

Ε.Κ.Φ.Ε ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Εργαστηριακή Άσκηση Επίδειξης:

Το δηλητηριώδες μονοξείδιο του άνθρακα



Χημεία Β' Λυκείου και Γ' Γυμνασίου

Το δηλητηριώδες μονοξείδιο του άνθρακα

Σκοπός της άσκησης: Να αντιληφθούμε ότι εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το οποίο έχουμε διδαχθεί πολλές φορές (καύσεις, φαινόμενος θερμοκηπίου, φωτοσύνθεση κ.ά.), υπάρχει και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το οποίο είναι ένα ισχυρό δηλητηριώδες αέριο και συναντάται συχνά στην καθημερινή μας ζωή.

Στόχοι

Μετά το τέλος της άσκησης να μπορούν οι μαθητές:

- να συνειδητοποιήσουν την ύπαρξη του μονοξειδίου του άνθρακα
- να περιγράψουν τη διαδικασία και τις πηγές προέλευσής του
- να εξοικειωθούν με τους τρόπους προφύλαξης από αυτό το δηλητηριώδες αέριο

Λίγες παραπάνω γνώσεις...

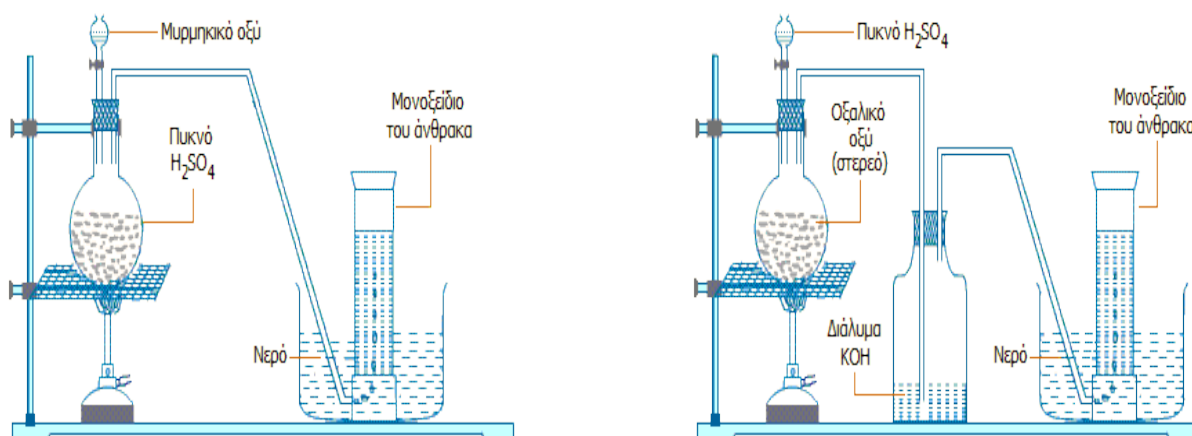
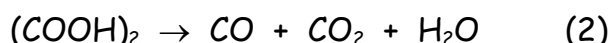
Οι τοξικές και θανατηφόρες ιδιότητες του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) είναι γνωστές από την αρχαιότητα, καθώς η χρήση κάρβουνου και ξύλων για θέρμανση σε μη καλά αεριζόμενα δωμάτια προκαλούσε αρχικά πονοκέφαλο, ζάλη, δύσπνοια, λιποθυμία και τελικά τον θάνατο. Ο Γαληνός (129 - 199 μ.Χ.), ο δεύτερος σπουδαιότερος Έλληνας ιατρός της Αρχαιότητας μετά τον Ιπποκράτη, είχε σωστά υποθέσει ότι οι δηλητηριώδεις ατμοί από μισοαναμμένες φωτιές προκαλούσαν αλλαγές στη σύσταση του αέρα.

| [CO], ppm | Πηγή |
|-------------|--|
| 0,1 | Φυσική ατμοσφαιρική περιεκτικότητα. |
| 0,5 έως 5 | Μέση συγκέντρωση στα σπίτια. |
| 5 έως 15 | Σπίτια με σωστά ρυθμισμένες σόμπες. |
| 100 έως 200 | Από τα καυσάερια αυτοκινήτων στο κέντρο μεγάλης πόλης (Πόλη Μεξικού) |
| 5.000 | Τα καυσάερια από οικιακό τζάκι. |
| 7.000 | Καυσάερια καταλυτικού αυτοκινήτου. |

