



**ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΠΑΓΚΥΠΡΙΑΣ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΓΙΑ ΤΗ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ 2025 – 2026
ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΝΕΟΛΑΙΑΣ**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: Σάββατο, 14 Μαρτίου 2026

**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 διασφαηνίσεις.**
8. Να γράφετε **ΚΑΘΑΡΑ** και **ΕΥΑΝΑΓΝΩΣΤΑ**.
9. Το εξεταστικό δοκίμιο αποτελείται από δεκατρείς **(13)** συνολικά σελίδες, συμπεριλαμβανομένων της πρώτης σελίδας με τις γενικές οδηγίες και των τελευταίων σελίδων με χρήσιμα δεδομένα (σελίδες 10 μέχρι 13).
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	4	4	5	5	14	22	18	14	14	100

ΝΑ ΕΧΕΤΕ ΚΑΘΕ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

Ερώτηση 1 (Ιοντική ισορροπία)**(4 μονάδες)**

Δίνεται υδατικό διάλυμα HClO μοριακότητας 10^{-3} M στους 25°C με $K_{\text{ox}}=10^{-9}$.

- (α) Να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού του HClO στο πιο πάνω υδατικό διάλυμα.
- (β) Σε ένα (1) L του πιο πάνω υδατικού διαλύματος HClO , διαβιβάζονται 224 mL αερίου HCl , σε Κ.Σ. Θεωρώντας ότι δεν παρατηρείται μεταβολή στον όγκο του διαλύματος, να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού του HClO στο τελικό διάλυμα.

Ερώτηση 2 (Ιοντική ισορροπία – Γινόμενο διαλυτότητας)**(4 μονάδες)**

Υδατικό διάλυμα περιέχει ιόντα CrO_4^{2-} και Cl^- σε αναλογία συγκεντρώσεων 1000:1 και με γινόμενα διαλυτότητας, $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)=1,9 \times 10^{-12}$ και $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})=1,8 \times 10^{-10}$.

Να προσδιορίσετε, καταγράφοντας αναλυτικά τους υπολογισμούς σας:

- (α) Το άλας που καταβυθίζεται πρώτο κατά την προσθήκη ιόντων Ag^+ εάν η αρχική συγκέντρωση $[\text{CrO}_4^{2-}]$ είναι 0,001 M.
- (β) Τις συγκεντρώσεις $[\text{CrO}_4^{2-}]$ και $[\text{Cl}^-]$ που απαιτούνται (διατηρώντας την αναλογία 1000:1) ώστε τα άλατα Ag_2CrO_4 και AgCl να καταβυθιστούν ταυτόχρονα.

Ερώτηση 3 (Νόμος των αερίων – Χημική ισορροπία)**(5 μονάδες)**

Σε δοχείο σταθερού όγκου $0,0100 \text{ m}^3$, X g αερίου SO_3 , 5,126 g αερίου SO_2 και 1,600 g αερίου O_2 , βρίσκονται σε κατάσταση χημικής ισορροπίας στους 1000 K.

- (α) Να γράψετε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης διάσπασης του SO_3 σε SO_2 και O_2 .
- (β) Να υπολογίσετε με ακρίβεια τεσσάρων σημαντικών ψηφίων:
- Το γραμμομοριακό κλάσμα του κάθε αερίου στην κατάσταση της χημικής ισορροπίας, αν η σταθερά της χημικής ισορροπίας K_c στους 1000 K είναι ίση με $0,250 \text{ mol/L}$.
 - Την ολική πίεση που ασκεί το αέριο μείγμα στα τοιχώματα του δοχείου.
 - Τη μερική πίεση του κάθε αερίου.
 - Τη σταθερά ισορροπίας K_p για αυτή την αντίδραση στη συγκεκριμένη θερμοκρασία.
 - Την πυκνότητα του αερίου μείγματος σε αυτή τη θερμοκρασία σε g/L.

Ερώτηση 4 (Ογκομέτρηση)**(5 μονάδες)**

A. Το βορικό οξύ, H_3BO_3 , αποτελεί δηλητηριώδη ουσία αν καταποθεί σε μεγάλες ποσότητες. Μάλιστα αυτό έχει φανεί ότι συσχετίζεται με προβλήματα του αναπαραγωγικού συστήματος, βλάβες των νεφρών, ενδοκρινικές και ηπατικές διαταραχές, αλλεργικές αντιδράσεις, διέγερση ή καταστολή του νευρικού συστήματος και εμφάνιση εξανθημάτων. Χρησιμοποιείται, μεταξύ άλλων, ως εντομοκτόνο, με καλή απόδοση στις κατσαρίδες και στα μυρμήγκια. Στα υδατικά του διαλύματα συμπεριφέρεται ως εξαιρετικά ασθενές μονοπρωτικό οξύ.

Δείγμα από εντομοκτόνο μάζας 2 g διαλύεται σε θερμό νερό. Το βορικό οξύ που περιέχεται στο υδατικό διάλυμα που προκύπτει απαιτεί για την εξουδετέρωση του 10 mL διαλύματος NaOH 0,9 M. Να υπολογίσετε την % w/w (% κ.μ.) περιεκτικότητα του εντομοκτόνου σε βορικό οξύ.

B. Ζητήθηκε από ομάδα μαθητών και μαθητριών να προσδιορίσουν τη μοριακότητα του διπρωτικού οξέος A, και για το οποίο δόθηκε η πληροφορία ότι είναι λευκή στερεή ουσία, μερικώς διαλυτή στο νερό.

