1. CONTROLUL PURITĂŢII AERULUI

1.1. Noţiuni generale

1.1.1. Necesitatea testelor rapide

Dezvoltarea civilizaţiei tehnologico-industriale se asigură prin diferite activităţi industriale, productive, care produc din păcate şi o serie de agenţi poluanţi, cum sunt gaze toxice, pulberi, ceaţă, etc. La acestea se adaugă componenţii poluanţi naturali, cum sunt gazele şi praful de natură vulcanică. Toţi factorii poluanţi emişi în atmosferă, adesea în concentraţii alarmante, au efecte dăunătoare în primul rând asupra sănătăţii oamenilor. Aceste efecte depind de natura şi concentraţia substanţelor chimice poluante.

De aici şi nevoia de a proteja oamenii, muncitorii, tehnicienii şi inginerii care lucrează direct în unităţile de producţie şi care sunt cei mai expuşi acţiunii dăunătoare a noxelor toxice poluante. Concentraţia acestor noxe nu trebuie să depăşească anumite nivele permise, prin reglementări oficiale, în atmosfera unităţilor industriale. În general nu este posibilă menţinerea unei atmosfere industriale absolut pure, dar este posibilă o reducere semnificativă a concentraţiilor poluanţilor industriali, la nivele acceptabile. Pentru urmărirea concentraţiilor noxelor toxice din aer sunt necesare mijloace şi procedee de analiză potrivite. În marile laboratoare există aparate, de obicei analizoare automate, care permit o monotorizare a conţinutului acestor noxe. Dar, de obicei, pantru analiza substanţelor dăunătoare din aerul înconjurător, determinările trebuie să se realizeze într-un timp cât mai scurt, în timp ce în laboratoarele specializate sunt necesare adesea ore, incluzând recoltarea probelor etc. Or, creşterea rapidă a concentraţiilor noxelor toxice în aer poate produce efecte adesea severe asupra organismului uman, într-un timp de ordinul orelor.

De aceea, s-a simţit nevoia de a se elabora teste analitice rapide, care permit aprecierea şi chiar determinarea semicantitativă a concentraţiilor poluanţilor în aer, într-un timp de 5 - 20 minute. În acest fel este posibil să se ia măsuri de protecţie imediate, în caz de nevoie.

Spre exemplu, în industria minieră este necesară o metodă rapidă şi de încredere pentru determinarea prezenţei monoxidului de carbon (gaz extrem de insidios şi de periculos, cu efect letal rapid) care să înlocuiască metodele laborioase, ce se utilizează, însă, în laboratoarele specializate.

Primul aparat pentru determinarea monoxidului de carbon a fost elaborat în 1919 [1]; acest aparat era de fapt un tub de sticlă ce conţinea un amestec de pentaoxid de iod şi acid sulfuric fumans (I_2O_5 + H_2SO_4 fumans). Aerul analizat s-a absorbit în tub, culoarea acestuia devenind verde sub acţiunea monoxidului de carbon; evident că intensitatea coloraţiei este proporţională cu concentraţia în monoxid de carbon.

1.1.2. Stixuri indicatoare de gaze toxice

Pentru detecţia şi determinarea semicantitativă a concentraţiilor de gaze toxice se pot utiliza spot-teste sub forma de stixuri şi tubuşoare indicatoare.

Stixurile sunt confecţionate din benzi de material plastic, care au lipită la un capăt o bandă de hârtie de filtru (mai bine hârtie cromatografică) impregnată cu reactivi potriviţi. Spre exemplu, hidrogenul arseniat din aer (arsina) se poate detecta cu stixuri ce au o bandă reactivă impregnată cu $HgBr_2$, care se atârnă în aerul contaminat (proba Gutzeit de reducere a arsenului III şi V la H_3As). Prin interacţia hidrogenului arseniat cu bromura de mercur (II) rezultă un compus colorat în galben-brun, intensitatea coloraţiei fiind proporţională cu concentraţia în hidrogen arseniat.

Desigur că acurateţea şi deci exactitatea unor astfel de procedee analitice sunt limitate de volumul, relativ indefinit, de aer din probă. Modificarea de culoare este influenţată destul de mult de variaţiile de temperatură. Pentru a obţine rezultate mai exacte se poate trece un volum măsurat de aer, printr-o arie cunoscută a hârtiei reactive, de exemplu într-o incintă de sticlă în care se găseşte banda reactivă. Culoarea ce o dobândeşte banda reactivă de pe stix se compară cu o scală de culori potrivite.

1.1.3. Tubuşoare indicatoare de gaze toxice

Mai potrivite şi mai eficiente sunt tuburile indicatoare de substanţe toxice, ce conţin un suport solid impregnat cu reactivi specifici. Astfel de tubuşoare sunt produse de firmele Drägerwerk AG (Lűbeck - Germania [2]), Davies Engineering Equipment Inc. (Baltimore-Maryland - S.U.A.), Bacharach Industrial Instruments Co (Blawkmax - Pennsylvania), Union Industrial Equipment Corp. (Culver City - California) etc. Cu astfel de tubuşoare se poate controla calitatea aerului în diferite industrii, chiar de către persoane cu pregătire medie, sau chiar fără pregătire de specialitate. Dar aceste tubuşoare-test, indicatoare de gaze toxice, trebuie să fie verificate continuu de către specialişti de înaltă calificare în domeniul chimiei analitice, pentru ca aceste tubuşoare să corespundă normelor de calitate standard.

Suportul care se impregnează cu reactivi este alcătuit din alumină - Al_2O_3, silicagel - SiO_2, piatră ponce, celuloză microcristainâ, răşini sintetice etc. Reactivii utilizaţi pentru impregnare trebuie să fie selectivi şi foarte sensibili faţă de agenţii poluanţi ce trebuie să fie determinaţi, iar modificarea de culoare ce se produce trebuie să dureze cel puţin o oră. Materialele suport şi reactivii de impregnare trebuie să fie foarte puri, acestă puritate trebuind să fie controlată atent, cu mare grijă, deoarece viteza reacţiei ce produce modificarea culorii şi care stă la baza detecţiei se poate schimba sub acţiunea impurităţilor, care pot acţiona ca şi catalizatori. Dar impurităţile pot influenţa însăţi reacţia de detenţie, chimismul ei.

Confecţionarea şi prepararea tubuşoarelor indicatoare trebuie să se facă în aer curat, iar dimensiunile tubuşoarelor să fie standardizate, pentru a putea controla viteza de curgere (trecere) a aerului prin tubuşor. Un tubuşor-test indicator se compune, de obicei, din mai multe straturi reactive separate între ele prin straturi inerte. Unele straturi incluse în tubuşor au rolul de a absorbi apa, deci de uscare a gazelor înainte ca acestea să ajungă la stratul reactiv. Alte straturi au rolul de a absorbi gazele interferente, care pot stânjeni sau chiar împiedica detecţia unor substanţe toxice din aer.

Primul strat are rol de filtru fizico-chimic, de purificare a gazelor, pentru a se asigura că nu ajunge la stratul reactiv decât substanţa toxică (sau unele gaze ce nu influenţează detecţia, de exemplu CO_2, N_2 etc). Prin urmare acest prim strat maschează speciile chimice interferente. Evident că acest prim strat-tampon nu trebuie să afecteze gazul ce trebuie detectat prin analiză. Spre exemplu tubuşorul pentru detecţia fosgenului are un prim strat-tampon care reţine clorul şi acidul clorhidric (dar mai ales clorul), tubuşorul indicator de monoxid de carbon are un orim strat care reţine oxizii de azot şi hodrocarburile, iar tubuşorul indicator de acid cianhidric are un strat tampon pentru reţinerea acidului clorhidric şi a dioxidului de sulf.

În unele cazuri, primul strat are rolul de a transforma gazul de analizat în altul mai uşor de analizat. De exemplu tubuşorul indicator pentru tricloretenă conţine un strat care transformă substanţa de analizat în clor liber, care poate reacţiona cu un al doilea strat ce conţine un reactiv potrivit pentru clor (de exemplu cromat de argint sau *o*-tolidină).

În multe cazuri se utilizează tubuşoare indicatoare pentru detecţia substanţelor toxice sau pentru detecţia şi determinarea cantitativă. În acest din urmă caz, stratul indicator-reactiv este divizat în mai multe secţiuni, putându-se detecta valori bine determinate de substanţă toxică, deoarece lungimea stratului reactiv a cărui culoare se modifică este proporţională cu concentraţia substanţei toxice.

De obicei, tubuşoarele indicatoare de gaze toxice au înscrisă o săgeată vizibilă, pentru a indica sensul de intrare şi trecere a probei de aer prin tubuşor. De asemenea, pe fiecare tubuşor este scrisă formula gazului (sau denumirea) pentru care se utilizează. În sfârşit, scala de pe tubuşorul de determinare semicantitativă a gazelor toxice este gradată în μl. Volumul de gaz toxic găsit, în μg, se împarte la volumul de aer trecut prin tubuşorul indicator, exprimat în litri, găsindu-se concentraţia gazului toxic în ppm.

Tubuşoarele detectoare de gaze toxice nu se pot păstra timp nelimitat, deoarece se alterează reactivii, deşi ele sunt închise. În general, urmele de apă şi de aer (oxigen, CO_2, SO_2 etc) existente în tubuşor produc efecte semnificative asupra substanţelor reactive din tubuşoare şi implicit micşorează timpul de conservare. Deoarece şi temperatura influenţează stabilitatea tubuşoarelor indicatoare de gaze toxice, acestea se păstrează în camere reci sau chiar la

frigider, timpul de conservare fiind de 1,5 - 2,0 ani (dar la 100^{o}C, aceste tubuşoare nu sunt stabile mai mult de 8 - 10 zile).

1.1.4. Calibrarea tubuşoarelor şi exactitatea determinărilor

Scalele de calibrare înscrise pe tubuşoarele indicatoare de gaze toxice sunt scale logaritmice în raport cu concentraţia şi ele se stabilesc empiric. La întocmirea acestor scale trebuie să se aibă în vedere că deşi gazul de analizat este absorbit complet, nu se atinge echilibrul dintre gazul toxic şi reactiv, deoarece viteza de trecere (curgere) este de obicei mare, iar timpul de prelucrare a probei este scurt. În general, lungimea stratului colorat (al stratului indicator) depinde de viteza cu care reacţionează gazul toxic cu reactivul indicator, dar depinde implicit şi de viteza de absorbţie a gazului pe silicagel. Datorită acestor factori, lungimea stratului colorat este proporţională cu logaritmul natural al produsului dintre concentraţia gazului şi volumul probei, potrivit ecuaţiei:

$$\frac{L}{H} = InCV + In\frac{K}{N}$$

în care:
L - este lungimea stratului colorat, în cm;
C - concentraţia gazului toxic, în ppm;
V - volumul aerului absorbit, în cm^3;
H - factor de proporţionalitate al transferului de masă, care reprezintă înălţimea transferului de masă, în cm;
K - o constantă caracteristică fiecărui tubuşor indicator (pentru fiecare gaz analizat).

Aşa cum s-a spus deja, la un volum de câteva sute de cm^3 de aer, timpul de analiză este foarte scurt şi în cele mai multe cazuri numai o cantitate foarte mică de gaz toxic poate reacţiona cu reactivul fixat pe silicagel. Concentraţia substanţei analizate se poate calcula astfel:

$$\frac{G}{C} = 1 - \frac{V}{A}\left(I - p^{-1A/v}\right)$$

unde:
l - este lungimea stratului colorat (sau modificat), în mm ;
v - viteza de curgere/trecere a gazului prin tubuşorul indicator, în mm/s;
A - o constantă ce caracterizează viteza reacţiei gazului toxic cu reactivul fixat pe silicagel;
G - cantitatea totală de gaz ce este absorbită la 20^{o}C şi o presiune de 1013 mbar, în µl;

C - capacitatea de absorbţie a unui strat de 1 mm la 20^{o}C şi presiune de 1013 mbar, în µl.

Introducerea probei de aer într-un tubuşor indicator de gaz toxic se face cu ajutorul unei pompe de mână cu burduf, în care se introduce tubuşorul după spargerea celor două capete sudate, astfel încât aerul să treacă mai întâi prin stratul tampon (partea opusă săgeţii).

Pompa este astfel construită încât la o aspirare introduce un volum de 100 cm^3 aer. Evident că volumul total de aer ce trece prin tubuşorul indicator este egal cu:

$$V = n \times 100$$

n fiind numărul de pompări.

