

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΘΕΜΑΤΩΝ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ της 14/11/2020

ΘΕΜΑ Α

A1. β

A2. γ

A3. δ

A4. α

A5. α

ΘΕΜΑ Β

B1.α) ΣΩΣΤΟ το (ii)

β) ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ: Έστω N το πλήθος των φωτονίων που απαιτήθηκαν για τη θέρμανση του φαγητού. Η ενέργεια κάθε φωτονίου είναι $h \cdot \frac{c}{\lambda}$, οπότε η συνολική ενέργεια των N

φωτονίων είναι $E_{ολ} = N \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}$, άρα $N = \frac{E_{ολ} \cdot \lambda}{h \cdot c}$.

Αντικαθιστώντας: $E_{ολ} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ J}$, $\lambda = 6,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ και $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ προκύπτει $N = 5 \cdot 10^{27}$.

B2. $_{16}\text{S}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	3 ^η περίοδος – ομάδα 16 (VIA)
$_{17}\text{Cl}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	3 ^η περίοδος – ομάδα 17 (VIIA)
$_{35}\text{Br}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$	4 ^η περίοδος – ομάδα 17 (VIIA)
$_{53}\text{I}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^5$	5 ^η περίοδος – ομάδα 17 (VIIA)

α) Η ηλεκτραρνητικότητα αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά σε μια περίοδο του Π.Π., επομένως το Cl έχει μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα από το S .

Η ηλεκτραρνητικότητα αυξάνεται από κάτω προς τα πάνω σε μια ομάδα του Π.Π., επομένως το Cl έχει μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα από τα Br και I .

Συμπέρασμα: Το Cl έχει τη μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα από τα τρία στοιχεία.

β) Η ισχύς, ως οξέων, των υδρογονούχων ενώσεων των στοιχείων μιας ομάδας του Π.Π. αυξάνεται από πάνω προς τα κάτω, επομένως το HI είναι ισχυρότερο οξύ από το HCl . Όσο ισχυρότερο, όμως, είναι ένα οξύ, τόσο ασθενέστερη η συζυγής του βάση, οπότε η βάση Cl^- είναι ισχυρότερη από τη βάση I^- .

γ) Η ισχύς, ως οξέων, των υδρογονούχων ενώσεων των στοιχείων μιας περιόδου του Π.Π. αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά, επομένως το HCl είναι ισχυρότερο οξύ από το H_2S . Οπότε για τις συζυγείς βάσεις θα ισχύει: $\text{HS}^- > \text{Cl}^-$.

δ) Η παρουσία των ατόμων O προκαλεί το $-I$ επαγωγικό φαινόμενο. Όσο περισσότερα είναι τα άτομα O , ενισχύεται το $-I$ επαγωγικό φαινόμενο και αυξάνεται η ισχύς του οξέος. Έτσι, το οξύ HClO_3 είναι ισχυρότερο από το οξύ HClO_2 .

ε) Διάλυμα (Y1) $\rightarrow \text{pH}=4$ / Διάλυμα (Y2) $\rightarrow \text{pH}=4,5$ / Διάλυμα (Y3) $\rightarrow \text{pH}=6$

ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ: Η παρουσία ατόμου αλογόνου προκαλεί το $-I$ επαγωγικό φαινόμενο, που αυξάνει την ισχύ του οξέος. Μεταξύ των αλογόνων Br , Cl και I , την ισχυρότερη επίδραση έχει το Cl (με τη μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα) και την ασθενέστερη το I (με τη μικρότερη ηλεκτραρνητικότητα). Έτσι, η ισχύς των τριών οξέων αυξάνεται κατά τη σειρά:



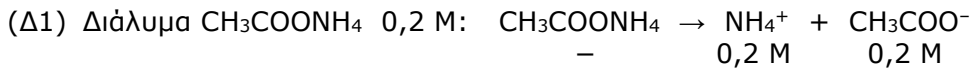
Εφόσον τα 3 διαλύματα έχουν ίσες συγκεντρώσεις (0,1 M), περισσότερο όξινο θα είναι το Y1 που περιέχει το ισχυρότερο οξύ, οπότε αυτό θα έχει το μικρότερο pH. Λιγότερο όξινο από τα 3 θα είναι το Y3 που περιέχει το ασθενέστερο οξύ, οπότε αυτό θα έχει το μεγαλύτερο pH.

