



**ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΠΑΓΚΥΠΡΙΑΣ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΓΙΑ ΤΗ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ 2024 – 2025
ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΝΕΟΛΑΙΑΣ**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: Σάββατο, 15 Μαρτίου 2025

**ΠΡΙΝ ΑΡΧΙΣΕΤΕ ΝΑ ΓΡΑΦΕΤΕ ΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣΕΤΕ ΜΕ ΠΡΟΣΟΧΗ ΤΙΣ ΓΕΝΙΚΕΣ
ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝ:**

1. Η εξέταση έχει διάρκεια **τρεις (3) ώρες**. Δεν επιτρέπεται να εγκαταλείψετε την αίθουσα εξέτασης πριν περάσει μισή ώρα από την ώρα έναρξης.
2. Το εξεταστικό δοκίμιο αποτελείται από **εννέα (9) ερωτήσεις**.
3. Να απαντήσετε **ΟΛΕΣ** τις ερωτήσεις στο τετράδιο απαντήσεων που σας έχει δοθεί.
4. Για τις απαντήσεις σας να χρησιμοποιήσετε μόνο πέννα με **μπλε** μελάνι. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μολύβι μόνο για τις γραφικές παραστάσεις. Οποιοσδήποτε πρόχειρες σημειώσεις σας με μολύβι, δεν θα ληφθούν υπόψη.
5. Επιτρέπεται η χρήση μόνο **μη προγραμματιζόμενων** υπολογιστικών μηχανών.
6. Δεν επιτρέπεται η χρήση σημειώσεων σε οποιαδήποτε μορφή.
7. Μελετήστε προσεκτικά την εκφώνηση των ερωτήσεων και απαντήστε με σαφήνεια. **Δεν θα δοθούν συμπληρωματικές οδηγίες ή διαισθηνήσεις.**
8. Να γράφετε **ΚΑΘΑΡΑ** και **ΕΥΑΝΑΓΝΩΣΤΑ**.
9. Το εξεταστικό δοκίμιο αποτελείται από **δώδεκα (12)** συνολικά σελίδες, συμπεριλαμβανομένων της πρώτης σελίδας με τις γενικές οδηγίες και των τελευταίων σελίδων με χρήσιμα δεδομένα (σελίδες 9 μέχρι 12).
10. Οι μονάδες που διατίθενται για κάθε ερώτηση εμφανίζονται παρακάτω. Μπορεί να σας βοηθήσει όταν κατανέμετε τον χρόνο σας μεταξύ των ερωτήσεων.

Ερώτηση	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σύνολο
Μονάδες	9	8	12	18	11	7	6	10	19	100

ΝΑ ΕΧΕΤΕ ΚΑΘΕ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

Ερώτηση 1 (Ανόργανη Χημεία – Χημική Ισορροπία)

(9 μονάδες)

Η Χημεία του θείου (S) είναι συναρπαστική λόγω της ικανότητάς του να σχηματίζει διάφορες ενώσεις με οξυγόνο, όπως τα θειικά (SO_4^{2-}) και τα θειώδη (SO_3^{2-}) άλατα, καθώς και πολυσουλφιδικές αλυσίδες. Αυτές οι αλυσίδες επιτρέπουν μια ευελιξία στις δομικές και στις χημικές ιδιότητες, καθιστώντας το θείο αναπόσπαστο στοιχείο σε πολλές βιολογικές, βιομηχανικές και περιβαλλοντικές διεργασίες.

Τα θειώδη ιόντα (SO_3^{2-}) σε υδατικό διάλυμα μπορούν να ληφθούν με διάλυση διοξειδίου του θείου (SO_2). Ας υποθέσουμε ότι το αρχικό διάλυμα είναι καθαρό νερό χωρίς ιόντα θείου. Το διάλυμα έρχεται σε επαφή με αέρα που περιέχει 0,0150 ppm SO_2 σε πίεση 1,00 atm σε ανοικτό δοχείο. Ας υποθέσουμε ότι υπάρχει μεγάλη περίσσεια αέρα και επιτυγχάνεται ισορροπία. Η ισορροπία μεταξύ του αερίου $\text{SO}_{2(g)}$ και του διαλυμένου $\text{SO}_{2(aq)}$ ορίζεται μέσω της σταθεράς του νόμου του Henry.

Με βάση τον νόμο του Henry, η ποσότητα ενός αερίου που διαλύεται σε ένα υγρό είναι ανάλογη της μερικής πίεσης του αερίου πάνω από την επιφάνεια του υγρού, σε σταθερή θερμοκρασία. Αυτό μαθηματικά εκφράζεται με την ακόλουθη σχέση:

$$C = k_H \cdot P$$

Όπου:

- C, η συγκέντρωση του διαλυμένου αερίου στο υγρό σε mol/L
- P, η μερική πίεση του αερίου πάνω από το υγρό σε atm
- k_H , η σταθερά του Henry (σε $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$) η οποία εξαρτάται από τη φύση του αερίου, του υγρού και τη θερμοκρασία

(α) Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του διαλύματος του θειώδους οξέος (H_2SO_3) που προκύπτει μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας, αν η σταθερά του Henry για το SO_2 είναι $k_H = 1,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$.

(β) Να υπολογίσετε από ποια τιμή pH η συγκέντρωση των θειωδών ιόντων (SO_3^{2-}) σε αυτό το διάλυμα φτάνει τη συγκέντρωση των $1,00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$.

