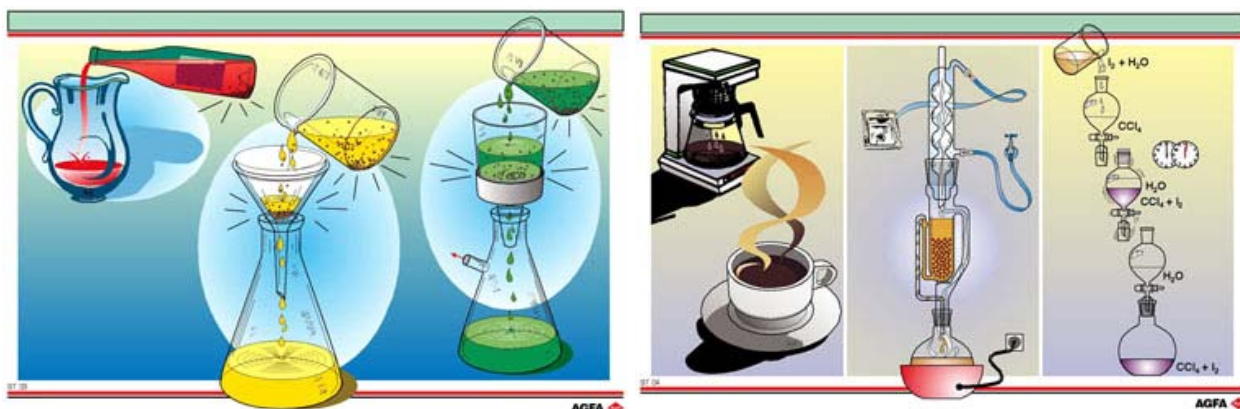
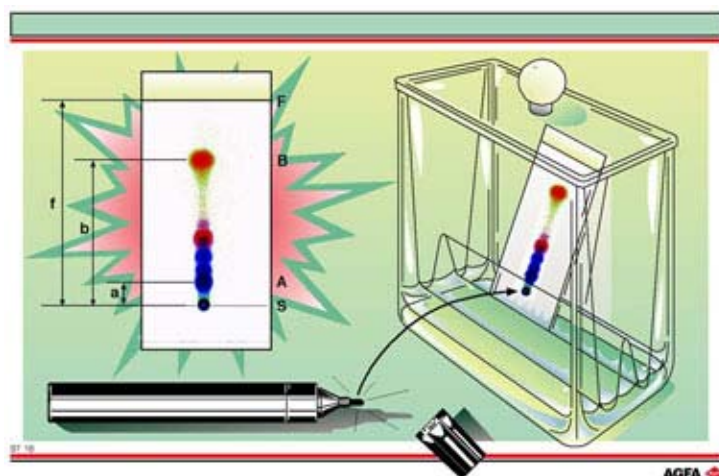


Δρ. ΦΥΛΑΚΤΑΚΙΔΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΧΗΜΕΙΑΣ



ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ, ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ 2007

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο παρόν εγχειρίδιο οι πρωτοετείς φοιτητές του Τμήματος Μοριακής Βιολογίας και Γενετικής, εκτός από το καθαρά εργαστηριακό μέρος των ασκήσεων γενικής ανόργανης και οργανικής χημείας, μπορούν να ενημερωθούν για την επικινδυνότητα των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούν στο εργαστήριο, τους τρόπους δράσης τους, τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται σε ένα εργαστήριο χημείας αλλά και βιολογίας και τους τρόπους αντιμετώπισης διάφορων επικίνδυνων καταστάσεων.

Στο γενικό μέρος αναλύονται οι τρόποι εισόδου των χημικών ουσιών στον οργανισμό, η επίδραση της συγκέντρωσης και της έκτασης της επαφής σε σχέση με τη χρονική περίοδο της επαφής και η επικινδυνότητα των χημικών ουσιών, έτσι ώστε να υπάρχει μια πρώτη επαφή με τους κινδύνους που εγκυμονούν είτε σε κάποιο εργαστήριο, είτε σε κάποιο χώρο εργασίας γενικότερα, όπου χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες. Θεωρήθηκε σκόπιμο να αναλυθούν περισσότερο οι βλάβες που προκαλούν κάποιες από τις πιο επικίνδυνες ουσίες που υπάρχουν στο εργαστήριο, ενώ δίνονται και οι γενικές αρχές αποθήκευσης και απόρριψης των χημικών ουσιών.

Στο ειδικό μέρος παρατίθενται οι κανόνες ασφάλειας και λειτουργίας του εργαστηρίου και γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση των βασικότερων εργαστηριακών οργάνων καθώς επίσης και ο τρόπος χρήσης τους. Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή του θεωρητικού και πρακτικού μέρους των εργαστηριακών ασκήσεων στα οποία πρόκειται να ασκηθούν οι φοιτητές. Η τελευταία σελίδα κάθε εργαστηριακής άσκησης αποτελείται από ένα φύλλο εργασίας το οποίο οι φοιτητές καλούνται να συμπληρώσουν και αφού απαντήσουν διεξοδικά στο σύνολο των ερωτημάτων να το δώσουν στον επιβλέποντα του εργαστηρίου.

Οι οδηγίες και τα μέτρα ασφαλείας είναι ίσως το πιο σημαντικό κομμάτι του οδηγού αυτού, καθώς η μοριακή βιολογία είναι μια επιστήμη κατ' εξοχήν πειραματική, άμεσα συνδεδεμένη με τη χημεία. Η σωστή κατανόηση όλων των θεμάτων ασφαλείας είναι ουσιαστική για την κριτική και έγκαιρη αντιμετώπιση όλων των προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν καθώς επίσης και τη σωστή και απρόσκοπτη εργαστηριακή ή ερευνητική εργασία.

Ο οδηγός αυτός φιλοδοξεί να αποτελέσει εργαλείο για τους φοιτητές και για τα επόμενα εργαστήρια στα οποία πρόκειται να ασκηθούν στο Τμήμα ΜΒΓ και απαιτούν τη χρήση χημικών ουσιών, αλλά ακόμη και μελλοντικά στο χώρο εργασίας τους.

Για τη συλλογή των εικόνων, αλλά και των κειμένων έγινε εκτενής έρευνα στο Διαδίκτυο, αλλά και σε εργαστηριακά εγχειρίδια και εργασίες περιοδικών σχετικών με την ασφάλεια στους χώρους εργασίας. Πολλές από τις φωτογραφίες έχουν ληφθεί σε εργαστηριακούς χώρους του ΤΜΒΓ.

Ευχαριστώ πολύ όλους τους δημιουργούς των ιστοσελίδων που με χαρά έδωσαν την άδειά τους για την αναδημοσίευση των εικόνων ή των φωτογραφιών. Για τους κανόνες ασφαλείας στο εργαστήριο ευχαριστώ τον συναδέλφο χημικό κ. Βασίλη Τριανταφύλλου για τη συγγραφή του πρώιμου κειμένου, στο οποίο βασίστηκε η συγγραφή του παρόντος κειμένου στο ειδικό μέρος.

Εκ των προτέρων θα πρέπει να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου στο ΤΜΒΓ για την υπόδειξη ενδεχομένως και άλλων χημικών ουσιών που χρησιμοποιούν στις εργαστηριακές τους ασκήσεις και δεν έχουν αναφερθεί στο παρόν εγχειρίδιο, έτσι ώστε οι φοιτητές του Τμήματος να οπλιστούν με τις σωστές και ακριβείς γνώσεις για όλες τις χημικές ουσίες με τις οποίες έρχονται σε επαφή.

Ευχαριστώ ιδιαίτερος τον Καθηγητή Οργανικής Χημείας και πολυγραφότατο συγγραφέα κ. Αναστάσιο Βάρβογλη, καθώς επίσης και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Αλέξανδρο Ε. Κουμπή για την προσεκτική ανάγνωση του κειμένου και τις εύστοχες υποδείξεις τους. Τέλος δεν θα παραλείψω να αναφέρω πως η ιδέα για τη συγγραφή του κειμένου του γενικού μέρους προήλθε από την ενασχόλησή μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Υγιεινή και Ασφάλεια της Εργασίας» του Τμήματος Ιατρικής του Δ.Π.Θ. με υπεύθυνο τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Κωνσταντινίδη Θεόδωρο, τον οποίο και ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη του.

Οποιαδήποτε υπόδειξη για λάθη ή παραλήψεις είναι ευπρόσδεκτες.

Με τιμή

Φυλακτακίδου Κωνσταντίνα

Επίκουρος Καθηγήτρια Χημείας,

Τμήμα Μοριακής Βιολογίας και Γενετικής,

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Τίτλοι	Σελ.
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
II. ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ.....	5
III. ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ.....	11
IV. ΜΕ ΠΟΙΟ ΤΡΟΠΟ ΜΑΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΟΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.....	13
V. ΤΡΟΠΟΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΜΙΑΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ.....	15
VI. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ.....	19
VII. ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	21
VIII. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΩΝ.....	23
IX. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΠΙΟ ΚΟΙΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ.....	26
ΑΙΘΥΛΙΚΗ ΑΛΚΟΟΛΗ (αιθανόλη).....	26
ΑΙΘΥΛΕΝΟΞΕΙΔΙΟ.....	28
ΑΚΕΤΟΝΗ.....	30
ΑΚΕΤΟΝΙΤΡΙΛΙΟ.....	31
ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ.....	32
ΑΜΜΩΝΙΑ.....	33
ΒΕΝΖΟΪΚΟ ΟΞΥ.....	35
ΒΕΝΖΟΛΙΟ.....	36
ΒΡΩΜΙΟ.....	39
ΒΡΩΜΙΟΥΧΟ ΑΙΘΥΔΙΟ.....	40
ΓΛΟΥΤΑΡΑΛΔΕΪΔΗ.....	41
ΔΙΑΙΘΥΛΑΙΘΕΡΑΣ (αιθέρας).....	42
ΔΙΜΕΘΥΛΟΣΟΥΛΦΟΞΕΙΔΙΟ.....	44
N,N-ΔΙΜΕΘΥΛΟΦΟΡΜΑΜΙΔΙΟ.....	45
1,4-ΔΙΟΞΑΝΙΟ.....	46
ΔΙΧΛΩΡΟΜΕΘΑΝΙΟ.....	47
ΔΩΔΕΚΥΛΟΣΟΥΛΦΟΝΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ.....	48
ΕΞΑΝΙΟ.....	50
ΘΕΠΙΚΟ ΟΞΥ.....	51
ΜΕΘΑΝΟΛΗ.....	54
ΝΑΤΡΙΟ ΚΑΙ ΚΑΛΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ.....	57
ΝΙΤΡΙΚΟ ΟΞΥ.....	57
ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ.....	59
ΟΞΙΚΟΣ ΑΙΘΥΛΕΣΤΕΡΑΣ.....	60

ΠΥΡΙΔΙΝΗ.....	61
ΤΕΤΡΑΥΔΡΟΦΟΥΡΑΝΙΟ.....	62
ΤΟΛΟΥΟΛΙΟ.....	63
ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ.....	64
ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ.....	67
ΥΔΡΟΧΛΩΡΙΚΟ ΟΞΥ.....	70
ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (διάλυμα 30%).....	74
ΦΑΙΝΟΛΗ.....	75
ΦΘΟΡΙΟ.....	76
ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗ.....	77
ΦΩΣΦΟΡΙΚΟ ΟΞΥ.....	79
ΧΛΩΡΙΟ.....	81
ΧΛΩΡΟΦΟΡΜΙΟ.....	82
X. ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	85
Συμβολισμοί κινδύνου, R-φράσεις.....	85
Οδηγίες ασφαλούς χρήσης που αφορούν επικίνδυνες χημικές ουσίες και παρασκευάσματα, S-φράσεις.....	91
 ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
I. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ.....	95
II. ΟΔΗΓΙΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	97
Ενέργειες που απαγορεύονται.....	97
Ενέργειες που χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή.....	98
Αντιμετώπιση φωτιάς.....	100
Αντιμετώπιση δηλητηριάσεων.....	100
Κοψίματα.....	101
Ατυχήματα οφθαλμών.....	101
Αντιμετώπιση χημικών εγκαυμάτων.....	102
Άλλες καταστάσεις.....	102
III. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	103
III.1. ΑΠΛΑ ΓΥΑΛΙΝΑ ΣΚΕΥΗ.....	103
III.2. ΓΥΑΛΙΝΑ ΣΚΕΥΗ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ.....	105
IV. ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΓΥΑΛΙΝΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ.....	111
V. ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	112
1^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ... ΠΑΡΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ	116
2^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ... ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ	121

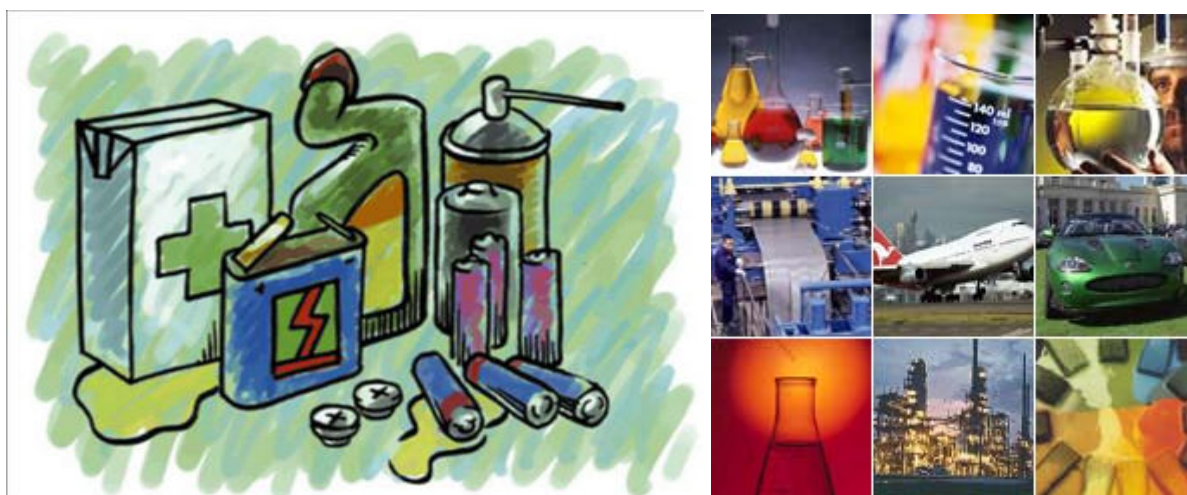
3 ^η	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ...	130
	ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ-ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΤΙΤΛΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ	
4 ^η	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ...	138
	ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΑΣΘΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ. ΥΔΡΟΛΥΣΗ ΑΛΑΤΩΝ. pH ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ	
5 ^η	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ...	146
	ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ	
VI.	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.....	150
1 ^η	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.....	152
	ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ	
2 ^η	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.....	161
	ΕΚΧΥΛΙΣΗ	
3 ^η	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.....	168
	ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ	
4 ^η	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.....	179
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	
5 ^η	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.....	185
	ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ	
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	196
	ΕΙΚΟΝΕΣ.....	203

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χημικές ουσίες είναι αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής μας ζωής. Εμπλέκονται όλο και περισσότερο στις δραστηριότητές μας, είτε αυτές είναι οικιακές, είτε κοινωνικές, εργασιακές κλπ. Κανείς από μας δε θα μπορούσε να φανταστεί τη ζωή του χωρίς απορρυπαντικά, καλλυντικά, πλαστικά, ελαστικά, πετρελαιοειδή, φάρμακα, χρώματα, τυποποιημένα ή μη τρόφιμα, τεχνολογικά υλικά και ηλεκτρονικές συσκευές, Εικόνα 1. Ακόμα και η πληθώρα των νέων υλικών που βασίζονται σε προϊόντα νανοτεχνολογίας για ιατρικές εφαρμογές ή αντικείμενα καθημερινής χρήσης, τείνουν να γίνουν πραγματικά μέρος της καθημερινής μας πρακτικής.

Εικόνα 1. Διάφορες χημικές ουσίες



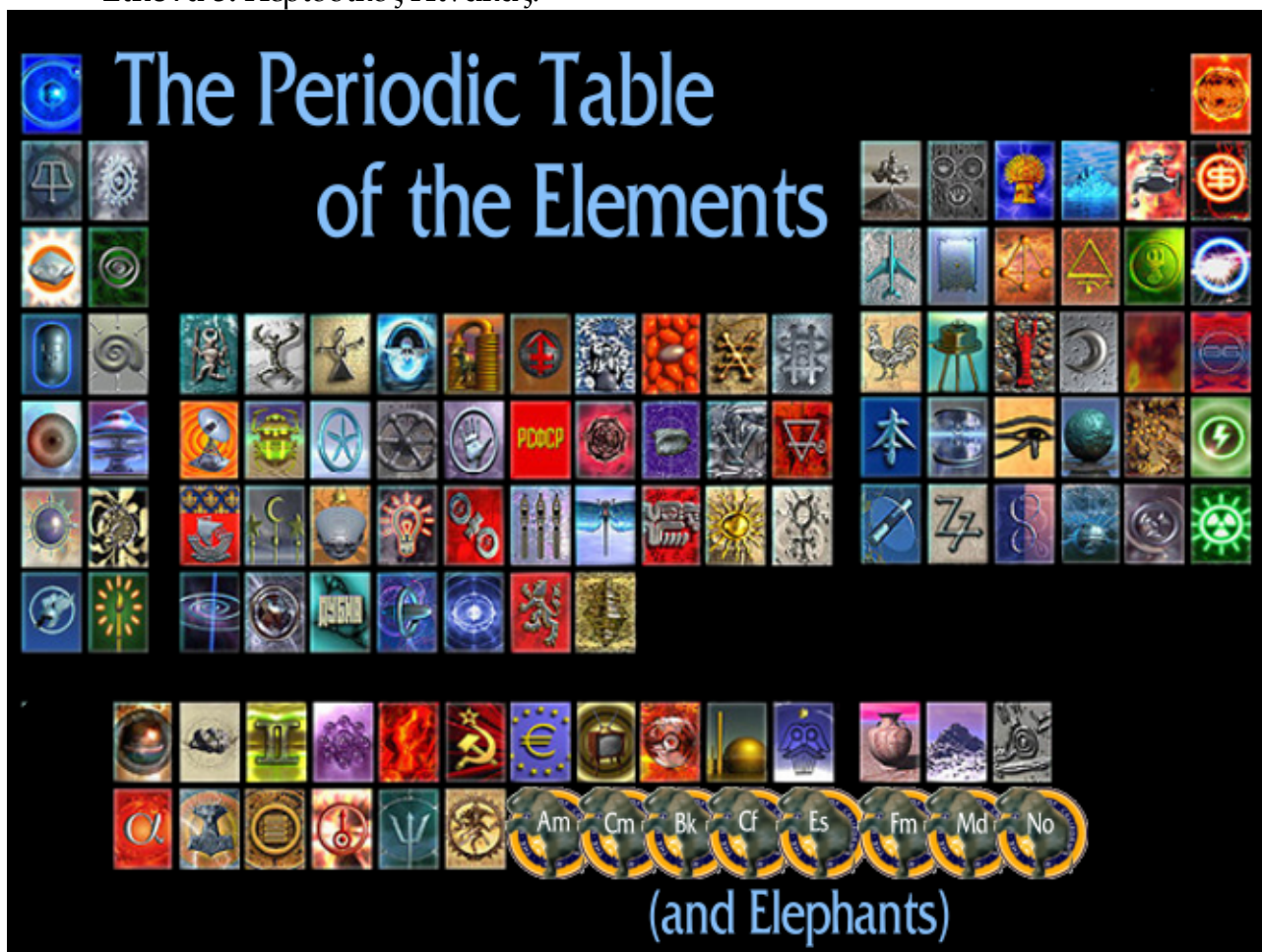
Σήμερα είναι γνωστές στον κόσμο αρκετά εκατομμύρια διαφορετικές χημικές ουσίες. Τουλάχιστον 400 εκατομμύρια τόνοι χημικών παράγονται παγκοσμίως κάθε χρόνο, συμπεριλαμβανομένων αγροχημικών, πρόσθετων τροφίμων, φαρμακευτικών ουσιών, υγρών για παραγωγή ενέργειας, και χημικών προϊόντων ευρείας κατανάλωσης. Όλες οι χημικές ουσίες φυσικά που έχουν συντεθεί στη φύση, στο εργαστήριο ή στη βιομηχανία είναι συνδυασμοί στοιχείων του Περιοδικού Πίνακα Εικόνες 2 και 3.

Κάθε ένα από τα αγαθά τα οποία απολαμβάνουν οι αναπτυγμένες κοινωνίες, έχει παραχθεί με κατάθεση επιστημονικής γνώσης και έρευνας, η οποία έχει ένα αποτέλεσμα την εφαρμογή αυτής της γνώσης για την παρασκευή ενός χρηστικού τελικού αντικειμένου. Δηλαδή για την κατάληξη του οποιουδήποτε προϊόντος στον τελικό του αποδέκτη, συνήθως έχει μεσολαβήσει μια συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία πρώτα σε κάποιο ερευνητικό εργαστήριο.

Εικόνα 2. Περιοδικός Πίνακας.

s-block		Non-Metals										s-block							
1 New Designation												18							
IA Original Designation												VIIIA							
1	H 1.0094											2	He 4.00260						
s-block		p-block										s-block							
2	Li 6.941	Be 9.0122											B 10.81	C 12.011	N 14.007	O 15.999	F 18.998	Ne 20.179	
d-block		Transition Metals										p-block							
3	Na 22.990	Mg 24.305	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al 26.982	Si 28.086	P 30.974	S 32.06	Cl 35.453	Ar 39.948	
4	K 39.098	Ca 40.08	Sc 44.956	Ti 47.88	V 50.942	Cr 51.996	Mn 54.938	Fe 55.847	Co 58.933	Ni 58.69	Cu 63.546	Zn 65.39	Ga 69.72	Ge 72.59	As 74.922	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.80	
5	Rb 85.468	Sr 87.62	Y 88.906	Zr 91.224	Nb 92.906	Mo 95.94	Tc (98)	Ru 101.07	Rh 102.91	Pd 106.42	Ag 107.87	Cd 112.41	In 114.82	Sn 118.71	Sb 121.75	Te 127.60	I 126.91	Xe 131.29	
6	Cs 132.91	Ba 137.33	to 71	Hf 178.49	Ta 180.95	W 183.85	Re 186.21	Os 190.2	Ir 192.22	Pt 195.08	Au 196.97	Hg 200.59	Tl 204.38	Pb 207.2	Bi 208.98	Po (209)	At (210)	Rn (222)	
7	Fr (223)	Ra (226.03)	to 103	Unq (261)	Unp (262)	Unh (263)	Uns (262)	Uno (265)	Une (266)	Uun (267)	(Mass Numbers in Parentheses are from the most stable of common isotopes.)							Phases Solid Liquid Gas	
Rare Earth Elements		Metals																	
Lanthanide Series		d-block										f-block							
Actinide Series		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
		La 138.91	Ce 140.12	Pr 140.91	Nd 144.24	Pm (145)	Sm 150.36	Eu 151.96	Gd 157.25	Tb 158.93	Dy 162.50	Ho 164.93	Er 167.26	Tm 168.93	Yb 173.04	Lu 174.97			
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
		Ac 227.03	Th 232.04	Pa 231.04	U 238.03	Np 237.05	Pu (244)	Am (243)	Cm (247)	Bk (247)	Cf (251)	Es (252)	Fm (257)	Md (258)	No (259)	Lr (260)			

Εικόνα 3. Περιοδικός Πίνακας.



