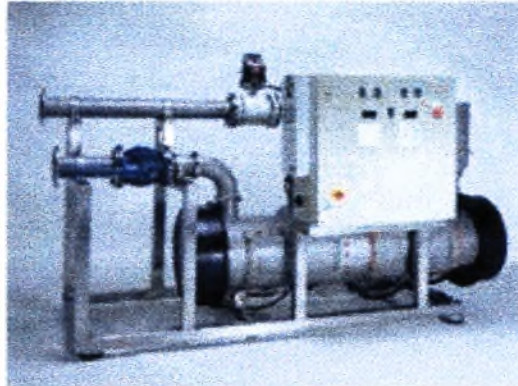


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΩΝ  
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : 'ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ  
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ –  
ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΤΗΣ ΧΡΩΣΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ  
DIRECT BLUE

ΦΟΙΤΗΤΗΣ : ΚΑΡΑΔΗΜΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Δρ. Γ. ΠΑΠΑΠΟΛΥΜΕΡΟΥ

ΒΟΛΟΣ 26 – 2 - 1998



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ**  
**ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 2097/1  
Ημερ. Εισ.: 12-03-1998  
Δωρεά: \_\_\_\_\_  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΜΜΒ  
1998  
ΚΑΡ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΩΝ  
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : 'ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ  
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ –  
ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΤΗΣ ΧΡΩΣΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ  
DIRECT BLUE**

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ : ΚΑΡΑΔΗΜΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Δρ. Γ. ΠΑΠΑΠΟΛΥΜΕΡΟΥ**

**ΒΟΛΟΣ 26 – 2 - 1998**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο δύσκολο έργο της εκπόνησης της διπλωματικής αυτής εργασίας μου συμπαραστάθηκαν και με βοήθησαν κάποιοι άνθρωποι τους οποίους θα ήθελα να κατονομάσω και να τους ευχαριστήσω.

Στον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας Δρ. Γεώργιο Παπαπολυμέρου, διδασκων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, θα ήθελα να απονείμω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες για την συμπαράσταση και καθοδήγησή του για την εκπλήρωση αυτής της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στους διδάσκοντες του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας Δρ. Βασίλειο Μποντόζογλου, Αναπληρωτή Καθηγητή και Δρ. Παναγιώτη Τσιακάρα, Λέκτορα για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Στο φίλο και συμφοιτητή μου Δημήτρη Σπήλιο και στον υποψήφιο Διδάκτορα Μιχάλη Βλαχογιάννη ένα μεγάλο ευχαριστώ για την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της μελέτης.

Τέλος ευχαριστώ την αδελφή μου Μαρία για την βοήθειά της κατά την συγγραφή της εργασίας.

Η διπλωματική αυτή εργασία είναι αφιερωμένη στα άτομα που μου συμπαραστάθηκαν στην προσπάθειά μου.

Αφιερωμένη εξαιρετικά στην **οικογένειά** μου και στους **φίλους** μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντική δραστηριότητα στον τομέα της αναζήτησης και ανάπτυξης μεθόδων αντιρύπανσης φιλικών προς το περιβάλλον (καθαρές τεχνολογίες). Μία τέτοια τεχνολογία είναι η φωτοχημική οξειδωση των υγρών αποβλήτων.

Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται η φωτοχημική οξειδωση διαλύματος που περιέχει την χρωστική ουσία DIRECT BLUE καθώς και υπεροξειδίου του υδρογόνου σε θερμοκρασίες από 18°C μέχρι 90°C. Οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα σε αντιδραστήρα διαλείποντος έργου και η συγκέντρωση του χρώματος προσδιορίζεται φασματοφωτομετρικά. Έγιναν πειράματα αρχικά χωρίς την χρήση ακτινοβολίας και κατόπιν με την χρήση ακτινοβολίας μήκους κύματος 254 nm, για να μελετηθούν οι διαφορές κατά την οξειδωση.

Στα πειράματα χωρίς την χρήση ακτινοβολίας βρέθηκε ότι η αντίδραση είναι αργή, αλλά γίνεται πιο γρήγορη καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Από τις μετρήσεις που έγιναν σε θερμοκρασίες 45, 60, 75 και 90°C, προκύπτει ότι η ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης είναι 20,5 kcal/mole σε όξινο περιβάλλον (pH=5) και 26,1 kcal/mole σε αλκαλικό περιβάλλον (pH=11). Ο χρόνος ημιζωής του χρώματος (συγκέντρωσης 100 mg/l) στους 45°C και με 5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> είναι 1385 min, ενώ μειώνεται σε 345 min στους 60°C. Η αύξηση της συγκέντρωσης του υπεροξειδίου του υδρογόνου καθώς και η μείωση της συγκέντρωσης του χρώματος οδηγούν επίσης σε μείωση του χρόνου ημιζωής.

Η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (μήκους κύματος  $\lambda=254$  nm) αυξάνει σημαντικά το ρυθμό της αντίδρασης. Σε αλκαλικό περιβάλλον και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ο χρόνος ημιζωής είναι 570 min, ενώ σε περιβάλλον όξινο και ουδέτερο επιτυγχάνεται αποχρωματισμός των διαλυμάτων σε χρόνους από 30 έως 80 min. Η ημιζωή του χρώματος διέρχεται μέσω ενός ελαχίστου συναρτήσεως της συγκέντρωσης του υπεροξειδίου του υδρογόνου. Αυτό συμβαίνει γιατί στις μεγάλες συγκεντρώσεις H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> απορροφάται μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας από το οξειδωτικό μέσο, ενώ στις μικρές συγκεντρώσεις υπάρχει έλλειψη σε οξειδωτικά είδη.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	2
1.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	3
1.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ .....	4
1.4 ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	10
2.1 ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ .....	10
2.1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	10
2.1.2 ΠΟΣΟΤΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ- ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ BEER .....	13
2.1.3 ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ .....	16
2.1.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	16
2.1.3.2 ΠΗΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....	17
2.1.3.3 ΜΟΝΟΧΡΩΜΑΤΟΡΕΣ .....	18
2.1.3.4 ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ .....	19
Α. ΚΥΨΕΛΙΔΕΣ .....	19
Β. ΔΙΑΛΥΤΕΣ .....	20
2.1.3.5. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ .....	21
2.1.3.6 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ .....	23
2.2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....	24
2.2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	24
2.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	28
2.2.3. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ .....	32
2.2.4. ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΡΥΘΜΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΕ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ .....	36
2.2.5 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ .....	36
2.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....	43
2.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	43
2.3.2 ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΗΜΙΖΩΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ .....	44
2.3.3 ΧΑΜΗΛΕΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ .....	46
2.3.4 ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΗΜΙΖΩΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΡΗ ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ .....	46
2.3.4.1 ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ....	46
2.3.4.2. ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ..	48
2.3.4.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΗΜΙΖΩΗΣ .....	49
2.3.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΩΝ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ .....	49
2.3.6 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ .....	54
2.4 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ .....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ SHIMADZU UV -2401 PC ....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....	71

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

**ΣΧΗΜΑ 1.1:** Διάγραμμα ροής διεργασιών των συστημάτων χημικής οξειδωσης.

**ΣΧΗΜΑ 1.2 :** Διάγραμμα της διάταξης εξουδετέρωσης βιομηχανικών αποβλήτων και λασπών με τη μέθοδο της «Οξειδωσης σε συνθήκες πέραν του Κρίσιμου σημείου του Νερού».

**ΣΧΗΜΑ 1.3 :** Αλλαγές στην κατάσταση μορίων σαν συνάρτηση της απορροφούμενης ενέργειας .

**ΣΧΗΜΑ 1.4 :** Αρχή λειτουργίας ενός φωτοηλεκτρικού στοιχείου :(vb) ζώνη σθένους, (cb) ζώνη αγωγιμότητας, (Eg) ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού, (red,ox) οξειδοαναγωγικό σύστημα.

**ΣΧΗΜΑ 1.5 :** Προσομοίωση κόκκου ημιαγώγιμης κόνεως  $TiO_2$  με μικροφωτοηλεκτροχημικό στοιχείο υπό την επίδραση του φωτός.

**ΣΧΗΜΑ 2.1 :** Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

**ΣΧΗΜΑ 2.2 :** Τυπικά φάσματα απορρόφησης δύο ουσιών

α) Συμπλόκου 1,10 φαινανθρολίνης και  $Fe(II)$  και

β) Διχρωμικού καλίου σε 0,1 M θειικό οξύ

**ΣΧΗΜΑ 2.3 :** Η διεργασία απορρόφησης

**ΣΧΗΜΑ 2.4 :** Απορρόφηση και διαπερατότητα ως προς τη συγκέντρωση για δεδομένο μήκος κύματος και μήκος κυψελίδας.

**ΣΧΗΜΑ 2.5 :** Χαρακτηριστικό φάσμα απορρόφησης και διαπερατότητας

**ΣΧΗΜΑ 2.6 :** Ένταση της πηγής ως προς το μήκος κύματος σε δεδομένη θερμοκρασία.

**ΣΧΗΜΑ 2.7 :** Πραγματικό πλάτος μιας ζώνης ακτινοβολίας.

**ΣΧΗΜΑ 2.8 :** Μονοχρωμάτορας πρίσματος.

**ΣΧΗΜΑ 2.9 :** Διάγραμμα ενός ενισχυτικού συστήματος με όργανο ανάγνωσης.

**ΣΧΗΜΑ 2.10 :** Διάγραμμα ενός καταγραφικού ποτενσιόμετρου.

**ΣΧΗΜΑ 2.11:** Ο χημικός τύπος του DIRECT BLUE.

**ΣΧΗΜΑ 2.12 :** Καμπύλες απορρόφησης για μια σειρά μετρήσεων χωρίς την χρήση ακτινοβολίας.

**ΣΧΗΜΑ 2.13 :** Καμπύλες απορρόφησης για μια σειρά μετρήσεων με την χρήση ακτινοβολίας.



## ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 : Απορρόφηση συναρτήσει συγκέντρωσης.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2 : Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με το χρόνο  $t$  σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Η συγκέντρωση του χρώματος είναι 100 mg/lit, του  $H_2O_2$  είναι 2,5 %, και το  $pH=5$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3 : Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με το χρόνο  $t$  σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Η συγκέντρωση του χρώματος είναι 100 mg/lit, του  $H_2O_2$  είναι 2,5 %, και το  $pH=11$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4 : Γραφική παράσταση του  $-\ln k$  συναρτήσει του  $1/T$  χωρίς ακτινοβολίες.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5 : Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με το χρόνο  $t$  για 100 mg/lit DIRECT BLUE σε θερμοκρασία 45 °C και  $pH=5$ .

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6 : Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με το χρόνο  $t$  για 100 mg/lit DIRECT BLUE σε θερμοκρασία 60 °C και  $pH=5$ .

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7 : Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με το χρόνο  $t$  για 100 mg/lit DIRECT BLUE σε θερμοκρασία 90 °C και  $pH=5$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8 : Γραφική παράσταση του  $-\ln k$  συναρτήσει του  $\ln( CH_2O_2 )$  για 100 mg/lit DIRECT BLUE σε θερμοκρασία 45 °C και  $pH=5$ .

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9 : Γραφική παράσταση του  $-\ln k$  συναρτήσει του  $\ln( CH_2O_2 )$  για 100 mg/lit DIRECT BLUE σε θερμοκρασία 60 °C και  $pH=5$ .

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10 : Γραφική παράσταση του  $-\ln k$  συναρτήσει του  $\ln( CH_2O_2 )$  για 100 mg/lit DIRECT BLUE σε θερμοκρασία 90 °C και  $pH=5$ .

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11 : Γραφική παράσταση του λόγου  $C/C_0$  με τον χρόνο  $t$  σε θερμοκρασία 60 °C,  $pH=7$  και 0,05 %  $H_2O_2$  για διαφορετικές συγκεντρώσεις χρώματος.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12 : Γραφική παράσταση του λόγου  $C/C_0$  με τον χρόνο  $t$  σε θερμοκρασία 60 °C,  $pH=11$  και 0,05 %  $H_2O_2$  για διαφορετικές συγκεντρώσεις χρώματος.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13 : Γραφική παράσταση του χρόνου ημίσειας ζωής με την αρχική συγκέντρωση του χρώματος  $C_0$  σε θερμοκρασία 60°C και για 0,05%  $H_2O_2$ .

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14 : Εξάρτηση του χρόνου ημιζωής από την συγκέντρωση του  $H_2O_2$  παρουσία υπεριώδους ακτινοβολίας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15 : Γραφική παράσταση του λόγου  $C/C_0$  με τον χρόνο  $t$  σε θερμοκρασία 18 °C,  $pH=7$  και 0,5 %  $H_2O_2$  για διαφορετικές συγκεντρώσεις χρώματος παρουσία υπεριώδους ακτινοβολίας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16 : : Γραφική παράσταση του λόγου  $C/C_0$  με τον χρόνο  $t$  σε θερμοκρασία 18 °C,  $pH=11$  και 0,5 %  $H_2O_2$  για διαφορετικές συγκεντρώσεις χρώματος παρουσία υπεριώδους ακτινοβολίας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17 : Γραφική παράσταση του χρόνου ημίσειας ζωής με την αρχική συγκέντρωση του χρώματος  $C_0$  σε θερμοκρασία 18°C και για 0,5%  $H_2O_2$  παρουσία υπεριώδους ακτινοβολίας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18 : Γραφική παράσταση του λόγου  $C/C_0$  με τον χρόνο  $t$  για διάφορους παραμέτρους.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ποιοτική υποβάθμιση των επιφανειακών υδάτων τα τελευταία χρόνια ως αποτέλεσμα της έντονης βιομηχανικής και αγροτικής δραστηριότητας, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη εύρεσης μεθόδων ικανών να επιλύουν τα εμφανιζόμενα προβλήματα ρύπανσης. Συγκεκριμένα υπάρχει σημαντική δραστηριότητα στον τομέα της αναζήτησης και ανάπτυξης μεθόδων αντιρύπανσης φιλικών προς το περιβάλλον (καθαρές τεχνολογίες). Σαν απάντηση στο πρόβλημα «υγρή ρύπανση» θεωρείται παγκοσμίως η χρησιμοποίηση των λεγόμενων «Προχωρημένων Οξειδωτικών Μεθόδων Αντιρύπανσης (Advanced Oxidation Processes)». Στην κατηγορία αυτή (ΠΟΜΑ) ανήκουν οι τεχνολογίες εκείνες οι οποίες στηρίζονται στη χρήση μεθόδων όπως  $H_2O_2/UV-B$ ,  $O_3/UV-B$ , ετερογενής φωτοκατάλυση( $TiO_2/UV-A$ ). Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων αυτών, στηρίζεται στη δημιουργία ριζών του υδροξυλίου, οι οποίες αποτελούν μετά το φθόριο το ισχυρότερο οξειδωτικό μέσο (δυναμικό οξείδωσης 2,8 V), και επιπλέον δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον.

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση μιας εκ των «ΠΟΜΑ» ( $H_2O_2/UV-B$ ), για την μελέτη της αρχικής οξείδωσης του χρώματος DIRECT-BLUE που χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές διεργασίες βαφής υφασμάτων. Τα υγρά απόβλητα που παράγονται κατά τις βιομηχανικές διεργασίες βαφής, περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικών χρωμάτων που αποικοδομούνται δύσκολα με τις συμβατικές μεθόδους. Οι δυσκολίες αποικοδόμησης οφείλονται κυρίως στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που έχουν τα απόβλητα των διεργασιών αυτών, δηλαδή το χαμηλό BOD και το υψηλό COD.

Οι κλασσικές φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας τόσο των επιφανειακών υδάτων όσο και των υγρών αποβλήτων από μόνες τους δεν κρίνονται πλέον ικανοποιητικές, επειδή κατά μεγάλο μέρος κάνουν μεταφορά των ρύπων από τη μία φάση στην άλλη, χωρίς όμως την καταστροφή τους.

Οι μέθοδοι βιολογικού καθαρισμού δεν είναι επαρκείς, αφού πολύπλοκα μόρια βιοαποικοδομούνται δύσκολα ή καθόλου. Επιπλέον πολλά από αυτά, λόγω της τοξικής τους επίδρασης στους μικροοργανισμούς, μειώνουν την ικανότητα καθαρισμού της μεθόδου.

Στην μελέτη θα εξεταστεί η επίδραση διαφόρων παραγόντων στην κινητική της οξείδωσης. Οι παράγοντες αυτοί είναι η θερμοκρασία, η συγκέντρωση του χρώματος,

η συγκέντρωση του υπεροξειδίου του υδρογόνου, το pH, και τέλος η χρήση ή όχι υπεριώδους ακτινοβολίας.

## 1.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

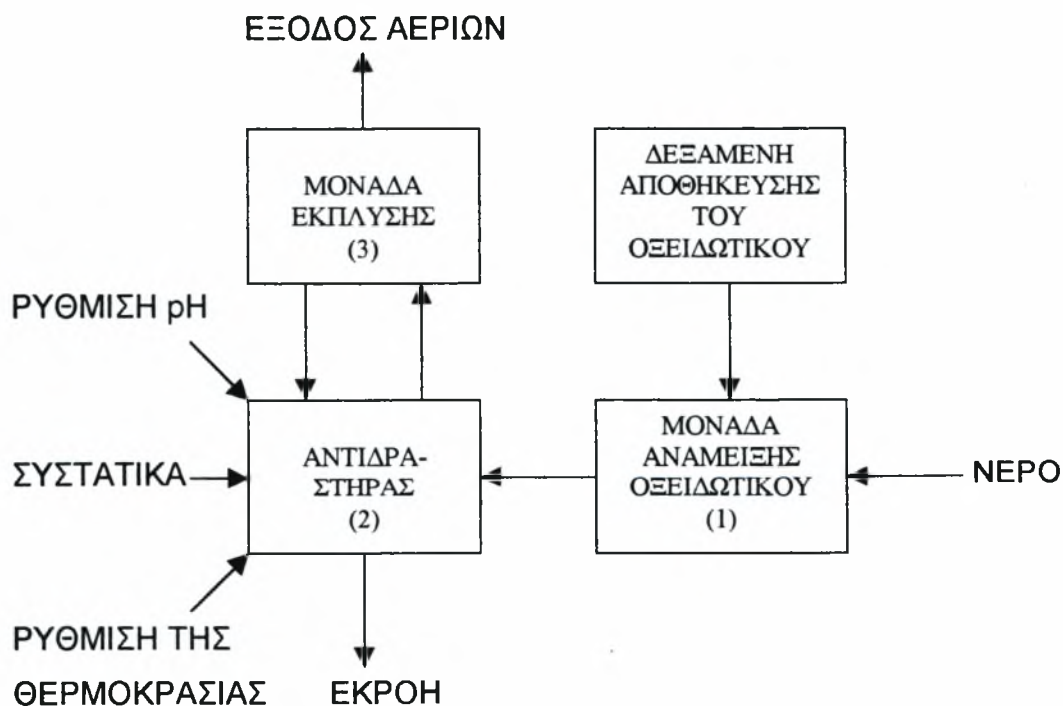
Διάφοροι μελετητές χρησιμοποίησαν παρόμοιες μεθόδους προκειμένου να πετύχουν οξειδωση των συστατικών υγρών αποβλήτων. Οι **Ku** και **Ho** (1990) [12] μελέτησαν την επίδραση διαφόρων οξειδωτικών μέσων καθώς και την χρήση ακτινοβολίας στη διάσπαση χλωροφαινόλων. Ο **Kearny** (1987) [9] μελέτησε την καταστροφή διαφόρων ενώσεων ευρέως χρησιμοποιούμενων με ένα συνδυασμό χρήσης ακτινοβολιών και όζοντος, ενώ ο **Glaze** (1987) [7] χρησιμοποίησε όζον για τον καθαρισμό πόσιμου νερού. Ο **Roy** (1990) [24] εξέτασε μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την εξάλειψη VOCs από το νερό με τη χρήση ακτινοβολίας UV και συζήτησε πιθανές εφαρμογές. Ο **Froelich** (1990) [6] παρουσίασε αποτελέσματα ολόκληρης γκάμας "perox-ruge<sup>TM</sup>" συστήματος σε διάφορες περιοχές μολυσμένες από διάφορα οργανικά τοξικά απόβλητα. Ο **Παπαπολυμέρου Γ.** (1997) [19, 20] μελέτησε την φωτοχημική οξειδωση του ερυθρού του μεθυλίου, καθώς και την ομογενή χημική οξειδωση του μπλε της ανιλίνης παρουσία υπεριώδους ακτινοβολίας. Το υπεροξείδιο του υδρογόνου και το όζον έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σαν οξειδωτικά, κυρίως για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων βιομηχανικών διεργασιών βαφής [8, 13, 25].

Άλλη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην οξειδωση οργανικών συστατικών στο νερό, είναι αυτή της ετερογενούς φωτοκατάλυσης. Ο **Crittenden** (1997) [2] μελέτησε την φωτοκαταλυτική οξειδωση χλωριούχων υδρογονανθράκων. Αλλά και διάφοροι άλλοι μελετητές έκαναν χρήση της μεθόδου της ετερογενούς φωτοκατάλυσης προκειμένου να οξειδώσουν χλωριούχους και μη χλωριούχους υδρογονάνθρακες, καθώς και κάποιες οργανικές χρωστικές ουσίες.

Τέλος έχουν γίνει μελέτες πάνω στη συμπεριφορά αποβλήτων που περιέχουν χρωστικές καθώς και άλλες οργανικές ενώσεις, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης. Σ'αυτή τη μέθοδο τα οξειδωτικά μέσα παράγονται με ηλεκτρόλυση και γίνεται κατ'αυτόν τον τρόπο η οξειδωση των οργανικών αποβλήτων.

### 1.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ

Η χημική οξείδωση καταστρέφει επικίνδυνα συστατικά διαλυμάτων μετατρέποντάς τα σε ακίνδυνα ή λιγότερο τοξικά παράγωγα που είναι κυρίως αδρανή. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις, όταν οι ρύποι δεν έχουν οξειδωθεί πλήρως, μπορεί να σχηματιστούν κάποια άλλα παραπροϊόντα εξίσου επικίνδυνα. Τα κυριώτερα οξειδωτικά μέσα είναι το όζον, το υπεροξείδιο του υδρογόνου, υποχλωριωτές, χλώριο και διοξείδιο του χλωρίου. Το όζον και το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) αντιδρούν αμέσως με μεγάλο αριθμό συστατικών και θεωρούνται πολύ ισχυρά οξειδωτικά μέσα. Έρευνες έχουν δείξει πως συνδυασμός των μέσων αυτών, καθώς και η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας επιφέρουν πολύ καλά αποτελέσματα όσον αφορά τη μείωση του COD. Τα αποτελέσματα αυτά καταγράφονται και βοηθούν στη μελέτη της συμπεριφοράς και της απόδοσης των συστημάτων χημικής οξείδωσης για συγκεκριμένες διεργασίες. Στο Σχήμα 1.1 φαίνεται ένα διάγραμμα ροής επεξεργασίας για ένα σύστημα χημικής οξείδωσης.

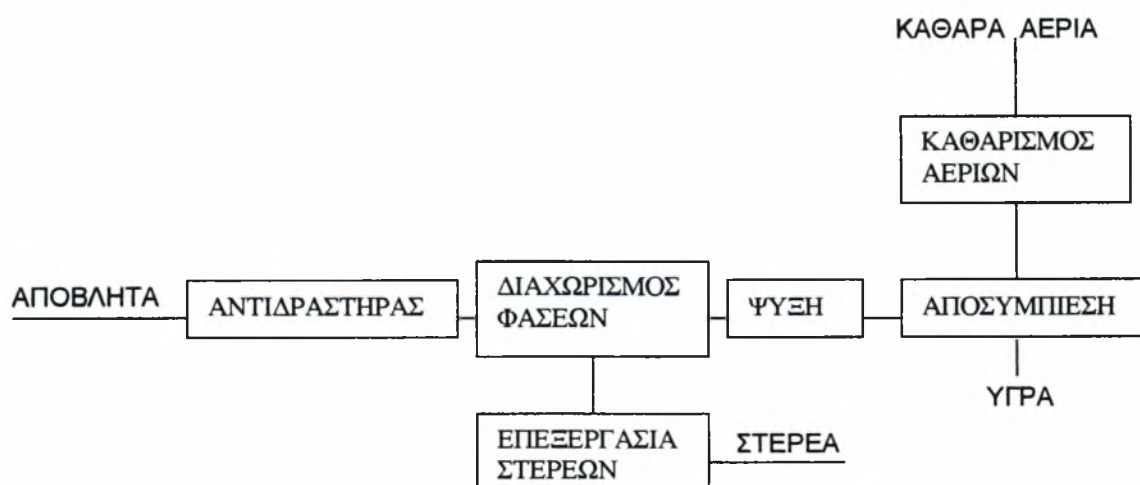


**ΣΧΗΜΑ 1.1:** Διάγραμμα ροής διεργασιών των συστημάτων χημικής οξείδωσης.

Οι τεχνολογίες χημικής οξειδωσης χρησιμοποιούνται ευρέως για την επεξεργασία αμινών, χλωροφαινόλων, κυανιδίων, αλιφατικών ενώσεων, φαινόλων καθώς και για διάφορες χλωριούχες οργανικές ενώσεις. Κυρίως είναι κατάλληλες για διαλύματα χαμηλής συγκέντρωσης σε συστατικά, με εξαίρεση την οξειδωση σε συνθήκες πέραν του κρίσιμου σημείου του νερού.

Η οξειδωση σε συνθήκες πέραν του κρίσιμου σημείου του νερού (374°C, 221 atm) αποτελεί μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική πρόταση, κατάλληλη για βιομηχανικά απόβλητα καθώς και λάσπες εδαφών που έχουν μολυνθεί από τοξικές ενώσεις. Η μέθοδος δύναται να εφαρμοστεί για την επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων ή λασπών που χαρακτηρίζονται από υψηλό COD(>50000 mg/lit) και που περιέχουν οργανικές ενώσεις που είναι ιδιαίτερα σταθερές και τοξικές. Ο βαθμός απόδοσης ποικίλει από 0,90 μέχρι 0,99 ανάλογα με τη φύση των οργανικών ενώσεων στα απόβλητα, τη συγκέντρωσή τους και το χρόνο επεξεργασίας τους. Το Σχήμα 1.2 απεικονίζει ένα διάγραμμα της διάταξης οξειδωσης σε υπερκρίσιμες συνθήκες.

Η αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών χημικής οξειδωσης σε γενικές ομάδες συστατικών φαίνεται στον Πίνακα 1.1. Η αποδεδειγμένη βέβαια αποτελεσματικότητα μιας τεχνολογίας για ένα συγκεκριμένο είδος αποβλήτου δεν σημαίνει πως η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί για απόβλητα κάθε είδους.



**ΣΧΗΜΑ 1.2** :Διάγραμμα της διάταξης εξουδετέρωσης βιομηχανικών αποβλήτων και λασπών με τη μέθοδο της «Οξειδωσης σε συνθήκες πέραν του Κρίσιμου σημείου του Νερού».

	ΟΜΑΔΕΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ	ΥΓΡΑ	ΡΥΠΟΙ-ΙΛΥΣ
Ο Ρ Γ Α Ν Ι Κ Α	Αλογονούχα πτητικά	■	▼
	Αλογονούχα ημιπτητικά	■	▼
	Πτητικά μη αλογονούχα	■	▼
	Ημιπτητικά μη αλογονούχα	■	▼
	PCBs	■	□
	Εντομοκτόνα	■	▼
	Διοξίνες-φουράνια	▼	□
	Οργανικά κυανίδια	■	■
	Οργανικά διαβρωτικά	▼	▼
Α Ν Ο Ρ Γ Α Ν Α	Πτητικά μέταλα	■	▼
	Μη πτητικά μέταλα	■	▼
	Αμίαντος	□	□
	Ραδιενεργά υλικά	□	□
	Ανόργανα διαβρωτικά	□	□
	Ανόργανα κυανίδια	■	■
Ε Ν Ε Ρ Γ Α	Οξειδωτικά μέσα	□	□
	Αναγωγικά μέσα	■	▼
Μ Ε Σ Α			

■ Αποδεδειγμένη Αποτελεσματικότητα  
 ▼ Ενδεχόμενη Αποτελεσματικότητα  
 □ Ενδεχόμενη Αναποτελεσματικότητα

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 :** Η αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών χημικής οξείδωσης

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗ	ΔΕΙΓΜΑΤΑ
ΥΨΗΛΗ	Φαινόλες, αλδεϋδες, αμίνες, θειούχα μίγματα
ΜΕΣΗ	Αλκοόλες, κετόνες, οργανικά οξέα, εστέρες, αρωματικά υποαλκύλια, αρωματικά υπονιτρίδια, υδατάνθρακες
ΧΑΜΗΛΗ	Αλογονούχοι υδρογονάνθρακες, κορεσμένες αλιφατικές ενώσεις, βενζόλιο

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2** :Οργανικές ενώσεις ανάλογα με την ικανότητά τους προς οξειδωση

Η αποτελεσματικότητα της χημικής οξειδωσης εξαρτάται από τη φύση των οξειδωτικών μέσων καθώς και την ποιότητα των αποβλήτων. Στον Πίνακα 1.2 αναφέρονται οργανικές ενώσεις ανάλογα με την ικανότητά τους να οξειδωθούν.

Τα συστήματα που χρησιμοποιούν όζον έχουν γενικότερα υψηλό κόστος διεργασίας. Το όζον έχει ημίσεια ζωή από 20 μέχρι 30 min, και γι'αυτό πρέπει να παράγεται επιτόπου από κατάλληλο αντιδραστήρα.

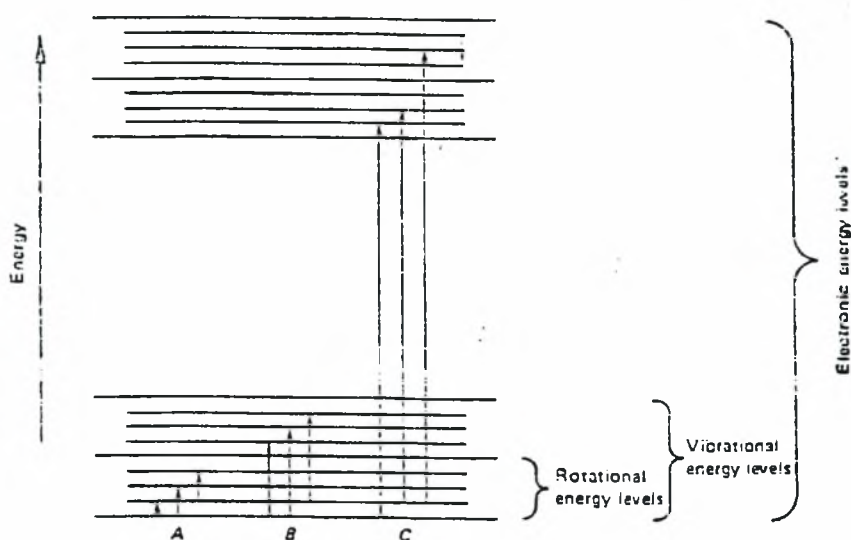
#### 1.4 ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Φως απορροφάται από ένα μόριο ή άτομο μόνο όταν η ενέργεια του φωτονίου είναι ίση με την ενέργεια που μπορεί να επιφέρει κάποια αλλαγή στο μόριο ή το άτομο αυτό. Τα σωμάτια στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ονομάζονται φωτόνια (κβάντα). Η ενέργεια ενός φωτονίου σε συνάρτηση με τη συχνότητα  $\nu$  (ο αριθμός των κυμάτων που διέρχεται από ένα σημείο σε μία μονάδα χρόνου, συνήθως το sec) δίνεται από τη σχέση :

$$E=h\nu, \text{ και } \lambda\nu=c$$

Στις παραπάνω σχέσεις το  $h=6,62 \cdot 10^{-27}$  erg-sec είναι η σταθερά του Planck,  $\lambda$  είναι το μήκος κύματος και  $c=3 \cdot 10^8$  m/sec η ταχύτητα του φωτός.

Το Σχήμα 1.3 δείχνει τις διάφορες απορροφήσεις φωτονίων σαν συνάρτηση της ενέργειάς των, και τις αλλαγές που προκαλεί αυτή η απορρόφηση σε μόρια.