Δίνονται $\text{p}K_{\text{a}(1)} = 1,80$ και $\text{p}K_{\text{a}(2)} = 7,20$ για το διπρωτικό οξύ H_2SO_3 .

Ερώτηση 2 (Αναλυτική Χημεία - Εξουδετέρωση - pH)

(8 μονάδες)

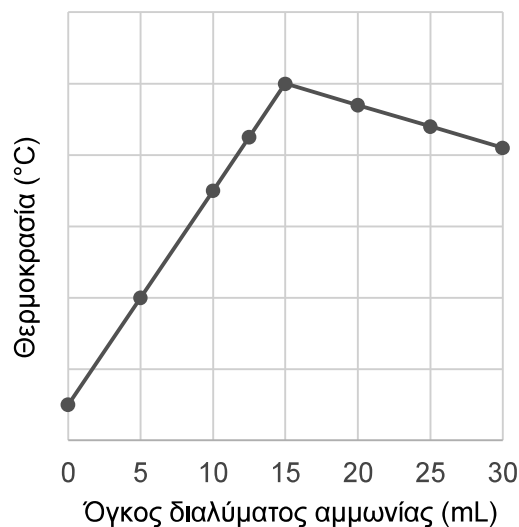
Η ογκομέτρηση ασθενών οξέων (π.χ. CH_3COOH) με πρότυπα διαλύματα ασθενών βάσεων (π.χ. NH_3) παρουσιάζει δυσκολίες. Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η θερμομετρική ογκομέτρηση, όπου παρακολουθούμε τις μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την ογκομέτρηση.

Στη θερμομετρική ογκομέτρηση ακολουθείται η πιο κάτω πειραματική διαδικασία:

Στάδιο 1: Όγκος 30 mL διαλύματος CH_3COOH τοποθετείται σε θερμομονωμένη φιάλη, μετريέται και καταγράφεται η θερμοκρασία του.

Στάδιο 2: Μικρές ποσότητες διαλύματος NH_3 1 M προστίθενται ανά τακτά χρονικά διαστήματα υπό συνεχή ανάδευση και καταγράφεται η θερμοκρασία του συστήματος μετά από κάθε προσθήκη.

Στάδιο 3: Σχηματίζεται το διάγραμμα της μεταβολής της θερμοκρασίας συναρτήσει του όγκου διαλύματος NH_3 που προστέθηκε.

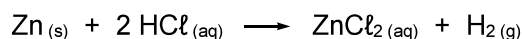


- (α) Να εξηγήσετε γιατί η συμβατική ογκομέτρηση ασθενών οξέων με ασθενείς βάσεις είναι προβληματική.
- (β) Να εξηγήσετε τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερμομετρικής ογκομέτρησης όπως παρουσιάζεται στην πιο πάνω γραφική παράσταση.
- (γ) Να υπολογίσετε:
- Τη συγκέντρωση του αρχικού διαλύματος CH_3COOH .
 - Την τιμή του pH στο ισοδύναμο σημείο στους 25°C .
- Δίνονται: $K_{\text{ox}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = K_{\text{β}}(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$, στους 25°C .

Ερώτηση 3 (Φυσικοχημεία - Χημική Κινητική)

(12 μονάδες)

Σε ένα εργαστήριο, εξετάζεται η αντίδραση μεταξύ του υδροχλωρικού οξέος (HCl) και του ψευδαργύρου (Zn), η οποία ακολουθεί έναν απλό μηχανισμό και δίνεται από τη χημική εξίσωση:



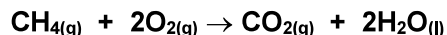
Η ταχύτητα της αντίδρασης αυτής εξαρτάται από τη συγκέντρωση του HCl και τη θερμοκρασία. Στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται τα πειραματικά δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη μελέτη της αντίδρασης στους $25,00^\circ\text{C}$.

Πείραμα	$[\text{HCl}]$ (mol/L)	v (mol $\cdot$ L $^{-1}$ $\cdot$ s $^{-1}$)
1	0,100	$2,50 \times 10^{-3}$
2	0,200	$5,00 \times 10^{-3}$
3	0,300	$7,50 \times 10^{-3}$

- (α) (i) Να υπολογίσετε την τάξη της αντίδρασης αυτής.
(ii) Να γράψετε τον νόμο της ταχύτητας για την αντίδραση αυτή.
- (β) Να υπολογίσετε τη σταθερά ταχύτητας (k) της αντίδρασης στους $25,00^\circ\text{C}$.
- (γ) Για το πείραμα 1, να υπολογίσετε τον χρόνο που απαιτείται ώστε η συγκέντρωση του HCl να μειωθεί στα $0,040 \text{ mol/L}$.
- (δ) Να υπολογίσετε τη σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης στους $35,00^\circ\text{C}$, δεδομένου ότι η ενέργεια ενεργοποίησης (E_a) της αντίδρασης είναι $75,0 \text{ kJ/mol}$. Αν δεν υπολογίσατε το k στο ερώτημα (β), να χρησιμοποιήσετε την τιμή $k = 0,0340 \text{ s}^{-1}$.