Οι περισσότεροι από τους φοιτητές του Τμήματος Μοριακής Βιολογίας και Γενετικής έρχονται σε επαφή με εργαστήριο χημείας για πρώτη φορά. Οι βασικοί κανόνες

ασφάλειας, πρώτες βοήθειες, οι ιδιότητες των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων αντιδραστηρίων καθώς επίσης και οι βασικότερες από τις τεχνικές που πρέπει να γνωρίζει ένας φοιτητής χημείας ή και Μοριακής Βιολογίας είναι το αντικείμενο αυτού του εγχειριδίου. Είναι πολύ σημαντικό ο ασκούμενος στις εργαστηριακές ασκήσεις να εκπαιδευτεί σωστά για τη χρήση των διαφόρων οργάνων και ουσιών, για να μπορέσει να διεκπεραιώσει σωστά το πείραμα, αλλά και για να αποφύγει ατυχήματα που προκαλούνται από λανθασμένη χρήση αντικειμένων, ή από ελλιπή γνώση των ιδιοτήτων των ουσιών που χειρίζεται στο εργαστήριο. Έτσι αποφεύγονται ανεπιθύμητες καταστάσεις για την υγεία, τη σωματική μας ακεραιότητα, αλλά και το περιβάλλον.

Κυκλοφορεί λανθασμένα η άποψη στους μη ειδικούς, πως όλες οι χημικές ουσίες είναι *a priori* επικίνδυνες και βλαβερές. Το σωστό είναι πως, έτσι πρέπει να τις θεωρούμε, εφόσον δεν γνωρίζουμε τις ιδιότητές τους. Στην πράξη, υπάρχουν χημικές ουσίες επικίνδυνες και μη και γι' αυτό δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται όλες με τα ίδια μέτρα και σταθμά. Η αξιολόγηση των κινδύνων είναι μια διαρκής διαδικασία, καθώς πολλές φορές σύγχρονες μελέτες ανατρέπουν παλαιότερα δεδομένα. Έτσι οι πληροφορίες για την επικινδυνότητα ή μη ενός προϊόντος ή ουσίας πρέπει να είναι διαθέσιμες από πολλές πηγές, όπως οι ενώσεις των επιστημόνων της χημείας και της υγείας, οι εργοδότες, οι εταιρείες, οι ενώσεις των καταναλωτών, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης κλπ. Φυσικά απαραίτητη προϋπόθεση είναι να υπάρχει ενδιαφέρον για αναζήτηση της πληροφορίας από εμάς τους ίδιους.

Για μερικούς εργαζόμενους, όπως πχ σε χημικά εργαστήρια, χημικές βιομηχανίες, μικροβιολογικά και βιοχημικά εργαστήρια, η επαφή με επικίνδυνες χημικές ουσίες ή βλαβερούς μικροοργανισμούς είναι μια καθημερινή πρακτική. Και επειδή παντού σε αυτούς τους επαγγελματικούς χώρους χρησιμοποιούνται χημικά αντιδραστήρια, οι βασικοί κανόνες χειρισμού και καθαριότητας των χώρων πρέπει να είναι απολύτως σαφείς και κατανοητοί και να γίνονται τρόπος ζωής.

Βεβαίως, η επικινδυνότητα έχει πρωτίστως να κάνει με τη συγκέντρωση της χημικής ουσίας, δηλ. σε τι ποσότητα βρίσκεται μια εν δυνάμει βλαβερή χημική ουσία σε ένα μίγμα, αν βρίσκεται σε καθαρή μορφή, ποια είναι η φυσική της κατάσταση (στερεό, υγρό ή αέριο), σε τι ποσότητα μίγματος ή καθαρής ουσίας έχει εκτεθεί ένας βιολογικός οργανισμός, για πόσο χρόνο, μέσω ποιάς οδού έχει έρθει σε επαφή, σε ποιούς συγκεκριμένα ιστούς ή όργανα συσσωρεύεται, η εξατομικευμένη ανταπόκριση του

οργανισμού στην ουσία (που διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο, αλλά και στα δύο φύλα) κλπ. Για να δώσουμε ένα παράδειγμα, με μια ασπιρίνη θα αντιμετωπίσουμε έναν πονοκέφαλο, αν καταπιούμε όμως 50 ασπιρίνες θα οδηγηθούμε στο θάνατο, ενώ αν τις τοποθετήσουμε στο δέρμα μας πιθανόν να πάθουμε κάποιο ερεθισμό λόγω του όξινου χαρακτήρα της.

Είναι λοιπόν σαφές, πως για να αποφανθούμε για την επικινδυνότητα μιας χημικής ουσίας, θα πρέπει να έχουμε υπ' όψιν μας όλο τον κύκλο της ζωής της, από την αποθήκευση, τη μεταφορά, τη διαχείριση, τη χρήση και την απόρριψη του προϊόντος, για να σταθμίσουμε τα οφέλη και τους κινδύνους της στη ζωή μας αλλά και στο περιβάλλον. Αυτό αφορά κυρίως τους επιβλέποντες του εργαστηρίου, ενώ για τους εξασκούμενους η χρήση αλλά και η απόρριψη των χημικών είναι ίσως μεγαλύτερης σπουδαιότητας. Οι επιπτώσεις από ένα χημικό ατύχημα μπορεί να είναι σε μικρότερη ή μεγαλύτερη έκταση σημαντικές για την υγεία μας, αλλά και για το περιβάλλον, με μόλυνση του αέρα που αναπνέουμε, του νερού που πίνουμε, και των τροφών που καταναλώνουμε. Σε μεγάλης έκτασης ατυχήματα είναι πιθανόν να μολυνθούν λίμνες ή ποτάμια, να καταστραφεί η άγρια ζωή και να αλλάξει ακόμη και το οικοσύστημα.

II. ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Μεγάλη ώθηση στο θέμα της ασφάλειας στο εργαστήριο, αλλά και στους χώρους εργασίας όπου γίνεται επεξεργασία χημικών ουσιών έδωσε η δημιουργία ετικετών που επισημαίνουν τους κινδύνους των ουσιών αυτών χρησιμοποιώντας χρώματα, νούμερα και εικονογράμματα τα οποία μπορούν εύκολα να γίνουν κατανοητά από όλους και επομένως, οι κίνδυνοι να αναγνωρίζονται με μια ματιά. Παράδειγμα αυτών των ετικετών δίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Εικόνα 4. Η πρώτη ετικέτα με εικογράμματα της εταιρείας J. T. Baker Inc

BAKER SAF-T-DATA* Guide

An easy-to-understand hazard classification appears on J.T. Baker labels. It will help increase your awareness of what non-toxic health and safety practices. Using the BAKER SAF-T-DATA System as a guide you can quickly learn the hazards each substance presents to your health and safety, personal laboratory protective equipment that should be used for handling, and the recommended storage of compatible products by color code.

A. NUMERICAL HAZARD CODE
Substances are rated on a scale of 0 (non-hazardous) to 4 (extremely hazardous) in each of four hazard categories.

- HEALTH** - The danger or toxic effect a substance presents if inhaled, ingested, or absorbed.
- FLAMMABILITY** - The tendency of the substance to burn.
- REACTIVITY** - The potential of a substance to explode or react violently with air, water or other substances.
- CONTACT** - The danger a substance presents when exposed to skin, eyes, and mucous membranes.

HAZARD SYMBOL
A substance rated 2 or 4 in any hazard category will also display a hazard symbol. These easy-to-understand pictograms emphasize the serious hazards related to a substance.

B. LABORATORY PROTECTIVE EQUIPMENT
The series of pictograms suggests the personal protective clothing and equipment recommended for use when handling the substance in a laboratory setting. The pictograms relate to the combination of hazards presented by the substance.

C. STORAGE COLOR CODING
The SAF-T-DATA label suggests a unique method for setting up your chemical storage areas. Compatible products are labeled with the same color. Simply group these colors together and follow the recommended labels for appropriate storage.

D. SPILL CONTROL CODE
This response indicates which J.T. Baker spill control kit is recommended for use with the substance.

E. NFPA SYSTEM*
This system was adopted by the NFPA in 1973 to categorize the level of firehazard. It is based on the hazards created by a substance in its physical state. For this reason, the hazard ratings in the Baker SAF-T-DATA System, which are based on substances in a laboratory solution, will not always correspond with the NFPA ratings.
*National Fire Protection Association

4 L 9006-03
Acetone
BAKER ANALYZED™ Reagent
(CH₃)₂CO FW 58.08

BAKER ANALYZED™

ACTUAL ANALYSIS, LOT D08826

Item	Value	Limit
Acetone (CH ₃ CO) by GC, corrected for water	99.8	99.8
Color (NPH)	0	0.5
Density (g/mL) at 20°C	0.7864	0.7864
Residue after Evaporation	0.0007	0.0007
Solubility in H ₂ O	Passes Test	0.0003
Titration Acid (mg/g)	0.0003	0.0003
Acetylene (as HCN)	0.001	0.001
Acetone/Alcohol (C ₂ H ₅ OH) by GC	0.02	0.02
Methanol (CH ₃ OH) by GC	0.02	0.02
Substances Reducing Peroxide Value	Passes Test	0.3
Water (H ₂ O) by Karl Fischer Titration	0.3	0.3
Trace Impurities (in ppm)		
Copper (Cu)	< 0.001	
Heavy Metals (as Pb)	< 0.5	
Non-Pb	< 0.001	
Nickel (Ni)	< 0.001	

DANGER!
CAUSES IRRITATION.
EXTREMELY FLAMMABLE.
HARMFUL IF SWALLOWED OR INHALED.

Keep away from heat, sparks, flame. Avoid contact with eyes, skin, clothing. Avoid breathing vapor. Keep in tightly closed container. Use with adequate ventilation. Wash thoroughly after handling. In case of fire, use alcohol foam, dry chemical, carbon dioxide - water may be ineffective. In case of spill, wash up with sand or earth. Flush spill area with water.

FIRST AID: CALL A PHYSICIAN if swallowed, if unconscious, give large amounts of water. If on face, remove clothing. If inhaled, remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. In case of eye contact, immediately flush with plenty of water for at least 15 minutes. In case of contact, flush skin with water.

TARGET ORGANS: respiratory system, lungs, eyes, skin, central nervous system.

FLASH POINT: -18°C (0°F) (Closed Cup)
DOT Name: Acetone UN 1992
CLASSIFICATION: 3
J.T. Baker SCHLÖSSELE™ solvent assortment is recommended for spills of this product.
MADE IN U.S.A.
See Material Safety Data Sheet
*Trademark of J.T. Baker

© J.T. Baker Inc. Philadelphia NJ 08105 USA 800.354.2311

Στην εικόνα 4 δίνονται πληροφορίες σχετικά με την ακετόνη, έναν οργανικό διαλύτη που είναι πολύ εύφλεκτος, μέτρια δραστικός και ελαφρώς επικίνδυνος για την υγεία. Στη συγκεκριμένη ετικέτα υποδεικνύεται πως η χρήση της πρέπει να γίνεται σε απαγωγό αερίων με τη χρήση κατάλληλης προστατευτικής ενδυμασίας για το σώμα και τα μάτια, ενώ θα πρέπει να υπάρχει κοντά και πυροσβεστήρας για την περίπτωση ανάφλεξης της.

Στη συνέχεια θα δούμε τρόπους απεικόνισης της επικινδυνότητας που εφαρμόζονται στις χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης. Το Γενικό Χημείο του Κράτους (Γ.Χ.Κ.) και ειδικότερα η διεύθυνση περιβάλλοντος, είναι υπεύθυνο για τη ρύθμιση των θεμάτων ασφάλειας τα τελευταία τουλάχιστον 20 χρόνια στην Ελλάδα. Το 1994 οι ελληνικές νομοθεσίες εναρμονίστηκαν με τις ευρωπαϊκές.

Εικόνα 5. Τα σύμβολα κινδύνου των Χ. Ο. σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία.



Άκρως Εύφλεκτα Υγρά

Σημείο δρόσου κάτω των 21 °C, στο οποίο μπορούν να αναφλεγούν σε επαφή με τον αέρα, παρουσία εστίας ανάφλεξης.



Εξαιρετικά Εύφλεκτα Υγρά

Σημείο δρόσου κάτω των 0 °C και μέγιστο σημείο ζέσεως 35 °C, καθώς και αναφλεγόμενα σε επαφή με τον αέρα.



Τοξικά

Σε μικρές συγκεντρώσεις επιβλαβή για την υγεία.



Πολύ Τοξικά

Σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις επιβλαβή για την υγεία.



Επιβλαβή

Μπορεί να βλάψουν την υγεία.



Ερεθιστικά

Δημιουργούν φλεγμονές.



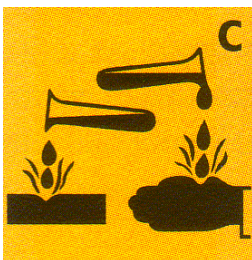
Οξειδωτικά

Αντιδρούν εξωθερμικά.



Εκρηκτικά

Μπορεί να εκραγούν.



Διαβρωτικά

Με την επαφή μπορεί να καταστρέψουν ζωντανούς ιστούς.



Επικίνδυνα για το περιβάλλον

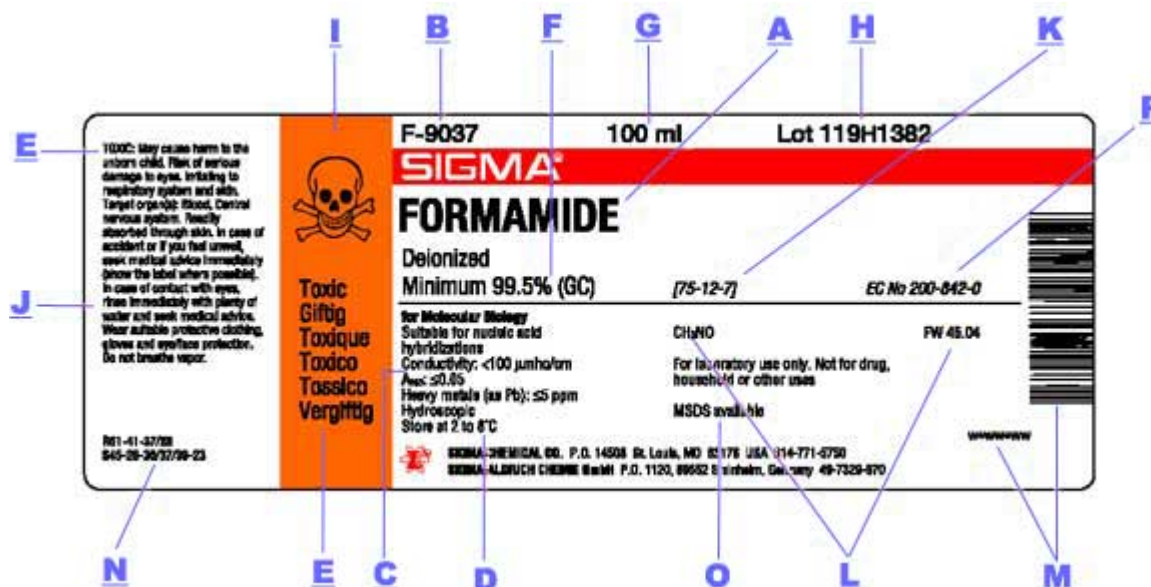
Κίνδυνος για ένα ή περισσότερα συστατικά του περιβάλλοντος.

Τα σύμβολα κινδύνου, τα οποία προβλέπονται από τη νομοθεσία παρουσιάζονται στο Παράρτημα II της αποφ. Α.Χ.Σ. Νο 378/94 (ΦΕΚ 705/Β'/94) έχουν σχήμα τετράγωνο, (ποτέ ρόμβου) και τυπώνονται με μαύρο χρώμα σε πορτοκαλοκίτρινο φόντο, και φαίνονται στην παραπάνω Εικόνα 5. Το + δηλώνει αθροιστικότητα στη δράση, π.χ. T = τοξικό, και T+ = πολύ τοξικό.

Είναι πραγματικά πολύ εύκολο με μια ματιά να αναγνωρίσει κανείς αν μια ουσία είναι τοξική, διαβρωτική, εκρηκτική ή επικίνδυνη για το περιβάλλον με μια μόνο ματιά.

Στην Εικόνα 6 δίνεται μια ετικέτα εμπορικού προϊόντος της εταιρίας Sigma που αφορά στο φορμαμίδιο (HCONH_2), όπου δίνονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με την ουσία.

Εικόνα 6. Ετικέτα για το εμπορικό προϊόν «Φορμαμίδιο».





Στην ετικέτα φαίνεται: **A)** το όνομα της ουσίας, **B)** ο αριθμός καταλόγου της ουσίας, σύμφωνα με την εταιρία, **C)** περισσότερες χαρακτηριστικές πληροφορίες για την ουσία, **D)** συστάσεις για το χειρισμό και την αποθήκευση, **E)** ένδειξη επικινδυνότητας **F)** καθαρότητα της ουσίας στη συγκεκριμένη παρτίδα, **G)** η χωρητικότητα ή αλλιώς το περιεχόμενο της φιάλης, **H)** ο αριθμός παρτίδας παρασκευής, **I)** το εικονόγραμμα επικινδυνότητας του φορμαμιδίου (τοξικό), **J)** άλλες πληροφορίες σχετικά με την επικινδυνότητα της και τους τρόπους προφύλαξης, **K)** ο αριθμός ταξινόμησης της ουσίας σύμφωνα με τα Chemical Abstracts-CAS registry number (Chemical Abstract Service), ο οποίος είναι υποχρεωτικά ο ίδιος για τη συγκεκριμένη ουσία, ανεξάρτητα από την εταιρία που έχει παρασκευάσει το προϊόν-είναι δηλαδή κάτι σαν ο αριθμός ταυτότητας της ουσίας, **L)** Μοριακός Τύπος και Μοριακό Βάρος, **M)** το bar code, **N)** νούμερα επικινδυνότητας και ασφάλειας (Risk and Safety Numbers) - δεξ παράρτημα, **O)** ένδειξη πως υπάρχει διαθέσιμο φύλλο δεδομένων ασφάλειας του υλικού, γνωστό ως MSDS (Material Safety Data Sheet), **P)** Ο κωδικός EC Number (European Inventory of Existing Commercial Substances-EINECS) χρησιμοποιείται για την καταγραφή όλων των χημικών ουσιών που είναι εμπορικά διαθέσιμες στην Ευρώπη από την 1^η Ιανουαρίου 1971 ως τις 18 Σεπτεμβρίου του 1981. Οι ενώσεις που βρέθηκαν στην αγορά μετά την ημερομηνία αυτή θεωρούνται νέες. Υπάρχουν 100.196 διαφορετικές ενώσεις στη λίστα. Προϊόντα που δεν φέρουν τον κωδικό αυτό θα πρέπει να έχουν, σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης την ένδειξη «Προσοχή η ουσία δεν έχει ελεγχθεί ενδελεχώς».

Τα ίδια στοιχεία απαραίτητα αναφέρονται και στις ετικέτες όλων των εταιριών.

Στην παρακάτω Εικόνα 7 δίνονται οι οδηγίες σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία για διάφορα διαλύματα H₂O₂. Διαλύματα H₂O₂ χρησιμοποιούνται σε ιατρικά και βιοχημικά εργαστήρια και επειδή θεωρούνται επικίνδυνα χρειάζεται επισήμανση των ιδιοτήτων τους με σχετικές ετικέτες.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα όταν π.χ. το διάλυμα είναι συγκέντρωσης 8% - <35% είναι επικίνδυνο αν καταποθεί ή και αν έρθει σε επαφή με τα μάτια. Σύμφωνα με το συμβολισμό είναι γενικά επιβλαβής χημική ουσία ή καλύτερα επιβλαβές διάλυμα. Όταν το διάλυμα είναι συγκέντρωσης πάνω από 70%, τότε η θέρμανσή του μπορεί να προκαλέσει έκρηξη, η επαφή με εύφλεκτα υλικά μπορεί να προκαλέσει φωτιά, είναι επιβλαβές αν το εισπνεύσουμε ή αν το καταπιούμε, και προκαλεί σοβαρά εγκαύματα. Σύμφωνα δε με το γενικό συμβολισμό είναι ένα μίγμα διαβρωτικό και οξειδωτικό.