Aspirarea aerului în vederea trecerii prin tubul indicator de gaze toxice se poate face şi cu ajutorul unei pompe automate, cum este *aparatul Dräger Quantimeter 1000*, care funcţionează cu baterii, pentru a putea fi utilizat la determinări pe teren.

Funcţionarea acestei pompe este controlată de un microprocesor. Această pompă este portabilă şi foarte pornită, ea permite determinarea independentă de operator.

Prin utilizarea aparatului Dräger Quantimeter 1000 se poate face monitorizarea aerului, adică supravegherea continuă a compoziţiei acestuia, pe schimburi de muncă de 8 ore, sau pe durate mai lungi. Este mai ales cazul locurilor de muncă cu un foarte înalt grad de periculozitate, determinat de gaze extrem de toxice (CO, HCN, $COCl_2$ etc).

Trebuie reţinut că exactitatea şi precizia rezultatelor obţinute cu detectoare portabile (dar şi cu pompa de mână) nu sunt afectate de o umiditate de 5 - 50 % [3] dar sensibilitatea determinărilor şi evident şi preciyia şi exactitatea lor scad semnificativ pentru valori mai mari ale umidităţii [4] .

În general, se consideră ca o exactitate foarte bună dacă determinările sunt însoţite de erori relative de ± 20 % sau chiar ± 25 % , deoarece se determină cantităţi foarte mici de substanţă toxică. În unele cazuri, când se detectează urme de substanţe toxice, erori totale de până la 50 % sunt considerate ca acceptabile; prin *eroare totală* se înţelege suma dintre eroarea absolută şi dublul deviaţiei standard [5].

1.1.5. Concentraţiile maxime admise (MAC) în aer

Având în vedere efectele nocive produse asupra organismului uman de către diferetele substanţe chimice incriminate. În tabelul 1.1 sunt date aceste concentraţii MAC după DRÄGER A.G. (1987), JUNGREIS E, [6] şi Normativele Ministrului Sănătăţii (1987) [7].

Tabelul 1.1

Concentraţii MAC după Dräger, Jungreis şi Normativele Ministerului Sănătăţii

Denumirea substanţei	**Concentraţia MAC**		
	Dräger	**E. Jungreis**	**România**
Acetadelhidă	50 ppm	200 ppm	200 ppm
Acetat de etil	400 ppm	-	-
Acetonă	1000 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Acid acetic	10 ppm	-	-
Acid cianhidric	10 ppm	10 ppm	10 ppm
Acid clorhidric	-	5-10 ppm	10 ppm
Acid fluorhidric	3 ppm	-	-
Acrilonitril	3 ppm	20 ppm	30 ppm
Anilină	2 ppm	5 ppm	6 ppm
Acid formic	5 ppm	-	-
Amoniac	50 ppm	-	30 ppm
Benzen	5 ppm	25 ppm	50 ppm
Bromură de metil	-	20 ppm	80 ppm
Clor	0,5 ppm	1 ppm	2 ppm
Clorcian	0,1 ppm	0,5 ppm	1,0 ppm
Cloroform	10 ppm	-	-
Clorpren	10 ppm	-	-
Cianură de K, Na	5 mg/m^3	-	5 ppm
Ciclohexan	300 ppm	-	1300 ppm
Denumirea substanţei	**Concentraţia MAC**		
	Dräger	**E. Jungreis**	**România**
Chinonă	-	-	0,4 ppm
Diclorbenzen	75 ppm	-	-
Dietileter	400 ppm	-	1200 ppm
Dimetilformamidă	20 ppm	-	50 ppm
Dimetilsulfat	0,2 mg/cm^3	1 ppm	-
Dietilamină	-	-	60 ppm
Diboran	0,1 ppm	-	1,5 ppm
Dimetilanilină	-	-	20 ppm
Dimetilsulfură	-	-	-
Dinitrobenzen	-	-	50 ppm
Dinitrofenol	-	-	1,5 ppm
Dinitrotoluen	-	-	1,5 ppm
Dioxan	-	-	250 ppm
Dioxid de sulf	2 ppm	10 ppm	10 ppm
Etilbenzen	100 ppm	-	400 ppm
Etilamină	-	-	30 ppm
Formaldehidă	0,5 ppm	5 ppm	-
Fluoruri	-	-	2 ppm

Fluor	-	-	0,2 ppm
Fenol	5 ppm	5 ppm	15 ppm
Fosgen	0,1 ppm	1 ppm	0,5 ppm
Hidrazină	0,1 ppm	5 ppm	-
Hidrogen sulfurat	10 ppm	-	15 ppm
Hidrogen arseniat	0,05 ppm	0,05 ppm	0,3 ppm
Hidrogen fosforat	0,1 ppm	0,05 ppm	0,5 ppm
Mercur	0,01 ppm	0,1 mg/m^3	0,15 mg/m^3
Mangan	-	3 mg/m^3	3 mg/m^3
Monoxid de carbon	30 ppm	100 ppm	30 ppm
Mercaptan (etilmercaptan)	0,5 ppm	-	-
Metanol	200 ppm	-	-
Monostiren (stiren)	100 ppm	-	350 ppm
Nichel tetracarbonil	-	1 ppm	0,002 ppm
Oxid de azot (NO_2)	5 ppm	25 ppm	10 ppm
Oxizi de azot ($NO + NO_2$)	-	25 ppm	10 ppm
Naftalină	-	-	40 ppm
Nitroanilină	-	-	5 ppm
Nitrobenzen	-	-	6 ppm
Nitrometan	-	-	150 ppm
Nitronaftalină	-	-	30 ppm
Ozon	0,1 ppm	-	0,2 ppm
Oxid de etenă	3 ppm	100 ppm	-
Piridină	5 ppm	5 ppm	15 ppm
Paration	-	-	10 ppm
Seleniu pulbere	-	-	5 ppm
Seleniu compuşi	-	-	0,2 ppm
Denumirea substanţei	**Concentraţia MAC**		
	Dräger	**E. Jungreis**	**România**
Sulf pulbere	-	-	15 ppm
Sulfamat de amoniu	-	-	15 ppm
Sulfură de carbon	-	100 ppm	50 ppm
Tetraclorură de carbon	10 ppm	-	100 ppm
Tetraetil – plumb	-	-	0,03 ppm
Tetralină	-	-	300 ppm
Toluen	200 ppm	-	400 ppm
Toluidină (*o*)	5 ppm	-	5 ppm
Trietilamină	-	-	100 ppm
Trinitrofenol	-	-	0,15 ppm
Trinitrotoluen	-	-	1 ppm
Xilen (*o*)	100 ppm	-	400 ppm
Warfarină	-	-	0,3 ppm
Tioeter	-	-	-
Tricloretan	200 ppm	-	-
Tricloretenă	50 ppm	-	-
Tetracloretenă	-	200 ppm	-

1.2. Teste rapide pentru determinarea purităţii aerului

1.2.1. Detecţia acetonei

Deşi acetona nu are efecte deosebit de dăunătoare asupra organismului, în concentraţii mici, concentraţia maximă admisă este de 1000 ppm.

Pentru detecţia acetonei din aer se utilizează un tubuşor indicator ce conţine dinitrofenilhidrazină, cu care formează hidrazona corespunzătoare, galbenă, conform reacţiei:

$$(CH_3)_2C{=}O + H_2N{-}NH{-}C_6H_3(NO_2)_2 \rightarrow (CH_3)_2C{=}N{-}NH{-}C_6H_3(NO_2)_2$$

Pentru determinare se aspiră un litru de aer, în care se pot determina 500 - 50000 ppm, utilizând un tubuşor indicator - Union Industrial Equipment Corp., sau 100 - 12000 ppm cu un tubuşor DRÄGER A.G. De precizat că determinarea este interferată de metiletilcetonă (butanonă) care reacţionează în acelaşi mod. De asemenea, trebuie precizat că utilizând tubuşorul indicator DRÄGER A.G. se aspiră 2 l aer.

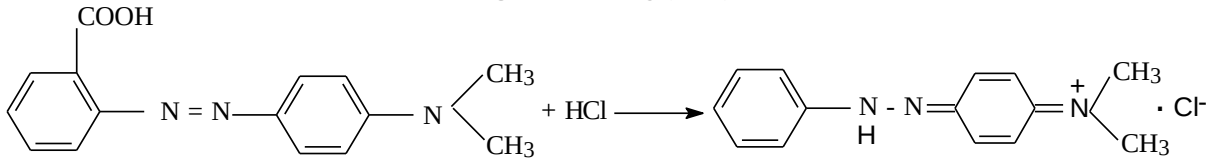
1.2.2. Detecţia acrilonitrilului

Spre deosebire de acetonă, acrilonitrilul este o otravă foarte periculoasă (şi inflamabilă). Vaporii de acrilonitril produc ameţeli, greaţă, pierderea cunoştinţei etc., de aceea concentraţia maximă admisă este de 3 ppm. Trebuie reţinut că şi la concentraţii mici, acrilonitrilul produce ameţeli, greaţă, icter etc.

Pentru detecţia acrilonitrilului se utilizează un tubuşor indicator ce conţine bicromat de potasiu, care transformă toxicul cu degajare de acid cianhidric. Acesta reacţionează apoi cu $HgCl_2$, când se eliberează acid clorhidric, iar acesta reacţionează cu roşul de metil, rezultând forma roşie a acestuia:

$$CH_2 = CH - CN + Cr(VI) \rightarrow HCN + CO_2 + H_2O + Cr(III)$$

$$2\ HCN + HgCl_2 \rightarrow Hg(CN)_2 + 2\ HCl$$



Cu un tubuşor DRAGER se pot detecta 0,5 - 10 ppm (la n = 10 sau n = 20, n fiind numărul de pompări) într-un litru litru, respectiv 2 l aer; sau se pot detecta 5 - 30 ppm pentru concentraţii ceva mai mici de acrilnitril. Detecţia este stânjenită de vapori de HCl, H_2S, SO_2, R─CN, care dau reacţii similare.

1.2.3. Detecţia acetalhidei

Vaporii de acetaldehidă (acetaldehida este lichidă, volatilă, cu p.f. 20,8^{o}C) sunt iritanţi ai ochilor, dar produc şi dureri de cap, toropeală, iar inhalarea lor repetată poate produce anemie, halucinaţii, delir, pierderea simţurilor (ca şi în alcoolism). Concentraţia MAC este de 200 ppm.

Pentru detecţia acetaldehidei se utilizează un tubuşor indicator ce conţine silicagel impregnat cu un maestec sulfocromic, portocaliu. La trecerea vaporilor de acetaldehidă prin tubuşor are loc oxidarea acetaldehidei la acid acetic şi schimbarea culorii de la portocaliu la verde-brun, ca urmare a reducerii Cr(VI) la Cr(III):

$$3\ CH_3{-}CHO + K_2Cr_2O_7 + 4\ H_2SO_4 \rightarrow$$
$$3\ CH_3{-}COOH + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4\ H_2O$$

La fel reacţionează şi alte aldehide, etanolul etc.

1.2.4. Detecţia acidului acetic

Pentru detecţia vaporilor de acid acetic din aer se poate utiliza un tubuşor indicator ce conţine silicagel impregnat cu un amestec de albastru de bromcrezol (soluţia 0,1 % din etanol) şi alizarinsulfonat de sodiu (soluţie 0,1 % în apă) în proporţie de 1 : 1(v/v). Are loc modificarea de culoare de la violet la galben. Se pot detecta 580 ppm în 300 cm^3 aer.

1.2.5. Detecţia acetatului de etil

Identificarea vaporilor de acetat de etil din aer se poate face cu un tubuşor ce conţine bicromat de potasiu şi acid sulfuric, impregnaţi pe silicagel. Are loc modificarea culorii de la alb la brun-verde, ca urmare a reducerii Cr(VI) la Cr(III). Se pot detecta 200 - 300 ppm în 2 l aer.

1.2.6. Detecţia acidului cianhidric şi a cianurilor

Acidul cianhidric este extrem de toxic, producând dureri de cap, toropeală, senzaţie de sufocare, greaţă, pierderea cunoştinţei, iar în intoxicaţii foarte grave produce moartea; concentraţia MAC este 10 ppm.

a) Există tubuşoare indicatoare de acid cianhidric ce conţin clorură de mercur (II) care complexează acidul cianhidric, eliberând acid clorhidric care reacţionează la rândul lui cu roşul de metil, producând modificarea de culoare de la galben la roşu (v. reacţiile la acrilonitril).