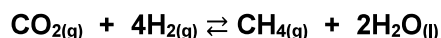
Ερώτηση 4 (Φυσικοχημεία - Θερμοδυναμική)**(18 μονάδες)**

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ευρέως για θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ως χημική πρώτη ύλη. Η καύση του μεθανίου (CH_4) αντιπροσωπεύεται από την ακόλουθη αντίδραση:



Αυτή η αντίδραση αντιπροσωπεύει περίπου το 20% των παγκόσμιων εκπομπών CO_2 , είναι θερμοδυναμικά αυθόρμητη ($\Delta_r G^\circ_{298\text{K}} = -818 \text{ kJ/mol}$) και απελευθερώνει μεγάλα ποσά θερμότητας ($\Delta_r H^\circ_{298\text{K}} = -890 \text{ kJ/mol}$). Η αντίστροφη αντίδραση, δηλαδή η μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα σε μεθάνιο, δεν είναι αυθόρμητη. Ωστόσο, είναι εφικτή μέσω μιας διαδικασίας που καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας και πραγματοποιείται σε διάφορα στάδια.

Η παραγωγή συνθετικού μεθανίου πραγματοποιείται ήδη μέσω της τεχνολογίας παραγωγής αέριου υδρογόνου, χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια. Η διαδικασία περιλαμβάνει χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων για την ηλεκτρόλυση του νερού και παραγωγή υδρογόνου, και στη συνέχεια αναγωγή του CO_2 σε CH_4 μέσω ετερογενούς κατάλυσης με το παραγόμενο υδρογόνο. Η συνολική αντίδραση είναι:



Η αναγωγή του CO_2 σε CH_4 , από το υδρογόνο ($\Delta_r G^\circ_{298\text{K}} = -131 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_r H^\circ_{298\text{K}} = -253 \text{ kJ/mol}$), πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας καταλύτη Ni σε υπόστρωμα οξειδίων μετάλλων (π.χ. Al_2O_3 ή ZrO_2). Η θερμοκρασία λειτουργίας είναι μεταξύ 200°C και 550°C , με πίεση που κυμαίνεται από 1 bar έως 100 bar.

Γενικές πληροφορίες/Δεδομένα:

Να υποθέσετε ότι οι ενθαλπίες και οι εντροπίες όλων των αντιδράσεων δεν εξαρτώνται από τη θερμοκρασία.

Δίνονται η ενθαλπία και η εντροπία εξάτμισης του νερού:

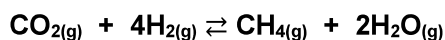
$$\Delta_{\text{vap}} S^\circ (\text{H}_2\text{O}) = 118 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$\Delta_{\text{vap}} H^\circ (\text{H}_2\text{O}) = 44 \text{ kJ}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

- (α) (i) Να υπολογίσετε και να γράψετε τις δύο εξισώσεις για την εξάρτηση της ελεύθερης ενέργειας της αντίδρασης από τη θερμοκρασία, $\Delta_r G^\circ(T)$, για τη μετατροπή του CO_2 σε CH_4 με βάση την αντίδραση του διοξειδίου του άνθρακα με το νερό.
(ii) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση $\Delta_r G^\circ(T)$ στην περιοχή από 298 K έως 800 K.
- (β) Να ταξινομήσετε τις ελεύθερες ενέργειες Gibbs των παρακάτω συστημάτων κατά αύξουσα σειρά.

$\text{CO}_{2(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$\text{CH}_{4(\text{g})} + 2\text{O}_{2(\text{g})}$
$\text{CO}_{2(\text{g})} + 2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$

- (γ) Να υπολογίσετε τη σταθερά χημικής ισορροπίας, K_p , για την αναγωγή του CO_2 σε CH_4 , από το υδρογόνο στους 500°C , σύμφωνα με την αντίδραση:



- (δ) Μείγμα CO_2 και H_2 με αναλογία mol $\text{CO}_2 : \text{H}_2$ ίση με 1 : 4 εισήχθη στον αντιδραστήρα και θερμάνθηκε σε θερμοκρασία όπου το K_p ήταν ίσο με 152. Να υπολογίσετε τη συνολική πίεση του μείγματος αερίων όταν ο βαθμός μετατροπής του CO_2 γίνει ίσος με 90%.

Ερώτηση 5 (Ανόργανη Χημεία – Στοιχειομετρία)**(11 μονάδες)**

Το άζωτο (N) σχηματίζει ποικίλες δομές, από απλά διατομικά μόρια έως πολυατομικά ιόντα, όπως τα νιτρικά. Παίζει ζωτικό ρόλο στη σύνθεση βιολογικών μακρομορίων, όπως οι πρωτεΐνες και τα νουκλεϊνικά οξέα. Σε ακραίες συνθήκες, όπως αυτές που παρατηρούνται εκτός της Γης, το άζωτο μπορεί ακόμη και να σχηματίσει σπάνιες δομές, όπως το πολυμερικό άζωτο ή εκτεταμένα δίκτυα αζώτου.

Το υγρό N_2O_4 με πυκνότητα, $d = 1,44 \text{ g/mL}$, διήλθε μέσω μίας στήλης γεμάτης με $30,0 \text{ g}$ στερεού KCl , με ρυθμό ροής περίπου 117 mL/min . Κατά τη διάρκεια των πρώτων 3 ωρών, το μόνο προϊόν που εξήλθε από την άλλη πλευρά της στήλης ήταν το κίτρινο αέριο Α (αντίδραση 1). Μετά από αυτό το διάστημα, το καφέ αέριο Β άρχισε να εξέρχεται από τη στήλη, σηματοδοτώντας την ολοκλήρωση της αντίδρασης. Σε αυτό το σημείο, το στερεό που παρέμεινε στη στήλη ήταν ένα μείγμα KCl και στερεού Γ. Το κίτρινο αέριο Α μπορεί να αντιδράσει με $FeCl_3$ για να δημιουργήσει το άλας Δ (αντίδραση 2), το οποίο περιέχει $24,5\% \text{ w/w}$ σίδηρο.