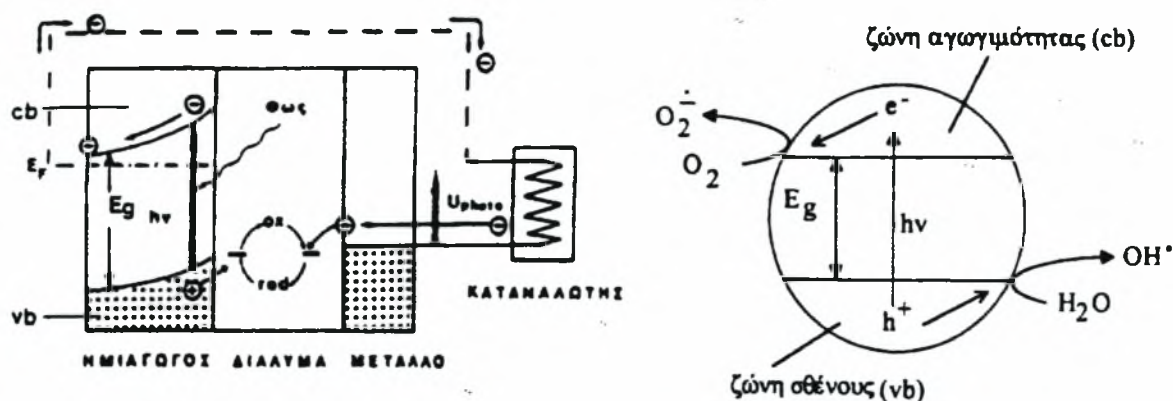


**ΣΧΗΜΑ 1.3 :** Αλλαγές στην κατάσταση μορίων σαν συνάρτηση της απορροφούμενης ενέργειας .

Οι κυριώτεροι μέθοδοι χημικής οξειδωσης στις οποίες έχουμε παράλληλα και φωτοχημική αντίδραση, είναι η ετερογενής φωτοκατάλυση και η φωτοχημική οξειδωση.

Κατά την ετερογενή φωτοκατάλυση γίνεται ανάμειξη του προς καθαρισμό αποβλήτου με έναν ημιαγώγιμο καταλύτη. Ο φωτισμός έπειτα του συστήματος με τεχνητό ή ηλιακό φως επιφέρει την καταστροφή των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν σ'αυτό. Η παρουσία του καταλύτη επιταχύνει την διαδικασία καθαρισμού. Ο φωτισμός ενός ημιαγώγιμου ηλεκτροδίου με ενέργεια φωτός μεγαλύτερη από το ενεργειακό του χάσμα ( $E_g < h\nu$ ) δημιουργεί φορείς ηλεκτρικού ρεύματος, τα ηλεκτρόνια ( $e^-$ ) και τις οπές ( $h^+$ ). Οι φωτοδημιουργούμενες οπές αντιδρούν με τα ιόντα  $OH^-$  ή με τα μόρια  $H_2O$  που είναι προσροφημένα στην επιφάνεια του ημιαγωγού και τα οξειδώνουν προς τις αντίστοιχες ρίζες του υδροξυλίου ( $OH^\cdot$ ), που αποτελούν το κύριο οξειδωτικό μέσο. Η όλη διαδικασία βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και λειτουργεί κατά τρόπο ανάλογο με τα φωτοηλεκτρικά στοιχεία. Στο Σχήμα 1.4 φαίνεται η αρχή λειτουργίας ενός φωτοηλεκτρικού στοιχείου. Ο ημιαγώγιμος καταλύτης που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ο  $TiO_2$ , και η δράση του φαίνεται στο Σχήμα 1.5.





**ΣΧΗΜΑ 1.3:** Αρχή λειτουργίας ενός φωτοηλεκτρικού στοιχείου : (vb) ζώνη σθένους, (cb) ζώνη αγωγιμότητας, ( $E_g$ ) ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού, (red,ox) οξειδοαναγωγικό σύστημα.

**ΣΧΗΜΑ 1.4:** Προσομοίωση κόκκου ημιαγωγίμης κόνεως  $TiO_2$  με μικροφωτοηλεκτροχημικό στοιχείο υπό την επίδραση του φωτός

Κατά την φωτοχημική οξείδωση σε αντίθεση με την ετερογενή φωτοκατάλυση έχουμε την προσθήκη οξειδωτικού μέσου (συνήθως όζοντος ή υπεροξειδίου του υδρογόνου ) με παράλληλη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας. Η χρήση της ακτινοβολίας έχει σαν αποτέλεσμα σημαντικότερη αύξηση του ρυθμού της αντίδρασης που ωφείλεται στην ενεργοποίηση των μορίων. Δηλαδή ο μηχανισμός της αντίδρασης αλλάζει σημαντικά, πιθανόν διότι η απορρόφηση φωτονίων επιφέρει αλλαγές στους δεσμούς των μορίων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 2.1 ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

#### **2.1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το βασικό όργανο που χρησιμοποιείται στη μελέτη, είναι το φασματοφωτόμετρο. Οι μέθοδοι φασματοφωτομετρικής ανάλυσης είναι από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης. Βασίζονται στην απορρόφηση ακτινοβολίας από ένα διάλυμα. Το ποσό της απορροφούμενης ακτινοβολίας είναι ανάλογο προς τη συγκέντρωση της προς ανάλυση ουσίας στο διάλυμα. Μετρώντας την απορρόφηση της ακτινοβολίας που διέρχεται μέσω ενός διαλύματος, είναι δυνατός ο ποσοτικός και με μεγάλη ακρίβεια υπολογισμός της συγκέντρωσης στο διάλυμα. Ανάλογα με το πόσο ισχυρά απορροφά κάποια συγκεκριμένη ουσία, μικρές συγκεντρώσεις ενώσεων, μέχρι και 50 ppb, είναι δυνατόν να ανιχνευτούν και να μετρηθούν σε διαλύματα.

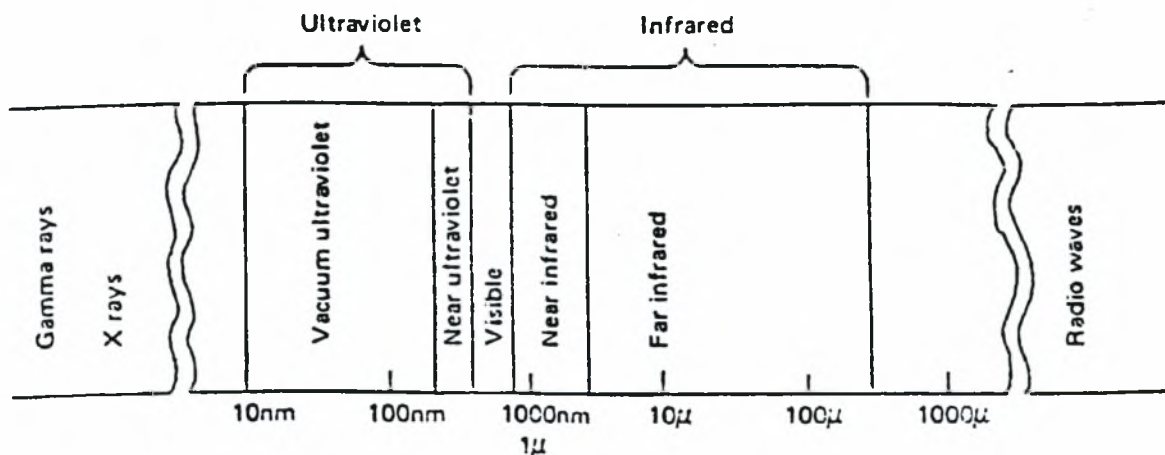
Σε ποσοτικές μελέτες απορρόφησης, μια δέσμη ακτινοβολίας κατευθύνεται σε ένα δείγμα και μετρείται η ένταση της εξερχόμενης ακτινοβολίας. Για να προσδιορίσουμε την απορροφώμενη ακτινοβολία από το δείγμα, συγκρίνουμε την ένταση της εξερχόμενης δέσμης όταν το δείγμα περιέχει χημικά είδη που απορροφούν, και όταν δεν περιέχει. Η ένταση της ακτινοβολίας μιας ευθυγραμμισμένης δέσμης είναι ανάλογη με τον αριθμό των φωτονίων που περνάει από τη μονάδα επιφάνειας της κάθετης διατομής στο δευτερόλεπτο. Για να έχουμε απορρόφηση, τα φωτόνια που προσκρούουν στο δείγμα πρέπει να έχουν ενέργεια ίση μ'αυτή που χρειάζεται για να προκληθεί μια ενεργειακή μεταβολή. Το κλάσμα της ενέργειας της ακτινοβολίας που απορροφάται εξαρτάται από την συγκέντρωση και το μήκος του διαλύματος. Έτσι η απορρόφηση ελαττώνει την ένταση της εξερχόμενης ακτινοβολίας. Η σκέδαση και η ανάκλαση χαμηλώνουν επίσης την ένταση της ακτινοβολίας οι απώλειες αυτές όμως για τα περισσότερα συστήματα είναι μικρές σε σύγκριση με την απορρόφηση.

Κάθε μόριο ή άτομο απορροφά ακτινοβολία σε ένα χαρακτηριστικό μήκος κύματος. Αυτό χρησιμοποιείται για τον ποιοτικό προσδιορισμό του μορίου ή της ένωσης σ'ένα συγκεκριμένο διάλυμα, και στην υπέρυθη φασματοφωτομετρία για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ομάδων που βρίσκονται στην ένωση.

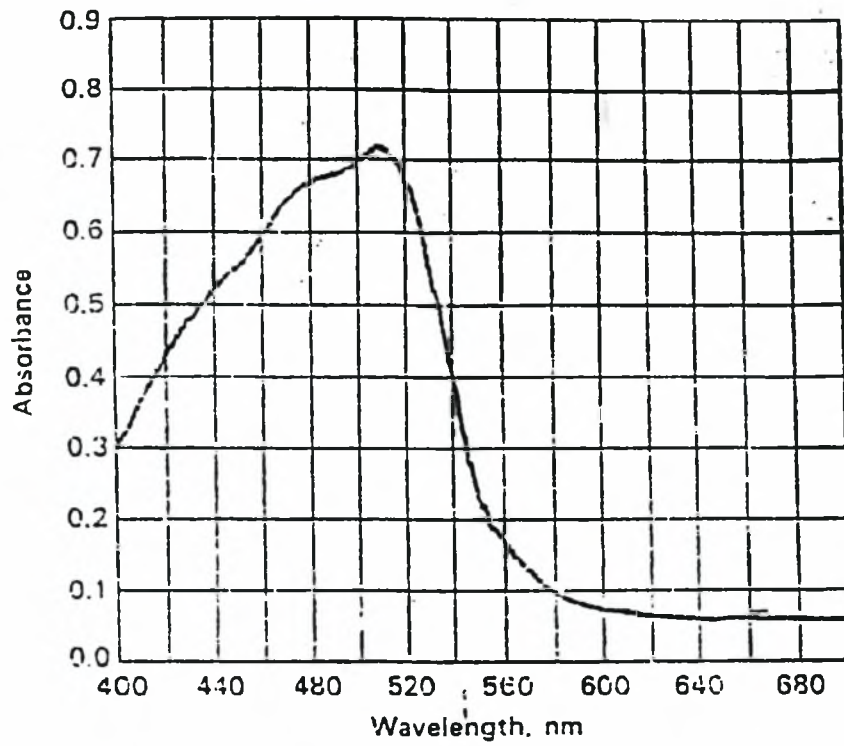
Το είδος της ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται στην φασματοφωτομετρία είναι η ηλεκτρομαγνητική, και μάλιστα μία πολύ μικρή περιοχή αυτής. Το Σχήμα 2.1 απεικονίζει το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η κλίμακα του μήκους κύματος είναι λογαριθμική. Στην φασματοφωτομετρία χρησιμοποιείται ακτινοβολία μήκους κύματος από 250 nm μέχρι 200 μm. Η ορατή ακτινοβολία κυμαίνεται από περίπου 400 μέχρι 850 nm. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος πέραν των 850nm ονομάζεται υπέρυθρη. Οι οργανικές ενώσεις απορροφούν ακτινοβολία με μήκος κύματος από περίπου 2μm μέχρι 10 μm, ενώ οι ανόργανες ενώσεις απορροφούν ακτινοβολία με μήκος κύματος από 200 nm μέχρι περίπου 700 nm. Στο Σχήμα 2.2 φαίνονται τυπικά φάσματα απορρόφησης δύο ουσιών.

Τα κριτήρια για την επιλογή ενός μήκους κύματος προς ποσοτική ανάλυση μιας ουσίας είναι δύο:

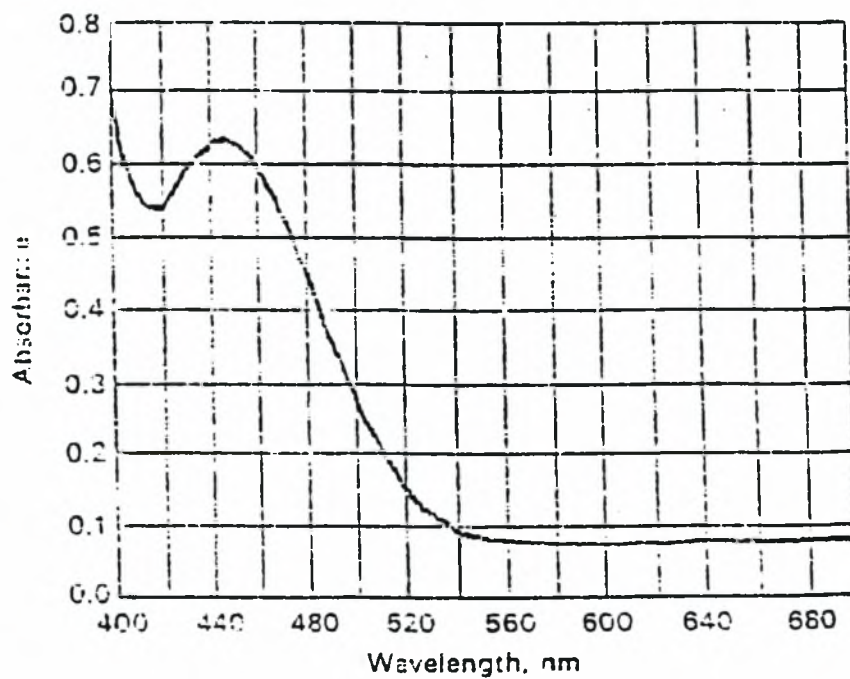
- 1) Σε ένα ορισμένο εύρος μήκους κύματος (μικρό) η ουσία πρέπει να παρουσιάζει ισχυρή απορρόφηση, και
- 2) Η απορρόφηση ξένων ουσιών σ'αυτό το εύρος του μήκους κύματος πρέπει να είναι μηδενική.



**ΣΧΗΜΑ 2.1:** Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.



(a)



(b)

**ΣΧΗΜΑ 2.2 :** Τυπικά φάσματα απορρόφησης δύο ουσιών

α) Συμπλόκου 1,10 φαινανθρολίνης και Fe(II) και

β) Διχρωμικού καλίου σε 0,1 M θειικό οξύ

## 2.1.2 ΠΟΣΟΤΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ- ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ BEER

Ας θεωρηθούν οι μεταβολές που συμβαίνουν στην ένταση, καθώς μονοχρωματική ακτινοβολία διασχίζει την κυψελίδα στο Σχήμα 2.3. Η κυψελίδα στην αρχή περιέχει ένα «τυφλό» διάλυμα, που αποτελείται συνήθως από όλα τα άλλα συστατικά του δείγματος εκτός από εκείνο του οποίου την απορρόφηση θέλουμε να μετρήσουμε. Με το «τυφλό» διάλυμα στην κυψελίδα, η ένταση της εξερχόμενης ακτινοβολίας έχει την ένταση της προσπίπτουσας μείον αυτή που χάνεται από σκέδαση, ανάκλαση και απορρόφηση από άλλα συστατικά (συνήθως πολύ μικρή). Αυτή την ένταση τη συμβολίζουμε με  $I_0$  και θεωρείται σαν διορθωμένη ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο δείγμα.

Αναφερόμενοι στο Σχήμα 2.3 θα εξεταστεί τι συμβαίνει στην ακτινοβολία καθώς περνάει από το τμήμα A του δείγματος. Χρησιμοποιώντας διαφορετικά παριστάνεται με  $dI$  η ελάττωση της έντασης σ'ένα απείρως μικρό στρώμα  $db$ , δηλαδή το ποσό της απορροφώμενης ακτινοβολίας από το στρώμα αυτό.

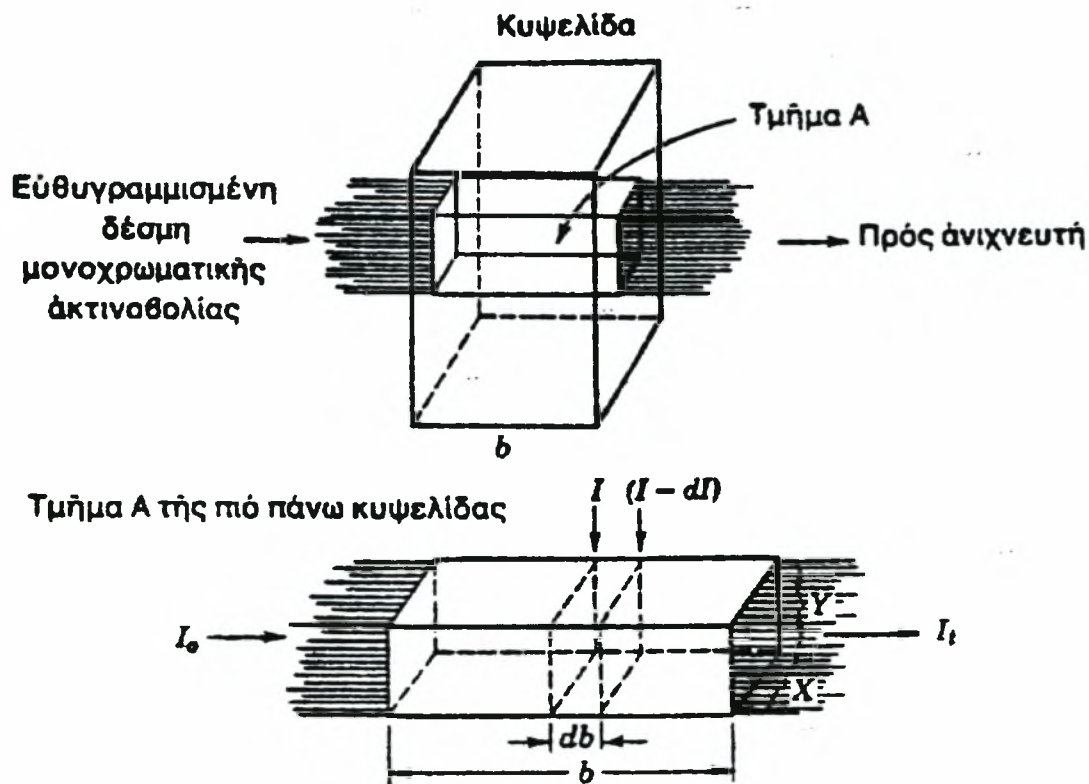
Θα υποθέσουμε ότι η απορρόφηση της ενέργειας απαιτεί μία φυσική αλληλεπίδραση μεταξύ ενός φωτονίου και ενός χημικού είδους που απορροφά. Γι'αυτό, ο πιθανός αριθμός «συγκρούσεων» που συμβαίνουν σ'αυτό το στρώμα είναι ανάλογος του αριθμού των χημικών ειδών που απορροφούν και του αριθμού των φωτονίων που διέρχονται. Αν διπλασιάσουμε τον αριθμό των χημικών ειδών που απορροφούν ή τον αριθμό των διερχόμενων φωτονίων, ο αριθμός των συγκρούσεων διπλασιάζεται. Έτσι η πτώση της έντασης,  $dI$  είναι απ'ευθείας ανάλογη με το  $N$  (αριθμός των απορροφώντων χημικών ειδών) και το  $I$  (αριθμός φωτονίων ανά μονάδα επιφάνειας ανά δευτερόλεπτο). Για το στρώμα  $db$ , ο αριθμός των απορροφούντων χημικών ειδών δίνεται από :

$$N = (6,02 \cdot 10^{20} \text{ είδη/mmole}) (c \text{ mmole/ml}) (db \cdot X \cdot Y \text{ ml})$$

όπου  $db$ ,  $X$  και  $Y$  είναι οι γραμμικές διαστάσεις του στρώματος ( $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$ ). Αφού τα  $X$  και  $Y$  είναι σταθερά,

$$N = k' \cdot c \cdot db$$

όπου  $k' = (6,02 \cdot 10^{20}) (X \cdot Y) \text{ είδη-cm}^2/\text{mmole}$ .



**ΣΧΗΜΑ 2.3 :** Η διεργασία απορρόφησης

Ο αριθμός των συγκρούσεων είναι ανάλογος με το γινόμενο  $N \cdot l$  ή

$$dI \propto NI = k'lc db$$

άρα

$$dI = -k lc db \quad (2-1)$$

όπου  $k$  είναι μια σταθερά αναλογίας το αρνητικό σημείο εισάγεται γιατί η ένταση ελαττώνεται καθώς το  $db$  αυξάνει. Η ολοκλήρωση της Εξίσωσης 2.1 για το μήκος της κυψελίδας  $b$  δίνει την πτώση της έντασης, που οφείλεται στην απορρόφηση του δείγματος. Χωρίζοντας τις μεταβλητές στην Εξίσωση 2.1 έχουμε :

$$\int_{I_0}^{I_t} \frac{dI}{I} = -k \int_b^b c db$$

Λύνοντας ,

$$\ln \frac{I_t}{I_0} = -k bc$$

και μετατρέποντας το λογάριθμο έχουμε :

$$2,303 \log \frac{I_t}{I_0} = -k bc$$

ή

$$\log \frac{I_t}{I_0} = \frac{-k}{2,303} bc = -\epsilon bc \quad (2-2)$$

όπου  $\epsilon$  ορίζεται σαν η μοριακή απορροφητικότητα (molar absorptivity)(καλείται επίσης και μοριακός συντελεστής απόσβεσης). Αν η συγκέντρωση δίνεται σε g/l, το  $\epsilon$  αντικαθίσταται με  $\alpha$ , την ειδική απορροφητικότητα (specific absorptivity). Ο όρος  $I_t/I_0$  ορίζεται σα διαπερατότητα (transmittance) (σύμβολο T) και είναι το κλάσμα της προσπίπτουσας έντασης που εξέρχεται από το δείγμα. Η εκατοστιαία διαπερατότητα ορίζεται ως  $100 \cdot T$ . Ωστε από την Εξίσωση 2-2 ,

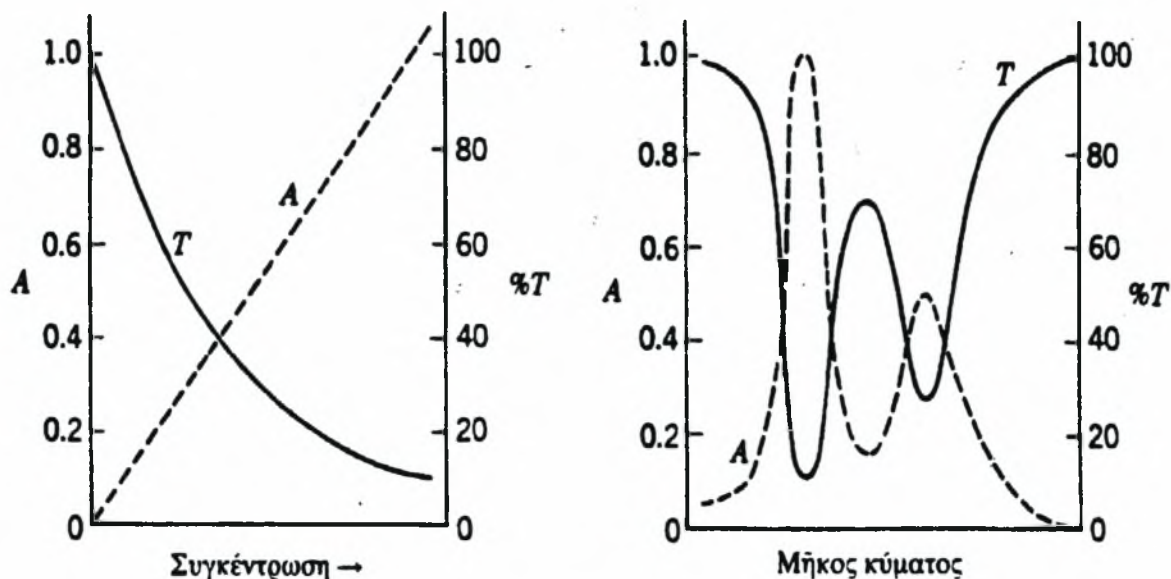
$$\log T = -\epsilon bc \quad \text{ή} \quad -\log T = \epsilon bc$$

$-\log T$  ορίζεται επίσης ως απορρόφηση (absorbance) (σύμβολο A) ή οπτική πυκνότητα ώστε

$$-\log T = A = \epsilon bc \quad (2-3)$$

Η τιμή του  $\epsilon$  είναι χαρακτηριστική του απορροφώντος μορίου ή ιόντος σε ορισμένο διαλύτη και μήκος κύματος. Είναι επίσης ανεξάρτητη της συγκέντρωσης και της διαδρομής της ακτινοβολίας. Η εξίσωση 2.3 αναφέρεται συνήθως σα νόμος Beer-Lambert, νόμος Bouguer -Beer, ή απλά νόμος του Beer. Στη διατύπωση αυτού του νόμου υποθέτουμε ότι : (1) η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι μονοχρωματική, (2) τα χημικά είδη που απορροφούν δρουν ανεξάρτητα στη διαδικασία απορρόφησης, (3) η απορρόφηση συμβαίνει σ'έναν όγκο ομοιόμορφης διατομής, (4) η ενεργειακή υποβάθμιση είναι γρήγορη (όχι φθορισμός) και (5) ο δείκτης διάθλασης είναι ανεξάρτητος της συγκέντρωσης (δεν ισχύει για μεγάλες συγκεντρώσεις). Η Εξίσωση 2.3 δείχνει ότι ο προσδιορισμός της απορρόφησης ή διαπερατότητας μας δίνει τη συγκέντρωση, αν  $\epsilon$  και  $b$  είναι γνωστά.

Τα σύγχρονα όργανα είναι βαθμολογημένα με απ'ευθείας ένδειξη της απορρόφησης και της διαπερατότητας. Οι σχέσεις μεταξύ απορρόφησης, διαπερατότητας και συγκέντρωσης σ'ένα μήκος κύματος φαίνονται γραφικά στο Σχήμα 2.4 . Ένα τυπικό φάσμα είναι σχεδιασμένο στο Σχήμα 2.5. Και τα δύο φάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγχρόνως. Οι κορυφές στο φάσμα απορρόφησης φαίνονται σαν κοιλάδες στο φάσμα διαπερατότητας.



**ΣΧΗΜΑ 2.4 :** Απορρόφηση και διαπερατότητα ως προς τη συγκέντρωση για δεδομένο μήκος κύματος και μήκος κυψελίδας.

**ΣΧΗΜΑ 2.5 :** Χαρακτηριστικό φάσμα απορρόφησης και διαπερατότητας

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο νόμος του Beer ισχύει για αραιά διαλύματα. Σε πυκνά διαλύματα αποκλίνει κυρίως λόγω των αναπτυσσόμενων ενδομοριακών δυνάμεων.

### 2.1.3 ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ

#### 2.1.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα «φασματοφωτόμετρα» ή «φασματόμετρα» είναι τα όργανα που χρησιμοποιούνται στη μελέτη της απορρόφησης ή εκπομπής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το μήκος κύματος. Οι οπτικές και ηλεκτρονικές αρχές που χρησιμοποιούνται σ'αυτά τα όργανα είναι βασικά οι ίδιες για όλες τις περιοχές του φάσματος, από το υπεριώδες υπό κενό μέχρι το άπω υπέρυθρο. Υπάρχουν πάντως μερικές σημαντικές διαφορές στα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται ειδικά στις διάφορες περιοχές.

Τα ουσιώδη εξαρτήματα ενός φασματοφωτόμετρου είναι :

α) Μια σταθερή πηγή ακτινοβολίας.



β) Ένα σύστημα φακών, καθρεφτών και σχισμών που ορίζουν, ευθυγραμμίζουν και εστιάζουν τη δέσμη.

γ) Ένας μονοχρωμάτορας για την ανάλυση της ακτινοβολίας σε επιμέρους μήκη κύματος ή «ζώνες» μηκών κύματος.

δ) Μία διαφανής κυψελίδα για το δείγμα.

ε) Ένας ανιχνευτής ακτινοβολίας

στ) Ένα σύστημα μέτρησης (ανάγνωση ή καταγραφείας).

Πολλά φασματοφωτόμετρα και τα επιμέρους όργανά τους είναι πιο πολύπλοκα, αλλά όλα είναι παραλλαγές του παρακάτω διαγράμματος :



### 2.1.3.2 ΠΗΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Οι πηγές ακτινοβολίας αποτελούνται από υλικά που διεγείρονται σε υψηλές ενεργειακές καταστάσεις με ηλεκτρικές εκκενώσεις υψηλής τάσης ή με ηλεκτρική θέρμανση. Καθώς τα υλικά επιστρέφουν σε χαμηλές ενεργειακές καταστάσεις ή στις θεμελιώδεις, εκπέμπουν φωτόνια χαρακτηριστικών ενεργειών που αντιστοιχούν στη διαφορά ενέργειας, μεταξύ διεγερμένης και χαμηλής κβαντισμένης κατάστασης, ΔΕ.

Η ένταση μιας πραγματικής πηγής ακτινοβολίας μεταβάλλεται με το μήκος κύματος όπως δείχνει το Σχήμα 2.6. Η μεταβολή της ηλεκτρικής τάσης που εφοδιάζει με ενέργεια την πηγή, μετατοπίζει την καμπύλη έντασης- μήκους κύματος· συνεπώς,



**ΣΧΗΜΑ 2.6 :** Ένταση της πηγής ως προς το μήκος κύματος σε δεδομένη θερμοκρασία

χρειάζεται μια σταθερή τροφοδότηση για συγκριτικές μετρήσεις απορρόφησης όταν χρησιμοποιούνται όργανα απλής δέσμης (αλλιώς προκαλείται σφάλμα στη μετρούμενη διαπερατότητα του δείγματος). Τα όργανα διπλής δέσμης είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε τα  $I_0$  και  $I_T$  να μετρούνται και να συγκρίνονται συγχρόνως σ' αυτά τα όργανα δεν είναι τόσο αναγκαία πηγή μεγάλης σταθερότητας.

Υπάρχουν οι ακόλουθες κατηγορίες πηγών ακτινοβολιών :

α) Πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι πιο κοινές είναι οι λυχνίες υδρογόνου και δευτερίου.

β) Πηγές ορατής ακτινοβολίας. Η πιο ικανοποιητική και πιο φτηνή πηγή ορατής ακτινοβολίας είναι η λυχνία με νήμα από βολφράμιο.

γ) Πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οι κύριες πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι οι λυχνίες πυράκτωσης Globar και Nerst.

### 2.1.3.3 ΜΟΝΟΧΡΩΜΑΤΟΡΕΣ

Επειδή οι πηγές ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται συνήθως εκπέμπουν συνεχή ακτινοβολία σε μεγάλες περιοχές μηκών κύματος, γίνεται χρήση συσκευών που διαχωρίζουν τις φαρδιές ζώνες της πολυχρωματικής ακτινοβολίας σε στενές ζώνες ή καλύτερα σε μονοχρωματική ακτινοβολία. Οι στενές ζώνες (μικρό πλάτος) έχουν τα εξής πλεονεκτήματα :

α) Επιτρέπουν τον διαχωρισμό ζωνών απορρόφησης που είναι πολύ κοντινές.