Το μονοξείδιο του άνθρακα έχει χαρακτηριστεί ως σιωπηλός δολοφόνος (silent killer), επειδή είναι ένα τελείως άοσμο αέριο και τα αρχικά συμπτώματα της δηλητηρίασης που προκαλεί, συχνά συγχέονται με εκείνα ενός απλού κρυολογήματος. Είναι ένα αέριο το οποίο μπορεί εύκολα να δημιουργηθεί στα σπίτια που θερμαίνονται με την καύση οργανικών υλικών (ξύλων, κάρβουνο) σε περιπτώσεις κακής συντήρησης των απαγωγών των αερίων καύσης ή κάποιων διαρροών. Πολλές περιπτώσεις δηλητηριάσεων έχουν συμβεί σε κλειστά γκαράζ, όταν αφήνεται σε λειτουργία η μηχανή των αυτοκινήτων. Στις ΗΠΑ εκτιμάται ότι κάθε χρόνο κατά μέσον όρο 500 άτομα χάνουν τη ζωή τους εξαιτίας του.

Στην Ελλάδα, το θέμα της προστασίας έναντι του μονοξειδίου του άνθρακα ήλθε στην επικαιρότητα λόγω της στροφής μεγάλου μέρους του πληθυσμού στη θέρμανση με καύση ξύλου ή διαφόρων προϊόντων του (pellets) και αρκετών θανάτων που έχουν προκληθεί από μαγκάλια και κακοσυντηρημένους καυστήρες κεντρικής θέρμανσης.

Σε εργαστηριακή κλίμακα το CO παρασκευάζεται πολύ εύκολα και με μεγάλο βαθμό καθαρότητας με αφυδάτωση του μυρμηκικού οξέος (HCOOH) ή του οξαλικού οξέος (COOH)₂ με πυκνό-θερμό θειικό οξύ (H₂SO₄) ή με πεντοξειδίο του φωσφόρου(P₂O₅) (αντιδράσεις 1 και 2). Η αφυδάτωση του οξαλικού οξέος οδηγεί στην παραγωγή ισομοριακού μίγματος CO και CO₂, το δεύτερο όμως μπορεί να δεσμευθεί εύκολα με διαβίβαση του μίγματος μέσω διαλύματος ισχυρής βάσης (σχήμα 1).



Σχήμα 1. Απλές εργαστηριακές μέθοδοι παρασκευής CO με αφυδάτωση μυρμηκικού και οξαλικού οξέος με πυκνό θειικό οξύ

ΠΡΟΣΟΧΗ:



Πρέπει να τονιστεί ότι διαρροές του μονοξειδίου του άνθρακα δεν γίνονται αντιληπτές και τα πρώτα συμπτώματα δηλητηρίασης (πονοκέφαλος, ζάλη, εξάντληση, καταρροή) μπορούν εύκολα να παρερμηνευθούν και να θεωρηθούν ως φυσιολογικό αποτέλεσμα μιας ημέρας κουραστικής εργασίας ή σαν ένα κοινό κρυολόγημα.

| %Hb-CO | Συμπτώματα |
|------------|--|
| 0 έως 10 | Κανένα |
| 10 έως 20 | Κεφαλαλγία (στο μέτωπο), διαστολή αγγείων |
| 20 έως 30 | Κεφαλαλγία, σφύξεις στους κροτάφους |
| 30 έως 40 | Σοβαρή κεφαλαλγία, ανησυχία, ίλιγγος, εξασθένηση όρασης, ναυτία, εμετός, εξάντληση |
| 50 έως 60 | Το ίδιο ως άνω με κώμα και σπασμούς. Έντονη αναπνοή με διακοπές |
| 60 έως 70 | Κώμα, σπασμοί, ασθενής αναπνοή, ασθενείς σφυγμοί. Πιθανός θάνατος |
| 70 έως 80 | Η αναπνοή γίνεται πολύ αργή, ο θάνατος επέρχεται σε λίγες ώρες |
| 80 έως 90 | Θάνατος σε λιγότερο από μία ώρα |
| 90 έως 100 | Θάνατος σε λίγα λεπτά |



Η τοξική δράση του CO οφείλεται στο ότι συνδέεται σταθερά με την αιμοσφαιρίνη, με αποτέλεσμα ο οργανισμός να μην μπορεί να προσλάβει οξυγόνο από τον αέρα. Το κύριο πρόβλημα με το CO είναι το ότι δεν προκαλεί κατά την εισπνοή του κάποιον ερεθισμό και είναι τελείως άοσμο σε αντίθεση με άλλα ακόμη τοξικότερα αέρια (χλώριο, υδρόθειο, υδροκυάνιο) των οποίων η έντονη οσμή ή η ερεθιστική δράση προειδοποιεί τον άνθρωπο και του δίνει χρόνο για να απομακρυνθεί από τον χώρο με την τοξική ατμόσφαιρα πριν η συγκέντρωσή τους φθάσει σε θανάσιμα επίπεδα.

