

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΩΤΕΡΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

ΠΑΓΚΥΠΡΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2021

ΜΑΘΗΜΑ: Χημεία-19

Ημερομηνία και ώρα εξέτασης: Σάββατο, 5 Ιουνίου, 2021
8:00 -11:00

ΤΟ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΟ ΔΟΚΙΜΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ 9 ΣΕΛΙΔΕΣ
ΝΑ ΑΠΑΝΤΗΘΟΥΝ ΚΑΙ ΤΑ ΔΥΟ ΜΕΡΗ, Α΄ ΚΑΙ Β΄, ΤΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ
Στο τέλος του εξεταστικού δοκιμίου επισυνάπτονται
Πίνακας Χημικών Μετατοπίσεων $^1\text{H-NMR}$, Πίνακας Απορροφήσεων IR και Περιοδικός
Πίνακας

ΜΕΡΟΣ Α΄: Ερωτήσεις 1-10

Να απαντήσετε **σε όλες** τις ερωτήσεις 1-10.
Κάθε ερώτηση βαθμολογείται με **5 μονάδες**.

Ερώτηση 1

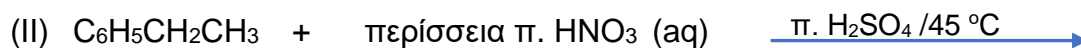
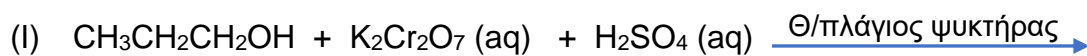
Ομάδα φοιτητών και φοιτητριών, μετά από σχετικά πειράματα σε εργαστήριο οργανικής χημείας, διαπίστωσε τα ακόλουθα:

- (I) Το προπυλοβενζόλιο χλωριώνεται στον πυρήνα με μεγαλύτερη ταχύτητα από το βενζόλιο.
- (II) Τα αλκένια εμφανίζουν κάποιες κοινές χημικές ιδιότητες με τα αλκίνια.

Να εξηγήσετε σε τι οφείλονται οι διαπιστώσεις των φοιτητών/τριών.

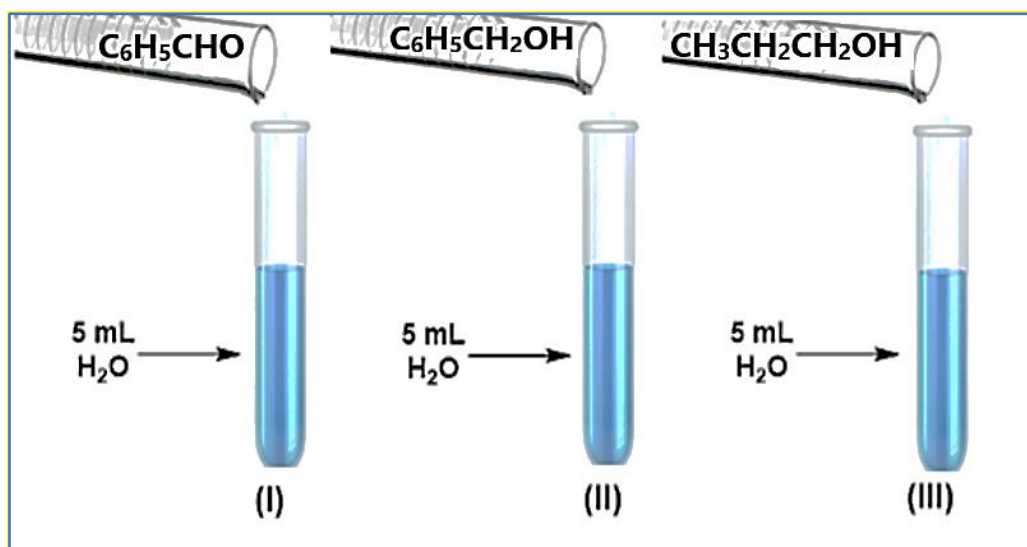
Ερώτηση 2

Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των κύριων οργανικών προϊόντων των πιο κάτω αντιδράσεων, (I) έως (III):