Ένας μαθητής διέλυσε 1,20 g του οξέος σε αποσταγμένο νερό και παρασκεύασε 200 mL υδατικού διαλύματος. Μέτρησε με σιφώνιο 25 mL του διαλύματος του οξέος και τα μετέφερε σε κωνική φιάλη, στην οποία προστέθηκαν μερικές σταγόνες κατάλληλου δείκτη. Το μέτρο, υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου συγκέντρωσης 0,1 M τοποθετήθηκε στην προχοΐδα. Χρησιμοποιώντας πεχάμετρο κατάγραφε την αλλαγή της τιμής του pH του διαλύματος ως συνάρτηση του όγκου του διαλύματος NaOH. Στο σημείο ισοδυναμίας καταναλώθηκαν 18,04 mL μέτρου.

Να υπολογίσετε τη σχετική μοριακή μάζα του οξέος Α.

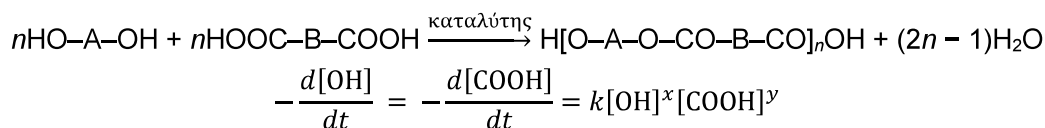
Ερώτηση 5 (Χημική κινητική και οργανική σύνθεση)

(14 μονάδες)

ΜΕΡΟΣ Α

Η βιομηχανία πολυμερών του Ουζμπεκιστάν αποτελεί έναν αναπτυσσόμενο τομέα, ο οποίος καθοδηγείται από την εγχώρια ζήτηση στους κλάδους των κατασκευών, της συσκευασίας και της γεωργίας. Η πολυσυμπύκνωση, γνωστή και ως πολυμερισμός συμπύκνωσης, οδηγεί στον σχηματισμό πολλών σημαντικών προϊόντων πολυμερισμού και είναι γνωστό ότι προχωρά μέσω μηχανισμού σταδίων.

Θεωρήστε τον σχηματισμό ενός πολυμερούς από τη συμπύκνωση των μονομερών HO-A-OH και HOOC-B-COOH. Τα πολυμερή αυτά, που προκύπτουν από διαδοχικές αντιδράσεις εστεροποίησης, ταξινομούνται ως πολυεστέρες. Για τη μελέτη της κινητικής του πολυμερισμού, θεωρήστε ως δεδομένο ότι η δραστηριότητα των λειτουργικών ομάδων παραμένει σταθερή και ανεξάρτητη από το μέγεθος της πολυμερικής αλυσίδας στην οποία ανήκουν.



Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται τα πειραματικά δεδομένα για τον καθορισμό της τάξης της αντίδρασης:

Πείραμα	Σταθερά ταχύτητας αντίδρασης / M·s ⁻¹	[OH] ₀ / M	[COOH] ₀ / M
1	2,70 × 10 ⁻⁴	0,100	0,100
2	1,08 × 10 ⁻³	0,200	0,200
3	1,62 × 10 ⁻³	0,300	0,200

Χρησιμοποιώντας τις πιο πάνω πληροφορίες και θεωρώντας ότι οι συγκεντρώσεις των λειτουργικών ομάδων είναι ίσες μεταξύ τους, [OH] = [COOH] = C, και άρα, η κινητική εξίσωση μπορεί να απλοποιηθεί περαιτέρω, ως εξής: $-\frac{dC}{dt} = kC^z$

(α) Να υπολογίσετε:

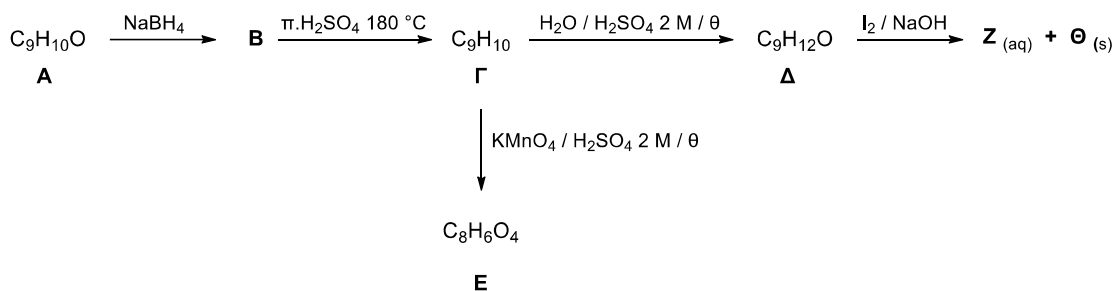
- (i) Την τιμή της σταθεράς ταχύτητας, k, της αντίδρασης πολυμερισμού.
- (ii) Τις τιμές x και y.
- (iii) Την τιμή της τάξης της αντίδρασης, z.

(β) Να γράψετε τον ολοκληρωμένο νόμο της ταχύτητας της χημικής αντίδρασης.

(γ) Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση της λειτουργικής ομάδας OH στο Πείραμα 2 κατά τη χρονική στιγμή, t = 10 s.

ΜΕΡΟΣ Β

Δίνεται το διάγραμμα μετατροπών της ένωσης Α.



Δίνεται επίσης η πληροφορία ότι, η ένωση **E** εμφανίζει στο φάσμα ^1H NMR τέσσερις κορυφές, από τις οποίες οι τρεις είναι σε χημική μετατόπιση 6 – 8,5 ppm.

(α) Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των ενώσεων **A** έως **Θ**.

(β) Η ένωση **E** αντιδρά με γλυκόλη (αιθανο-1,2-διόλη). Να σχεδιάσετε τη γενική δομή του προϊόντος της αντίδρασης (πολυμερές) για *n*-επαναλαμβανόμενες μονάδες.