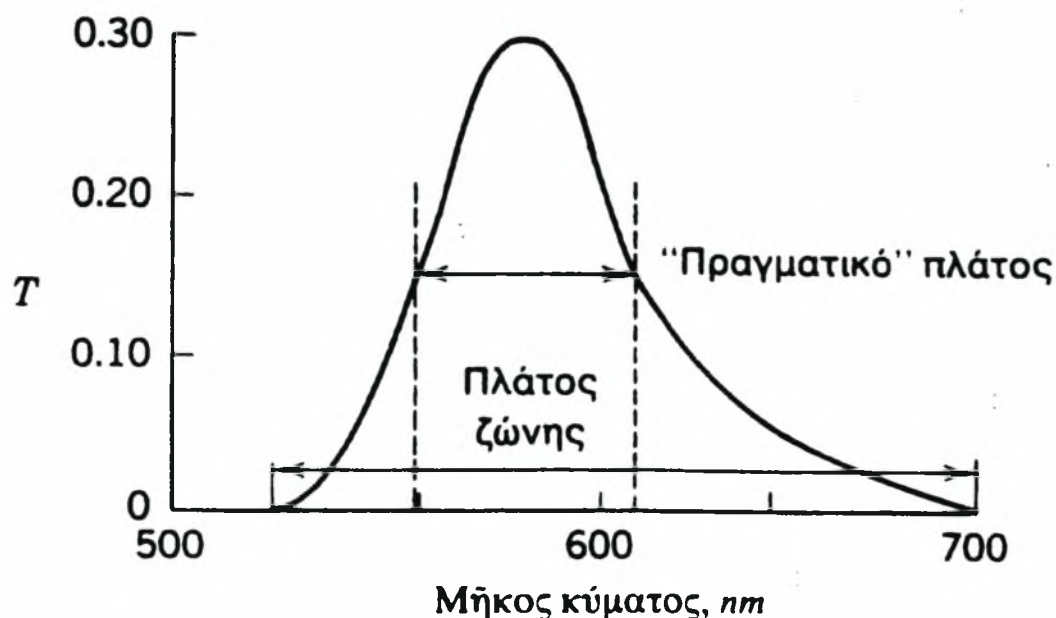
β) Οι κορυφές μπορούν να μετρηθούν στο μέγιστο της απορρόφησής τους, δηλαδή έχουμε αύξηση της ευαισθησίας.

γ) Η απορρόφηση θα προσεγγίζει περισσότερο τον νόμο του Beer, γιατί γίνεται μέτρηση μόνο της ακτινοβολίας που μπορεί να απορροφηθεί από το δείγμα.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των φαρδιών ζωνών είναι τα φίλτρα και οι μονοχρωμάτορες. Τα φίλτρα παρασκευάζονται από ειδικά υλικά που επιτρέπουν την μετάδοση μόνο ορισμένης περιοχής μήκους κύματος, απορροφώντας όλη την άλλη περιοχή.

Οι μονοχρωμάτορες διαχωρίζουν την πολυχρωματική ακτινοβολία σε επιμέρους μήκη κύματος και απομονώνει σε πολύ στενές ζώνες με πραγματικό πλάτος από 35 μέχρι 0,1 nm. Σαν πραγματικό πλάτος ορίζεται η περιοχή μήκους κύματος που η

διαπερατότητα είναι τουλάχιστον το ήμισυ της μέγιστης τιμής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.7.



ΣΧΗΜΑ 2.7 : Πραγματικό πλάτος μιας ζώνης ακτινοβολίας.

Τα συστατικά ενός μονοχρωμάτορα είναι :

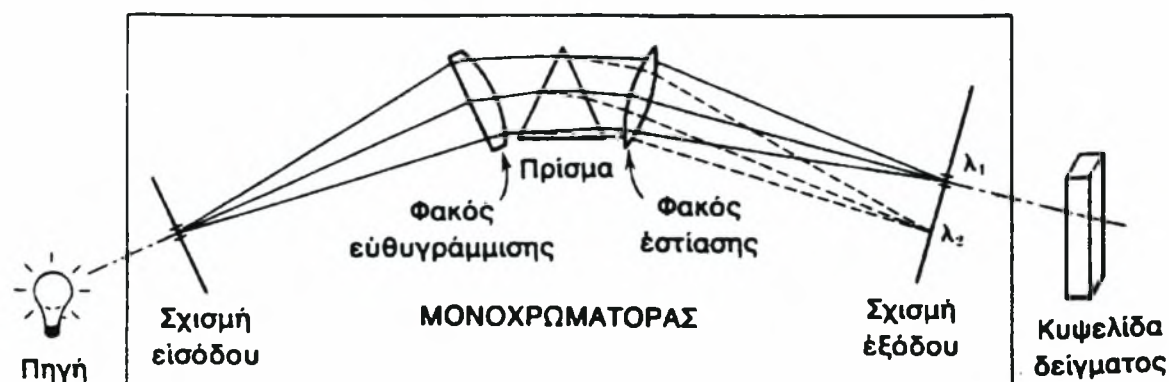
- α) Μια σχισμή εισόδου που δέχεται την πολυχρωματική ακτινοβολία από την πηγή.
  - β) Μια διάταξη ευθυγράμμισης, φακός ή καθρέφτης.
  - γ) Μια διάταξη διασποράς, πρίσμα ή φράγμα, που διαχωρίζει την ακτινοβολία σε πολλά μήκη κύματος.
  - δ) Ένας φακός ή καθρέφτης εστίασης.
  - ε) Μια σχισμή εξόδου.
- Ένας μονοχρωμάτορας που χρησιμοποιεί πρίσμα φαίνεται στο Σχήμα 2.8.

#### 2.1.3.4 ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

##### Α. ΚΥΨΕΛΙΔΕΣ

Τα δείγματα για μελέτη στην υπεριώδη ή ορατή περιοχή είναι συνήθως αέρια ή διαλύματα και τοποθετούνται σε κυψελίδες. Στην υπεριώδη περιοχή

χρησιμοποιούνται κυψελίδες από χαλαζία ή λειωμένο  $\text{SiO}_2$ . Το συνηθισμένο γυαλί ή ο ακριβότερος χαλαζίας χρησιμοποιούνται στην ορατή περιοχή.



**ΣΧΗΜΑ 2.8 :** Μονοχρωμάτορας πρίσματος.

Τα παράθυρα των κυψελίδων απορρόφησης πρέπει να είναι τελείως καθαρά. Δαχτυλικά αποτυπώματα και ίχνη από προηγούμενα δείγματα προκαλούν σημαντικά σφάλματα σε ποσοτικές μετρήσεις. Οι κυψελίδες αυτές πρέπει να καθαρίζονται με νερό ή αραιό νιτρικό οξύ.

Οι κυψελίδες απορρόφησης τοποθετούνται συνήθως μετά το μονοχρωμάτορα στα όργανα υπεριώδους και ορατού, για να περιορίσουμε τη δυνατή αποσύνθεση ή φθορισμό που μπορεί να προκληθεί από την πολυχρωματική ακτινοβολία. Η ακτινοβολία πρέπει να πέφτει κάθετα στο παράθυρο της κυψελίδας, για να αποφεύγονται οι απώλειες από ανάκλαση και διάθλαση. Οι ορθογωνικές κυψελίδες προτιμούνται από τις κυλινδρικές.

## Β. ΔΙΑΛΥΤΕΣ

Οι χρησιμοποιούμενοι διαλύτες στη φασματοφωτομετρία πρέπει:

- α) να διαλύουν το δείγμα
- β) να μην απορροφούν ακτινοβολία στη μελετούμενη περιοχή μήκους κύματος.

Οι κοινοί διαλύτες που χρησιμοποιούνται στην υπεριώδη και ορατή περιοχή δίνονται στον Πίνακα 2.1, με τα χαμηλότερα όρια διαπερατότητας. Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι είναι ο τετραχλωράνθρακας, ο διθειάνθρακας και το χλωροφόρμιο.

<b>ΔΙΑΛΥΤΗΣ</b>	<b>ΟΡΙΟ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (nm)</b>
Ακετόνη	330
Βενζόλιο	285
Τετραχλωράνθρακας	265
Διθειάνθρακας	375
Χλωροφόρμιο	245
Κυκλοεξάνιο	215
Διχλωρομεθάνιο	235
Διοξάνιο	225
95% Αιθανόλη	205
Αιθυλαιθέρας	205
Πυριδίνη	305
Ισο-οκτάνιο	215
Ισοπροπανόλη	215
Νερό	200
Μεθανόλη	215
Ξυλένιο	295

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 :** Τα μικρότερα όρια διαπερατότητας των διαλυτών που χρησιμοποιούνται σε μελέτη υπεριώδους-ορατού.

#### 2.1.3.5. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Κάθε ανιχνευτής απορροφά την ενέργεια των φωτονίων που προσκρούουν πάνω του και τη μετατρέπει σε μια μετρήσιμη ποσότητα, όπως είναι το μαύρισμα μιας φωτογραφικής πλάκας, το ηλεκτρικό ρεύμα ή οι θερμικές μεταβολές. Οι σύγχρονοι ανιχνευτές παράγουν ένα ηλεκτρικό σήμα που μπορεί να μετρηθεί με ένα όργανο ανάγνωσης ή έναν καταγραφέα. Το παραγόμενο σήμα πρέπει να σχετίζεται ποσοτικά με την ένταση που προσκρούει στον ανιχνευτή. Ο «θόρυβος» του ανιχνευτή έχει σχέση με το σήμα «υποστρώματος» (background) που παράγεται όταν καμία ακτινοβολία δεν φτάνει στον ανιχνευτή από το δείγμα. Ο θόρυβος προκαλείται είτε από τυχαίες μεταβολές μέσα στον ανιχνευτή, είτε από άλλα παρασιτικά σήματα. Ένας ανιχνευτής πρέπει να διαθέτει:

1) μεγάλη ευαισθησία και χαμηλό θόρυβο, ώστε να ανιχνεύει ακτινοβολία μικρής έντασης,

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 :** Χαρακτηριστικά Ανιχνευτών.

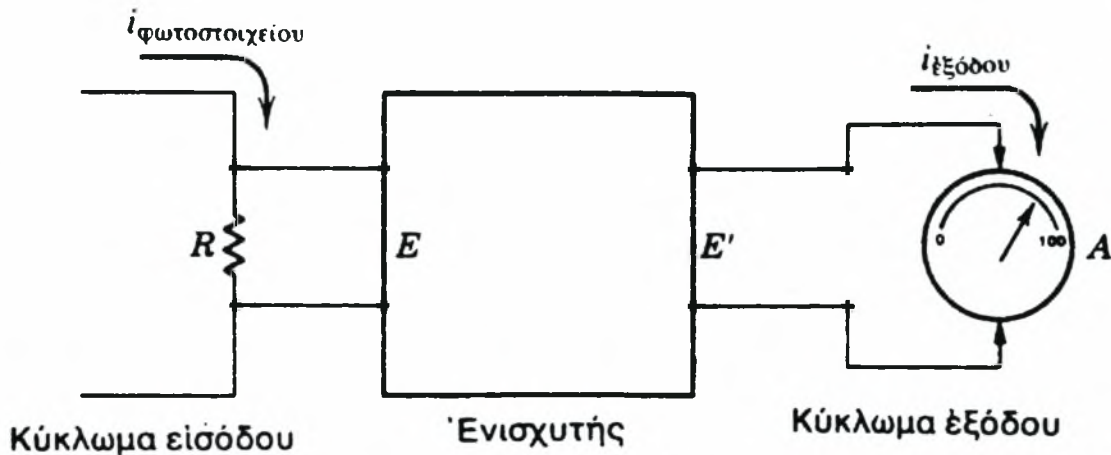
Άνιχνευτής	Στοιχείο	Εύαισθησία	Χρόνος απόκρισης $1\mu sec = 10^{-6} sec$ $1 msec = 10^{-4} sec$	Προτεινόμενη περιοχή μήκους κύματος λειτουργίας ( $\mu m$ )	Φύση του σήματος εξόδου
Φωτογραφική πλάκα	Κόκκοι αλογο- νούχου αργύ- ρου σέ γαλά- κτωμα	Μεγάλη, εξαρτώμενη άπό τό μήκος κύματος	Μεγάλος	0,2–1,2	Πυκνότητα άποτιθέμενου μεταλλικού άργύρου
Φωτολυχνία	Όξειδια άλκα- λικών μετάλ- λων	Μεγάλη, εξαρτώμενη άπό τό μήκος κύματος	Μικρός < 1 $\mu sec$	0,2–1	Ήλεκτρικό ρεύμα
Λυχνία φωτοπολλα- πλασιαστή	Όξειδια άλκα- λικών μετάλ- λων, μέταλλα	Πολύ μεγάλη, εξαρτώμενη άπό τό μήκος κύματος	Μικρός < 1 $\mu sec$	0,16–0,7	Ήλεκτρικό ρεύμα
Φωτοβολταϊκό τόξο (στοιχείο)	Ήμιαγωγός μεταξύ δύο μετάλλων	Μέτρια, εξαρτώμενη άπό τό μήκος κύματος	Μικρός < 1 $\mu sec$	0,4–0,8	Ήλεκτρικό ρεύμα
Φωτοαγωγίμο στοιχείο	Θειούχος ή σεληνιούχος μόλυβδος	Πολύ μεγάλη, εξαρτώμενη άπό τό μήκος κύματος	Μέτριος 10 μέχρι 1000 $\mu sec$	0,7–4,5	Μεταβολή άντίστασης
Θερμοζεύγος	Έπαφή δύο διαφορετικών μετάλλων συν- δεδεμένων μέ μαυρισμένο μεταλλικό έλασμα	Μεγάλη	50 μέχρι 100 $\mu sec$	0,8–15,0	Διαφορά ήλεκ- τρικού δυ- ναμικού στήν έπαφή τών δύο μετάλλων
Στοιχείο <i>Golay</i>	Μαυρισμένη μεμβράνη θα- λάμου άερίου	Μεγάλη	3 μέχρι 30 $msec$	0,8–1.000	Ήλεκτρικό ρεύμα

- 2) μικρή χρονική απόκριση,
- 3) μεγάλη χρονική σταθερότητα για εξασφάλιση ποσοτικής απόκρισης,
- 4) ένα ηλεκτρονικό σήμα που εύκολα ενισχύεται για τις συνηθισμένες συσκευές ανάγνωσης.

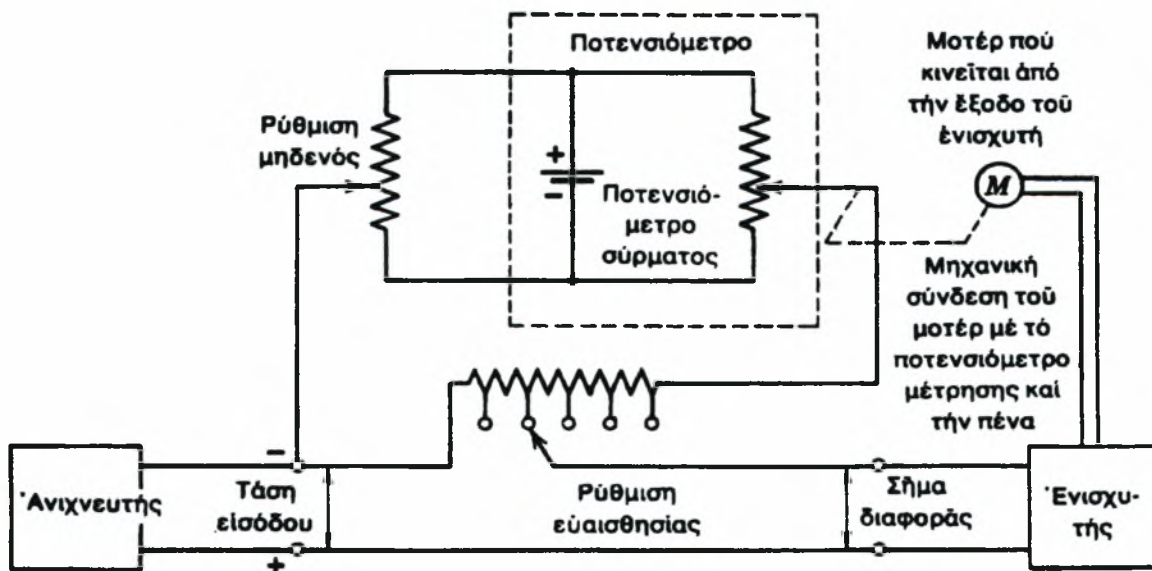
Τα είδη και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των κοινών ανιχνευτών συνοψίζονται στον Πίνακα 2.2.

### 2.1.3.6 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Το ηλεκτρονικό σήμα που παράγεται από έναν ανιχνευτή ακτινοβολίας, πρέπει να μετατραπεί σε μια μορφή που ο πειραματιστής να μπορεί να την ερμηνεύσει. Η διαδικασία αυτή γίνεται με ενισχυτές, αμπερόμετρα, ποτενσιόμετρα και καταγραφικά ποτενσιόμετρα. Τυπικά διαγράμματα ενισχυτικών και μετρητικών συστημάτων φαίνονται στα Σχήματα 2.9 και 2.10.



**ΣΧΗΜΑ 2.9 :** Διάγραμμα ενός ενισχυτικού συστήματος με όργανο ανάγνωσης

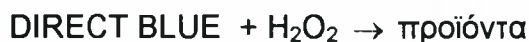


**ΣΧΗΜΑ 2.10 :** Διάγραμμα ενός καταγραφικού ποτενσιόμετρου

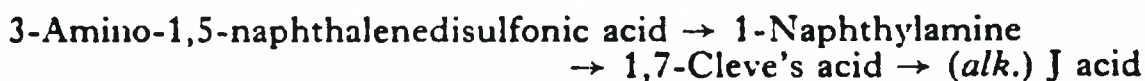
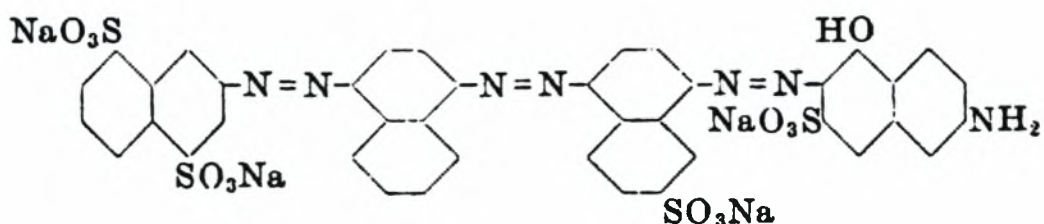
## 2.2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

### 2.2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε όλα τα πειράματα της παρούσας εργασίας το οξειδωτικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε είναι το υπεροξείδιο του υδρογόνου. Σε πρώτη φάση εξετάστηκε ο ρυθμός της ομογενούς αντίδρασης :



χωρίς την παρουσία υπεριωδών ακτίνων σε διαλύματα που περιέχουν από 10 mg/lit μέχρι 100 mg/lit αρχική συγκέντρωση σε DIRECT BLUE. Τα πειράματα χωρίς την χρήση ακτινοβολίας έγιναν διότι είναι απαραίτητη η σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με τα αποτελέσματα των πειραμάτων παρουσία UV ακτινοβολίας για να διαπιστωθούν διαφορές ή ομοιότητες, και να διασαφηνιστεί ο ρόλος ή η επιροή της ακτινοβολίας. Ο χημικός τύπος του DIRECT BLUE δίνεται στο Σχήμα 2.11. Για την παρασκευή των διαλυμάτων χρησιμοποιήθηκε ζυγαριά ακριβείας τύπου Libror EB-430D\_(Shimadzu) για την μέτρηση του βάρους του χρώματος.



**ΣΧΗΜΑ 2.11:** Ο χημικός τύπος του DIRECT BLUE

Οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα σε υδατόλουτρο τύπου Techne (Tempette TE – 8A) με αυτόματο έλεγχο της θερμοκρασίας και ανάδευση μέσω αντλίας πίεσης. Ενδείξεις για το pH και τη θερμοκρασία του διαλύματος παίρνονται από μετρητικό τύπου CONSORT C830. Ανάλογα με το pH που πρέπει να έχει το διάλυμα, προστίθενται μικρές ποσότητες κάποιας ισχυρής βάσης (NaOH, 10N) ή κάποιου ισχυρού οξέος (HNO<sub>3</sub>), έτσι ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ρύθμιση. Και η βάση και το οξύ που προστίθενται είναι αδρανή, και ταυτόχρονα δεν μεταβάλλουν τη



συγκέντρωση του χρώματος στο διάλυμα. Επίσης δεν μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά της απορρόφησης.

Η ανάλυση των συγκεντρώσεων γίνεται με τη χρήση αυτόματου φασματοφωτόμετρου ( Shimadzu UV- 2401 PC). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Shimadzu UV- 2401 PC παρατίθενται στο Παράρτημα Α. Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης του DIRECT BLUE στα διαλύματα, βασίζονται στη μέτρηση του εμβαδού της καμπύλης απορρόφησης από τα 400 nm μέχρι τα 780 nm και στη χρήση του κανόνα του Beer (το εμβαδόν είναι ανάλογο της συγκέντρωσης). Έχει προηγηθεί έλεγχος που αφορά στη γραμμικότητα στη σχέση μεταξύ απορρόφησης και συγκέντρωσης, για να διαπιστώσουμε την ισχύ ή όχι του νόμου του Beer. Από το Διάγραμμα 1 που προκύπτει από τις απορροφήσεις που μετρώνται στο φασματοφωτόμετρο για κάποιες τυχαίες συγκεντρώσεις χρώματος, φαίνεται ότι πράγματι ο νόμος του Beer ισχύει.

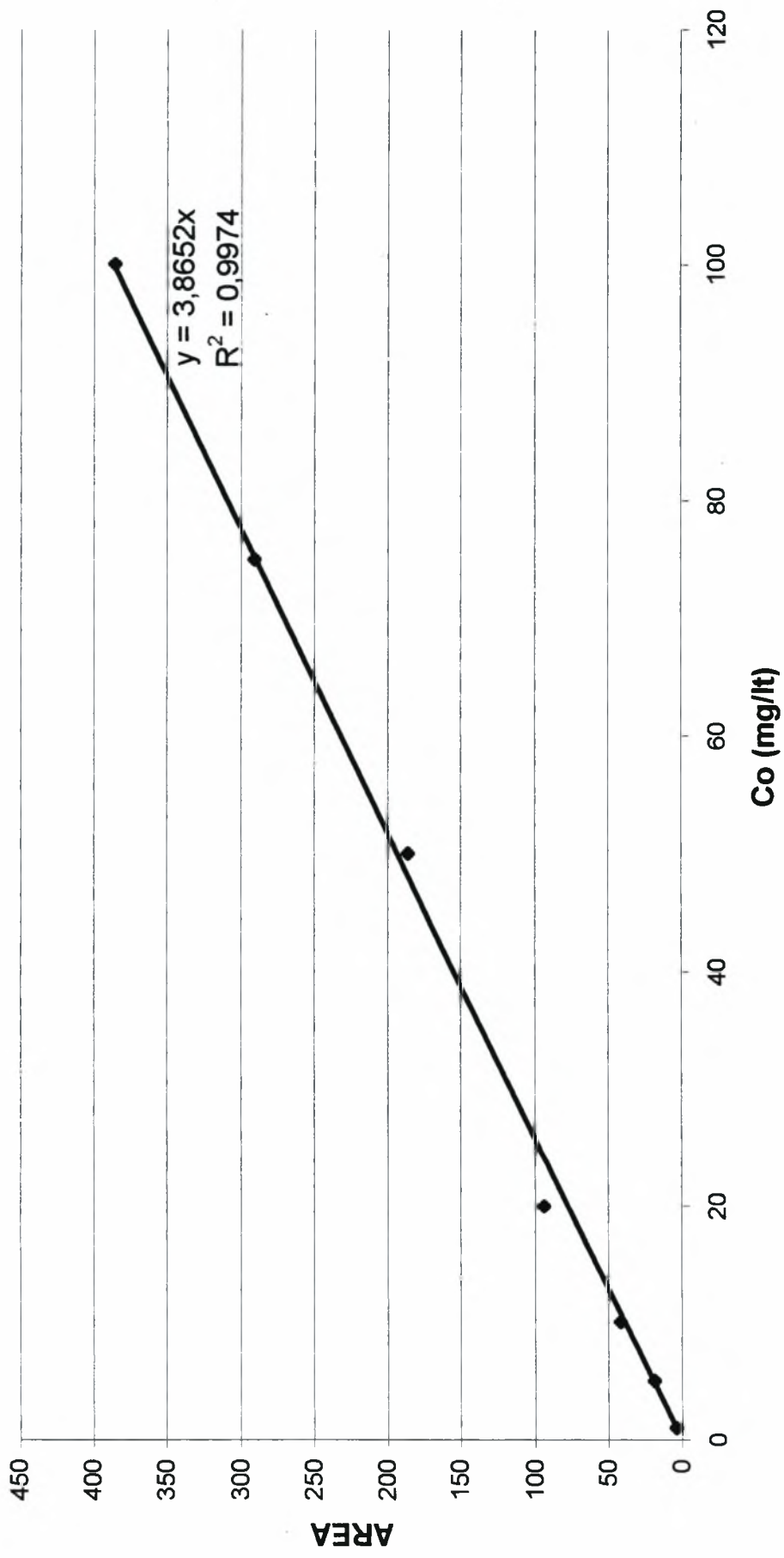
Με την εισαγωγή και την ανάμιξη του  $H_2O_2$  στο διάλυμα, γίνεται αμέσως και η ρύθμιση του pH. Η όλη διαδικασία γίνεται σε συνολικό χρόνο μικρότερο των 2 min και αμέσως λαμβάνεται δείγμα 4 περίπου ml και αναλύεται στο φασματοφωτόμετρο. Η παραπάνω διαδικασία πρέπει να γίνει τόσο γρήγορα για να αποφευχθεί σημαντική διάσπαση της βαφής και έτσι η μέτρηση του εμβαδού της πρώτης καμπύλης απορρόφησης να είναι περίπου ίση με την αρχική του διαλύματος. Πολλές φορές μάλιστα χρειάστηκε να ξαναγίνουν αναμείξεις εξαιτίας της μεγάλης αρχικής διάσπασης. Ακολούθως, λαμβάνονται δείγματα ανά 10 min έως 180 min, ανάλογα με τη θερμοκρασία και το χρόνο αντίδρασης.

Τα δείγματα μπαίνουν σε κυψελίδα από χαλαζία, και κατόπιν τοποθετούνται στην ειδική υποδοχή του φασματοφωτόμετρου και αναλύονται. Πριν αρχίσουν να λαμβάνονται μετρήσεις γίνεται καλιμπράρισμα του μετρητικού οργάνου έτσι ώστε να αφαιρεί το σήμα του διαλύτη από αυτό του διαλύματος, και έτσι οι καμπύλες απορρόφησης που προκύπτουν να αντιστοιχούν στην απορρόφηση του χρώματος (400 nm – 780 nm) και του  $H_2O_2$  (< 340 nm).

Όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται σε πίνακες και παρατίθενται στο Παράρτημα Β. Στον Πίνακα 2.3 φαίνεται ένα τυπικό παράδειγμα καταχώρισης αποτελεσμάτων.

Η συγκέντρωση του DIRECT BLUE ως συνάρτηση του χρόνου αντίδρασης, υπολογίζεται από τα λαμβανόμενα εμβαδά με τη χρήση του κανόνα του Beer. Μια ομάδα καμπυλών απορρόφησης για μετρήσεις χωρίς τη χρήση ακτινοβολίας

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 : ΑΠΟΡΟΦΗΣΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ**



απεικονίζεται στο Σχήμα 2.12. Στο σχήμα αυτό φαίνεται η μεταβολή του εμβαδού απορρόφησης σε σχέση με το χρόνο αντίδρασης.

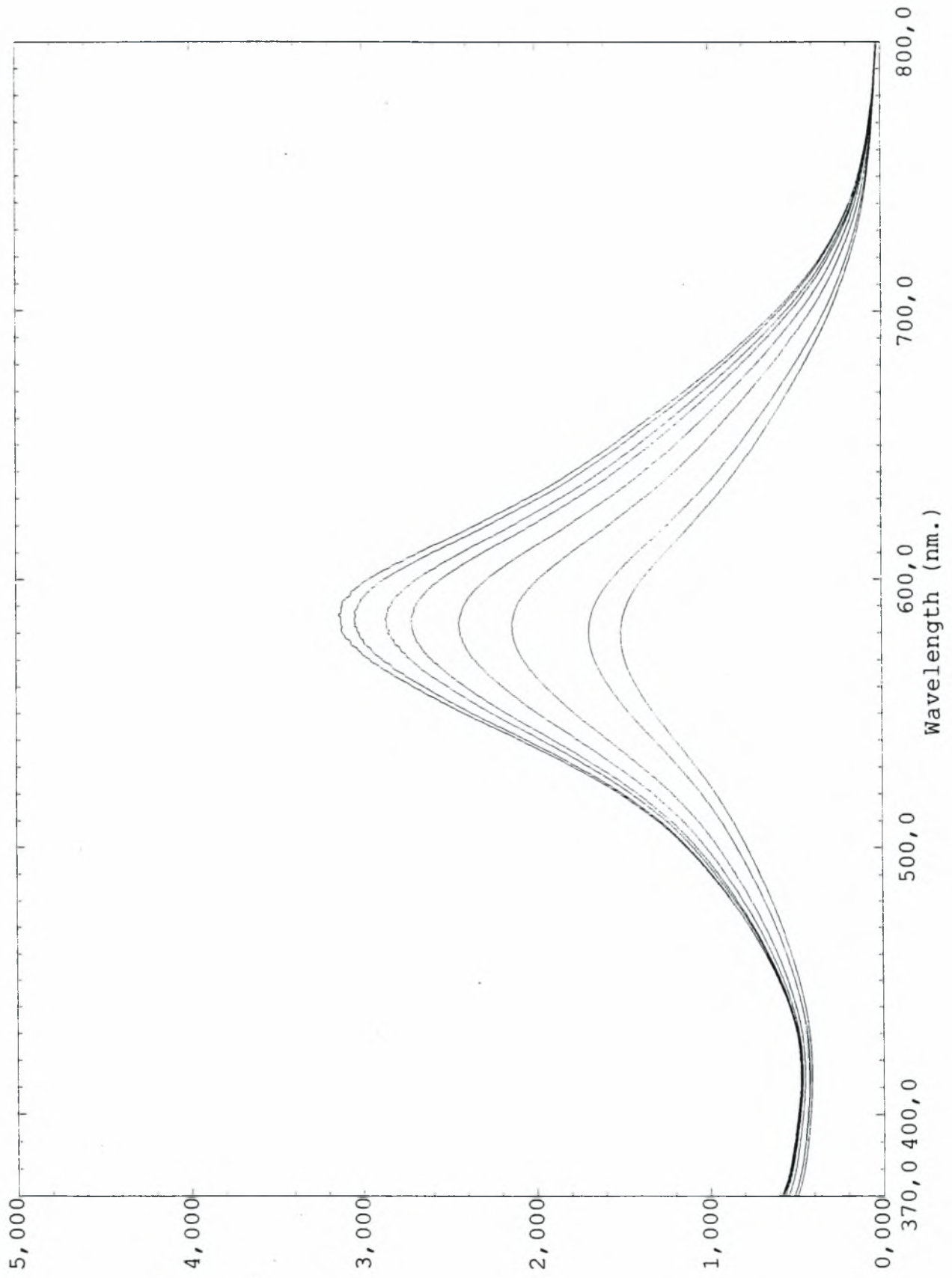
Σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων ελέγχεται η σταθερότητα της θερμοκρασίας και του pH στο εσωτερικό των διαλυμάτων. Τυχόν μεταβολές τους θα άλλαζαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Οι αντιδράσεις είναι ομογενείς και στην εργασία αυτή αναφέρονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν χωρίς ανάδευση. Ο όγκος του διαλύματος της αντίδρασης κυμαίνεται από 50 έως 100 ml και η αρχική συγκέντρωση του DIRECT BLUE είναι από 10 mg/lit μέχρι 100 mg/lit. Οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα σε περίσσεια H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Το διάλυμα της αντίδρασης αποτελείται από 5 – 90 % διαλύματος, περιεκτικότητας 50% σε H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

RUN No	TIME (min)	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	ΛΟΓΟΣ C/C <sub>0</sub>	ΤΙΜΕΣ -ln(C/C <sub>0</sub> )
1	2	388,6	0,99641	0,003596
2	10	386,5	0,991026	0,009015
3	70	376,5	0,965385	0,035229
4	130	365,3	0,936667	0,065428
5	250	345,7	0,88641	0,120575
6	370	326,4	0,836923	0,178023
7	790	265,9	0,681795	0,383026
8	1391	191,7	0,491538	0,710215

**Πίνακας 2.3** :Αποτελέσματα καταγραφής και ανάλυσης αποτελεσμάτων για διάλυμα συγκέντρωσης 100 mg/lit D.BLUE, στους 45°C με 2.5% H<sub>2</sub>O

**ΣΧΗΜΑ 2.12 :** Καμπύλες απορρόφησης για μία σειρά μετρήσεων χωρίς την χρήση ακτινοβολίας.



A b s .

