

ΤΟ ΟΖΟΝ ΩΣ ΡΥΠΟΣ ΚΑΙ ΩΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΟΣ ΡΙΖΑΡΙΟΥ (ΕΡΥΘΡΟΔΑΝΟΥ) ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ LATEX ΜΕ ΟΖΟΝ.

Μαρούλης Απόστολος¹, Χατζηαντωνίου Μαρούλη Κωνσταντίνα¹, Πουλιόπουλος Πούλιος², Χατζημπαλάση Θεοδώρα³

¹Αναπληρωτής καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημείας, apm@chem.auth.gr, ¹Επίκουρη καθηγήτρια, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημείας, conm@chem.auth.gr, ²Καθηγητής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ppoulio@sch.gr, ³Καθηγήτρια Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, xbalasi@sch.gr,

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΤΡΟΠΟΣΦΑΙΡΑ

Τα αέρια που συμμετέχουν σε μεγαλύτερο ποσοστό στη σύσταση της ατμόσφαιρας είναι το οξυγόνο (20%v/v) και το άζωτο (80%v/v). Το όζον αποτελεί ένα από τα συστατικά της γήινης ατμόσφαιρας και παρόλο που συνιστά μικρό μόνο ποσοστό των συστατικών της, αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την ύπαρξη της ζωής πάνω στον πλανήτη. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις όζοντος στον αέρα παρατηρούνται στη στρατόσφαιρα (10 ppm), σε ύψος 20-25 Km (1/100.000), ενώ στην τροπόσφαιρα η συγκέντρωσή του είναι 0,03-0,04 ppm.

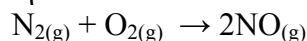
Το όζον είναι μια αλλοτροπική μορφή του στοιχείου οξυγόνου. Στην πιο σταθερή του μορφή το στοιχείο οξυγόνο απαντά ως διατομικό μόριο (O₂). Τα μόρια του όζοντος περιέχουν τρία άτομα οξυγόνου (O₃) και είναι ασταθή σε σχέση με το O₂. Το όζον είναι ένα πολύ δραστικό αέριο και ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις θεωρείται ερεθιστικό και τοξικό.

Με φυσικό τρόπο και μετά από έντονα καιρικά φαινόμενα (αστραπές) παράγεται σε μικρές ποσότητες στην ανώτερη γήινη ατμόσφαιρα και στον αέρα της χαμηλότερης ατμόσφαιρας.

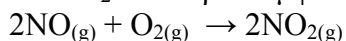
Σε θερμοκρασία δωματίου το όζον είναι ένα ελαφρώς γαλάζιο αέριο με μια χαρακτηριστική, έντονη οσμή που μπορούμε να την αισθανθούμε στον εισπνεόμενο αέρα μετά από μια καταιγίδα ή πλησιάζοντας φωτοτυπικά μηχανήματα σε λειτουργία.

Υγροποιείται προς σκούρο μπλε υγρό στους -112°C και στερεοποιείται στους -193°C. Το O₃ είναι πολύ πιο δραστικό απ' ό τι το O₂. Είναι πολύ ισχυρό οξειδωτικό αντιδραστήριο, το δεύτερο ισχυρότερο οξειδωτικό μετά το φθόριο (F₂).

Στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας το O₃ μπορεί να σχηματιστεί όταν μίγμα O₂ και NO₂ εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία. Τέτοια μίγματα εμφανίζονται στο ρυπασμένο αέρα μεγάλων αστικών κέντρων. Η συγκέντρωση του NO₂ στον αέρα είναι συνήθως πολύ χαμηλή, επειδή το N₂ και το O₂ δεν αντιδρούν υπό κανονικές συνθήκες. Ωστόσο μέσα στους κυλίνδρους των μηχανών εσωτερικής καύσης, όπου αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες, μπορούν να αντιδράσουν σύμφωνα με την εξίσωση:



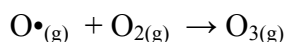
Στη συνέχεια το NO οξειδώνεται από το O₂ του αέρα σύμφωνα με την αντίδραση:



Το NO₂ είναι ένα ερυθροκαστανό αέριο, το οποίο διασπάται με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας σύμφωνα με την αντίδραση:



Το άτομο του οξυγόνου που σχηματίζεται από την παραπάνω αντίδραση είναι εξαιρετικά δραστικό και αντιδρά εύκολα με το O₂ της ατμόσφαιρας σχηματίζοντας όζον σύμφωνα με την αντίδραση:



Τις ηλιόλουστες μέρες, όπου η ρύπανση σε NO₂ είναι υψηλή λόγω κυκλοφορίας των αυτοκινήτων, η συγκέντρωση του O₃ στον αέρα μπορεί να φτάσει σε επίπεδα που είναι επικίνδυνα για τα φυτά και τα ζώα.

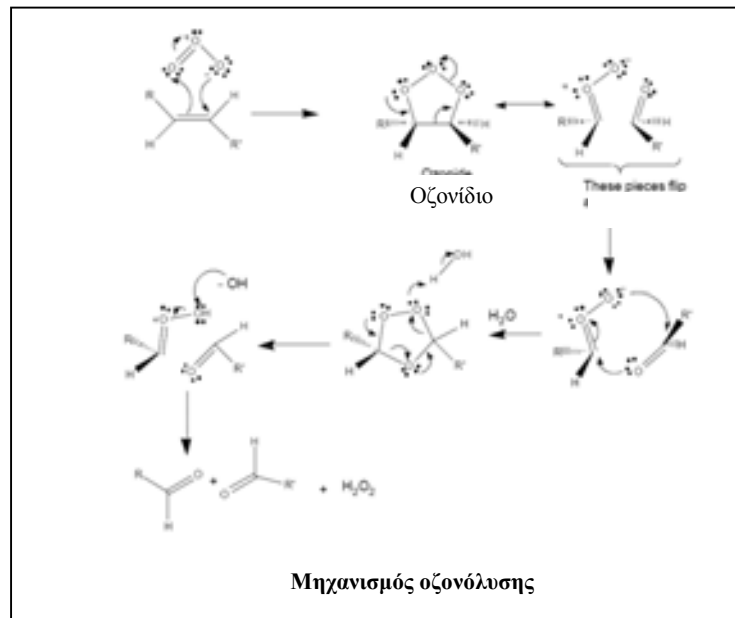
ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΤΡΟΠΟΣΦΑΙΡΑ