Ερώτηση 3

Σε τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες (I), (II) και (III) μεταφέρονται 5 mL αποσταγμένου νερού, όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα. Στη συνέχεια, προστίθενται στον κάθε σωλήνα αντίστοιχα, 2 mL βενζαλδεύδης ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$), 2 mL βενζυλικής αλκοόλης ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$) και 2 mL προπαν-1-όλης ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$). Ακολουθώντας, οι τρεις δοκιμαστικοί σωλήνες πωματίζονται, ανακινούνται έντονα και αφήνονται σε ηρεμία.



(α) Να γράψετε το εμφανές αποτέλεσμα που αναμένεται στον κάθε δοκιμαστικό σωλήνα, μετά το τέλος της πειραματικής διαδικασίας που περιγράφεται πιο πάνω.

(β) Να εξηγήσετε, με αναφορά στις διαμοριακές δυνάμεις, σε τι οφείλεται το εμφανές αποτέλεσμα στον σωλήνα (II).

Ερώτηση 4

Δίνονται οι ακόλουθες δηλώσεις:

- (I) Στο πεντ-1-ίνιο οι σ-δεσμοί που υπάρχουν προκύπτουν μόνο με επικάλυψη $sp-sp$, sp^3-sp^3 και sp^3-s τροχιακών.
- (II) Κατά την επίδραση θερμού αιθανολικού διαλύματος $NaOH$ στο 2-ιωδο-2-μεθυλοβουτάνιο, προκύπτουν δύο (2) πιθανά ισομερή προϊόντα.
- (III) Για υδατικό διάλυμα αιθανολικού νατρίου (CH_3CH_2ONa), ισχύει ότι $[H^+] = [OH^-]$.

- (α) Να γράψετε για την κάθε δήλωση (I) έως (III), αν είναι ορθή ή λανθασμένη.
(β) Να δικαιολογήσετε, για τις δηλώσεις (I) και (III) μόνο, την απάντηση που δώσατε στο ερώτημα (α).

Ερώτηση 5

Να δείξετε διαγραμματικά, σε τέσσερα (4) μόνο στάδια, τη μετατροπή του 1,2-διβρωμοαιθανίου σε γαλακτικό οξύ, $CH_3CH(OH)COOH$, καταγράφοντας όλα τα ενδιάμεσα προϊόντα και αντιδραστήρια/συνθήκες.

Ερώτηση 6

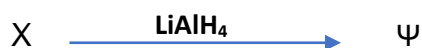
Δίνονται οι οργανικές ενώσεις (I) έως (III):



- (α) Να κατατάξετε τις πιο πάνω ενώσεις κατά σειρά αύξησης του σημείου ζέσεώς τους.
(β) Να δικαιολογήσετε την κατάταξη που δώσατε στο ερώτημα (α), με αναφορά στις διαμοριακές δυνάμεις.

Ερώτηση 7

Δίνεται η ακόλουθη χημική μετατροπή η οποία παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ των άκυκλων κορεσμένων οργανικών ενώσεων X και Ψ.



Για τις οργανικές ενώσεις X και Ψ, δίνονται επίσης οι πιο κάτω πληροφορίες:

- Η ένωση X αντιδρά με PCl_5 εκλύοντας αέριο.
- Η ένωση Ψ είναι κορεσμένη μονοσθενής αλκοόλη, με 26,66% κ.μ. οξυγόνο.

- (α) Να υπολογίσετε τον αριθμό ατόμων άνθρακα της ένωσης Ψ.
(β) Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των οργανικών ενώσεων X και Ψ.