## 2.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η κινητική της αντίδρασης μελετήθηκε σε θερμοκρασίες 45, 60, 75, 90<sup>o</sup> C και τα Διαγράμματα 2 και 3 απεικονίζουν το φυσικό λογάριθμο του λόγου  $C / C_0$  έναντι του χρόνου αντίδρασης  $t$  για τις παραπάνω θερμοκρασίες και για  $pH = 5$  και  $11$ . Ο φυσικός λογάριθμος  $C/C_0$  είναι μια γραμμική σχέση ως προς το χρόνο για όλες τις εξετασθείσες θερμοκρασίες. Τα πειραματικά δεδομένα ακολουθούν κινητική πρώτου βαθμού ως προς τη συγκέντρωση του DIRECT BLUE. Ο ρυθμός της αντίδρασης δίνεται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$r = -dC_1 / dt = k' C_1 \quad (2)$$

$$k' = k C_2 \quad (3)$$

$$k = k_0 \exp (- E_R / RT) \quad (4)$$

όπου  $C_1$  (mg/l) η συγκέντρωση του DIRECT BLUE,  $C_2$  η συγκέντρωση του  $H_2O_2$ . Από τη (2) προκύπτει ότι:

$$-\ln (C_1 / C_0) = k' t \quad (5)$$

Με συνδυασμό των (3) και (4) προκύπτει ότι:

$$\ln k' = \ln (k_0 C_2) - (E_R / R) 1/T \quad (6)$$

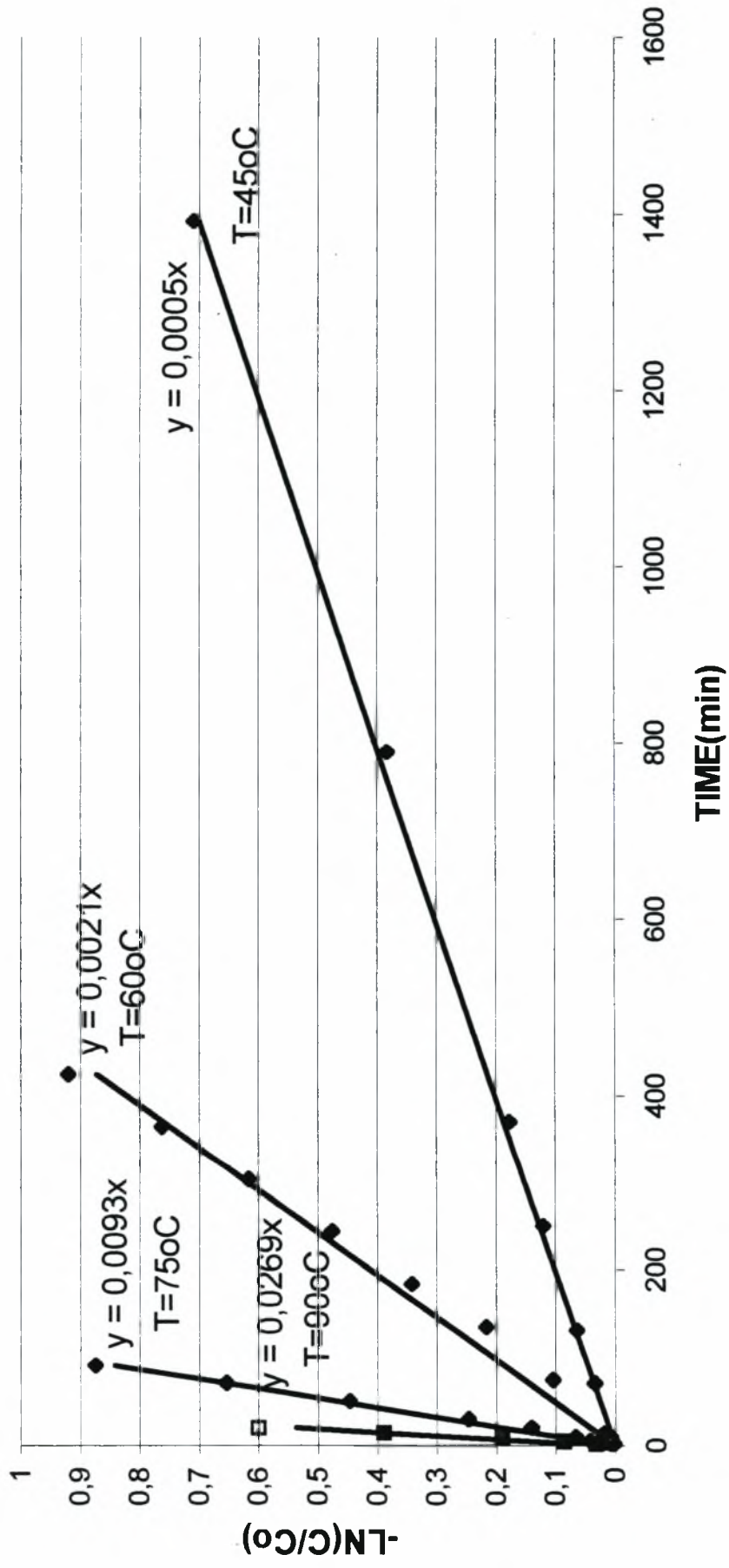
Η σταθερά  $a$  λοιπόν των εξισώσεων  $y = ax$  στα Διαγράμματα 2 και 3 αντιστοιχεί στη σταθερά  $k'$ . Οι ευθείες των διαγραμμάτων 2 και 3 προέρχονται από τη συσχέτιση πειραματικών δεδομένων με την εξίσωση (5).

Η ενέργεια ενεργοποίησης  $E_R$  της αντίδρασης θα προσδιοριστεί από την (6). Στο Διάγραμμα 4 απεικονίζεται ο λογάριθμος των τιμών της σταθεράς  $k'$  που προσδιορίζονται από τα Διαγράμματα 2 και 3, έναντι του αντιστρόφου της θερμοκρασίας. Η σταθερά  $k_0$  προσδιορίζεται από την τομή της ευθείας με τον άξονα  $\ln k$ , ενώ η ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης προσδιορίζεται από την κλίση της ευθείας.

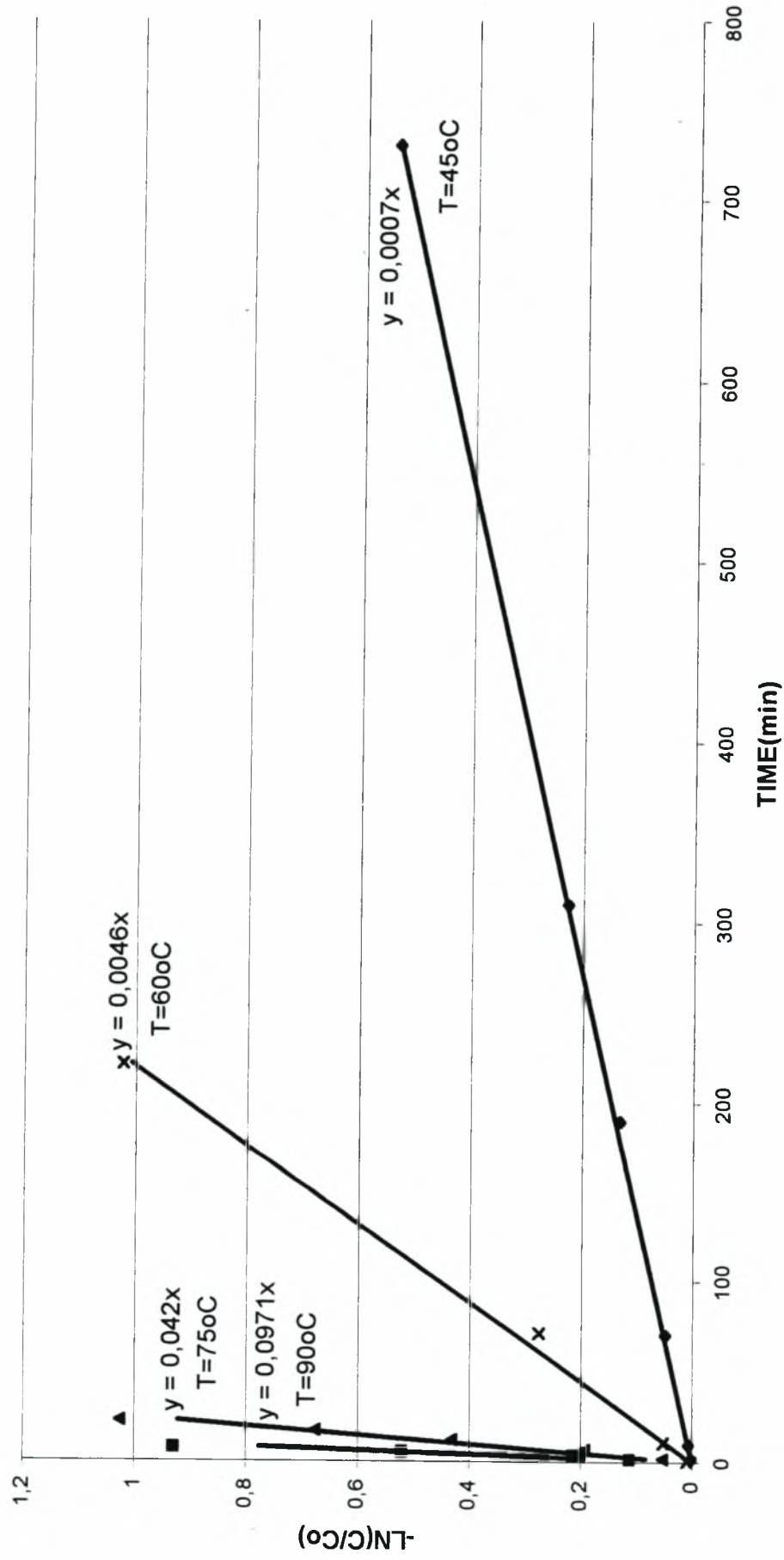
Από την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων της κινητικής στις προαναφερθείσες θερμοκρασίες προκύπτει ότι η οι ενέργειες ενεργοποίησης της αντίδρασης του DIRECT BLUE με  $H_2O_2$  σε όξινο ( $pH = 5$ ) και αλκαλικό ( $pH = 11$ ) περιβάλλον είναι αντίστοιχα 20,5 και 26,1 kcal/mole.

Οι τιμές των ενεργειών ενεργοποίησης είναι περίπου ίδιες και συνεπώς εικάζεται ότι τα βήματα της αρχικής οξειδωσης και στις δύο περιπτώσεις ακολουθούν τον ίδιο μηχανισμό. Εάν όμως εξεταστούν τα δεδομένα που έδωσαν τα διαγράμματα

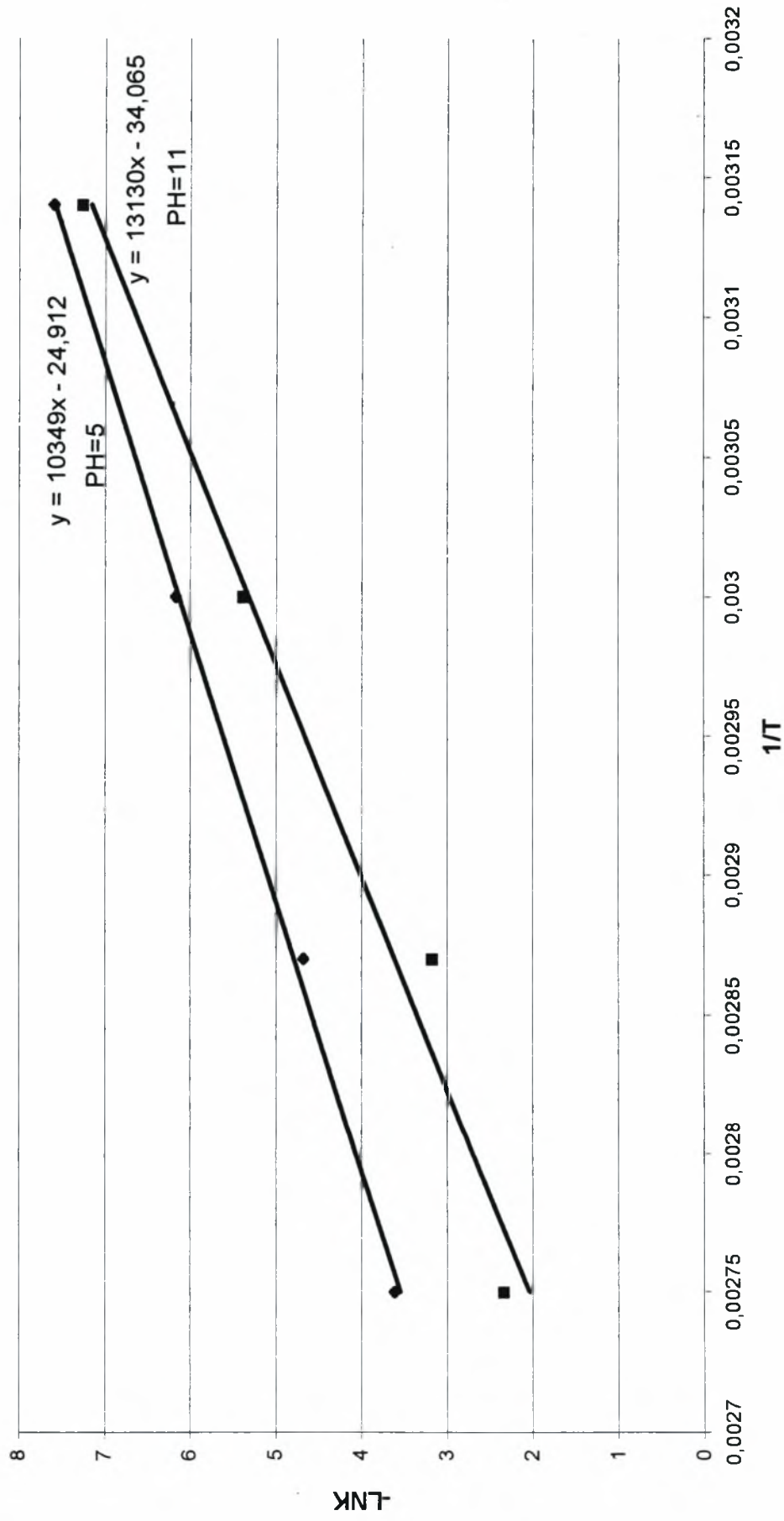
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2 :Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με το χρόνο  $t$  σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Η συγκέντρωση του χρώματος είναι 100 mg/lit, του  $H_2O_2$  είναι 2,5 %, και το pH =5**



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3 : Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με το χρόνο  $t$  για διαφορετικές θερμοκρασίες. Η συγκέντρωση του χρώματος είναι 100 mg/lit, του  $H_2O_2$  2,5% και το  $pH=11$



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4 : -LNK συναρτήσει του 1/T -NO UV





2 έως 4 βγαίνει το συμπέρασμα ότι η αντίδραση σε ένα περιβάλλον αλκαλικό με pH = 11 είναι γρηγορότερη από αυτήν σε όξινο περιβάλλον με pH = 5 κατά 2,9 φορές. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό δεν είναι γνωστός, αλλά μπορεί να οφείλεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση ενεργών οξειδωτικών ριζών που προκύπτουν από την διάσπαση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Έχουν γίνει σχετικές μετρήσεις και έχει διαπιστωθεί ότι πράγματι η διάσπαση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> γίνεται πιο γρήγορα καθώς το pH αυξάνεται. Η αύξηση της τιμής του pH λοιπόν οδηγεί σε μεγαλύτερη συγκέντρωση των ενεργών οξειδωτικών ριζών, που με τη σειρά τους αυξάνουν τον ρυθμό της αντίδρασης.

Έχει παρατηρηθεί πως σε πολύ αλκαλικά περιβάλλοντα (pH > 11) και υψηλές συγκεντρώσεις H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ακόμη και σε θερμοκρασίες δωματίου, η διάσπαση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> είναι πολύ γρήγορη και φαίνεται από τον έντονο αφρισμό. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια ακαριαία αυτοκαταλυόμενη αντίδραση με παράλληλη έκλυση θερμότητας. Εάν μάλιστα το προς επεξεργασία διάλυμα βρίσκεται σε περιβάλλον θερμοκρασίας άνω των 60<sup>0</sup> C, τότε παρατηρείται αποχρωματισμός μέσα σε 2 – 3 min.

### 2.2.3. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

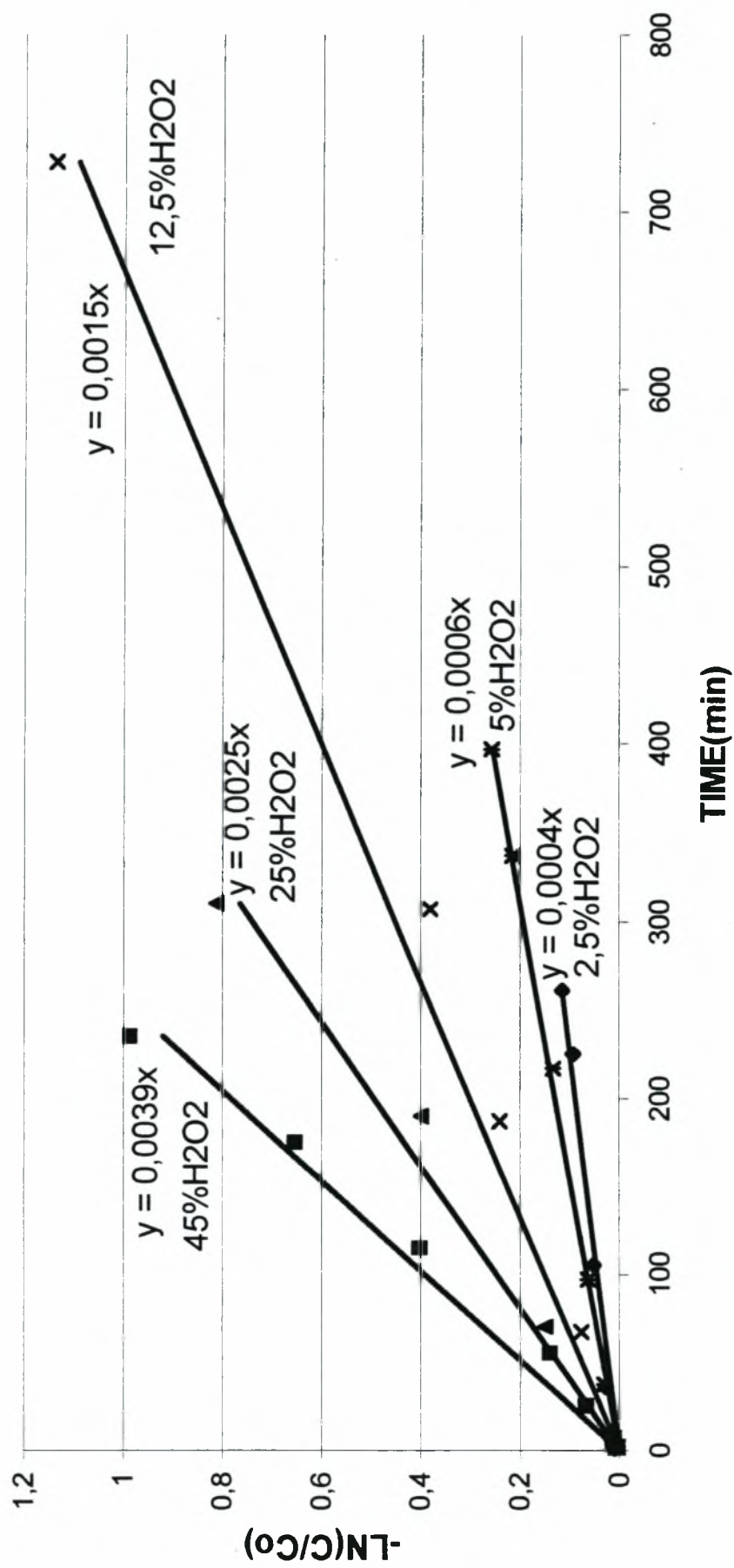
Τα Διαγράμματα 5,6,7 δείχνουν τη συσχέτιση του  $-\ln (C/C_0)$  σε συνάρτηση με το χρόνο για διαφορετικές συγκεντρώσεις H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> με σταθερή την αρχική συγκέντρωση χρώματος 100 mg/lit και σε θερμοκρασίες 45, 60 και 90<sup>0</sup> C. Στα διαγράμματα φαίνεται ότι όσο η συγκέντρωση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> αυξάνεται, η διάσπαση του χρώματος γίνεται πιο γρήγορα και ο χρόνος ημιζωής της βαφής μικρότερος. Οι κλίσεις των γραμμών των Διαγραμμάτων 5, 6 και 7 είναι ανάλογες των συγκεντρώσεων του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση :

$$\ln (C/C_0) = kC_2^a t \quad (7)$$

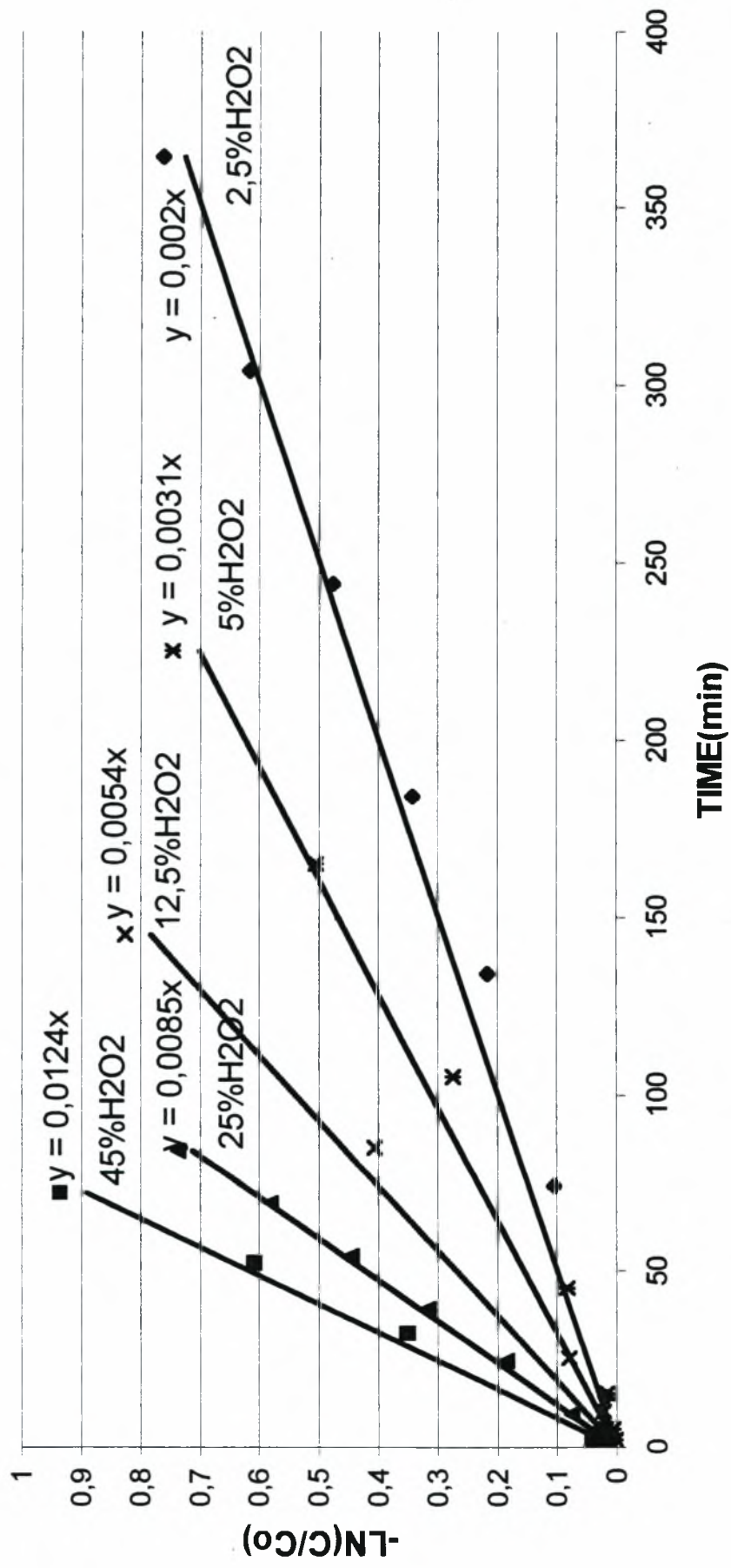
όπου α είναι η τάξη της αντίδρασης ανάλογα με τη συγκέντρωση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Η τιμή του α εκτιμάται συσχετίζοντας το φυσικό λογάριθμο της κλίσης λ ( όπου λ = KC<sub>2</sub><sup>α</sup> ) των εξισώσεων  $y = \lambda x$  των Διαγραμμάτων 5, 6, και 7, με το φυσικό λογάριθμο της συγκέντρωσης του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Η συσχέτιση δίνει μια ευθεία γραμμή της οποίας η κλίση είναι ίση με α και είναι της μορφής

$$\ln \lambda = \ln k + a \ln C_2 \quad (8)$$

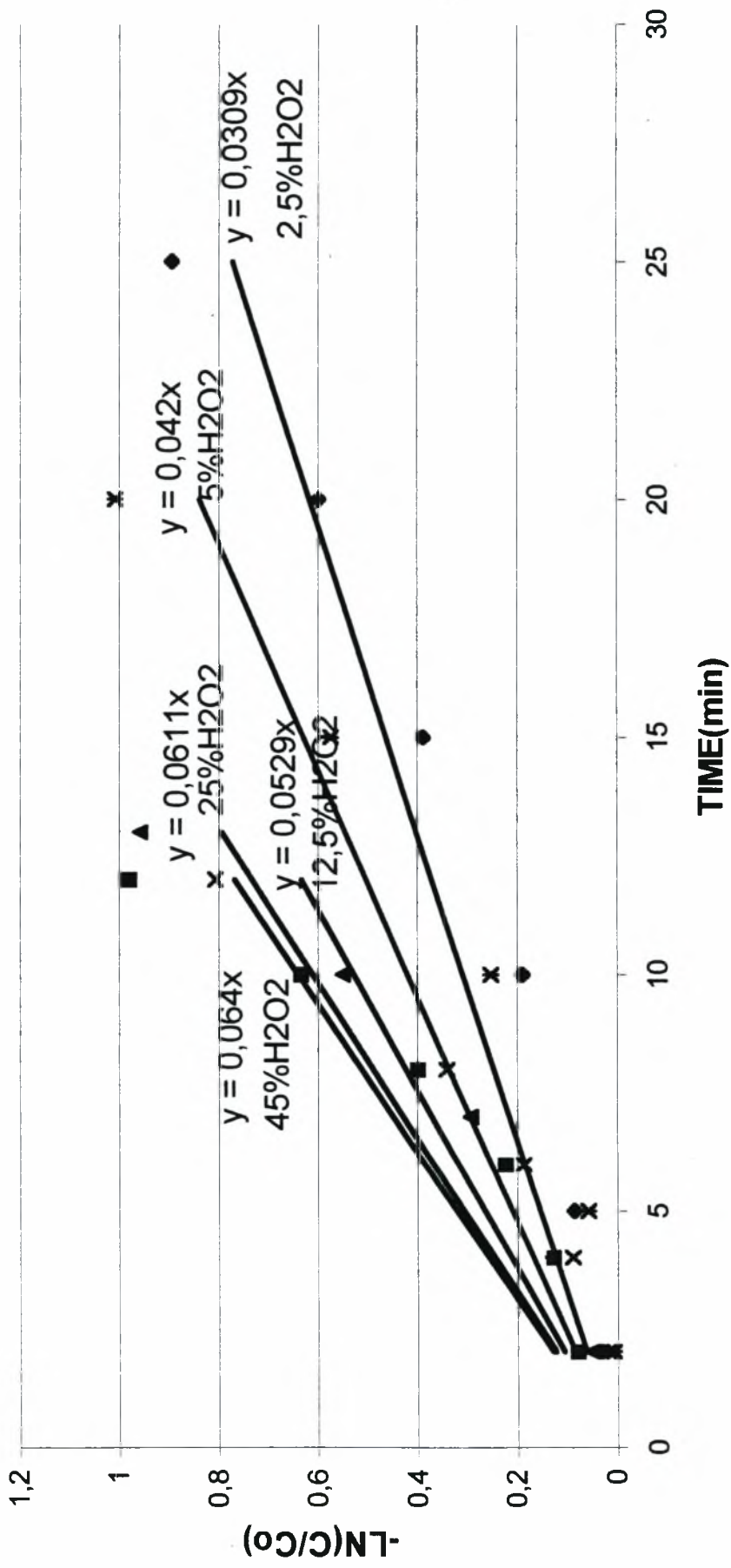
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5 : Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με τον χρόνο  $t$  για 100 mg/lit  
DIRECT BLUE-T=45οC-PH=5**



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6 : Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με τον χρόνο  $t$  για 100 mg/lit  
DIRECT BLUE-T=60oC-PH=5**



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7 :Γραφική παράσταση του  $-\ln(C/C_0)$  με τον χρόνο  $t$  για 100 mg/lit  
DIRECT BLUE-T=90oC-PH=5**



Τέτοια είναι τα Διαγράμματα 8,9,10, όπου φαίνεται ότι η αντίδραση είναι τάξης 0,8 , 0,6 και 0,25 σε σχέση με τη συγκέντρωση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> σε θερμοκρασίες 45, 60 και 90°C αντίστοιχα.