Το τροποσφαιρικό όζον έχει πολλαπλή σημασία για την ατμόσφαιρα της γης. Κατέχει κεντρικό ρόλο στην χημεία της τροπόσφαιρας καθώς αποτελεί την βασική πηγή του πιο σημαντικού οξειδωτικού μέσου στην τροπόσφαιρα, της ρίζας του υδροξυλίου (OH). Η σημασία του έγκειται όμως και στις συνέπειες που έχει τόσο στον άνθρωπο όσο και στο φυτικό βασίλειο και τα διάφορα υλικά. Όσον αναφορά στις επιπτώσεις του όζοντος στον άνθρωπο, η συνεχής έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές τιμές όζοντος μπορεί να του προκαλέσει μόνιμη βλάβη στους πνεύμονες. Ακόμα και όταν το όζον είναι σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις η εισπνοή του μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από προβλήματα υγείας όπως πόνους στο στήθος, βήχα, ερεθισμό του λαιμού, συμφόρηση, και να επιδεινώσει καρδιακά προβλήματα, βρογχίτιδα, εμφύσημα και άσθμα. Το όζον είναι από μόνο του ένα οξειδωτικό μέσο και είναι φυτο-τοξικό στοιχείο που σημαίνει ότι όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις γίνεται επικίνδυνο για τα φυτά και δάση καθώς επηρεάζει την ικανότητα τους να παράγουν και να αποθηκεύουν τροφή κάνοντας τα έτσι πιο ευάλωτα στις αρρώστιες, τα έντομα και τις άσχημες καιρικές συνθήκες. Το όζον ως οξειδωτικό μέσον επιδρά και σε διάφορα οργανικά υλικά, όπως: α) σε φυσικές και συνθετικές οργανικές χρωστικές που χρησιμοποιούνται στην ζωγραφική, στις εξωτερικές ζωγραφισμένες διακοσμήσεις κτιρίων, ή σε βαφή υφασμάτων, β) στο φυσικό καουτσούκ, γ) στα συνθετικά ελαστικά υλικά, δ) σε υλικά από κυτταρίνη όπως το χαρτί, ο πάπυρος, ε) σε λινά υφάσματα, λινές κλωστές, στ) σε μέταλλα. Επομένως η ρύπανση του όζοντος συνδέεται άμεσα και με προβλήματα υποβιβασμού της ποιότητας ζωής καθώς και της πολιτισμικής κληρονομιάς παγκοσμίως.

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η αυξημένη συγκέντρωση όζοντος μέσα σε μουσειακούς χώρους πόλεων που έχουν πρόβλημα φωτοχημικής ρύπανσης, προκαλεί ζημιές σε οργανικά υλικά και ιδιαίτερα στις φυσικές οργανικές χρωστικές που χρησιμοποιήθηκαν σε παραδοσιακά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (μουσεία λαϊκής τέχνης), σε έργα ζωγραφικής, σε κειμήλια, πάπυρους, (συλλογές μουσείων), κ.α. Μια τέτοια μελέτη που έγινε στο Getty Conservation Institute, στην Αμερική, βασίστηκε στην έκθεση, αντικειμένων που επεξεργάστηκαν με μεγάλο αριθμό φυσικών χρωστικών, σε ποικίλες συγκεντρώσεις όζοντος για ποικίλα χρονικά διαστήματα. Σκοπός των μελετών ήταν η εύρεση των επικίνδυνων ορίων συγκέντρωσης όζοντος στην ατμόσφαιρα των μουσείων, έτσι ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας και συντήρησης των έργων τέχνης. Οι χρησιμοποιούμενες χρωστικές ήταν φυσικές δεδομένου ότι τα έργα της τέχνης προηγούνται χρονικά της ανάπτυξης των σύγχρονων συνθετικών χρωστικών ουσιών. Η εύρεση άλλωστε των πιο ευάλωτων φυσικών χρωστικών σε ρ υπογόνες συγκεντρώσεις όζοντος ήταν καθοριστικής σημασίας για τις τεχνικές συντήρησης. Η σχετική ευαισθησία των φυσικών χρωστικών ουσιών στο όζον καθορίστηκε με βάση το ποσοστό και την δριμύτητα των αλλαγών χρώματος που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια έκθεσης στο όζον.

Τα αποτελέσματα της μελέτης απέδειξαν ότι οι πιο ευαίσθητες στο όζον, φυσικές χρωστικές ουσίες, ήταν οι: Κουρκουμίνη (Curcumin), Αλιζαρίνη (Madder Lake), Ινδικό (Indigo), Αίμα του Δράκου (Dragon's Blood) και μία τριφαινυλομεθανική χρωστική η Violet 14. Περαιτέρω μελέτες για τον τρόπο δράσης του όζοντος σε αυτά τα οργανικά μόρια απέδειξαν ότι το όζον επιτίθεται πιο γρήγορα στους διπλούς δεσμούς άνθρακα-άνθρακα άκυκλων ολεφινικών ενώσεων και πιο αργά στις αρωματικές ενώσεις (κυκλικές με βενζολικό δακτύλιο).

Αυτή η αντίδραση διάσπασης του διπλού δεσμού οξειδώνει το οργανικό μόριο, διασπώντας τελικά τις ανθρακικές αλυσίδες. Δεδομένου ότι αυτοί οι διπλοί δεσμοί αποτελούν συχνά μέρος των χρωμοφόρων ομάδων των χρωστικών, η καταστροφή τους από την αντίδραση με το όζον οδηγεί σε απώλεια του χρώματος.