Ερώτηση 8

Για τις οργανικές ενώσεις Χ, Ω, Ω₁ και Ω₂ δίνονται οι πιο κάτω πληροφορίες:

- (I) Η ένωση Χ είναι ο απλούστερος άκυκλος κορεσμένος υδρογονάνθρακας, ο οποίος εμφανίζει μόνο μία κορυφή στο φάσμα ¹H-NMR, με παράγοντα ολοκλήρωσης 12.
- (II) Η κορεσμένη άκυκλη οργανική ένωση Ω:
- Εμφανίζει αναγωγικές ιδιότητες και δεν περιέχει 4^ο άτομο άνθρακα.
 - Με την επίδραση πυκνού υδατικού διαλύματος ΚΟΗ, υπό τις κατάλληλες συνθήκες, δίνει μίγμα οργανικών προϊόντων Ω₁ και Ω₂.
 - Έχει τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα με τις Ω₁ και Ω₂.
 - Μόνο η Ω και η Ω₁ παρουσιάζουν ισχυρή κορυφή στο φάσμα IR, στην περιοχή 1830–1660 cm⁻¹.

Να γράψετε, με βάση τις πιο πάνω πληροφορίες, ένα πιθανό συντακτικό τύπο για την κάθε οργανική ένωση Χ, Ω, Ω₁ και Ω₂.

Ερώτηση 9

Η ένωση 2-βρωμο-2-φαινυλοβουτάνιο, C₆H₅CBr(CH₃)CH₂CH₃, με επίδραση υδατικού διαλύματος NaOH στις κατάλληλες συνθήκες, δίνει την οργανική ένωση Χ.

- (α) Να γράψετε το πλήρες όνομα του μηχανισμού, ο οποίος ακολουθείται κατά την αντίδραση.
- (β) Να γράψετε τον μηχανισμό της αντίδρασης, χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους στερεοχημικούς τύπους και σύμβολα.

Ερώτηση 10

Για τις οργανικές ενώσεις Α και Β δίνονται οι πιο κάτω πληροφορίες:

- Έχουν τον ίδιο μοριακό τύπο, C₉H₈O.
- Αντιδρούν με αμμωνιακό διάλυμα νιτρικού αργύρου στις κατάλληλες συνθήκες.
- Όταν θερμανθούν με διάλυμα KMnO₄, οξεινωμένου με διάλυμα H₂SO₄, δίνουν το ίδιο δικαρβοξυλικό οξύ Γ, για το οποίο υπάρχουν μόνο τρία πιθανά μονοβρωμοπαράγωγα στον πυρήνα.
- Μόνο η ένωση Β αντιδρά με μεταλλικό νάτριο.

Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των οργανικών ενώσεων Α, Β και Γ.

**ΤΕΛΟΣ ΜΕΡΟΥΣ Α΄
ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΜΕΡΟΣ Β΄**

ΜΕΡΟΣ Β΄: Ερωτήσεις 11-15

Να απαντήσετε **σε όλες** τις ερωτήσεις 11-15.
Κάθε ερώτηση βαθμολογείται με **10 μονάδες**.

Ερώτηση 11

Σε εργαστηριακή άσκηση, ζητείται από τους μαθητές και μαθήτριες να διεξάγουν τα απαραίτητα πειράματα για την ταυτοποίηση των πιο κάτω έξι (6) άχρωμων υγρών οργανικών ενώσεων, οι οποίες βρίσκονται σε ξεχωριστά δοχεία, χωρίς ετικέτες.

*βενζαλδεΐδη, 2-μεθυλοπροπαν-2-όλη, βουταν-2-όνη,
αιθανάλη, αιθανικό οξύ, μεθανικό οξύ*

Η Μαρία, με βάση τις γνώσεις της από την οργανική χημεία, αφού ονόμασε τα υγρά Α, Β, Γ, Δ, Ε και ΣΤ, με τυχαία σειρά, αποφάσισε να διεξάγει τέσσερις (4) πειραματικές δοκιμές στο καθένα.