Acest test este stânjenit de HCl, H_2S, SO_2, NO_2etc., care se pot tampona cu săruri de plumb. De altfel, tubuşoarele indicatoare de acid cianhidric conţin un strat tampon de silicagel impregnat cu săruri de plumb: cu un astfel de tubuşor Drager se pot detecta 2 - 30 ppm HCN, dar cu un tubuşor - Union Industrial Equipment Corp. (UIEC) nu se pot detecta decât cantităţi mai mari de 100 - 30000 ppm HCN.

b) Pentru detecţia acidului cianhidric se pot utiliza şi benzi de hârtie de filtru sau cromatografică, impregnate cu o soluţie de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 10 %; după impregnare se usucă benzile de hârtie în aer cald, apoi se impregnează (prin imersie) cu o soluţie de NaOH 20 % şi se usucă la vid.

Detecţia acidului cianhidric se face astfel: se trece 360 cm^3 aer printr-un tampon de vată de bumbac ce reţine praful, după care se abate aerul asupra unei benzi de hârtie reactivă (1 min), după care se introduce banda în H_2SO_4 30% (v/v). Rezultă o coloraţie albastră, intensitatea coloraţiei fiind proporţională cu concentraţia acidului cianhidric. Au loc reacţiile:

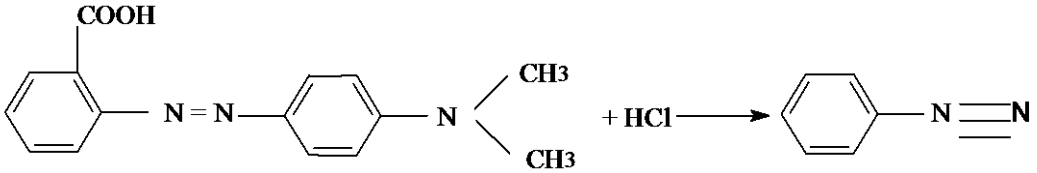
$$Fe^{2+} + 2\ CN^- \rightarrow Fe(CN)_2$$
$$Fe(CN)_2 + 4\ CN^- \rightarrow [(Fe(CN)_6]^{4-}$$

$$3\ [Fe(CN)_6]^{4-} + 4\ Fe^{3+} \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 \text{ (albastrul de Berlin)}$$

Detecţia acidului cianhidric prin acest test este împiedicată de clorul liber, dar nu este stânjenită de H_2SO_2 (până la concentraţii de 990 ppm).

c) Pentru detecţia cianurilor alcaline se utilizează un tubuşor similar care conţine acid sulfuric, clorură de mercur (II) şi roşu de metil. Acidul sufuric deplasează acidul cianhidric din cianuri, care reacţionează cu $HgCl_2$, rezultând acid clorhidric, iar acesta reacţionează cu roşul de metil, producând modificarea de culoare de la galben la roşu, conform reacţiilor:

$$2\ NaCN + 2\ KCN + 2H_2SO_4 \rightarrow 4\ HCN + Na_2SO_4 + K_2SO_4$$
$$2\ HCN + HgCl_2 \rightarrow 2\ HCl + Hg(CN)_2$$



În acest fel se pot detecta 2 - 15 mg CN^-/m^3 (de fapt, detecţia se face într-un filtru de aer, n = 10).

1.2.7. Detecţia acidului clorhidric

Acţiunea toxică a acidului clorhidric constă într-o serie de efecte ce le produce, cum sunt tusea, senzaţia de înăbuşire, inflamarea şi ulcerarea mucoaselor căilor respiratorii. Concentraţia MAC este de 5 - 10 ppm.

Pentru detecţia acidului clorhidric se utilizează un tubuşor indicator ce conţine, pe lângă stratul tampon-uscător al aerului, un strat de silicagel impregnat cu albastru de bromfenol, a cărui culoare albastră se schimbă în galben.

Cu un tubuşor Drager se pot detecta 1 - 10 ppm HCl într-un litru aer, (sau 50 - 500 ppm), iar cu un tubuşor Mine Safety Appliances Co (MSAC) se pot detecta 2 - 500 ppm.

1.2.8. Detecţia acidului fluorhidric

Acidul fluorhidric este foarte dăunător, iritând întreg sistemul respirator, producând inflamaţii şi congestie pulmonară. Inhalarea repetată a acidului fluorhidric produce fluoroză, scăderea ponderală, anemie, osteoscleroză, decolorarea dinţilor etc.

Pentru detecţia acidului fluorhidric se utilizează un tubuşor indicator ce conţine silicagel impregnat cu lac de chinalizarină-zircon, prin formarea complexului anionic $[ZrF_6]^{2-}$ foarte stabil, ceea ce determină schimbarea de culoare de la albastru pal la trandafiriu [8; 9]:

Cu un tubuşor Drager se pot detecta 1,5 - 15 ppm HF, iar cu un tubuşor MSAC se pot detecta 0,5 - 5 ppm în 2 - 5 l aer.

1.2.9. Detecţia alchenelor

Alchenele (olefinele), hidrocarburi nesaturate aciclice, au în concentraţii mari o acţiune narcotică asupra organismului uman.

a) Pentru detecţia alchenelor se utilizează un tubuşor indicator ce conţine silicagel impregnat cu permanganat de potasiu şi acid sulfuric. La trecerea alchenelor prin acest tubuşor are loc oxidarea lor la nivelul dublei legături care se rupe; reacţia este însoţită de decolorarea stratului indicator, conform reacţiilor

exemplu:

$$CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + 5[O] \xrightarrow{KMnO_4} CH_3\text{-}COOH + CO_2 + H_2O$$

$$2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 \xrightarrow{H_2SO_4} 5[O] + K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 3\ H_2O$$

Cu un astfel de tubuşor indicator Drager se pot detecta 1 - 55 mg propenă sau butenă/litru aer.

b) Pentru detecţia etenei se poate utiliza un tubuşor indicator Drager ce conţine un strat de silicagel (alb) şi un strat indicator galben-deschis, ce conţine un complex Pd-molibdat, care este redus de etenă la albastru de molibden.

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 0,5 - 10 ppm etenă în 2 l aer; dar testul este interferat de minoxidul de carbon în concentraţii mai mari de 50 ppm.

1.2.10. Detecţia amoniacului

a) Pentru detecţia amoniacului din aer se utilizează un tubuşor indicator ce conţine albastru de bromfenol şi un acid tare (probabil acid sulfuric). La trecerea amoniacului prin tubuşor se produce modificarea culorii de la galben la albastru, datorită formării sării de amoniu:

$$NH_3 + (H^+ + A^-) \rightarrow (NH_4^+ + A^-)$$

Modificarea culorii albastrului de bromfenol are loc la pH = 3,0 - 4,6.

Cu acest test se pot detecta 230 ppm la n = 5 (0,5 l aer).

b) Pentru cantităţi mai mari de amoniac, cuprinse în domeniul 25 - 700, se poate utiliza un tubuşor indicator ce conţine azotat de mercur (I), când se produce o modificare de culoare de la galben la gri, datorită reacţiei de dismutaţie a mercurului monovalent în contact cu amoniacul:

$$NH_3 + Hg_2(NO_3)_2 \rightarrow [HG_2N]NO_3 + Hg$$

Acest test este interferat de aminele alifatice.

1.2.11. Detecţia anilinei

Anilina este o substanţă toxică lichidă. vaporii săi producând prin inhalare, ca de altfel şi prin absorbţia cutanată, o serie de efecte dăunătoare, printre care dureri de cap, ameţeli, toropeală, cianoză, confuzii mentale etc.; de remarcat că o expunere mai îndelungată la vaporii de anilină afectează sângele şi sistemul nervos, producând o stare de oboseală şi ameţeli. Concentraţia MAC este de 5 ppm.

a) Pentru detecţia anilinei în aer se utilizează un tubuşor indicator ce conţine furfurol, care formează cu anilina un compus de condensare colorat în roşu.

Cu acest test se poate determina anilina în domeniul de concentraţie de 1 - 25 ppm, într-un volum de aer de 0,5 - 2,5 l. Această determinare este interferată de amoniac dar nu şi de dimetilanilină.

b) Pentru detecţia vaporilor de anilină din aer se poate utiliza şi un tubuşor indicator ce conţine bicromat de potasiu, a cărui culoare galbenă deschis se modifică în verde deschis, ca urmare a reducerii Cr(VI) la Cr(III). Acest test este interferat de metilamină, dimetilanilină, o-toluidină etc.

1.2.12. Detecţia benzenului [10; 11]

Benzenul este extrem de inflamabil şi de dăunător, inhalarea vaporilor săi producând excitare, convulsii, depresie, iritând mucoasele membranelor. Inhalarea timp îndelungat a vaporilor de benzen (fie şi în concentraţii mici) produce boli grave ale sângelui, iar inhalarea unor concentraţii mari poate produce moartea. Concentraţia MAC este de 25 ppm.

a) Pentru detecţia benzenului se utilizează un tubuşor indicator ce conţine un strat tampon care conţine la rândul lui un acid şi o aldehidă şi care are rostul de a reţine toluenul, xilenii şi naftalina, substanţe ce interferează reacţia de detecţie a benzenului. În tubuşor se mai găseşte şi un strat indicator ce conţine formaldehidă şi acid sulfuric. Benzenul se condensează cu formaldehida dând difenilmetan, iar acesta este oxidat de către acidul sulfuric la un compus chinoldic roşu-brun, conform reacţiilor:

Cu un tubuşor indicator Drager se pot detecta 0,5 - 10 ppm benzen (la n = 40 - 2), 5 - 40 ppm (n = 15 - 2) şi 15 - 420 ppm (n = 20 - 2) în 0,2 - 4 l aer.

b) Există un tubuşor drager pentru detecţia benzenului pe baza reacţiei de oxidare cu pentoxid de iod în mediu puternic acid. Stratul indicator este format din silicagel impregnatcu pentaoxid de iod şi acid sulfuric; procesul ce are loc se poate reprezenta astfel:

$$C_6H_6 + I_2O_5 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + CO_2 + SO_2 + H_2O$$

maroniu verde

Modificarea de culoare are loc de la alb la maroniu-verde; se pot detecta 5 - 50 ppm benzen în 2 l aer (n = 20). Testul este interferat de toluen, xileni etc.

1.2.13. Detecţia bromurii de metil

Vaporii de bromură de metil produc în concentraţii mari, chiar la o exounere scurtă, o serie de efecte nu numai neplăcute dar şi foarte grave în unele cazuri, urmate de convulsii, dureri de cap, ameţeli, greaţă, vomă, excitare mentală etc. De remarcat că şi concentraţiile mici sunt dăunătoare, producând bronşită şi pneumonie. Concentraţia MAC este de 20 ppm.

Pentru detecţia bromurii de metil se utilizează un tubuşor indicator ce conţine silicagel impregnat cu SO_3 şi $KMnO_4$ (care are o culoare verde-gri), care oxidează bromura de metil cu eliberarea de brom elementar, care oxidează la rândul lui o-dianisidina la un compus chinoidic brun, conform reacţiilor:

$$CH_3\text{-}Br + SO_3 + MnO_4^- \rightarrow Br_2 + CO_2 + MnSO_4 + H_2O$$

Cu acest tubuşor indicator se pot detecta 5 - 50 ppm, în 0,05 l aer; dar detecţia este interferată de halogeni (liberi), hidracizii lor şi de deviaţii halogenaţi ai hidrocarburilor.

1.2.14. Detecţia dioxidului de carbon

Pentru detecţia dioxidului de carbon se poate utiliza un tubuşor indicator ce conţine hidrazină impregnată pe slilicagel şi cristal violet, care în acest caz funcţionează ca indicator redox. Se produce modificarea de culoare de la alb la violet. Are loc reacţia:

$$CO_2 + N_2H_4 \rightarrow H_2N\text{-}NH\text{-}COOH$$

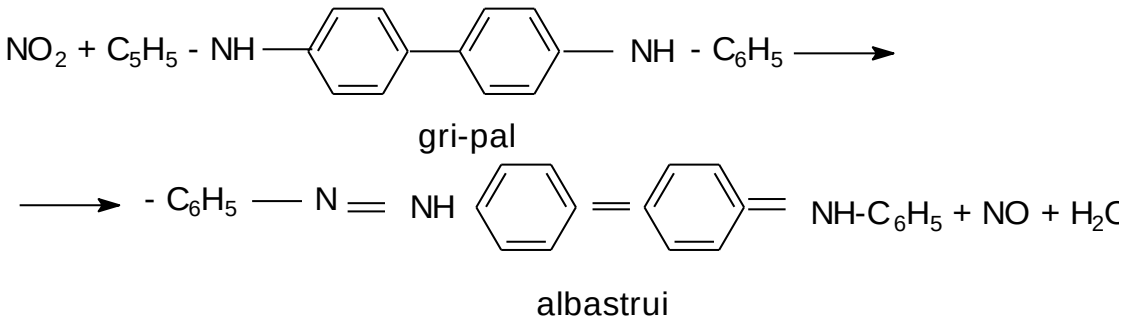
Monohidrazida acidului carbonic

Cu aceste test se pot detecta de la 0,01 - 0,3 % CO_2 în volume, într-un litru de aer (există şi tubuşoare pentru a detecta dioxidul de carbon şi în alte domenii de concentraţie).