Η αντίδραση αυτή είναι μια περίπλοκη διαδικασία που εξαρτάται:

- από τη συγκέντρωση του όζοντος
- το χρονικό διάστημα έκθεσης της χρωστικής στο όζον
- τη μοριακή δομή της χρωστικής (κυκλική-άκυκλη ένωση, αριθμός πολλαπλών δεσμών, τύπος πολλαπλών δεσμών, μέγεθος μορίου χρωστικής)
- τη συγκέντρωση της χρωστικής

Παρ' όλα αυτά η συμπεριφορά μιας συγκεκριμένης χρωστικής ουσίας απέναντι στην έκθεση στο όζον μπορεί να αλλάξει ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής της (π.χ. διαφορετική συμπεριφορά ανάλογα με το είδος του προστύμματος), καθώς και ανάλογα με τη φύση και την προετοιμασία του υποστρώματος πάνω στο οποίο θα επιδράσει.

Από την άλλη πλευρά όμως, το όζον μπορεί να αντικαταστήσει πολύ πιο αποτελεσματικά και ακίνδυνα σχεδόν όλα τα χημικά, που χρησιμοποιούνται σήμερα κατά κόρον σε εφαρμογές καθαρισμού, απολύμανσης, απόσμησης και συντήρησης, τα οποία και προκαλούν ένα πλήθος προβλημάτων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Το όζον είναι 10 έως 100 φορές πιο ισχυρό από το υποχλωριώδες οξύ και έχει 3.125 φορές ταχύτερη δράση από τις χλωριούχες ενώσεις που χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως στην επεξεργασία του νερού, αλλά και σε άλλες απολυμαντικές εφαρμογές. Αυτό που κάνει το όζον τόσο αποτελεσματικό απολυμαντικό είναι το εξαιρετικά υψηλό δυναμικό οξειδοαναγωγής του (2,07 V). Υπάρχει μόνο ένα στοιχείο με υψηλότερο δυναμικό οξειδοαναγωγής από το όζον κι αυτό είναι το φθόριο.

ΠΩΣ ΔΡΑ ΤΟ ΟΖΟΝ

Το όζον δρα οξειδώνοντας και καταστρέφοντας τις οργανικές και ανόργανες ενώσεις με τις οποίες έρχεται σε επαφή (ιούς, βακτηρίδια, μύκητες, μορφές σιδήρου και μαγγανίου, αρσενικό, και πολλά άλλα μέταλλα και οργανικές ουσίες). Ο ασθενής δεσμός του τρίτου ατόμου οξυγόνου λύεται (γίνεται ελεύθερη ρίζα) και το άτομο αυτό ενώνεται με την οξειδούμενη ουσία

αλλάζοντας τη δομή της. Το μόνο που απομένει από αυτή τη δράση είναι καθαρό οξυγόνο και τα υπολείμματα της οξειδωμένης ουσίας. Το όζον προκαλεί:

1. Καταστροφή ιών και βακτηριδίων

Το όζον καταστρέφει τους μικροοργανισμούς. Η έκταση αυτής της απολύμανσης εξαρτάται από το βαθμό πυκνότητας του όζοντος και το χρόνο επαφής του με τον μικροοργανισμό. Τα βακτηρίδια είναι τα πιο ευάλωτα στο όζον. Π.χ., το κολοβακτηρίδιο καταστρέφεται από συγκεντρώσεις όζοντος μόλις 0,01 mg/L και σε χρόνο επαφής 15 δευτερόλεπτα στους 25°C. Ο στρεπτόκοκκος καταστρέφεται ακόμα πιο εύκολα. Οι ιοί είναι ανθεκτικότεροι από τα βακτηρίδια, αλλά και αυτοί πάλι οξειδώνονται μέσα σε σύντομο χρόνο και με σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Π.χ., ο ιός της πολιομυελίτιδας εξουδετερώνεται με έκθεση σε συγκεντρώσεις διαλυμένου όζοντος 0,4 mg/L μέσα σε τέσσερα λεπτά.

2. Οξείδωση οργανικών ουσιών

Το όζον είναι ένας ισχυρότατος παράγοντας οξείδωσης φυσικών και συνθετικών οργανικών ουσιών (π.χ. φυτοφάρμακα, υπολείμματα φυσικών ζυμώσεων, απορρυπαντικά, εντομοκτόνα, χρωματισμένα απόβλητα, οργανικές ενώσεις αστικών και βιομηχανικών λυμάτων). Μερικές οργανικές ουσίες καταστρέφονται σε δευτερόλεπτα (π.χ. φαινόλες και φορμικό οξύ), ενώ άλλες χρειάζονται περισσότερο χρόνο (π.χ. ορισμένα εντομοκτόνα).

3. Οξείδωση ανόργανων ουσιών

Το όζον οξειδώνει ταχύτατα και αποτελεσματικά πολλές ανόργανες ενώσεις παράγοντας αβλαβή υποπροϊόντα. Μερικά παραδείγματα: Στην περίπτωση του σιδήρου, του μαγγανίου και αρκετών ενώσεων του αρσενικού, η οξείδωση γίνεται ταχύτατα και αφήνει αδιάλυτες ενώσεις που μπορούν να απομακρυνθούν εύκολα. Τα θειούχα ιόντα οξειδώνονται σε άλατα θειικού οξέος που είναι αβλαβή, ενώ εξαφανίζονται και οι όποιες οσμές θείου. Οι νιτρώδεις εστέρες οξειδώνονται σε νιτρικά άλατα που είναι σταθερά και αβλαβή.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΖΟΝΤΟΣ

Το όζον μπορεί να αντικαταστήσει πολύ πιο αποτελεσματικά και ακίνδυνα σχεδόν όλα τα χημικά που χρησιμοποιούνται σήμερα κατά κόρον σε εφαρμογές καθαρισμού και απολύμανσης και προκαλούν ένα πλήθος προβλημάτων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Η περίπτωση του χλωρίου είναι χαρακτηριστική. Το χλώριο, που είναι τόσο δημοφιλές στις εφαρμογές απολύμανσης, έχει την ικανότητα να διαλύεται σχεδόν απόλυτα στο νερό και να παραμένει εκεί μόνιμα. Αυτή ακριβώς η ικανότητα κάνει εξαιρετικά δύσκολη την απομάκρυνση του χλωρίου μετά τη χρήση του. Έτσι, όταν το χλωριωμένο νερό επιστρέφει στο περιβάλλον, το χλώριο συνεχίζει να σκοτώνει τους μικροοργανισμούς στα οικοσυστήματα και να βιοσυσσωρεύεται στα ψάρια και τα θηλαστικά και τελικά στον άνθρωπο. Μάλιστα, το χλώριο και οι οργανοχλωριωμένες ενώσεις έχουν κατορθώσει να προσβάλουν ακόμα και τα ζώα των αρκτικών περιοχών που βρίσκονται χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από μονάδες επεξεργασίας νερού με χλώριο! Είναι γεγονός ότι, αν και το χλώριο στη φύση υπάρχει μόνο σε μικρές ποσότητες, έχει σήμερα πλημμυρίσει το φυσικό περιβάλλον και οι επιστημονικές έρευνες έχουν αποδείξει πέρα από κάθε αμφιβολία ότι η παρουσία του στο πόσιμο νερό είναι μια από τις σοβαρότερες αιτίες καρκίνου. Αντίθετα, το όζον δεν αφήνει κανένα τοξικό κατάλοιπο. Κι αυτό δίνει στο όζον την ιδιότητα του πιο φιλικού για το περιβάλλον και τον άνθρωπο απολυμαντικού και οξειδωτικού. Το μόνο του συστατικό είναι το καθαρό οξυγόνο και όταν τελειώσει με την καταστροφή των μικροοργανισμών και την οξείδωση των οργανικών και ανόργανων ουσιών μετατρέπεται πάλι σε καθαρό οξυγόνο, σε 22 μόνο λεπτά της ώρας κατά μέσο όρο. Και γι' αυτό είναι η περιβαλλοντικά σωστή, ασφαλής και υπεύθυνη λύση απολύμανσης, απόσμισης και συντήρησης.

Πρακτικά, οι οξειδωτικές διεργασίες του προσφέρουν πολύτιμες εφαρμογές: σε μονάδες επεξεργασίας νερού, σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, σε μονάδες παραγωγής γεωργικών και κτηνοτροφικών προϊόντων όπως θερμοκήπια, χοιροτροφεία τυροκομεία, πτηνοτροφεία, οινοποιεία, μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας, σε μονάδες επεξεργασίας γεωργικών και κτηνοτροφικών προϊόντων, σε μονάδες επεξεργασίας και αποθήκευσης προϊόντων, σε μονάδες εμφιάλωσης νερού, σε νοσοκομειακές μονάδες, σε τουριστικές μονάδες όπως ξενοδοχεία, καφέ-μπαρ, εστιατόρια, σε κεντρικές εγκαταστάσεις κλιματισμού, σε κατοικίες, γραφεία κ.λ.π.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΣΤΟΧΟΙ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

- Η κατανόηση της διττής φύσης του τροποσφαιρικού όζοντος (**Είναι αφενός μεν ένα ισχυρό εργαλείο για πράσινες εφαρμογές, αφετέρου δε ένας ρυπογόνος παράγοντας υποβάθμισης των έργων τέχνης**).
- Η κατανόηση της καταστρεπτικής επίδρασης της υψηλής συγκέντρωσης του τροποσφαιρικού όζοντος (O_3) σε έργα της πολιτισμικής μας κληρονομιάς, καθώς και σε υλικά αντικείμενα καθημερινής χρήσης όπως πολλών ειδών ελαστικά.
- Η ευαισθητοποίηση για την ανάγκη μείωσης των ρύπων που συμβάλλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης του τροποσφαιρικού όζοντος (π.χ. NO_x).
- Η κατανόηση ότι η επιλογή του όζοντος, ως οξειδωτικού στην επεξεργασία χρωματισμένων αποβλήτων, πλεονεκτεί σε σχέση με τη χρήση άλλων οξειδωτικών, για διάφορους λόγους, ένας εκ των οποίων είναι ότι δεν παράγονται βλαβερά παραπροϊόντα.
- Η κατανόηση σύνδεσης πολύπλοκων οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων με καθημερινά, υπαρκτά φυσικοχημικά φαινόμενα που εξελίσσονται στο περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η σύνδεση της διδασκαλίας της χημείας με φαινόμενα καθημερινότητας.
- Η κατανόηση της δυνατότητας εξαγωγής χρωστικών μέσων (Dyes, Pigments), από φυτικές πρώτες ύλες (Ρίζες φυτού *Rubia tinctorum*).
- Η αναβίωση της χρήσης φυσικών χρωστικών για το χρωματισμό διαφόρων αντικειμένων και η ικανοποίηση που νιώθει κάποιος από τη χρήση αυτή.

ΣΚΟΠΟΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Επικεντρώνοντας λοιπόν σε αυτή τη διττή φύση του όζοντος, με την παρούσα εργασία σκοπεύουμε να δείξουμε:

1. Την καταστροφική επίδραση του όζοντος (O_3) στις φυσικές χρωστικές των έργων τέχνης όπως σε: πίνακες ζωγραφικής, υφαντά, πάπυρους, συγγράμματα κ.λ.π. μέσω:

α) Της επίδρασης του όζοντος (O_3) σε χαρτί βαμμένο με λάκα αλιζαρίνης και παρατήρηση της μεταβολής του χρώματος.