Εικόνα 7. Επισήμανση των κινδύνων από διαλύματα H₂O₂ σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

Solutions with a content of 8% to < 50% H ₂ O ₂ by weight			
Danger Symbol	Xn	Harmful	
Risk phrases (for 8% - < 35%)	R 22	Harmful if swallowed	
	R 41	Risk of serious damage to eyes	
Risk phrases (for 35% - < 50%)	R 22	Harmful if swallowed	
	R 37/38	Irritating to respiratory system and skin	
	R 41	Risk of serious damage to eyes	
Safety phrases	S 26	In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice	
	S 36/37/39	Wear suitable protective clothing, gloves and eye/face protection	
Solutions with a content of 50% H ₂ O ₂ by weight and above			
Danger Symbol	C, O	Corrosive, Oxidizing	
Risk phrases (for 50% - < 70%)	R 8	Contact with combustible material may cause fire	
	R 20/22	Harmful by inhalation and if swallowed	
	R 34	Causes burns	
Risk phrases (for 70% and above)	R 5	Heating may cause an explosion	
	R 8	Contact with combustible material may cause fire	
	R 20/22	Harmful by inhalation and if swallowed	
	R 35	Causes severe burns	
Safety phrases	S 17	Keep away from combustible material	
	S 26	In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice	
	S 36/37/39	Wear suitable protective clothing, gloves and eye/face protection	

Όλες οι παραπάνω πληροφορίες υποδεικνύονται με κωδικούς, τα Risk and Safety Numbers που αποτελούνται από ένα γράμμα και έναν αριθμό. Οι κωδικοί R υποδεικνύουν επικινδυνότητα και οι κωδικοί S τους τρόπους προφύλαξης, χρησιμοποιούνται δε καθολικά. Ο κωδικός R41 πχ, οπουδήποτε υπάρχει, δηλώνει πως το

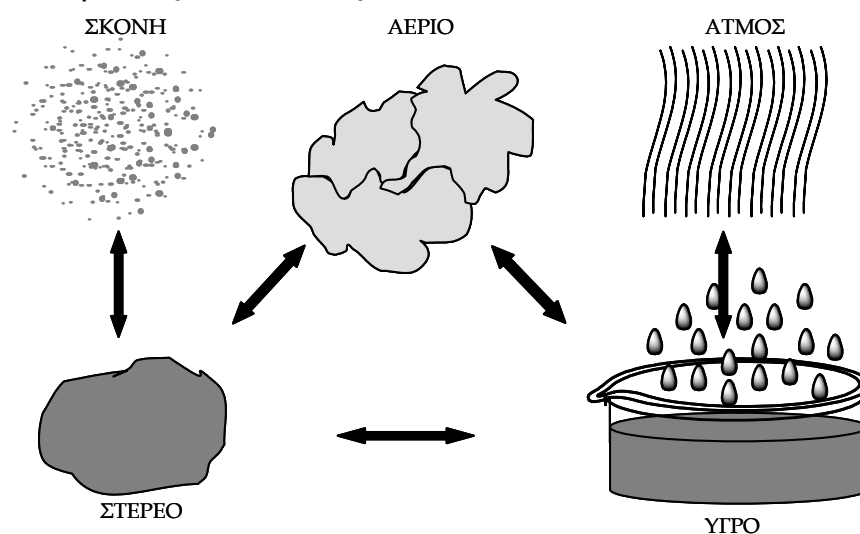
αντιδραστήριο μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στα μάτια, ο R5 ότι με θέρμανση μπορεί να προκληθεί έκρηξη, ο S26 ότι αν το αντιδραστήριο έρθει σε επαφή με τα μάτια πρέπει να πλύνουμε αμέσως με άφθονο νερό και να καλέσουμε αμέσως ιατρική βοήθεια και ο S 17 να φυλάσσεται η ουσία μακριά από εύφλεκτα υλικά.

Η παράθεση των συμβολισμών R και S δίνεται στο τέλος του γενικού μέρους.

III. ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Η φυσική κατάσταση των χημικών ουσιών επηρεάζει τον τρόπο χειρισμού τους, αλλά και τον τρόπο που εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό σε περίπτωση ατυχήματος και ως κάποιο σημείο και τη βλάβη που μπορεί να προκαλέσουν. Οι κύριες φυσικές καταστάσεις είναι τρεις: η στερεή, η υγρή και η αέρια. Αυτό που πρέπει να γίνει σαφώς κατανοητό, είναι πως **οι διάφορες φυσικές καταστάσεις μπορεί να αλλάξουν ανάλογα με τις περιβαλλοντικές και τις πειραματικές συνθήκες.**

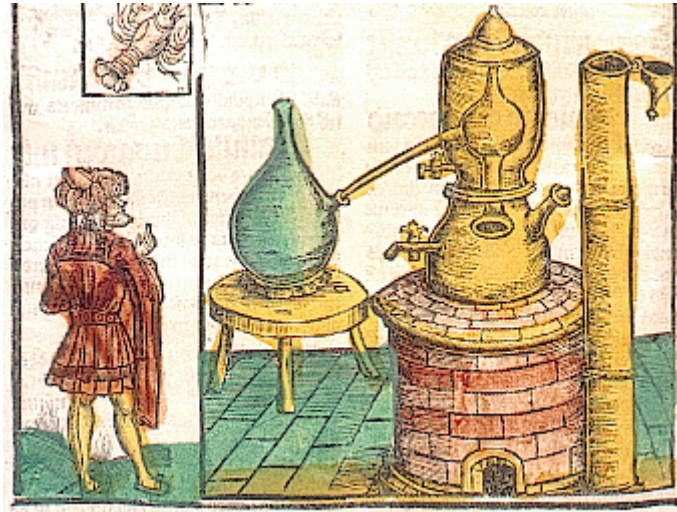
Εικόνα 8. Οι φυσικές καταστάσεις των ουσιών.



Εικόνα 9. Αλλαγή των φυσικών καταστάσεων κατά τη διάρκεια εργαστηριακού πειράματος εξάχνωσης ιωδίου. Στερεή - Αέρια - Στερεή κατάσταση.



Εικόνα 10. Αλλαγή των φυσικών καταστάσεων κατά τη διάρκεια εργαστηριακού πειράματος απόσταξης. Υγρή – Αέρια – Υγρή κατάσταση.



Αυτή η απεικόνιση της αποστακτικής συσκευής βρίσκεται στο βιβλίο *Liber de Arte Distillandi* (“Το βιβλίο της Τέχνης της Απόσταξης”), που δημοσιεύτηκε το 1512. Υπάρχει και το σκίτσο του σκορπιού στον τοίχο, γιατί παλαιότερα η αλχημεία και η αστρολογία ήταν συνυφασμένες και τα ζωδιακά σύμβολα συχνά είχαν αλχημιστικές έννοιες. Εικόνα σύγχρονου τρόπου απόσταξης υπάρχει στο ειδικό κεφάλαιο του βιβλίου.

IV. ΜΕ ΠΟΙΟ ΤΡΟΠΟ ΜΑΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΟΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Οι βλαβερές συνέπειες των χημικών ουσιών εξαρτώνται από την τοξικότητά τους και από την έκταση της έκθεσης. **Η τοξικότητα είναι μια ιδιότητα της χημικής ουσίας, ενώ η έκταση της έκθεσης εξαρτάται από τη συγκέντρωση της ουσίας και την χρονική περίοδο της επαφής.** Πολλές ουσίες είναι άοσμες ακόμα και σε επικίνδυνες συγκεντρώσεις και έτσι δεν γίνονται άμεσα αντιληπτές στους χώρους εργασίας.

Οι βλαβερές συνέπειες της έκθεσης στις χημικές ουσίες μπορεί να είναι δύο ειδών: οξείες ή χρόνιες. Ως **οξεία έκθεση** εννοείται μια μοναδική και σύντομη έκθεση, τα αποτελέσματα της οποίας είναι άμεσα. **Χρόνια έκθεση** είναι μια παρατεταμένη, διαρκής και επαναλαμβανόμενη έκθεση, τα αποτελέσματα της οποίας είναι ορατά μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα έκθεσης στις συγκεκριμένες ουσίες.

Εικόνα 11. Οξεία έκθεση σε χημικές ουσίες. **Εικόνα 12.** Χρόνια έκθεση σε χημικές ουσίες.



Μια χημική ουσία μπορεί να έχει ένα οξύ ή χρόνιο αποτέλεσμα, ανάλογα πάλι με τη συγκέντρωσή της και το χρόνο επαφής, ενώ οι βλάβες στην υγεία μπορεί να είναι μόνιμες ή προσωρινές και αντιστρεπτές, να εξαφανίζονται δηλαδή όταν η έκθεση σταματήσει να υφίσταται. Ιδιαίτερα η έκθεση σε διαλύτες (ουσίες που χρησιμοποιούνται για να διαλύσουν άλλες), οργανικούς και μη, μπορεί να προκαλέσουν οξείες και προσωρινές δερματίτιδες εξ επαφής, πονοκέφαλους ή ναυτίες, ή ακόμα (κυρίως για τους οργανικούς διαλύτες), χρόνιες και μη αντιστρεπτές, μόνιμες βλάβες στο νευρικό σύστημα.

Οι βλαβερές ουσίες μπορεί να προκαλέσουν τοπικά φαινόμενα. Τα ισχυρά τοπικά φαινόμενα συμπεριλαμβάνουν διαβρωτικούς τραυματισμούς από οξέα και βάσεις, ή τραυματισμό των πνευμόνων από εισπνοή όζοντος, φωσγενίου και οξειδίων του αζώτου κ.α. Πολλά άλλα αέρια προκαλούν βλάβες στην υγεία μόνο μετά από επαναλαμβανόμενη και για μακρό χρονικό διάστημα επαφή. Έτσι αέρια σε χαμηλές συγκεντρώσεις μπορούν με αυτό τον τρόπο να είναι επιβλαβή. Διαρκής ερεθισμός στο αναπνευστικό σύστημα

μπορεί να προκληθεί και από έκθεση σε οξειδία του θείου, υδροφθόριο και υδροχλώριο. Σημειωτέον πως τα οξειδία του αζώτου, του θείου και το όζον υπάρχουν ως μολυσματικοί παράγοντες και στο περιβάλλον περιοχών επιβαρημένων από εκλύσεις βιομηχανιών και αποβλήτων.

Από τη στιγμή που μια βλαβερή ουσία εισέλθει στην κυκλοφορία του αίματος, μπορεί να κατανεμηθεί σε όλα τα σημεία του σώματος. Θα φτάσει και στο ήπαρ, το χημικό αντιδραστήρα του οργανισμού και το πιο σημαντικό κέντρο αποτοξίνωσης του σώματος. Το ήπαρ, μεταξύ άλλων, μεταβολίζει τις τοξικές ουσίες σε μη τοξικές ή λιγότερο τοξικές ή και ακόμη και χρήσιμες ουσίες για το σώμα. Κάποιες ουσίες, όπως η αιθανόλη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) και ο τετραχλωράνθρακας (CCl_4) μπορούν να προκαλέσουν μόνιμες, μη αντιστρεπτές βλάβες, μετά από παρατεταμένη έκθεση.

Το σώμα επίσης μπορεί και απεκκρίνει τις ανεπιθύμητες ουσίες, μέσω του φιλτραρίσματος τους από το αίμα στους νεφρούς. Οι νεφροί είναι το κύριο όργανο απέκκρισης δηλητηρίων, αλλά διεξάγοντας αυτή τη διεργασία, μπορεί να υποστούν βλάβη από τοξικές ουσίες, όπως ο τετραχλωράνθρακας (CCl_4), η αιθυλενογλυκόλη (CH_2OH)₂, και ο διθειάνθρακας (CS_2). Μόνιμες βλάβες προκαλεί στα νεφρά και το κάδμιο. Άλλες οδοί αποβολής ουσιών είναι με τα περιτώματα, τον ιδρώτα και την εκπνοή από τους πνεύμονες.

Το νευρικό σύστημα είναι επίσης ευαίσθητο στις χημικές ουσίες. Οι βλαβερές συνέπειές τους μπορεί να εμφανιστούν στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ή στα νεύρα που προωθούν τα ερεθίσματα στα διάφορα σημεία του σώματος. Οι οργανικοί διαλύτες που πολύ συχνά χρησιμοποιούνται στους χώρους εργασίας είναι γνωστό πως προκαλούν βλάβες στο νευρικό σύστημα, καθώς επίσης και πολλές άλλες ουσίες, όπως ο διθειάνθρακας, ο υδράργυρος, ο μόλυβδος και το αρσενικό.

Το σώμα μας έχει αξιοθαύμαστη ικανότητα να απεκκρίνει και να μετατρέπει βλαβερές ουσίες σε αβλαβείς ώστε να μας παρέχει τη μέγιστη δυνατή προστασία. Ωστόσο, το αμυντικό μας σύστημα μπορεί να υπερφορτωθεί από επαναλαμβανόμενη υψηλή έκθεση, με αποτέλεσμα να μη μπορεί πλέον να εκτελέσει αποτελεσματικά τις λειτουργίες του. Έτσι το σώμα αποθηκεύει τις βλαβερές χημικές ουσίες με αποτέλεσμα περισσότερο ή λιγότερο σοβαρά προβλήματα υγείας. Ο μόλυβδος είναι ένα παράδειγμα ουσίας ο μεταβολισμός και η απέκκριση του οποίου διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα. Το κάδμιο είναι μια ουσία που από τη στιγμή που θα εισέλθει στο σώμα θα παραμείνει εκεί.

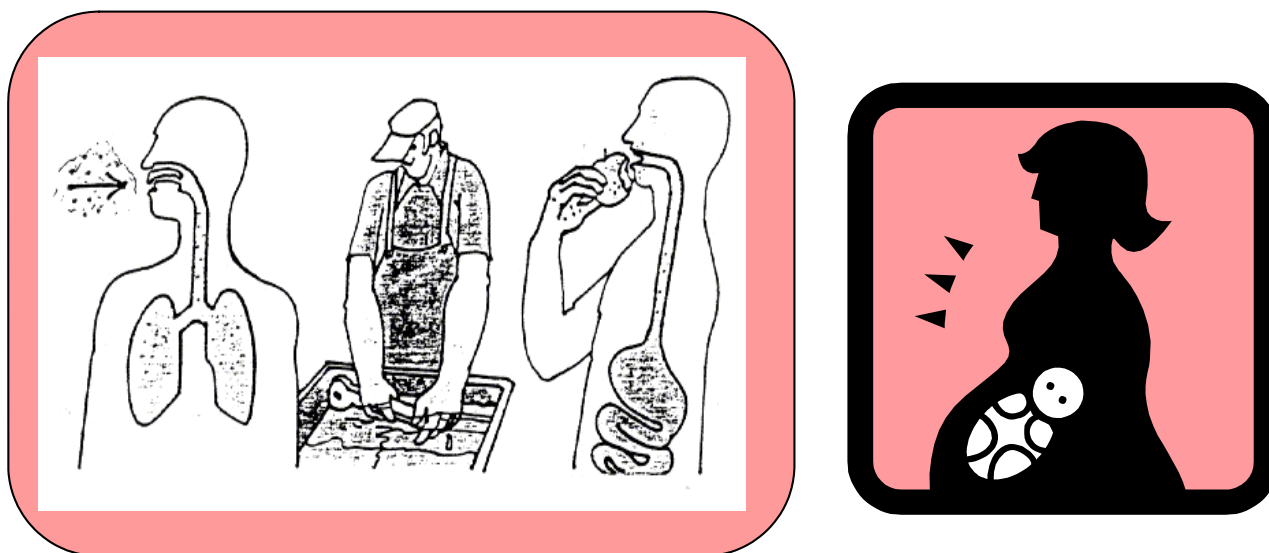
V. ΤΡΟΠΟΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΜΙΑΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Καμία χημική ουσία δε μπορεί να είναι επιβλαβής για μια βιολογική οντότητα, αν πρώτα δεν εισέλθει στο εσωτερικό της ή δεν έρθει σε επαφή μαζί της. Οι τρόποι εισαγωγής της χημικής ουσίας για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι τρεις:

1. Εισπνοή
2. Απορρόφηση από το δέρμα ή τα μάτια μετά από άμεση επαφή ή ένεση.
3. Κατάποση.

Υπάρχει και μια ακόμη υποπερίπτωση που είναι η μεταφορά μιας χημικής ουσίας μέσω του πλακούντα εγκύου γυναίκας στο αγέννητο παιδί της.

Εικόνα 13. Τρόποι εισαγωγής χημικών ουσιών στο ανθρώπινο σώμα.



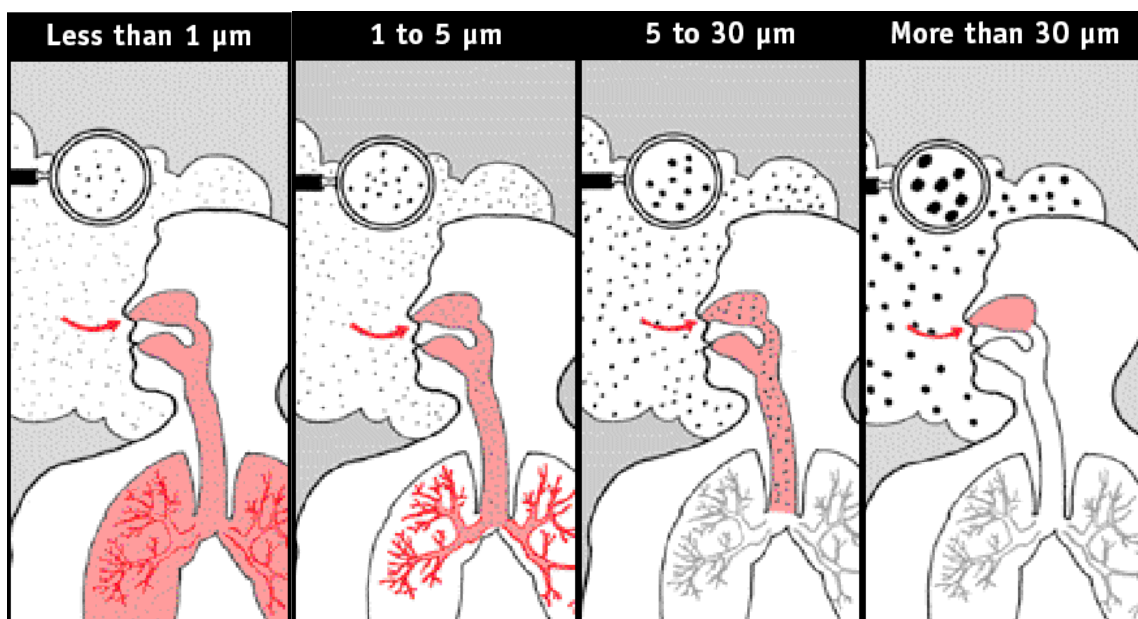
Τα περισσότερα από τα χημικά που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο ή και σε χώρους εργασίας δύνανται να διασκορπιστούν στον αέρα και να σχηματίσουν σκόνη, αχνό, καπνό, αέριο ή ατμό. Με τη μορφή αυτή εισπνέονται όχι μόνο από αυτούς που τα χειρίζονται, αλλά και από όλους όσους παρευρίσκονται στον μολυσμένο χώρο.

Το μέγεθος των σωματιδίων μιας σκόνης, ενός αερίου ή ενός ατμού είναι σημαντικό γιατί γνωρίζοντάς το μπορούμε να προβλέψουμε το αν η ουσία μπορεί να εισέλθει στους πνεύμονες.

Σωματίδια με μέγεθος μικρότερο από 1 μm διαπερνούν τον αναπνευστικό φραγμό και συσσωρεύονται βαθιά στις κυψελίδες των πνευμόνων. Ελαφρώς μεγαλύτερα σωματίδια (από 1-5 μm) μπορούν και φτάνουν στην τραχεία και τους βρόγχους.

Μεγαλύτερου μεγέθους σωματίδια (από 5-30 μm) φτάνουν ως τη μύτη και την περιοχή του φάρυγγα. Τα ακόμα μεγαλύτερα σωματίδια ($> 30 \mu\text{m}$) σπάνια διαπερνούν την ανώτερη αναπνευστική οδό. Γνωρίζοντας το μέγεθος των σωματιδίων, μπορούμε να λάβουμε τα απαραίτητα μέτρα προστασίας σχετικά με τον κίνδυνο από εισπνοή σωματιδίων. (1 μm είναι 10^{-6} m ή 10^{-3} mm . Για παράδειγμα, 1 μm είναι περίπου 1000 φορές μικρότερο από έναν κόκκο άμμου).

Εικόνα 14. Τρόπος εισαγωγής σωματιδίων μέσω της αναπνευστικής οδού ανάλογα με το μέγεθός τους.



Ο χειρισμός των χημικών ουσιών χωρίς την κατάλληλη προστασία εκθέτει τους εξασκούμενους ή τους εργαζόμενους στον κίνδυνο να απορροφήσουν από το δέρμα τους αρκετές ποσότητες των χημικών ουσιών με τις οποίες έρχονται σε επαφή. Αυτό συνήθως συμβαίνει όταν η χημική ουσία είναι υγρή ή σε διάλυμα. Σε περίπτωση που είναι στερεή σε μορφή λεπτού διαμερισμού, δηλ σκόνη, μπορεί να απορροφηθεί από το δέρμα αν αυτό είναι υγρό, π.χ. όταν υπάρχουν ίχνη ιδρώτα. Εκτός από την περίπτωση του ιδρώτα, η εξωτερική επιφάνεια του δέρματος μπορεί να μαλακώσει αν εκτεθεί αρχικά σε τολουόλιο ή αραιό διάλυμα σόδας και να επιτρέψει έτσι την άμεση απορρόφηση από το αίμα άλλων ουσιών όπως ανιλίνη, φαινόλη, βενζόλιο, κλπ.

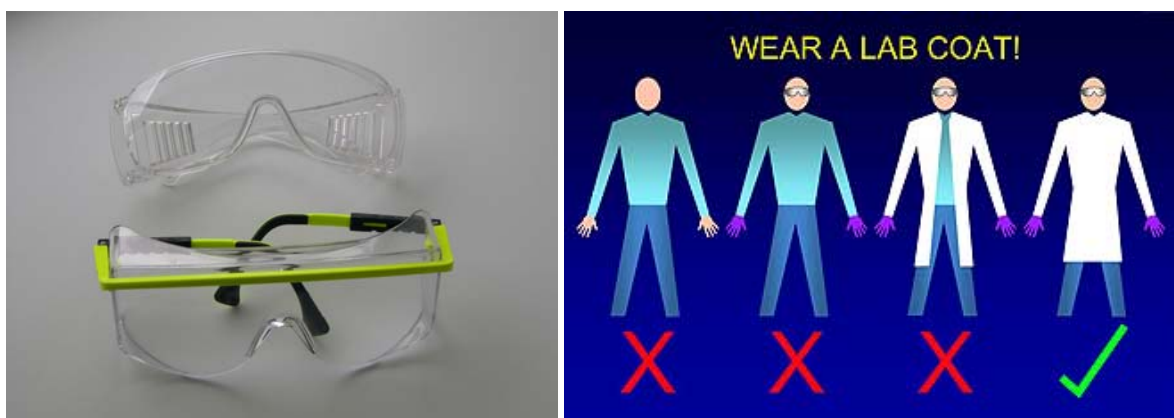
Πολλές από τις εργασίες ενδείκνυται να γίνονται σε απαγωγό αερίων για την αποφυγή της εισπνοής των ουσιών.

Εικόνα 15. Απαγωγός αερίων.



Η ικανότητα των διαφόρων ουσιών να διαπερνούν το φράγμα του δέρματος ποικίλει ανάλογα με τη φύση της ουσίας. Κάποιες απορροφούνται χωρίς να δίνουν κάποια συγκεκριμένη αίσθηση πόνου ή ερεθισμού, ενώ κάποιες άλλες γίνονται άμεσα αντιληπτές γιατί είναι καυστικές ή ερεθιστικές. Τα μάτια επίσης μπορούν να απορροφήσουν ποσότητες χημικών ουσιών, είτε από πιτσιλιές, είτε από ατμούς. Αυτή η οδός εισαγωγής, δηλ από το δέρμα και τα μάτια, είναι η δεύτερη πιο κοινή οδός μόλυνσης που συμβαίνει σε εργασιακούς χώρους. Για τους λόγους αυτούς είναι απαραίτητο να φοράει κανείς στο εργαστήριο ειδική εργαστηριακή ποδιά κουμπωμένη, ενώ δεν πρέπει να κρέμονται τα μανίκια ή οι ζώνες γιατί μπορεί να παρασύρουν όργανα ή σκεύη και να προκληθεί ατύχημα.