1.2.15. Detecţia dioxidului de azot

a) Detecţia de azot (şi în general oxizii de azot) au o toxicitate ridicată, producând greţuri, ameţeli, dureri de cap, cianoză, crampe abdominale, iar în intoxicaţiile grave pot să apară convulsii şi chiar asfixia.

Pentru detecţia dioxidului de azot se utilizează un tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu difenilbenzidină care este oxidată la un produs chinoidic de culoare gri-albăstruie, conform reacţiei [12]:



Cu acest tubuşor se pot detecta 0,5 - 10, 5 - 25 şi 5 - 100 ppm NO_2 în 0,2 - 1,0 l aer. Detecţia este interferată de ozon şi de către clorul liber.

b) Pentru detecţia amestecului de monoxid şi dioxid de azot (sau numai monoxid de azot) se poate utiliza un tubuşor al cărui strat reactiv este impregnat cu bicromat de potasiu şi o-dianisidină şi H_2SO_4. Bicromatul oxidează monoxidul de azot la dioxid, iar acesta oxidează o-dianisidina la un produs chinoidic roşu-brun , conform reacţiilor [13]:

Cu acest tubuşor se pot detecta 0,5 - 10, 2 - 50 şi 20 - 500 ppm amestec de NO şi NO_2 în 0,2 - 0,5 l aer.

1.2.16. Detecţia dioxidului de sulf

Dioxidul de sulf are o acţiune iritantă asupra căilor respiratorii, producând bronşită şi asfixie, iar în concentraţii mari produce şi iritarea ochilor, ceea ce determină apariţia conjuctivitelor. Concentraţia MAC este de 10 ppm.

Pentru detecţia dioxidului de sulf din aer există mai multe posibilităţi.

a) se poate utiliza un tubuşor indicator (Drager) ce conţine $Na_2[Hg(SO_3)_2]$
Cu acest tubuşor indicator se pot detecta 0,1 - 3 ppm SO_2 în 10 l de aer, dar pompând 500 pompe (50 l aer) se pot detecta 0,02 - 0,6 ppm SO_2 . Această reacţie este interferată de alţi acizi.

b) Există tubuşoare indicatoare Drager care conţin un strat indicator impregnat cu iod şi amidon. Stratul indicator are o culoare albastră, care se decolorează sub acţiunea dioxidului de sulf, datorită reducerii iodului la iodură:

$$SO_2 + I_2 + 2\ H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2\ Hl$$

Cu acest tubuşor se pot detecta 0,1 - 3 ppm (n = 20), 1 - 25 ppm (n = 10) şi 20 - 200 ppm în 2 l aer. Reacţia de mai sus este interferată de H_2S (care se poate fixa pe un strat tampon ce conţine $CuSO_4$, când rezultă CuS - neagră).

c) Pentru cantităţi mai mari de dioxid de sulf se utilizează un tubuşor indicator Drager, al cărui strat indicator conţine iodat de potasiu şi verde de bromcrezol. Iodatul oxidează dioxidul de sulf la acid sulfuric, iar aceasta determină schimbarea culorii stratului indicator de la albastru-gri la galben.

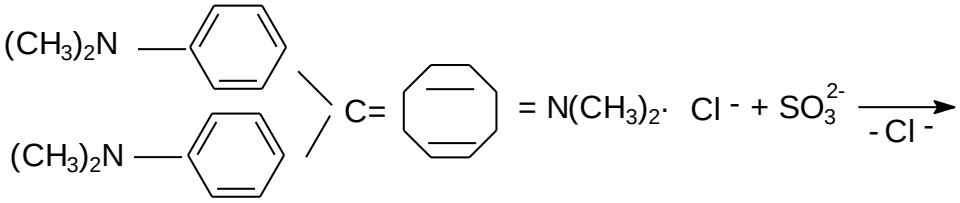
$$6\ SO_2 + 2\ IO_3^- + 6\ H_2O \rightarrow 6\ H_2SO_4 + 2\ I^-$$

Această reacţie este interferată de HCl, NO, NO_2 etc. Cu acest tubuşor indicator se pot detecta 50 - 500 ppm SO_2 într-un litru de aer.

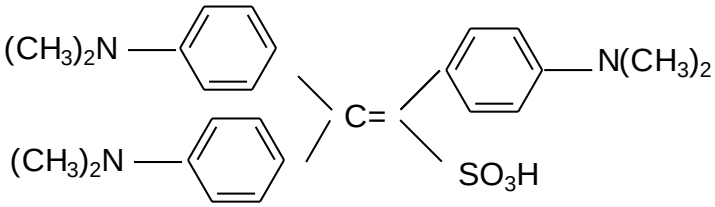
d) Un alt tubuşor indicator de dioxid de sulf conţine unstrat reactiv de nitroprusiat de zinc, care dă cu substanţa de analizat un compus roşu (compoziţia acestuia nu este cunoscută). Stratul de silicagel indicator se prepară astfel: se iau 100 g silicagel (depus pe pulbere de sticlă) la care se adaugă câte 0,5 ml soluţie de urotropină 40 %, soluţie 30 % de $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ în glicerină-apă (2 : 1) şi $ZnCl_2$ 40 % în HCl 10^{-2} N. Se agită cca 10 min., după care se usucă la temperatura camerei, în strat subţire de 1 cm.

În locul tubuşorului se poate utiliza şi o hârtie indicatoare, care se prepară astfel: se introduc succesiv benzi de hârtie de filtru, sau mai bine de hârtie cromatografică, în soluţii 1 M de $Zn(CH_3COO)_2$ (în apă-glicerină 9 : 1) şi în soluţie 1 % de $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ în etanol de 50 %. se usucă la 50^oC. dar aceste benzi sunt stabile numai câteva zile şi numai în flacoane de culoare închisă.

e) Există tubuşoare indicatoare pentru sulfit SO_3^{2-}, stratul indicator fiind format din pulbere de celuloză impregnată cu verde malachit, indicator ce este decolorat conform reacţiei:



verde malachit



leucobaza incolora

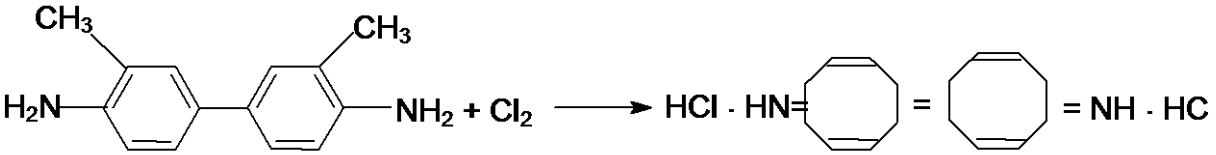
Stratul indicator se prepară din pulbere de celuloză (ce conţine carboximetilceluloză 0,2 %), care se impregnează cu o soluţie 1 : 1 de verde malachit 0,05 % în apă şi Magdala Red 6). După un repaus de 10 min se usucă la 100^{o}C.

Detecţia sulfitului este interferată de sulfură, disulfat şi nitrit.

1.2.17. Detecţia clorului elementar

Clorul elementar este un gaz extrem de toxic, producând iritaţii severe asupra aparatului pulmonar. El are o acţiune sufocantă, dar la o expunere de scurtă durată la 1000 ppm produce moartea rapidă prin edem pulmonar. Concentraţia MAC este de 1 ppm pentru expuneri de mai lungă durată şi de 4 ppm pentru o expunere de o oră.

a) Tubuşorul indicator de clor, Drager, conţine un strat tampon cu rol de purificare -uscare a aerului şi un strat indicator impregnat cu o-tolidină, care este oxidată la un produs chinoidic de culoare galbenă, conform reacţiei:



Cu acest tubuşor se pot detecta 0,2 - 3 ppm clor (într-un volum ce variază de la 0,1 - 1,0 l aer). De remarcat că pentru concentraţii foarte mici de clor trebuie să se treacă prin tubuşor 10 l aer de analizat, ceea ce se realizează cu

pompe automate calibrate, de tip Quantimeter 1000 (altfel trebuie aspirate 200 pompe de mână, ceea ce este obositor).

b) Pentru a putea determina rapid clorul în atmosfera aşezărilor industriale, se utilizează tubuşoare indicatoare cu strat reactiv impregnat cu iodură (se poate şi iodură de potasiu) şi amidon. Clorul din aer oxidează iodura de iod, iar aceasta dă cu amidonul un compus de absorbţie de tip clatrat, albastru [14].

Prepararea stratului reactiv se face astfel: se iau 2 g silicagel cu diametrul particulelor de 0,25 - 0,315 mm, se adugă 1 ml soluţie de amidon 0,2 % ce conţine şi 0,005 - 0,010 g HgI_2 (la 200 ml soluţie de amidon; iodura de mercur (II) are un rol de stabilizator).

După o uscare de 35 - 40 min la 35 – 45^oC, se adaugă 2 ml soluţie de 0,5 % de CdI_2, se amestecă bine pentru uniformizare şi se usucă o oră la 35 – 45^oC. Conservarea silicagelului astfel preparat se face în flacoane bine închise, de culoare brună, învelite în hârtie neagră.

Cu un astfel de tubuşor indicator se pot detecta 0,5 mg Cl_2/m^3 aer.

1.2.18. Detecţia clorbenzenului

Detecţia vaporilor de clorbenzen se bazează pe o reacţie de oxidare a substanţei cu dicromat de potasiu, când rezultă acid clorhidric (şi alţi compuşi), care determină modificarea de culoare a albastrului de bromfenol de la albastru la galben-gri; oxidarea se face conform reacţiei generale:

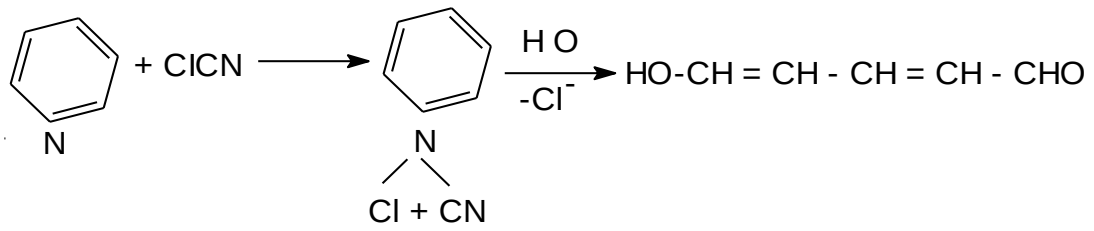
$$C_6H_5Cl + Cr(VI) \rightarrow HCl + (CO_2 + H_2O) + Cr(III)$$

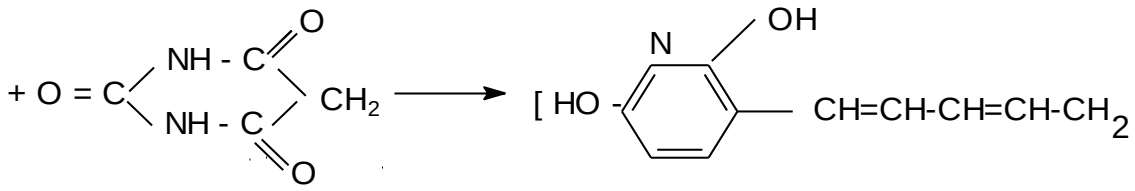
Cu acest tubuşor se pot detecta 5 - 200 ppm clorbenzen într-un litru de aer (n = 10). Reacţia este interferată de tricloretilenă (5 ppm), clorură de vinil (10ppm) şi clorură de metilen (10 ppm).

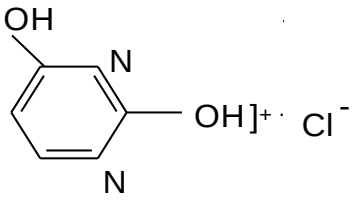
1.2.19. Detecţia clorcianului

Clorcianul (clorura de cianogen) se numără printre gazele cu cea mai mare toxicitate, producând convulsii, paralizii, pierderea cunoştinţei şi a opririi respiraţiei. Concentraţia MAC este sub 0,05 ppm.