Διαδικασία βαφής σε χαρτί και έκθεσή του σε όζον:

Κόβουμε με το ψαλιδάκι διηθητικό χαρτί διαστάσεων 10cm X 2cm.

Σε ποτήρι ζέσεως των 100 ml τοποθετούμε μία μικρή ποσότητα διαλύματος στυπτηρίας και εμβαπτίζουμε μέσα τη λωρίδα του διηθητικού χαρτιού έτσι ώστε να εμποτιστεί καλά.

Στεγνώνουμε τη λωρίδα του διηθητικού χαρτιού με το σεσουάρ στεγνώματος.

Διαβρέχουμε την ίδια λωρίδα με το διάλυμα επεξεργασίας των ριζών μέσα στο δεύτερο ποτήρι ζέσεως, με τη βοήθεια του σταγονομετρικού φιαλιδίου που περιέχει το συγκεκριμένο διάλυμα.

Στεγνώνουμε ξανά τη λωρίδα του διηθητικού χαρτιού με το σεσουάρ στεγνώματος.

Διαβρέχουμε την ίδια λωρίδα με το κορεσμένο διάλυμα Na_2CO_3 μέσα στο τρίτο ποτήρι ζέσεως, με τη βοήθεια του σταγονομετρικού φιαλιδίου που περιέχει το συγκεκριμένο διάλυμα.

Παρατηρούμε τη βαφή που σχηματίστηκε στο διηθητικό χαρτί.

Στεγνώνουμε τη λωρίδα του διηθητικού χαρτιού με το σεσουάρ στεγνώματος, προσέχοντας να μη ξηραθεί τελείως. Είναι βασικό το χαρτί να διατηρηθεί ελαφρά υγρό.

Κόβουμε τη λωρίδα του διηθητικού χαρτιού στη μέση με το ψαλιδάκι.

Κρατάμε το μισό κομμάτι για δείγμα αναφοράς και βάζουμε το άλλο μέσα στη συσκευή συλλογής του όζοντος.

Συνδέουμε το θετικό πόλο της πηγής με το ηλεκτρόδιο Pt (άνοδος) και τον αρνητικό πόλο της πηγής με το ηλεκτρόδιο C (κάθοδος). Παρατηρούμε την έκλυση όζοντος που προωθείται στη συσκευή συλλογής όζοντος όπου και τοποθετήσαμε το δείγμα μας.

Μέσα σε 10 min περίπου φαίνεται ο αποχρωματισμός του δείγματος.

Αποσυνδέουμε τα ηλεκτρόδια και αφαιρούμε το δείγμα από τη συσκευή συλλογής του όζοντος.

Συγκρίνουμε το δείγμα χαρτιού που εκτέθηκε στο όζον με το δείγμα αναφοράς και παρατηρούμε τη διαφορά στο χρώμα.

β) Της επίδρασης του όζοντος (O₃) σε μαλλί βαμμένο με λάκα αλιζαρίνης και παρατήρηση μεταβολής χρώματος.

Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία και για το μάλλινο ύφασμα.

γ) Η οξειδωτική δράση του όζοντος σε συνθετικό ελαστικό υλικό-rubber (υλικό από ελαστικό γάντι μιας χρήσεως).

Συναρμολογούμε τη συσκευή του όζοντος.

Κόβουμε κομμάτια από το ελαστικό γάντι.

Κατασκευάζουμε 2 αυτοσχέδια συρμάτινα τελάρα για την προσαρμογή των ελαστικών κομματιών.

Προσαρμόζουμε τα κομμάτια του ελαστικού γαντιού πάνω στα τελάρα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι σχετικά τεντωμένα.

Κρατάμε το ένα συρμάτινο τελάρο ως δείγμα αναφοράς και για μέτρο σύγκρισης.

Τοποθετούμε το άλλο συρμάτινο τελάρο μέσα στο δοχείο συλλογής του όζοντος.

Συνδέουμε τα ηλεκτρόδια της συσκευής με τους πόλους της μπαταρίας, ώστε να αρχίσει η παραγωγή και διοχέτευση του όζοντος μέσα στο δοχείο συλλογής.

Μετά τη διέλευση μισής ώρας αποσυνδέουμε τη συσκευή από την μπαταρία, βγάζουμε το συρμάτινο τελάρο και συγκρίνουμε την κατάσταση του ελαστικού κομματιού του με αυτό του δείγματος αναφοράς. Παρατηρούμε την εμφανή καταστρεπτική επίδραση του όζοντος στο ελαστικό υλικό.



Προηγήθηκε η παρασκευή της χρωστικής ουσίας (Pigment) λάκας αλιζαρίνης από τις ρίζες του φυτού *Rubia tinctorum* ως εξής:

Μεταφέρουμε από το πλαστικό φιαλίδιο 25 mL διαλύματος ριζών μέσα σε ποτήρι των 100 mL.

Προσθέτουμε 12,5 mL διαλύματος στυπτηρίας 0,021M, με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου.

Βράζουμε το παραπάνω μίγμα για 5 min περίπου και το κρυώνουμε σε υδατόλουτρο πάγου.

Προσθέτουμε στο άλλο ποτήρι ζέσεως 12,5 mL κορεσμένου διαλύματος Na₂CO₃, με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου και το κρυώνουμε σε υδατόλουτρο πάγου.

Προσθέτουμε στο μίγμα το κρύο διάλυμα του Na₂CO₃.

Στη συνέχεια διηθούμε το μίγμα σε πτυχωτό ηθμό.

Αφήνουμε το υλικό που παρέμεινε στο διηθητικό χαρτί να στεγνώσει στον αέρα. Το υλικό αυτό αποτελεί τη λάκα αλιζαρίνης.