(α) Να αντιστοιχίσετε τις ενώσεις Α, Β, Γ και Δ με τους πιο κάτω χημικούς τύπους:

I. KNO_3 II. $NOCl$ III. $[NO][FeCl_4]$ IV. NO_2

(β) Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων 1 και 2.

(γ) (i) Να σχεδιάσετε τη δομή Lewis για την ένωση Ι.

(ii) Να ονομάσετε τη γεωμετρία του ανιόντος NO_3^- .

(δ) Να υπολογίσετε τη μάζα του στερεού που παρέμεινε στη στήλη μετά την πάροδο των τριών ωρών. Στην απάντησή σας να παρουσιάσετε αναλυτικά όλους τους υπολογισμούς σας, συμπεριλαμβανομένων των ενδιάμεσων βημάτων και των μονάδων μέτρησης.

Ερώτηση 6 (Εξίσωση Clausius – Clapeyron)**(7 μονάδες)**

Τάση ατμών (P) ενός υγρού (ή ενός στερεού), σε μια ορισμένη θερμοκρασία, ονομάζεται η πίεση που ασκούν οι ατμοί του υγρού (ή του στερεού) μέσα σε μία κλειστή φιάλη όταν βρίσκονται σε ισορροπία με το υγρό (ή το στερεό).

Καθώς η θερμοκρασία ενός υγρού αυξάνεται, η τάση ατμών του μεγαλώνει. Όταν η τάση ατμών ενός υγρού γίνει ίση με την εξωτερική πίεση, τότε σχηματίζονται φυσαλίδες στο εσωτερικό του υγρού. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται βρασμός.

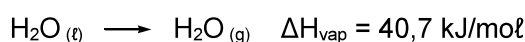
Η εξίσωση Clausius - Clapeyron είναι μια μαθηματική σχέση που δείχνει το πως μεταβάλλεται η τάση ατμών μιας ουσίας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, με την παραδοχή ότι οι ατμοί της ουσίας συμπεριφέρονται ως ιδανικό αέριο.

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

όπου:

- P_1 και P_2 , οι τάσεις ατμών της ουσίας σε απόλυτες θερμοκρασίες T_1 και T_2 , αντίστοιχα
- ΔH_{vap} , η θερμότητα εξάτμισης του υγρού σε $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$
- R , η παγκόσμια σταθερά των αερίων σε $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- T_1 και T_2 , οι απόλυτες θερμοκρασίες σε K

Η θερμότητα εξάτμισης (ΔH_{vap}) είναι η θερμότητα που απαιτείται για την εξάτμιση ενός υγρού, π.χ. για το νερό στους $100,00^\circ\text{C}$:



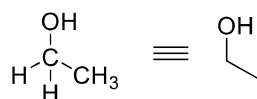
Αν η θερμοκρασία βρασμού του καθαρού νερού σε εξωτερική πίεση 1,000 atm είναι 100,00 °C:

- (α) Χρησιμοποιώντας την εξίσωση Clausius-Clapeyron, να υπολογίσετε τη θερμοκρασία βρασμού του νερού, σε °C, στην κορυφή του Έβερεστ, που έχει υψόμετρο 8848 m και εξωτερική πίεση 0,340 atm.
- (β) Να εξηγήσετε το αποτέλεσμα σας, συσχετίζοντας το με τις έννοιες της τάσης ατμών και της εξωτερικής πίεσης.

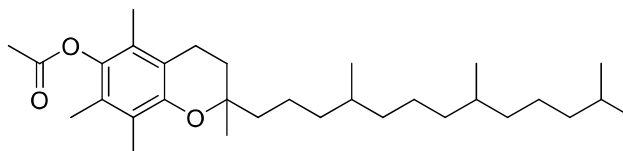
Ερώτηση 7 (Οργανική Χημεία – Σύνθεση Οξικής Βιταμίνης E)

(6 μονάδες)

Οι σκελετικές δομές (ή δομές γραμμής-γωνίας) παρέχουν έναν απλούστερο τρόπο αναπαράστασης μεγάλων οργανικών μορίων. Σε αυτές τις δομές τα άτομα άνθρακα υπονοούνται στις γωνίες και τα άκρα των γραμμών. Οι σκελετικές δομές περιλαμβάνουν πάντα την απεικόνιση των δεσμών μεταξύ των ατόμων άνθρακα και με λειτουργικές ομάδες, αλλά τα άτομα υδρογόνου που συνδέονται με τους άνθρακες υπονοούνται και δεν εμφανίζονται. Κάθε άτομο άνθρακα θεωρείται ότι συνδέεται με αρκετά άτομα υδρογόνου ώστε να έχει τέσσερις (4) δεσμούς. Για παράδειγμα η αιθανόλη ως σκελετική δομή θα σχεδιαστεί με τον ακόλουθο τρόπο.