Εικόνα 16. α) Γυαλιά ασφαλείας, **β)** Λάθος και σωστός τρόπος ενδυμασίας στο εργαστήριο.



Επίσης εφόσον κρίνεται απαραίτητο πρέπει να χρησιμοποιούνται προστατευτικά γυαλιά ασφαλείας. Φακοί επαφής καλό είναι να μη χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο, ειδικά όταν τα αντιδραστήρια ατμίζουν (πχ ποκνά οξέα, αμμωνία, πτητικοί οργανικοί διαλύτες) γιατί δυσκολεύουν σημαντικά την πλήση των ματιών σε περίπτωση ατυχήματος.

Επικίνδυνες χημικές ουσίες μπορεί να εισέλθουν στο σώμα με κατάποση ή απ' ευθείας εισαγωγή στο στομάχι με τη μορφή αερίου, υγρού, στερεού, σκόνης, ή ατμού. Η σκόνη, αλλά και ο ατμός, μπορεί να εναποτεθεί ή να απορροφηθεί αντίστοιχα από φαγητό, τσιγάρα ή ποτά, και για το λόγο αυτό τα παραπάνω πρέπει να αποφεύγονται στους χώρους εργασίας όπου χρησιμοποιούνται επικίνδυνες χημικές ουσίες.

Όποια και να είναι τελικά η οδός εισαγωγής, οι χημικές ουσίες καταλήγουν στην κυκλοφορία του αίματος και από κει διασπείρονται σε όλα τα όργανα του σώματος. Έτσι η βλάβη δεν συμβαίνει μόνο στο σημείο της άμεσης επαφής, αλλά και πολύ μακριά από αυτό.

VI. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Ο σχεδιασμός και η διατήρηση των χώρων εργασίας πρέπει να γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται η απώλεια υλικών, τα ατυχήματα και οι καταστροφές. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε μη συμβατές ουσίες (αυτές για παράδειγμα που αντιδρούν μεταξύ τους βίαια, όπως οξέα και βάσεις ή νιτρικό και οξικό οξύ), στην κατάλληλη τοποθέτηση των προϊόντων μέσα στους αποθηκευτικούς χώρους και στις συνθήκες κλιματισμού.

Οι επιβλαβείς ουσίες μπορούν να διαρρεύσουν, να προκαλέσουν φωτιά ή να εκλύσουν επικίνδυνους καπνούς ή ατμούς. Επίσης όταν δύο συστατικά έρθουν σε επαφή μπορεί να αντιδράσουν βίαια και τα προϊόντα τους πιθανόν να είναι περισσότερο επικίνδυνα από τις αρχικές πρώτες ύλες.

Εικόνα 17α. Παράδειγμα μη χημικής συμβατότητας. **Εικόνα 17β.** Αλλοιωμένη χημική ουσία.



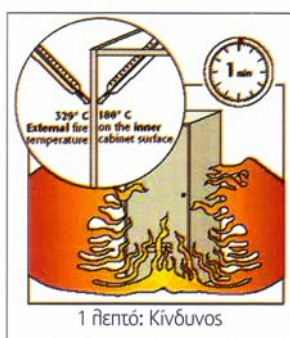
Εικόνα 18α. Ένας καλά οργανωμένος αποθηκευτικός χώρος. **Εικόνα 18β.** Ένας απαράδεκτος τρόπος αποθήκευσης.



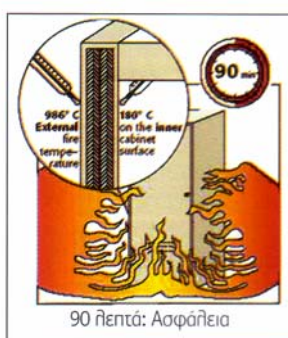
Θα πρέπει να παρέχονται γραπτές οδηγίες για τις πρακτικές αποθήκευσης και για ουσίες που αποθηκεύονται και κρατούνται σε stock θα πρέπει να υπάρχουν οδηγίες ασφαλείας διαθέσιμες στους χώρους της αποθήκης. Αν κάποια χημική ουσία αλλοιωθεί πρέπει οπωσδήποτε να απομακρύνεται με κατάλληλο τρόπο από τους χώρους αποθήκευσης.

Ο ορθός τρόπος εναποθήκευσης αποβλέπει στο να αποφευχθεί σε περίπτωση ατυχήματος η εξάπλωση της τοπικής πυρκαγιάς με την προσβολή των υπάρχουσών τοξικών και εύφλεκτων χημικών ουσιών στον περιβάλλοντα χώρο, με ανυπολόγιστες συνέπειες σε ζωές και υλικές ζημιές. Η εμπειρία ετών έχει δείξει ότι μικρή εστία φωτιάς, αν δεν περιοριστεί έγκαιρα, μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτες καταστάσεις και καταστροφές.

Εικόνα 19α. Ερμάρια χωρίς και με μόνωση. **Εικόνα 19β.** Ερμάριο που διασφαλίζει τις 30 προϋποθέσεις της Υπηρεσίας Πυρασφάλειας των Η.Π.Α.



Μεταλλικό Ερμάριο χωρίς άλλη μόνωση



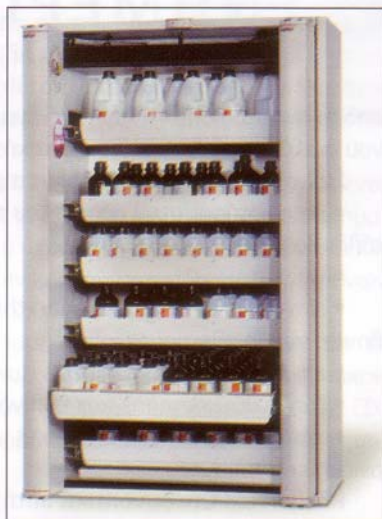
Ερμάριο Ασφαλείας 90 EN με ειδικά πυράντοχα μεταλλικά φύλλα



Επιβάλλεται επομένως η εναποθήκευση στο εργαστήριο όλων των εύφλεκτων και τοξικών ουσιών, καθώς και φιαλών αερίων σε κατάλληλα ερμάρια ασφαλείας, ώστε σε περίπτωση φωτιάς να παραμένουν αυτές απρόσβλητες για μεγάλο χρονικό διάστημα, ώστε να προλάβει να φτάσει η Πυροσβεστική Υπηρεσία και να καταστείλει τη φωτιά. Με τον τρόπο αυτό: α) αποφεύγεται η εξάπλωση της πυρκαγιάς σε παρακείμενους χώρους, β) αποκλείονται οι εκρήξεις και οι δημιουργίες νέων εστιών φωτιάς, γ) δίνεται επαρκής χρόνος στο προσωπικό να διαφύγει, δ) εξασφαλίζεται η ασφαλής εκκένωση των χώρων, έως ότου αφιχθεί η Πυροσβεστική Υπηρεσία.

Οι οβίδες αερίων πρέπει απαραίτητα να δένονται με αλυσίδα σε σταθερό σημείο.

Εικόνα 20α. Ερμάριο φύλαξης αντιδραστηρίων. **Εικόνα 20β.** Ερμάριο φύλαξης αερίων.



Για μεγάλες ποσότητες χημικών, η αποθήκευση θα πρέπει να διασφαλίζει με μεγάλους διαδρόμους, ευκολία στην πρόσβαση από το προσωπικό, αλλά και από μικρά οχήματα, έτσι ώστε να μην επεκτείνεται κατά το δυνατόν εύκολα μια φωτιά, αλλά και να μπορεί να επέμβει η Πυροσβεστική Υπηρεσία.

VII. ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Οι χημικές ουσίες αντιδρούν με τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα αν είναι απόβλητα ή αν χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία. Η επικινδυνότητά τους είναι η ίδια. Έτσι οπουδήποτε χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες θα πρέπει να οργανώνεται η προσθήκη ετικετών, η συλλογή και η απομάκρυνση των αποβλήτων τους. Κάποιες χώρες έχουν εισαγάγει νομοθεσίες και παρέχουν λεπτομερείς συμβουλές στο πως χειριζόμαστε τα επικίνδυνα χημικά απόβλητα.

Σε γενικές γραμμές τα στερεά σώματα και οι υγρές ουσίες (οργανικοί διαλύτες, ανόργανα διαλύματα) δεν πρέπει να απορρίπτονται στο νεροχύτη.

Όσα στερεά δεν είναι τοξικά, εκρηκτικά ή γενικά επικίνδυνα απορρίπτονται σε ειδικά δοχεία για στερεά υπολείμματα. Ειδικά τα λεπτόκοκκα υλικά, όπως το silica gel ή η alumina, πρέπει πρώτα να συσκευάζονται σε πλαστικές σακούλες ή αλουμινόχαρτο.

Οι χρησιμοποιούμενοι διαλύτες πρέπει να συλλέγονται σε ειδικά δοχεία και να μην πετιούνται στο νεροχύτη. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους αλογονομένους διαλύτες, όπως διχλωρομεθάνιο, χλωροφόρμιο, τετραχλωράνθρακας, κλπ γιατί δεν

αποικοδομούνται στις μονάδες βιολογικού καθαρισμού. Επιπλέον, η καταστροφή τους απαιτεί ειδικούς καυστήρες.

Τα μόνα απόβλητα τα οποία μπορούν να χυθούν με ασφάλεια στο νεροχύτη είναι αυτά που περιέχουν μη τοξικές, ουδέτερες, άοσμες, υδατοδιαλυτές ενώσεις. Τα διαλύματα εύφλεκτων διαλυτών (πχ αιθανόλης, μεθανόλης) που δεν είναι δυνατό να συλλεγούν για καταστροφή ή ανακύκλωση και πρόκειται να απορριφθούν πρέπει προηγουμένως να αραιώνονται. Τα ισχυρά οξέα και οι βάσεις πρέπει προηγουμένως να εξουδετερώνονται με ασθενείς βάσεις και αραιά οξέα αντίστοιχα.

Σπασμένα γυαλιά και οποιοδήποτε άλλο αιχμηρό αντικείμενο πρέπει να απορρίπτονται σε ειδικούς κάδους για σπασμένα γυαλιά, Εικόνα 21.

Εικόνα 21. Κάδος απόρριψης σπασμένων γυαλικών και αιχμηρών αντικειμένων.



VIII. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΩΝ

Τα χημικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται στα εργαστήρια πρέπει ανεξαιρέτως να θεωρούνται ως “εν δυνάμει” επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια.

Πολλές βλαβερές ουσίες, όπως τα οξέα και οι διαλύτες είναι υγρά σε κανονική θερμοκρασία και πίεση. Μπορεί όμως να δώσουν ατμούς που εισπνέονται από τους εργαζόμενους και που ανάλογα με την ουσία μπορεί να είναι τοξικοί. Άλλα υγρά προκαλούν άμεση καταστροφή στο δέρμα, και άλλα περνούν απ’ ευθείας στην κυκλοφορία του αίματος και στη συνέχεια σε διάφορα όργανα του σώματος προκαλώντας βλάβες.

Οι περισσότεροι διαλύτες είναι υγρές οργανικές ουσίες, όπως πχ. το βενζόλιο, το τολουόλιο, το εξάνιο, ο αιθέρας, το διχλωρομεθάνιο, ο τετραχλωράνθρακας, ο οξικός αιθυλεστέρας, η μεθανόλη, η αιθανόλη, κα. Χρησιμοποιούνται λόγω της ιδιότητάς τους να διαλύουν άλλες ουσίες, ιδιαίτερα λιπαρές, οι οποίες είναι αδιάλυτες στο νερό. Πολλοί από τους διαλύτες εξατμίζονται αισθητά σε κανονική θερμοκρασία, ενώ είναι εύφλεκτοι και μπορεί ακόμη να αναφλεγούν από τη θερμότητα ενός τσιγάρου, ή με στατικό ηλεκτρισμό. Είναι ενδιαφέρον να τονιστεί πως οι ατμοί μπορεί να μεταφερθούν με τον αέρα μακριά και να αναφλεγούν σε αρκετή απόσταση από την πηγή.

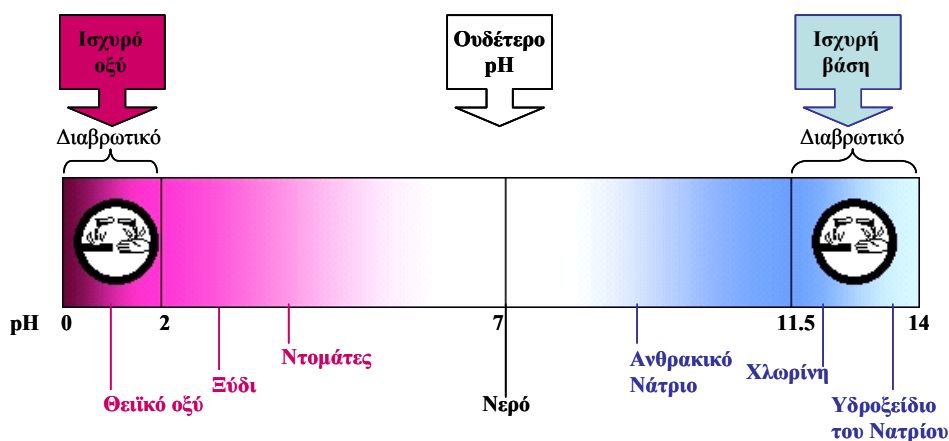
Η εισπνοή είναι ο πιο συνήθης τρόπος για να εισέλθουν οι διαλύτες στον οργανισμό, ορισμένοι όμως από αυτούς διαπερνούν ανέπαφοι το υγιές δέρμα. Όταν εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος, μεταφέρονται φυσικά σε διάφορα όργανα, όπως ο εγκέφαλος και το ήπαρ. Οι διαλύτες έχουν διαφορετική επίδραση στους ανθρώπους ανάλογα με το ρυθμό της εξάτμισης και τη διαλυτότητα τους στο νερό. Ο κίνδυνος για την υγεία εξαρτάται από το χρονικό διάστημα της έκθεσης και από τη συγκέντρωση του διαλύτη στον εισπνεόμενο αέρα.

Πολλοί διαλύτες έχουν ναρκωτικό αποτέλεσμα. Προκαλούν ζάλη, πονοκέφαλο, ελαττωμένη ικανότητα συγκέντρωσης και κούραση. Επίσης μπορεί να ερεθίσουν τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα. Συχνή επαφή με το δέρμα απολπιαίνει την προστατευτική λιπιδική στοιβάδα του και προκαλεί ερεθισμούς, δερματίτιδες, έκζεμα, αποφολίδωση, και ρωγμές. Κάποιοι διαλύτες είναι βλαβεροί για το ήπαρ, τους νεφρούς, το μυελό των οστών ή το νευρικό σύστημα. Το βενζόλιο, ο τετραχλωράνθρακας, το τετραχλωροαιθυλένιο, και ο

διθειάνθρακας ανήκουν στην κατηγορία των διαλυτών που πρέπει να αντικαθίστανται με άλλους λιγότερο επικίνδυνους, όταν αυτό είναι εφικτό.

Τα ισχυρά οξέα και οι βάσεις συνήθως χρησιμοποιούνται με τη μορφή υδατικών διαλυμάτων. Είναι ισχυρά διαβρωτικά των ανθρώπινων ιστών. Η χρήση αυτών των διαλυμάτων μπορεί να οδηγήσει σε σχηματισμό νεφελωμάτων, τα οποία έχουν τον ίδιο διαβρωτικά χαρακτήρα όπως και τα διαλύματα.

Εικόνα 22. Κλίμακα του pH με χαρακτηριστικά παραδείγματα ουσιών.



Όταν αναμιγνύουμε οξέα και βάσεις, συμβαίνει η αντίδραση της εξουδετέρωσης, που συνήθως είναι ισχυρά εξώθερμη. Επίσης η διάλυση οξέων ή βάσεων στο νερό ή η αραιώση πυκνών διαλυμάτων παράγει μεγάλα ποσά θερμότητας. Πολύ σοβαρά επακόλουθα έχουμε στην περίπτωση που προσθέτουμε νερό σε πυκνό θειικό οξύ. Από τη θερμότητα που παράγεται μπορεί να εκτοξευθούν σταγονίδια ή και μεγαλύτερα τμήματα του υγρού και να τραυματίσουν τον εργαζόμενο. Για το λόγο αυτό, προσθέτουμε πάντα το οξύ στο νερό και όχι το αντίστροφο.

Εικόνα 23. Διάλυση μεταλλικού ελάσματος από διάλυμα θειικού οξέος.



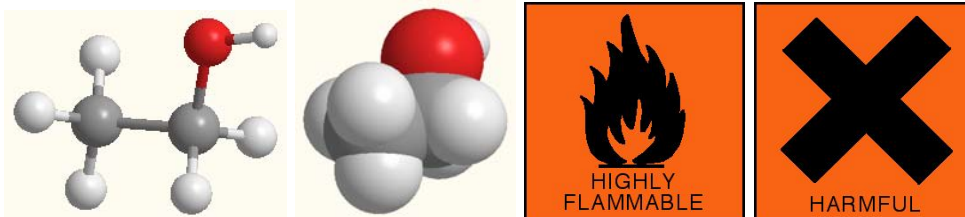
Σοβαρά ατυχήματα μπορεί να προκληθούν όταν κατεργαζόμαστε μεταλλικά τεμάχια με διαλύματα οξέων. Το διάλυμα μπορεί να περιέχει περισσότερα του ενός οξέα και να σχηματιστεί το εύφλεκτο αέριο υδρογόνο, ή ακόμα και νεφελώματα οξέων, όταν ένα κομμάτι μετάλλου τοποθετηθεί μέσα στο διάλυμα (Εικόνα 23).

Η αμμωνία και τα υδροξείδια του νατρίου και καλίου είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες βάσεις. Είναι διαβρωτικές για τους ανθρώπινους ιστούς και μάλιστα δε γίνονται άμεσα αντιληπτές παρά μόνο αν παρέλθει κάποιο χρονικό διάστημα.

Οι βάσεις διαπερνούν το δέρμα και σχηματίζουν βαθιές πληγές. Είναι δε δύσκολο να απομακρυνθούν άμεσα. Τα αραιά τους διαλύματα είναι ερεθιστικά. Το υδροξείδια του νατρίου και του καλίου χρησιμοποιούνται για παράδειγμα ως θερμά απολιπαντικά λουτρά για τον καθαρισμό μετάλλων.

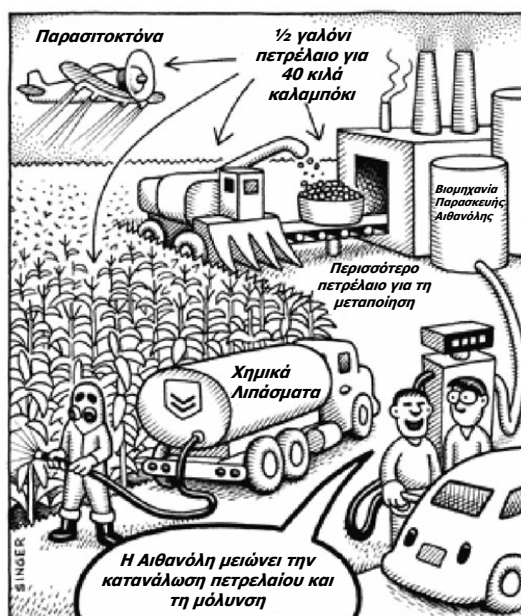
ΙΧ. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΠΙΟ ΚΟΙΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ (με αλφαβητική σειρά)

ΑΙΘΥΛΙΚΗ ΑΛΚΟΟΛΗ (αιθανόλη)



Η αιθανόλη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) είναι ένα άχρωμο υγροσκοπικό υγρό με χαρακτηριστική οσμή και γεύση. Κοινώς ονομάζεται και αλκοόλη. Απόλυτα άνυδρη αιθανόλη παρασκευάζεται πολύ δύσκολα και ονομάζεται απόλυτη αιθανόλη (absolute ethanol). Μπορεί να περιέχει πάντως ίχνη μεθανόλης και βενζολίου που είναι πολύ τοξικά. Ποσοστό 10% αιθανόλης ως πρόσθετο σε καύσιμες ύλες ελαττώνει κατά 50% την απελευθέρωση μικροσωματιδίων που είναι γνωστό πως προκαλούν καρκίνο, καθώς ένας στους 5 καρκίνους των πνευμόνων οφείλεται σε αυτά.

Εικόνα 24. Η αιθανόλη ελαττώνει την κατανάλωση πετρελαίου και μειώνει την ατμοσφαιρική ρύπανση.



Η αιθανόλη είναι ένας πολικός **διαλύτης**, είναι **πηκτηκή** και αναμιγνύεται με το νερό σε όλες τις αναλογίες. Επίσης διαλύει πολλές οργανικές ουσίες, αλλά και μερικές ετεροπολικές ενώσεις. Μίγματα αιθανόλης σε νερό περιεκτικότητας μεγαλύτερης από 50%

κ.ο. είναι **εύφλεκτα**. Προφανώς η απόλυτη αλκοόλη είναι περισσότερο εύφλεκτη από τα υδατικά της μίγματα και γι' αυτό **δεν πρέπει ποτέ να θερμαίνεται σε γυμνή φλόγα και πρέπει να χρησιμοποιείται ή να αποθηκεύεται μακριά από εστίες φωτιάς**. Επιπλέον πρέπει να αποφεύγεται η παρατεταμένη επαφή με το δέρμα γιατί προκαλεί ερεθισμούς. Η λήψη από το στόμα προκαλεί ναυτία, έμετο, και μέθη (μερικές φορές και θάνατο), ενώ η χρόνια λήψη μεγάλων σχετικά ποσοτήτων καταστρέφει το ήπαρ, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Η αιθανόλη σε περιορισμένες φυσικά ποσότητες δεν είναι βλαβερή καθώς συγκαταλέγεται στα τρόφιμα. Η επαφή με τα μάτια προκαλεί σοβαρό ερεθισμό.

Εικόνα 25. Η μπύρα και το κρασί περιέχουν αιθανόλη.



Η αιθανόλη πρέπει να χρησιμοποιείται, αν είναι δυνατόν, σε απαγωγό ή σε αίθουσα με καλό εξαερισμό, μακριά από εστίες φωτιάς, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας.