Για την πρώτη δοκιμή, μετέφερε 2 mL από το κάθε υγρό (Α έως ΣΤ), ξεχωριστά, σε έξι (6) δοκιμαστικούς σωλήνες και στη συνέχεια, πρόσθεσε μικρή ποσότητα διαλύματος NaOH και στερεού ιωδίου (I₂) και στους έξι (6) σωλήνες. Κατέγραψε τις παρατηρήσεις της σε σχετικό πίνακα, σημειώνοντας «√» όπου υπήρχε εμφανές αποτέλεσμα και «X» όπου δεν υπήρχε οποιοδήποτε εμφανές αποτέλεσμα.

Συνέχισε με τον ίδιο τρόπο, προσθέτοντας κάθε φορά στην κάθε οργανική ουσία (Α έως ΣΤ), διαφορετικό αντιδραστήριο στις κατάλληλες συνθήκες και καταγράφοντας τις παρατηρήσεις της.

Δίνεται πιο κάτω, ο πίνακας με τα αποτελέσματα των πειραμάτων που εκτέλεσε η Μαρία.

Δοκιμή με:	Υγρό Α	Υγρό Β	Υγρό Γ	Υγρό Δ	Υγρό Ε	Υγρό ΣΤ
I ₂ /NaOH	X	X	X	X	√	√
Na	√	X	√	√	X	X
K ₂ Cr ₂ O ₇ / H ₂ SO ₄ /Θ	√	√	X	X	X	√
Na ₂ CO ₃	√	X	√	X	X	X

Να γράψετε:

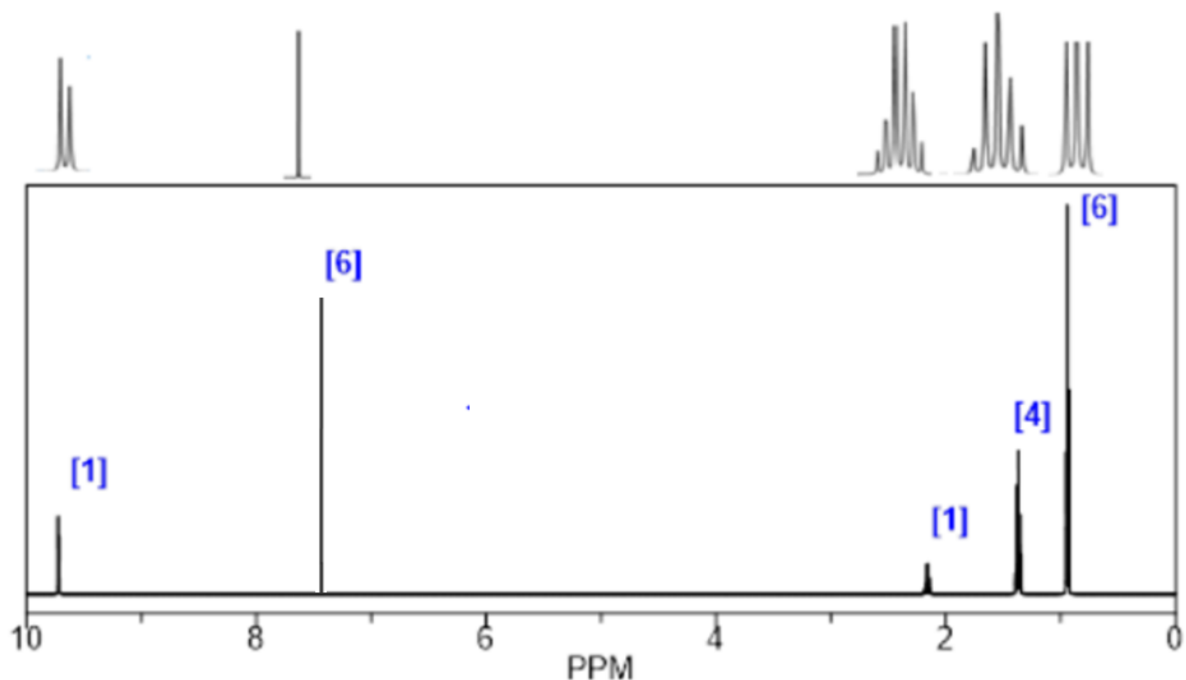
- (α) τον συντακτικό τύπο του κάθε οργανικού υγρού Α έως ΣΤ, με βάση τα αποτελέσματα που κατέγραψε η μαθήτρια στον πίνακα.
- (β) το εμφανές αποτέλεσμα, το οποίο αναμένεται να δώσει το κάθε ένα από τα τέσσερα (4) αντιδραστήρια που χρησιμοποίησε η μαθήτρια.