B3.α) ΣΩΣΤΟ το (i)

ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ:



Τα ιόντα Ca^{2+} και NO_3^- του άλατος δεν αντιδρούν με το νερό, καθώς προέρχονται από ισχυρή βάση $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ και ισχυρό οξύ (HNO_3) αντίστοιχα. Επομένως, το διάλυμα ($\Delta 2$) έχει $\text{pH}=7$, οπότε και το διάλυμα ($\Delta 1$) έχει $\text{pH}=7$.

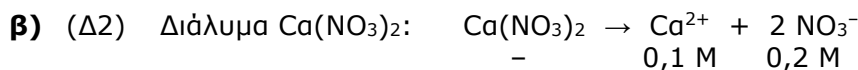


Το κατιόν NH_4^+ αποτελεί το συζυγές οξύ της ασθενούς βάσης NH_3 , επομένως αντιδρά με το νερό: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$

Το ανιόν CH_3COO^- αποτελεί συζυγή βάση του ασθενούς οξέος CH_3COOH , επομένως αντιδρά με το νερό: $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

Δηλαδή, το διάλυμα ($\Delta 1$) περιέχει το ασθενές NH_4^+ και την ασθενή βάση CH_3COO^- σε ίσες συγκεντρώσεις. Εφόσον είναι ουδέτερο ($\text{pH}=7$), θα ισχύει:

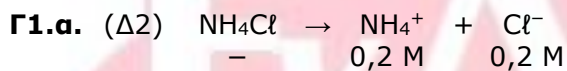
$$K_{\text{a NH}_4^+} = K_{\text{b CH}_3\text{COO}^-} \quad \text{ή} \quad \frac{K_w}{K_{\text{b NH}_3}} = \frac{K_w}{K_{\text{a CH}_3\text{COOH}}} \quad \text{και τελικά} \quad K_{\text{a CH}_3\text{COOH}} = K_{\text{b NH}_3} = 2 \cdot 10^{-5}$$



Στο ($\Delta 2$) η συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων σωματιδίων, ιόντων Ca^{2+} και ιόντων NO_3^- , είναι $c_{\text{ολ} (2)} = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ M}$, οπότε η $\Pi_2 = 0,3 \cdot R \cdot T$ (1)

Το διάλυμα ($\Delta 3$) είναι μοριακό, επομένως η ονομαστική του συγκέντρωση $c \text{ M}$ είναι και η συνολική συγκέντρωση διαλυμένων σωματιδίων (μορίων $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), οπότε η $\Pi_3 = c \cdot R \cdot T$ (2)
Τα διαλύματα $\Delta 2$ και $\Delta 3$ είναι ισοτονικά, δηλαδή $\Pi_2 = \Pi_3$, ενώ η θερμοκρασία τους είναι ίδια ($T=300 \text{ K}$), οπότε από τις (1) και (2) προκύπτει: $c=0,3 \text{ M}$

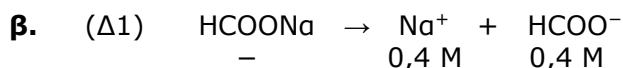
ΘΕΜΑ Γ



Το ανιόν Cl^- αποτελεί τη συζυγή βάση του ισχυρού οξέος HCl , επομένως δεν αντιδρά με το νερό. Αντίθετα, το κατιόν NH_4^+ αποτελεί το συζυγές οξύ της ασθενούς βάσης NH_3 , επομένως αντιδρά με το νερό: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$

$$\text{στην ισορροπία} \quad K_{\text{a NH}_4^+} = \frac{K_w}{K_{\text{b NH}_3}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow \frac{10^{-9}}{2} \approx \frac{x^2}{0,2} \quad \text{και τελικά} \quad x = 10^{-5}$$