#### 2.2.4. ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΡΥΘΜΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΕ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Από τις εξισώσεις του Διαγράμματος 4 καθώς και τις εξισώσεις 2, 3, 4, 6 του κειμένου και γνωρίζοντας ότι η αντίδραση είναι πρώτης τάξεως σε σχέση με το H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Διάγραμμα 5), μπορούν να βρεθούν οι εξισώσεις των ρυθμών αντίδρασης για pH=5 και pH =11 :

$$\text{Για pH} = 5 \rightarrow r = 6,6 \cdot 10^5 \exp(-20500/RT) C C_2$$

$$\text{Για pH} = 11 \rightarrow r = 6,2 \cdot 10^9 \exp(-26100/RT) C C_2$$

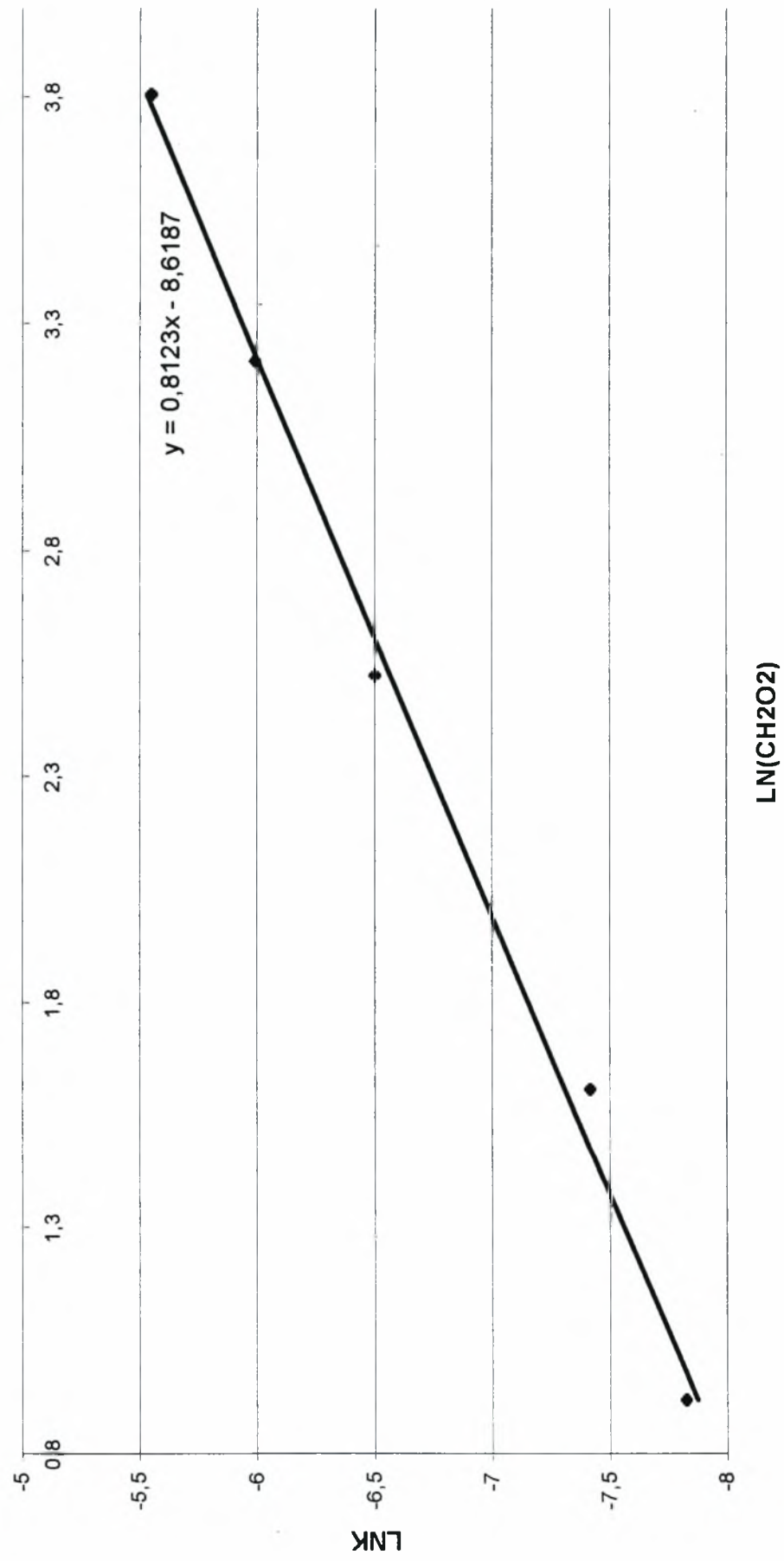
Όπου r είναι σε mg/(lt-min), k<sub>0</sub> σε lt/(mg-min) και C, C<sub>2</sub> σε mg/lt.

#### 2.2.5 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

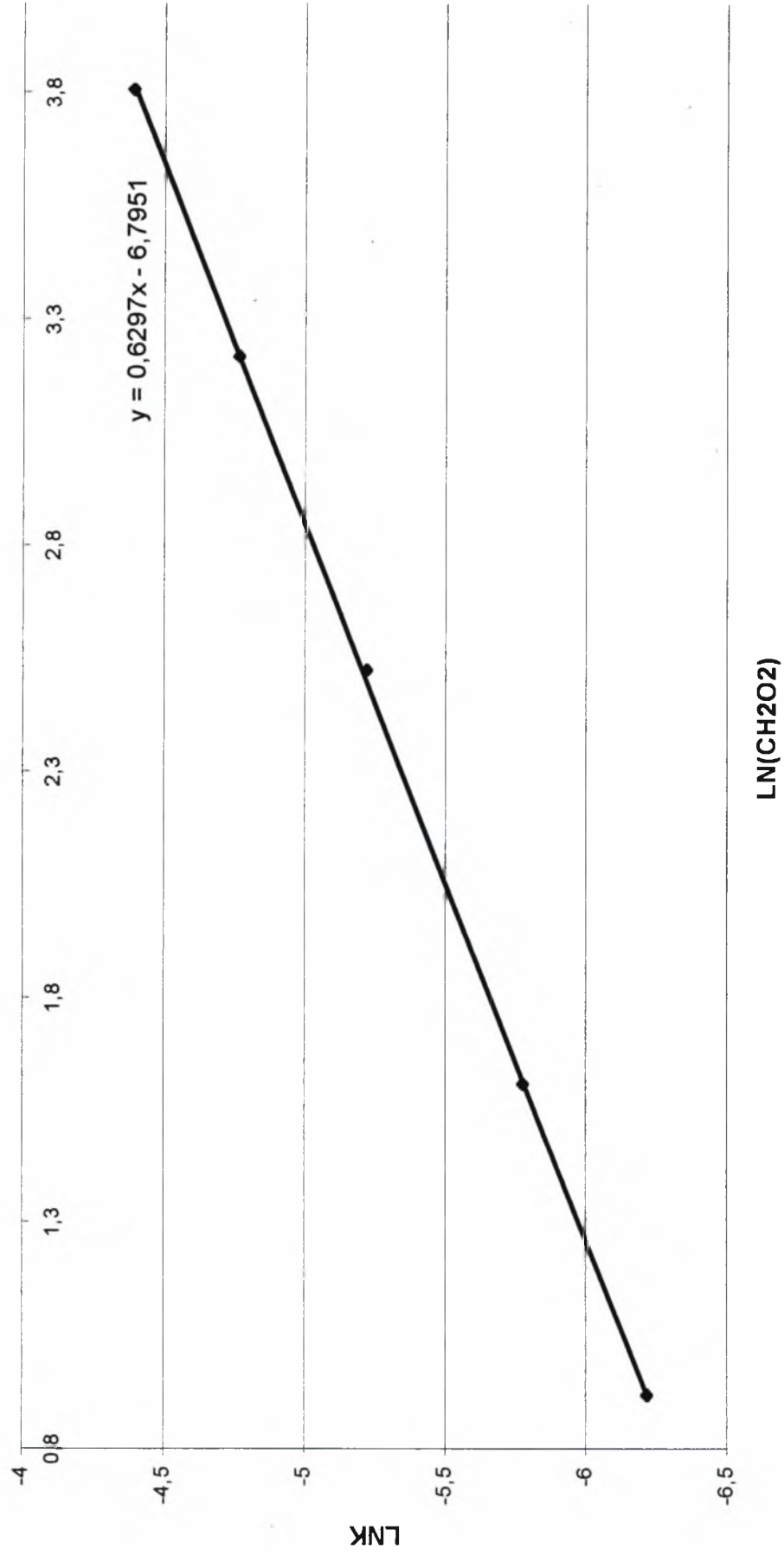
Τα Διαγράμματα 11 και 12 δείχνουν το λόγο C/C<sub>0</sub> για διάφορες συγκεντρώσεις χρώματος, σε εξάρτηση με το χρόνο αντίδρασης t σε ουδέτερο (pH=7, Διάγραμμα 10) και σε αλκαλικό περιβάλλον (pH=11, Διάγραμμα 11) και σε θερμοκρασία 60°C. Από τα διαγράμματα αυτά φαίνεται πως όσο μειώνεται η αρχική συγκέντρωση του χρώματος, ο λόγος C/C<sub>0</sub> σε συνάρτηση με το χρόνο μειώνεται πιο γρήγορα για όλες τις εξεταζόμενες αρχικές συγκεντρώσεις (μέχρι τα 10 mg/lt), με μοναδική εξαίρεση σε pH=11 και συγκεντρώσεις χρώματος 100 και 50 mg/lt.

Στο Διάγραμμα 13 φαίνεται η εξάρτηση του χρόνου ημιζωής από την συγκέντρωση του χρώματος για σταθερή συγκέντρωση H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Η εξάρτηση φαίνεται να είναι σχεδόν πρώτης τάξης, καθώς για pH=7 ο χρόνος ημιζωής μειώνεται από τα 36 min στα 13 min, για αντίστοιχη μείωση χρώματος από τα 100 στα 10 mg/lt, ενώ για pH=11 ο χρόνος ημιζωής μειώνεται από τα 160 min στα 65 min, για μείωση της συγκέντρωσης του χρώματος από τα 100 στα 10 mg/lt.

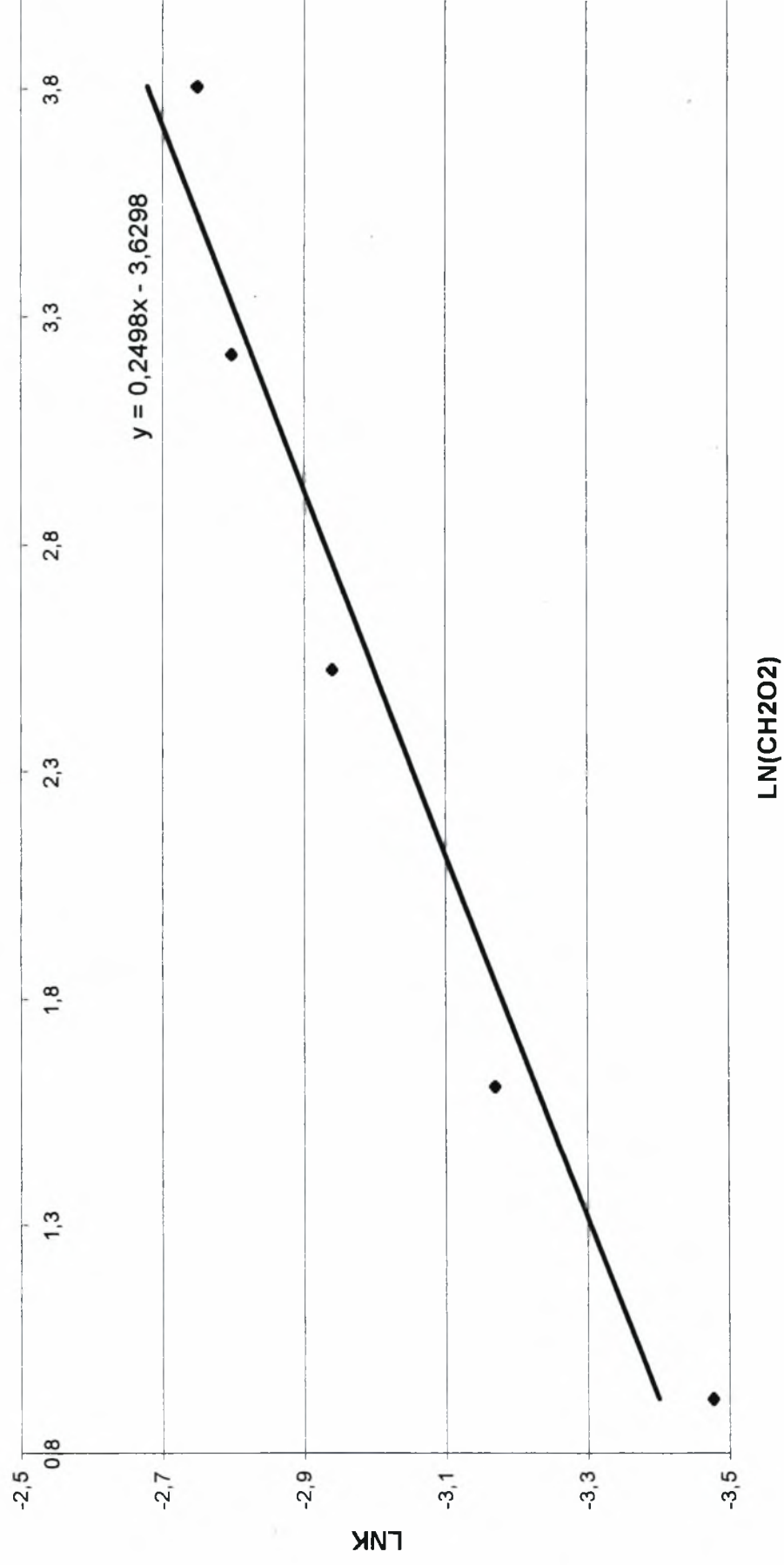
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8 : Γραφική παράσταση του LNK με το LN(CH2O2) για 100 mg/l DIRECT BLUE-PH=5-  
T=45oC



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9 : Γραφική παράσταση του LNK με το LN(CH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) για 100 mg/lit DIRECT BLUE-PH=5-  
T=60oC

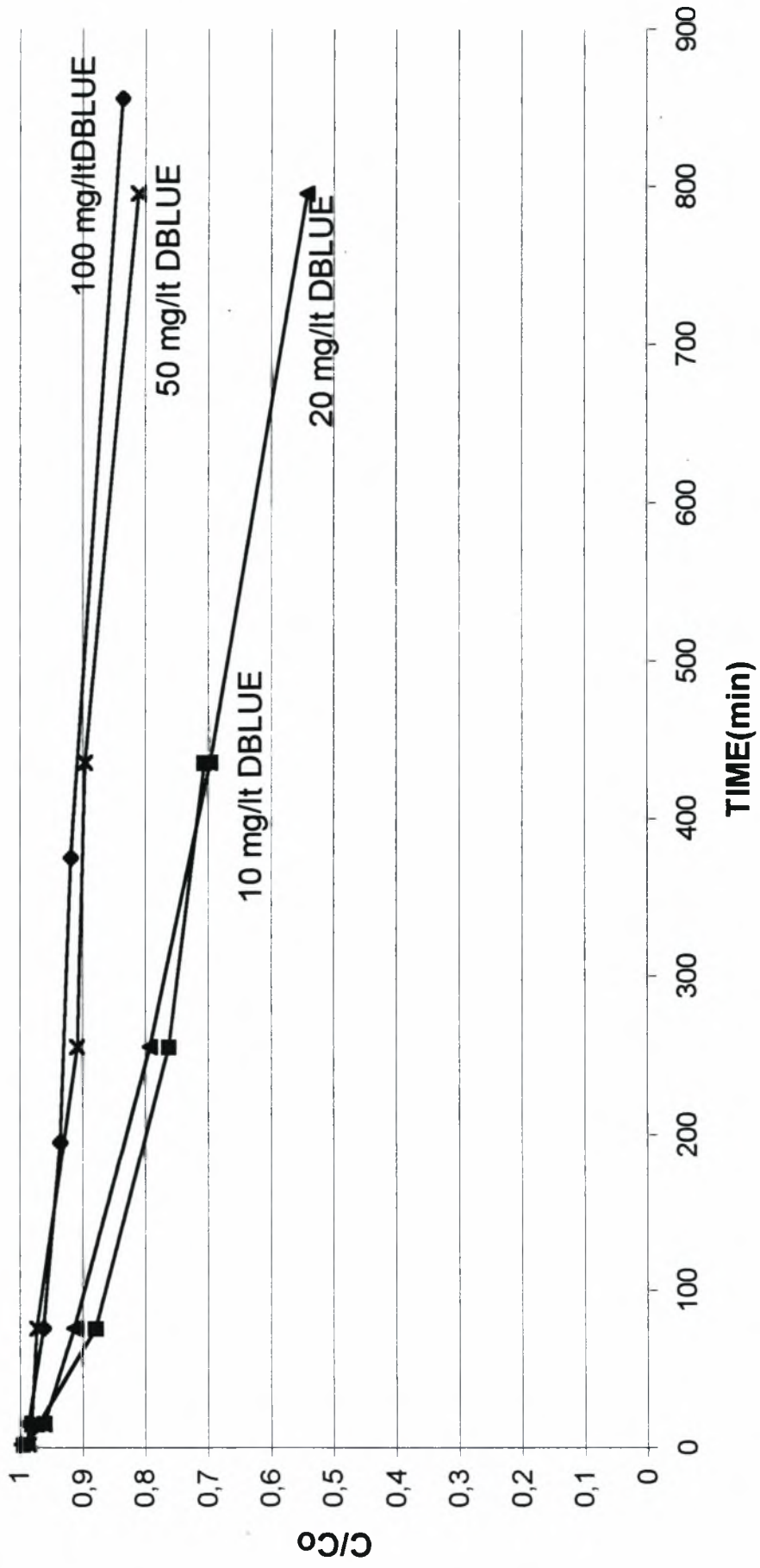


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10 : Γραφική παράσταση του LNK με το LN(CH2O2) για 100 mg/lit DIRECT BLUE-T=90οC.  
PH=5

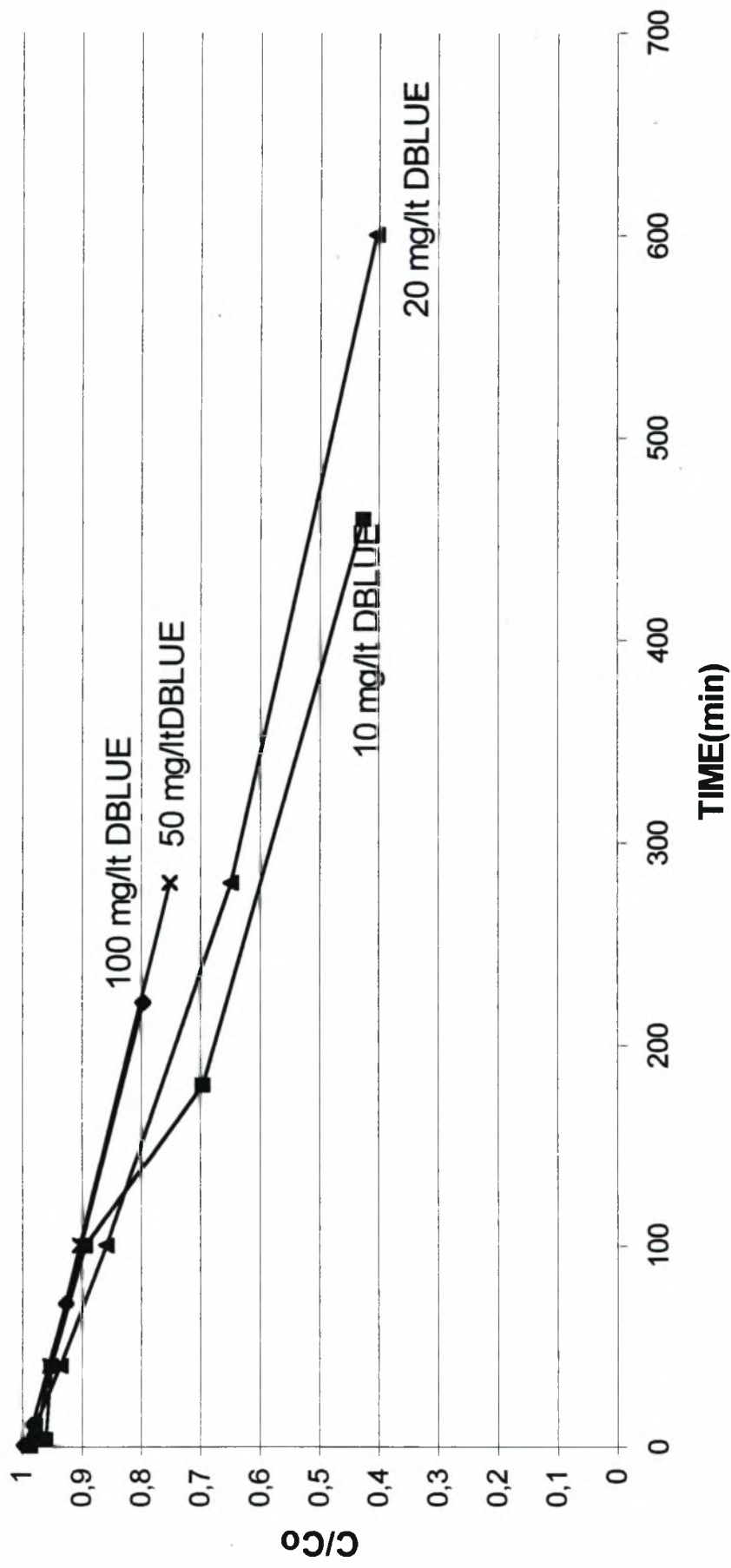




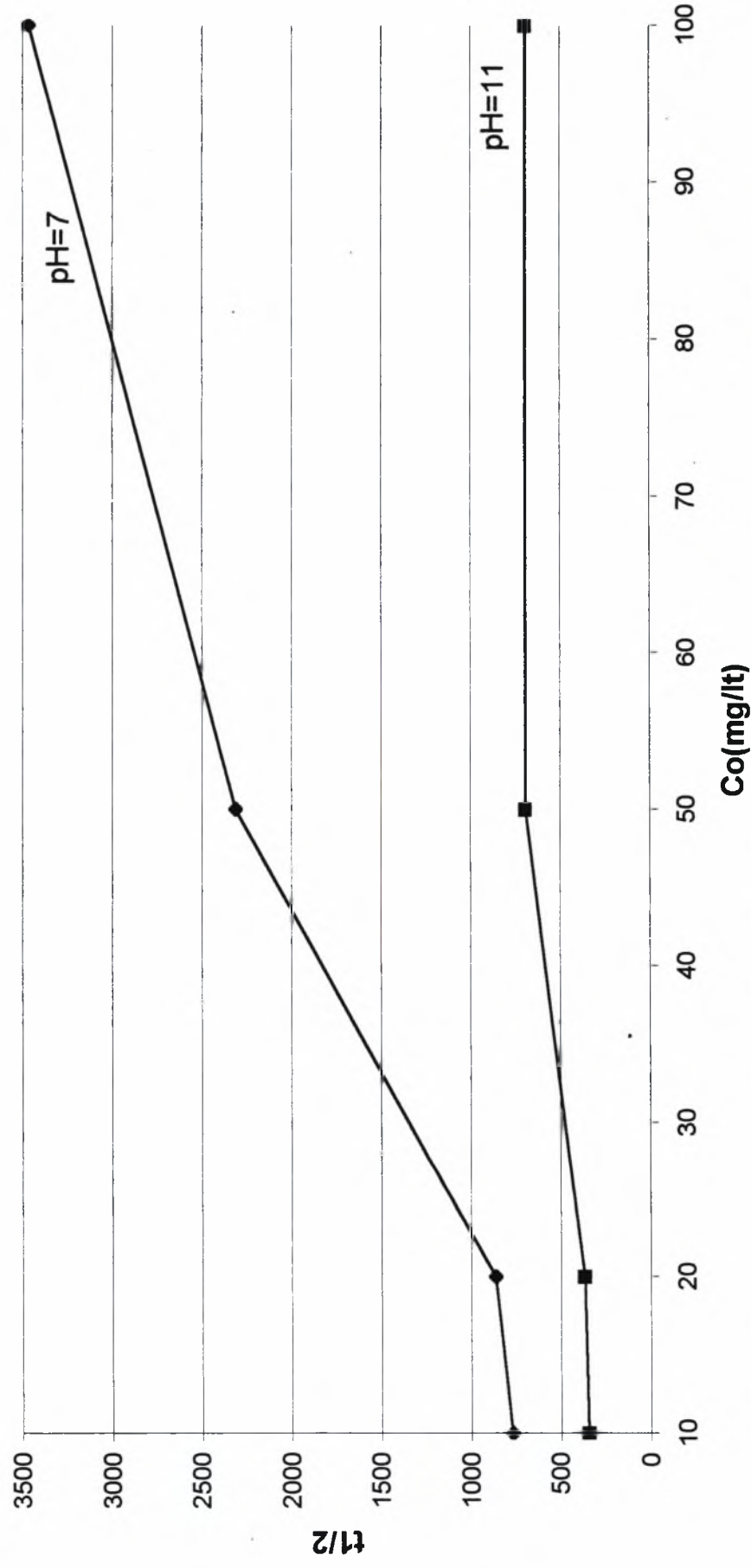
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11 : Γραφική παράσταση του λόγου C/Co με τον χρόνο t -  
 0,05% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-T=60°C-pH=7



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12 : Γραφική παράσταση του λόγου C/Co με τον χρόνο t για διαφορετικές συγκεντρώσεις χρώματος -0,05% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-T=60°C-pH=11**



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13 : Γραφική παράσταση του χρόνου ημίσειας ζωής με την αρχική συγκέντρωση του χρώματος Co-0,05 % H2O2-T=60oC**



## 2.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

### 2.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τα πειράματα με χρήση ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκε πηγή τύπου FISHER UVP 6 Watt, σε απόσταση 7,5 cm από τα δείγματα. Η πηγή εκπέμπει ακτινοβολία μήκους κύματος 254 nm και ισχύος 2250  $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ . Η διαδικασία μέτρησης και καταγραφής των πειραμάτων και των αποτελεσμάτων είναι η ίδια που περιγράφηκε στα πειράματα χωρίς την χρήση ακτινοβολίας. Μια ομάδα καμπυλών απορρόφησης για μετρήσεις με τη χρήση ακτινοβολίας απεικονίζεται στο Σχήμα 2.13.

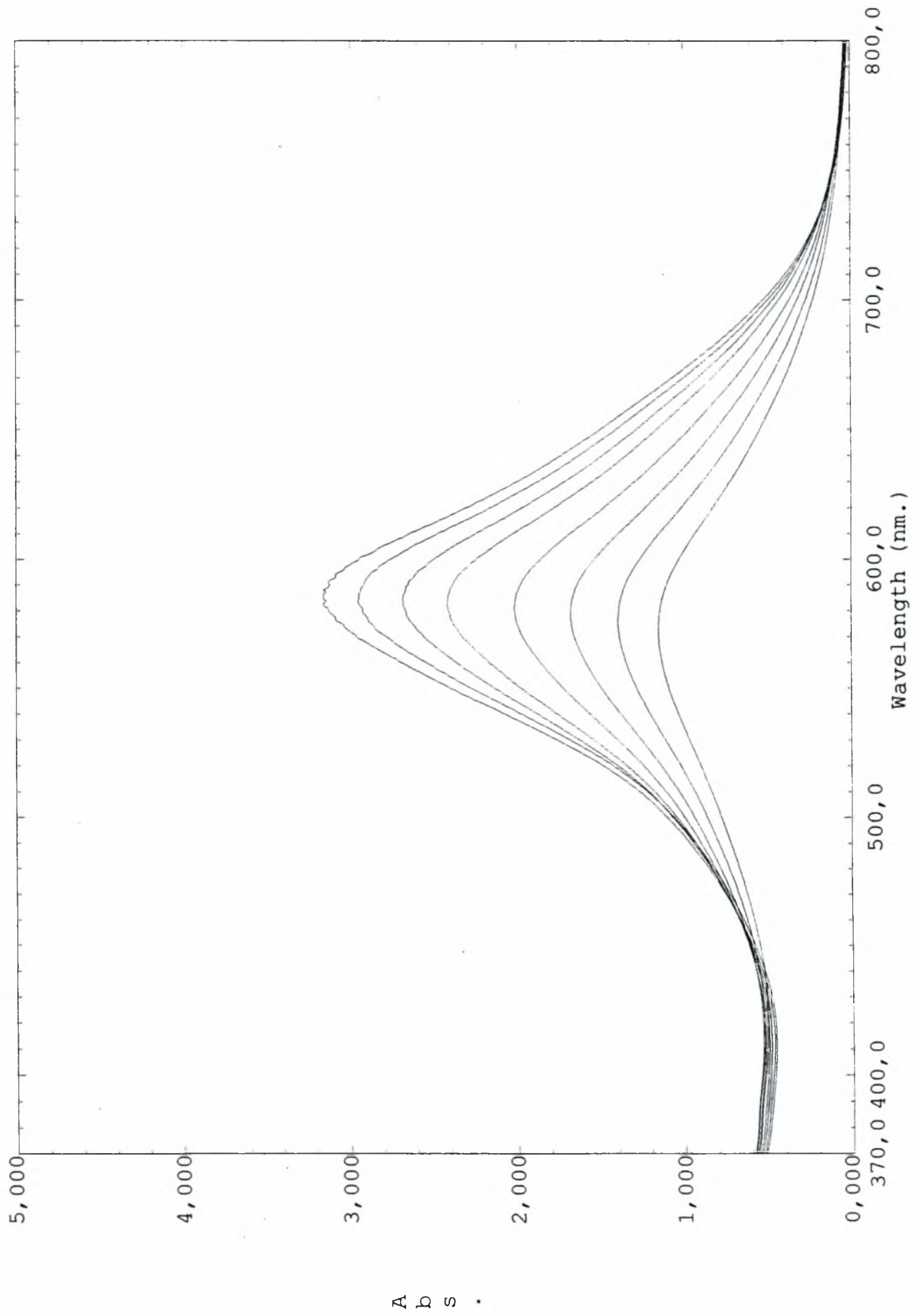
Οι μετρήσεις της διάσπασης με τη χρήση ακτινοβολίας δείχνουν μια δραστική αύξηση του ρυθμού της αντίδρασης. Πρώτα ερευνάται η επίδραση της συγκέντρωσης του  $\text{H}_2\text{O}_2$  στην ημίσεια ζωή του χρώματος και κατόπιν η εξάρτηση από την συγκέντρωση του χρώματος.

### 2.3.2 ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΗΜΙΖΩΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

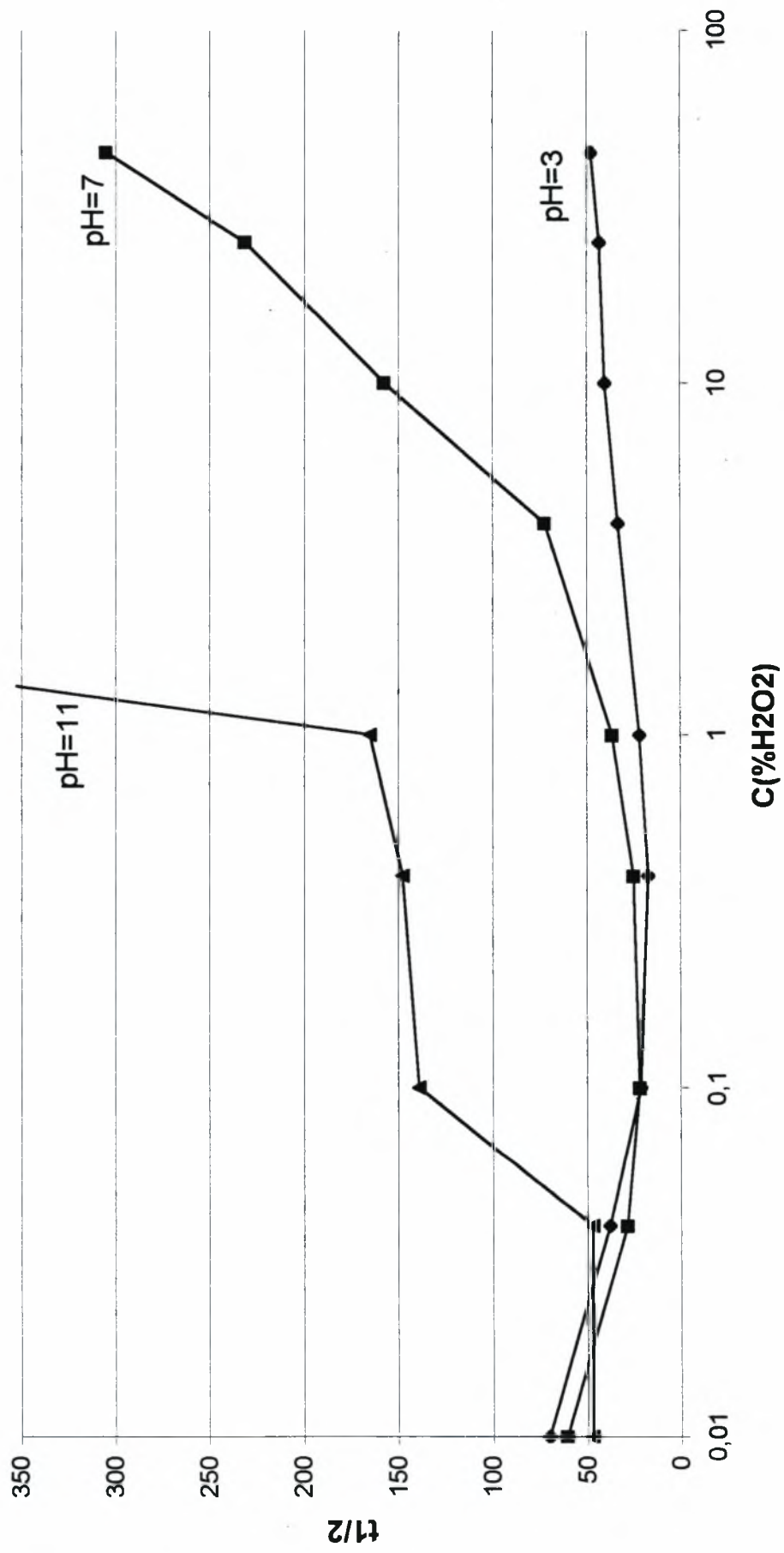
Το Διάγραμμα 14 δείχνει την εξάρτηση του χρόνου ημίσειας ζωής της βαφής από τη συγκέντρωση του  $\text{H}_2\text{O}_2$  στο διάλυμα για τρία διαφορετικά pH (3, 7, 11). Η αρχική συγκέντρωση του χρώματος είναι ίδια για όλες τις μετρήσεις και ίση με 100 mg/lit. Ο χρόνος ημίσειας ζωής της αντίδρασης είναι ενδεικτικός του πόσο γρήγορα προχωρά η οξειδωση του χρώματος.