Ερώτηση 12

Κατά τη διαδικασία φασματοσκοπικού προσδιορισμού κορεσμένης άκυκλης οργανικής ένωσης X, με μοριακό τύπο $C_6H_{12}O$, ένας φοιτητής προετοίμασε το δείγμα προς ανάλυση 1H -NMR, χρησιμοποιώντας ως διαλύτη τον υδρογονάνθρακα Δ.

Το φάσμα 1H -NMR του δείγματος δίνεται πιο κάτω.

Στο πάνω μέρος του φάσματος φαίνονται οι πολλαπλότητες των κορυφών και οι αριθμοί στις αγκύλες αναφέρονται στους παράγοντες ολοκλήρωσης.



(α) Να γράψετε τον συντακτικό τύπο της οργανικής ένωσης X και του διαλύτη Δ, χρησιμοποιώντας όλες τις πληροφορίες και καταγράφοντας όλους τους συλλογισμούς σας.

(β) Δίνονται τρεις (3) άλλοι διαλύτες:

προπανόνη, εξάνιο και τετραχλωράνθρακας, (CCl_4)

(i) Να επιλέξετε, αντί του διαλύτη Δ, τον καταλληλότερο από τους τρεις (3) αυτούς διαλύτες, για τη φασματοσκοπική ανάλυση της οργανικής ένωσης X.

(ii) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας στο ερώτημα β(i).

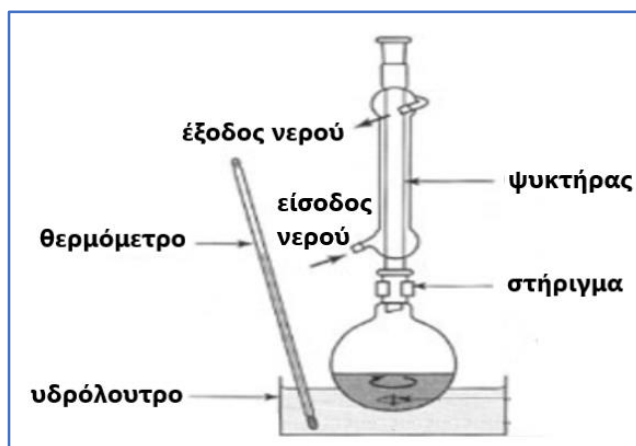
(γ) Να εξηγήσετε τον ρόλο του τετραμεθυλοπυριπίου (τετραμεθυλοσιλανίου) στην φασματοσκοπία 1H -NMR.

Ερώτηση 13

Ο κύριος Γεωργίου μαζί με μια ομάδα μαθητών και μαθητριών, στο πλαίσιο ενός διαγωνισμού επιχειρηματικότητας, ανέλαβαν την παρασκευή ενός αρώματος για το αυτοκίνητο. Μετά από μελέτη, αποφάσισαν να παρασκευάσουν τον προπανικό αιθυλεστέρα, με άρωμα ανανά.

