

ΠΟΛΥΤΡΟΠΗ ΑΡΜΟΝΙΑ
ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
Γ' ΤΑΞΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 18/06/2021
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ: Χημεία
ΛΥΣΕΙΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ

Θέμα Α

- A1. β.
- A2. γ.
- A3. α.
- A4. β.
- A5. δ.

Θέμα Β

B1.

α. ${}_{11}\text{Na}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ανήκει στην 1^η ή IA ομάδα και 3^η περίοδο του περιοδικού πίνακα.

${}_{16}\text{S}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ανήκει στην 16^η ή VIA ομάδα και 3^η περίοδο του περιοδικού πίνακα.

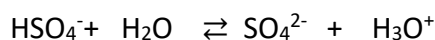
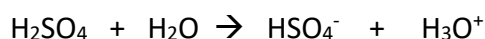
${}_{19}\text{K}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ ανήκει στην 1^η ή IA ομάδα και 4^η περίοδο του περιοδικού πίνακα.

Επειδή σε μια περίοδο του περιοδικού πίνακα η ατομική ακτίνα αυξάνεται από δεξιά προς τα αριστερά και σε μία ομάδα του περιοδικού πίνακα η ατομική ακτίνα αυξάνεται από πάνω προς τα κάτω, η σειρά των στοιχείων κατά αυξανόμενη ατομική ακτίνα είναι: $r_{(\text{S})} < r_{(\text{Na})} < r_{(\text{K})}$.

β. Το ${}_{16}\text{S}$ έχει μεγαλύτερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού από το ${}_{11}\text{Na}$. Η ενέργεια πρώτου ιοντισμού αυξάνεται όσο ελαττώνεται η ατομική ακτίνα και όσο αυξάνεται το δραστικό πυρηνικό φορτίο. Το S έχει μικρότερη ατομική ακτίνα από το Na και επειδή διαθέτει μεγαλύτερο ατομικό αριθμό από το Na θα έχει και μεγαλύτερο δραστικό πυρηνικό φορτίο.

B2.

α. Προσθέτοντας H_2SO_4 αυτό ιοντίζεται ως εξής:



Επομένως αυξάνεται η $[H_3O^+]$ στο διάλυμα, άρα η χημική ισορροπία μετατοπίζεται προς τα δεξιά, σύμφωνα με την αρχή Le chatelier, δηλαδή προς την κατεύθυνση που παράγονται πορτοκαλί ιόντα $Cr_2O_7^{2-}$.

β. Προσθέτοντας όμως ποσότητα $NaOH_{(aq)}$ εξουδετερώνεται ποσότητα H_3O^+ άρα μειώνεται η $[H_3O^+]$. Άρα, η χημική ισορροπία μετατοπίζεται προς τα αριστερά, σύμφωνα με την αρχή Le chatelier, δηλαδή προς την κατεύθυνση που παράγονται τα κίτρινα ιόντα CrO_4^{2-} .

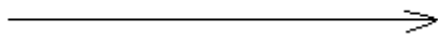
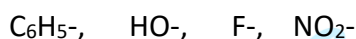
B3.

Το ${}_2He^+$ έχει ένα ηλεκτρόνιο άρα είναι υδρογονοειδές ιόν. Το υδρογόνο και στα υδρογονοειδή ιόντα οι ενέργεια των υποστιβαδων καθορίζεται μόνο από τον κβαντικό αριθμό n , άρα υποστιβάδες που ανήκουν στην ίδια στιβάδα έχουν την ίδια ενέργεια. Επομένως, η υποστιβάδες $3p$ και $3d$ έχουν την ίδια ενέργεια και έτσι στις δύο μεταπτώσεις εκπέμπεται το ίδιο ποσό ενέργειας. Άρα, σύμφωνα με τον τύπο $E = h \cdot \nu$ και στις δύο μεταπτώσεις θα εκπέμθουν ακτινοβολίες ίδιας συχνότητας.

B4.