Από το Διάγραμμα 14 φαίνεται ότι στις χαμηλές συγκεντρώσεις του  $\text{H}_2\text{O}_2$  ο χρόνος ημιζωής της βαφής αυξάνεται όσο μειώνεται η αντίδραση του οξειδωτικού, με πολύ μικρές όμως διαφορές. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του  $\text{H}_2\text{O}_2$  παρατηρείται ότι ο χρόνος ημίσειας ζωής αυξάνεται συνεχώς για αντιδράσεις που γίνονται σε αλκαλικό περιβάλλον ( pH = 11), ενώ σε ουδέτερο και όξινο περιβάλλον παρατηρείται αύξηση του χρόνου ημιζωής για  $\text{H}_2\text{O}_2 > 4\%$ . Για μέσες συγκεντρώσεις του  $\text{H}_2\text{O}_2$  σε PH = 3 και PH = 7 ελαχιστοποιείται ο χρόνος ημιζωής. Δεν έγιναν μετρήσεις σε διαλύματα με PH = 11 για  $\text{H}_2\text{O}_2 \geq 10\%$ , λόγω του φαινομένου που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.2 ( δηλαδή πολύ γρήγορων αυτοκαταλυόμενων αντιδράσεων).

**ΣΧΗΜΑ 2.13:** Καμπύλες απορρόφησης για μετρήσεις με την χρήση ακτινοβολίας.

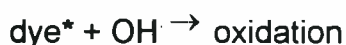


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14 : Εξάρτηση του χρόνου ημιζωής από την συγκέντρωση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-UV ON**



### 2.3.3 ΧΑΜΗΛΕΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Σε μικρές συγκεντρώσεις του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ο χρόνος ημιζωής αυξάνεται εξαιτίας της μείωσης της συγκέντρωσης του οξειδωτικού. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ο χρόνος ημιζωής αυξάνεται εξαιτίας της απορρόφησης φωτονίων από το H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, με αποτέλεσμα ένας μικρότερος αριθμός φωτονίων να είναι διαθέσιμος προς απορρόφηση από τη βαφή, την οποία διεγείρει όπως φαίνεται παρακάτω:



Από την εξέταση των αποτελεσμάτων για την ταχύτητα της αντίδρασης με (Διάγραμμα 13) αλλά και χωρίς την χρήση ακτινοβολίας ( Διαγράμματα 4 έως 9) όταν υπάρχει στοιχειομετρία, βγαίνει το συμπέρασμα ότι η διέγερση της βαφής είναι απαραίτητη για μια γρήγορη αντίδραση.

Ακόμη έγιναν και κάποια επιπλέον πειράματα τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται συγκριτικά στον Πίνακα 2.4.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 :Αποτελέσματα μετρήσεων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος**

	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =2,5%		CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =0,05%	
	UV-ON	UV-OFF	UV-ON	UV-OFF
pH=7	54min	>39000min	36,5min	>58000min
pH=11	600min	>33000min	165min	>23000min

### 2.3.4 ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΗΜΙΖΩΗΣ ΑΠΟ ΤΟ pH ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

#### 2.3.4.1 ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από το Διάγραμμα 14, ο χρόνος ημιζωής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το pH του διαλύματος. Σε υψηλές συγκεντρώσεις

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ο χρόνος ημιζωής μεγαλώνει καθώς αυξάνεται το pH. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι ο ρυθμός της αντίδρασης αυξάνεται καθώς αυξάνει το pH του διαλύματος γιατί δημιουργούνται περισσότερα ιόντα OH<sup>-</sup> τα οποία οξειδώνουν το διάλυμα. Το γεγονός αυτό αναφέρεται και στη βιβλιογραφία όταν γίνεται ετερογενής φωτοκατάλυση.

Έγιναν διάφορα πειράματα κατά τα οποία μετρήθηκε πώς εξαρτάται από το pH του διαλύματος η απορρόφηση

- 1) των μολε του χρώματος
- 2) του υπεροξειδίου του υδρογόνου
- 3) του ιόντος OH<sup>-</sup>

Τα συμπεράσματα που βγήκαν από τα παραπάνω πειράματα είναι τα ακόλουθα:

1) Η απορρόφηση του χρώματος είχε τιμές από  $2,76 \cdot 10^{-2}$  (l/mg-cm) μέχρι  $3,1 \cdot 10^{-2}$  (l/mg-cm) για διαλύματα με pH από 3 μέχρι 11. Αυτό σημαίνει πως το pH δεν επιρρεάζει την απορρόφηση του χρώματος, γεγονός που εξηγεί την εξάρτηση του χρόνου ημιζωής από το pH, όπως αυτή φαίνεται στο Διάγραμμα 14.

2) Η απορρόφηση του ιόντος OH<sup>-</sup> βρέθηκε ίση με  $2,5 \cdot 10^{-6}$  l/(mg-cm), δηλαδή περίπου τρεις τάξεις μεγέθους μικρότερη από αυτή του χρώματος. Έτσι η μικρή συγκέντρωση του ιόντος OH<sup>-</sup> σε αλκαλικό περιβάλλον δεν προκαλεί την απορρόφηση αρκετών φωτονίων έτσι ώστε να επιρρεαστεί η απορρόφηση και διέγερση του χρώματος.

3) Η απορρόφηση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ωστόσο, βρέθηκε να επιρρεάζεται σημαντικά από το pH. Η τιμή της κυμαίνονταν από  $4,2 \cdot 10^{-4}$  μέχρι  $8,2 \cdot 10^{-3}$  l/(mg-cm) για τιμές του pH από 7 μέχρι 11. Έτσι όσο αυξάνεται το pH αυξάνεται και η απορρόφηση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Το συμπέρασμα που βγαίνει από τα παραπάνω είναι ότι για σταθερή συγκέντρωση H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, αύξηση του pH του διαλύματος προκαλεί αύξηση στο ποσό των φωτονίων που απορροφούνται από το H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Λιγότερα φωτόνια μένουν λοιπόν διαθέσιμα για να διεγείρουν τα μόρια του χρώματος. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε μείωση της συγκέντρωσης των διεγερμένων μολε του χρώματος και συνεπώς ο ρυθμός αντίδρασης μειώνεται με αύξηση του pH του διαλύματος. Έτσι εξηγείται η συμπεριφορά του χρόνου ημιζωής του διαλύματος καθώς μεταβάλλεται η συγκέντρωση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> και το pH του διαλύματος.



Το τελικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του  $H_2O_2$  αλλά και του pH του διαλύματος προκαλούν την μείωση στη συγκέντρωση διεγερμένων πολε χρώματος, αλλά και μείωση στον ρυθμό της αντίδρασης.

#### 2.3.4.2. ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Άλλη μια ιδιορρυθμία του Διαγράμματος 14 είναι το γεγονός ότι το ελάχιστο του χρόνου ημιζωής στο αλκαλικό pH, παρόλου που δεν είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο σε όξινο και ουδέτερο περιβάλλον, παρουσιάζεται για συγκεντρώσεις  $H_2O_2$  πολύ χαμηλότερες. Το ελάχιστο του χρόνου ημιζωής σε όξινο περιβάλλον παρουσιάζεται για συγκέντρωση 0,4%  $H_2O_2$ , σε ουδέτερο περιβάλλον σε 0,1%  $H_2O_2$ , ενώ σε αλκαλικό παρουσιάζεται σε συγκέντρωση 0,04%  $H_2O_2$ .

Από τα παραπάνω φαίνεται πως η εξάρτηση του χρόνου ημιζωής του διαλύματος από το pH σε χαμηλές συγκεντρώσεις είναι τελείως διαφορετική από την εξάρτηση σε υψηλές συγκεντρώσεις  $H_2O_2$ . Στις χαμηλές συγκεντρώσεις  $H_2O_2$ , ο ρυθμός της αντίδρασης γίνεται πιο γρήγορος καθώς μεγαλώνει το pH του διαλύματος, σε αντίθεση με το τι παρατηρείται σε υψηλές συγκεντρώσεις  $H_2O_2$ .

Σε χαμηλές συγκεντρώσεις  $H_2O_2$ , ο ρυθμός της αντίδρασης μειώνεται καθώς ελαττώνεται το ποσό του  $H_2O_2$ , γιατί δεν υπάρχει αρκετή ποσότητα οξειδωτικού μέσου. Έτσι, μια αύξηση στο pH του διαλύματος μεγαλώνει την απορρόφηση και διέγερση του οξειδωτικού, γεγονός που οδηγεί σε γρηγορότερους ρυθμούς αντίδρασης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ίδια συμπεριφορά παρατηρείται και όταν η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την οξείδωση είναι η ετερογενής φωτοκατάλυση [ 19, 20 ].

Τα παραπάνω αποτελέσματα έχουν πρακτική εφαρμογή σε βιομηχανικές διεργασίες, όπου η κατανάλωση του  $H_2O_2$  αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά το κόστος λειτουργίας. Η αρχική οξείδωση της βαφής σε ένα αλκαλικό περιβάλλον με μικρή συγκέντρωση  $H_2O_2$  είναι μια καλή μέθοδος διεργασίας, ειδικά όταν τα απόβλητα πρόκειται να υποστούν βιολογική επεξεργασία.

### 2.3.4.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ

#### ΗΜΙΖΩΗΣ

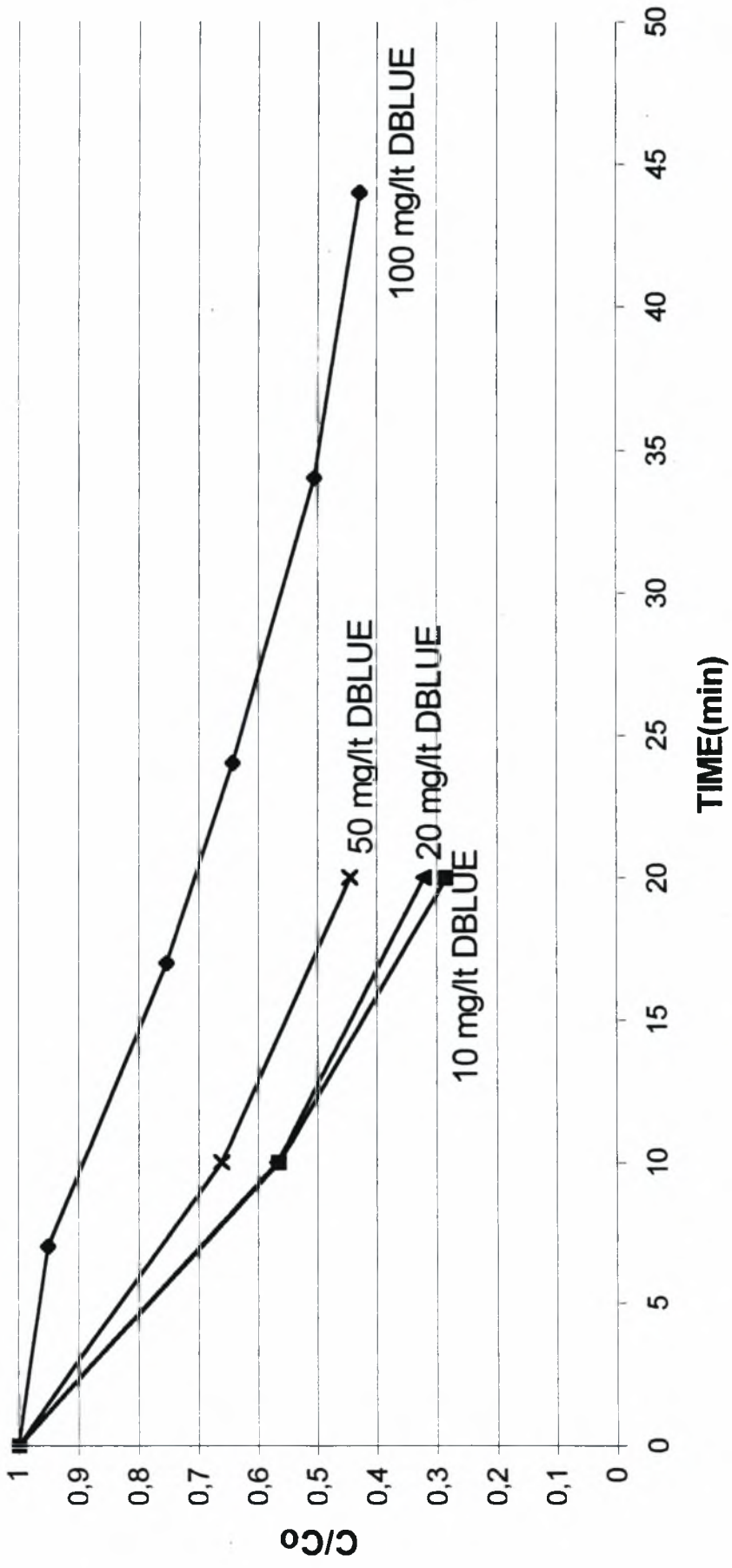
Τα Διαγράμματα 15 και 16 δείχνουν το λόγο  $C/C_0$  για διάφορες συγκεντρώσεις χρώματος, σε εξάρτηση με το χρόνο αντίδρασης  $t$  σε ουδέτερο ( $pH=7$ , Διάγραμμα 15) και σε αλκαλικό περιβάλλον ( $pH=11$ , Διάγραμμα 16). Από τα διαγράμματα αυτά φαίνεται πως όσο μειώνεται η αρχική συγκέντρωση του χρώματος, ο λόγος  $C/C_0$  σε συνάρτηση με το χρόνο μειώνεται πιο γρήγορα για όλες τις εξεταζόμενες συγκεντρώσεις (μέχρι τα 10 mg/l).

Στο Διάγραμμα 17 φαίνεται η εξάρτηση του χρόνου ημιζωής από την συγκέντρωση του χρώματος για σταθερή συγκέντρωση  $H_2O_2$ . Η εξάρτηση φαίνεται να είναι σχεδόν πρώτης τάξης, καθώς για  $pH=7$  ο χρόνος ημιζωής μειώνεται από τα 36 min στα 13 min, για αντίστοιχη μείωση χρώματος από τα 100 στα 10 mg/l, ενώ για  $pH=11$  ο χρόνος ημιζωής μειώνεται από τα 160 min στα 65 min, για μείωση της συγκέντρωσης του χρώματος από τα 100 στα 10 mg/l.

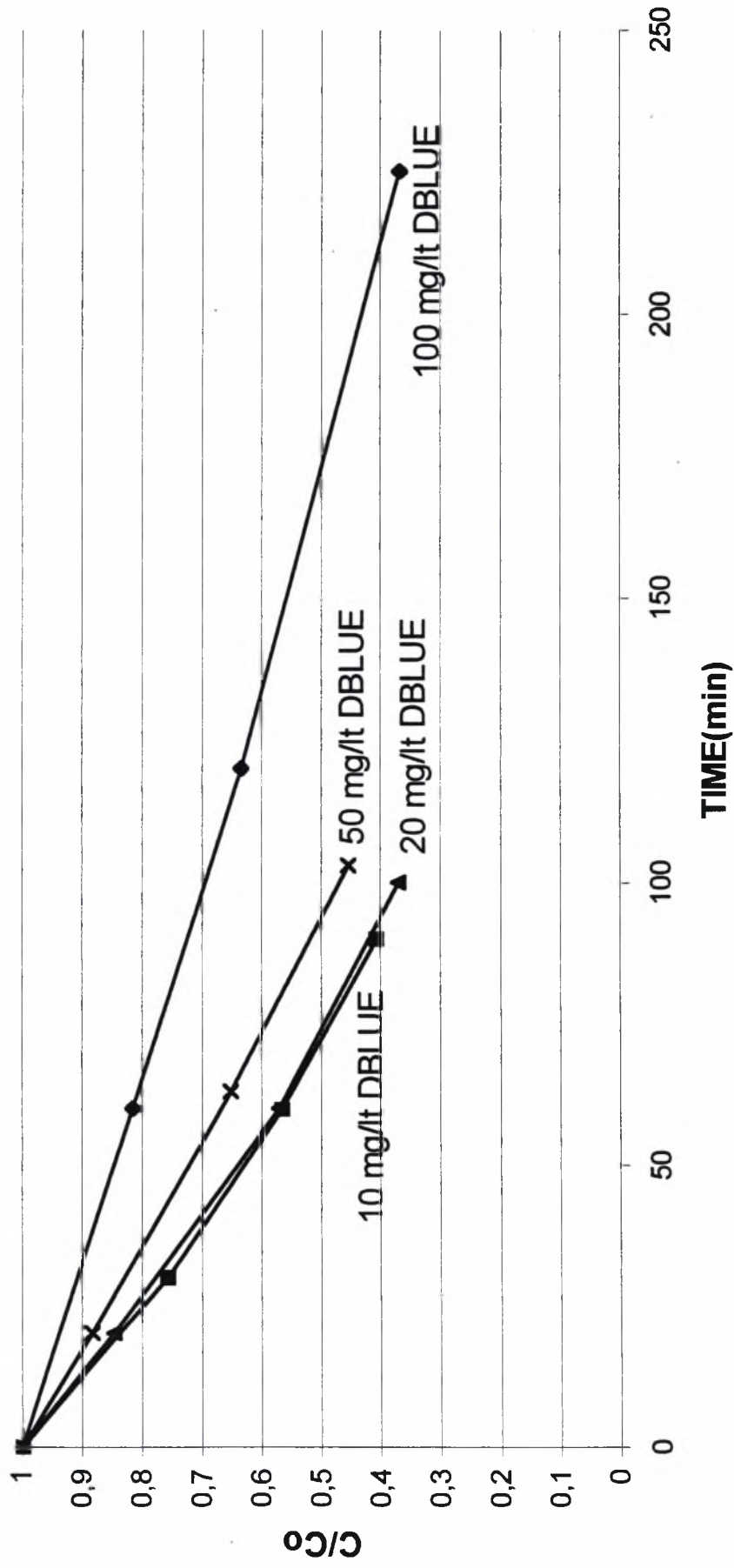
### **2.3.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΩΝ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ**

Το Διάγραμμα 18 δείχνει μια γενική εικόνα για την μείωση της συγκέντρωσης σε συνάρτηση με τον χρόνο αντίδρασης για διαφορετικές περιπτώσεις. Εξετάζοντας τον ρυθμό αποχρωματισμού του διαλύματος ( $C_0=100$  mg/l) σε θερμοκρασία δωματίου ( $T=21^\circ C$ ) φαίνεται (από τις κλίσεις των γραμμών στα διαγράμματα 1 και 2) ότι σε όξινο και αλκαλικό περιβάλλον ο ρυθμός είναι γρηγορότερος με την χρήση ακτινοβολίας κατά 700 και 55 φορές αντίστοιχα. Στις υψηλές θερμοκρασίες όμως ο αποχρωματισμός είναι γρηγορότερος σε αλκαλικό περιβάλλον χωρίς τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας.

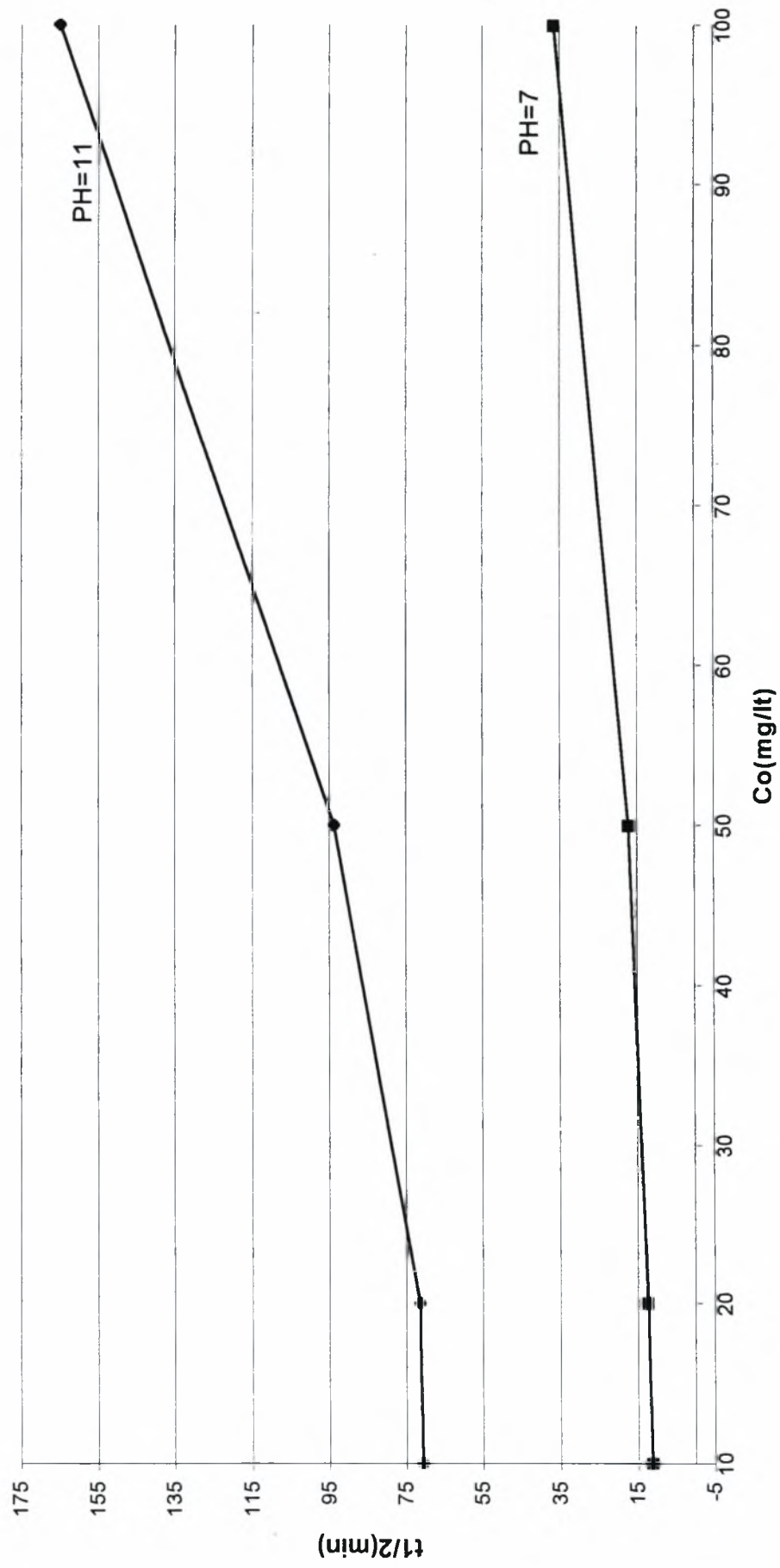
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15 : Γραφική παράσταση του λόγου C/Co με τον χρόνο t για διαφορετικές συγκεντρώσεις χρώματος -0,5% H2O2-T=18oC-PH=7 -UV ON**



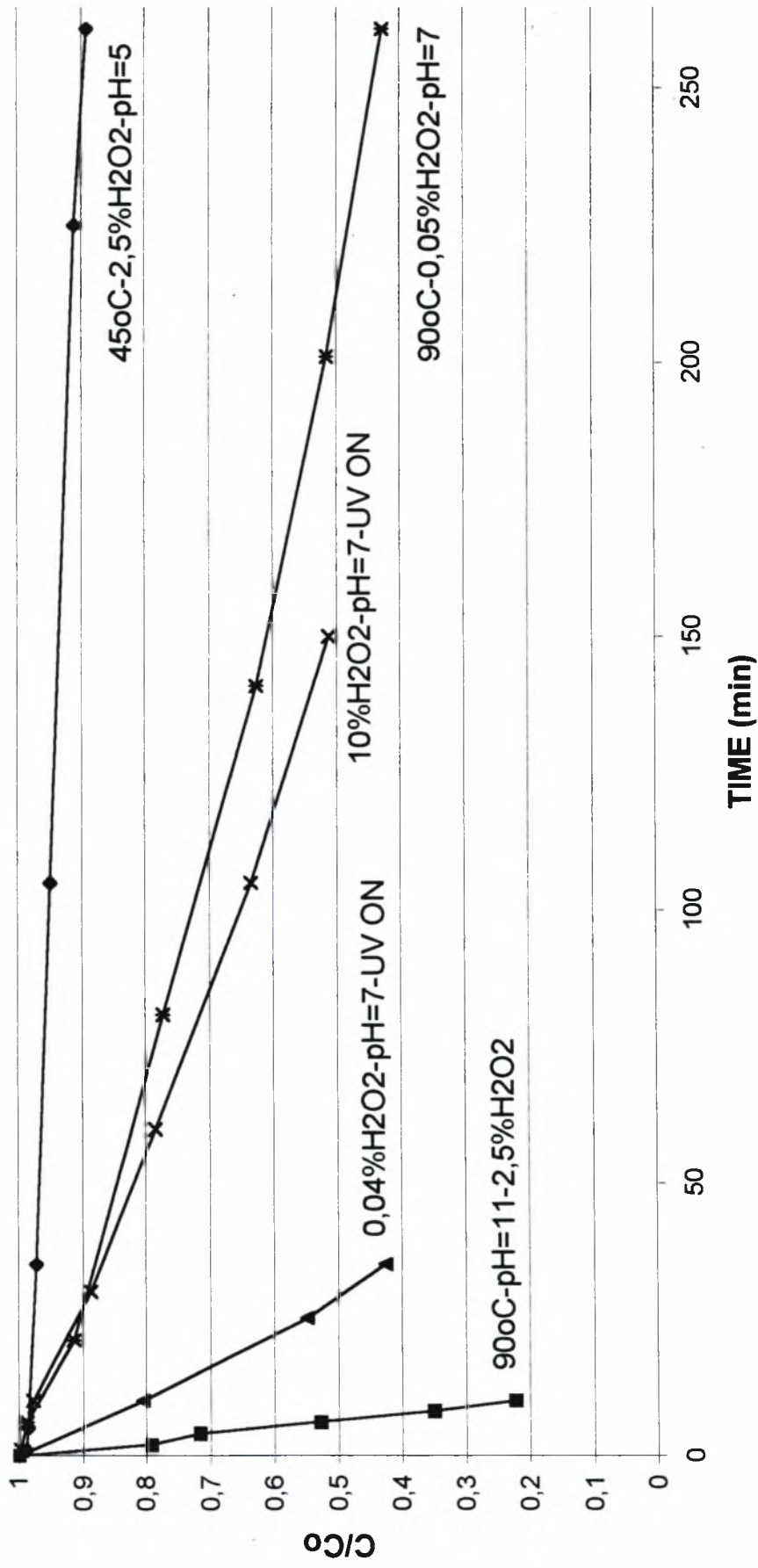
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16 : Γραφική παράσταση του λόγου C/Co με τον χρόνο t για διαφορετικές συγκεντρώσεις χρώματος-T=18οC-0,5% H2O2-PH=11**



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17 : Γραφική παράσταση του χρόνου ημιζωής  $t_{1/2}$  με την αρχική συγκέντρωση Co -  
0,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-T=18°C-UV ON

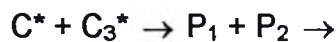
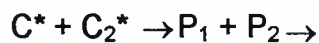
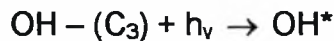
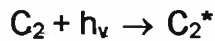


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18 : Γραφική παράσταση του λόγου C/C<sub>0</sub> με τον χρόνο t για διάφορους παραμέτρους**



### 2.3.6 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

Ο μηχανισμός αντίδρασης της αρχικής οξειδωσης χρώματος είναι μια αντίδραση ανάμεσα σε δυο ενεργά είδη, ένα ενεργοποιημένο μόλε χρώματος και ένα ενεργοποιημένο οξειδωτικό είδος που προκύπτει από την απορρόφηση ακτινοβολίας UV από το H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> κατά τον ακόλουθο μηχανισμό:



Αφού ο συνολικός αριθμός φωτονίων είναι σταθερός έχουμε:

$$\alpha C + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3 = 1$$

Τα  $\alpha$ ,  $\alpha_2$  και  $\alpha_3$  είναι υπολογισμένα πειραματικά, και έτσι η συγκέντρωση των ενεργών ειδών μπορεί να μοντελοποιηθεί σε μια έκφραση για τον χρόνο ημιζωής.

## 2.4. ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Τα αποτελέσματα των παραπάνω πειραμάτων μπορούν και πρέπει να χρησιμοποιηθούν σαν οδηγός για την αντιμετώπιση των προβλημάτων ρύπανσης που προκαλούν οι διάφορες χρωστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανικές διεργασίες βαφής.

Εφόσον δεν είναι εύκολο να αυξηθεί η θερμοκρασία μεγάλου όγκου αποβλήτων σε τιμές μεγαλύτερες των 50°C, η φωτοχημική οξείδωση είναι η προτεινόμενη μέθοδος για την επεξεργασία λυμάτων που περιέχουν ουσίες σαν το DIRECT BLUE.

Κάνοντας κάποιους υπολογισμούς με παραδοχές που ανταποκρίνονται σε μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, βρέθηκε ότι το λειτουργικό κόστος της μονάδας δεν αναμένεται να ξεπεράσει τις 4.000 δρχ/m<sup>3</sup>, ενώ το κατασκευαστικό κόστος χωρίς τον υπολογισμό του κόστους αγοράς και εγκατάστασης των πηγών υπεριώδους ακτινοβολίας, ανέρχεται στο 650.000 δρχ/m<sup>3</sup>. Το κόστος των πηγών ακτινοβολίας εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της παραγγελίας, αλλά δεν θεωρείται απαγορευτικό για την χρήση της μεθόδου της φωτοχημικής οξείδωσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εξετάστηκαν τα αρχικά βήματα οξειδωσης του χρώματος DIRECT BLUE με και χωρίς τη χρήση ακτινοβολίας UV για να διαπιστωθεί η επίδραση της ακτινοβολίας UV και κάποιων άλλων παραγόντων της αντίδρασης στο ρυθμό και τον μηχανισμό της αντίδρασης. Οι παράγοντες αυτοί είναι η συγκέντρωση του χρώματος, η συγκέντρωση του οξειδωτικού μέσου ( $H_2O_2$ ), η θερμοκρασία της αντίδρασης και το pH του διαλύματος. Όλες οι αντιδράσεις έγιναν στον ίδιο αντιδραστήρα και τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

1) Απουσίας UV ακτινοβολίας η αντίδραση είναι αργή, αλλά με την αύξηση της θερμοκρασίας γίνεται πιο γρήγορη.

2) Οι ενέργειες ενεργοποίησης βρέθηκαν ίσες με 20,54 και 26,1 Kcal/mole για όξινης και αλκαλικές συνθήκες, χωρίς αλλαγή στον μηχανισμό αντίδρασης. Παρ' όλα αυτά, οι ρυθμοί ήταν υψηλότεροι κατά ένα συντελεστή 3 σε pH=11 συγκρινόμενοι με τους ρυθμούς σε pH=5. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε αλκαλικό pH το  $H_2O_2$  αποσυντίθεται πιο γρήγορα προς δημιουργία οξειδωτικών μέσων.

3) Η χρήση ακτινοβολίας στο διάλυμα της αντίδρασης ανεβάζει κατά πολύ τον ρυθμό της αντίδρασης. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος κοντά στην στοιχειομετρική αναλογία  $H_2O_2$  οι ρυθμοί αντίδρασης έγιναν πιο γρήγοροι όταν χρησιμοποιήθηκε UV ακτινοβολία, κατά τουλάχιστον 650 και 180 φορές σε pH=5 και pH=11 αντίστοιχα.

4) Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 70 έως 80<sup>o</sup> C οι αντιδράσεις γίνονται εξίσου γρήγορα με τις αντιδράσεις παρουσία UV ακτινοβολίας.

5) Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων φαίνεται ότι η διέγερση και του οξειδωτικού μέσου αλλά και του χρώματος είναι απαραίτητη για μια γρήγορη αντίδραση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι σε πολύ υψηλές αλλά και πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις του  $H_2O_2$  αυξάνεται ο χρόνος ημιζωής της αντίδρασης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε χαμηλές συγκεντρώσεις  $H_2O_2$  η αντίδραση έχει έλλειψη σε διεγερμένα είδη χρώματος, καθώς το  $H_2O_2$  απορροφά πολλά από τα φωτόνια που προορίζονται να διεγείρουν το διάλυμα.

6) Το pH του διαλύματος επίσης επηρεάζει τον ρυθμό της αντίδρασης, καθώς, όπως έχει αποδειχτεί πειραματικά, αύξηση του pH προκαλεί μεγαλύτερη απορρόφηση φωτονίων από το  $H_2O_2$ . Έτσι, για υψηλές συγκεντρώσεις  $H_2O_2$  η αντίδραση είναι γρηγορότερη σε όξινο περιβάλλον, ενώ για χαμηλές συγκεντρώσεις  $H_2O_2$  η αντίδραση είναι πιο γρήγορη σε αλκαλικό pH.



7) Οι ρυθμοί αντίδρασης επηρεάζονται επίσης από την συγκέντρωση του χρώματος. Όσο μειώνεται η συγκέντρωση μειώνεται ο χρόνος ημιζωής.

8) Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής είναι ανάλογα με τα αποτελέσματα κάποιων άλλων μεθόδων χημικής οξειδωσης, όπως για παράδειγμα της ετερογενούς φωτοκατάλυσης.

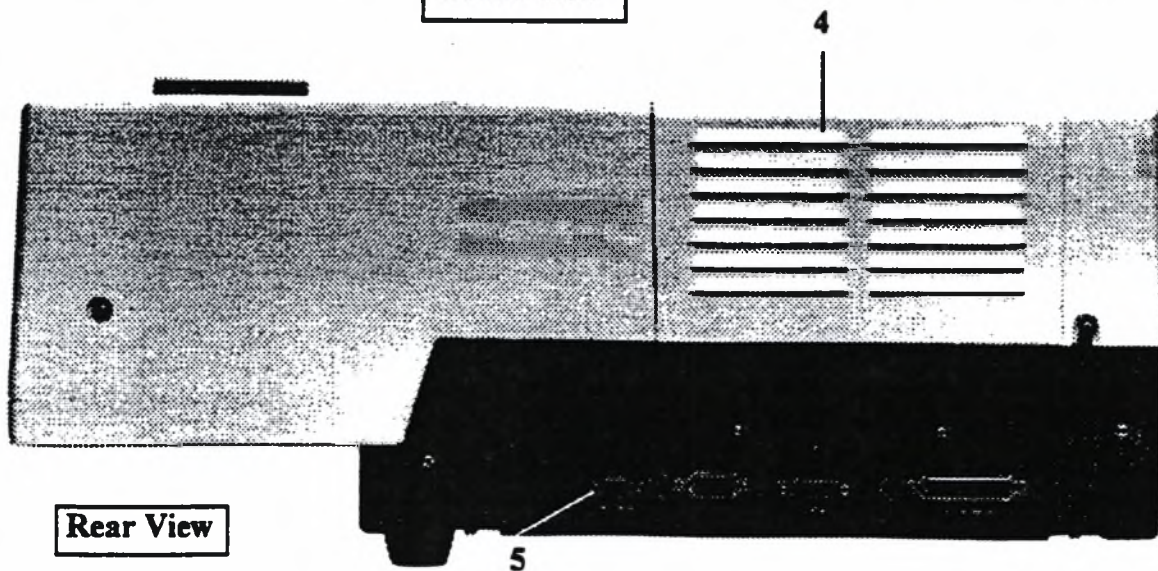
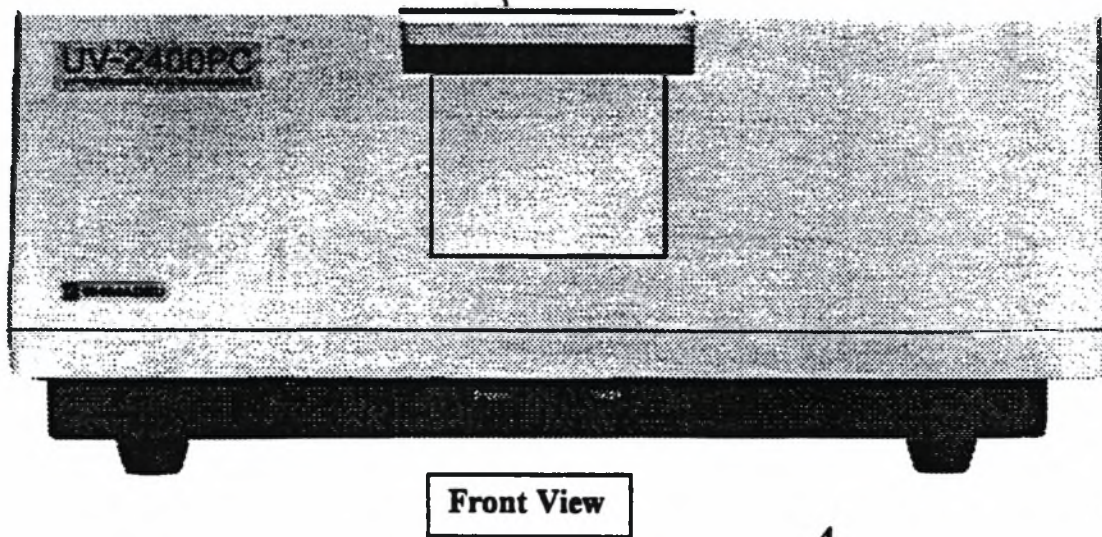
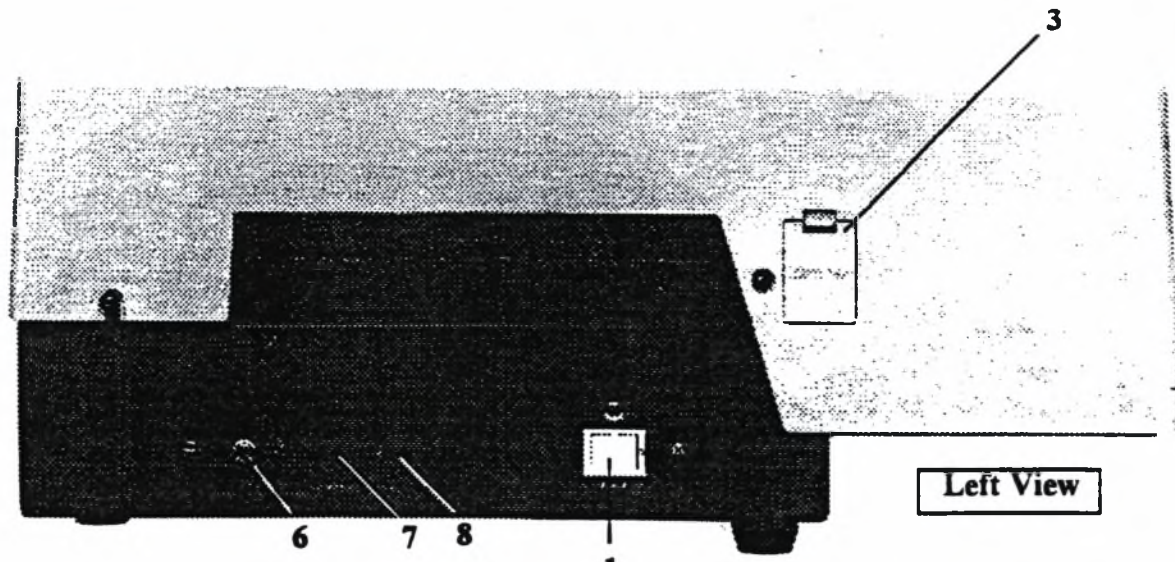
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Al-Ekabi H. and Serpone N., "Kinetic studies in heterogeneous photocatalysis. Photocatalytic degradation of chlorinated phenols in aerated aqueous solution over TiO<sub>2</sub> supported on glass matrix". *J. Phys. Chem.*, **92**, 5726-5731, 1988.
2. Crittenden J.C., Liu J., Hand D.W. and Perram D.L., "Photocatalytic oxidation of chlorinated hydrocarbons in water", *Wat.res.*, **31(3)**, 429-438, 1997
3. "Mobile Treatment Technologies for Superfund Wastes". EPA 540/2-86/003, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1986.
4. "Supercritical water oxidation". EPA 540/5-92/006, Engineering Bulletin.
5. "Technology Screening Guide for Treatment of CERCLA Soils and Sludges". EPA 540/2-88/004, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1989.
6. Froelich E., "The perox-pure TM Oxidation system. A Comparative summary". Παρουσιάστηκε στο Αμερικάνικο Ινστιτούτο Χημικών Μηχανικών στο εθνικό συνέδριο του Sun Diego, Αύγουστος, 19-22, 1990.
7. Glaze W.J., "Drinking- Water Treatment with Ozone", *Environ. Sci. Tech.*, **21(3)**, 224 -230, 1987.
8. Gould J.P. and Groff K., "Kinetics of ozonolysis of synthetic dyes", *Ozone Sci. Eng.*, **9**, 153, 1987.
9. Kearny P.C., "UV-Ozonation of Eleven Major Pesticides as a Waste Disposal Pretreatment", *Chemosphere*, **16(10-12)**, 2321-2330, 1987.
10. Κομινέλλης Κ. "Ηλεκτροκατάλυση στην ηλεκτροχημική μετατροπή οργανικών αποβλήτων σε επεξεργασία υγρών αποβλήτων", *Electroch. Acta*, **39**, 1857, 1994.
11. Κυριακίδου Φ., Κονταρίδης Δ. και Βερύκιος Ξ., " Φωτοκαταλυτική διάσπαση μη βιοαποικοδομήσιμων οργανικών χρωμάτων ", που παρουσιάστηκε στο πρώτο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημικών Μηχανικών στην Πάτρα, Μάιος 29-31, 1997, σελ. 527-532.
12. Ku Y. and Ho S.C., " The effects of Oxidants on UV Destruction of Chlorophenols ", *Environmental Progress*, **9(4)**, 218, 1990.
13. Lin S.H. and Lin C.M., "Decoloration of textile waste effluents by ozonation", *J. Environ. Syst.*, **21**, 143, 1992.
14. Lin S.H. and Peng F.C., "Treatment of textile wastewater by electrochemical methods", *Wat. Res.*, **28**, 277, 1994.

15. Matthews R.W., "PHotooxidation of organic materials in aqueous suspensions of titanium dioxide", *Wat. Res.*, **20**, 569-578, 1986.
16. Matthews R.W., "PHotooxidative degradation of colored organics in water using supported catalysts. TiO<sub>2</sub> on Sand", *War. Res.*, **25**, 1169-1176, 1991.
17. Murphy O.J., "Direct electrochemical oxidation of organics for wastewater treatment", *Wat. Res.*, **24**, 443, 1992.
18. Ollis D.F., Hsiao C.Y., Budiman L. and Lee C.L., "Heterogeneous pHOtoassisted catalyssis : conversions of perchloroethylene, dichloroethane, chloroacetic acids and chlorobenzene", *J. Catal.*, **88**, 89-96, 1984.
19. Παπαπολυμέρου Γ., Μποντόζογλου Β., Χαριτίδου Ε., " Ομογενής φωτοχημική οξείδωση του χρώματος ANILINE BLUE. Σχέσεις ανάμεσα στην αρχική οξείδωση και στις παραμέτρους της αντίδρασης", που εστάλη για δημοσίευση στο περιοδικό AICHE, 1998.
20. Παπαπολυμέρου Γ. " Φωτοχημική οξείδωση του Ερυθρού του Μεθυλίου ", που παρουσιάστηκε στο πρώτο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημικών Μηχανικών στην Πάτρα, Μάιος 29-31, 1997.
21. Pelizzetti E., Maurino V., Minero C., Carlin V., Pramauro E., Zerbinati O. and Tosato M.L., "PHotocatalytic degradation of atrazine and other s-triazine herbicides", *Environ. Sci. Technol.*, **24**, 1559-1565, 1990.
22. Πούλιος Ι., "Ετερογενής φωτοκατάλυση. Μία νέα μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ", που παρουσιάστηκε στο πρώτο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημικών Μηχανικών στην Πάτρα, Μάιος 29-31, 1997, σελ. 521-526.
23. Roy K., a) "Researchers use UV light for VOC destruction" *Hazmat World*, Μάιος, 82-92, 1990, και b) "UV-Oxidation technology. Shining star or flash in the pan?" *Hazmat World*, Ιούνιος, 35-50, 1990.
24. Shields, Pecsok, Cairns, McWilliam, "Σύγχρονες μέθοδοι στη χημική ανάλυση", απόδοση στα ελληνικά Βολιώτης Σταύρος.
25. Snider E.H. and Porter J.J., "Ozone treatment of textile industry wastes" *J. Water Pollution*, **46**, 886, 1974.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ  
ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ  
SHIMADZU UV – 2401 PC



*Exterior Views of UV-2401/2501PC Photometer*

### Initialization Steps for UV-2401PC

Step	Item	Description
1	LSI Initialize	Initialization of parameters
2	ROM Memory Check	Checking photometer ROMs
3	RAM Memory Check	Checking Random Access Memory
4	Filter Motor Initialize	Detecting stray light cut-off filter position
5	Slit Motor Initialize	Detecting slit motor position
6	Light Motor Initialize	Detecting light motor position
7	Scan Motor Initialize	Detecting wavelength scanning motor position
8	W1 Max. Position Search	Positioning halogen lamp for maximum energy
9	Wavelength Origin 1 Search	Mechanical detection of wavelength origin position
10	W1 Lamp Energy Check	Checking halogen lamp energy
11	D2 Max Position Search	Positioning deuterium lamp for maximum energy
12	D2 Lamp Energy Check	Checking deuterium lamp energy
13	Wavelength Origin 2 Search	Detecting 0nm wavelength position
14	Stand By...	Initialization is completed

The entire procedure takes about four minutes.



## Inspection

The UVPC Spectrophotometer System consists of the photometer unit and its accessories, including separate computer and software. Upon unpacking, confirm that all parts and standard accessories listed below are included in your shipment.

### Shipment Items (Instrument)

Description	Qty.	P/N UV-1601PC	P/N UV-2101PC	P/N UV-2401PC / UV-2501PC	P/N UV-3101PC	Remarks
Photometer unit	1	206-67510	206-14601	206-82301-93 206-82302-93	206-10495	
240 V set. containing	1	206-67099-01	206-11342-07	206-82203-91	206-14712-06	
1 Filter set	1	n.a.	206-11343	n.a.	206-11343	Didymium filter and shutter block
2 #1 Phillips screwdriver	1	n.a.	086-11001	n.a.	086-11001	
3 #2 Phillips screwdriver	1	n.a.	086-11002	n.a.	086-11002	
4 Regular screwdriver	1	n.a.	086-10405	n.a.	086-10405	
5 Vinyl cover	1	n.a.	206-14606	n.a.	206-14725	
6 Fuses for photometer	1	072-01652-19		072-01652-21	072-01652-19	0.5A for UV-2401/2501PC 2A other instruments
7 Fuses for D2 lamp	1	n.a.	072-01661-08	n.a.	072-01661-08	
8 AC Power cable	1	071-60814-02				for 220 V, 240 V
9 Grounding adapter	1	n.a.	200-86152			
10 Tungsten iodide lamp	1	n.a.			062-65004-06	Spare

### Shipment Items (Software module English, including com. cable)

No.	Description	P/N	
	Instrument	UV-1601/2401/2501/PC	UV-2101/3101PC
1	UVPC software	489-04081-01	
2	Instruction manual	489-04097-11	
3	Communication cable	489-04049	489-04096
4	Registration card	489-04118-01	

Please note that some items and part numbers might differ in your country, please contact your local dealer for more information.

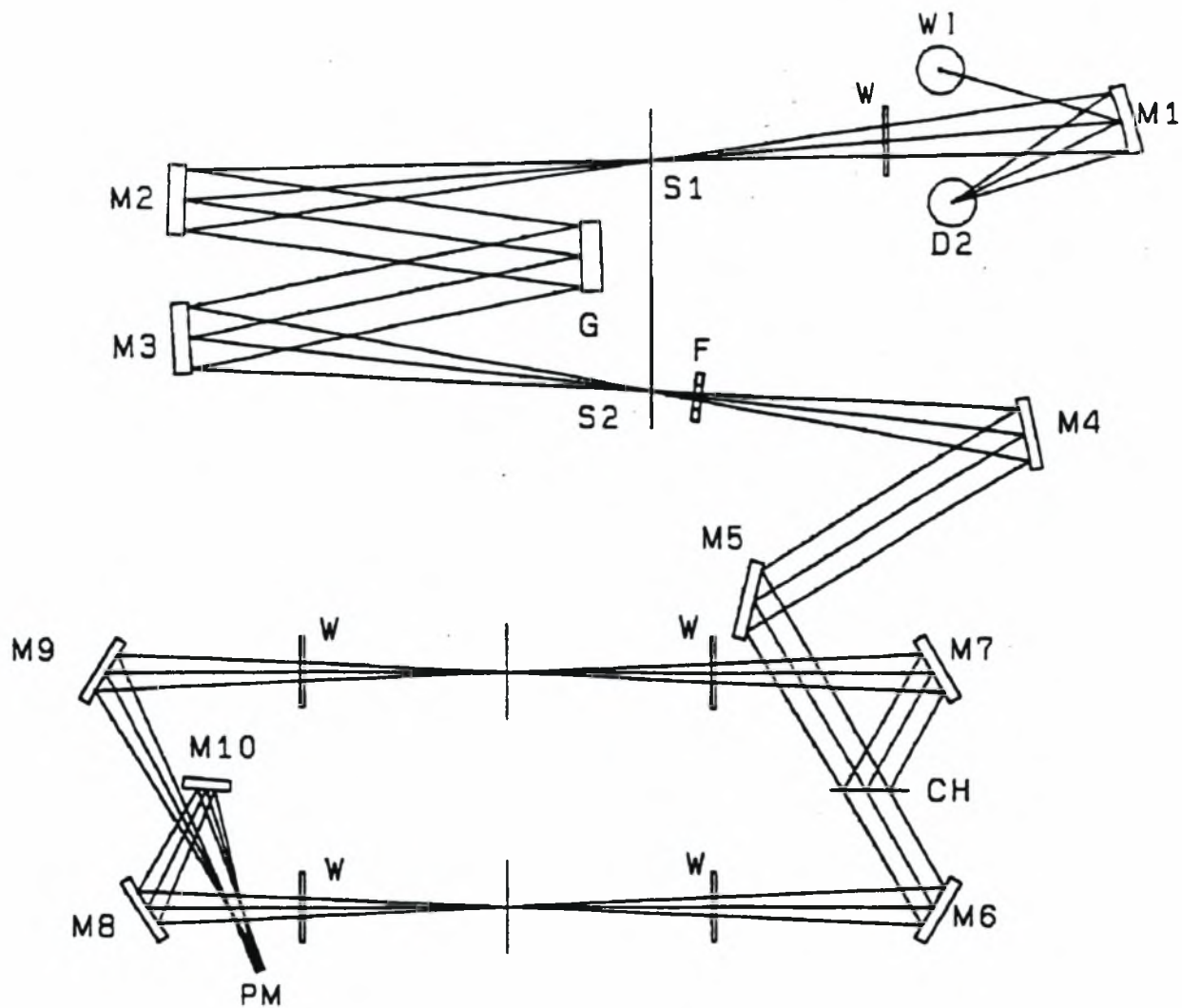
## UV-2401/2501PC Photometer Unit

	Description	Comments
1	Power switch	Supplies power to the photometer unit.
2	Sample compartment	150mm width x 260mm depth x 120mm height
3	Cover for receptacle	Covers the receptacle to be connected to a external detector such as the integrating sphere attachment.
4	Light source compartment	The halogen lamp for VIS region and deuterium lamp for UV region are built in. The cover is removed by lifting straight up.
5	Communication connector	This is used for the signal communication between the data station and photometer unit.
6	Grounding terminal	To be used when the employed switch board has no grounding terminal. Use this terminal as a common ground for the UV-2401/2501 and other devices(s).
7	AC power receptacle (inlet)	For supplying AC power to the photometer unit.
8	Voltage selector (acts also as fuse holder)	The position setting should correspond to the supplied voltage (100V, 120V, 220V, 240V). A5A fuse should be used for 100 – 120V and a 3.15A fuse for 220 – 240V.



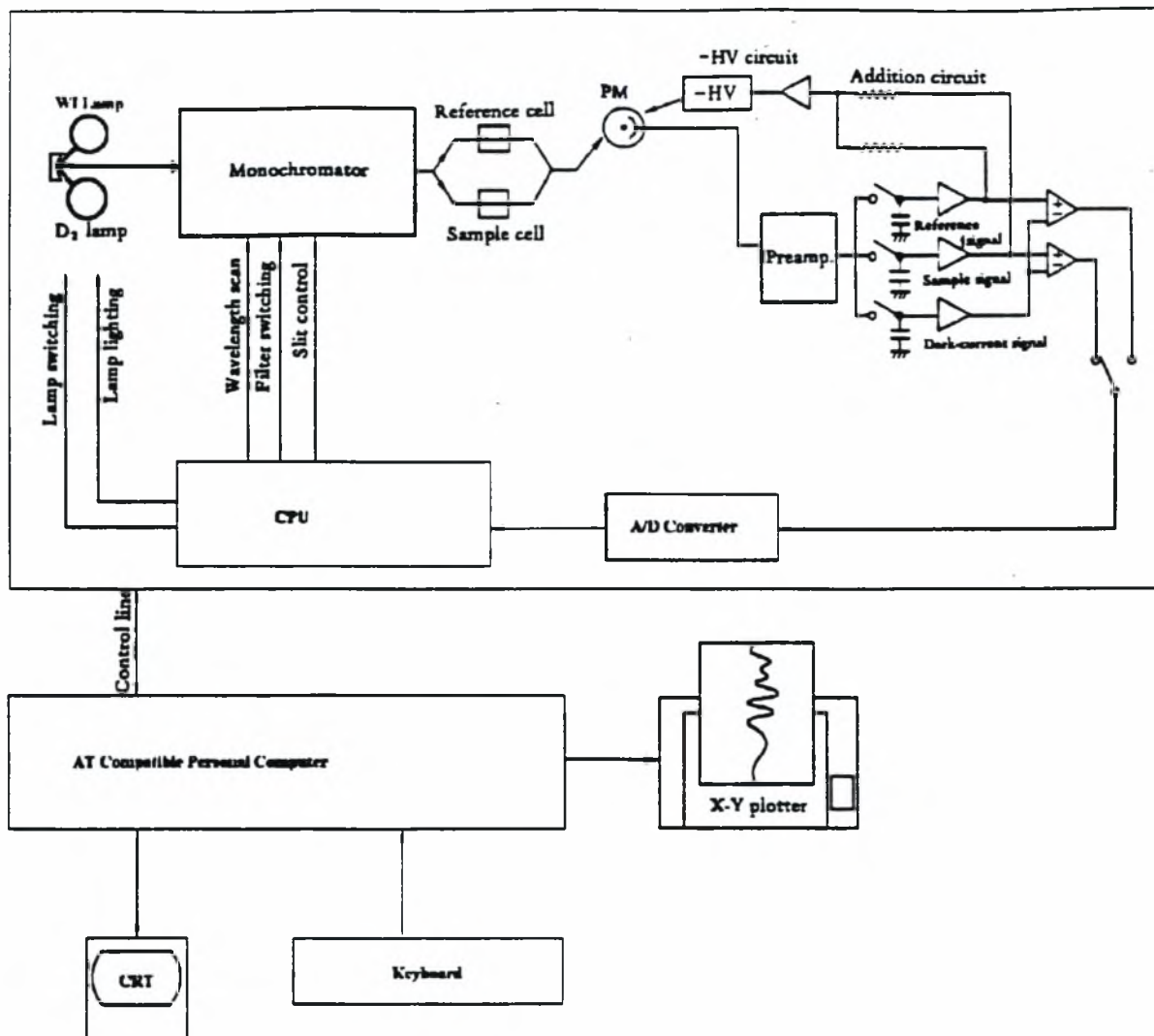
## Consumable Parts for UV-2401/2501PC

Classification	Description	Model	Part No.	Remark
Consumable	Halogen lamp	RF-5012	062-65004-06	
	Deuterium lamp	DS-350U	062-65055-01	
Maintenance	Fuse 5A (100 ~ 120V)		072-01652-23	
	Fuse 31.5A (220 ~ 240V)		072-01652-21	
	Sample compartment slide plate		204-07348-00	
	Cell holder assembly		206-82009-91	
	Grounding adapter		071-60803-01	
	Power cable with plug (for 100 ~ 120V with grounding adapter)		071-60814-01	Satisfies UL/CSA specs.
	Main P.C.B. assy		206-67045	
	Extension P.C.B Assy		206-81342-91	
	Pre-amplifier P.C.B. Assy		206-67605-80	
	Communication cable		220-92172	Photometer to data station.
Photomultiplier		200-75027	R928-17	



- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| D <sub>2</sub> :                  | Deuterium Lamp                  |
| W1:                               | Halogen lamp                    |
| S <sub>1</sub> :                  | Entrance slit                   |
| W:                                | Quartz windows                  |
| M <sub>1</sub> ~M <sub>10</sub> : | Mirrors                         |
| G <sup>1</sup> :                  | Grating of first monochromator  |
| S <sub>2</sub> :                  | Exit/Entrance slit              |
| G <sup>2</sup> :                  | Grating of second monochromator |
| S <sup>2</sup> :                  | Exit slit                       |
| F:                                | Filters                         |
| CH:                               | Beam chopper                    |
| PM:                               | Photomultiplier                 |

*Optical Schematics of UV-2401PC*



Electrical System of UV-2401PC

## UV-2401/2501PC

## Specifications for UV-2401/2501PC

Wavelength range	190nm ~ 1100nm (Effective measuring range is 190~900nm)
Spectral band width (slit width)	6 steps in 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5.
Resolution	0.1nm
Display of wavelength	0.1nm increments
Setting of wavelength	The start wavelength and end wavelength in scanning can be set in increments of 1 nm. With the Goto WL command, wavelength can be set in increments of 0.1nm
Wavelength accuracy	+/-0.3nm (at slit width of 0.2nm) Automatic wavelength calibration is possible.
Wavelength repeatability	+/-0.1nm
Wavelength scanning speed	In the case of wavelength setting by: Goto WL command: Ca.5000nm/min  FAST Ca 2500nm/min (with 2nm sampling interval) FAST Ca 1500nm/min MIDDLE Ca.650nm/min These are the speeds when scanning with 0.5nm SLOW Ca 180nm/min sampling interval VERY SLOW Ca. 50nm/min
Switching of the light sources	The light sources are switched automatically in conjunction with wavelength scanning. The wavelength at which the light sources are switched is selectable in the range of 282nm to 393nm in 0.1nm increments.
Stray light	[UV-2401PC] Less than 0.015% (220nm, NaI 10g/l.H <sub>2</sub> O) Less than 0.015% (340nm, UV-39 Filter) [UV-2501PC] Less than 0.0003% (220nm, NaI 10g/l. H <sub>2</sub> O) Less than 0.0003% (340nm, UV-39 Filter)
Photometric system	Double beam, direct-ratio measuring system by dynode feed-back method. With summing feed-back system, negative absorbances for more than 100% transmittances/reflectances can be accurately measured.
Photometric range	Absorbance: -4 ~ 5Abs Transmittance: 0 ~ 999.9T%
Recording range	Absorbance: -9.999 ~ 9.999 Abs (0.001 Abs of the full scale in maximum expansion) Transmittance: -.9999 ~ 10000T% (0.1% of the full scale in maximum expansion)
Photometric accuracy	+/-0.002 Abs in the range 0 ~ 0.5Abs These are determined +/-0.004 Abs in the range 0.5 ~ 1.0 Abs using the NBS standard +/-0.3% T in transmittance reference filter NBS930D.
Photometric repeatability	+/-0.001 Abs in the range 0 ~ 1.0 Abs +/-0.1% T in transmittance
Response	Most appropriate response is set automatically according to the spectral slit width and scanning speed. The fastest response is 0.1 sec.
Automatic zero setting function	One-touch setting is available with AUTO ZERO command
Drift	Less than 0.0004 Abs/H (after 2-hour warm-up).
Baseline flatness	Within +/-0.001 Abs ( slit width of 2mm) (SLOW scan, baseline correction is made at SLOW, without spike noise).
Light source	50W halogen lamp (long life type 2000H), Deuterium lamp (socket type). Automatic position alignment for maximum sensitivity.

