 0,1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} \Rightarrow n_2 = 0,02 \text{ mol HF}$.

Άρα προσθέσαμε στο διάλυμα Δ2, $0,2 - 0,02 = 0,18 \text{ mol HF}$ και προέκυψε το διάλυμα Δ3.

δ) $M_r(\text{HF}) = 1 + 19 = 20$.

$$n(\text{HF}) = \frac{m}{M_r} \Rightarrow n(\text{HF}) = \frac{4}{20} \text{ mol} \Rightarrow n = 0,2 \text{ mol}.$$

Σε σταθερό όγκο $V=1 \text{ L}$ πραγματοποιείται η αντίδραση



mol	HF(g)	H ₂ (g)	F ₂ (g)
Αρχικά	0,2		
Αντιδρούν	2ω		
Παράγονται		ω	ω
Χημική ισορροπία	0,2 - 2ω	ω	ω

$$[\text{HF}] = \frac{n}{V} \Rightarrow [\text{HF}] = \frac{0,2 - 2\omega}{1} \text{ M} \Rightarrow [\text{HF}] = (0,2 - 2\omega) \text{ M}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{n}{V} \Rightarrow [\text{H}_2] = \frac{\omega}{1} \text{ M} \Rightarrow [\text{H}_2] = \omega \text{ M}$$

$$[\text{F}_2] = \frac{n}{V} \Rightarrow [\text{F}_2] = \frac{\omega}{1} \text{ M} \Rightarrow [\text{F}_2] = \omega \text{ M}$$

Ισχύει ότι

$$K_c = \frac{([\text{H}_2] \cdot [\text{F}_2])}{[\text{HF}]^2} \Rightarrow K_c = \frac{\omega^2 \text{ M}^2}{(0,2 - 2\omega)^2 \text{ M}^2} \Rightarrow 4 = \frac{\omega^2}{(0,2 - 2\omega)^2} \Rightarrow$$

$$2 = \frac{\omega}{0,2 - 2\omega} \Rightarrow 2 \cdot (0,2 - 2\omega) = \omega \Rightarrow 0,4 - 4\omega = \omega \Rightarrow 0,4 = 5\omega \Rightarrow \omega = 0,08.$$

Υπολογίζοντας την απόδοση με βάση το F₂ ή το H₂ που παράγεται:

$$\alpha = \frac{\text{ποσότητα που παράχθηκε στη χημική ισορροπία}}{\text{θεωρητική ποσότητα που θα παραγόταν αν η αντίδραση ήταν μονόδρομη}} \Rightarrow \alpha = \frac{\omega}{0,1} \Rightarrow \alpha$$
$$= \frac{0,08}{0,1} \Rightarrow \alpha = 0,8.$$

Άρα η απόδοση της αντίδρασης είναι 80 %.