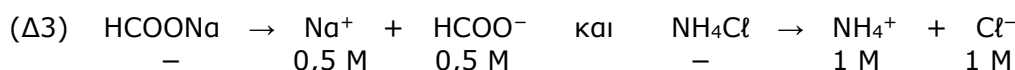
Άρα $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5} \text{ M}$ οπότε $\text{pH} = -\log 10^{-5} = 5$



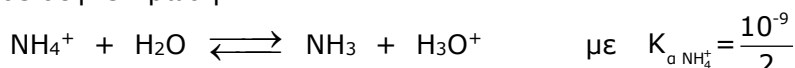
Το κατιόν Na^+ προέρχεται από την ισχυρή βάση NaOH , επομένως δεν αντιδρά με το νερό. Αντίθετα, το ανιόν HCOO^- αποτελεί συζυγή βάση του ασθενούς οξέος HCOOH , επομένως αντιδρά με το νερό:

$$\begin{array}{c} \text{HCOO}^- \\ 0,4 - y \end{array} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{HCOOH} \\ y \end{array} + \begin{array}{c} \text{OH}^- \\ y = 10^{-5,5} \text{ M (αφού pH}=8,5, \text{ το pOH}=5,5) \end{array}$$

$$\text{στην ισορροπία} \quad K_{\text{b HCOO}^-} = \frac{K_w}{K_{\text{a HCOOH}}} = \frac{[\text{OH}^-][\text{HCOOH}]}{[\text{HCOO}^-]} \approx \frac{10^{-11}}{0,4} \quad \text{και τελικά} \quad K_{\text{b HCOO}^-} = \frac{10^{-10}}{4}$$



Το διάλυμα $\Delta 3$ περιέχει το ασθενές NH_4^+ σε συγκέντρωση 1 M και την ασθενή βάση HCOO^- σε συγκέντρωση 1 M :





Δηλαδή, η σταθερά ιοντισμού του οξέος NH_4^+ είναι μεγαλύτερη από τη σταθερά ιοντισμού της βάσης HCOO^- και η αρχική συγκέντρωση του οξέος NH_4^+ είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της βάσης HCOO^- . Επομένως το διάλυμα Δ3 είναι όξινο.

Γ2.α.ι) Τα Β και Γ ανήκουν στην ομάδα 2 ή ΙΙΑ.

ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ: Για τα Β και Γ ισχύει $E_{i1} < E_{i2} \ll E_{i3} < E_{i4}$, δηλαδή τα 2 πρώτα ηλεκτρόνια απομακρύνονται από την εξωτερική στιβάδα, ενώ το 3^ο από την αμέσως προηγούμενη, και ενώ το σωματίδιο έχει αποκτήσει δομή ευγενούς αερίου. Άρα καθένα απ' τα άτομα Β και Γ έχει 2 ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα, οπότε τα στοιχεία Β και Γ ανήκουν στην ομάδα 2 ή ΙΙΑ του Π.Π.

ii) Η ατομική ακτίνα μεταβάλλεται ακριβώς αντίθετα από την E_{i1} , επομένως από τα στοιχεία Β και Γ μεγαλύτερη ατομική ακτίνα έχει το Β, με τη μικρότερη E_{i1} .

β. Το στοιχείο Α (έχει τη μικρότερη E_{i1}).

γ. ΟΧΙ. Το ${}_3\text{Li}$ έχει τρία e, οπότε έχει μόνο τρεις ενέργειες ιοντισμού (E_{i1} , E_{i2} και E_{i3}).

δ. Λιγότερη ενέργεια για τη μετατροπή σε ιόν με φορτίο +2 απαιτεί το Β, για το οποίο το άθροισμα $E_{i1}+E_{i2}$ έχει τη μικρότερη τιμή (2240 kJ/mol) σε σχέση με τα υπόλοιπα 3 στοιχεία.