Τα χημικά εργαστήρια στα οποία γίνεται συχνή χρήση CO (κυρίως από φιάλες του αερίου) θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με ηλεκτρονικούς ανιχνευτές του αερίου που με ηχητικό σήμα προειδοποιούν για την παρουσία επικίνδυνων επιπέδων CO στην ατμόσφαιρα.

Πώς προλαμβάνεται η δηλητηρίαση από μονοξειδίο του άνθρακα στην οικία:

Προς αποφυγή δυσάρεστων ακολουθούν οδηγίες προφύλαξης:

1. Τακτική συντήρηση μηχανημάτων θέρμανσης που λειτουργούν με πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο ή άλλη βιομάζα από ειδικευμένο τεχνικό.
2. Αποφύγετε τη χρήση θερμαστρών που λειτουργούν με αέριο, κάρβουνο ή μέσα σε κλειστούς χώρους (διαμέρισμα κ.ά), χωρίς να υπάρχει άμεση δυνατότητα απομάκρυνσης των καυσαερίων (μπουρί).
3. Προτιμάτε πάντα συσκευές που έχουν τη σήμανση CE
4. Μη χρησιμοποιείτε ανοιχτή ψησταριά ή άλλο είδος φούρνου με αέριο ως μέσο θέρμανσης σε κλειστούς χώρους.
5. Μη χρησιμοποιείτε μαγκάλια, ψησταριά με κάρβουνα ως μέσο θέρμανσης σε κλειστό χώρο, εκτός αν το έχετε τοποθετήσει μέσα σε καλά αεριζόμενο τζάκι.

Ανιχνευτές μονοξειδίου του άνθρακα



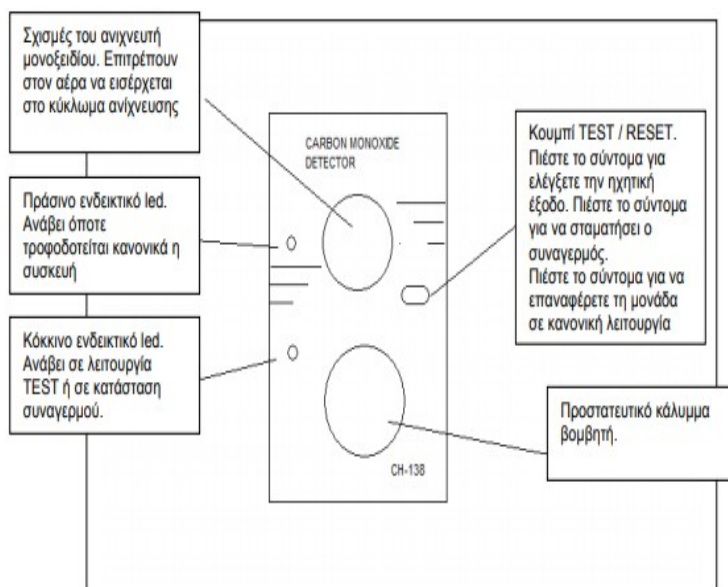
Εικόνα 1. Διάφοροι τύποι ανιχνευτών μονοξειδίου του άνθρακα

Υπάρχουν πολλοί τύποι ανιχνευτών μονοξειδίου του άνθρακα, μερικούς από αυτούς βλέπουμε στην εικόνα 1.

Στο εργαστήριο του Ε.Κ.Φ.Ε. Ιωαννίνων υπάρχει ο τύπος CARBONE MONOXIDE DETECTOR CH-138 (εικόνα 2). Ο ανιχνευτής μονοξειδίου του άνθρακα ανιχνεύει επικίνδυνες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στο οικιακό περιβάλλον και δίνει σήμα ηχητικής προειδοποίησης.