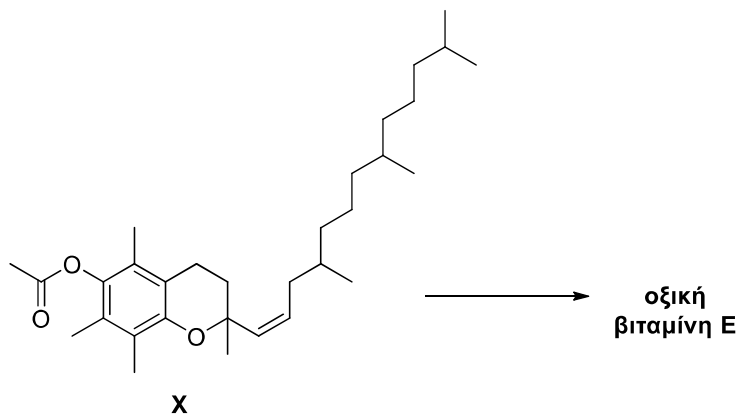
Σας δίνεται η σκελετική δομή της οξικής βιταμίνης E:



οξική βιταμίνη E

- (α) Να γράψετε τον συντακτικό τύπο της οξικής βιταμίνης E συμπεριλαμβάνοντας όλα τα άτομα άνθρακα και υδρογόνου.

Για την σύνθεση της οξικής βιταμίνης E πραγματοποιείται αναγωγή του αλκενίου X.



- (β) Να γράψετε τις κατάλληλες συνθήκες ή/και αντιδρώντα για την αναγωγή της ένωσης X προς την οξική βιταμίνη E.

Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα διαθέτουν τα έκτα μεγαλύτερα αποθέματα πετρελαίου στον κόσμο, τα οποία βρίσκονται κυρίως στο Εμιράτο του Αμπού Ντάμπι. Μετά την εξαγωγή από τα κοιτάσματα πετρελαίου, το αργό πετρέλαιο μεταφέρεται στα διυλιστήρια πετρελαίου, όπου υποβάλλεται σε επεξεργασία για την παραγωγή διαφόρων πετρελαϊκών προϊόντων. Περίπου 40–50% του αργού πετρελαίου διυλίζεται σε βενζίνη.

Σε αυτό το πρόβλημα, θα διερευνηθούν τα βασικά στάδια παραγωγής βενζίνης.

Μια τυπική βενζίνη είναι ένα μείγμα αλκανίων, αλκενίων, κυκλοαλκανίων και αρωματικών ενώσεων με 4 έως 12 άτομα άνθρακα. Παράγεται με την ανάμειξη διαφορετικών προϊόντων διύλισης πετρελαίου, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω, σε ένα μείγμα βενζίνης.

Η διαδικασία διύλισης ξεκινά ουσιαστικά με *την κλασματική απόσταξη υπό ατμοσφαιρική πίεση*, όπου το αργό πετρέλαιο διαχωρίζεται σε κλάσματα ανάλογα με τα σημεία ζέσεώς τους. Μετά από αυτό το στάδιο, το υπολειμματικό πετρέλαιο διαχωρίζεται περαιτέρω μέσω *κλασματικής απόσταξης υπό κενό* σε βαρύτερα κλάσματα με υψηλότερα σημεία ζέσεως.

- (α) Να κατατάξετε τις ακόλουθες ενώσεις που υπάρχουν στο αργό πετρέλαιο κατά αύξουσα σειρά σημείου ζέσεως:

2,2-διμεθυλοβουτάνιο, εικοσάνιο, προπένιο, πεντάν-1-όλη, εξάνιο

Το επόμενο στάδιο μετά την απόσταξη είναι η *υδρογονοκατεργασία*, η οποία χρησιμεύει στη μείωση της περιεκτικότητας του θείου (S) στα κλάσματα πετρελαίου. Αυτό το στάδιο είναι απαραίτητο για την αποφυγή δηλητηρίασης των καταλυτών σε περαιτέρω διεργασίες διύλισης πετρελαίου και για την πρόληψη του σχηματισμού όξινης βροχής ως αποτέλεσμα των καυσαερίων από την καύση καυσίμων.

Μετά την *υδρογονοκατεργασία*, τα **ελαφρύτερα κλάσματα πετρελαίου ("νάφθα")** υποβάλλονται σε **καταλυτική ισομερείωση και καταλυτική αναμόρφωση** για την παραγωγή των συστατικών τα οποία χρησιμοποιούνται σε μείγματα βενζίνης με υψηλό αριθμό οκτανίων. Ένας υψηλότερος αριθμός οκτανίων υποδηλώνει ότι το καύσιμο μπορεί να αντέξει μεγαλύτερη συμπίεση σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, μειώνοντας την πιθανότητα πρόωρης αυτανάφλεξης. Αυτή η αντοχή στην αυτανάφλεξη είναι απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία των κινητήρων υψηλής συμπίεσης και την παραγωγή μεγαλύτερης ισχύος.

Κατά την **ισομερείωση**, τα γραμμικά αλκάνια μετατρέπονται σε διακλαδισμένα ισομερή. Κατά την **αναμόρφωση**, οι πιο σημαντικές αντιδράσεις είναι η *αφυδρογόνωση* των παραγώγων του κυκλοεξανίου και η *αφυδρογονοκυκλοποίηση* των ευθύγραμμων (γραμμικών) αλκανίων, οδηγώντας στην παραγωγή αρωματικών ενώσεων. Για παράδειγμα το επτάνιο σχηματίζει μεθυλοβενζόλιο.