Pentru detecţia clorcianului se utilizează un tubuşor indicator ce conţine piridină, cu formarea aldehidei glutaconice (ca urmare a hidrolizei produsului intermediar). Aldehida glutaconică se condensează cu acidul barbituric, dând un colorant roz. Au loc reacţiile:







Cu un astfel de tubuşor indicator se pot detecta 0,25 - 5,0 ppm clorcian, într-un volum de până la 2 l aer, (n = 2). Reacţia de mai sus este interferată numai de bromcian în concentraţii mai mari.

1.2.20. Detecţia cloroformului

Detecţia cloroformului se face cu un tubuşor indicator ce conţine un strat reactiv impregnat cu dicromat-acid disulfuric (persulfuric) şi o-tolidină. Dicromatul oxidează cloroformul la clor elementar care oxidează o-tolidina la un compus chinoidic de culoare galbenă (v.2.2.17, tubuşor pentru clor elementar):

$$CHCl_3 + Cr(VI) + H_2S_2O_7 \rightarrow Cl_2 + Cr(III) + H_2O$$

Reacţia este interferată de alţi derivaţi halogenaţi. Cu acest tubuşor se potdetecta 2 - 10 ppm cloroform într-un litru aer (n = 10).

1.2.21. Detecţia cloroprenului

Pentru detecţia cloroprenului (2-clor-butadiena) se utilizează un tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu permanganat de potasiu, care oxidează substanţa organică, manganul (VII) reducându-se la mangan (IV), de aceea modificarea de culoare se face de la violet la galben-brun, în funcţie de cantitatea de cloropren:

$$CH_2 = CH\text{-}C(Cl) = CH_2 + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + CO_2 + HCl + H_2O + ...$$

violet galben-brun

Cu acest tubuşor se pot detecta 5 - 60 ppm cloropren în 0,3 l aer (n = 3). Reacţia este interferată de substanţe ce conţin duble legături > C=C< (butena, propena, clorura de vinil etc.).

1.2.22. Detecţia diboranului

Pentru detecţia diboranului (B_2H_6) se utilizează un tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu un complex de aur (III) (de obicei tetracloraurat), care este redus la aur coloidal foarte fin dispersat, de aceea culoarea stratului indicator se modifică de la alb (gălbui deschis) la gri-albăstrui deschis:

$$B_2H_6 + AuCl_4 \rightarrow Au^o + HCl + ...$$

alb-gălbui gri-deschis

Cu acest tubuşor indicator se pot detecta 0,05 - 3 ppm diboran într-un volum de aer de 2 l (n = 20).

Testul acesta este interferat de hidrogenul arseniat, hidrogenul sulfurat şi hidrogenul fosforat, care reacţionează în acelaşi mod.

1.2.23. Detecţia eterului etilic

Eterul etilic (dietileter) produce o serie de efecte neplăcute asupra organismului, printre care leşin, ameţeli, confuzii mentale, iar la concentraţii mai mari se produce pierderea cunoştinţei.

Pentru detecţia eterului etilic se utilizează un tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu dicromat de potasiu şi acid sulfuric. Dicromatul oxidează eterul etilic în mediul acid la un peroxid (explozic), conform reacţiei generale:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}C_2H_5 + 2[O] \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} CH_3\text{-}\underset{\displaystyle O\text{-}O\text{-}H}{\overset{\displaystyle OC_2H_5}{\underset{|}{\overset{|}{CH}}}} \xrightarrow{-H_2O} (\text{-}CH(CH_3)\text{-}O\text{-}O)_n$$

Hidroperoxid Peroxid

Prin această reacţie se produce modificarea de culoare de la portocaliu la verde brun, ca urmare a reducerii Cr(VI) la Cr(III).

Cu acest tubuşor se pot detecta 100 - 4000 ppm într-un litru de aer (n=10)pentru cantităţi mai mici de eter sunt necesari până la 5 l aer. De notat că şi diisopropileterul şi dietileterul se comportă la fel.

1.2.24. Detecţia dimetilformamidei

În condiţii obişnuite dimetilformamida DMF este un lichid. Inhalarea prelungită a vaporilor de DMF, la o concentraţie de cca 100 ppm, are o acţiune dăunătoare asupra ficatului.

Pentru detecţia dimetilformamidei se utilizează un tubuşor indicator aă cărui strat reactiv este impregnat cu hidroxid de sodiu, ce transformă substanţa într-o amină (dimetilamină), care în contact cu un al doilea strat reactiv impregnat cu albastru de bromfenol şi un acid (probabil H_2SO_4) determină modificarea culorii de la alb la albastru.

$$HCON(CH_3)_2 + NaOH \rightarrow NH(CH_3)_2$$

HCOONa

Modificarea de culoare nu o produce amina ci sarea sa.

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 10 - 40 ppm într-un litru de aer (n = 10). Aceste reacţii sunt date şi de alte amine, printre care metilamina, etilamina, precum şi de hidrazină, amoniac etc.

1.2.25. Detecţia dimetilsulfurii

Detecţia dimetilsulfurii (dimetiltioeter) se bazează pe utilizarea unui tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu permanganat de potasiu. Prin trecerea sulfurii de dimetil prin tubuşorul indicator se produce modificareaculorii violete a permanganatului la galben-brun, ca urmare a reducerii Mn(VII) la Mn(II):

$$CH_3\text{-}S\text{-}CH_3 + KMnO_4^- \rightarrow MnO_2 + K_2S + CO_2 .....$$

violet galben-brun

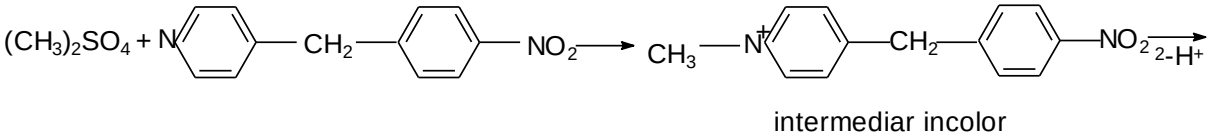
Intensitatea coloraţiei depinde de concentraţie în dimetilsulfură. Cu acest tubuşor indicator se pot detecta 1 - 15 ppm dimetilsulfură în 2 l aer (n = 20). Detecţia dimetilsulfurii este interferată de compuşii organici cu duble legături carbon-carbon, cum sunt alchenele (etena, propena, butena etc).

1.2.26. Detecţia dimetilsulfatului

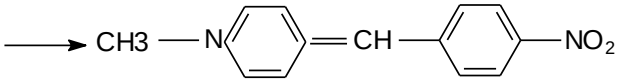
Vaporii de dimetilsulfat sunt foarte toxici, producând iritaţii puternice asupra căilor respiratorii, iar apoi, după o perioadă de latenţă, apar leziuni pulmonare grave. Concentraţia MAC este de 1 ppm.

Pentru detecţia sulfatului de dimetil se utilizează un tubuşor indicator, al cărui strat reactiv este impregnat cu 4-(p-nitro-benzil)-piridină, care dă cu

substanţa de analizat un compus semichinoidic albastru [16]; modificarea de culoare se produce de la gri-deschis la albastru:



intermediar incolor



N-metil -4- (p-nitrobenziliden)-1,4-dihidropiridin (albastru)

Cu un astfel de tubuşor indicator (Drager) se pot detecta 0,2 - 5 ppm dimetilsulfat într-un volum de aer ce variază de la 0,2 la 5 l. dar la un număr de n = 200 pompări, deci în 20 l aer se pot detecta şi cantităţi mai mici de dimetilsulfat şi anume 0,005 - 0,05 ppm. Această detecţia este interferată de fosgen, de esterii acidului clorformic (dar nu interferă compuşii aromatici, cetonele, alcooli etc) şi agenţii de alchilare.

1.2.27. Detecţia etalonului

Detecţia vaporilor de alcool se bazează pe utilizarea unui tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu dicromat de potasiu (şi acid sulfuric). dicromatul de potasiu oxidează etanolul (alcoolul etilic) la acetaldehidă, concomitent având loc reducerea Cr(VI) la Cr(III), ceea ce determină modificarea culorii stratului reactiv de la galben la verde:

$$C_5H_5OH + Cr(VI) + H^+ \rightarrow CH_3COOH + Cr(III) + H_2O$$

galben verde

Cu acest tubuşor indicator se pot detecta 100 - 3000 ppm etanol, într-un volum de un litru aer (n = 10).

Această detecţie este interferată de metanol, propanol, butanol, aldehide, eteri etc., care reacţionează în acelaşi mod.

1.2.28. Detecţia etilbenzenului

Vaporii de etilbenzen au o acţiune iritantă asupra tegumentelor, dar mai ales mucoaselor membranelor oculare; în concentraţii mai mari vaporii de etilbenzen au o acţiune narcotică.

Pentru detecţia etilbenzenului se utilizează un tubuşor indicator, al cărui strat reactiv este impregnat cu acid iodic şi acid sulfuric fumans. La trecerea prin

stratul indicator, etilbenzenul reduce acidul iodic la iod elementar, ceea ce determină modificarea culorii stratului reactiv de la alb la brun, intensitatea coloraţiei fiind proporţională cu concentraţia în etilbenzen. Procesul se poate reprezenta astfel:

$$C_6H_5\text{-}C_2H_5 + HIO_3\ (+ H_2SO_4) \rightarrow I_2 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O + ...$$

alb brun

Cu un astfel de tubuşor indicator (Drager) se pot detecta 30 - 400 ppm etilbenzen în 0,6 l aer (n = 6). Reacţia este interferată de toluen şi xilen.

1.2.29. Detecţia etilenoxidului

Se admite că vaporii de oxid de etenă sunt toleraţi bine de organism, dar inhalarea repetată, mai îndelungată, îngreunează respiraţia şi produce voma. Concentraţia MAC este de 3 ppm.

Pentru detecţia oxidului de etenă se utilizează un tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu dicromat de potasiu şi acid sulfuric. La trecerea aerului contaminat cu oxid de etenă, acesta este oxidat de către dicromat., Cr(VI) reducându-se la Cr(III), ceea ce determină modificarea culorii stratului reactiv de la galben la verde:

$$CH_2\text{-}CH_2 + Cr(VI)\ (+H_2SO_4) \rightarrow Cr(III) + 2\ CH_2O + ...$$

O galben deschis verde

$$3CH_2\text{-}CH_2 + K_2Cr_2O_7 + 4\ H_2SO_4 \rightarrow 6CH_2O + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O$$

O

Cu un astfel de tubuşor indicator se pot detecta 25 - 500 ppm oxid de etenă în 3 l aer (n = 30). De reţinut că propilenoxidul reacţionează similar.

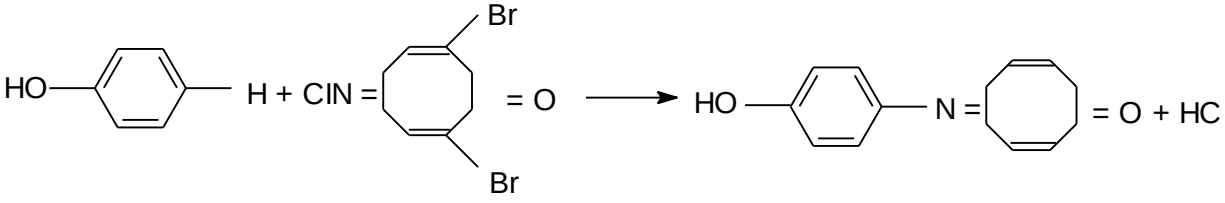
Există tubuşoare indicatoare cu două straturi reactive, unul impregnat cu $K_2Cr_2O_7$ şi H_2SO_4 - portocaliu (de fapt galben deschis) şi unul impregnat cu xilen şi H_2SO_4 - alb. La trecerea oxidului de etenă prin tubuşor, primul strat se colorează în verde, iar al doilea în roz, ca urmare a reacţiei aldehidei formice cu xilenul, când rezultă un compus chinoidic roz.

1.2.30. Detecţia fenolului

Fenolul este o substanţă solidă cristalizată cu o pronunţată acţiune corozivă. Vaporii de fenol produc iritaţii grave asupra ochilor şi asupra căilor respiratorii, iar inhalarea acestor vapori timp mai îndelungat (fie şi în

concentraţii mici) produce tulburări digestive şi nervoase, precum şi erupţii cutanate, tulburări renale şi hepatice. Concentraţia MAC este de 5 ppm.