α. $pK_a = -\log K_a$ (1)

Από την σχέση (1) φαίνεται ότι όσο μικρότερη είναι η pK_a οξέος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η K_a , άρα τόσο πιο ισχυρό είναι το οξύ. Όσο πιο έντονο είναι το $-I$ επαγωγικό φαινόμενο που προκαλείται από την υποκαταστάτη τόσο πολώνεται περισσότερο ο δεσμός $-O-H$ με αποτέλεσμα να αποσπάται ευκολότερα το H^+ , δηλαδή ευνοείται η ισχύς του οξέος. Επομένως, η κατάταξη των υποκαταστατων κατά σειρά αυξανόμενου $-I$ επαγωγικού φαινομένου είναι:



αύξηση του $-I$ επαγωγικού φαινομένου

β. Το F είναι το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο, άρα προκαλεί $-I$ επαγωγικό φαινόμενο. Επειδή στην ένωση CF_3COOH υπάρχουν 3 άτομα F έχει ισχυρότερο $-I$ επαγωγικό φαινόμενο σε σχέση με αυτό που έχει η ένωση CFH_2COOH στην οποία υπάρχει ένα άτομο F. Άρα, η ένωση CF_3COOH είναι ισχυρότερο οξύ, επομένως έχει μεγαλύτερο pK_a .

B5.

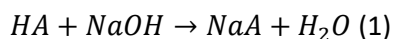
Ο λευκόχρυσος (Pt) είναι μέταλλο άρα είναι ηλεκτρο θετικό άτομο. Το Cl και το N είναι ηλεκτραρνητικά άτομα, άρα οι δεσμοί Pt-Cl και Pt-NH₃ είναι πολωμένοι. Στην δομή A οι δύο διπολικές ροπές των δεσμών Pt-Cl είναι αντίθετες και έχουν διανυσματικό άθροισμα μηδέ. Το ίδιο ισχύει και για τις διπολικές ροπές των δεσμών Pt-NH₃. Άρα, η συνολική διπολική ροπή του μορίου της δομής A είναι μηδέν. Στην δομή B η συνολική διπολική ροπή είναι διάφορη του μηδενός, οπότε η δομή αυτή είναι πιο ισχυρό δίπολο. Το νερό είναι δίπολο (πολικός

διαλύτης) και επειδή όμοια διαλύουν όμοια, η δομή Β διαλύεται περισσότερο στο νερό σε σχέση με την δομή Α.

Θέμα Γ

Γ1.

α. Προσθέτοντας το πρότυπο δ/μα NaOH στο διάλυμα Ψ1, πραγματοποιείται εξουδετέρωση:



Στο ισοδύναμο σημείο: $n_{HA} = n_{NaOH} \Rightarrow C_{HA} \cdot V_{\delta, HA} = C_{NaOH} \cdot V_{\delta, NaOH} \Rightarrow C_{HA} = \frac{0,2 \text{ M} \cdot 20 \text{ mL}}{20 \text{ mL}} = 0,2 \text{ M}$.

β. Στο αρχικό δ/μα HA περιέχονται $0,2 \text{ mol/L} \cdot 0,02 \text{ L} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol HA}$.

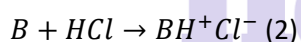
Στα 10 mL πρότυπου δ/τος περιέχονται $0,2 \text{ mol/L} \cdot 0,01 \text{ L} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaOH}$.

Από (1) αντιδρούν $2 \cdot 10^{-3} \text{ mol HA}$ με $2 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaOH}$ και παράγονται $2 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaA}$.

Έτσι, στο ογκομετρούμενο δ/μα όγκου 30 mL θα περιέχονται $2 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaA}$ και $4 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol HA}$. Το δ/μα αυτό είναι ρυθμιστικό, άρα $pH = pK_a + \log \frac{C_{\beta}}{C_{\alpha}} = -\log 10^{-6} + \log \frac{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-3}}}{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-3}}} \Rightarrow pH = 6$.