Μικρές ποσότητες επιτρέπεται να απορριφθούν στην αποχέτευση με ροή άφθονου νερού γιατί αλλιώς μπορεί να συσσωρευτούν ατμοί μέσα στις σωληνώσεις και να αναφλεγούν.

Επαφή με τα μάτια: Πλύνουμε με άφθονο νερό. Αν ο ερεθισμός επιμένει τότε καλούμε ιατρική βοήθεια.

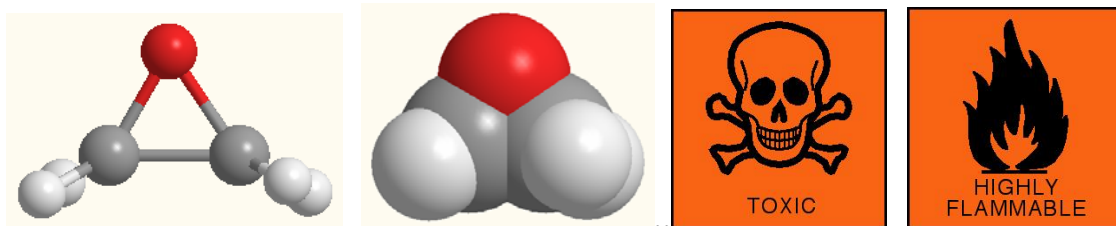
Επαφή με το δέρμα: Πλύνουμε την περιοχή με άφθονο νερό.

Κατάποση: Καλούμε ιατρική βοήθεια αν η ποσότητα είναι μεγάλη.

R11 R20 R21 R22 R36 R37 R38 R40.

S7 S16 S24 S25 S36 S37 S39 S45.

ΑΙΘΥΛΕΝΟΞΕΙΔΙΟ



Η χημική ένωση αιθυλενοξείδιο (ethylene oxide) είναι μια σημαντική βιομηχανική χημική ουσία που χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο στην παραγωγή της αιθυλενογλυκόλης (ψυκτικό αυτοκινήτων και γενικής χρήσης αντιπηκτικό), στην παραγωγή πολυεστερικών πολυμερών, τασενεργών και απορροπαντικών, ως αντισηπτικό στην τεχνολογία των τροφίμων και σε ιατρικές εφαρμογές. Η παγκόσμια παραγωγή του το 1985 ήταν μεγαλύτερη από 5.5 εκατομμύρια τόνους. Είναι ένα άχρωμο **πολύ εύφλεκτο** αέριο ή ψυχόμενο, υγρό με ελαφρώς γλυκιά μυρωδιά. Είναι το απλούστερο από τα εποξειδία. Απέκτησε βιομηχανική σημασία κατά τη διάρκεια του 1^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου ως πρόδρομος του ψυκτικού μέσου αιθυλενογλυκόλης και του χημικού όπλου «αέριο μουστάρδας».

Το αιθυλενοξείδιο σκοτώνει τις μούχλες, τα βακτήρια και τα ενδοσπόρια τους και επομένως χρησιμοποιείται για την αποστείρωση υλικών (επιδέσμοι, ράμματα, ιατρικά εργαλεία) που μπορεί να καταστραφούν με τεχνικές που απαιτούν θέρμανση, όπως η παστερίωση.

Είναι **τοξικό όταν εισπνέεται**. Τα συμπτώματα της υπερέκθεσης είναι πονοκέφαλος και ζαλάδα. Επιδεινώνονται με τη συνέχιση της έκθεσης οδηγώντας σε μυικούς σπασμούς, παραλήρημα και κώμα. Είναι **ερεθιστικό για το δέρμα, τα μάτια, και το αναπνευστικό σύστημα**. Η εισπνοή των ατμών οδηγεί στην εμφάνιση υγρών στους πνεύμονες, μερικές ώρες μετά την έκθεση. Συνήθως αποθηκεύεται ως αέριο σε πίεση ή ως ψυχόμενο υγρό. Σε θερμοκρασία δωματίου και ατμοσφαιρική πίεση εξατμίζεται αμέσως και μπορεί να προκαλέσει κρυοπαγήματα σε περίπτωση που έρθει σε επαφή με το δέρμα. Επιπλέον μπορεί να διασπαστεί-αποικοδομηθεί με έκρηξη.

Η έκθεση των ανθρώπων στην ουσία αυτή μπορεί να γίνει με την εισπνοή, σε εγκαταστάσεις αποστείρωσης ή στις βιομηχανίες παρασκευής και μεταποίησης του. Υπολείμματα σε ιατρικά εργαλεία που αποστειρώθηκαν με αιθυλενοξείδιο και δεν αερίστηκαν καλά μπορεί να μολύνουν ιστούς και αίμα, δημιουργώντας αρχικά τοπικά φαινόμενα. Μελέτες σε ανθρώπους που εκτέθηκαν σε χαμηλές δόσεις αιθυλενοξειδίου κατά

τη διάρκεια της εργασίας τους έδειξαν πως δεν εμφανίστηκαν αυξημένα ποσοστά καρκίνου, η χρόνια όμως έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε εμφάνιση καταρράκτη στα μάτια. Σε πειραματόζωα, το αιθυλενοξειδίο προκάλεσε πολλές αναπαραγωγικές ανωμαλίες και αποβολές. Στους ανθρώπους δεν έχει μελετηθεί ενδελεχώς, δεν αποκλείεται πάντως το ενδεχόμενο να έχει παρόμοιες παρενέργειες και στο ανθρώπινο αναπαραγωγικό σύστημα.

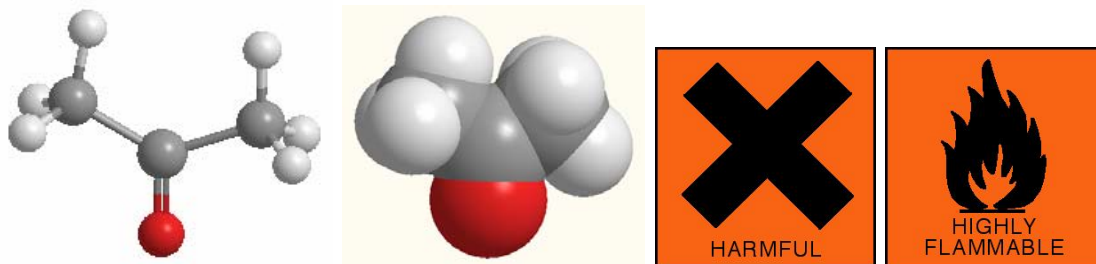
Το αιθυλενοξειδίο είναι πολύ διαλυτό στο νερό, αλλά εξατμίζεται σε μεγάλο βαθμό. Το εισπνεόμενο αιθυλενοξειδίο απορροφάται άμεσα στο αίμα, διασπείρεται σε όλο το σώμα και μεταβολίζεται πολύ γρήγορα. Ο χρόνος ημίσειας ζωής του είναι περίπου 10 λεπτά. Αξιοσημείωτης έκτασης ναυτία και έμετος προκλήθηκε σε ανθρώπους που εκτέθηκαν μέσω του δέρματός τους σε υδατικά διαλύματα, που σημαίνει ότι η ουσία απορροφάται άμεσα από αυτό. Επίσης προκλήθηκαν ερυθρήματα, οιδήματα, αλλεργικές δερματίτιδες εξ επαφής και κύστες. Παρατηρήθηκε επίσης αναφυλαξία σε ασθενείς που υποβάλλονταν σε αιμοδιάλυση, όταν χρησιμοποιούνταν υλικά που είχαν αποστειρωθεί με αιθυλενοξειδίο.

Έχουν εντοπιστεί δυο μεταβολικές οδοί αποικοδομησής του που περιλαμβάνουν υδρόλυση προς 1,2-αιθυλενοδιόλη και σύζευξη με γλουταθειόνη. Το αιθυλενοξειδίο αλκυλιώνει αμέσως τις πρωτεΐνες και το DNA και είναι μεταλλαξιογόνο για τους μικροοργανισμούς, τα φυτά, τα έντομα, τα κύτταρα των θηλαστικών *in vitro* και *in vivo*, εισάγοντας μεταλλάξεις σε γονίδια και δημιουργώντας χρωμοσωμικές ανωμαλίες. Αλλαγές στις αδελφές χρωματίδες και χρωμοσωμικές διαταραχές παρατηρήθηκαν σε λεμφοκύτταρα του αίματος πηθικοειδών που εισέπνευσαν ατμούς της ουσίας, ενώ δημιουργήθηκε και καρκινογένεση σε διάφορα ζώα. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω ευρήματα, το αιθυλενοξειδίο πρέπει να θεωρείται ως ένα **πιθανό μεταλλαξιογόνο** και τα επίπεδά του στον περιβάλλοντα των ανθρώπων χώρο πρέπει να διατηρούνται το δυνατόν χαμηλότερα. Η εργασία δε με την ουσία πρέπει να γίνεται σε **απαγωγό, με γάντια και γυαλιά ασφαλείας και μακριά από εστίες θερμότητας ή φωτιάς.**

R12 R23 R24 R25 R36 R37 R38 R45 R46.

S45 S53

ΑΚΕΤΟΝΗ



Η ακετόνη (acetone) CH_3COCH_3 , γνωστή και ως προπανόνη ή διμεθυλο-κετόνη είναι ο απλούστερος αντιπρόσωπος των κετονών. Είναι άχρωμο, **πηκτικό**, **ερεθιστικό** και **εύφλεκτο υγρό** με σ.ζ. $56.5\text{ }^\circ\text{C}$. Διαλύεται άμεσα στο νερό, στην αιθανόλη, στον αιθέρα, και η ίδια αποτελεί έναν σπουδαίο **διαλύτη**. Η πιο γνωστή χρήση της ακετόνης είναι η απομάκρυνση της βαφής των νυχιών και της κόλλας. Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται για την παρασκευή πλαστικών, φαρμάκων, ινών κλπ. Η ακετόνη είναι ένα φυσικό μεταβολικό παραπροϊόν που συντίθεται και απελευθερώνεται από φυτά και ζώα, κυρίως από το μεταβολισμό, των λιπών. Η ποσότητα της ακετόνης που εκλύεται στην ατμόσφαιρα φωτοοξειδώνεται με χρόνο ημίσειας ζωής 22 μέρες.

Η έκθεση σε εξωγενή ακετόνη μπορεί να είναι χρόνια εξαιτίας της μόλυνσης του νερού, των τροφών και του αέρα. Η ακετόνη μεταβολίζεται στο ήπαρ, χρησιμοποιώντας 3 διαφορετικά μονοπάτια γλυκονεογένεσης όπου σχηματίζεται γλυκόζη με παράλληλη απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα. Τα αποτελέσματα της χρόνιας έκθεσης είναι γνωστά από πειράματα σε ζώα όπου βρέθηκαν βλάβες στους νεφρούς, στο ήπαρ και στα νεύρα, αυξημένες γενετικές ανωμαλίες και χαμηλή αναπαραγωγική ικανότητα στα αρσενικά μόνο ζώα. Επιπλέον, υπάρχουν και στοιχεία για ανθρώπους που λόγω επαγγέλματος έρχονται για χρόνια σε επαφή με ακετόνη. Οι άνθρωποι αυτοί παρουσίασαν καταστολή του κεντρικού νευρικού συστήματος, ερεθισμό των βλεννογόνων των ματιών, της μύτης και του λάρυγγα. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι είναι καρκινογόνος ουσία.

Η ακετόνη γενικά **δεν είναι πολύ τοξική ουσία**. Μπορεί όμως να **ερεθίσει** και να καταστρέψει **το δέρμα** και να προκαλέσει **μόνιμη βλάβη** όταν έρθει σε επαφή με τα **μάτια**. Κατανάλωση από ατύχημα μεγάλης ποσότητας ακετόνης οδηγεί σε αναισθησία και θάνατο, ενώ χρόνια έκθεση προκαλεί βλάβη στο ήπαρ.

Η ακετόνη δεν πρέπει να θερμαίνεται σε γομνή φλόγα. Πρέπει να αποφεύγεται η εισπνοή των ατμών της και η επαφή της με το δέρμα.

Πρέπει να χρησιμοποιείται, αν είναι δυνατόν, σε απαγωγό, ή σε αίθουσα με καλό εξαερισμό, μακριά από εστίες φωτιάς, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας, και γάντια νιτριλίου.

Μικρές ποσότητες επιτρέπεται να απορριφθούν στην αποχέτευση με ροή άφθονου νερού γιατί αλλιώς μπορεί να συσσωρευτούν ατμοί μέσα στις σωληνώσεις και να αναφλεγούν.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε το πλύσιμο για 15 λεπτά και καλούμε ιατρική βοήθεια.

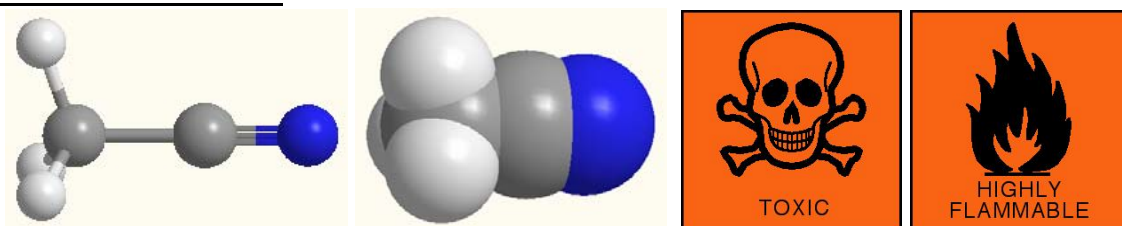
Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό, και απομακρύνουμε τα εμποτισμένα ρούχα, γιατί υπάρχει κίνδυνος να αναφλεγούν.

Κατάποση: Πλένουμε το στόμα με άφθονο νερό και καλούμε ιατρική βοήθεια.

R11 R36 R66 R67

S9 S16 S26

ΑΚΕΤΟΝΙΤΡΙΛΙΟ



Το ακετονιτρίλιο (acetonitrile) CH₃CN, είναι μια οργανική ουσία, **πτητική, εύφλεκτη** και **ισχυρά τοξική**. Είναι η απλούστερη από τα οργανικά νιτρίλια και χρησιμοποιείται κυρίως ως **διαλύτης**. Σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης είναι ένα άχρωμο υγρό. Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ως διαλύτης για την εκχύλιση του βουταδιενίου, ως ενδιάμεσο για την παρασκευή εντομοκτόνων, ως πρώτη ύλη για τη σύνθεση ενώσεων όπως η ακετοφαινόνη, η θειαμίνη κλπ. Τέλος χρησιμοποιείται στην παρασκευή ακρυλικών ινών, αρωμάτων, ελαστικών νιτριλίου κα.

Το ακετονιτρίλιο απορροφάται μέσω της στοματικής, της δερματικής ή της αναπνευστικής οδού. Μεταβολίζεται σε υδροκυάνιο και θειοκυανούχα ιόντα (SCN⁻), που προκαλούν σοβαρές βλάβες στην υγεία. Το υγρό ακετονιτρίλιο ή οι ατμοί του είναι **έντονα ερεθιστικά για το δέρμα, τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα**. Σε υψηλές δόσεις επέρχεται ο θάνατος από αναπνευστική ανεπάρκεια. Έκθεση σε χαμηλές δόσεις δίνει συμπτώματα παρόμοια με αυτά της δηλητηρίασης από κυανιούχες ουσίες, όπως

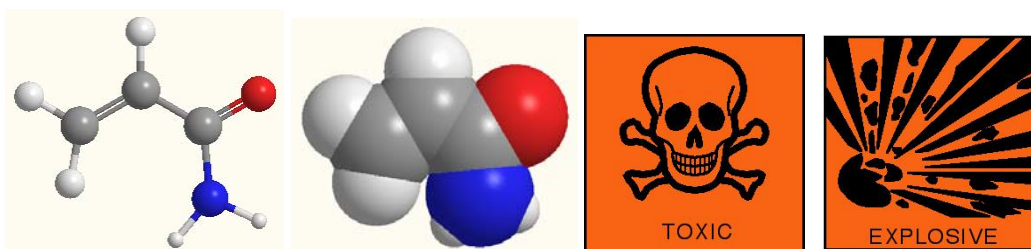
σιαλόρροια, ναυτία, αναισθησία, σπασμοί. Παρατεταμένη έκθεση έχει συμπτώματα, όπως ανορεξία, πονοκεφάλους και άλλα. Προκαλεί σοβαρές βλάβες στα μάτια, ενώ είναι και πιθανό τερατογόνο.

Χρησιμοποιείται στον απαγωγό, ενώ συνιστάται η χρήση ειδικών γαντιών και γυαλιών. Πρέπει να αποφεύγεται η εισπνοή ατμών.

R11 R23 R24 R25.

S16 S27 S44 S45.

ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ



Το όνομα της ένωσης κατά IUPAC είναι 2-προπεναμίδιο (2-propene amide). Κοινώς ονομάζεται ακρυλαμίδιο (acrylamide) και ο μοριακός της τύπος είναι $\text{CH}_2=\text{CHCONH}_2$. Είναι λευκό, άοσμο **κρυσταλλικό στερεό**, διαλυτό σε νερό, αιθανόλη, αιθέρα και χλωροφόρμιο. Επιπλέον είναι ασταθές, ευαίσθητο στον αέρα, υγροσκοπικό. Δεν πρέπει να θερμαίνεται πάνω από τους 50 °C. Το ακρυλαμίδιο χρησιμοποιείται για τη **σύνθεση πολυακρυλαμιδίων** που βρίσκουν εφαρμογές ως υδατοδιαλυτά μέσα πήξης. Μερικές από τις εφαρμογές αυτές είναι στην κατεργασία των υδατικών αποβλήτων, στην **ηλεκτροφόρηση με γέλες**, στην παρασκευή του χαρτιού κ.α.

Τον Απρίλιο του 2004 ανακοινώθηκε πως βρέθηκαν ίχνη ακρυλαμιδίου σε ψητές και τηγανιτές αμυλούχες τροφές όπως τα τουπς από πατάτα και το ψωμί, (από αντίδραση μεταξύ ασπαραγίνης και αναγόντων σακχάρων όπως η φρουκτόζη και η γλυκόζη ή άλλων δραστικών καρβονυλικών ενώσεων), και φυσικά αυξήθηκε η ανησυχία των καταναλωτών για τα προϊόντα αυτά, καθώς η ουσία θεωρείται καρκινογόνα. Η εκτίμηση πάντως της επικινδυνότητάς του από κατανάλωση τροφών ερευνάται ακόμη.

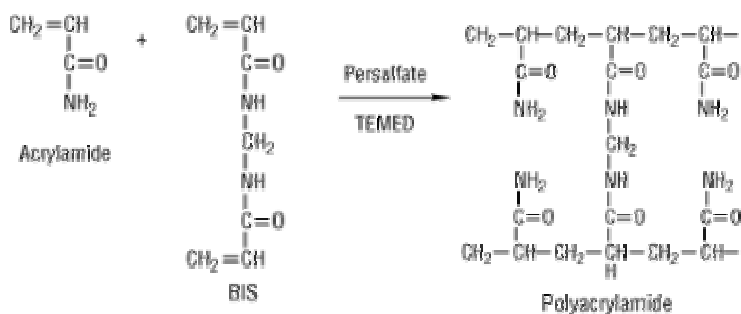
Είναι **τοξικό-πιθανό καρκινογόνο και τερατογόνο**. Προκαλεί **γενετικές βλάβες** και ανωμαλίες. Είναι **ερεθιστικό και γι αυτό πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με τα μάτια και το δέρμα καθώς απορροφάται άμεσα**. Πρέπει επίσης να **αποφεύγεται η εισπνοή σκόνης** καθώς μπορεί να αποβεί θανατηφόρα. Το ακρυλαμίδιο προκαλεί βλάβες

στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Πολλές φορές τα αποτελέσματα της τοξικότητάς του φαίνονται μετά από καθυστέρηση μηνών ή και χρόνων. Το πολυμερισμένο ακρυλαμίδιο δεν θεωρείται ιδιαίτερα επικίνδυνο σε αντίθεση με το μονόμερές του.

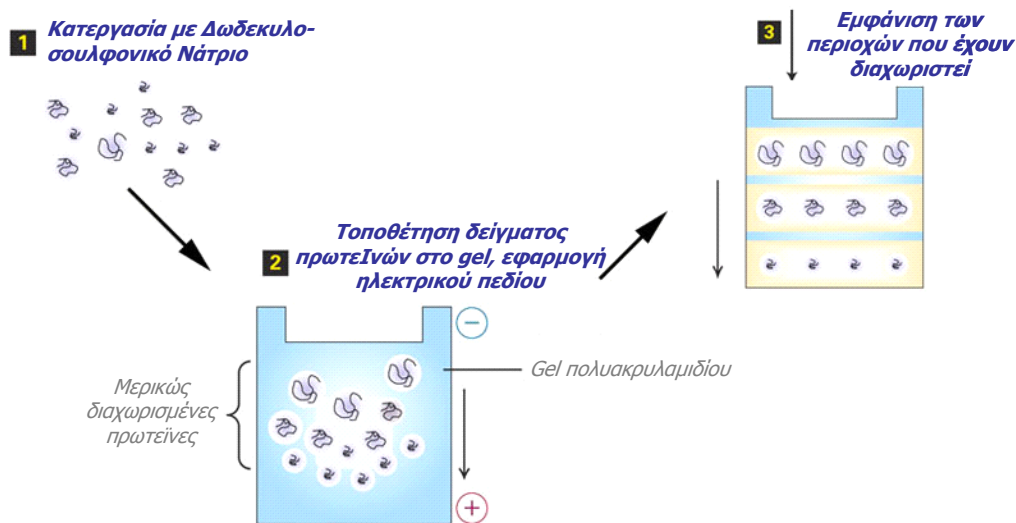
R2 R23 R24 R25 R45 R46 R48.

S45 S53.

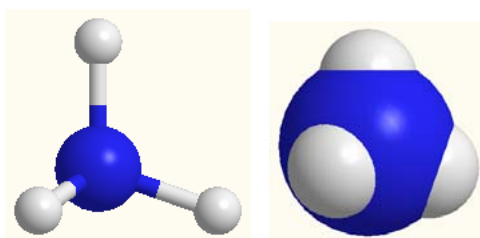
Εικόνα 26. Σύνθεση πολυακρυλαμιδίου. Σχηματική παράσταση της δομής του πολυμερούς.



Εικόνα 27. Διαχωρισμός πρωτεϊνών με gel πολυακρυλαμιδίου.