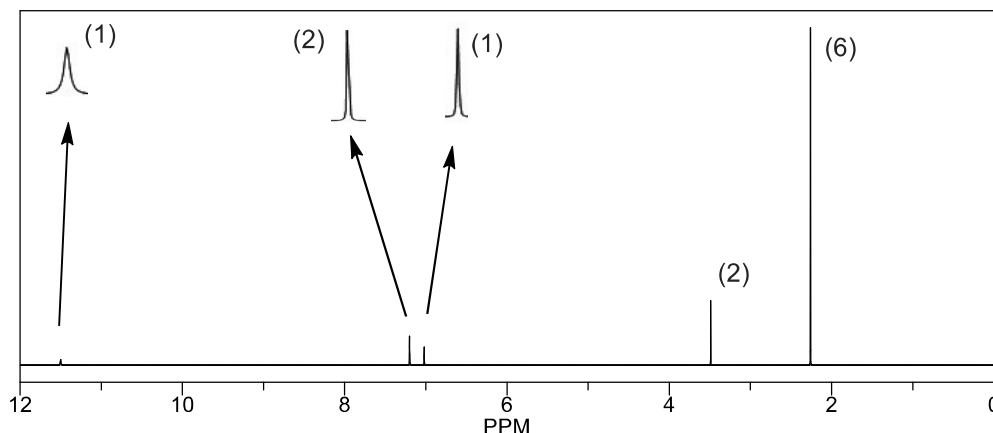
- (β) Να γράψετε όλους τους πιθανούς συντακτικούς τύπους των οργανικών ενώσεων που παράγονται κατά την *καταλυτική ισομερείωση* μείγματος βουτανίου, πεντανίου και εξανίου. Δεν χρειάζεται να συμπεριλάβετε τα αρχικά αλκάνια στην απάντησή σας.
- (γ) Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους όλων των προϊόντων που προκύπτουν από την *καταλυτική αναμόρφωση* του εξανίου και του οκτανίου, συμπεριλαμβανομένων και ανόργανων παραπροϊόντων.

Ερώτηση 9 (Οργανική Χημεία – Φασματοσκοπία NMR & IR)**(19 μονάδες)**

Αρωματική οργανική ένωση **X**, με μοριακό τύπο $C_{20}H_{24}$, υποβάλλεται σε κατεργασία με $KMnO_4/H_2SO_4$ 2 M σε θερμοκρασία δωματίου, δίνοντας δύο (2) οργανικά προϊόντα οξείδωσης, τα **Ψ** και **Ω**. Οξείδωση εν θερμώ με $KMnO_4/H_2SO_4$ 2 M, των ενώσεων **Ψ** και **Ω**, δίνει επίσης δύο (2) οργανικά προϊόντα, τα **Ψ₁** και **Ω₁** αντίστοιχα.

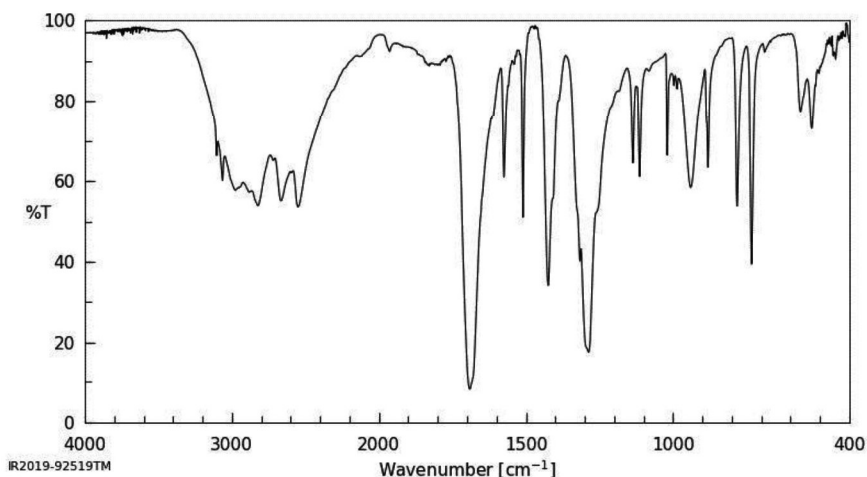
Για τις οργανικές ενώσεις **Ψ**, **Ψ₁**, δίνονται επιπλέον οι πιο κάτω πληροφορίες:

- Το φάσμα ^1H -NMR υψηλής ανάλυσης της ένωσης **Ψ₁** παρουσιάζει μία απλή κορυφή στην περιοχή 6-8 ppm και μία απλή κορυφή στην περιοχή 10-12 ppm, σε αναλογία 1:1.
- Φασματοσκοπική ανάλυση της ένωσης **Ψ** έδωσε το πιο κάτω φάσμα ^1H -NMR υψηλής ανάλυσης:



Για τις οργανικές ενώσεις **Ω**, **Ω₁**, δίνονται επιπλέον οι πιο κάτω πληροφορίες:

- Η ένωση **Ω** παρουσιάζει ισχυρή απορρόφηση στο φάσμα IR στους 1700 cm^{-1} .
- Όλες οι κορυφές στο φάσμα ^1H -NMR υψηλής ανάλυσης που αντιστοιχούν στους υποκαταστάτες της ένωσης **Ω** εμφανίζονται ως απλές.
- Μονονίτρωση της ένωσης **Ω₁** στις κατάλληλες συνθήκες, δίνει μόνο ένα πιθανό προϊόν.
- Η ένωση **Ω₁** δίνει το ακόλουθο φάσμα IR:



- (α) Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των ενώσεων **X**, **Ψ**, **Ψ₁**, **Ω** και **Ω₁**.
- (β) Να αντιστοιχίσετε τις λειτουργικές ομάδες των ενώσεων **Ω** και **Ω₁** με τις απορροφήσεις που παρατηρούνται στο φάσμα IR.

ΤΕΛΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Τυπολόγιο – Φυσικές Σταθερές – Μετατροπές Μονάδων

Βασικές Εξισώσεις και Νόμοι

Νόμος Ιδανικών Αερίων: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Ελεύθερη Ενέργεια Gibbs:

- $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$
- $\Delta G = \Delta G^\circ + R \cdot T \cdot \ln Q$
- $\Delta G = -n \cdot F \cdot E$

Εξίσωση Φορτίου: $q = I \cdot t$

Εξίσωση Van't Hoff:

$$\log \left(\frac{K_2}{K_1} \right) = -\frac{\Delta H^\circ}{2,303 \cdot R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad \text{ή} \quad \ln \left(\frac{K_2}{K_1} \right) = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Σταθερά Ισορροπίας: $K_p = \exp \left(\frac{-\Delta_r G}{RT} \right)$

Εξίσωση Nernst: $E = E^0 - \frac{R \cdot T \cdot \ln Q}{n \cdot F} = E^0 - \frac{0,0592 \cdot \log Q}{n \cdot F}$

Εξίσωση Arrhenius: $k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}}$

Λογαριθμική μορφή εξίσωσης Arrhenius:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R \cdot T} \quad \text{ή} \quad \log k = \log A - \frac{E_a}{2,303 \cdot R \cdot T}$$

Εξίσωση Arrhenius δύο σημείων: $\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

Ταχύτητα της αντίδρασης	A $\longrightarrow$ Προϊόντα
Μηδενικής τάξης $v = -\frac{dc_A}{dt} = k$	$c_A = c_{A_0} - k \cdot t$
Πρώτης τάξης $v = -\frac{dc_A}{dt} = k \cdot c_A$	$\ln \frac{c_A}{c_{A_0}} = -k \cdot t$
Δεύτερης τάξης $v = -\frac{dc_A}{dt} = k \cdot c_A^2$	$\frac{1}{c_A} = \frac{1}{c_{A_0}} + k \cdot t$

Σταθερές:

Παγκόσμια Σταθερά Αερίων: $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ή

$R = 0,0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ή

$R = 0,08314 \text{ L} \cdot \text{bar} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Σταθερά Faraday: $1 \text{ F} = 96.485 \text{ C} = 96.485 \text{ J V}^{-1}$

Σταθερά Ιοντισμού του Νερού: $K_w = 10^{-14}$

Αριθμός Avogadro: $N_A = 6,022 \times 10^{23}$

Μετατροπές:

Θερμοκρασία: $T (\text{K}) = \theta (^\circ\text{C}) + 273,15$

Πίεση: $1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar} = 760 \text{ mm Hg} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$,

$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ Torr}$, $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Λογαριθμική: $\ln x = 2,303 \log x$

Μετρικό πρόθεμα: $1 \text{ pico (p)} = 10^{-12}$

Περιοδικός Πίνακας των Χημικών Στοιχείων

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ

1

18

PERIODIKOS PINAKAS

VIII _A																		VIII _A																	
2																		2																	
He																		He																	
4,003																		4,003																	
10																		10																	
Ne																		Ne																	
20,18																		20,18																	
18																		18																	
Ar																		Ar																	
39,95																		39,95																	
36																		36																	
Kr																		Kr																	
83,80																		83,80																	
54																		54																	
Xe																		Xe																	
131,29																		131,29																	
86																		86																	
Rn																		Rn																	
[222]																		[222]																	
118																		118																	
Og																		Og																	
[294]																		[294]																	
[223]																		[223]																	
Ra																		Ra																	
[226]																		[226]																	
88																		88																	
Fr																		Fr																	
[223]																		[223]																	
87																		87																	
Cs																		Cs																	
132,90																		132,90																	
Ba																		Ba																	
[226]																		[226]																	
56																		56																	
Rb																		Rb																	
85,47																		85,47																	
Sr																		Sr																	
87,62																		87,62																	
Y																		Y																	
88,91																		88,91																	
Zr																		Zr																	
91,22																		91,22																	
Nb																		Nb																	
92,91																		92,91																	
Ta																		Ta																	
180,95																		180,95																	
W																		W																	
183,84																		183,84																	
Re																		Re																	
186,207																		186,207																	
Os																		Os																	
190,23																		190,23																	
Ir																		Ir																	
192,22																		192,22																	
Pt																		Pt																	
195,08																		195,08																	
Au																		Au																	
196,967																		196,967																	
Hg																		Hg																	
200,59																		200,59																	
Tl																		Tl																	
204,38																		204,38																	
Pb																		Pb																	
207,20																		207,20																	
Bi																		Bi																	
208,98																		208,98																	
Po																		Po																	
[209]																		[209]																	
At																		At																	
[210]																		[210]																	
Rn																		Rn																	
[222]																		[222]																	
117																		117																	
Ts																		Ts																	
[294]																		[294]																	
[293]																		[293]																	
Lv																		Lv																	
[293]																		[293]																	
Mc																		Mc																	
[289]																		[289]																	
Fℓ																		Fℓ																	
[289]																		[289]																	
Nh																		Nh																	
[286]																		[286]																	
Cn																		Cn																	
[285]																		[285]																	
Rg																		Rg																	
[272]																		[272]																	
Ds																		Ds																	
[281]																		[281]																	
Mt																		Mt																	
[266]																		[266]																	
Hs																		Hs																	
[265]																		[265]																	
Bh																		Bh																	
[262]																		[262]																	
Sg																		Sg																	
[263]																		[263]																	
Db																		Db																	
[262]																		[262]																	
Rf																		Rf																	
[261]																		[261]																	
Hf																		Hf																	
178,49																		178,49																	
Ta																		Ta																	
180,95																		180,95																	
W																		W																	
183,84																		183,84																	
Re																		Re																	
186,207																		186,207																	
Os																		Os																	
190,23																		190,23																	
Ir																		Ir																	
192,22																		192,22																	
Pt																		Pt																	
195,08																		195,08																	
Au																		Au																	
196,967																		196,967																	
Hg																		Hg																	
200,59																		200,59																	
Tl																		Tl																	
204,38																		204,38																	
Pb																		Pb																	
207,20																		207,20																	
Bi																		Bi																	
208,98																		208,98																	
Po																		Po																	
[209]																		[209]																	
At																		At																	
[210]																		[210]																	
Rn																		Rn																	
[222]																		[222]																	
118																		118																	
Og																		Og																	
[294]																		[294]																	
[293]																		[293]																	
Lv																		Lv																	
[293]																		[293]																	
Ts																		Ts																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294]																		[294]																	
[294																																			