Γ2.

α. Προσθέτοντας πρότυπο δ/μα HCl στο διάλυμα Ψ2, πραγματοποιείται αντίδραση εξουδετέρωσης:



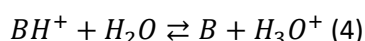
Στο ισοδύναμο σημείο $\text{mol B} = \text{mol HCl} \Rightarrow C_B \cdot V_{\delta, B} = C_{HCl} \cdot V_{\delta, HCl} \Rightarrow V_{\delta, HCl} = \frac{0,2 \text{ M} \cdot 20 \text{ mL}}{0,2 \text{ M}} = 20 \text{ mL}$

β. Στο Ι.Σ. το ογκομετρούμενο δ/μα έχει όγκο $20 + 20 = 40 \text{ mL}$ και περιέχει μόνο BHCl, όπου $n_{BHCl} = n_B = 0,2 \text{ mol/L} \cdot 0,02 \text{ L} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, άρα $C_{BHCl(\text{ΙΣ})} = n/V = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 40 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0,1 \text{ M}$.

Το άλας δίσταται:



Το ανιόν Cl⁻ δεν αντιδρά με H₂O, διότι είναι συζυγής βάση ισχυρού οξέος, ενώ το BH⁺ είναι συζυγές οξύ ασθενούς βάσης, άρα αντιδρά με H₂O:



x M x x

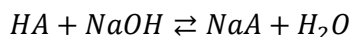
$K_{aBH^+} = \frac{[B] \cdot [H_3O^+]}{[BH^+]}$ (5), όπου $K_a = \frac{K_w}{K_b} = 10^{-8}$, $[BH^+] = 0,1 - x \approx 0,1$.

Από (5): $10^{-8} = \frac{x \cdot x}{0,1} \Rightarrow x = 10^{-4,5} \Rightarrow pH = 4,5$

Γ3.

Ο πιο κατάλληλος δείκτης είναι αυτός που αλλάζει χρώμα κοντά στο Ι.Σ., άρα ο πιο κατάλληλος δείκτης είναι η ηλιανθίνη με $pK_a=3,5$ ($pH_{I.S.}=4,5$) για την ογκομέτρηση του Ψ2.

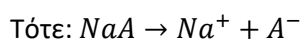
Στην ογκομέτρηση του Ψ1:



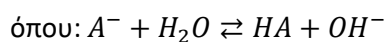
Στο Ι.Σ. $n_{NaA} = n_{HA} = 0,2 \cdot 0,02 = 4 \cdot 10^{-3} mol$,

ενώ $V_{I.S.} = 40 mL$,

άρα $C_{NaA(I.S.)} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{40 \cdot 10^{-3}} = 0,1 M$



0,1M 0,1M



γ γ γ

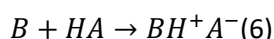
αλλά $K_{bA^-} = \frac{10^{-14}}{10^{-6}} = 10^{-8}$,

όμως $K_{bA^-} = \frac{y \cdot y}{10^{-1}} \Rightarrow y = 10^{-4,5} = [OH^-] \Rightarrow pOH = 4,5 \Rightarrow pH = 9,5$.

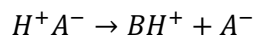
Επομένως, για την ογκομέτρηση του Ψ1, πιο κατάλληλος δείκτης είναι το κίτρινο της αλιζαρίνης με $pK_a=11$ (ενώ $pH_{I.S.}=9,5$).

Γ4.