Pentru detecţia vaporilor de fenol se utilizează un tubuşor Drager, al cărui strat reactiv este impregnat cu 2,6-dibromchinon-4-clorimină, care formează cu fenolul un colorant indofenolic albastru, conform reacţiei [17]:



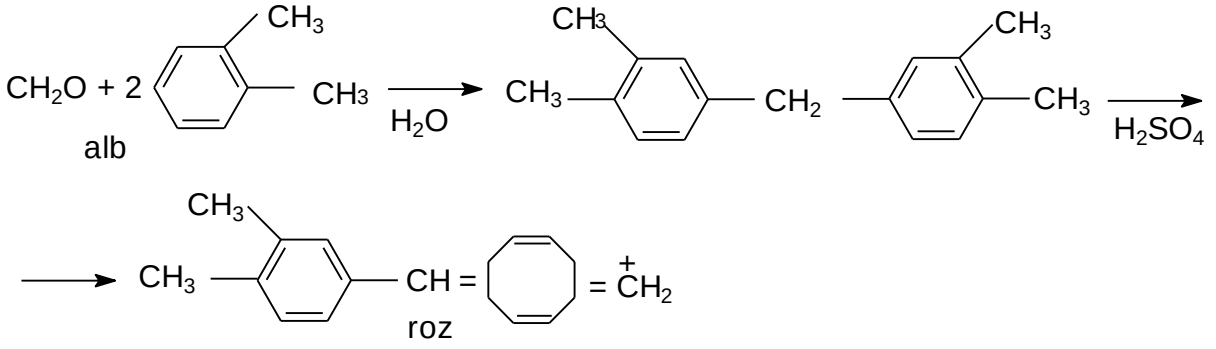
gri deschis albastru violet

Cu acest tubuşor se pot detecta 5 ppm fenol într-un litru de aer (n = 10).

1.2.31. Detecţia formaldehidei

Formaldehida fiind o substanţă gazoasă se prepară şi se conservă sub formă de soluţie 40% (formol). Formaldehida are o acţiune iritantă asupra căilor respiratorii, iar inhalarea repetată (prelungită) a unor concentraţii mai mari de substanţă produce laringite, bronşite, bronhopneumonie etc. Concentraţia MAC este de 5 ppm.

Pentru detecţia formaldehidei se utilizează un tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu o-xilen (vapori) şi acid sulfuric. La trecerea formaldehidei prin tubuşor are loc o reacţie de condensare, iar produsul de reacţie se oxidează la un compus chinoidic de culoare roz:

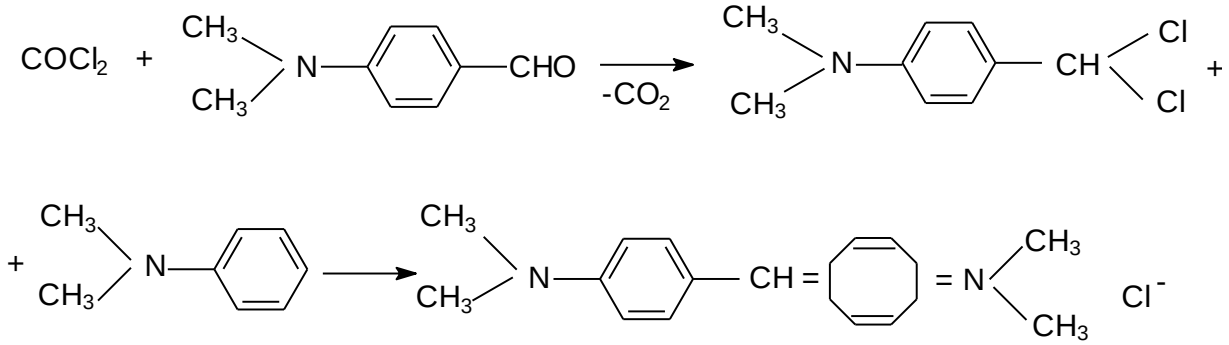


Cu un tubuşor indicator Drager se pot detecta 0,5-10 ppm (n = 10, deci un litru de aer), 0,2 - 2,5 ppm (n = 20; deci 2 l aer). Acetaldehida şi acroleina produc în aceleaşi condiţii o coloraţie brună, iar alcoolul furfurilic şi stirenul o coloraţie brună-roşietiatică.

1.2.32. Detecţia fosgenului

Fosgenul (oxiclorura de carbon) este un gaz extrem de toxic şi deci foarte periculos, producând prin inhalare edem pulmonar; instalarea edemului pulmonar este precedată de cianoză, oprirea respiraţiei etc. Concentraţia MAC este de 1 ppm.

a) Pentru detecţia fosgenului se poate utiliza un tubuşor indicator Drager al cărui strat reactiv este impregnat cu polimetilaminobenzaldehidă şi dimetilanilină, care dau cu fosgenul un compus merichinoidic albastr-gri, conform reacţiei:



Modificarea de culoare se face de la gri deschis la albastru-verde. Cu acest tubuşor se pot detecta 0,25 - 15 ppm fosgen la 0,5 l aer (n = 5). Bromura de carbonil (oxibromura de carbon) şi clorura de acetil dau reacţii similare.

În loc de dimetilanilină se utilizează în prezent dietilanilină, reacţia fiind mai sensibilă, putându-se detecta 0,04 - 1,5 ppm fosgen în 3,3 l - 0,1 l aer [18] . Produsul final de reacţia este similar cu cel rezultat la utilizarea dimetilanilinei.

b) L. ROMAN, C. MĂRUNŢOIU ş.a. au elaborat două teste pentru detecţia fosgenului (contract de cercetare cu Combinatul Chimic Râmnicu Vîlcea). Ambele teste (tubuşoare) conţin un strat tampon de silicagel impregnat cu tiosulfat de sodiu pentru reţinerea clorului liber şi a acidului clorhidric şi un strat reactiv impregnat cu p-dimetilaminobenzaldehidă şi dimetilanilină (şi un strat comparator colorat în verde deschis), iar în cazul celui de-al doilea tubuşor stratul reactiv este impregnat cu 4-nitrobenzilpiridină şi N-fenilbenzilamină.

la trecerea aerului contaminat cu fosgen prin primul tubuşor are loc modificarea de culoare de la galben la verde-albastru (în funcţie de cantitatea de fosgen), iar în cazul celui de-al doilea tubuşor indicator, de la galben la roşu-portocaliu, în funcţie de concentraţia fosgenului.

Cu un tubuşor indicator conţinând p+dimetilaminobenzaldehidă şi dimetilanilină se pot identifica 0,04 mg fosgen/l aer, iar cu tubuşorul indicator conţinând 4-notrobenzilpiridină şi N-fenilbenzilamină 0,001 mg fosgen/l aer.

1.2.33. Detecţia hidrazinei

Hidrazina este o substanţă cu acţiune caustică (corosivă) pronunţată, dereglând unele sisteme enzimatice şi prin aceasta micşorând metabolismul. Concentraţia MAC este de 5 ppm.

Pentru detecţia hidrazinei se pot utiliza două tubuşoare indicatoare.

a) Unul dintre acestea conţine un strat reactiv impregnat cu un acid şi albastru de bromfenol. La trecerea vaporilor de hidrazină prin tubuşor se formează sarea hidrazinei (probabil sulfat sau clorură), ceea ce determină modificarea de culoare a stratului reactiv de la galben la albastru:

albastru de

$$N_2H_4 + 2\,H^+ \xrightarrow[\text{bromfenol galben}]{} \underset{\text{ion hidraziniu}}{H_3N^+\text{-}N^+H_3} \text{ (culoare albastră)}$$

Cu acest tubuşor se pot detecta 0,25-3 ppm într-un litru de aer (n = 10); dar şi alte baze reacţionează la fel ca hidrazina.

b) Al doilea tubuşor indicator pentru hidrazină (tot Drager) se bazează pe reacţia de reducere a unui complex de argint la argint coloidal gri-brun.Cu acest tubuşor se por detecta 0,2 - 6 ppm (n = 20, deci în 2 l aer) sau 0,6 - 10 ppm (n = 10, deci în 1 l aer).

Acest test nu este stânjenit de amoniac, dimetilacetamidă, dimetilformamidă, trietilamină şi ciclohexilamină.

1.2.34. Detecţia hidrogenului arseniat

Hidrogenul arseniat (arsina) este o substanţă extrem de toxică, putând fi fatale şi numai câteva inhalaţii, deci ea acţionează rapid chiar şi la concentraţii mici (diluţie de 1 : 200 000). Sfârşitul letal produs de hidrogenul arseniat este cauzat de anoxie sau de edemul pulmonar. Concentraţia MAC pentru expuneri prelungite este de 0,05 ppm.

Pentru detecţia arsinei se poate utiliza un tubuşor indicator Drager, ce conţine un strat tampon impregnat cu sulfat de cupru (albastru pal) pentru reţinerea hidrogenului sulfurat (care poate fi prezent alături de arsină) şi un strat de reactiv impregnat cu clorură de aur (III). La trecerea hidrogenului arseniat prin tubuşorul indicator, stratul reactiv ce colorează în violet-gri, datorită formării aurului coloidal:

$$H_3As + 2\,AuCl_3 + 3\,H_2O \rightarrow 2\,Au^o + 6\,HCl + H_3AsO_3$$

Reacţiile prin care se reţin H_2S şi mercaptanii (RSH) în stratul tampon sunt:

$$H_2S + CuSO_4 \rightarrow CuS + H_2SO_4$$

$$2\ RSH + CuSO_4 = Cu(RS)_2 + H_2S$$

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 0,05 - 3,0 ppm arsină într-un volum de 0,1 - 2,0 l aer (n = 20). Această reacţie este interferată de hirogenul fosforat şi hidrogenul stibiat (antimoniat), dar reacţiile acestor substanţe au o sensibilitate mai mică.

Prin acest test se poate detecta şi trioxidul de arsen care este redus cu zinc şi acid sulfuric, la hidrogen arseniat care reacţionează apoi cu clorura de aur (III):

$$As_2O_3 + 6\ Zn + 6\ H_2SO_4 \rightarrow 2\ H_3As + 6\ ZnSO_4 + 3\ H_2O$$
$$H_3As + 2\ AuCl_3 + 3\ H_2O \rightarrow 2\ Au^0 + 6\ HCl + H_3AsO_3$$

În acest fel se poate detecta aerosolul de oxid de arsen până la o concentraţie de 0,2 mg/m^3 în 10 l aer (n = 100).

L. ROMAN şi E. FLOREAN au utilizat aceste reacţii pentru elaborarea unui test colorimetric comparativ semicantitativ de determinare a urmelor de aur, în care se procedează astfel: într-un balon de 200 ml se introduce puţin trioxid de arsen (cca 2 mg), 15 ml HCl 1:1 şi câteva granule de zinc. Hidrogenul arseniat este condus într-o cuvă în care se găseşte proba de analizat. După un minut, coloraţia gri-albastră a soluţiei se compară cu o scală de culori. Se pot determina astfel până la 0,5 μg Au (III) [19].

1.2.35. Detecţia hidrogenului fosforat

Hidrogenul fosforat (fosfina) este o otravă puternică, producând o serie de efecte extrem de dăunătoare cum sunt: ameţeli, slăbiciune, bronşite, tulburări pulmonare, edem, convulsii, comă şi moartea. Concentraţia MAC este de 0,5 ppm.

a) Pentru detecţia fosfinei se poate utiliza un tubuşor indicator Drager (sau UIEC, MSAC), care conţine (ca şi în cazul arsinei) un strat tampon impregnat cu sulfat de cupru (albastru-pal) pentru reţinerea hidrogenului sulfurat şi seleniat, precum şi mercaptanilor şi un strat reactiv impregnat cu clorură aurică, care este redusă de hidrogenul fosforat la aur elementar, coloidal gri-violet:

$$H_3P + 2\ AuCl_3 + 3\ H_2O \rightarrow 2\ Au + 6\ HCl + H_3PO_3$$

Cu acest tubuşor indicator se pot detecta 0,1 - 4 ppm într-un litru de aer (n = 10). Acest test este interferat de H_3As, H_2S, H_2Se, mercaptani.

Există şi un al doilea tubuşor indicator, pentru cantităţi mai mari, de 50 - 1000 ppm în 0,3 l aer (n = 3). Principiul detecţiei este acelaşi; modificarea de culoare se produce de la alb la brun-negru.

Există şi un al doilea tubuşor indicator, pentru cantităţi mai mari, de 50 – 1000 ppm în 0,3 l aer (n = 3). Principiul detecţiei este acelaşi; modificarea de

culoare se produce de la un alb la brun-negru, deoarece cantitatea de aur coloidal, ce se formează în urma reacţiei redox, este mai mare.