Γ3.α.
$$\Pi = c \cdot R \cdot T = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot V} \Rightarrow M = \frac{m \cdot R \cdot T}{\Pi \cdot V}$$

Αν αντικαταστήσουμε: $m=0,67 \text{ g}$, $T=300 \text{ K}$, $\Pi=0,164 \text{ atm}$, $V=0,3 \text{ L}$

και $R=0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

προκύπτει $M=335 \text{ g/mol}$, δηλαδή η ζητούμενη σχετική μοριακή μάζα είναι $M_r=335$.

β. Δύο (Στη δημιουργία δεσμών υδρογόνου μπορούν να συμμετάσχουν τα 2 άτομα Η που φαίνονται στην σκελετική δομή: ένα που είναι ενωμένο με άτομο Ο (στο -OH) και ένα που είναι ενωμένο με άτομο αζώτου στην ομάδα -NH-)

γ. Τέσσερα (Στη δημιουργία δεσμών υδρογόνου μπορούν να συμμετάσχουν το 1 άτομο Ο και τα 3 άτομα Ν)

ΘΕΜΑ Δ

Δ1.α. Στο διάλυμα Υ1: $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
 HCl H_3O^+ Cl^-
 $0,1 \text{ M}$ $0,1 \text{ M}$
 Είναι $[\text{H}_3\text{O}^+]=10^{-1} \text{ M}$, άρα $\text{pH}=-\log[\text{H}_3\text{O}^+]=1$

β. Στο διάλυμα Υ2: $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
 NaOH Na^+ OH^-
 $0,1 \text{ M}$ $0,1 \text{ M}$
 Είναι: $[\text{OH}^-]=10^{-1} \text{ M}$, άρα $\text{pOH}=-\log[\text{OH}^-]=1$, οπότε $\text{pH}=13$.

γ. Στο διάλυμα Υ3: $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
 HA A^- H_3O^+
 $c-x$ x $x=10^{-3} \text{ M}$ (αφού $\text{pH}=3$)

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow K_a \approx \frac{x^2}{c} \Rightarrow 10^{-6} \approx \frac{10^{-6}}{c} \Rightarrow c=1 \text{ M}$$

δ. Στο διάλυμα Y4: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

Από τον νόμο του Ostwald ($K_b = a^2c$) προκύπτει $c = \frac{K_b}{a^2} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{10^{-4}} = 0,2 \text{ M}$

ε. Στο διάλυμα Y4 η $[\text{OH}^-] = a \cdot c = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

Δ2. Εφόσον αραιώνεται διάλυμα οξέος, το pH αυξάνεται. Έτσι, το τελικό διάλυμα έχει $\text{pH} = 3,5$, δηλαδή $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,5} \text{ M}$. Αν c' είναι η νέα συγκέντρωση, τότε:

$$\begin{array}{c} \text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \\ c' - y \qquad \qquad \qquad y \qquad y = 10^{-3,5} \text{ M} \\ K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow K_a \approx \frac{y^2}{c'} \Rightarrow 10^{-6} \approx \frac{10^{-7}}{c'} \Rightarrow c = 0,1 \text{ M} \end{array}$$

Αραίωση: $n_{\text{HA}(\text{αρχ})} = n_{\text{HA}(\text{τελ})} \Rightarrow cV = c'V' \Rightarrow 1 \cdot 0,1 = 0,1 \cdot V' \Rightarrow V' = 1 \text{ L}$
Επομένως, πρέπει να προστεθούν $V' - V = 0,9 \text{ L}$ ή 900 mL νερού.

Δ3. Στο Y4 είναι $a = 0,01$ και $c = 0,2 \text{ M}$. Στο νέο διάλυμα Y4' θα είναι $a' = \frac{\alpha}{2}$ και έστω c' η νέα συγκέντρωση. Η σταθερά K_b της NH_3 δεν μεταβάλλεται αφού η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Οπότε: $K_b = a^2 \cdot c = a'^2 \cdot c' \Rightarrow a^2 \cdot 0,2 = \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 \cdot c' \Rightarrow c' = 0,8 \text{ M}$

Είναι: $n_{\text{NH}_3(\text{αρχ})} = cV = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ L} = 0,2 \text{ mol}$ και $n_{\text{NH}_3(\text{τελ})} = c'V = 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ L} = 0,8 \text{ mol}$