Εικόνα 2. CARBONE MONOXIDE DETECTOR CH-138



Εικόνα 3. Αναγνώριση των λειτουργικών μερών του ανιχνευτή μονοξειδίου του άνθρακα CH-138

Πειραματική διαδικασία

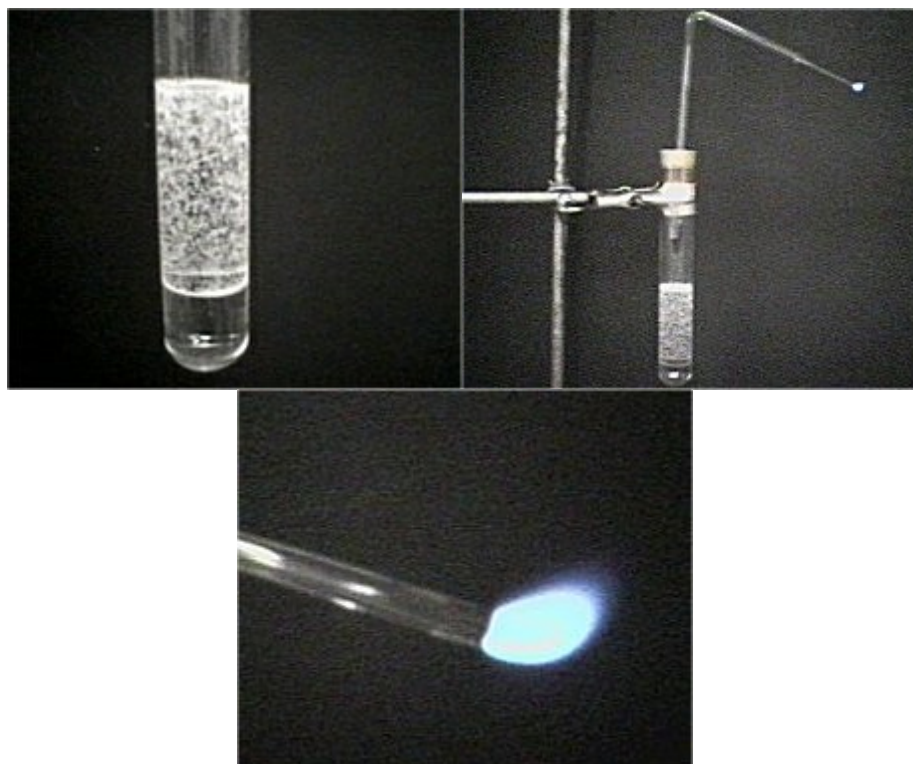
| ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ | ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ |
|---|-----------------------------|
| 1 δοκιμαστικός σωλήνας | Μεθανικό (ή μυρμηκικό) οξύ |
| Ελαστικό πώμα δοκιμαστικού σωλήνα συνδεδεμένο με γυάλινο σωλήνα (γωνία) | Πυκνό διάλυμα θειικού οξέος |
| Στήριγμα δοκιμαστικού σωλήνα | |
| Πιπέτα Pasteur | |
| Αναπτήρας | |

Ασφάλεια πριν την εκτέλεση του πειράματος

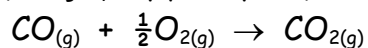
Οι αντιδράσεις παρασκευής μικροποσοτήτων CO , όπως αυτές που παρουσιάζονται στο πείραμά μας δεν παρουσιάζουν κάποια επικινδυνότητα, αρκεί να μην επιχειρήσει κανείς να εισπνεύσει απ' ευθείας το εκλυόμενο αέριο.

Το πείραμα πρέπει να γίνεται σε απαγωγό εστία ή σε καλά αεριζόμενο χώρο (ανοιχτά παράθυρα).

Μία δυνατή εισπνοή καθαρού CO (π.χ. για να διαπιστωθεί ότι είναι άοσμο) αρκεί για να επιφέρει ακόμη και τον θάνατο.



1. Σε δοκιμαστικό σωλήνα προστίθεται πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4)
2. Προσεκτικά και χωρίς ανάδευση, για να αποφευχθεί μια έντονη αντίδραση, προστίθεται με την πιπέτα μεθανικό οξύ ($HCOOH$), οπότε αμέσως παρατηρείται έκλυση φυσαλίδων CO . Οι φυσαλίδες παράγονται στην επιφάνεια επαφής των δύο υγρών στιβάδων.
3. **ΠΡΟΣΟΧΗ: μην επιχειρήσετε να εισπνεύσετε το εξερχόμενο αέριο.**
4. Ανάβουμε με τον αναπτήρα και το παραγόμενο αέριο καίγεται στο ακροφύσιο του γυάλινου σωλήνα. με χρώμα φλόγας αχνό γαλάζιο, σύμφωνα με την αντίδραση:



Εργαστηριακή Άσκηση: Το δηλητηριώδες μονοξείδιο του άνθρακα

Φύλλο Εργασίας

Ημερομηνία.....