Hidrogenul fosforat se poate detecta şi cu un alt test şi anume cu benzi de hârtie cromatografică impregnată cu o soluţie de $HgCl_2$ 1% în soluţie etanolică 0,05% de galben de dimetil [20]. În prezenţa fosfinei, hârtia indicatoare se colorează în roşu, ca urmare a eliberării HCl, ceea ce detramină schimbarea culorii galbenului de dimetil. Prin acest test se pot detecta 0,3 ppm, cnd rezultă o coloraţie roşie. Dacă apariţia culorii are loc după circa 7 minute, nuanţa este roz-trandafirie.

Acest este interferat de amoniac, care dă cu $HgCl_2$ clorură amidomercurică ($HgNH_2Cl$).

1.2.36. Detecţia hidrogenului sulfurat

Hidrogenul sulfurat se numără, de asemenea, printre substanţele cu mare capacitate toxică, putând produce, la inhalarea unor concentraţii mari, colaps prin oprirea respiraţiei, în câteva secunde. Hidrogenul sulfurat acţionează, mai ales la concentraţii mari, asupra sistemului nervos respirator, iar în concentraţii mici produce iritaţii ale conjunctivei şi a altor mucoase. Din fericire prezenţa hidrogenului sulfurat este trădată de mirosul său pătrunzător şi dezagreabil. Concentraţia MAC este de 15 ppm.

Pentru detecţia hidrogenului sulfurat se pot utiliza câteva tipuri de tubuşoare indicatoare.

a) Tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu un complex al mercurului (II), care formează cu hidrogenul sulfurat cantităţi foarte mici de sulfură de mercur, producându-se modificarea de culoare da la alb la brun-deschis.

$$H_2S + [HgCl_4]^{2-} \rightarrow HgS + 2\ HCl + 2\ Cl^-$$

Cu acest tubuşor se pot detecta 0,5 - 15 ppm H_2S într-un litru de aer (n = 10).

Pe acelaşi principiu se bazează şi un alt tubuşor utilizat pentru detecţia unor cantităţi mai mari de hidrogen sulfurat, de 2 – 20 ppm; în acest caz stratul indicator de colorează tot în brun deschis.

b) Tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu o sare de plumb (azotat sau acetat), care se înbrunează la trecerea hidrogenului sulfurat datorită formării sulfurii de plumb:

$$H_2S + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbS + 2\ HNO_3$$

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 1 – 20 ppm într-un litru aer (n=10), 10-200 ppm în 0,1 l aer sau 100 - 2000 ppm în 0,1 litri aer (n = 1).

c) Tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu sulfat de cupru; în acest caz modificarea de culoare se produce de la albastru deschis la brun închis:

$$H_2S + CuSO_4 = CuS + H_2SO_4$$

Se pot detecta cu acest tubuşor 100-2000 ppm H_2S în 0,1 l aer.

d) În sfârşit, există şi tubuşoare cu ajutorul cărora se pot detecta H_2S şi SO_2, în aceste tubuşoare, stratul reactiv este impregnat cu iod elementar, care este redus la iodură, de către ce4le două substanţe, când se produce modificarea de culoare de la brun la galben-deschis:

$$H_2S + I_2 = S + 2\ HI$$
$$SO_2 + I_2 + 2\ H_2O = 2\ HI + H_2SO_4$$

Cu acest tubuşor se pot detecta 0,2 - 0,7 % volume de $H_2S + SO_2$ în 0,1 l aer.

Există tubuşoare cu strat reactiv impregnat cu dicianoargentat de potasiu, cu care se formează sulfura de argint neagră:

$$H_2S + 2\ K[Ag(CN)_2] = Ag_2S + 2\ KCN + 2\ HCN$$

1.2.37. Detecţia mercurului

Este ştiut că mercurul este lichid la temperatura ordinară, dar el emană continuu vapori foarte toxici, care produc o serie de efecte nocive asupra organismului. Astfel, el produce dureri (colici) abdominale, dureri de cap, greţuri, vărsături, diaree, inflamarea gurii, gingiilor, a glandelor salivare, căderea dinţilor, leziuni renale, spasme ale extremităţilor, dificultăţi de mers, modificarea personalităţii etc. se poate aprecia deci că mercurul se numără printre substanţele foarte toxice. Concentraţia MAC este de 0,1 mg Hg/m^3.

Pentru detecţia vaporilor de mercur se poate utiliza un tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu iodură cuproasă, Cu_2I_2, care formează cu mercurul elementar un complex roşu:

$$Hg^o + 2\ Cu_2I_2 = Cu_2[Hg\ I_4] + 2\ Cu^o$$

Cu un astfel de tubuşor (Dräger, UIEC, MSAC) se pot detecta 0,1 – 2 mg Hg/m^3 aer.

De remarcat că există şi hârtii impregnate cu Cu_2I_2 cu care se pot detecta peste 100 μg Hg/m^3 aer. Se utilizează hârtie cromatografică mai groasă, proaspătă de pastă de Cu_2I_2, care se obţine din 5 g Cu_2I_2 şi 10 ml carboximetilceluloză sodică 3 %.

1.2.38. Detecţia mercaptanilor

Pentru detecţia mercaptanilor, de fapt a etilmercaptanumlui, se pot utiliza două tubuşoare indicatoare.

a) Unul din tubuşoare (Dräger) conţine un strat reactiv impregnat cu clorură de Pd(II), care formează etilmercaptanul o mercaptidă de culoare galbenă; modificarea de culoare se produce de la gri-deschis (spălăcit) la galben, datorită reacţiei:

$$2\ C_2H_5{-}SH + PdCl_2 = Pd(S\text{-}C_2H_5)_2 + 2\ HCl$$
galben

Cu acest tubuşor se pot detecta 0,5 – 5 ppm etilmercaptan în 2,0 l aer (n = 20). De remarcat că metilmercaptanul, propilmercaptanul şi butilmer- captanul reacţionează în acelaşi mod şi aproximativ cu aceeaşi sensibilitate.

b) Un alt test, tot Dräger, constă dintr-o fiolă ce conţine o soluţie de sulf, reactivul fiind o sare cuprică. Detecţia se bazează pe de formare a unei mercaptide de cupru, galben deschisă, care formează cu soluţie de sulf un compus galben-brun ce conţine cupru:

$$2\ C_2H_5\ {-}SH + CuSO_4 \rightarrow Cu(C_2H_2\ {-}S\text{-})_2 + H_2SO_4$$
$$Cu(C_2H_5{-}S\text{-})_2 + S \rightarrow \text{compus galben-brun}$$

Cu acest tubuşor se pot detecta cantităţi mai mari de etilmercaptan, între 2 şi 100 ppm/l aer (n=10). La fel reacţionează propilmercaptanul şi metilmercaptanul.

1.2.39. Detecţia alcanilor

Alcanii, hidrocarburi alifatice cu formula generală C_nH_{2n+2}, având cel mai importanţi reprezentanţi gazoşi metanul, etanul şi butanul, au unele efecte nocive asupra organismului, producând iritaţii asupra căilor respiratorii fiind în acelaşi timp hepatotoxice. În concentraţii mari alcalinii au o acţiune narcotică.

a) Pentru detecţia hidrocarburilor se poate utiliza un tubuşor indicator al cărui strat reactiv este impregnat cu pentoxid de iod, dioxid de seleniu şi acid sulfuric fumans. La trecerea aerului aerului contaminat cu alcalini, stratul indicator se colorează în verde maroniu, datorită reducerii iodului (V) la iod elementar.

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 500-2500 ppm alcalini în 0,1-1,0 l aer, cu excepţia metanului şi a etanului.

b) Se mai poate utiliza un sistem de două tubuşoare legate între ele printr-un tub de cauciuc.

Primul tubuşor conţine silicagel impregnat cu permanganat de potasiu şi acid sulfuric fumans, iar al doilea tubuşor conţine silicagel impregnat cu pentoxid de iod, acid sulfuric fumans şi dioxid de seleniu. Primul tub se colorează în brun negru, iar al doilea în gri-violet. Procesele ce au loc se pot reprezenta astfel:

$$CH_4 + MnO_4 + H_2S_2O_2 \rightarrow CO + H_2O + MnSO_4 \text{ …..}$$

$$5\ CO + I_2O_5 \xrightarrow{SeO_2,\ H_2S_2O_2} I_2 + 5\ CO_2$$

Brun-verde
Până la gri-violet

Prin urmare, în primul tubuşor are loc oxidarea hidrocarburilor la monoxid de carbon, care este oxidat apoi de către pentoxidul de iod la dioxid de carbon. Apariţia iodului elementar, într-o concentraţie proporţională cu cantitatea de hidrocarbură, indică prezenţa acestor substanţe.

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 0,05-0,5 vol% metan, etan, propan în 0,2 l aer (n=2). Interferă monoxidul de carbon, dar şi alte substanţe organice.

1.2.40. Detecţia metacrilatului de metil

Metacrilatul de metil este un monomer utilizat la obţinerea stiplexului. Pentru detecţia acestei substanţe se utilizează un tubuşor Dräger, al cărui strat reactiv este impregnat cu molibdat de paladiu. La trecerea vaporilor de metacrilat de metil prin tubuşorul indicator se produce modificarea culorii stratului reactiv, de la galben la albastru (albastru de molibden).

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 50 - 500 ppm metacrilat de metil într-un litru de aer (n = 10). Această detecţie este interferată de etenă care produce o modificare de culoare la albastru-gri deschis şi de hidrogenul sulfurat care formează sulfura de paladiu, neagră.

1.2.41. Detecţia monoxidului de carbon

Monoxidul de carbon (sau simplu oxidul de carbon) este o substanţă extrem de periculoasă, mai ales că este lipsit de miros. Oxidul de carbon formează cu hemoglobina carboxihemoglobina, foarte stabilă, ceea ce împiedică transportul oxigenului la celule, producând anoxie, iar aceasta duce rapid la pierderea cunoştinţei şi la sfârşit letal. În concentraţii mai mici, oxidul de carbon produce dureri de cap, greţuri, iar în unele cazuri produce colaps. Concentraţia MAC este de 30 ppm.

Pentru detecţia monoxidului de carbon se pot utiliza tubuşoare indicatoare (Dräger, UIEC, MSAC) al căror strat reactiv este impregnat cu pentoxid de iod, dioxid de seleniu şi acid fumans (oleum). Pentoxidul de iod oxidează monoxidul de carbon la dioxid de carbon, ceea ce determină modificarea de culoare a stratului reactiv de la alb la verde-maroniu.

$$5CO + I_2O_5 \xrightarrow{SeO_2,\ H_2S_2O_7} I_2 + 5CO_2$$

Cu un astfel de tubuşor Dräger se pot detecta 2 - 60 ppm CO în 1 l aer (n = 10), 5 - 150 ppm în 1 l de aer (n = 10), 100 - 700 ppm în 0,2 l aer (n = 2)şi 10 - 300 ppm în 1 l aer (n = 10). Cantitatea de monoxid de carbon, exprimată în ppm, se poate calcula cu ajutorul relaţiei:

Din păcate reacţia de mai sus nu este specifică pentru monoxidul de carbon, ea fiind dată şi de acetilenă, benzen, hidrogen sulfurat, distilate de petrol, etc.

Pentru a împiedica interferenţele menţionate, tubuşorul indicator conţine un strat tampon ce conţine la rândul lui cromat, care oxidează substanţele interferate, în cazul probelor de aer ce conţin cantităţi mai mari de hidrocarburi, acestea se absorb în prealabil într-un tub ce conţine cărbune activ.

1.2.42. Detecţia metanolului

Este cunoscută toxicitatea metanolului, mai ales efectele sale nocive asupra vederii. Concentraţia MAC este de 200 ppm.

Pentru detecţia metanolului se poate utiliza un tubuşor indicator Dräger al cărui strat reactiv este impregnat cu bicromat de potasiu şi acid sulfuric a cărui

strat reactiv este impregnat cu bicromat şi acid sulfuric a cărui culoare oranj se modifică în negru-gri la trecerea vaporilor de metanol.

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 50-3000 ppm CH_3OH în 0,5 l aer (n = 5).