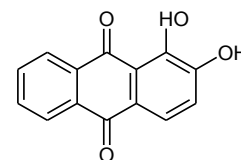


Η χημεία του πειράματος:

Αλιζαρίνη: Χημική ένωση με $M_r = 240$ και Μ.Τ: $C_{14}H_8O_4$. Βρίσκεται στις ρίζες του φυτού **Rubia tinctorum**, οι οποίες αποτελούν πηγές και άλλων φυσικών χρωστικών υλικών, με τη μορφή ενός γλυκοσιδίου του λεγόμενου ρουμπεριθρικού οξέος. Τα είδη των ανθρακινονών που απαντούν στις ρίζες του φυτού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Δομές ανθρακινονών					
Άγλυκο μέρος ανθρακινονών			Υδατανθρακικό μέρος γλυκοσιδίου $R_5 = -O\text{-αγλυκόνη}$		
A/A	Ονομασία	R_1	R_2	R_3	R_4
1	Ρουμπεριθρικό οξύ	OH	O-δισακχαρίτης	H	H
2	1,2,3-Τριυδροξανθρακινόνη	OH	OH	OH	H
3	Λουσιδίνη	OH	CH ₂ OH	OH	H
4	2-Υδροξανθρακινόνη	H	OH	H	H
5	Αλιζαρίνη	OH	OH	H	H
6	Πουρπουρίνη	OH	OH	H	OH
7	Ξανθοπουρπουρίνη	OH	H	OH	H
8	Ρουβιαδίνη	OH	CH ₃	OH	H

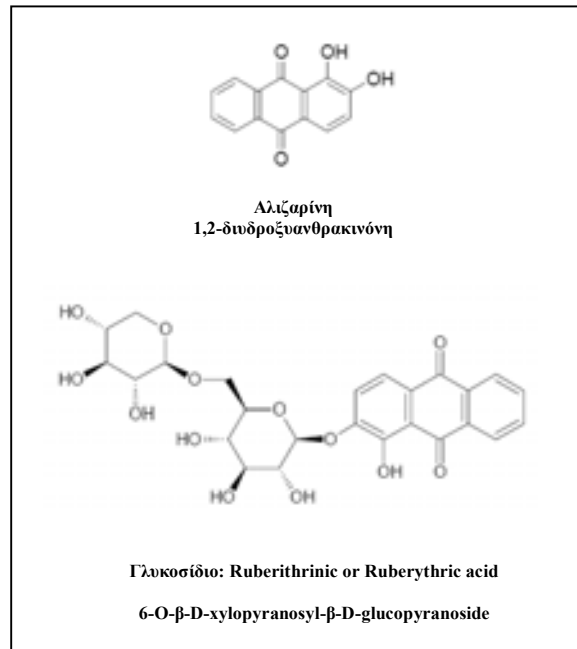
Είναι το κύριο χρωστικό υλικό (Dye) για την παραγωγή της οργανικής χρωστικής ουσίας (pigment) λάκας αλιζαρίνης. Ονομάζεται 1,2-διυδροξανθρακινόνη και είναι μια τρικυκλική αρωματική δικετόνη με δύο υδροξυλικές ομάδες απ'ευθείας ενωμένες στον αρωματικό δακτύλιο.



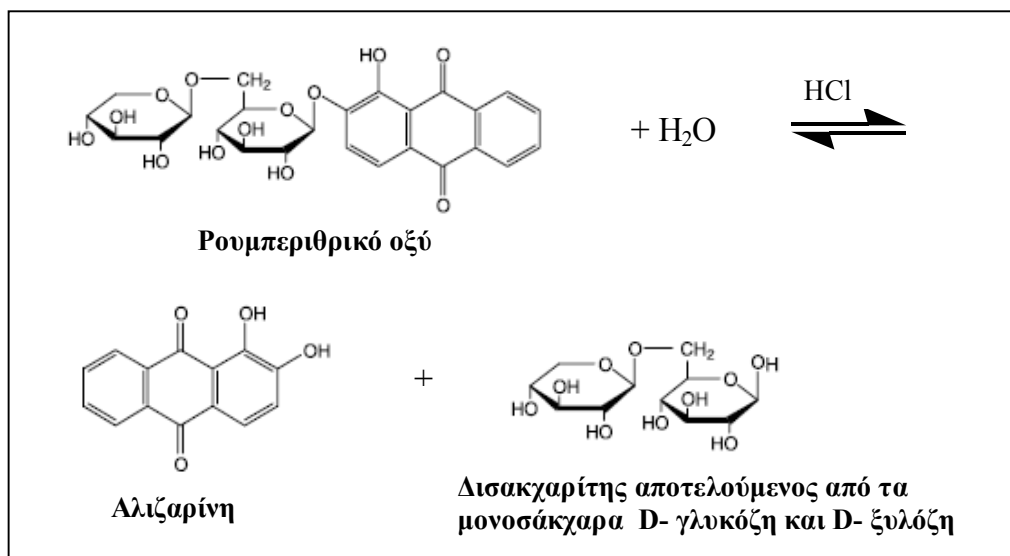
Αλιζαρίνη

Χρήση διαλύματος HCl: Επειδή η αλιζαρίνη είναι εγκλωβισμένη στις ρίζες του φυτού *Rubia tinctorum* με τη μορφή ενός γλυκοσιδίου του λεγόμενου ρουμπεριθρικού οξέος (*Ruberythric*

acid), απαιτείται η υδρόλυση του γλυκοσιδίου αυτού με τη βοήθεια HCl για την απελευθέρωση του άγλυκου τμήματος του γλυκοσιδίου, δηλαδή της αλιζαρίνης.