ΑΜΜΩΝΙΑ

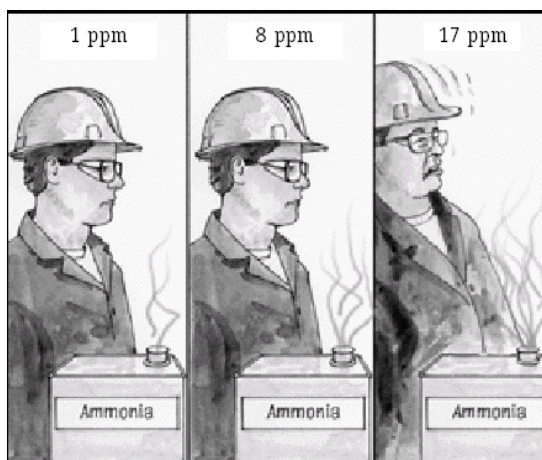


Διαλύματα αμμωνίας (ammonium hydroxide) NH_4OH , 5-10% κ.β. χρησιμοποιούνται σε οικιακά καθαριστικά, ειδικά για τα τζάμια. Τα διαλύματα αυτά είναι

ερεθιστικά για τα μάτια και το αναπνευστικό και σε μικρότερη έκταση για το δέρμα. Δεν πρέπει ποτέ να αναμιγνύονται με προϊόντα που περιέχουν χλώριο, όπως η χλωρίνη, γιατί δημιουργούνται τοξικές και καρκινογόνες ενώσεις, όπως χλωραμίνη, υδραζίνη κλπ.

Οι βλάβες που μπορεί να προκληθούν από την αμμωνία εξαρτώνται από τη συγκέντρωση των διαλυμάτων. Η τοξικότητα αραιών διαλυμάτων αμμωνίας συνήθως δεν αποτελεί πρόβλημα για τους ανθρώπους και τα άλλα θηλαστικά, καθώς υπάρχει ειδικός μηχανισμός που εμποδίζει τη συσσώρευσή της στο αίμα. Η αμμωνία μετατρέπεται σε καρβαμυλο-φωσφορικό εστέρα από το ένζυμο συνθάση του καρβαμυλο-φωσφορικού εστέρα και στη συνέχεια μπαίνει στον κύκλο της ουρίας για να μετασχηματιστεί είτε σε αμινοξέα, είτε να εξέλθει με τα ούρα. Η αμμωνία όμως, ακόμη και σε αραιά διαλύματα, είναι πολύ τοξική για τους υδρόβιους πληθυσμούς και γι' αυτό θεωρείται επικίνδυνη για το περιβάλλον.

Εικόνα 28. Η αμμωνία ανιχνεύεται από τη μύτη μας σε συγκέντρωση 17 ppm.



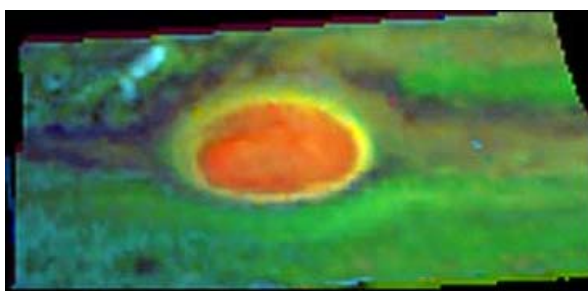
Σημ. Το ppm είναι μονάδα συγκέντρωσης για πολύ αραιά διαλύματα. Αναφέρεται στην παρουσία 1 μέρους βάρους της διαλυμένης ουσίας σε 1.000.000 μέρη βάρους διαλύματος.

Ατμοί αμμωνίας (NH_3) από πυκνά διαλύματα είναι ερεθιστικοί για τα μάτια (δημιουργεί καταράκτη, μόνιμη βλάβη ή τύφλωση) και το αναπνευστικό σύστημα. Αντιδρά με το νερό των ιστών και σχηματίζει υδροξείδιο του αμμωνίου. Η ένωση αυτή προκαλεί σαπωνοποίηση και υγροποίηση της προσβληθείσας περιοχής, υγροποιεί τις επιφάνειες των επιθηλιακών κυττάρων με γαλακτωματοποίηση της κερατίνης, των λιπών

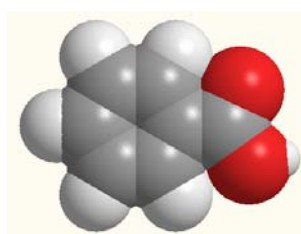
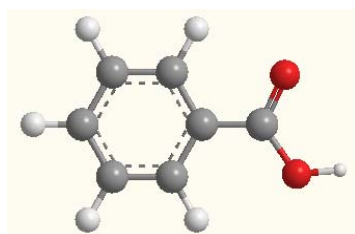
και της χοληστερόλης. Ο κύριος μηχανισμός σε κυτταρκό επίπεδο είναι η παρεμπόδιση του κύκλου του κιτρικού οξέος. Επίσης οι ατμοί είναι και **πνιγηροί** και γι αυτό πρέπει να **αποφεύγεται η εισπνοή** τους. Στους περιέκτες μπορεί να αυξηθεί η πίεση, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι σχετικά υψηλή και γι' αυτό τα μπουκάλια πρέπει να ανοίγονται με προσοχή και φυσικά τα διαλύματα αυτά τα **χειριζόμαστε σε απαγωγό, με πολύ καλό εξαερισμό.**

Η άνυδρη αμμωνία ανήκει στην κατηγορία **τοξική και επικίνδυνη για το περιβάλλον**. Η αέρια αμμωνία είναι εύφλεκτη και δημιουργεί εκρηκτικά μίγματα με τον αέρα. Αντιδρά βίαια με τα αλογόνα και με πολλές άλλες ενώσεις.

Εικόνα 29. Η ελαφρώς μπλε χρωματισμένη περιοχή επάνω και αριστερά της μεγάλης κόκκινης κηλίδας είναι το πρώτο νέφος αμμωνίας που ανιχνεύτηκε στον πλανήτη Δία. Η εικόνα αυτή δημιουργήθηκε από δεδομένα που συνέλεξε το διαστημόπλοιο «Γαλιλαίος» στις 26 Ιουνίου του 1996.



BENZOΪΚΟ ΟΞΥ



Το βενζοϊκό οξύ (benzoic acid) C_6H_5COOH , είναι ένα λευκό κρυσταλλικό στερεό και το απλούστερο οργανικό καρβοξυλικό οξύ. Ανακαλύφθηκε το 16^ο αιώνα, ενώ οι αντιμικητιακές του ιδιότητες ήταν γνωστές από το 1875. Για το λόγο αυτό, το βενζοϊκό οξύ και τα άλατά του χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά τροφίμων κυρίως σε χυμούς φρούτων, ανθρακούχα ποτά ή άλλα όξινα τρόφιμα και ποτά. Υπάρχει υποψία πάντως πως

σε κάποια ποτά μπορεί να αντιδράσει με το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) και να σχηματίσει μικρές ποσότητες βενζολίου.

Είναι βλαβερό αν καταποθεί και ερεθιστικό για τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα και μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις. Δεν θεωρείται πάντως βλαβερή η επαφή με μικρές δόσεις.

Πρέπει να το χειριζόμαστε φορώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια.

Μικρές ποσότητες του μπορούν να απορρίπτονται στην αποχέτευση ενώ οι μεγάλες πρέπει να συλλέγονται μαζί με τα στερεά απόβλητα.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε το πλύσιμο για τουλάχιστον 10 λεπτά και αν ο ερεθισμός παραμένει καλούμε ιατρική βοήθεια.

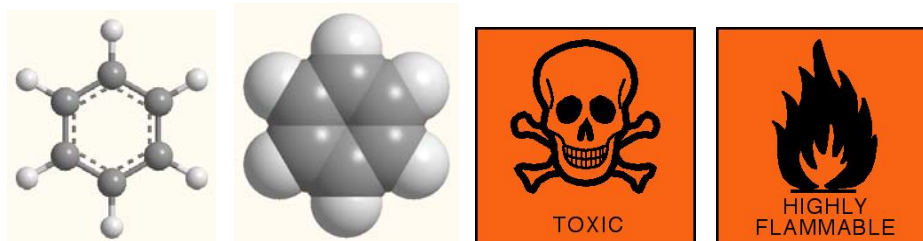
Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι.

Κατάποση: Καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια, αν η ποσότητα που έχει καταποθεί είναι μεγάλη.

R22 R36 R37.

S26.

BENZOLIO



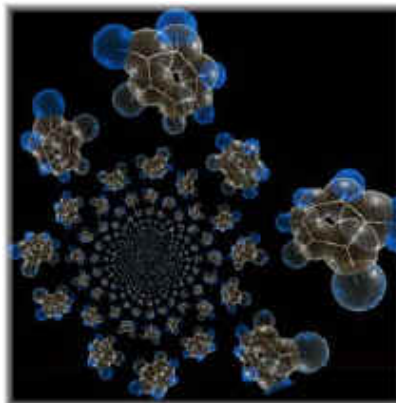
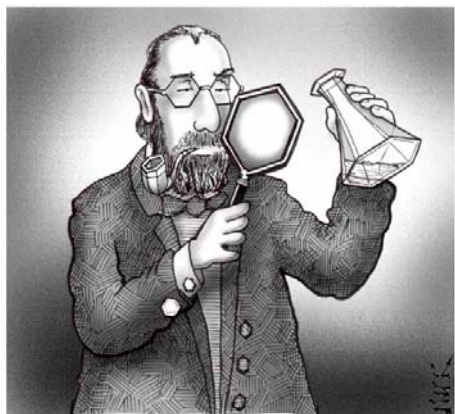
Το βενζόλιο (benzene) C_6H_6 , είναι διαυγές, **άχρωμο υγρό** με γλυκιά μυρωδιά. Εξατμίζεται πολύ γρήγορα στον αέρα και διαλύεται ελάχιστα στο νερό. Είναι **πολύ εύφλεκτη** ουσία και στην υγρή μορφή της, αλλά και στη μορφή των ατμών της. Οι ατμοί του είναι βαρύτεροι από τον αέρα και γι αυτό μπορούν να συσσωρευτούν, να διασπαρουν και να αναφλεγούν ακόμα και μακριά από την πηγή της εκπομπής. Το υγρό επιπλέει στο νερό και μπορεί να μεταφερθεί επίσης σε μακρινές αποστάσεις και να διασπείρει τη φωτιά. Σε υψηλές θερμοκρασίες διασπάται σχηματίζοντας τοξικά αέρια.

Από τον 19^ο αιώνα ως τις αρχές του 20^{ου} χρησιμοποιούνταν ως aftershave εξαιτίας της ευχάριστης μυρωδιάς του. Βεβαίως είχε και πολλές άλλες εφαρμογές, όταν όμως ανακαλύφθηκε η τοξικότητά του, η χρήση του περιορίστηκε και αντικαταστάθηκε, όπου

αυτό ήταν εφικτό από άλλες ουσίες, έτσι ώστε οι καταναλωτές ή οι εργαζόμενοι να μην έρχονται σε άμεση επαφή με την ουσία.

Εικόνα 30. Οι μεγάλες στιγμές της Επιστήμης: Έτος 1865, ο Kekulé λίγο πριν συλλάβει την ιδιοφυή ιδέα για τη δομή του βενζολίου!

Εικόνα 31. Μόρια βενζολίου.



Σχηματίζεται και από φυσικές και από ανθρωπογενείς πηγές. Χρησιμοποιείται πολύ στην βιομηχανία πλαστικών, ελαστικών, λιπαντικών, ρητινών, συνθετικών ινών, χρωμάτων, απορροπαντικών, φαρμάκων και εντομοκτόνων. Οι φυσικές πηγές του βενζολίου είναι τα ηφαιίστεια και οι φωτιές των δασών. Υπάρχει στο ακατέργαστο πετρέλαιο, στη βενζίνη (ως αντικροτικό και για την αύξηση του αριθμού οκτανίων- αντικαταστάθηκε όμως αρχικά από τον τετρααιθυλιούχο μόλυβδο και στη συνέχεια από άλλες ουσίες. Σήμερα το ανώτερο επιτρεπτό όριο είναι 1%) και στον καπνό του τσιγάρου. Οι εξατμίσεις των αυτοκινήτων είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπής βενζολίου στο περιβάλλον.

Το βενζόλιο είναι **επικίνδυνο αν καταποθεί ή αν εισπνεύσουμε τους ατμούς του, και αν έρθει σε επαφή με το δέρμα**. Πειραματικά δεδομένα έχουν δείξει πως στους ανθρώπους απορροφάται το 80% της ποσότητας που έχει εισπνευστεί, 5 λεπτά μετά την έκθεση. Αυτοψία σε νεαρό άτομο που πέθανε έδειξε πως το βενζόλιο υπήρχε στα ούρα, στο στομάχι, στη χολή, στο ήπαρ, στους νεφρούς, στους λιπώδεις ιστούς της κοιλιακής χώρας και στον εγκέφαλο. Πολλές μελέτες έδειξαν πως η τοξικότητα του βενζολίου οφείλεται στα προϊόντα του μεταβολισμού του, τα κυριότερα από τα οποία είναι η φαινόλη, η υδροκινόνη και η κατεχόλη, με πιθανότερα πιο τοξικά τη μουκοναλδεΐδη, τις κινόνες και τις ελεύθερες ρίζες που δημιουργούνται από τα ένζυμα της οξειδωσης. Τα ένζυμα που προκαλούν τις υδροξυλιώσεις βρίσκονται κυρίως στο ήπαρ και στο μυελό των οστών. Στη

συνέχεια συμβαίνει μια αλληλουχία αντιδράσεων με δραστικά οξυγονούχα στοιχεία (ROS = reactive oxygen species) που πιθανότατα είναι αυτά που προκαλούν την καταστροφή των κυττάρων. Επιπλέον οξείδωση των υδροξυλιωμένων παραγώγων οδηγεί στο σχηματισμό των βενζοκινονών που δεσμεύονται ομοιοπολικά σε διάφορα μακρομόρια συμπεριλαμβανομένου και του DNA.

Οι ατμοί του προκαλούν πονοκέφαλο, ναυτία, ζάλη, υπνηλία, και σύγχυση. Εισπνοή πολύ μεγάλων ποσοτήτων προκαλεί το θάνατο, ενώ υψηλές ποσότητες οδηγούν σε ταχυπαλμία, πονοκέφαλο, τρέμουλο, σύγχυση, ελάττωση της πίεσης του αίματος, καταστολή του κεντρικού νευρικού συστήματος και απώλεια αισθήσεων. Παρόμοια συμπτώματα εμφανίζονται και στην περίπτωση που φάμε τροφές που περιέχουν μεγάλες ποσότητες βενζολίου. Είναι **ερεθιστικό για τα μάτια και το δέρμα** (μπορεί να προκαλέσει δερματίτιδες). **Πρέπει να αποφεύγεται η εισπνοή των ατμών του.** Το βενζόλιο θεωρείται **πιθανό καρκινογόνο και ύποπτο για γενετικές μεταλλάξεις.**

Η μεγαλύτερη επίπτωσή από χρόνια έκθεση εμφανίζεται στο αίμα. Προκαλεί βλάβες στο μυελό των οστών, μείωση των ερυθρών αιμοσφαιρίων δηλ. αναιμία κ.α. Μπορεί επίσης να οδηγήσει σε ακατάσχετη αιμορραγία και να εξασθενίσει το αμυντικό σύστημα. Επιπλέον θεωρείται πως προκαλεί λευχαιμία. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο βενζολίου στο πόσιμο νερό είναι 0.005 mg/L, ενώ στον αέρα των εργασιακών χώρων είναι 1 ppm. Πρέπει να αντικαθίσταται όπου είναι δυνατόν από τολουόλιο. Αν όμως πρέπει τελικά να χρησιμοποιηθεί, **η εργασία πρέπει να γίνεται απαραίτητα στον απαγωγό, μακριά από εστίες φωτιάς, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας, και γάντια PVA ή βουτυλίου.**

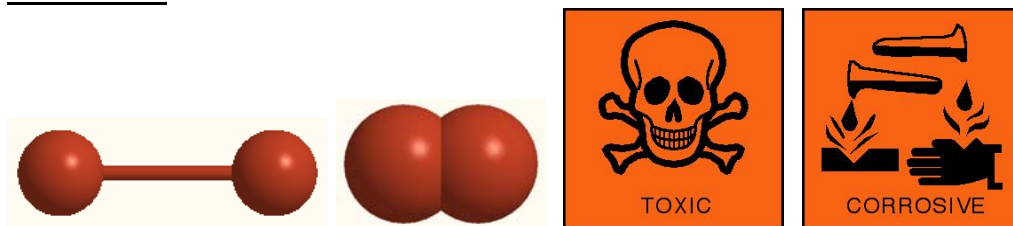
Δεν πρέπει να απορρίπτεται στην αποχέτευση γιατί δεν διαλύεται στο νερό και υπάρχει κίνδυνος να συσσωρευτούν ατμοί του μέσα στις σωληνώσεις και να αναφλεγούν. Επιπλέον είναι επικίνδυνο για το περιβάλλον.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλύνουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε το πλύσιμο για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλύνουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι, και απομακρύνουμε τα εμποτισμένα ρούχα. Αν εμφανιστεί ερεθισμός ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.

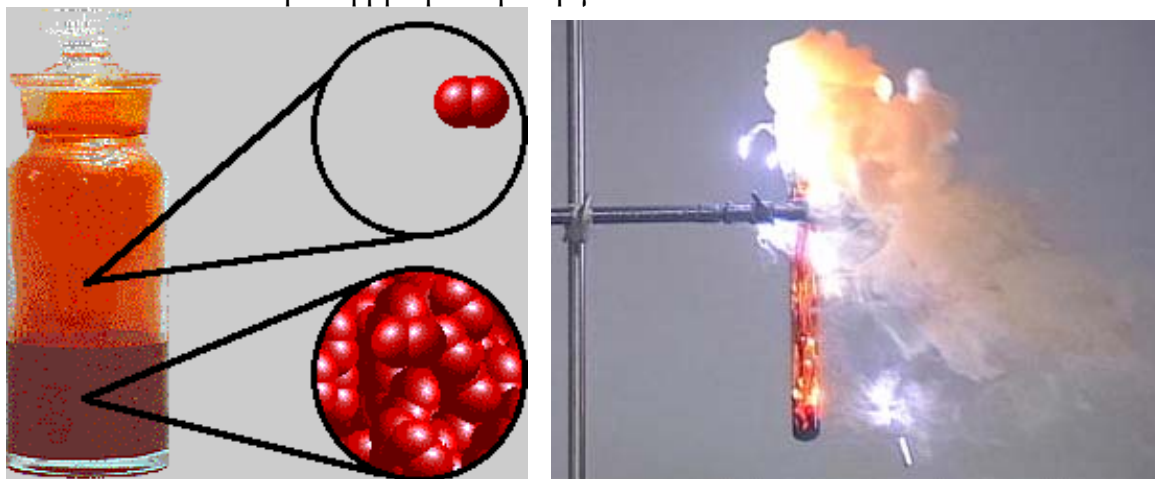
R11 R23 R24 R25 R36 R38 R45 R48 R65

ΒΡΩΜΙΟ

Το βρώμιο (bromine) Br_2 είναι ένα **κόκκινο πτητικό υγρό** και επειδή έχει υψηλή τάση ατμών σε θερμοκρασία δωματίου μπορεί πολύ εύκολα να δημιουργηθούν επικίνδυνες συγκεντρώσεις ατμών του στον ατμοσφαιρικό αέρα. Είναι **διαβρωτικό** των ανθρώπινων ιστών και προκαλεί **σοβαρά εγκαύματα**, ενώ οι ατμοί του είναι **ερεθιστικοί για τα μάτια και τον λαιμό**. Επίσης είναι **ισχυρά τοξικό όταν εισπνέεται και μπορεί να προκαλέσει και θάνατο**. Το βρώμιο είναι πολύ δραστική και ισχυρά οξειδωτική ουσία. Ακόμη και χαμηλές συγκεντρώσεις ατμών βρωμίου (10 ppm) μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή βλάβη στο αναπνευστικό σύστημα.

Εικόνα 32. Δοχείο που περιέχει υγρό (σκούρα κόκκινη περιοχή) και αέριο (ανοιχτή κόκκινη περιοχή) βρώμιο.

Εικόνα 33. Αντίδραση βρωμίου με αργίλιο.



Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, ως απολυμαντικό, σε καθαρισμούς υδάτων, στην παρασκευή χρωμάτων, φαρμάκων και με τη μορφή ανόργανων ενώσεων στην εμφάνιση φωτογραφικών φιλμ. Επιπλέον, χρησιμοποιείται αρκετά και στην οργανική σύνθεση. Παρόλο που είναι ελαφρώς μόνο διαλυτό στο νερό, υδατικό διάλυμα βρωμίου χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση αλκενίων, αλκονίων και φαινολών. Το

διάλυμα από κόκκινο χρωματισμένο, αποχρωματίζεται παρουσία των παραπάνω ενώσεων.

Η εργασία με το βρώμιο πρέπει να γίνεται απαραίτητα στον απαγωγό, ή σε χώρο που αερίζεται πολύ καλά, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας, και γάντια νεοπρενίου.

Δεν πρέπει να απορριφθεί στην αποχέτευση.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλύνουμε με άφθονο νερό. Οι πιτσιλιές στα μάτια μπορεί να προκαλέσουν εγκαύματα, γι αυτό καλούμε ιατρική βοήθεια.

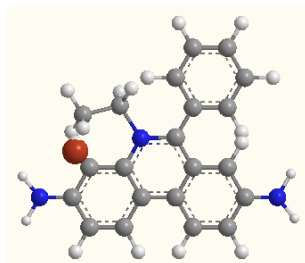
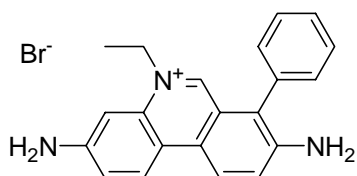
Επαφή με το δέρμα: Πλύνουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι, και απομακρύνουμε τα εμποτισμένα ρούχα. Αν εμφανιστεί ερεθισμός ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση ή εισπνοή: Καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια και το χειριζόμαστε ως επείγον περιστατικό.

R26 R27 R28 R35.