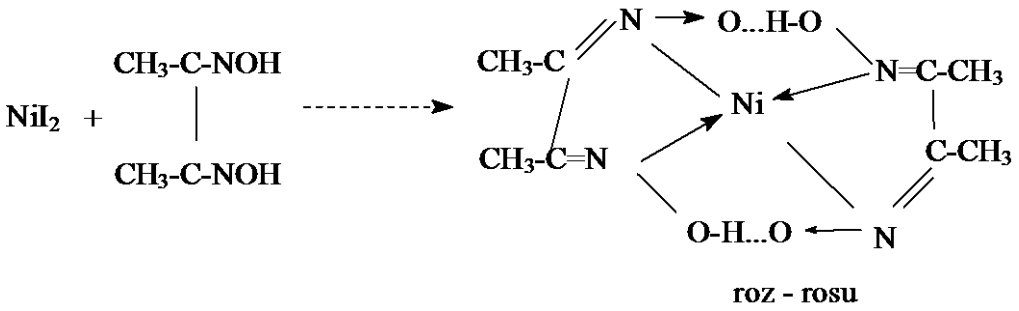
Reacţii similare dau butanolul, n-propanolul, alcoolul izopropilic, acetona, eterul etilic etc.

1.2.43. Detecţia nicheltetracarbonului

Nichel-tetracarbonului este o substanţă extrem de toxică (ca toţi carbonilii metalici), producând iritaţii ale căilor respiratorii, congestie pulmonară şi edem pulmonar. Concentraţia MAC este de 0,002 ppm în ţara noastră şi de 1 ppm în alte ţări.

Pentru detecţia acestei substanţe se utilizează un tubuşor Dräger al cărui strat reactiv este impregnat cu iod şi dimetilglioximă. Iodul transformă necheltetracarbonului în iodură de nichel, care reacţionează apoi cu dimetilglioxima formându-se complexul $NiDim_2$, roz-roşu:

$$Ni(CO)_4 + I_2 = NiI_2 + 4\ CO$$



roz - rosu

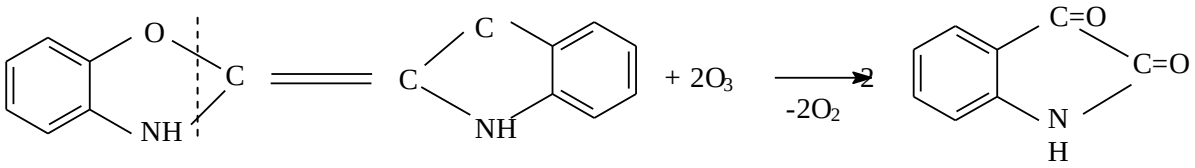
Modificarea de culoare are loc de la brun-deschis la roz-roşu. Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 0,1-1 ppm nicheltetracarbonil în 2,0 l aer (n=20). Într-un mod asemănător reacţionează şi fierpentacarbonul, dar cu o sensibilitate mai mică. Detecţia este stânjenită de prezenţa hidrogenului sulfurat şi a dioxidului de sulf.

1.2.44. Detecţia ozonului

Ozonul, formă alotropică a oxigenului, este un dezinfectant şi cicatrizant foarte bun, dar în concentraţii foarte mari produce o serie de iritaţii grave ale

mucoaselor oculare şi ale căilor respiratorii. De aceea, concentraţia MAC este de 0,1 - 0,2 ppm.

Pentru detecţia ozonului se poate utiliza un tubuşor indicator Dräger, al cărui strat reactiv este impregnat cu indigo, a cărui culoare albastră dispare (stratul devine alb) datorită oxidării indigoului la isatină:



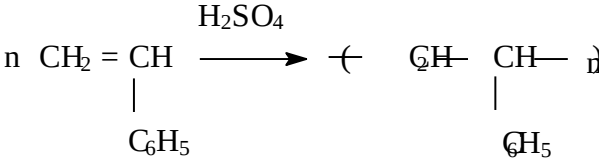
indigou-albastru isatina i

Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 0,05-1,4 ppm într-un litru de aer (n = 10). Această detecţie este stânjenită de cantităţi de clor şi de hidroxid de azot mai mari de 5 ppm.

1.2.45. Detecţia stirenului

Stirenul (feniletena sau vinilbenzenul) produce în concentraţii mici iritaţii ale mucoaselor oculare şi ale membranelor, iar în concentraţii mai mari poate avea o acţiune narcotică, ca şi etilbenzenul. Concentraţia MAC este de 100 ppm.

a) Pentru detecţia stirenului se poate utiliza un tubuşor indicator Dräger al cărui strat reactiv este impregnat cu acid sulfuric fumans, care produce (catalizează) polimerizează, când rezultă polistiren, galben deschis:



Cu acest tubuşor se pot detecta 10 - 200 ppm stiren în 1,5 - 0,2 l aer (n = 15 - 2), sau cantităţi mai mari de 50 - 400 ppm stiren 1,1 l aer (n = 11).

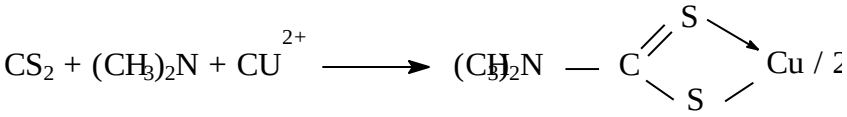
b) Se poate, de asemenea, utiliza un tubuşor indicator Dräger, al cărui strat reactiv este impregnat cu permanganat de potasiu, care oxidează stirenul, manganul (VII) reducându-se la Mn (IV). De aceea modificarea de culoare se produce de la violet la galben-brun. Cu acest tubuşor se pot detecta 50 - 500 ppm stiren în 0,6 l aer (n = 6).

Acest test este interferat de alchene (propenă, butadienă) şi alte substanţe ce conţin duble legături carbon-carbon (clorură de vinil, cloropren etc).

1.2.46. Detecţia sulfurii de carbon

Sulfura de carbon este o substanţă care are multe efecte nocive asupra organismului uman. Astfel, inhalarea vaporilor de sulfură de carbon, în concentraţii mari, produce narcoză şi pierderea cunoştinţei. Inhalarea repetată a sulfurii de carbon acţionează asupra sistmului nervos, producând pierderea vederii, paralizie, perturbări mentale etc.

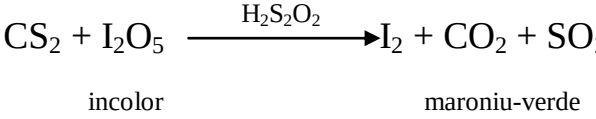
a) Pentru detecţia sulfurii de carbon din aer se poate utiliza un tubuşor indicator (Dräger, UIEC, MSAC etc.) ce conţine un strat tampon impregnat cu acetat sau sulfat de cupru, pentru purificarea aerului de substanţele interferente şi un strat de carbon dimetilditiocarbamat de cupru, verde-gălbui până la brun:



Cu un astfel de tubuşor se pot detecta 32 - 3200 ppm CS_2 în 0,6 l aer (n = 6). Modificarea de culoare se porduce de la un albastru deschis la galben-brun.

Cu un alt tubuşor indicator (Dräger) conceput pe acelaşi principiu se pot detecta 3 - 95 ppm CS_2 în 1,5 l aer (n = 15).

b) Firma Dräger mai produce un tubuşor indicator pentru sulfura de carbon, care conţine un strat reactiv de impregnat cu pentoxid de iod şi acid sulfuric fumans. În acest caz modificarea de culoare se produce de la alb la maroniu-verde, ca urmare a reducerii I(V) la I_2:



c) Un alt tubuşor indicator pentru sulfura de carbon conţine un strat reactiv impregnat cu piperazină şu sulfat de cupru sau mai bine cu acetat de cupru care formează cu sulfura de carbon o combinaţie complexă brună (piperazinditiocarbamatul de cupru). Stratul reactiv se obţine prin impregnarea a 100 g silicagel purificat cu o soluţie obţinută prin amestecarea a 150 ml soluţie de piperazină 15 % în etanol, cu 25 soluţie de acetat de cupru 0,05 % în etanol. Proba de aer trebuie să treacă prin tub cu o viteză de 10 ml/s.

d) Se poate utiliza, în sfârşit un tub detector ce conţine o soluţie absorbantă în care se găsesc o amină secundară şi ioni de cupru. Practic se

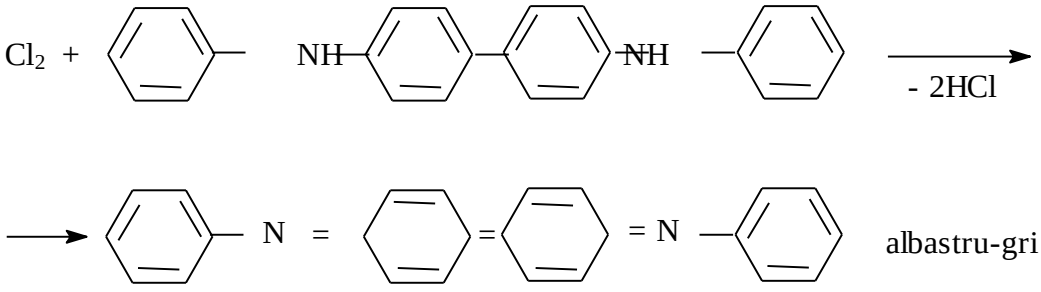
absorb 500 ml aer contaminat în 10 ml soluţie absorbantă, când rezultă un complex de tip ditiocarbamat galben-brun. Culoarea se compară după 10 min cu standarde artificiale de culori. Soluţia absorbantă se obţine amestecând 5 ml trietilamină cu 2 ml dietilamină şi cu 100 ml acetat de cupru (monohidrat) 0,01¤ în etanol, după care se diluează cu etanol la 500 ml. Prin acest procedeu se pot detecta 10 - 40 ppm CS_2.

1.2.47. Detecţia tetracloretenei

Tetracloretena (numită şi percloretilenă) generează vapori foarte dăunători pentru om şi animale, aceştia producând ameţeli, greaţă (şi vărsături), iar în concentraţii mai mari amorţeală. Concentraţia MAC este de 200 ppm.

Pentru detecţia tetracloretenei se pot utiliza mai multe tubuşoare indicatoare.

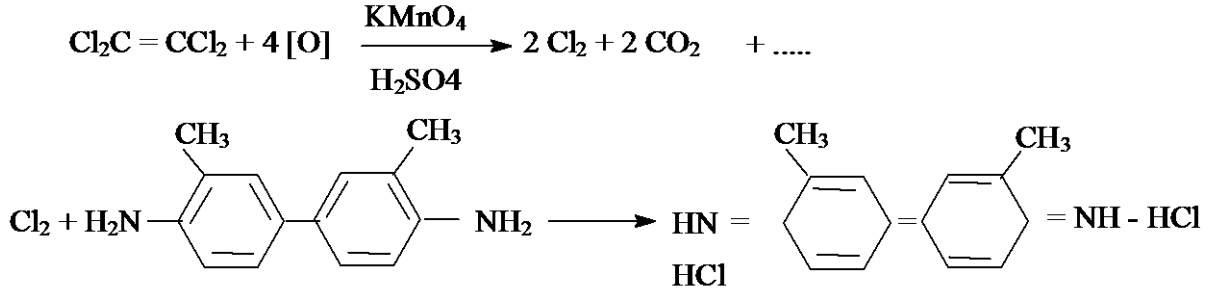
a) Un tubuşor (Dräger) cu un strat tampon impregnat cu permanganat care oxidează tetracloretena cu degajare de clor elementar, care reacţionează cu N,N' – difenilbenzidina din stratul reactiv, care este oxidată la un compus chinoidic.



În acest mod se pot detecta 550 ppm tetracloretenă (într-un litru aer, n = 10). Interferă clorul liber, hidracizii halogenilor etc.

b) Un al tubuşor (Dräger) pe acelaşi principiu , dar stratul reactiv conţine o-tolidină în loc de difenilbenzidină, astfel că modificarea de culoare se produce de la gri la oranj:

c)



Cu acest tubuşor se pot detecta 10 - 500 ppm tetraclorură (în 0,3 l aer, n = 3). Şi acest test este interferat de clorul liber, de hidracizii halogenilor etc.

d) Un al treilea tubuşor indicator conţine, în stratul reactiv, pentoxid de iod care oxidează tetracloretena, iodul (V) reducându-se la iod elementar. Din acest motiv modificarea de culoare se produce de la alb la maro:

$$Cl_2C = CCl_2 + I_2O_5 \xrightarrow[H_2SO_4]{SeO_2} {}_2 + HCl_2 + CO_2$$

Reacţia de detecţie se execută în prezenţa dioxidului de seleniu (catalizator) şi a acidului sulfuric fumans. Prin acest procedeu se pot detecta 0,1 – 1,4 vol. % tetracloetenă (n = 5, deci 0,5 l aer). Detecţia sete stânjenită de tricloetenă, monoxidul de carbon, de compuşi aromatici etc.