Ερώτηση 6 (Οργανική χημεία)

(22 μονάδες)

Η αλειφατική οργανική ένωση Α έχει ευχάριστη φρουτώδη οσμή, χαμηλή τοξικότητα και χρησιμοποιείται σε αρωματικά καθαριστικά προϊόντα.

Δίνονται οι πιο κάτω πληροφορίες,

Για την ένωση Α:

- I. έχει σχετική μοριακή μάζα ίση με 212,
- II. αντιδρά με μεταλλικό νάτριο,
- III. κατά την όξινη υδρόλυση 13,25 g της, στις κατάλληλες συνθήκες, προκύπτουν το γλυκολικό οξύ Ψ και 6,16 g της γερανιόλης Ω, με απόδοση 64 %.

Για το γλυκολικό οξύ Ψ:

- I. διαθέτει μόνο σ δεσμούς μεταξύ των ατόμων άνθρακα,
- II. ποσότητα 0,1 mol του αντιδρά με PCl_5 ελευθερώνοντας το αέριο Ζ, το οποίο διαβιβάζεται σε αέρια αμμωνία, NH_3 παράγοντας 0,2 mol λευκά νέφη,
- III. αντιδρά με θερμό υδατικό διάλυμα KMnO_4 με H_2SO_4 2 M και σχηματίζεται μόνο ανόργανο αέριο, το οποίο θολώνει το διαυγές ασβεστόνερο.

Για τη γερανιόλη, Ω:

- I. είναι μονοσθενής οργανική ένωση,
- II. δεν παρουσιάζει είδος στερεοϊσομέρειας,
- III. ποσότητα 0,1 mol της αντιδρά με υδατικό διάλυμα KMnO_4 με H_2SO_4 2 M σε θερμοκρασία δωματίου και σχηματίζονται οι οργανικές ενώσεις Φ, Λ και το γλυκολικό οξύ, Ψ,
- IV. ποσότητα 0,1 mol της αντιδρά με θερμό υδατικό διάλυμα KMnO_4 με H_2SO_4 2 M και σχηματίζονται οι ενώσεις Φ και Λ και 0,2 mol ανόργανου αερίου.

Για την οργανική ένωση Φ:

- I. περιέχει μια χαρακτηριστική ομάδα στο μόριό της,
- II. δίνει εμφανές αποτέλεσμα με KOH/I_2 ,
- III. είναι η απλούστερη της ομόλογης σειράς της.

Για την οργανική ένωση Λ:

Τα χαρακτηριστικά του φάσματος $^1\text{H-NMR}$ υψηλής ανάλυσής της.

δ , ppm	Παράγοντας ολοκλήρωσης	Πολλαπλότητα
2,10	3	απλή
2,60	2	τριπλή
2,72	2	τριπλή
11,98	1	απλή

- (α) Να γράψετε τον συντακτικό τύπο της ένωσης Λ, αξιοποιώντας και αναλύοντας τα χαρακτηριστικά του φάσματος $^1\text{H-NMR}$ υψηλής ανάλυσής της.
- (β) Να γράψετε τα συμπεράσματά σας για το γλυκολικό οξύ, Ψ.
- (γ) Να υπολογίσετε τη σχετική μοριακή μάζα της γερανιόλης Ω, καταγράφοντας όλους τους απαραίτητους υπολογισμούς.
- (δ) Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των ενώσεων Α, Ψ, Ω και Φ.
- (ε) Να ονομάσετε τις ενώσεις Ψ, Ω και Φ, σύμφωνα με τους κανόνες ονοματολογίας της IUPAC.
- (στ) Να γράψετε τη χημική αντίδραση της ένωσης Ω με HI.
- (ζ) Να δείξετε διαγραμματικά, σε τέσσερα (4) στάδια, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα αντιδραστήρια ή/και συνθήκες και καταγράφοντας τους συντακτικούς τύπους των ενδιάμεσων κύριων οργανικών προϊόντων, πώς θα πετύχετε τη μετατροπή του γλυκολικού οξέος Ψ στον απλούστερο αρωματικό υδρογονάνθρακα.

Ερώτηση 7 (Θερμοδυναμική)

(18 μονάδες)

Τα απαραίτητα θερμοδυναμικά δεδομένα βρίσκονται στο τέλος της ερώτησης. Η σύσταση του αέρα να θεωρηθεί ότι είναι 20% v/v O_2 και 80% v/v N_2 .

Το υδρογόνο είναι ένα περιβαλλοντικά καθαρό καύσιμο το οποίο είναι ιδανικό για την τροφοδοσία εκατομμυρίων οχημάτων στους δρόμους μας.

Δίνονται τα πιο κάτω εναλλακτικά καύσιμα.

- (I) Υδρογόνο
- (II) Μεθάνιο
- (III) Ισοοκτάνιο (C_8H_{18})

- (α) Για όλα τα πιο πάνω καύσιμα, να γράψετε τις χημικές εξισώσεις της αντίδρασης καύσης (για ένα mole καυσίμου) και να υπολογίσετε την ενθαλπία καύσης ($\Delta_c H^\circ$) της αντίδρασης σε κανονικές συνθήκες ($T = 298 \text{ K}$, $P = 1 \text{ bar}$):
- (β) Η ενεργειακή πυκνότητα (MJ/kg) ενός καυσίμου ορίζεται ως η θερμότητα που απελευθερώνεται κατά την καύση ενός (1) kg καυσίμου.
- (i) Να υπολογίσετε την ενεργειακή πυκνότητα (MJ/kg) για τα καύσιμα αυτά σε κανονικές συνθήκες ($T = 298 \text{ K}$, $P = 1 \text{ bar}$).
 - (ii) Να επιλέξετε την ουσία που είναι το καλύτερο καύσιμο, λαμβάνοντας υπόψη την αναλογία ενέργειας προς μάζα.
- (γ) Να υπολογίσετε τον όγκο αέρα σε κανονικές συνθήκες ($T = 298 \text{ K}$, $P = 1 \text{ bar}$) που απαιτείται για να λειτουργήσει για 1 ώρα ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης που λειτουργεί με καύσιμο υδρογόνου και παράγει ισχύ 1 kW. Ο κινητήρας λειτουργεί με απόδοση, $\eta = 36\%$. Η απόδοση ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης ορίζεται ως ο λόγος του έργου που παράγει ο κινητήρας προς την θερμότητα που ελευθερώνεται από την καύση.