Η ομάδα προμηθεύτηκε τα απαιτούμενα αντιδραστήρια, όργανα και συσκευές και ακολούθησε τα πιο κάτω στάδια για την παρασκευή του προπανικού αιθυλεστέρα:

- (I) Πλήρης απόσταξη 250 mL διαλύματος της αλκοόλης X με περιεκτικότητα 69% v/v, συλλογή του αποστάγματος και περαιτέρω επεξεργασία για λήψη καθαρής αλκοόλης (η πυκνότητα της καθαρής αλκοόλης X είναι ίση με 0,79 g/mL).
- (II) Μεταφορά όλης της ποσότητας της αλκοόλης X σε σφαιρική φιάλη.
- (III) Προσθήκη περίσσειας του κατάλληλου οξέος Φ.
- (IV) Προσθήκη 1–2 mL πυκνού θειικού οξέος και μικρής ποσότητας από κομματάκια πορσελάνης.
- (V) Εφαρμογή κάθετου ψυκτήρα στη σφαιρική φιάλη, τοποθέτησή της σε υδρόλουτρο, και ρύθμιση της θερμοκρασίας στους 80-90 °C με τη βοήθεια θερμομέτρου.
- (VI) Θέρμανση του μίγματος για μερικές ώρες, όπως φαίνεται στο πιο κάτω διάγραμμα.
- (VII) Διαχωρισμός, καθαρισμός και ζύγιση του προπανικού αιθυλεστέρα, του οποίου η τελική μάζα βρέθηκε να είναι ίση με 174 g.



- (α) (i) Να εισηγηθείτε μία απλή εργαστηριακή πρακτική, ώστε το άρωμα του εστέρα να γίνει πιο ευδιάκριτο, πριν το στάδιο (VII).
- (ii) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας στο ερώτημα α(i).
- (β) Να γράψετε την χημική εξίσωση της αντίδρασης παρασκευής του εστέρα από το κατάλληλο οξύ Φ και την αλκοόλη X, συμπεριλαμβάνοντας και τις απαραίτητες συνθήκες.
- (γ) Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης εστεροποίησης, εάν για τα υπόλοιπα στάδια της διαδικασίας οι απώλειες θεωρούνται αμελητέες.

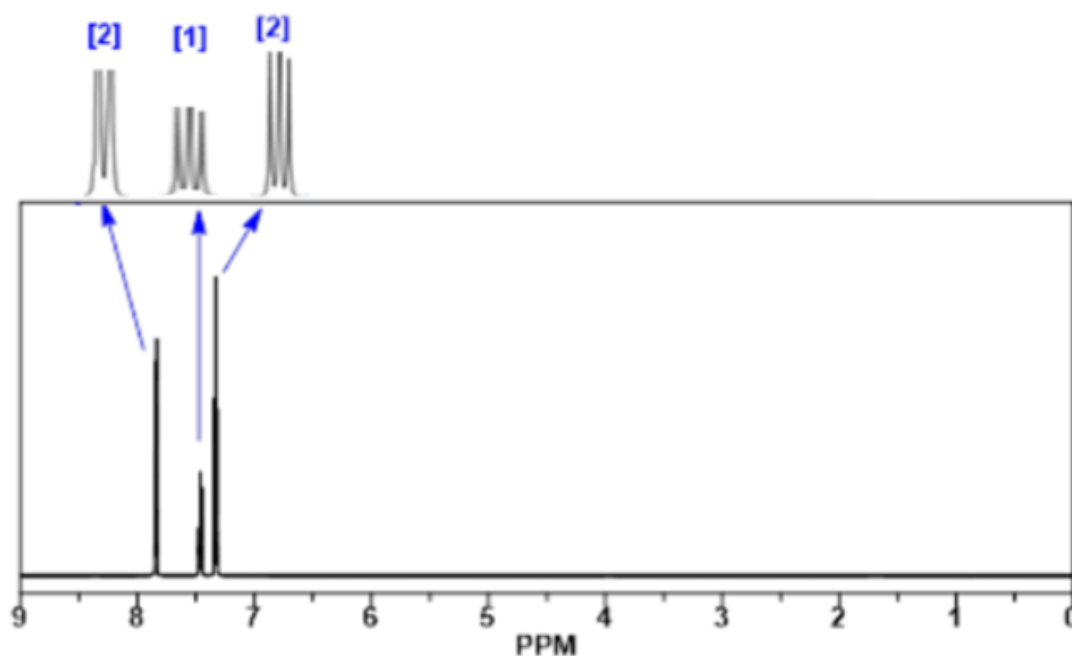
Ερώτηση 14

Όταν η οργανική ένωση Α με Μ.Τ. $C_{10}H_{12}O_2$ θερμαίνεται με αραιό διάλυμα οξέος, παράγονται δύο οργανικά προϊόντα, το Β και το Γ.