Τμήμα.....

Όνοματεπώνυμο.....

1. Γιατί το μονοξείδιο του άνθρακα έχει χαρακτηριστεί ως σιωπηλός δολοφόνος;

.....
.....
.....
.....
.....

2. Να αναφέρετε δύο εργαστηριακές μεθόδους παρασκευής του μονοξειδίου του άνθρακα;

.....
.....
.....

3. Το μονοξείδιο ή το διοξείδιο του άνθρακα δεσμεύεται από διάλυμα βάσης π.χ. $\text{Ca}(\text{OH})_2$; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας γράφοντας την κατάλληλη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιείται κατά την δέσμευση.

.....
.....
.....

4. Κατά την ατελή καύση των ξύλων ελευθερώνεται μόνο μονοξείδιο του άνθρακα;

.....
.....
.....

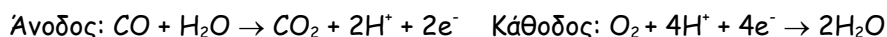
5. Να αναφέρετε τέσσερις τρόπους προφύλαξης από το μονοξείδιο του άνθρακα σε οικίες.

.....
.....
.....
.....
.....

Επισημάνσεις για τους εκπαιδευτικούς

A. Οι ανιχνευτές του μονοξειδίου του άνθρακα κάνουν χρήση αισθητήρων διαφόρων τύπων, όπως είναι οι ηλεκτροχημικοί, οι ημιαγωγοί και οι βιομιμητικοί αισθητήρες.

- Οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες CO (αμπερομετρικοί αισθητήρες) βασίζονται στη μέτρηση του ρεύματος ηλεκτρολυτικού στοιχείου όπου στην ποτενσιοστατούμενη άνοδο οξειδώνεται (σε διάλυμα H₂SO₄) το CO προς CO₂, ενώ στην κάθοδο ανάγεται το O₂ προς H₂O, σύμφωνα με τις ηλεκτροδιακές αντιδράσεις:

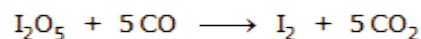
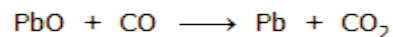
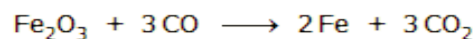
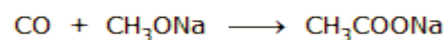
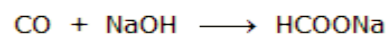
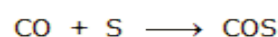
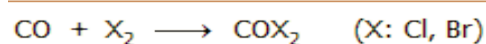
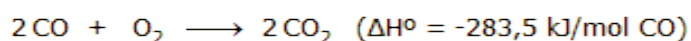
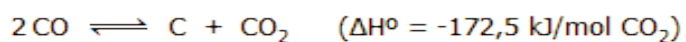


Η άνοδος (ηλεκτρόδιο εργασίας) βρίσκεται σε επαφή με τον εξεταζόμενο χώρο μέσω πορώδους υδρόφобου διαφράγματος, το οποίο επιτρέπει την είσοδο μορίων του αερίου CO, όχι όμως τη διαρροή του ηλεκτρολυτικού διαλύματος. Οι αισθητήρες αυτοί διαθέτουν μεγάλη "γραμμική περιοχή", μεγάλη ευαισθησία, αλλά το κόστος τους είναι σχετικά μεγάλο. Επιπλέον, απαιτούν τακτική (π.χ. κάθε 1 ή 2 χρόνια) αντικατάσταση και είναι καταλληλότεροι για βιομηχανικούς σκοπούς.