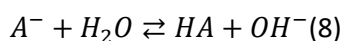
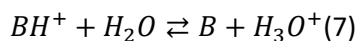
Αναμιγνύοντας τα αρχικά δ/τα Ψ1 και Ψ2, θα πραγματοποιηθεί εξοθδετέρωση:



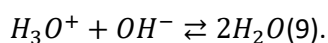
Αφού αναμιγνύονται ίσοι όγκοι από τα Ψ1 και Ψ2, θα έχω: $n_B=0,2 \cdot V$ και $n_{HA}=0,2 \cdot V$, άρα αντιδρούν πλήρως. Επομένως, το τελικό δ/μα θα περιέχει μόνο $BH^+ A^-$, το οποίο δίσταται:



Από τα παραπάνω τόσο το κατιόν όσο και το ανιόν αντιδρούν με H_2O :



όπου τα ιόντα H_3O^+ και OH^- εξουδετερώνονται:



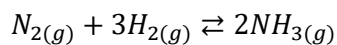
Επειδή $K_{aBH^+} = \frac{K_w}{K_{bB}} = \frac{K_w}{10^{-6}}$

και $K_{bA^-} = \frac{K_w}{K_{aHA}} = \frac{K_w}{10^{-6}}$, έχουν την ίδια ισχύ. Αφού έχω ίδια C, παράγονται ίσα H_3O^+ και OH^- και επειδή τα H_3O^+ και OH^- που εξουδετερώνονται με βάση την (9) είναι ίσα, στο τελικό δ/μα: $[H_3O^+] = [OH^-]$, άρα το δ/μα είναι ουδέτερο.

Γ5.

Η αντίδραση αυτοϊοντισμού του H_2O $H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$, $\Delta H > 0$ είναι ενδόθερμη. Η αντίθετη αντίδραση (εξουδετέρωση) είναι εξώθερμη. Κατά τη διάρκεια της ογκομέτρησης, συμβαίνει εξυδρόνωση, άρα εκλύεται θερμότητα στο περιβάλλον, επομένως θα αυξάνεται η θερμοκρασία του διαλύματος.

Θέμα Δ



mol	N_2	H_2	NH_3
Αρχικά	x	x	
Αντιδρούν	y	3y	
Παράγονται			2y
Χ.Ι.	x-y	x-3y	2y

Δ1.

Στα αέρια, η αναλογία όγκων είναι ίση με την αναλογία mol (σε ίδια πίεση και θερμοκρασία), άρα:

$$\frac{V_{NH_3}}{V_{ολ}} = \frac{n_{NH_3}}{n_{ολ}} \Rightarrow \frac{20}{100} = \frac{2y}{2x-2y} \Rightarrow 2x - 2y = 10y \Rightarrow x = 6y.$$

Επομένως, η απόδοση της αντίδρασης είναι:

$$\frac{\text{mol } H_2 \text{ που αντιδρούν πρακτικά}}{\text{mol } H_2 \text{ που θα αντιδρούσαν θεωρητικά}} = \frac{3y}{6y} = 0,5 \text{ ή } 50\%.$$

Δ2.

$$n_{ολ} = 2x - 2y \Rightarrow 2x - 2y = 10 \Rightarrow x - y = 5 \Rightarrow 6y - y = 5 \Rightarrow y = 1 \text{ mol}$$

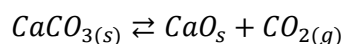
Άρα στην ισορροπία τα mol των αερίων είναι:

- $x-y=6y-y=5y=5 \text{ mol } N_2$
- $x-3y=3y=3 \text{ mol } H_2$
- $2y=2 \text{ mol } NH_3$.

$$\text{Όμως: } K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]} \quad (1)$$

$$\text{ή } \frac{20}{27} = \frac{\left(\frac{2}{V_1}\right)^2}{\left(\frac{5}{V_1}\right)\left(\frac{3}{V_1}\right)^2} \Rightarrow \frac{20}{27} = \frac{4 \cdot V_1^2}{5 \cdot 27} \Rightarrow V_1^2 = 25 \Rightarrow V_1 = 5L$$

Δ3.