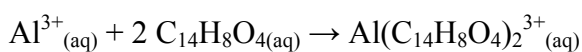


Η αντίδραση της υδρόλυσης του ρουμπεριθρικού οξέος παρουσία HCl είναι η εξής:

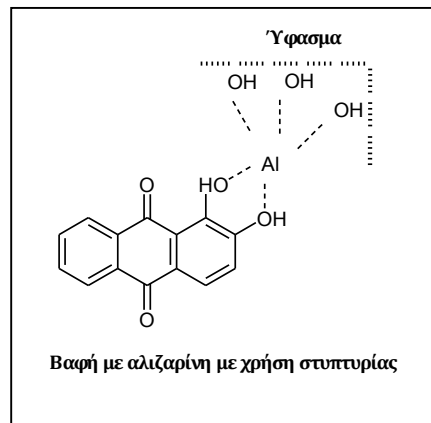


Χρήση διαλύματος στυπτηρίας Καλίου-Αργιλίου: Πρόκειται για ένυδρο μεικτό θεικό άλας καλίου-αργιλίου με Mr = 474 και M.T: KAl(SO₄)₂.12H₂O.

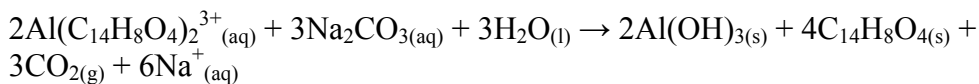
Ο ρόλος της στυπτηρίας είναι να δημιουργήσει σύμπλοκη ένωση με την αλιζαρίνη, δυσδιάλυτη στο νερό (Pigment), σύμφωνα με την αντίδραση:



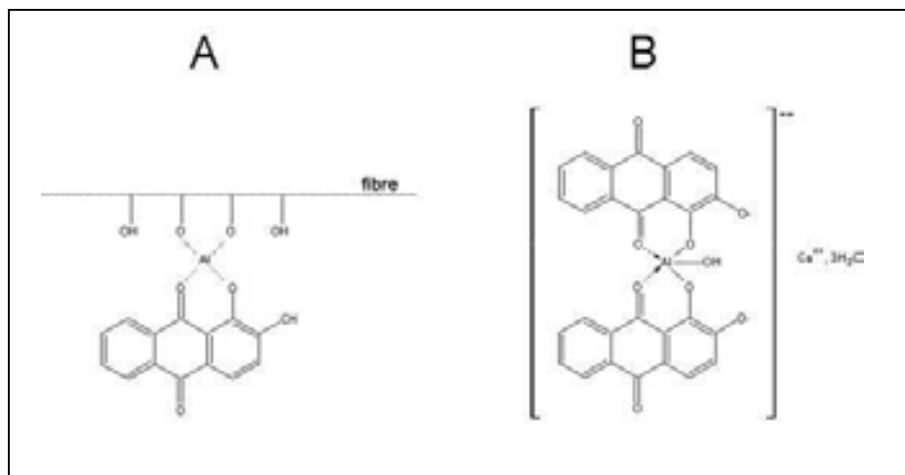
Επίσης συμβάλλει στην σταθεροποίηση του χρωστικού υλικού πάνω στην επιφάνεια βαφής μέσω δεσμών των υδροξυλικών ομάδων της λάκας με την επιφάνεια βαφής (χαρτί, ύφασμα).



Χρήση διαλύματος Na_2CO_3 : Ο ρόλος του διαλύματος του Na_2CO_3 είναι ο διαχωρισμός του συμπλόκου αλιζαρίνης-Al (λάκα αλιζαρίνης) από το υπόλοιπο διάλυμα σύμφωνα με την αντίδραση:



Λάκα αλιζαρίνης: Σύμπλοκο της αλιζαρίνης με Al



2. Τη χρήση του όζοντος (O_3) ως πλεονεκτικότερου οξειδωτικού για την επεξεργασία χρωματισμένων βιομηχανικών αποβλήτων μέσω:

α) της επίδρασης του όζοντος (O_3) σε διάλυμα ηλιανθίνης και σε διάλυμα κυανού του μεθυλενίου και παρατήρηση της μεταβολής χρώματος.

Σε μικρό δοκιμαστικό σωλήνα ρίχνουμε 3 σταγόνες διαλύματος ηλιανθίνης με τη βοήθεια του σταγονομετρικού φιαλιδίου που περιέχει το διάλυμα της ηλιανθίνης.

Προσθέτουμε 3 mL απεσταγμένου νερού με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου.

Μεταφέρουμε τη μισή ποσότητα του παραπάνω διαλύματος σε άλλο μικρό δοκιμαστικό σωλήνα για να αποτελέσει το δείγμα αναφοράς στη σύγκριση του χρώματος.

Συνδέουμε τον ένα δοκιμαστικό σωλήνα με τη συσκευή παραγωγής όζοντος, έτσι ώστε ο δοκιμαστικός σωλήνας να αποτελέσει το δοχείο συλλογής του όζοντος.

Συνδέουμε τα ηλεκτρόδια της συσκευής με τους πόλους της μπαταρίας, ώστε να αρχίσει η παραγωγή και διοχέτευση του όζοντος μέσα στο δοχείο συλλογής (δοκιμαστικός σωλήνας με το διάλυμα της ηλιανθίνης).

Μετά τη διέλευση 5 min παρατηρούμε τον αποχρωματισμό του διαλύματος που εκτίθεται στο όζον.

Αποσυνδέουμε τη συσκευή από την μπαταρία και απομονώνουμε το δοκιμαστικό σωλήνα.

Συγκρίνουμε τους δύο δοκιμαστικούς σωλήνες και παρατηρούμε τον αποχρωματισμό στον έναν από τους δύο.

β) της επίδρασης του όζοντος (O₃) σε διάλυμα επεξεργασίας ριζών της *Rubia tinctorum* (κοινώς ριζάρι ή ερυθρόδανο) και παρατήρηση της μεταβολής του χρώματος.

Επαναλαμβάνουμε ακριβώς την ίδια διαδικασία και για το διάλυμα του κυανού του μεθυλενίου, καθώς και για το διάλυμα επεξεργασίας των ριζών της *Rubia tinctorum*, που περιέχει τη χρωστική αλιζαρίνη.