Επομένως, πρέπει να προστεθούν: $0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ mol NH}_3$

Δ4. Έστω c η συγκέντρωση διαλύματος NH_3 με $\text{pH} = 11,5$:

$$\begin{array}{c} \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \\ c - \omega \qquad \qquad \qquad \omega \qquad \omega = 10^{-2,5} \text{ M (αφού pH} = 11,5, \text{ το pOH} = 2,5) \\ K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow K_b \approx \frac{\omega^2}{c} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} \approx \frac{10^{-5}}{c} \Rightarrow c = 0,5 \text{ M} \end{array}$$

Το διάλυμα αυτό περιέχει $n = cV = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,25 \text{ mol NH}_3$.

Αν σε 500 mL νερού διαλύσουμε ποσότητα NH_3 μεγαλύτερη των $0,25 \text{ mol}$, χωρίς μεταβολή όγκου, θα προκύψει διάλυμα με pH μεγαλύτερο του $11,5$.

Επομένως, ο μέγιστος όγκος NH_3 που μπορεί να διαλυθεί σε 500 mL νερού, για να έχουμε $\text{pH} \leq 11,5$, είναι $0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ L (STP)}$.

Δ5. Στο διάλυμα Y3 είναι $[\text{H}_3\text{O}^+]_3 = 10^{-3} \text{ M}$, οπότε σε όγκο $V_3 = 10 \text{ L}$ περιέχονται:

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+(3)} = [\text{H}_3\text{O}^+]_3 \cdot V_3$$

Στο διάλυμα Y1 είναι $[\text{H}_3\text{O}^+]_1 = 10^{-1} \text{ M}$, οπότε αν είναι V_1 ο ζητούμενος όγκος, περιέχονται σ' αυτόν: $n_{\text{H}_3\text{O}^+(1)} = [\text{H}_3\text{O}^+]_1 \cdot V_1$

Δίνεται ότι $n_{\text{H}_3\text{O}^+(1)} = n_{\text{H}_3\text{O}^+(3)}$ άρα $[\text{H}_3\text{O}^+]_1 \cdot V_1 = [\text{H}_3\text{O}^+]_3 \cdot V_3 \Rightarrow 10^{-1} \cdot V_1 = 10^{-3} \cdot 10$
και τελικά $V_1 = 0,1 \text{ L}$ ή 100 mL .

Δ6. Στο Y5 είναι $\text{pH} = 2$, οπότε $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ M}$. Επομένως ο βαθμός ιοντισμού του οξέος

HA στο διάλυμα αυτό είναι $a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c} = \frac{10^{-2}}{c}$, όπου c η συγκέντρωση του διαλύματος Y5.

Αραίωση: $cV = c'V'$ οπότε η $c' = \frac{cV}{V'} = \frac{cV}{10V} = \frac{c}{10} = 10^{-1}c$.

Στο τελικό διάλυμα $\text{pH}'=3$ οπότε $[\text{H}_3\text{O}^+]'=10^{-3}$ M. Επομένως ο βαθμός ιοντισμού του οξέος HA στο διάλυμα αυτό είναι $\alpha' = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]'}{c'} = \frac{10^{-3}}{10^{-1}c} = \frac{10^{-2}}{c} \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]'}{c'} = \frac{10^{-3}}{c \cdot 10^{-1}} = \frac{10^{-2}}{c}$ δηλαδή $\alpha' = \alpha$.

Συμπέρασμα: το οξύ HB είναι ισχυρό, αφού ο βαθμός ιοντισμού του α δεν μεταβάλλεται με την αραιώση του διαλύματός του – παραμένει δηλαδή $\alpha=1$. Αν το οξύ ήταν ασθενές, με τη μείωση της συγκέντρωσης του διαλύματος ο α θα αυξανόταν.

Επομένως, στο Υ5: $\text{HB} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{B}^-$
 $\quad \quad \quad - \quad \quad \quad c \quad \quad \quad c$
 και η συγκέντρωση $c=[\text{H}_3\text{O}^+]=10^{-2}$ M.