Τα αυτοκίνητα που κινούνται με υδρογόνο δεν απελευθερώνουν CO_2 , σε αντίθεση με τους βενζινοκινητήρες και τους κινητήρες μεθανίου, οι οποίοι εκπέμπουν CO_2 ως άμεσο προϊόν της καύσης του καυσίμου.

Στο Ουζμπεκιστάν κυκλοφορούν 3,75 εκατομμύρια αυτοκίνητα. Το 65% από αυτά λειτουργούν με μεθάνιο, ενώ το 35% με βενζίνη (υποθέστε ότι χρησιμοποιείται ισοοκτάνιο). Ένα όχημα στη χώρα διανύει κατά μέσο όρο 22.000 χιλιόμετρα ετησίως.

- Οι βενζινοκινητήρες καταναλώνουν 9 L καυσίμου ανά 100 km ($\rho_{\text{βενζίνη}} = 0,72 \text{ kg/L}$).
 - Οι κινητήρες μεθανίου καταναλώνουν 5 m^3 καυσίμου ($T = 298 \text{ K}$ και $P = 1 \text{ bar}$) ανά 100 km.
- (δ) Να υπολογίσετε την ποσότητα των εκπομπών CO_2 (σε εκατομμύρια τόνους), από τα αυτοκίνητα που θα αποφεύγονταν ετησίως, εάν κάθε όχημα λειτουργούσε αποκλειστικά με υδρογόνο.
- (ε) Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε moles) αζώτου που περιέχεται σε κλειστό και θερμικά μονωμένο σύστημα με αρχική θερμοκρασία, $T_{\text{initial}} = 298 \text{ K}$, και σταθερή πίεση ($P = 1 \text{ bar}$), που περιέχει 1 mol H_2 και περίσσεια αέρα, εάν μετά την καύση, η θερμοκρασία του συστήματος έφθασε $T = 800 \text{ K}$.

Θερμοδυναμικά δεδομένα ($T = 298 \text{ K}$, $P = 1 \text{ bar}$), οι ενθαλπίες και οι θερμοχωρητικότητες δεν εξαρτώνται από τη θερμοκρασία:

Ουσία	Ενθαλπία Σχηματισμού, $\Delta_f H^\circ$ ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	Θερμοχωρητικότητα, C_p ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
$\text{H}_2(\text{g})$	0	28,8
$\text{O}_2(\text{g})$	0	29,4
$\text{N}_2(\text{g})$	0	29,1
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-241,8	37,4
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-285,8	75,4
$\text{CH}_4(\text{g})$	-74,8	35,3
$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	-260,2	254,7
$\text{CO}_2(\text{g})$	-393,5	37,1

Ερώτηση 8 (Σύνθεση Haber–Bosch)

(14 μονάδες)

Στη διαδικασία Haber–Bosch, η αμμωνία (NH_3) συντίθεται απευθείας, από τα αντίστοιχα χημικά στοιχεία, στην παρουσία καταλύτη.

Τα απαραίτητα θερμοδυναμικά δεδομένα βρίσκονται στο τέλος της ερώτησης.

- (α) Να γράψετε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης σύνθεσης της αμμωνίας.
- (β) Να υπολογίσετε τη θερμοκρασία, T (K), της αντίδρασης σύνθεσης αμμωνίας, στην οποία $K_p = 1$, υποθέτοντας ότι οι τιμές $\Delta_f H^\circ$ και $\Delta_f S^\circ$ δεν εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. (Στην πραγματικότητα, τα $\Delta_f H^\circ$ και $\Delta_f S^\circ$ εξαρτώνται από τη θερμοκρασία.)
- (γ) Να υπολογίσετε την τιμή του K_p στους 300°C , υποθέτοντας ότι οι θερμοχωρητικότητες των αερίων παραμένουν σταθερές, ενώ η ενθαλπία και η εντροπία εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Η εξάρτηση της ενθαλπίας και της εντροπίας από την θερμοκρασία δίνεται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\Delta_r H(T) = \Delta_r H(T_o) + \Delta_r C_p(T - T_o)$$

$$\Delta_r S(T) = \Delta_r S(T_o) + \Delta_r C_p \ln(T/T_o)$$

για μια γενική χημική αντίδραση $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma \Gamma + \delta \Delta$

$$\Delta_r C_p = \gamma C_{p\Gamma} + \delta C_{p\Delta} - \alpha C_{pA} - \beta C_{pB}$$

- (δ) Να υπολογίσετε την ελάχιστη ποσότητα (moles) υδρογόνου που απαιτείται για να επιτευχθεί μετατροπή 90% ενός (1) mol αζώτου.
- (ε) Η σύνθεση αμμωνίας είναι εξώθερμη. Έτσι, οι χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν υψηλότερες αποδόσεις ισορροπίας, αλλά ο ρυθμός αντίδρασης μειώνεται σημαντικά. Βιομηχανικά, η διαδικασία διεξάγεται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις για να επιτευχθεί ο βέλτιστος ρυθμός και μετατροπή.
- (i) Ξεκινώντας από στοιχειομετρικό μείγμα αντιδρώντων στους 300 °C, τελική ολική πίεση 150 bar και με βάση την ποσότητα (moles) του αζώτου που αντιδρά να γράψετε τη μαθηματική έκφραση (χωρίς αριθμητικούς υπολογισμούς) για τον υπολογισμό:
- (1) της σύστασης ισορροπίας και
- (2) της απόδοσης της αντίδρασης.
- (ii) Να εξηγήσετε ποιοτικά, με αναφορά στην αρχή Le Chatelier, πώς θα άλλαζε η απόδοση ισορροπίας εάν αυξανόταν η συνολική πίεση διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή.