## Specifications for UV-2401/2501PC (continued)

Monochromator	Aberration corrected Czerny-Turner mounting. High performance blazed holographic grating is used (UV-2401PC). High performance double blazed holographic grating is used (UV-2501PC).
Detector	Photomultiplier R-928
Sample compartment	Inside dimensions: 150W x 2600D x 120H (mm) Beam separation: 100mm Maximum allowable path length for cell: 100mm Two hand screws, cartridge type
Ambient temperature	15° ~ 35° C
Ambient humidity	45% ~ 80% (less than 70% at temperature higher than 30° C)
Power requirements	AC 100V, 120V, 220V, 240V, 50/60 Hz (Optical Bench) 110/220V 50/60Hz (Data Station)
Power consumption	400VA (Optical Bench); 500VA (Data Station)
Dimensions	Photometer unit: 570W x 660D x 275H (mm)
Detector	Photomultiplier R-928
Weight	Photometer unit: 35kg
Basic measurement modes	Spectrum measurement, Time course measurement and Quantitative measurement are standard. Kinetics, Photometric, Film Thickness, Color Analysis and Performance Validation are optional available.
File functions	Open/Save/Delete Rename/Erase ASCII Export DIF Export UVTrans (Optional Software) - Import/Export of ASCII, DIF, JCAMP-DX, Satler, Shimadzu files (SPC, TMC, QNT), SpectraCalc.
Data Processing	Arithmetic calculation of spectrum and constant value Arithmetic calculation between two spectrums Smoothing Differentiation (1st-4th order) 1/Y Calculation LOG Calculation A ↔ T% Energy → T% Kubelka-Munk Blank Subtract Data Print Peak Pick Point Pick (15 points maximum) Peak Area Crop Scan Average Working Curve
Display	Data output to printer or plotter (free formatting) Direct reading of wavelength and photometric values using cursor Expansion and expression of scale by numeric value setting or mouse Radar function (displays all graphed spectra completely with single operation)
Others	Auto File function, Repeat scan, PopUp Scan™, SpeedBox(TM)

## Optional List for UV-2401/2501PC

Part No.	Part Name
204-08270-01	Sipper 160 model L
204-08270-02	Sipper 160 model T
204-08270-03	Sipper 160 model C
204-08270-04	Sipper 160 model U
206-65108	TCC-1200 Thermo-electrically temperature-controlled Sipper Unit
204-52454-01	Integrating Sphere ISR-240A
206-61600	Integrating Sphere ISR-2200
204-05557-01	TCC-240A Thermo-electrically temperature-controlled cell holder
204-05837-01	Thermo-electrically temperature-controlled cell positioner
206-62200	Multi-Purpose sample compartment
206-12852	Flow-cell for liquid chromatography (with holder)
204-51774-01	Gel scanner GSC-3A
204-06222	5mm micro flow-thru cell with holder
204-06222-01	10mm micro flow-thru cell with holder
202-30856	Opal glass unit
200-65022	Constant temperature water circulating device TB-85
204-29230	Sample waste unit SWA-2
202-30858-04	Constant-temperature cell holder
204-27206-02	Constant-temperature four cell holder *1
204-23118-01	Long-path rectangular cell holder (optical length 10~100mm)
204-27208	Four-cell, rectangular long path cell holder *1,2
204-28720	Reference-side rectangular long path cell holder
204-06216-02	Cylindrical cell holder (optical length 10~100mm)
204-06896	Cell holder with masks (for micro cell)
206-14334	Super-micro cell holder
204-00850-01	Four-cell sample compartment unit (with four-cell cell holder)
204-27588-03	Front plate for sample compartment (with hole)
204-58909	Film holder

### Optional List for UV-2401/2501PC

Part No.	Part Name
206-14046	Specular reflectometry attachment, with incident angle of 5 degrees
204-09100	Auto sampler changer ASC-5 (type X-Y)
202-30242	Didymium filter
202-30242-05	Holmium filter

**Note \*1:** Place order at same time for four-cell sample compartment unit (P/N 204-00850-01).

**Note \*2:** If long-path rectangular cell holder is necessary for reference side, place order for reference-side rectangular long path cell holder (P/N 204-28720).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit DIRECT BLUE, 2,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ΣΕ ΡΗ=5 .....	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ Τ=45 <sup>ο</sup> C .....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ Τ=60 <sup>ο</sup> C .....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ Τ=75 <sup>ο</sup> C .....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ Τ=90 <sup>ο</sup> C .....	75
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit DIRECT BLUE, 2,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ΣΕ ΡΗ=11 .....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ Τ=45 <sup>ο</sup> C .....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ Τ=60 <sup>ο</sup> C .....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ Τ=75 <sup>ο</sup> C .....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ Τ=90 <sup>ο</sup> C .....	76
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ= 45 <sup>ο</sup> C ΚΑΙ ΡΗ=5 .....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 2,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 12,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 25% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ 45% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	78
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=45 <sup>ο</sup> C ΚΑΙ 2,5 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ ΡΗ=3 .....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ ΡΗ=5 .....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ ΡΗ=7 .....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ ΡΗ=9 .....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ ΡΗ=11 .....	80
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=45 <sup>ο</sup> C, ΡΗ=5 ΚΑΙ ΜΕ 5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE .....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE .....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE .....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE .....	81
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ= 60 <sup>ο</sup> C ΚΑΙ ΡΗ=5 .....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 2,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 12,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 25% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ 45% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	83
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=60 <sup>ο</sup> C, ΡΗ=11 ΚΑΙ ΜΕ 0,05% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE .....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE .....	84



ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE .....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE .....	84
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=60°C,ΡΗ=7 ΚΑΙ ΜΕ 0,05% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE .....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE .....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE .....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE .....	85
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=75 °C ΚΑΙ 0,5 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ ΡΗ=3.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ ΡΗ=5.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ ΡΗ=7.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ ΡΗ=9.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ ΡΗ=11.....	87
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=75 °C ΚΑΙ 2,5 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ ΡΗ=3.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ ΡΗ=5.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ ΡΗ=7.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ ΡΗ=9.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ ΡΗ=11.....	89
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ= 90°C ΚΑΙ ΡΗ=5 .....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 2,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 12,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 25% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ 45% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	91
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=90 °C ΚΑΙ 2,5 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ ΡΗ=3.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ ΡΗ=5.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ ΡΗ=7.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ ΡΗ=9.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ ΡΗ=11.....	93
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=90°C,ΡΗ=7 ΚΑΙ ΜΕ 0,05% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE .....	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE .....	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE .....	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE .....	94
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=90°C,ΡΗ=11 ΚΑΙ ΜΕ 0,05% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE .....	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE .....	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE .....	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE .....	95
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΚΑΙ ΡΗ=3 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ....	96

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/l DIRECT BLUE, 2,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ΣΕ ΡΗ=5**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ Τ=45°C**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	388,6	0,996410256	0,003596202
2	10	386,5	0,991025641	0,009014871
3	70	376,5	0,965384615	0,035228692
4	130	365,3	0,936666667	0,065427805
5	250	345,7	0,886410256	0,120575392
6	370	326,4	0,836923077	0,178023116
7	790	265,9	0,681794872	0,383026441
8	1391	191,7	0,491538462	0,710215089

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ Τ=60°C**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	371,6	0,990933333	0,009108019
2	4	368,9	0,983733333	0,016400421
3	14	368	0,981333333	0,018843088
4	74	337,7	0,900533333	0,104768099
5	134	301,4	0,803733333	0,21848774
6	184	266,2	0,709866667	0,34267812
7	244	232,8	0,6208	0,47674631
8	304	202,3	0,539466667	0,617174282
9	364	174,7	0,465866667	0,763855809
10	424	149,4	0,3984	0,920298753

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ Τ=75°C**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	347,2	0,964444444	0,036203049
2	5	344,8	0,957777778	0,043139493
3	10	336,7	0,935277778	0,066911705
4	20	312,6	0,868333333	0,141179613
5	30	280,9	0,780277778	0,248105297
6	50	230,1	0,639166667	0,447590034
7	70	186,9	0,519166667	0,655530317
8	90	150	0,416666667	0,875468737
9	110	118,2	0,328333333	1,113725926
10	170	50,5	0,140277778	1,964130695

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ T=90°C**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	345,3	0,967226891	0,033322177
2	5	327,2	0,916526611	0,087164177
3	10	294,9	0,82605042	0,191099466
4	15	242	0,677871148	0,388798056
5	20	195,9	0,548739496	0,600131457
6	25	145,8	0,408403361	0,895499962
7	30	111,6	0,312605042	1,162814732
8	35	75,8	0,21232493	1,549637489

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/l DIRECT BLUE, 2,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ΣΕ ΡΗ=11**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ Τ=45°C**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	346,4	0,998270893	0,001730603
2	10	344,4	0,992507205	0,007521007
3	70	330,2	0,951585014	0,049626248
4	190	303,9	0,875792507	0,13262608
5	310	276,2	0,795965418	0,228199539
6	730	201,8	0,581556196	0,542047672
7	1351	54,2	0,156195965	1,856643872

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ Τ=60°C**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	381,2	0,99012987	0,009919163
2	11	365,4	0,949090909	0,05225069
3	71	291,9	0,758181818	0,276832056
4	221	138,4	0,359480519	1,023095291

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ Τ=75°C**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	365,1	0,948311688	0,053072046
2	7	317,4	0,824415584	0,193080526
3	12	250,1	0,64961039	0,431382496
4	17	195,7	0,508311688	0,67666046
5	22	137,9	0,358181818	1,026714549
6	27	106,7	0,277142857	1,283222176

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ Τ=90°C**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	276,9	0,893225806	0,112915867
2	4	250,1	0,806774194	0,21471146
3	6	184,2	0,594193548	0,520550174
4	8	122,2	0,394193548	0,930913251
5	10	77,5	0,25	1,386294361

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/l DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T= 45°C ΚΑΙ PH=5**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 2,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	388,6	0,996410256	0,003596202
2	10	386,5	0,991025641	0,009014871
3	70	376,5	0,965384615	0,035228692
4	130	365,3	0,936666667	0,065427805
5	250	345,7	0,886410256	0,120575392
6	370	326,4	0,836923077	0,178023116
7	790	265,9	0,681794872	0,383026441
8	1391	191,7	0,491538462	0,710215089

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	396,2	0,995477387	0,004532871
2	7	392,9	0,98718593	0,012896879
3	37	386,1	0,970100503	0,030355602
4	97	373,7	0,938944724	0,062998669
5	217	348,7	0,876130653	0,132240052
6	337	321,1	0,80678392	0,214699404
7	397	307,5	0,772613065	0,257976918

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 12,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	411,8	0,992289157	0,007740726
2	7	409,5	0,986746988	0,013341617
3	67	384,1	0,925542169	0,077375585
4	187	326,3	0,78626506	0,240461317
5	307	283,4	0,682891566	0,381419193
6	727	133	0,320481928	1,137929392

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 25% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	409,3	0,98626506	0,013830137
2	10	404,6	0,974939759	0,025379595
3	70	357,5	0,861445783	0,149143158
4	190	278,5	0,671084337	0,398860461
5	310	184,2	0,443855422	0,812256396

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ 45% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	373,6	0,996266667	0,00374032
2	5	370,9	0,989066667	0,010993541
3	25	350,8	0,935466667	0,066709765
4	55	326,1	0,8696	0,139721943
5	115	251	0,669333333	0,401473087
6	175	195	0,52	0,653926467
7	235	139,6	0,372267	0,988144836

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/lit D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T=45 °C ΚΑΙ 2,5 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ PH=3**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	377,4	0,993157895	0,00686562
2	10	375	0,986842105	0,013245227
3	70	375	0,986842105	0,013245227
4	130	369,3	0,971842105	0,028561931
5	250	360,8	0,949473684	0,051847465
6	370	353,2	0,929473684	0,073136784
7	730	331,1	0,871315789	0,137750808
8	1376	278,2	0,732105263	0,311830973

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ PH=5**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	388,6	0,996410256	0,003596202
2	10	386,5	0,991025641	0,009014871
3	70	376,5	0,965384615	0,035228692
4	130	365,3	0,936666667	0,065427805
5	250	345,7	0,886410256	0,120575392
6	370	326,4	0,836923077	0,178023116
7	790	265,9	0,681794872	0,383026441
8	1391	191,7	0,491538462	0,710215089

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ PH=7**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	385,6	0,998963731	0,001036807
2	31	381,7	0,988860104	0,01120241
3	331	355	0,919689119	0,08371958
4	1051	290,3	0,752072539	0,284922498

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ PH=9**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	377,4	0,998412698	0,001588563
2	32	376,2	0,995238095	0,004773279
3	242	336,1	0,889153439	0,117485461
4	542	294,8	0,77989418	0,248597035
5	1272	240,6	0,636507937	0,451758392

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ ΡΗ=11**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	346,4	0,998270893	0,001730603
2	10	344,4	0,992507205	0,007521007
3	70	330,2	0,951585014	0,049626248
4	190	303,9	0,875792507	0,13262608
5	310	276,2	0,795965418	0,228199539
6	730	201,8	0,581556196	0,542047672
7	1351	54,2	0,156195965	1,856643872



**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ D.BLUE ΣΕ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=45°C, ΡΗ=5 ΚΑΙ ΜΕ 5% Η<sub>2</sub>Ο<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	396,2	0,995477387	0,004532871
2	7	392,9	0,98718593	0,012896879
3	37	386,1	0,970100503	0,030355602
4	97	373,7	0,938944724	0,062998669
5	217	348,7	0,876130653	0,132240052
6	337	321,1	0,80678392	0,214699404
7	397	307,5	0,772613065	0,257976918

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	197,9	0,99697733	0,003027248
2	6	196,2	0,988413098	0,011654553
3	21	194,1	0,977833753	0,02241561
4	81	185,2	0,932997481	0,069352778
5	201	168,3	0,847858942	0,165040999
6	381	138,5	0,697732997	0,359918774
7	621	100	0,503778338	0,685618914

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	87,5	0,994318182	0,005698021
2	7	86,4	0,981818182	0,018349139
3	27	83,7	0,951136364	0,050097837
4	87	79,3	0,901136364	0,104098686
5	207	69	0,784090909	0,24323031
6	387	55,4	0,629545455	0,462757221
7	627	41,7	0,473863636	0,746835686

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	41,6	0,99047619	0,009569451
2	7	40,7	0,969047619	0,031441526
3	67	36,9	0,878571429	0,129458067
4	187	31,2	0,742857143	0,297251523
5	367	22,3	0,530952381	0,63308294
6	547	15,7	0,373809524	0,984008906

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/lit DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T= 60°C ΚΑΙ PH=5**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 2,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	371,6	0,990933333	0,009108019
2	4	368,9	0,983733333	0,016400421
3	14	368	0,981333333	0,018843088
4	74	337,7	0,900533333	0,104768099
5	134	301,4	0,803733333	0,21848774
6	184	266,2	0,709866667	0,34267812
7	244	232,8	0,6208	0,47674631
8	304	202,3	0,539466667	0,617174282
9	364	174,7	0,465866667	0,763855809
10	424	149,4	0,3984	0,920298753

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	389,3	0,998205128	0,001796485
2	5	387,4	0,993333333	0,006688988
3	15	383,3	0,982820513	0,017328767
4	45	359	0,920512821	0,082824351
5	105	296,1	0,759230769	0,275449504
6	165	235,1	0,602820513	0,506135784
7	225	184,9	0,474102564	0,746331601

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 12,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	383,6	0,983589744	0,016546396
2	5	382,3	0,98025641	0,019941098
3	10	381	0,976923077	0,023347364
4	25	360,2	0,923589744	0,079487306
5	85	259,9	0,666410256	0,405849797
6	145	170,7	0,437692308	0,826239109
7	205	100,2	0,256923077	1,35897855

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 25% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	325,6	0,971940299	0,028460898
2	4	321	0,958208955	0,042689409
3	9	310,6	0,927164179	0,075624621
4	24	278,4	0,831044776	0,185071603
5	39	244,2	0,728955224	0,31614297
6	54	214,7	0,640895522	0,444888827
7	69	187,3	0,559104478	0,581418922
8	84	160,2	0,478208955	0,737707497
9	99	136,7	0,408059701	0,896341788

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ 45% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	364,5	0,959210526	0,041644701
2	32	267,4	0,703684211	0,351425588
3	52	206,9	0,544473684	0,607935668
4	72	149,2	0,392631579	0,934883565

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ  
D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T=60°C, ΡΗ=11 ΚΑΙ ΜΕ 0,05% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	405,9	0,997297297	0,002706362
2	11	400,2	0,983292383	0,016848763
3	71	377,2	0,926781327	0,076037635
4	221	324,6	0,797542998	0,22621953

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	201,8	0,989215686	0,010842886
2	4	199,4	0,97745098	0,022807136
3	40	194,6	0,953921569	0,047173824
4	100	184,3	0,903431373	0,101555129
5	280	153,5	0,75245098	0,284419427

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	78	0,987341772	0,012739026
2	4	77,6	0,982278481	0,017880425
3	10	77,4	0,979746835	0,020461072
4	40	74	0,936708861	0,065382759
5	100	67,9	0,859493671	0,151411818
6	280	51,3	0,649367089	0,4317571
7	600	32	0,405063291	0,90371195

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	40	0,987654321	0,01242252
2	4	38,9	0,960493827	0,040307723
3	40	38,5	0,950617284	0,050643733
4	100	36,2	0,89382716	0,112242855
5	180	28,2	0,696296296	0,361979996
6	460	17,3	0,427160494	0,850595473

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ  
D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Τ=60°C, ΡΗ=7 ΚΑΙ ΜΕ 0,05% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	400,4	0,988641975	0,01142302
2	15	399,5	0,986419753	0,013673302
3	75	389,8	0,962469136	0,03825328
4	195	379,4	0,936790123	0,06529601
5	375	372,7	0,920246914	0,083113261
6	855	338,7	0,836296296	0,178772307

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	200,3	0,986699507	0,013389736
2	15	199,1	0,980788177	0,019398768
3	75	197,6	0,973399015	0,026961194
4	255	184,5	0,908866995	0,095556516
5	435	182	0,896551724	0,109199292
6	795	164,8	0,81182266	0,208473362

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	79,8	0,9975	0,00250313
2	15	76,9	0,96125	0,039520758
3	75	73,2	0,915	0,088831214
4	255	63,4	0,7925	0,232562773
5	435	55,8	0,6975	0,360252765
6	795	43,4	0,5425	0,611567194

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	40,6	0,995098039	0,004914015
2	15	39,6	0,970588235	0,029852963
3	75	35,9	0,879901961	0,127944786
4	255	31,1	0,762254902	0,271474262
5	435	28,8	0,705882353	0,348306694

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/lit D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T=75 °C ΚΑΙ 0,5 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ PH=3**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	349,8	0,99375	0,006269613
2	22	338,5	0,961647727	0,039107083
3	52	311,7	0,885511364	0,121589989
4	112	252,2	0,716477273	0,333408752
5	208	141,8	0,402840909	0,909213562

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ PH=5**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	361,7	0,993681319	0,006338729
2	22	347,4	0,954395604	0,046677014
3	52	316,6	0,86978022	0,13951472
4	112	255,9	0,703021978	0,352367124
5	208	175	0,480769231	0,732367894

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ PH=7**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	383,2	0,995324675	0,004686288
2	7	382,2	0,992727273	0,007299302
3	22	371,6	0,965194805	0,035425327
4	52	361,1	0,937922078	0,064088406
5	112	337,8	0,877402597	0,13078933
6	232	289	0,750649351	0,286816646
7	352	231,7	0,601818182	0,507799903
8	532	145,7	0,378441558	0,971693621

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ PH=9**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	373,8	0,9968	0,003205131
2	22	358,4	0,955733333	0,045276345
3	52	336,1	0,896266667	0,109517291
4	112	264,2	0,704533333	0,350219634
5	208	171,5	0,457333333	0,782342759

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ ΡΗ=11**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	366,6	0,990810811	0,00923167
2	6	334,6	0,904324324	0,100567217
3	16	267,3	0,722432432	0,325131382
4	26	198,7	0,537027027	0,621706856
5	36	128,9	0,348378378	1,054466096
6	46	63,7	0,172162162	1,759318443

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/lit D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T=75 °C ΚΑΙ 2,5 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ ΡΗ=3**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	354,9	0,985833333	0,014267972
2	7	353	0,980555556	0,019635975
3	22	330,1	0,916944444	0,086708393
4	52	283,9	0,788611111	0,237481968
5	82	213,9	0,594166667	0,520595415
6	97	182,1	0,505833333	0,681548045
7	127	125,4	0,348333333	1,054595403
8	157	78,1	0,216944444	1,528113975

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ ΡΗ=5**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	347,2	0,964444444	0,036203049
2	5	344,8	0,957777778	0,043139493
3	10	336,7	0,935277778	0,066911705
4	20	312,6	0,868333333	0,141179613
5	30	280,9	0,780277778	0,248105297
6	50	230,1	0,639166667	0,447590034
7	70	186,9	0,519166667	0,655530317
8	90	150	0,416666667	0,875468737
9	110	118,2	0,328333333	1,113725926
10	170	50,5	0,140277778	1,964130695

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ ΡΗ=7**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	349,6	0,971111111	0,029314388
2	4	343,5	0,954166667	0,04691692
3	9	331,4	0,920555556	0,082777926
4	19	317,9	0,883055556	0,124367164
5	39	296,1	0,8225	0,195406796
6	59	276,9	0,769166667	0,262447601
7	79	257,9	0,716388889	0,333532119
8	119	221,4	0,615	0,486133011
9	159	182,1	0,505833333	0,681548045
10	189	156,7	0,435277778	0,831770882



**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ ΡΗ=9**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	372,5	0,955128205	0,045909701
2	12	296,8	0,761025641	0,273088228
3	32	174,5	0,447435897	0,804221997

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ ΡΗ=11**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	365,1	0,948311688	0,053072046
2	7	317,4	0,824415584	0,193080526
3	12	250,1	0,64961039	0,431382496
4	17	195,7	0,508311688	0,67666046
5	22	137,9	0,358181818	1,026714549
6	27	106,7	0,277142857	1,283222176

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/l DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T= 90°C ΚΑΙ PH=5**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 2,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	345,3	0,967226891	0,033322177
2	5	327,2	0,916526611	0,087164177
3	10	294,9	0,82605042	0,191099466
4	15	242	0,677871148	0,388798056
5	20	195,9	0,548739496	0,600131457
6	25	145,8	0,408403361	0,895499962
7	30	111,6	0,312605042	1,162814732
8	35	75,8	0,21232493	1,549637489

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	387	0,992307692	0,007722046
2	5	367,6	0,942564103	0,059151349
3	10	302,6	0,775897436	0,253734938
4	15	219,3	0,562307692	0,575706084
5	20	142,3	0,364871795	1,008209234
6	25	74,7	0,191538462	1,652666647

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 12,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	382,8	0,981538462	0,01863408
2	4	356,4	0,913846154	0,090093044
3	6	322,9	0,827948718	0,188804061
4	8	277,2	0,710769231	0,341407472
5	12	173,7	0,445384615	0,808817066
6	16	95,2	0,244102564	1,410166797

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 25% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	370,5	0,95	0,051293294
2	4	342	0,876923077	0,131336002
3	7	290,7	0,745384615	0,293854932
4	10	224,8	0,576410256	0,550935621
5	13	149,5	0,383333333	0,958850346
6	17	66,2	0,16974359	1,773466276

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ 45% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	360,2	0,923589744	0,079487306
2	4	343,7	0,881282051	0,126377555
3	6	311,9	0,79974359	0,223464116
4	8	261,9	0,671538462	0,398183988
5	10	206,6	0,52974359	0,635362182
6	12	146,3	0,375128205	0,980487431
7	14	90,1	0,231025641	1,465226575

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/lit D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T=90 °C ΚΑΙ 2,5 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ PH=3**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	319	0,911428571	0,092742052
2	5	302,8	0,865142857	0,144860633
3	7	284,4	0,812571429	0,207551457
4	17	177,6	0,507428571	0,678399324
5	27	75,8	0,216571429	1,529834862

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ PH=5**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	345,3	0,967226891	0,033322177
2	5	327,2	0,916526611	0,087164177
3	10	294,9	0,82605042	0,191099466
4	15	242	0,677871148	0,388798056
5	20	195,9	0,548739496	0,600131457
6	25	145,8	0,408403361	0,895499962
7	30	111,6	0,312605042	1,162814732
8	35	75,8	0,21232493	1,549637489

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ PH=7**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	342,1	0,977428571	0,022830062
2	4	334,3	0,955142857	0,045894361
3	9	321,9	0,919714286	0,083692216
4	19	288,9	0,825428571	0,191852547
5	29	250,8	0,716571429	0,333277346
6	49	182,9	0,522571429	0,648993599
7	70	110,4	0,315428571	1,153823021
8	90	47,5	0,135714286	1,997203443

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ PH=9**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	314,7	0,899142857	0,10631335
2	5	244,1	0,697428571	0,360355177
3	8	184,6	0,527428571	0,639741832
4	10	136	0,388571429	0,945278269
5	12	88,3	0,252285714	1,377193047
6	14	41,4	0,118285714	2,134652274

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΓΙΑ ΡΗ=11**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	276,9	0,791142857	0,234276724
2	4	250,1	0,714571429	0,336072317
3	6	184,2	0,526285714	0,641911031
4	8	122,2	0,349142857	1,052274108
5	10	77,5	0,221428571	1,507655218

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ  
D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T=90°C, PH=7 ΚΑΙ ΜΕ 0,05% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	387,5	0,997425997	0,002577321
2	6	383,8	0,987902188	0,012171586
3	21	355	0,913770914	0,09017538
4	81	300,1	0,772458172	0,258177417
5	141	243,3	0,626254826	0,46799792
6	201	200,2	0,515315315	0,662976303
7	261	166,4	0,428314028	0,847898641

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	183,4	0,99403794	0,005979904
2	6	178,1	0,965311653	0,035304273
3	21	169,5	0,918699187	0,084796537
4	51	158,3	0,85799458	0,153157497
5	111	134,7	0,730081301	0,31459938
6	171	118,8	0,643902439	0,440208057
7	231	96,8	0,524661247	0,645002469
8	291	82,7	0,448238482	0,802429861

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	75,9	0,992156863	0,007874056
2	11	64,1	0,837908497	0,176846377
3	21	59,1	0,77254902	0,258059816
4	41	47,9	0,626143791	0,468175236
5	61	36,9	0,482352941	0,72907919
6	81	30,7	0,40130719	0,913028086
7	101	21,8	0,28496732	1,255380771

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	35,8	0,980821918	0,019364367
2	7	32,4	0,887671233	0,119153838
3	12	29,9	0,819178082	0,19945378
4	22	26,4	0,723287671	0,32394825
5	42	18,2	0,498630137	0,695890667
6	62	12,7	0,347945205	1,055710267

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ  
D.BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T=90°C,PH=11 ΚΑΙ ΜΕ 0,05% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	370,6	0,975263158	0,025047939
2	7	299	0,786842105	0,239727679
3	27	33,2	0,087368421	2,437621377
4	47	17,8	0,046842105	3,060972795
5	67	11,1	0,029210526	3,533226144

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	2	185,3	0,975263158	0,025047939
2	7	160,6	0,845263158	0,168107271
3	12	125,1	0,658421053	0,417910655
4	17	72,7	0,382631579	0,960682688
5	22	31,2	0,164210526	1,806605977
6	27	16,2	0,085263158	2,46201283
7	32	8,7	0,045789474	3,083701046

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	71,3	0,990277778	0,009769792
2	3	69,8	0,969444444	0,031032109
3	5	66,7	0,926388889	0,076461166
4	10	54,9	0,7625	0,271152771
5	15	45,4	0,630555556	0,461154014
6	25	25,9	0,359722222	1,02242315
7	35	12,7	0,176388889	1,735064126
8	45	5,6	0,077777778	2,553899521

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	1	36,4	0,808888889	0,212093715
2	6	31,8	0,706666667	0,3471962
3	16	20,1	0,446666667	0,805942675
4	26	13,1	0,291111111	1,23405026
5	36	7,7	0,171111111	1,765442161

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΚΑΙ ΡΗ=3 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 0,01% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	362,4	0,894814815	0,111138493
2	30	294,2	0,726419753	0,319627259
3	50	244,4	0,60345679	0,50508084
4	70	205	0,50617284	0,680877088

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 0,04% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	330,3	0,82575	0,191463215
2	20	275	0,6875	0,374693449
3	30	229,7	0,57425	0,554690437
4	40	195	0,4875	0,718464989

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 0,1% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	281,4	0,7035	0,351687402
2	15	239,8	0,5995	0,511659305
3	20	205,7	0,51425	0,66504575
4	25	179,2	0,448	0,802962047

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 0,4% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	5	328,3	0,82075	0,197536723
2	10	270,1	0,67525	0,392672286
3	15	220,7	0,55175	0,594660234
4	20	179,2	0,448	0,802962047

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5:ΓΙΑ 1% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	5	333,6	0,877894737	0,130228582
2	10	280,4	0,737894737	0,303954098
3	20	204,1	0,537105263	0,621561183
4	25	168,9	0,444473684	0,810864429



**ΠΙΝΑΚΑΣ 6:ΓΙΑ 4% $H_2O_2$** 

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	5	362	0,928205128	0,074502527
2	15	289,9	0,743333333	0,296610703
3	25	234	0,6	0,510825624
4	35	186,5	0,478205128	0,7377155

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7:ΓΙΑ 10% $H_2O_2$** 

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	15	299,9	0,801871658	0,220806712
2	30	225,7	0,603475936	0,505049114
3	45	169,2	0,452406417	0,79317435

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8:ΓΙΑ 25% $H_2O_2$** 

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	5	345,1	0,932702703	0,069668776
2	15	293,8	0,794054054	0,230603742
3	25	248,2	0,670810811	0,399268133
4	35	212,3	0,573783784	0,555502637
5	45	179,3	0,484594595	0,724442625

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9:ΓΙΑ 45% $H_2O_2$** 

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	338,3	0,890263158	0,116238177
2	20	291,9	0,768157895	0,263759975
3	30	249,2	0,655789474	0,421915466
4	40	215,8	0,567894737	0,5658192
5	50	177,8	0,467894737	0,75951193

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100  
mg/l DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΚΑΙ ΡΗ=7 ΜΕ  
ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 0,01% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	355	0,8875	0,119346758
2	20	314,5	0,78625	0,240480471
3	40	252,7	0,63175	0,459261533
4	60	203	0,5075	0,678258568

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 0,04% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	322	0,805	0,216913002
2	25	219	0,5475	0,602392817
3	35	170	0,425	0,85566611

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 0,1% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	5	346,5	0,86625	0,143581728
2	10	299,7	0,74925	0,288682573
3	15	248,5	0,62125	0,476021702
4	20	212,5	0,53125	0,632522559
5	25	179,8	0,4495	0,799619425

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 0,4% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	5	376,2	0,9405	0,06134363
2	15	281,3	0,70325	0,352042832
3	25	203,2	0,508	0,677273831
4	35	146	0,365	1,007857925

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5:ΓΙΑ 1% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	7	380,3	0,95075	0,050504132
2	17	301,6	0,754	0,282362911
3	24	257,7	0,64425	0,439668429
4	34	202,5	0,50625	0,680724661
5	44	172	0,43	0,84397007

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6:ΓΙΑ 4% $H_2O_2$** 

RUN No	tc	AREA	C/Co	ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)
1	5	400,3	0,988395062	0,011672801
2	15	368,5	0,909876543	0,094446355
3	25	320,5	0,791358025	0,234004791
4	35	293,2	0,723950617	0,323032097
5	45	263,5	0,650617284	0,429833699
6	65	222,2	0,548641975	0,60030919
7	85	172,8	0,426666667	0,851752211

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7:ΓΙΑ 10% $H_2O_2$** 

RUN No	tc	AREA	C/Co	ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)
1	10	391,3	0,97825	0,021990018
2	30	354,8	0,887	0,119910297
3	60	313,8	0,7845	0,242708707
4	105	254,1	0,63525	0,453736657
5	150	204,8	0,512	0,669430654

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8:ΓΙΑ 25% $H_2O_2$** 

RUN No	tc	AREA	C/Co	ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)
1	15	338,7	0,915405405	0,088388246
2	50	311,6	0,842162162	0,171782692
3	75	291	0,786486486	0,240179738
4	144	243	0,656756757	0,420441562
5	204	202,4	0,547027027	0,603257068
6	264	167,3	0,452162162	0,793714398

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9:ΓΙΑ 45% $H_2O_2$** 

RUN No	tc	AREA	C/Co	ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)
1	10	357,1	0,939736842	0,062155398
2	40	313	0,823684211	0,193968062
3	100	265	0,697368421	0,360441427
4	160	235,9	0,620789474	0,476763266
5	220	212,3	0,558684211	0,582170884
6	280	195,4	0,514210526	0,665122513
7	329	181,8	0,478421053	0,737264071

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 100 mg/lit DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΚΑΙ ΡΗ=11 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΓΙΑ 0,01% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	20	288	0,74611399	0,292876889
2	30	252,4	0,65388601	0,424822239
3	40	217,9	0,564507772	0,571801128
4	50	182	0,471502591	0,751830682

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΓΙΑ 0,04% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	20	280,9	0,739210526	0,302172519
2	30	244,3	0,642894737	0,441774274
3	41	208,6	0,548947368	0,59975271
4	51	180,2	0,474210526	0,746103908

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΓΙΑ 0,1% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	372,5	0,980263158	0,019934215
2	40	330	0,868421053	0,141078598
3	100	245,5	0,646052632	0,436874305
4	160	162	0,426315789	0,852574917

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΓΙΑ 0,4% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	5	384	0,984615385	0,015504187
2	35	353,3	0,905897436	0,098829185
3	95	290,9	0,745897436	0,293167174
4	155	170,5	0,437179487	0,827411442

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5:ΓΙΑ 1% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	60	293,7	0,815833333	0,203545193
2	120	228,7	0,635277778	0,45369293
3	225	132,6	0,368333333	0,998766954

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6:ΓΙΑ 4% $H_2O_2$**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>TIMEΣ-LN(C/Co)</b>
1	20	337,7	0,964857143	0,035775227
2	100	319,6	0,913142857	0,090862941
3	220	298	0,851428571	0,160839668
4	384	275,9	0,788285714	0,237894673
5	554	241,7	0,690571429	0,370235867

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΚΑΙ ΡΗ=7 ΜΕ 0,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	7	380,3	0,95075	0,050504132
2	17	301,6	0,754	0,282362911
3	24	257,7	0,64425	0,439668429
4	34	202,5	0,50625	0,680724661
5	44	172	0,43	0,84397007

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	134,3	0,661576355	0,413129876
2	20	90,5	0,445812808	0,807856128

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	50,5	0,56741573	0,566663033
2	20	28,7	0,32247191	1,131739247

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	10	26	0,565217391	0,570544858
2	20	13,1	0,284782609	1,256029166

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑ DIRECT BLUE ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΚΑΙ ΡΗ=11 ΜΕ 0,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΙΑ 100 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	60	293,7	0,815833333	0,203545193
2	120	228,7	0,635277778	0,45369293
3	225	132,6	0,368333333	0,998766954

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΓΙΑ 50 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	20	176,6	0,883	0,124430078
2	63	130,4	0,652	0,427710717
3	103	90,9	0,4545	0,788557365

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΓΙΑ 20 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	20	68,6	0,84691358	0,16615662
2	60	46,3	0,571604938	0,559307194
3	100	30	0,37037037	0,993251773

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΓΙΑ 10 mg/lit D.BLUE**

<b>RUN No</b>	<b>tc</b>	<b>AREA</b>	<b>C/Co</b>	<b>ΤΙΜΕΣ-LN(C/Co)</b>
1	30	31	0,756097561	0,279584862
2	60	23,2	0,565853659	0,569419788
3	90	16,7	0,407317073	0,898163347

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**

Τηλ.: 74.760-61

79233-S