Πίνακας Απορροφήσεων IR

Χαρακτηριστική Ομάδα	Είδος Δόνησης	Κυματαριθμός (cm ⁻¹)	Μορφή
ΑΛΚΑΝΙΑ			
-C-H	έκτασης	3000 - 2850	Ισχυρή
-C-H	κάμψης	1480 - 1350	μη συγκεκριμένη
-C-C-	έκτασης	1175 - 720	Μεσαία
ΑΛΚΕΝΙΑ			
=C-H	έκτασης	3100 - 3010	Μεσαία
=C-H	κάμψης	1000 - 675	Ισχυρή
C=C	έκτασης	1680 - 1620	μη συγκεκριμένη
ΑΛΚΙΝΙΑ			
≡C-H	έκτασης	3300 - 3290	ισχυρή, οξεία
	έκτασης	2260 - 2100	Συνήθως ασθενής μεταβαλλόμενη, απουσιάζει σε συμμετρικά αλκίνια
ΑΛΟΓΟΝΟΑΛΚΑΝΙΑ (ΑΛΚΥΛΑΛΟΓΟΝΙΔΙΑ)			
C-Cl	έκτασης	800 - 600	Ισχυρή
C-Br	έκτασης	600 - 500	Ισχυρή
C- I	έκτασης	500 - 490	Ισχυρή
ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ			
C-H	έκτασης	3100 - 3000	Μεσαία
C=C	έκτασης	1600 - 1400	μεσαία-ασθενής, πολλαπλό σήμα
ΑΛΚΟΟΛΕΣ			
O-H	έκτασης	3600 - 3200	ισχυρή, ευρεία
C-O	έκτασης	1150 - 1050	Ισχυρή
ΚΑΡΒΟΝΥΛΙΚΕΣ			
C=O	έκτασης	1820 - 1670	Ισχυρή
ΑΛΔΕΥΔΕΣ			
O=C-H	έκτασης	2850 - 2820 & 2750 - 2720	μεσαία, δύο κορυφές
ΝΙΤΡΙΛΙΑ			
CN	έκτασης	2260 - 2210	Μεσαία
ΝΙΤΡΟ-			
N-O	έκτασης	1560 - 1515 & 1385 - 1345	ισχυρή, δύο κορυφές
ΑΜΙΝΕΣ			
N-H	έκτασης	3450-3100	μεσαία
ΚΑΡΒΟΞΥΛΟΜΑΔΑ			
C=O	έκτασης	1725 - 1700	ισχυρή
O-H	έκτασης	3300 - 2500	ισχυρή, πολύ ευρεία
C-O	έκτασης	1320 - 1210	ισχυρή
ΕΣΤΕΡΕΣ			
C=O	έκτασης	1750 - 1735	ισχυρή
C-O	έκτασης	1300 - 1000	Δύο κορυφές ή περισσότερες
O-H	έκτασης	2500-3300	μέτρια, ευρεία

Πίνακας Χημικών Μετατοπίσεων (δ) $^1\text{H-NMR}$

Περιβάλλον	Είδος μορίου	δ / ppm
$\text{CH}_3\text{-R}$	Υδρογονάνθρακας	0,7 – 1,2
$\text{R-CH}_2\text{-R}$	Υδρογονάνθρακας	1,2 – 1,4
R_3CH	Υδρογονάνθρακας	1,4 – 1,6
HC-X (X: Cl, Br ή I)	Αλογονοαλκάνιο (αλκυλαλογονίδιο)	2,0 – 4,0
H-C-C=O	Καρβονυλομάδα, καρβοξυλομάδα ή εστερομάδα	2,1 – 3,0
H-C-O	Αλκοόλη ή εστέρας	3,3 – 4,3
O-H	Αλκοόλη	0,5 – 5,0
H-C=C	Αλκένιο	4,6 – 5,9
$\text{H-C}\equiv\text{C}$	Αλκίνιο	2,3 – 2,7
H-C=O	Αλδεΐδη	9,0 – 10,0
-COO-H	Καρβοξυλικό οξύ	10,0 – 12,0
Ar-H	Αρωματική ένωση	6,0 – 8,5
Ar-CH_3	Βενζυλικό	2,2 – 3,0