S7 S9 S26 S45

ΒΡΩΜΙΟΥΧΟ ΑΙΘΥΔΙΟ



Το βρωμιούχο αιθύδιο (ethidium bromide) είναι ένα βαθύ κόκκινο μη πηκτικό στερεό που χρησιμοποιείται στη Μοριακή Βιολογία κυρίως σε τεχνικές χρώσης των νουκλεϊνικών οξέων, όπως η ηλεκτροφόρηση με γέλη αγαρόζης. Όταν εκτίθεται στο υπεριώδες φως φθορίζει με ένα πορτοκαλοκόκκινο χρώμα. Είναι **ισχυρά μεταλλαξιογόνο** και **πιθανώς καρκινογόνο ή τερατογόνο**, καθώς συμπλέκεται με τη διπλή έλικα του DNA αποσυντάσσοντάς τη. Για το λόγο αυτό πιστεύεται πως μπλοκάρει βιολογικές λειτουργίες, όπως ο ανασυνδυασμός ή η μεταγραφή των νουκλεϊνικών οξέων. Επιπλέον, ερεθίζει τα μάτια, το δέρμα, τις βλεννώδεις μεμβράνες και το άνω αναπνευστικό σύστημα. Οι επιπτώσεις του στην υγεία δεν είναι πλήρως διαπιστωμένες και τεκμηριωμένες. Οι τοξικές

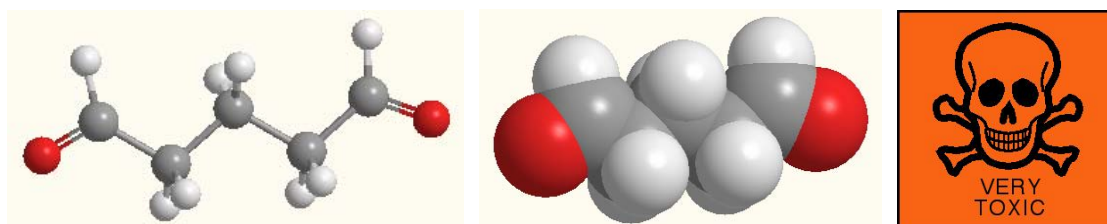
του ιδιότητες πιθανόν να εμφανιστούν με την κατάποση, την εισπνοή ή την απορρόφηση από το δέρμα.

Το βρωμιούχο αιθώδιο πρέπει να χρησιμοποιείται σε απαγωγό, ενώ πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιούνται γάντια καθ' όλη τη διάρκεια της επαφής με την ουσία. Τα γάντια λάτεξ προσφέρουν χαμηλή προστασία, ενώ τα γάντια νιτριλίου θεωρούνται πιο αποτελεσματικά. Όταν η ουσία χρησιμοποιείται σε μεγάλες συγκεντρώσεις ή για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, τότε συνιστάται η χρήση διπλών γαντιών για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα της έκθεσης.

Όπως με όλες τις χημικές ουσίες αν έρθει σε επαφή με το δέρμα πλύνουμε με άφθονο νερό για τουλάχιστον 15 λεπτά. Αν εισπνεεί μεγάλη ποσότητα ή καταποθεί καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια. Σε περίπτωση που κάποια ποσότητα υδατικού διαλύματος ή στερεού χυθεί στον πάγκο ή στο πάτωμα, σκουπίζουμε προσεκτικά την περιοχή με χαρτί εμποτισμένο σε διάλυμα εξουδετέρωσης της ουσίας και στη συνέχεια με νερό αποφεύγοντας τη δημιουργία σκόνης. Χρησιμοποιώντας λάμπα UV ελέγχουμε την περιοχή έτσι ώστε να μην έχουν μείνει καθόλου ίχνη της ουσίας. Στη συνέχεια συλλέγουμε τα απορρίματα σε κλειστό δοχείο και τα τοποθετούμε στο χώρο που συλλέγονται τα ιατρικά απόβλητα. Με τον ίδιο τρόπο χειριζόμαστε και τα απόβλητα της κανονικής χρήσης συμπεριλαμβανομένων και των γαντιών, δοκιμαστικών σωλήνων, χαρτιών εμποτισμένων με την ουσία κλπ. Μικρά ποσά της ουσίας που προέρχονται από την ηλεκτροφόρηση με γέλη δεν αποτελούν κατά κανόνα μεγάλο κίνδυνο, αρκεί στο τέλος την διαδικασίας η ουσία να απενεργοποιηθεί και να εξουδετερωθεί με τους ενδεδειγμένους τρόπους.

R20 R22 R36 R37 R38.

ΓΛΟΥΤΑΡΑΛΔΕΪΔΗ



Η γλουταραλδεΐδη (glutaraldehyde) $\text{HCOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$, είναι ένα άχρωμο ελαιώδες υγρό με έντονη μυρωδιά που αναμιγνύεται με το νερό, την αιθανόλη και το βενζόλιο. Χρησιμοποιείται για την ψυχρή αποστείρωση ιατρικών και οδοντιατρικών

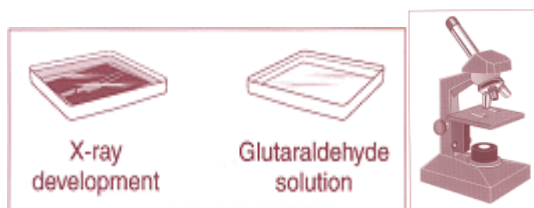
σκευών που είναι ευαίσθητα στη θέρμανση (όπως διάφορα χειρουργικά εργαλεία, βρογχοσκόπια, ενδοσκόπια, εργαλεία για τα αυτιά, τη μύτη και το λάρυγγα, δοχεία αναρρόφησης κλπ), ως στερεωτική ουσία των ιστών στην ηλεκτρονική μικροσκοπία σε εργαστήρια ιστολογίας και παθολογίας, ως σκληρυντικό στην ανάπτυξη των ακτινογραφιών-Χ και ως υλικό ταρίχευσης.

Επιπλέον, στη βιοχημεία έχει εφαρμογές ως διδραστικός σύνδεσμος σε αντιδράσεις με αμίνες των πρωτεϊνών. Χρησιμοποιείται επίσης βιομηχανικά για την κατεργασία του νερού, ως χημικό συντηρητικό για μακρόχρονη αποθήκευση και ενδιάμεσο στην παρασκευή πολλών χημικών προϊόντων. Είναι **πολύ τοξικό**, προκαλεί σοβαρό ερεθισμό στα μάτια, τη μύτη, το λάρυγγα και τους πνεύμονες, ενώ παράλληλα είναι υπεύθυνο για πονοκεφάλους, ζαλάδες και υπνηλία, αλλεργικές δερματίτιδες, άσθμα. Θα πρέπει να αποφεύγεται η εισπνοή των ατμών της και η επαφή με το δέρμα, και γι αυτό είναι απαραίτητο τα δοχεία που περιέχουν την ουσία να είναι ερμητικά κλειστά. Σε περίπτωση ατυχήματος, θα πρέπει η μολυσμένη περιοχή να πλένεται πολύ καλά με νερό, ενώ και οι διάφορες σταγόνες ή πιτσιλιές στον εργαστηριακό χώρο πρέπει να καθαρίζονται αμέσως. Θα πρέπει επιπλέον να χρησιμοποιείται απαγωγός αερίων, όπου είναι δυνατόν (ή αλλιώς να υπάρχει καλός εξαερισμός του χώρου), γάντια νιτριλίου και γυαλιά ασφαλείας.

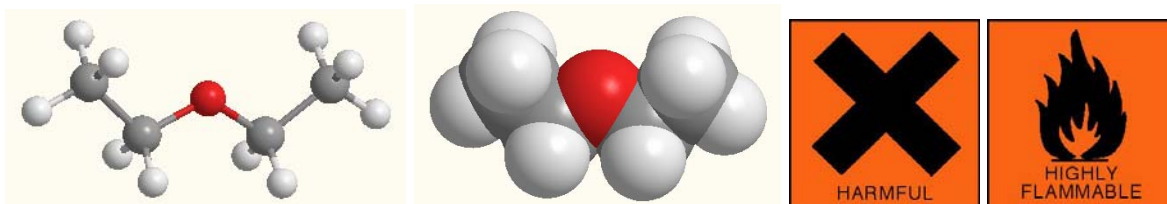
R23 R25 R34 R42 R43 R50

S26 S36 S37 S39 S45 S61

Εικόνα 34. Συστήματα στα οποία χρησιμοποιείται γλουταραλδεΐδη.



ΔΙΑΙΘΥΛΑΙΘΕΡΑΣ (αιθέρας)



Ο διαιθυλαιθέρας (diethyl ether) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$, είναι άχρωμο υγρό με χαμηλό σημείο ζέσης και χαρακτηριστική οσμή. Χρησιμοποιείται ως κοινός οργανικός **διαλύτης**. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ως αναισθητικό. Σήμερα όμως η χρήση αυτή εγκαταλείφθηκε, γιατί ο αιθέρας είναι **ιδιαίτερα εύφλεκτος, εκρηκτικός** και ερεθιστικός για κάποιους ασθενείς. Βρίσκει πάντως χρήση για την αναισθητοποίηση εντόμων, όπως τα τοιμπούρια, έτσι ώστε να μπορούν να απομακρυνθούν από το σώμα ζώων ή ανθρώπων. Σε κάποιες αναπτυσσόμενες όμως χώρες χρησιμοποιείται ακόμη ως αναισθητικό για οικονομικούς λόγους αλλά και επειδή έχει υψηλό θεραπευτικό δείκτη. Είναι ελάχιστα διαλυτός στο νερό.

Εικόνα 35. Ο περίεργος πιθήκος καταδεικνύει τα αποτελέσματα του διαιθυλαιθέρα στα πρωτεύοντα θηλαστικά.



Εξαιτίας της μεγάλης του πιητικότητας και του χαμηλού σημείου ανάφλεξης ο αιθέρας θεωρείται **παράγοντας επικινδυνότητας** στο εργαστήριο και πρέπει να διατηρείται **μακριά από εστίες φωτιάς, ακόμα και από θερμές επιφάνειες**. Οι ατμοί του είναι βαρύτεροι από τον αέρα και συσσωρεύονται στην ατμόσφαιρα αν δεν υπάρχει κατάλληλος εξαερισμός. Απλός στατικός ηλεκτρισμός μπορεί να αναφλέξει τους ατμούς και να δημιουργήσει ακόμα και έκρηξη όταν η περιεκτικότητα στον αέρα είναι μεγαλύτερη από 2%. Επιπλέον είναι ευαίσθητος στο φως και στον αέρα και δημιουργεί εκρηκτικά υπεροξειδία και γι' αυτό δεν πρέπει να αποστάζεται μέχρι ξηρού. Για την αποφυγή της δημιουργίας των υπεροξειδίων ο αιθέρας είναι εμπορικά διαθέσιμος με πρόσμιξη BHT (2,6-δι-τριπ-βουτυλο-4-μεθυλοφαινόλης). Όταν ένα μπουκάλι ανοιχτεί δεν πρέπει να αποθηκευτεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Δημιουργεί ιδιαίτερα δυσάρεστο συναίσθημα αν καταποθεί και μπορεί να μας κάψει το στόμα. **Είναι ερεθιστικός για το δέρμα, τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα και μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις**. Βρίσκεται στη λίστα των ναρκωτικών και ψυχοτρόπων ουσιών.

Ο αιθέρας πρέπει να χρησιμοποιείται σε απαγωγό, μακριά από εστίες φωτιάς, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια PVA (πολυβινυλοαλκοόλης).

Δεν απορρίπτεται στην αποχέτευση γιατί υπάρχει κίνδυνος να συσσωρευτούν ατμοί μέσα στις σωληνώσεις και να αναφλεγούν.

Επαφή με τα μάτια: Πλένουμε με άφθονο νερό, συνεχίζουμε τις πλύσεις για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε ιατρική βοήθεια.

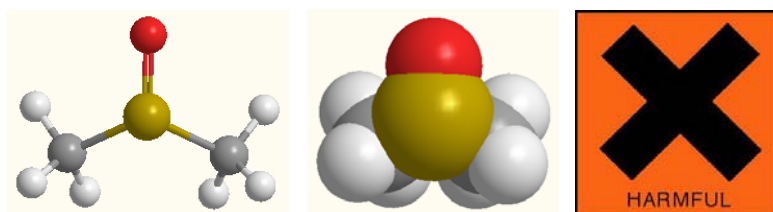
Επαφή με το δέρμα: ΑΜΕΣΩΣ απομακρύνουμε τα ρούχα, αν έχουν εμποτιστεί με αιθέρα γιατί υπάρχει κίνδυνος φωτιάς. Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό, και αν το δέρμα έχει κοκκινίσει ή εμφανίζεται κατεστραμένο καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.

R12 R19 R22 R66 R67.

S9 S16 S29 S33.

ΔΙΜΕΘΥΛΟ ΣΟΥΛΦΟΞΕΙΔΙΟ



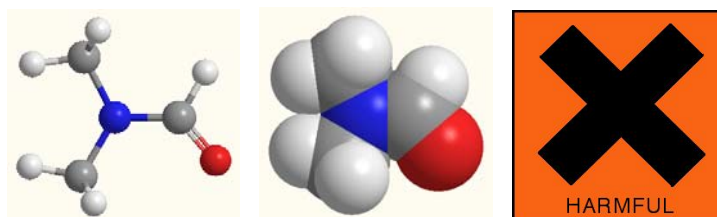
Το διμεθυλο-σουλφοξειδιο (dimethyl sulfoxide) $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$, είναι μια οργανική ένωση που περιέχει ένα άτομο θείου. Είναι διαυγές, άχρωμο, υγροσκοπικό, **εύφλεκτο** υγρό. Όταν είναι καθαρό έχει μια ελαφριά μυρωδιά, ενώ όταν έχει προσμίξεις μυρίζει περισσότερο. Ανήκει στους διπολικούς απρωτικούς **διαλύτες** (όπως το διμεθυλοφορμαμίδιο, διμεθυλακεταμίδιο και N-μεθυλο-2-πυρρολιδόνη). Διαλύεται αμέσως σε πολλούς οργανικούς διαλύτες, όπως αλκοόλες, εστέρες, κετόνες, χλωριωμένους διαλύτες και αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Επιπλέον είναι αναμιξιμο σε όλες τις αναλογίες με το νερό.

Στην οργανική σύνθεση, το DMSO χρησιμοποιείται σε αντιδράσεις οξείδωσης, στη βιομηχανία των ηλεκτρονικών ως υγρό έκπλυσης, και στη δευτεριωμένη του μορφή (DMSO-d6) ως διαλύτης για τη λήψη φασμάτων πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR). Στην κρυο-βιολογία το DMSO χρησιμοποιείται ως κρυο-προστατευτική ουσία και επιπλέον ως σημαντικό συστατικό των κρυο-προστατευτικών υαλωδών μιγμάτων που

χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση οργάνων και ιστών. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην κρυο-κατάψυξη και μακράς διάρκειας αποθήκευση εμβρυϊκών βλαστικών κυττάρων που συνήθως καταψύχονται σε μίγμα 10% DMSO and 90% ορό εμβρύου βοοειδούς. Η χρήση του DMSO στην ιατρική χρονολογείται από το 1963, όταν μια ομάδα της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου του Όρεγκον ανακάλυψε πως η ουσία διαπερνά σε βάθος το δέρμα και άλλες μεμβράνες χωρίς να τις καταστρέφει και επιπλέον μπορεί να μεταφέρει ουσίες βαθιά μέσα σε ένα βιολογικό σύστημα. Στην Ιατρική το DMSO πρωτίστως χρησιμοποιείται ως τοπικό αναλγητικό, φορέας τοπικής εφαρμογής φαρμάκων, ως αντι-φλεγμονώδες και αντιοξειδωτικό.

Το διμεθυλο-σουλφοξείδιο είναι **ερεθιστικό στην περίπτωση κατάποσης και επαφής με τα μάτια, το δέρμα και την αναπνευστική οδό** και γι αυτό πρέπει να **αποφεύγεται η εισπνοή ατμών και η επαφή με το δέρμα**. Παρόλο που έχει χαμηλή τοξικότητα και είναι λιγότερο βλαβερό από το DMF (διμεθυλο-φορμαμίδιο) ή το HMPA (εξαμεθυλο-φωσφοραμίδιο $[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_3\text{PO}$), παρατεταμένη έκθεση μπορεί να προκαλέσει δερματίτιδα και πιθανόν βλάβη στο ήπαρ και στους νεφρούς. Η μεγαλύτερη ανησυχία για την τοξικότητα του DMSO είναι η ικανότητά του να μεταφέρει άλλες ουσίες στο ανθρώπινο σώμα, μέσω της επαφής με το δέρμα. Για παράδειγμα ένα διάλυμα κυανιούχου νατρίου NaCN σε DMSO έχει μακράν μεγαλύτερες πιθανότητες να προκαλέσει δηλητηρίαση από κυανιούχα μέσω επαφής του διαλύματος με το δέρμα από ότι η επαφή του δέρματος με στερεό NaCN ή υδατικό διάλυμά του.

***N,N*-ΔΙΜΕΘΥΛΟΦΟΡΜΑΜΙΔΙΟ**



Το *N,N*-διμεθυλοφορμαμίδιο (*N,N*-dimethyl formamide) είναι μια οργανική ουσία με το μοριακό τύπο $(\text{CH}_3)_2\text{NC}(\text{O})\text{H}$. Συμβολίζεται ως DMF και είναι ένα άχρωμο υγρό αναμιξιμο με το νερό και πολλούς οργανικούς διαλύτες. Είναι πολύ κοινός πολικός απρωτικός διαλύτης με υψηλό σημείο ζέσεως και χρησιμοποιείται σε πολλές οργανικές αντιδράσεις, στην παρασκευή ακρυλικών ινών και πλαστικών. Επίσης είναι ο συνήθης

διαλύτης για τη σύζευξη αμινοξέων προς πεπτίδια στη φαρμακευτική βιομηχανία και στη σύνθεση εντομοκτόνων, συνθετικών δερμάτων, φιλμ κλπ. Το πολύ καθαρό DMF είναι άοσμο, το τεχνικώς καθαρό όμως έχει μια ελαφριά μυρωδιά ψαριού εξαιτίας της ύπαρξης ως πρόσμιξη της διμεθυλαμίνης. Είναι ασταθές παρουσία ισχυρών βάσεων όπως το υδροξείδιο του νατρίου ή ισχυρών οξέων όπως το υδροχλωρικό ή θειικό οξύ και υδρολύεται εξώθερμα σε φορμαμίδιο και διμεθυλαμίνη, ιδιαίτερα σε υψηλές θερμοκρασίες.

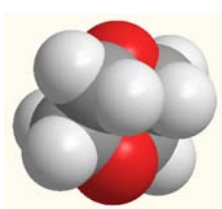
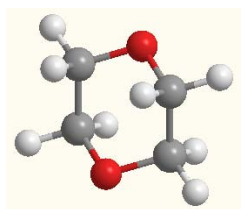
Το DMF έχει συνδεθεί με εμφάνιση καρκίνου σε ανθρώπους, χωρίς αυτό να είναι πλήρως τεκμηριωμένο και πιστεύεται πως προκαλεί γενετικές ανωμαλίες. Μπορεί να αντικατασταθεί σε πολλές αντιδράσεις με το διμεθυλοσουλφοξείδιο.

Είναι βλαβερό αν καταποθεί, εισπνεεί ή έρθει σε επαφή με το δέρμα. Σε μεγάλες δόσεις μπορεί να προκαλέσει και θάνατο, ενώ η επαφή για μεγάλα χρονικά διαστήματα μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους νεφρούς ή στο ήπαρ. Συνιστάται η χρήση γαντιών και ο καλός εξαερισμός του χώρου.

R20 R21 R36 R61.

S45 S53.

1,4-ΔΙΟΞΑΝΙΟ



Το 1,4-διοξάνιο (1,4-dioxane) είναι μια άχρωμη, ετεροκυκλική οργανική ένωση που χαρακτηρίζεται ως αιθέρας και χρησιμοποιείται ως απρωτικός διαλύτης. Έχει μια ελαφριά μυρωδιά όπως ο διαιθυλαιθέρας και είναι πιο πολική από αυτόν. Αναμιγνύεται με το νερό, είναι υγροσκοπική ένωση και έχει υψηλότερο σημείο ζέσεως από το διαιθυλαιθέρα. Έχει πολλές χρήσεις στη βιομηχανία και υπολείμματά του μπορεί να βρεθούν σε σαμπουάν, αποσμητικά, οδοντόπαστες και στοματικά διαλύματα.

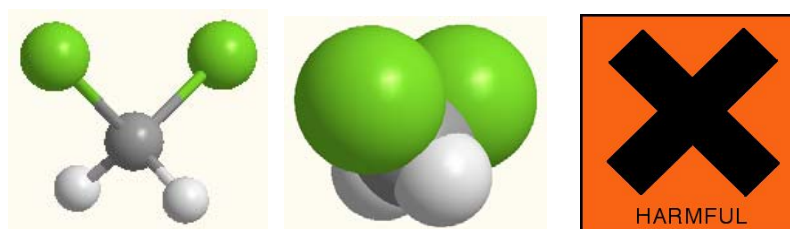
Όπως πολλοί αιθέρες αντιδρά με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και σχηματίζει εκρηκτικά υπεροξειδία, γι αυτό δεν πρέπει να αποστάζεται μέχρι ξηρού.

Το 1,4-διξάνιο είναι **ερεθιστικό για τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα**. Υπάρχει η υποψία πως προκαλεί βλάβες στο κεντρικό νευρικό σύστημα, το ήπαρ και τους νεφρούς, ενώ έχουν αναφερθεί και θανατηφόρα ατυχήματα σε εργασιακούς χώρους. Κατηγοριοποιείται μαζί με τα **πιθανά καρκινογόνα**, γιατί είναι γνωστός καρκινογόνος παράγοντας για τα πειραματόζωα.

R11 R19 R20 R21 R22 R36 R37 R40 R66.

S16 S36 S37.

ΔΙΧΛΩΡΟΜΕΘΑΝΙΟ



Το διχλωρομεθάνιο (dichloromethane) ή αλλιώς μεθυλενοχλωρίδιο, CH₂Cl₂, είναι μια χημική ένωση ευρέως χρησιμοποιούμενη ως **διαλύτης** για οργανικές ουσίες. Είναι ένα άχρωμο, **πητικό** υγρό με μέτριο ως ισχυρό διαπεραστικό άρωμα, που κάνει μερικούς ανθρώπους να νοιώθουν άβολα. Στη βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση της καφεΐνης από τον καφέ και την εκχύλιση ελαίων από καρυκεύματα και σπόρους. Η πητικότητά του οδήγησε στη χρήση του ως προωθητικό σπρέυ-αεροζόλ και ως αφριστικός παράγοντας σε αφρούς πολυουρεθάνης. Επίσης χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό και εντομοκτόνο για την αποθήκευση φραουλών και σταφυλιών.