Θερμοδυναμικά δεδομένα σε κανονικές συνθήκες (T = 298 K, P = 1 bar):

Ουσία	$\Delta_r H^\circ$ (kJ·mol ⁻¹)	S° (J·mol ⁻¹ · K ⁻¹)	C_p (J·mol ⁻¹ · K ⁻¹)
H ₂ (g)	0	130,7	28,8
N ₂ (g)	0	191,6	29,1
NH ₃ (g)	-46,2	192,7	35,1

Ερώτηση 9 (Φωτοχημεία)

(14 μονάδες)

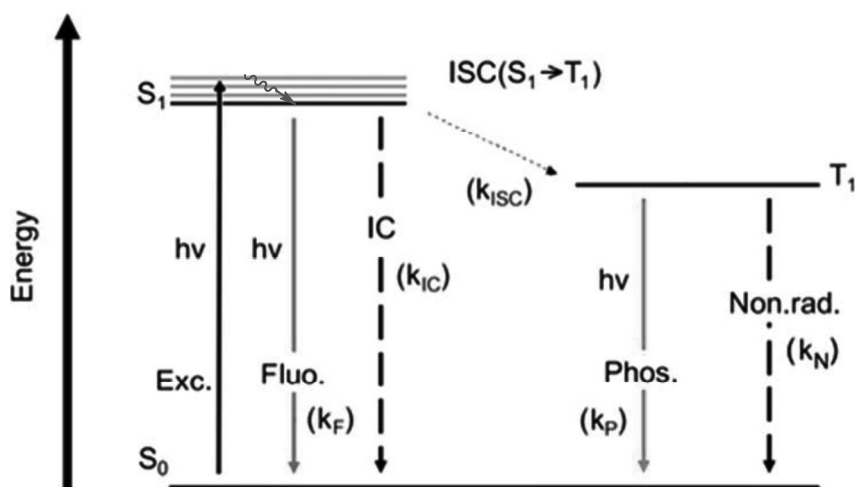
Τα μόρια μπορούν να υπάρχουν σε διαφορετικές καταστάσεις ηλεκτρονικού σπιν, γνωστές ως απλές (singlet) και τριπλές (triplet) καταστάσεις. Μια απλή κατάσταση (singlet) έχει όλα τα ηλεκτρόνια σε ζεύγη (συνολικό σπιν, S = 0), ενώ μια τριπλή κατάσταση (triplet) έχει δύο μονήρη ηλεκτρόνια με παράλληλα σπιν (συνολικό σπιν, S = 1).

Οι μεταβάσεις μεταξύ αυτών των καταστάσεων καθορίζουν σημαντικές διαδικασίες εκπομπής φωτός, όπως ο φθορισμός (singlet → singlet) και ο φωσφορισμός (triplet → singlet).

Όταν ένα μόριο απορροφά ένα φωτόνιο (hν), ένα ηλεκτρόνιο διεγείρεται σε υψηλότερο ενεργειακό επίπεδο, που ονομάζεται διεγερμένη κατάσταση (S₁ ή S*). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται **διέγερση** (Excitation – Exc, με ταχύτητα I_{abs}).

Από αυτή τη διεγερμένη κατάσταση (S₁), το μόριο μπορεί να χάσει ενέργεια με διάφορους τρόπους. Μπορεί να υποστεί **εσωτερική μετατροπή** (Internal Conversion – IC, με σταθερά ταχύτητας k_{IC}), όπου η ενέργεια χάνεται χωρίς ακτινοβολία, με τη μορφή θερμότητας μέσω μετάπτωσης σε δονητικά επίπεδα χαμηλότερης ενέργειας. Εναλλακτικά, μπορεί να επιστρέψει στην βασική κατάσταση (S₀), αφού προηγηθεί ταχύτατη δονητική χαλάρωση του μορίου, εκπέμποντας ένα φωτόνιο (hν). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται **φθορισμός** (Fluorescence – Fluo, με σταθερά ταχύτητας k_F).

Η απλή (singlet) διεγερμένη κατάσταση (S_1) μπορεί επίσης να μετατραπεί σε τριπλή (triplet) διεγερμένη κατάσταση (T_1) μέσω **διασυστηματικής διασταύρωσης** (Intersystem Crossing – ISC, με σταθερά ταχύτητας k_{ISC}). Η τριπλή (triplet) κατάσταση έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και το μόριο μπορεί να επιστρέψει στην βασική κατάσταση (S_0) εκπέμποντας ένα φωτόνιο ($h\nu$) μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται **φωσφορισμός** (Phosphorescence – Phos, με σταθερά ταχύτητας k_P), ή χάνοντας ενέργεια με τη μορφή θερμότητας μέσω μιας **μη-ακτινοβολούσας αποσύνθεσης** (Non-radiative decay - Non.rad, με σταθερά ταχύτητας k_N). Εάν υπάρχει κάποια ουσία που μπορεί να δεχτεί την ενέργεια διέγερσης, τότε είναι εφικτή η επιστροφή του μορίου στη βασική του κατάσταση (S_0) χωρίς εκπομπή φωτός.