Στο διάλυμα της αλιζαρίνης, μετά την προσθήκη του απεσταγμένου νερού, προσθέτουμε και 2 σταγόνες κορεσμένου διαλύματος Na₂CO₃, με τη βοήθεια του σταγονομετρικού φιαλιδίου που περιέχει το αντίστοιχο

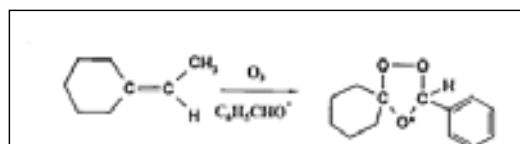
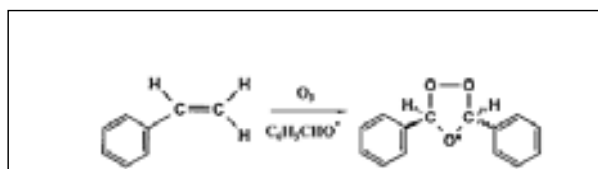
διάλυμα και μετά μοιράζουμε το διάλυμα σε δύο δοκιμαστικούς σωλήνες. Μετά τη διέλευση 5 min παρατηρούμε τον αποχρωματισμό των διαλυμάτων που εκτίθενται στο όζον.



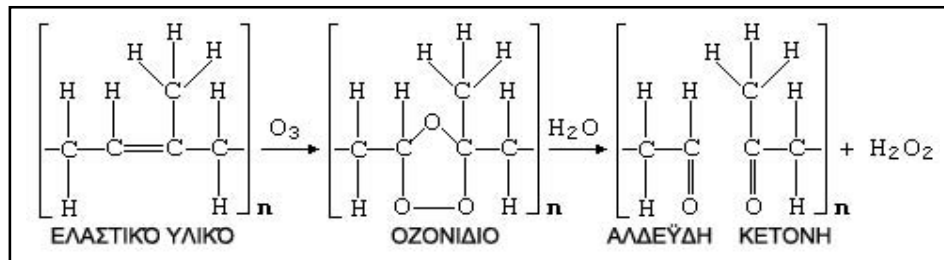
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το τροποσφαιρικό όζον, που βρίσκεται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας έχει διττή φύση:

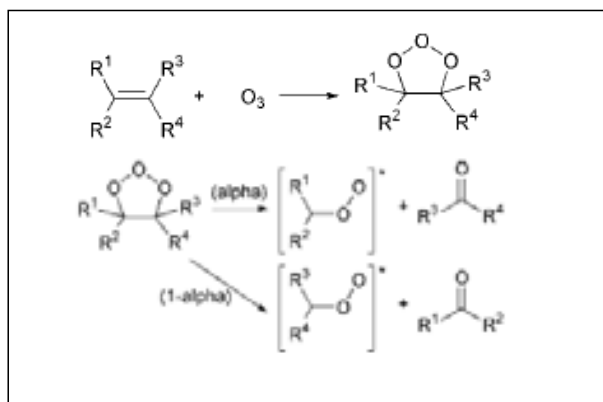
1) Αφενός μεν είναι ένας ρύπος, που συνδέεται με το φωτοχημικό νέφος σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά, όπου μπορεί να προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στον άνθρωπο και την φύση όταν ξεπεραστούν κάποιες οριακές τιμές. Για αυτό τον λόγο έχει επικρατήσει να αποκαλούμε το τροποσφαιρικό όζον ως το «κακό» όζον. Όταν οι συγκεντρώσεις του είναι υψηλές προκαλεί καταστροφή σε φυσικές χρωστικές, με αποτέλεσμα την περαιτέρω καταστροφή έργων της πολιτισμικής μας κληρονομιάς όπως πίνακες ζωγραφικής, πάπυροι, υφαντά, που έχουν κατασκευαστεί με τη χρήση τέτοιων φυσικών χρωστικών.



Επίσης σε υψηλές συγκεντρώσεις στην τροπόσφαιρα το όζον προκαλεί καταστροφή σε διάφορα υλικά καθημερινής χρήσης, όπως ελαστικά, μέταλλα κ.λ.π.



2) Αφετέρου δε έχει ισχυρές απολυμαντικές, απορρυπαντικές και αποσμητικές ιδιότητες με ποικίλες εφαρμογές σε «πράσινες» διεργασίες, μια και η χρήση του ως οξειδωτικού πλεονεκτεί σε σχέση με τη χρήση άλλων οξειδωτικών. Τα χρωμοφόρα είναι γενικά οργανικές πολυκυκλικές ενώσεις με εναλλασσόμενους απλούς και διπλούς δεσμούς που μπορούν να χρωματίσουν τα λύματα. Η επεξεργασία με όζον διασπά, με οξείδωση, τους διπλούς δεσμούς με αποτέλεσμα τη διαύγαση του νερού. Το απόβλητο επεξεργάζεται με όζον μετά την έξοδό του από την εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας και η συνήθης δοσολογία ποικίλει από 50-150 mg/L, ανάλογα με την προέλευση του αποβλήτου, τη θερμοκρασία του και το βαθμό της προηγούμενης επεξεργασίας.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://wwwcsi.unian.it/educa/inglese/intappro.html>

http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic34-03-004_2.html

http://www.tmth.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi_he1a.html

<http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/Ozone/ozone.html>

<http://www.scs.uiuc.edu/~mainzv/HIST/awards/OPA%20Papers/2001-Rubin.pdf>

<http://alternativecancer.us/ozone.htm>

<http://www.chem.ucalgary.ca/courses/351/Carey/Carey.html>

<http://www.chem.ucalgary.ca/courses/351/Carey/Ch06/ch6-10.html>

Science magazine Vol. 209, 22 Aug 1980, pp. 931-933

Leonardo M. da Silva e Mario H.P. Santana Julien F.C. Boodts ,Electrochemistry and Green chemical processes :Electrochemical ozone production, Quim. Nova, Vol 26, No.6, 880-888, 2003.