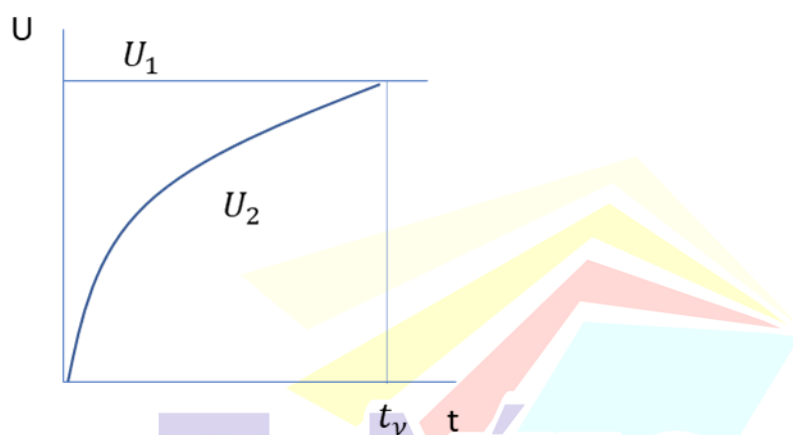


mol	CaCO ₃	CaO	CO ₂
Αρχικά	2	x	
Αντιδρούν	1		
Παράγονται		1	1
Χ.Ι.	1	1	1

Θα αντιδράσουν πλήρως: $0,5 \cdot 2 = 1 \text{ mol CaCO}_3$

α. Αφού οι αντιδράσεις και προς τις 2 κατευθύνσεις είναι απλές, θα ισχύει: $U_1 = k_1 (2)$ για την προς τα δεξιά και $U_2 = k_2 [\text{CO}_2] (3)$ για την προς τα αριστερά αντίδραση.

β. Στο διάγραμμα φαίνεται η μεταβολή ταχυτήτων U_1 και U_2 σε συνάρτηση με το χρόνο. Τη χρονική στιγμή t_v έχει αποκατασταθεί χημική ισορροπία, άρα $U_1 = U_2 (4)$.



Ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης του CO₂ έχει επιτευχθεί στη χημική ισορροπία, άρα στη χημική ισορροπία $U_2 = 0,4 \text{ M/min}$, όμως $[\text{CO}_2] = 1 \text{ mol/L} = 1 \text{ M}$.

Από τη (2) οι μονάδες της k_1 είναι ίσες με τις μονάδες της ταχύτητας δηλαδή M/min, ενώ από την (3) $k_2 = U_2 / [\text{CO}_2]$ με μονάδες $(\text{M} \cdot \text{min}^{-1}) / \text{M} = \text{min}^{-1}$.

Αφού $U_1 = U_2$ (στη χημική ισορροπία) και $U_2 = 0,4 \text{ M/min}$, άρα $U_1 = 0,4 \text{ M/min}$ ή $k_1 = 0,4 \text{ M/min}$.

Από (3): $k_2 = U_2 / [\text{CO}_2] = (0,4 \text{ M} \cdot \text{min}^{-1}) / 1 \text{ M} = 0,4 \text{ min}^{-1}$.

γ. Στο δοχείο V_1 στην ισορροπία υπάρχει 1 mol CO_{2(g)} που είναι το μοναδικό αέριο. Απομακρύνοντάς το, η ισορροπία μετατοπίζεται προς τα δεξιά. Αν αποκαθίσταται χημική ισορροπία, θα πρέπει η $[\text{CO}_2]$ να είναι σταθερή, αφού $K_c = [\text{CO}_2]$. Επομένως, όσο υπάρχει χημική ισορροπία απομακρύνοντας CO₂, θα διασπάται το CaCO₃ και θα «ανανεώνεται» το CO₂, παραμένοντας ίσο με 1 mol.

Για να γίνει η πίεση ίση με τη μισή της αρχικής, πρέπει να παραμείνουν 0,5 mol CO₂ στο δοχείο, άρα θα πρέπει να έχει διασπαστεί όλο το CaCO₃, δηλαδή 2 mol CaCO₃, θα δημιουργηθούν 2 mol CO₂ και θα πρέπει να απομακρύνω $2 - 0,5 = 1,5 \text{ mol CO}_2$, ώστε να υποδιπλασιαστεί η πίεση στο δοχείο.