- (α) Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μήκος κύματος ενός φωτονίου και η ενέργειά του είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα, να επιλέξετε τη σωστή απάντηση: «Για τη διέγερση του ηλεκτρονίου στο υψηλότερο δονητικό επίπεδο, το μήκος κύματος του απορροφούμενου φωτονίου πρέπει να είναι...»

A. υψηλότερο από το μήκος κύματος φθορισμού
B. ίσο με το μήκος κύματος φθορισμού
Γ. χαμηλότερο από το μήκος κύματος φθορισμού

- (β) Η εσωτερική μετατροπή (IC) (singlet $\rightarrow$ singlet) είναι συνήθως πιο συνηθισμένη από τη διασυστηματική διασταύρωση (ISC) (singlet $\rightarrow$ triplet), επειδή είναι μια διαδικασία που επιτρέπεται από το σπιν. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση: «Για να αυξηθεί η σταθερά ταχύτητας k_{ISC} , το ενεργειακό χάσμα μεταξύ των καταστάσεων S_1 και T_1 πρέπει να είναι όσο το δυνατόν...».

A. μεγαλύτερο
B. μικρότερο

- (γ) Για να προβλεφθεί η κβαντική απόδοση (ϕ_0) της εκπομπής φωτός (π.χ. φθορισμός), είναι απαραίτητο να είναι γνωστός ο μηχανισμός αποδιέγερσης της απλής (singlet) διεγερμένης κατάστασης (θα τη συμβολίσουμε εδώ με S^*):

	Διεργασία	Ταχύτητα
Απορρόφηση	$S + h\nu \rightarrow S^*$	$U_{abs} = I_{abs}$
Φθορισμός	$S^* \rightarrow S + h\nu$	$U_F = k_F [S^*]$
Εσωτερική μετατροπή	$S^* \rightarrow S$	$U_{IC} = k_{IC} [S^*]$
Διασυστηματική διασταύρωση	$S^* \rightarrow T^*$	$U_{ISC} = k_{ISC} [S^*]$

- (i) Να γράψετε την τάξη του $[S^*]$ για την ταχύτητα αποδιέγερσης της απλής (singlet) διεγερμένης κατάστασης.
- (ii) Να εκφράσετε την ολική παρατηρούμενη σταθερά ταχύτητας (k_{obs}) για την ταχύτητα αποδιέγερσης της απλής (singlet) διεγερμένης κατάστασης σε συνάρτηση με τα k_F , k_{IC} και k_{ISC} .
- (iii) Να εκφράσετε τη διάρκεια ζωής της εκπομπής (τ_0) μετά την απενεργοποίηση του προσπίπτοντος φωτός σε συνάρτηση με το k_{obs} , λαμβάνοντας υπόψιν σας ότι η διάρκεια ζωής της εκπομπής (τ_0) είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση του $[S^*]$ κατά e ($\approx 2,72$) φορές.
- (δ) Η κβαντική απόδοση φθορισμού (ϕ_0) είναι το κλάσμα των μορίων που βρίσκονται σε απλή (singlet) διεγερμένη κατάσταση και εκπέμπουν ένα φωτόνιο (φθορίζουν) ως προς το σύνολο των μορίων που βρίσκονται σε απλή (singlet) διεγερμένη κατάσταση. Να εκφράσετε την κβαντική απόδοση φθορισμού (ϕ_0) σε συνάρτηση με τα k_F , k_{IC} και k_{ISC} .
- (ε) Για τον έλεγχο της απόδοσης του φθορισμού σε συσκευές (π.χ. LED, αισθητήρες), η απόσβεση (quenching) είναι πολύ χρήσιμη. Η απόσβεση φθορισμού είναι η αποδιέγερση της απλής (singlet) διεγερμένης κατάστασης χωρίς ακτινοβολία. Σε μια απόσβεση σύγκρουσης, ένα διεγερμένο φθορίζον μόριο συγκρούεται με έναν αποσβεστήρα (quencher, Q) και, λόγω της απώλειας ενέργειας, δεν υπάρχει εκπομπή φωτός:

$$S^* + Q \rightarrow S + Q \quad u_Q = k_Q [S^*] [Q]$$

Να εκφράσετε την κβαντική απόδοση φθορισμού (ϕ) σε συνάρτηση με τις διάφορες σταθερές ταχύτητας k και τη συγκέντρωση του αποσβεστήρα, $[Q]$.
- (στ) Στην εξίσωση Stern–Volmer, η μαθηματική σχέση μεταξύ του λόγου ϕ_0 / ϕ και $[Q]$ είναι γραμμική. Να εξάγετε την εξίσωση αυτή.

ΤΕΛΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Τυπολόγιο – Φυσικές Σταθερές – Μετατροπές Μονάδων

Τύποι

Νόμος ιδανικών αερίων: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Ελεύθερη ενέργεια Gibbs:

- $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$
- $\Delta G = \Delta G^0 + R \cdot T \cdot \ln Q$
- $\Delta G = -n \cdot F \cdot E$

Εξίσωση φορτίου: $q = I \cdot t$

Εξίσωση van't Hoff:

$$\log \left(\frac{K_2}{K_1} \right) = -\frac{\Delta H^0}{2,303 \cdot R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad \text{ή} \quad \ln \left(\frac{K_2}{K_1} \right) = -\frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Εξίσωση σταθεράς ισορροπίας: $K_p = \exp \left(\frac{-\Delta_r G}{RT} \right)$

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

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

Σταθερά ιοντισμού του νερού: $K_w = 10^{-14}$

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

Μετατροπές:

Βαθμοί Κελσίου σε Κέλβιν: $T (\text{K}) = \theta (^\circ\text{C}) + 273,15$

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

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

$\ln x = 2,303 \log x$

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

Περιοδικός Πίνακας των Χημικών Στοιχείων

1

I_A

18

2

VIII_A

13

III_A

14

IV_A

15

V_A

16

VI_A

17

VII_A

18

3

III_B

4

IV_B

5

V_B

6

VI_B

7

VII_B

8

VIII_B

9

IX_B

10

X_B

11

II_B

12

19

K

20

Ca

21

Sc

22

Ti

23

V

24

Cr

25

Mn

26

Fe

27

Co

28

Ni

29

Cu

30

Zn

31

Ga

32

Ge

33

As

34

Se

35

Br

36

Kr

37

Rb

38

Sr

39

Y

40

Zr

41

Nb

42

Mo

43

Tc

44

Ru

45

Rh

46

Pd

47

Ag

48

Cd

49

In

50

Sn

51

Sb

52

Te

53

I

54

Xe

55

Cs

56

Ba

57-71

72

Hf

73

Ta

74

W

75

Re

76

Os

77

Ir

78

Pt

79

Au

80

Hg

81

Tl

82

Pb

83

Bi

84

Po

85

At

86

Rn

87

Fr

88

Ra

89-103

104

Rf

105

Db

106

Sg

107

Bh

108

Hs

109

Mt

110

Ds

111

Rg

112

Cn

113

Nh

114

Fl

115

Mc

116

Lv

117

Ts

118

Og

119-120

121

Uut

122

Uuq

123

Uub

124

Uut

125

Uuq

126

Uub

127

Uut

128

Uuq

129

Uub

130

Uut

131

Uuq

132

Uub

133

Uut

134

Uuq

135

Uub

136

Uut

137

Uuq

138

Uub

139

Uut

140

Uuq

141

Uub

142

Uut

143

Uuq

144

Uub

145

Uut

146

Uuq

147

Uub

148

Uut

149

Uuq

150

Uub

151

Uut

152

Uuq

153

Uub

154

Uut

155

Uuq

156

Uub

157

Uut

158

Uuq

159

Uub

160

Uut

161

Uuq

162

Uub

163

Uut

164

Uuq

165

Uub

166

Uut

167

Uuq

168

Uub

169

Uut

170

Uuq

171

Uub

172

Uut

173

Uuq

174

Uub

175

Uut

176

Uuq

177

Uub

178

Uut

179

Uuq

180

Uub

181

Uut

182

Uuq

183

Uub

184

Uut

185

Uuq

186

Uub

187

Uut

188

Uuq

189

Uub

190

Uut

191

Uuq

192

Uub

193

Uut

194

Uuq

195

Uub

196

Uut

197

Uuq

198

Uub

199

Uut

200

Uuq

201

Uub

202

Uut

203

Uuq

204

Uub

205

Uut

206

Uuq

207

Uub

208

Uut

209

Uuq

210

Uub

211

Uut

212

Uuq

213

Uub

214

Uut

215

Uuq

216

Uub

217

Uut

218

Uuq

219

Uub

220

Uut

221

Uuq

222

Uub

223

Uut

224

Uuq

225

Uub

226

Uut

227

Uuq

228

Uub

229

Uut

230

Uuq

231

Uub

232

Uut

233

Uuq

234

Uub

235

Uut

236

Uuq

237

Uub

238

Uut

239

Uuq

240

Uub

241

Uut

242

Uuq

243

Uub

244

Uut

245

Uuq

246

Uub

247

Uut

248

Uuq

249

Uub

250

Uut

251

Uuq

252

Uub

253

Uut

254

Uuq

255

Uub

256

Uut

257

Uuq

258

Uub

259

Uut

260

Uuq

261

Uub

262

Uut

263

Uuq

264

Uub

265

Uut

266

Uuq

267

Uub

268

Uut

269

Uuq

270

Uub

271

Uut

272

Uuq

273

Uub

274

Uut

275

Uuq

276

Uub

277

Uut

278

Uuq

279

Uub

280

Uut

281

Uuq

282

Uub

283

Uut

284

Uuq

285

Uub

286

Uut

287

Uuq

288

Uub

289

Uut

290

Uuq

291

Uub

292

Uut

293

Uuq

294

Uub

295

Uut

296

Uuq

297

Uub

298

Uut

299

Uuq

300

Uub

301

Uut

302

Uuq

303

Uub

304

Uut

305

Uuq

306

Uub

307

Uut

308

Uuq

309

Uub

310

Uut

311

Uuq

312

Uub

313

Uut

314

Uuq

315

Uub

316

Uut

317

Uuq

318

Uub

319

Uut

320

Uuq

321

Uub

322

Uut

323

Uuq

324

Uub

325

Uut

326

Uuq

327

Uub

328

Uut

329

Uuq

330

Uub

331

Uut

332

Uuq

333

Uub

334

Uut

335

Uuq

336

Uub

337

Uut

338

Uuq

339

Uub

340

Uut

341

Uuq

342

Uub

343

Uut

344

Uuq

345

Uub

346

Uut

347

Uuq

348

Uub

349

Uut

350

Uuq

351

Uub

352

Uut

353

Uuq

354

Uub

355

Uut

356

Uuq

357

Uub

358

Uut

359

Uuq

360

Uub

361

Uut

362

Uuq

363

Uub

364

Uut

365

Uuq

366

Uub

367

Uut

368

Uuq

369

Uub

370

Uut

371

Uuq

372

Uub

373

Uut

374

Uuq

375

Uub

376

Uut

377

Uuq

378

Uub

379

Uut

380

Uuq

381

Uub

382

Uut

383

Uuq

384

Uub