Για τις οργανικές ενώσεις Α, Β και Γ δίνονται επιπρόσθετα οι πιο κάτω πληροφορίες:

- Η ένωση Γ, είναι η απλούστερη της ομόλογης σειράς της που δεν αποχρωματίζει θερμό οξιτισμένο διάλυμα $KMnO_4$.
- Κατά την επίδραση με αλκαλικό διάλυμα ιωδίου, $I_2/NaOH$, στην ένωση Β, παρατηρείται η δημιουργία του στερεού Σ, ενώ παράγεται ταυτόχρονα η οργανική ένωση Β₁. Η φασματοσκοπική ανάλυση ^1H-NMR της Β₁ δίνει το πιο κάτω φάσμα.

Στο πάνω μέρος του φάσματος φαίνονται οι πολλαπλότητες των κορυφών και οι αριθμοί στις αγκύλες αναφέρονται στους παράγοντες ολοκλήρωσης.



(α) Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των Α, Β, Β₁, Γ και Σ, χρησιμοποιώντας όλα τα δεδομένα και καταγράφοντας όλους τους συλλογισμούς σας.

(β) Να γράψετε τον συντακτικό τύπο του αντιδραστήριου Ζ (διαφορετικού από το Γ), το οποίο αντιδρά με την οργανική ένωση Β, σε ένα στάδιο, για την παραγωγή της οργανικής ένωσης Α.

Ερώτηση 15

Για τις άκυκλες κορεσμένες οργανικές ενώσεις Α, Β και Γ, με μοριακό τύπο $C_6H_{12}O$, δίνονται οι πιο κάτω πληροφορίες:

- Η ένωση Α αντιδρά: (I) με 2,4-δινιτροφαινυλδραζίνη (2,4-ΔΝΦΥ) και (II) με αλκαλικό διάλυμα ιωδίου, ενώ στο φάσμα ^1H-NMR χαμηλής ανάλυσης εμφανίζει μόνο δύο χημικές μετατοπίσεις.
- Η ένωση Β δίνει αντίδραση με πυκνό διάλυμα ΚΟΗ.
- Η ένωση Γ αντιδρά με το φελίγγειο υγρό και περιέχει πρωτοταγή (1°) και τριτοταγή (3°) άτομα άνθρακα μόνο.

(α) Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των οργανικών ενώσεων Α, Β και Γ, χρησιμοποιώντας όλα τα δεδομένα και καταγράφοντας όλους τους συλλογισμούς σας.

(β) Να γράψετε την αντίδραση:

- (i) της Β με πυκνό διάλυμα ΚΟΗ και
- (ii) της Γ με το φελίγγειο υγρό.

ΤΕΛΟΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ (IR) – Πίνακας Απορροφήσεων

Χαρακτηριστική Ομάδα	Είδος Δόνησης	Απορρόφηση (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
$\text{C}\equiv\text{C}$	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
ΑΛΔΕΪΔΕΣ			
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
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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ¹H-NMR - Πίνακας Χημικών Μετατοπίσεων (δ)

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
RCH_2Cl ή Br	Αλογονοαλκάνιο (αλκυλαλογονίδιο)	2,0 – 4,2
H-C-C=O	Καρβονυλομάδα, καρβοξυλικό οξύ ή εστέρας	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	6,5 – 8,3
Ar-CH_3	Αρωματική ένωση	2,5 – 2,8