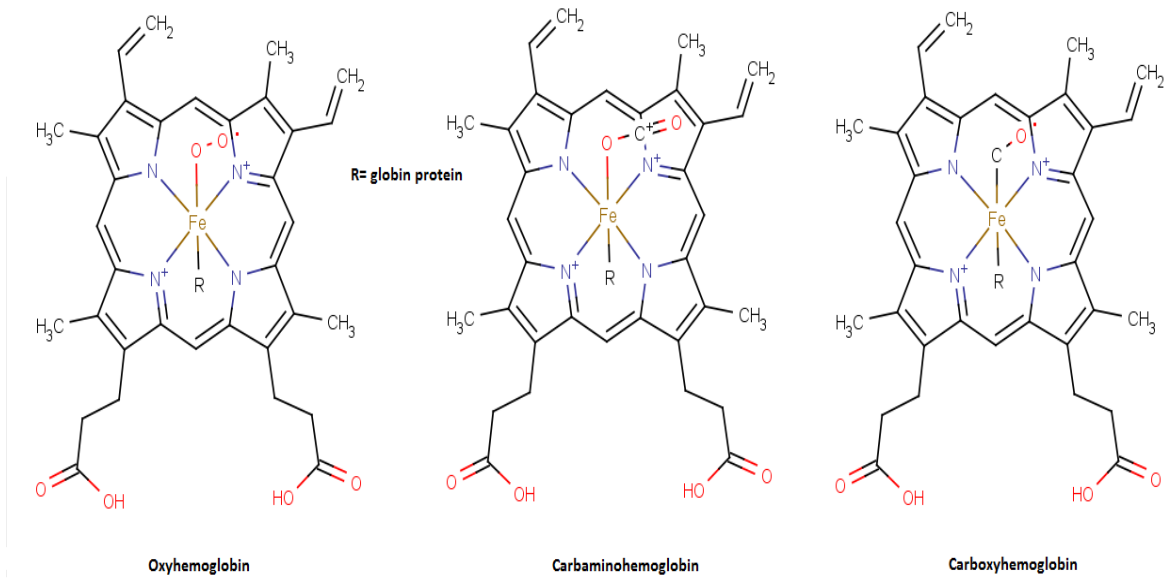
- Οι ημιαγωγοί αισθητήρες (ή αισθητήρες στερεάς κατάστασης) βασίζονται στην επίδραση του CO στην αγωγιμότητα (σε υψηλή θερμοκρασία (400 °C) νηματίων SnO₂. Η αγωγιμότητα του υλικού αυτού αυξάνεται παρουσία CO, ενώ μειώνεται παρουσία O₂. Μειονέκτημα αυτών των ανιχνευτών CO είναι το ότι λόγω της απαιτούμενης υψηλής θερμοκρασίας, είναι η αδύνατη λειτουργία τους με μπαταρίες, αλλά απαιτούν συνεχή τροφοδοσία μέσω της ηλεκτρικής εγκατάστασης του χώρου που ελέγχουν.

- Οι βιομιμητικοί αισθητήρες βασίζονται στη φωτομετρική παρακολούθηση της ελαφριάς αλλαγής του χρώματος ζελέ αιμοσφαιρίνης ή ενός συνθετικού αναλόγου (γίνεται λίγο πιο σκούρο παρουσία CO) και αποτελούν τους απλούστερους τύπους ανιχνευτών CO. Ο χρόνος απόκρισής τους είναι σχετικά μεγάλος και εξαρτάται από τη συγκέντρωση CO στον αέρα. Τυπικά, οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούν βιομιμητικούς αισθητήρες για συγκέντρωση CO 70 ppm παρέχουν σήμα μετά από 1 ώρα, ενώ για συγκέντρωση CO 400 ppm παρέχουν σήμα σε 4 λεπτά. Ωστόσο, αυτό δεν αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα και οι βιομιμητικοί ανιχνευτές αποτελούν τον φθηνότερο και συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο τύπο ανιχνευτή CO για τα σπίτια.

B. Μερικές αντιδράσεις του μονοξειδίου του άνθρακα:



Γ. Κατά τη δηλητηρίαση με μονοξείδιο του άνθρακα το θύμα δεν νιώθει ΠΟΤΕ ότι του συμβαίνει κάτι το κακό !



Η τοξική του δράση οφείλεται στην μεγάλη χημική συγγενείά του προς την αιμοσφαιρίνη (200 φορές μεγαλύτερη από του οξυγόνου) με συνέπεια να παίρνει την θέση του οξυγόνου λόγω εκλεκτικότητας.

Ενδεικτική βιβλιογραφία

- Η χημική ένωση του μήνα: Μονοξειδίο του άνθρακα

http://195.134.76.37/chemicals/chem_carbonmonoxide.htm

- Δηλητηρίαση από μονοξειδίο του άνθρακα: Ποια είναι τα συμπτώματα;

<https://www.onmed.gr/ygeia/story/349737/dilitiriasi-apo-monoxeidio-toy-anthraka-poia-einai-ta-symptomata>

- ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

http://www.tele.gr/PDF3/CH-138_v1.pdf