385

Uut

386

Uuq

387

Uub

388

Uut

389

Uuq

390

Uub

391

Uut

392

Uuq

393

Uub

394

Uut

395

Uuq

396

Uub

397

Uut

398

Uuq

399

Uub

400

Uut

401

Uuq

402

Uub

403

Uut

404

Uuq

405

Uub

406

Uut

407

Uuq

408

Uub

409

Uut

410

Uuq

411

Uub

412

Uut

413

Uuq

414

Uub

415

Uut

416

Uuq

417

Uub

418

Uut

419

Uuq

420

Uub

421

Uut

422

Uuq

423

Uub

424

Uut

425

Uuq

426

Uub

427

Uut

428

Uuq

429

Uub

430

Uut

431

Uuq

432

Uub

433

Uut

434

Uuq

435

Uub

436

Uut

437

Uuq

438

Uub

439

Uut

440

Uuq

441

Uub

442

Uut

443

Uuq

444

Uub

445

Uut

446

Uuq

447

Uub

448

Uut

449

Uuq

450

Uub

451

Uut

452

Uuq

453

Uub

454

Uut

455

Uuq

456

Uub

457

Uut

458

Uuq

459

Uub

460

Uut

461

Uuq

462

Uub

463

Uut

464

Uuq

465

Uub

466

Uut

467

Uuq

468

Uub

469

Uut

470

Uuq

471

Uub

472

Uut

473

Uuq

474

Uub

475

Uut

476

Uuq

477

Uub

478

Uut

479

Uuq

480

Uub

481

Uut

482

Uuq

483

Uub

484

Uut

485

Uuq

486

Uub

487

Uut

488

Uuq

489

Uub

490

Uut

491

Uuq

492

Uub

493

Uut

494

Uuq

495

Uub

496

Uut

497

Uuq

498

Uub

499

Uut

500

Uuq

501

Uub

502

Uut

503

Uuq

504

Uub

505

Uut

506

Uuq

507

Uub

508

Uut

509

Uuq

510

Uub

511

Uut

512

Uuq

513

Uub

514

Uut

515

Uuq

516

Uub

517

Uut

518

Uuq

519

Uub

520

Uut

521

Uuq

522

Uub

523

Uut

524

Uuq

525

Uub

526

Uut

527

Uuq

528

Uub

529

Uut

530

Uuq

531

Uub

532

Uut

533

Uuq

534

Uub

535

Uut

536

Uuq

537

Uub

538

Uut

539

Uuq

540

Uub

541

Uut

542

Uuq

543

Uub

544

Uut

545

Uuq

546

Uub

547

Uut

548

Uuq

549

Uub

550

Uut

551

Uuq

552

Uub

553

Uut

554

Uuq

555

Uub

556

Uut

557

Uuq

558

Uub

559

Uut

560

Uuq

561

Uub

562

Uut

563

Uuq

564

Uub

565

Uut

566

Uuq

567

Uub

568

Uut

569

Uuq

570

Uub

571

Uut

572

Uuq

573

Uub

574

Uut

575

Uuq

576

Uub

577

Uut

578

Uuq

579

Uub

580

Uut

581

Uuq

582

Uub

583

Uut

584

Uuq

585

Uub

586

Uut

587

Uuq

588

Uub

589

Uut

590

Uuq

591

Uub

592

Uut

593

Uuq

594

Uub

595

Uut

596

Uuq

597

Uub

598

Uut

599

Uuq

600

Uub

601

Uut

602

Uuq

603

Uub

604

Uut

605

Uuq

606

Uub

607

Uut

608

Uuq

609

Uub

610

Uut

611

Uuq

612

Uub

613

Uut

614

Uuq

615

Uub

616

Uut

617

Uuq

618

Uub

619

Uut

620

Uuq

621

Uub

622

Uut

623

Uuq

624

Uub

625

Uut

626

Uuq

627

Uub

628

Uut

629

Uuq

630

Uub

631

Uut

632

Uuq

633

Uub

634

Uut

635

Uuq

636

Uub

637

Uut

638

Uuq

639

Uub

640

Uut

641

Uuq

642

Uub

643

Uut

644

Uuq

645

Uub

646

Uut

647

Uuq

648

Uub

649

Uut

650

Uuq

651

Uub

652

Uut

653

Uuq

654

Uub

655

Uut

656

Uuq

657

Uub

658

Uut

659

Uuq

660

Uub

661

Uut

662

Uuq

663

Uub

664

Uut

665

Uuq

666

Uub

667

Uut

668

Uuq

669

Uub

670

Uut

671

Uuq

672

Uub

673

Uut

674

Uuq

675

Uub

676

Uut

677

Uuq

678

Uub

679

Uut

680

Uuq

681

Uub

682

Uut

683

Uuq

684

Uub

685

Uut

686

Uuq

687

Uub

688

Uut

689

Uuq

690

Uub

691

Uut

692

Uuq

693

Uub

694

Uut

695

Uuq

696

Uub

697

Uut

698

Uuq

699

Uub

700

Uut

701

Uuq

702

Uub

703

Uut

704

Uuq

705

Uub

706

Uut

707

Uuq

708

Uub

709

Uut

710

Uuq

711

Uub

712

Uut

713

Uuq

714

Uub

715

Uut

716

Uuq

717

Uub

718

Uut

719

Uuq

720

Uub

721

Uut

722

Uuq

723

Uub

724

Uut

725

Uuq

726

Uub

727

Uut

728

Uuq

729

Uub

730

Uut

731

Uuq

732

Uub

733

Uut

734

Uuq

735

Uub

736

Uut

737

Uuq

738

Uub

739

Uut

740

Uuq

741

Uub

742

Uut

743

Uuq

744

Uub

745

Uut

746

Uuq

747

Uub

748

Uut

749

Uuq

750

Uub

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