Το διχλωρομεθάνιο είναι το **λιγότερο τοξικό** από τους απλούς χλωριωμένους υδρογονάνθρακες, χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία. Οι **ατμοί** του θεωρούνται γενικά **επικίνδunami και ασφυξιογόνοι**. Είναι βλαβερό αν καταποθεί, εισπνευστεί, ή έρθει σε επαφή με το δέρμα. Απορροφάται άμεσα από τους πνεύμονες, το γαστρεντερικό σύστημα και σε κάποιο βαθμό από το δέρμα. Παρατεταμένη επαφή με το δέρμα έχει ως αποτέλεσμα τη διάλυση των λιπαρών ιστών στο δέρμα που οδηγεί σε **ερεθισμούς του δέρματος και εγκαύματα**. Η συγκέντρωση του διχλωρομεθανίου στο αίμα αυξάνεται απότομα μετά την απορρόφησή του και εξαρτάται φυσικά από την έκταση της απορρόφησης. Στη συνέχεια παρατηρείται διασπορά στην καρδιά, το ήπαρ, τον εγκέφαλο και τους λιπώδεις ιστούς.

Εκτενείς τοξικοκινητικές μελέτες έδειξαν πως το μεθυλενοχλωρίδιο μεταβολίζεται *in vivo* από δύο οδούς: α) μια μικτή δράση των ο-450 συστημάτων παράγοντας CO₂ και CO, (το τελευταίο συνδέεται άμεσα με την αιμοσφαιρίνη του αίματος δημιουργώντας την CO-αιμοσφαιρίνη που εμποδίζει την οξυγόνωση των ιστών) και β) μια οδός εξαρτώμενη από τη γλουταθειόνη που παράγει μόνο CO₂. Άλλοι μεταβολίτες του διχλωρομεθανίου είναι η φορμαλδεΐδη και το φορμικό οξύ.

Η **χρόνια έκθεση** μπορεί να αποβεί **καρκινογόνα**, καθώς έχει συνδεθεί με καρκίνους των πνευμόνων, του ήπατος και του παγκρέατος σε πειραματόζωα. Είναι **μεταλλαξιογόνο και τερατογόνο**, προκαλώντας γενετικές ανωμαλίες, εφόσον η έγκυος γυναίκα έχει εκτεθεί σε αυτό, καθώς διαπερνά τον πλακούντα. Επιπλέον μπορεί να δράσει ως ναρκωτικό ή να καταστείλει το κεντρικό νευρικό σύστημα. Τα νευρολογικά συμπτώματα που παρατηρήθηκαν σε ανθρώπους που εκτείθονταν σε διχλωρομεθάνιο στην εργασία τους ήταν πονοκέφαλοι, ζαλάδες, ναυτία, απώλεια μνήμης, παραισθήσεις, τρέμουλο στα χέρια και τα πόδια και απώλεια αισθήσεων. Έκθεση σε μεγαλύτερες δόσεις οδηγούν σε κόπωση, οξυθυμία, αναλγησία, νάρκωση και θάνατο.

Η εργασία με το διχλωρομεθάνιο πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, ή σε χώρο που αερίζεται καλά, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας.

Δεν πρέπει να απορρίπτεται στην αποχέτευση, αλλά να φυλάγεται μαζί με άλλους χλωριωμένους δαλύτες για καταστροφή από ειδικούς.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Αν ο ερεθισμός επιμένει, καλούμε ιατρική βοήθεια.

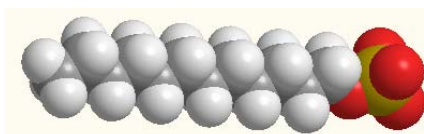
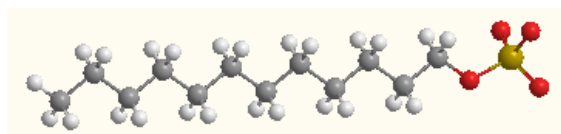
Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι.

Κατάποση: Καλούμε ιατρική βοήθεια.

R20 R22 R40.

S23 S24 S25 S36 S37.

ΔΩΔΕΚΥΛΟ ΣΟΥΛΦΟΝΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ

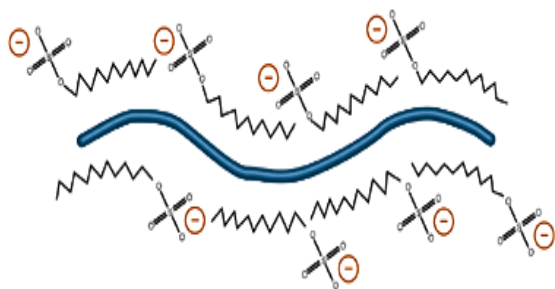


Το δωδεκυλο σουλφονικό νάτριο (SDS-sodium dodecyl sulfate) CH₃(CH₂)₁₁OSO₃⁻ Na⁺ είναι μια ιονική τασενεργή ουσία που βρίσκει οικιακές χρήσεις ως συστατικό σε

οδοντόπαστες, σαμπουάν, αφρούς ξυρίσματος και αφρόλουτρα εξαιτίας της ιδιότητάς του να δίνει αφρό. Δομικά το μόριο έχει μια μακρά αλειφατική αλυσίδα με 12 άτομα άνθρακα η οποία συνδέεται με μια σουλφονική ομάδα. Αυτή η δομή προσδίδει στο μόριο τις αμφιφιλικές (υδρόφιλες και υδρόφοβες) ιδιότητες που απαιτούνται σε ένα απορρυπαντικό. Όπως όλα τα τασενεργά (συμπεριλαμβανομένου και του σαπουνιού) απομακρύνει τις λιπαρές ουσίες από το δέρμα και μπορεί να προκαλέσει ερεθισμούς στο δέρμα και στα μάτια.

Στο εργαστήριο, το SDS χρησιμοποιείται στην κατεργασία των πρωτεϊνών πριν την ηλεκτροφόρηση με γέλη πολυακρυλαμιδίου. Το SDS διασπά τους μη ομοιοπολικούς δεσμούς των πρωτεϊνών, αποδιατάσσοντάς τις και στη συνέχεια δεσμεύεται στην κυρίως πεπτιδική αλυσίδα σε αναλογία ένα ανιόν SDS για κάθε δύο μονάδες αμινοξέων. Αυτό προσδίδει αρνητικό φορτίο στις πρωτεΐνες αναλογικά με τη μάζα τους, οι οποίες κατά τη διάρκεια της ηλεκτροφόρησης οδεύουν προς το θετικό ηλεκτρόδιο με γνώμονα το μέγεθός τους.

Εικόνα 36. Η δέσμευση του δωδεκυλο-σουλφονικού νατρίου στην πρωτεΐνη.



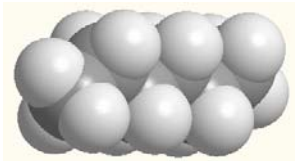
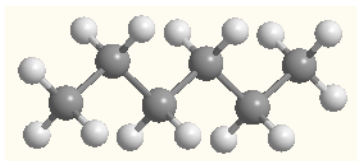
Το SDS προκαλεί δερματίτιδες (κάποιοι άνθρωποι είναι πιο ευαίσθητοι από άλλους), ενώ όταν συνδυαστεί με συγκεκριμένες χημικές ουσίες μπορεί να γίνει καρκινογόνο. Η Αμερικανική Αντικαρκινική Εταιρία έχει κατατάξει την ουσία στις μη καρκινογόνες και δηλώνει πως παρόλο που είναι ερεθιστική για το δέρμα, είναι επικίνδυνη μόνο σε συγκεντρώσεις πολύ μεγαλύτερες από αυτές που χρησιμοποιούνται στα καλλυντικά. Είναι επίσης ερεθιστική για τα μάτια, και βλαβερή αν καταποθεί ή εισπνευστεί η σκόνη της. Πρέπει να τη χειριζόμαστε με γυαλιά ασφαλείας και γάντια, προτιμότερο σε απαγωγό.

Είναι ουσία υγροσκοπική, ασύμβατη με ισχυρά οξέα και οξειδωτικές ουσίες.

R20 R21 R22 R36 R37 R38.

S26 S36 S37.

ΕΞΑΝΙΟ



Το εξάνιο (hexane) είναι ένας υδρογονάνθρακας, με το μοριακό τύπο $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$. Παράγεται κατά την απόσταξη του αργού πετρελαίου. Το κλάσμα στο οποίο περιέχεται καλείται πετρελαϊκός αιθέρας και η ακριβής του σύσταση εξαρτάται από την προέλευση του πετρελαίου. Συνήθως έχει περιεκτικότητα περίπου 50% σε εξάνιο και το σημείο ζέσεως του κλάσματος είναι 65-70 °C.

Η τοξικότητά του είναι σχετικά χαμηλή. Εισπνοή υψηλών συγκεντρώσεων προκαλεί αρχικά ελαφρά ευφορία, η οποία συνοδεύεται από υπνηλία με πονοκεφάλους και ναυτία. Χρόνια τοξικότητα στο εξάνιο έχει παρατηρηθεί σε εργαζόμενους σε βιομηχανίες παπουτσιών, επίπλων και αυτοκινήτων. Τα αρχικά συμπτώματα είναι μούδιασμα και τρέμουλο και κράμπες στα χέρια και τα πόδια, που συνοδεύονται από γενική μυϊκή αδυναμία. Σε σοβαρές περιπτώσεις παρατηρείται ατροφία των σκελετικών μυών μαζί με έλλειψη συντονισμού και προβλήματα στην όραση, καταστολή του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ), ελαττωμένη γονιμότητα. Πειράματα σε ζώα έδειξαν παρόμοια συμπτώματα, με επιπλέον εκφυλισμό του περιφερικού και τελικά του ΚΝΣ. Η τοξικότητα πάντως δεν οφείλεται στο εξάνιο αυτό καθ' αυτό, αλλά σε έναν από τους μεταβολίτες του, την εξανο-2,5-διόνη, η οποία πιστεύεται ότι αντιδρά με την αμινομάδα της λυσίνης των πρωτεϊνών, προκαλώντας αλλαγές στη δομή και επομένως τη λειτουργία τους. Τα αποτελέσματα της δηλητηρίασης από εξάνιο, δεν είναι μόνιμα, αλλά παρέχονται συνήθως σταδιακά, ένα με τρία χρόνια από το τέλος της έκθεσης.

Στην οργανική χημεία χρησιμοποιείται ως **διαλύτης**, είναι **ιδιαίτερα εύφλεκτος** και **πτητικός**, έχει μυρωδιά πετρελαίου και είναι σταθερός σε πολλά αντιδραστήρια. Άμεσα δημιουργεί εκρηκτικά μίγματα με τον αέρα. **Αποφεύγεται η εισπνοή των ατμών του.**

Η εργασία με το εξάνιο πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, ή σε χώρο που αερίζεται καλά, μακριά από εστίες φωτιάς, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια νιτριλίου ή PVA.

Δεν πρέπει να απορρίπτεται στην αποχέτευση, αλλά να φυλάγεται μαζί με άλλους μη χλωριωμένους δαλύτες για καταστροφή από ειδικούς.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Αν ο ερεθισμός επιμένει, καλούμε ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό. Απομακρύνουμε τα διαποτισμένα με εξάνιο ρούχα, γιατί υπάρχει άμεσος κίνδυνος ανάφλεξης, και τα τοποθετούμε σε έναν χώρο που εξαερίζεται καλά. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

R11 R20 R38 R48 R51 R53 R62 R65 R67.

S16 S36 S37 S39 S45 S53.

ΘΕΙΙΚΟ ΟΞΥ



Το θειικό οξύ (sulfuric acid) είναι ένα **ισχυρό ανόργανο οξύ**, με μορφή άχρωμου ελαιώδους υγρού. Είναι **διαλυτό στο νερό** σε όλες τις συγκεντρώσεις. Έχει πολλές εφαρμογές και παράγεται σε μεγαλύτερες ποσότητες από κάθε άλλη χημική ουσία. Η παγκόσμια παραγωγή του το 2001 ήταν 165 εκατομμύρια τόννοι, αξίας 8 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Χρησιμοποιείται στην παρασκευή λιπασμάτων, στη χημική σύνθεση, στην κατεργασία των υδάτινων αποβλήτων, στη βιομηχανία των μπαταριών και στη διύλιση του πετρελαίου.

Παρόλο που μπορεί να παρασκευαστεί 100% θειικό οξύ, εντούτοις με απώλεια SO₃ στο σημείο ζέσεως παραλαμβάνεται οξύ περιεκτικότητας 98.3%. Το οξύ αυτό είναι πιο σταθερό για αποθήκευση, και με αυτή τη μορφή βρίσκουμε το πυκνό θειικό οξύ. Εμπορικά διαθέσιμα είναι και διαλύματα μικρότερων συγκεντρώσεων και χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία λιπασμάτων, χρωμάτων και φαρμάκων.

Είναι **πολύ τοξική και διαβρωτική ουσία** και η **αντίδραση της με το νερό** είναι **ισχυρά εξώθερμη**. Αν προστεθεί νερό σε πυκνό θειικό οξύ, στην καλύτερη περίπτωση αυτό μπορεί να βράσει και να μας πιτσιλίσει με επικίνδυνες σταγόνες, ενώ στη χειρότερη να **δημιουργηθεί έκρηξη**. Μέρος του προβλήματος είναι ότι το θειικό οξύ είναι πιο πυκνό από το νερό και επομένως το νερό τείνει να επιπλέει πάνω στο οξύ. **Πρέπει λοιπόν να**

προσθέτουμε πάντα το οξύ σε νερό και όχι το αντίθετο. Με τον τρόπο αυτό εκμεταλλευόμαστε και τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού. Η παρασκευή διαλυμάτων πυκνότερων από 6M (35%) είναι περισσότερο επικίνδυνη γιατί η θερμότητα που εκλύεται είναι αρκετή για να βράσει το διάλυμα. Για το λόγο αυτό απαιτείται ικανοποιητική μηχανική ανάδευση, και ψύξη της φιάλης εξωτερικά, πχ παγόλουτρο.

Η πρώτη ενέργεια, όταν πέσουν σταγόνες διαβρωτικών ουσιών στο δέρμα, είναι το πλύσιμο με άφθονο νερό. Η κατάποση θεικού οξέος μπορεί να είναι θανατηφόρα. Ειδικά όμως για το θειικό οξύ **είναι πολύ σημαντικό** πρώτα να αφαιρεθεί το οξύ, με αραιό διάλυμα ασθενούς βάσης, γιατί με την πλύση η αραιώση του οξέος θα δημιουργήσει μεγάλες ποσότητες θερμότητας που θα προκαλέσουν έγκαυμα. Εδώ οι γνώμες κάπως διχάζονται καθώς άλλες πηγές αναφέρουν πως δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά εξουδετέρωσης του οξέος, καθώς και οι αντιδράσεις αυτές είναι εξώθερμες. Πιθανόν η λύση να εξαρτάται από τη συγκέντρωση του οξέος. Οι πλύσεις με το νερό πρέπει να συνεχιστούν για τουλάχιστον 15 ως 20 λεπτά, έτσι ώστε να ψυχθεί η περιοχή γύρω από το έγκαυμα και να προληφθούν δευτερογενείς βλάβες. Τα ρούχα που έχουν διαβραχεί με το θειικό οξύ πρέπει να απομακρύνονται αμέσως, και το δέρμα να πλένεται σχολαστικά.

Η χρόνια έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη των πνευμόνων (κυστική ίνωση, βρογχίτιδα, πνευμονικό εμφύσημα), ενώ υπάρχουν επαρκείς ενδείξεις πως πιθανόν να προκαλέσει και καρκίνο, ιδιαίτερα του λάρυγγα.

Η ενυδάτωση του θεικού οξέος εννοείται θερμοδυναμικά ($\Delta H = -880 \text{ kJ/mol}$). Το θειικό οξύ είναι **ισχυρή αφυδραντική ουσία**. Η αγχιστεία του πυκνού θεικού οξέος με το νερό είναι τόσο ισχυρή που αντιδρά για παράδειγμα με το άμυλο $(C_6H_{12}O_6)_n$ και δίνει στοιχειακό άνθρακα και νερό, το οποίο απορροφάται από το θειικό οξύ $[(C_6H_{12}O_6)_n \rightarrow 6C + 6H_2O]$.

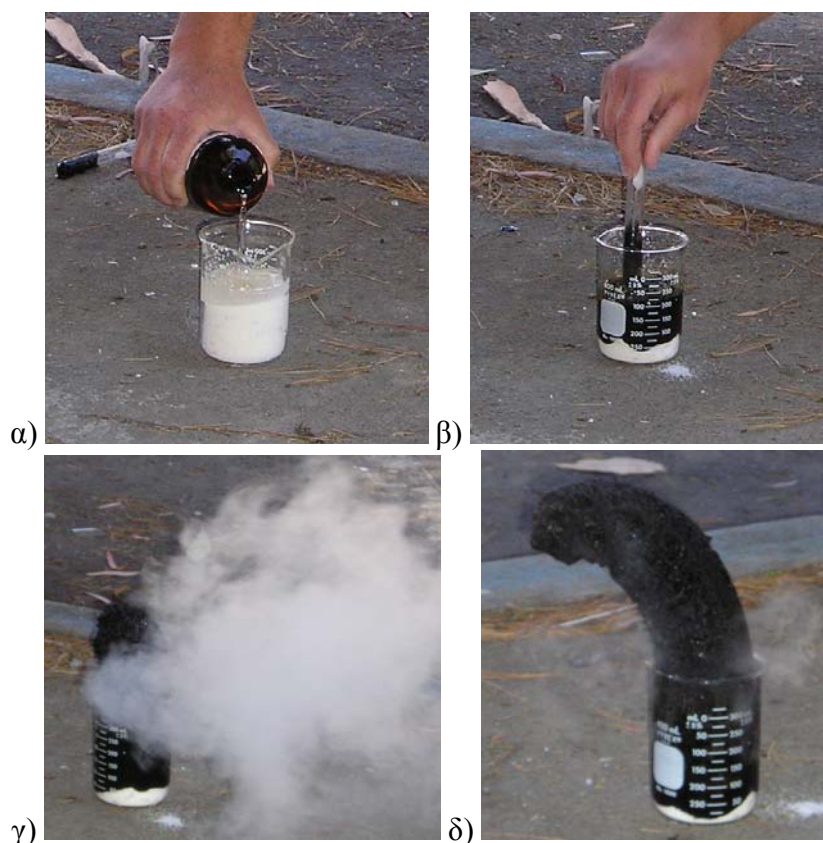
Στην παρακάτω Εικόνα 36 δίνεται η αντίδραση του θεικού οξέος με τη ζάχαρη. Το θειικό οξύ αφυδατώνει τη ζάχαρη, απομακρύνοντας το νερό με σχηματισμό στοιχειακού C. Ο ζεστός ατμός δημιουργεί φουσαλίδες στον άνθρακα, φτιάχνοντας έναν αφρό άνθρακα. Η διεξαγωγή του πειράματος δεν συνιστάται σε μη ειδικούς.

Το ίδιο παρατηρούμε και όταν πυκνό θειικό οξύ πέσει πάνω σε χαρτί, οπότε η κυτταρίνη αντιδρά και δίνει μια εμφάνιση καμένου. Φυσικά όταν πέσει στο δέρμα μας είναι ιδιαίτερα διαβρωτικό, και τα εγκαύματα που προκαλεί είναι χειρότερα από αυτά

άλλων ισχυρών οξέων, όπως το υδροχλωρικό οξύ, καθώς πέρα από την αφυδάτωση υπάρχει και η απελευθέρωση θερμότητας που προκαλεί δευτερογενείς μόνιμες βλάβες.

Εικόνα 37. Αντίδραση θεικού οξέος με ζάχαρη.

Από αριστερά προς τα δεξιά: **α)** Προσθήκη του θεικού οξέος στη ζάχαρη, **β)** ανάδευση του μίγματος, **γ)** έναρξη της αντίδρασης με δημιουργία ατμού (ο ατμός μυρίζει καβουρδισμένη ζάχαρη και είναι πολύ ερεθιστικός γιατί είναι πλούσιος σε ατμούς θεικού οξέος), **δ)** συνέχιση της αντίδρασης με αύξηση του μεγέθους του αφρού άνθρακα.



Το θεικό οξύ αντιδρά εξώθερμα με βάσεις. Η αντίδρασή του με τα μέταλλα οδηγεί σε παραγωγή αερίου υδρογόνου και θεικού άλατος του μετάλλου. Είναι συστατικό της όξινης βροχής που παράγεται από αντίδραση του νερού της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου. Τέλος το θεικό οξύ είναι το κύριο συστατικό της ατμόσφαιρας του πλανήτη Αφροδίτη όπως υποστηρίζουν οι αστρονόμοι. Τα πυκνά σύννεφα θεικού οξέος όμως που την καλύπτουν, εμποδίζουν το ορατό φως να τα διαπεράσει και έτσι οι επιστήμονες δεν μπορούν να δουν τι υπάρχει στην επιφάνεια της Αφροδίτης, ακόμη και με τα πιο ισχυρά τηλεσκόπια.

Αποφεύγεται η εισπνοή των ατμών του.

Η εργασία με το θειικό οξύ πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, χρησιμοποιώντας ΠΑΝΤΑ γυαλιά ασφαλείας και γάντια νεοπρενίου, βουτυλίου, φυσικού ελαστικού, πολυαιθυλενίου ή PVC για διαλύματα συγκέντρωσης ως 70%. Γάντια βουτυλίου ή πολυαιθυλενίου απαιτούνται για πυκνό θειικό οξύ. Δεν πρέπει να αραιώνονται πυκνά διαλύματα από μη έμπειρους χειριστές και ΠΑΝΤΑ προστίθεται το οξύ στο νερό, αργά, με συνεχή ανάδευση και με μεγάλη προσοχή.

Μικρές ποσότητες οξέος επιτρέπεται να απορριφθούν στην αποχέτευση με μεγάλη ροή νερού, εκτός αν αυτό απαγορεύεται από τοπικούς νόμους. Οι μεγάλες ποσότητες πρέπει να εξουδετερώνονται πριν την διοχέτευσή τους στην αποχέτευση. Τα πυκνά διαλύματα πρέπει πρώτα να αραιώνονται.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό. Απομακρύνουμε τα διαποτισμένα με το οξύ ρούχα. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Πίνουμε άφθονο νερό και καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

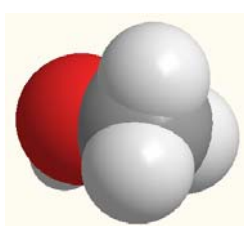
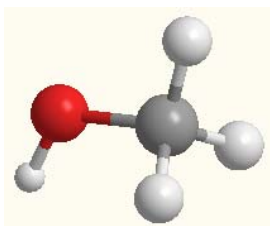
R23 R24 R25 R35 R36 R37 R38 R49.

S23 S30 S36 S37 S39 S45.

Εικόνα 38. Φωτογραφία της NASA του πλανήτη Αφροδίτη.



ΜΕΘΑΝΟΛΗ



Η μεθανόλη (methanol) CH_3OH , γνωστή και ως μεθυλική αλκοόλη είναι η απλούστερη αλκοόλη. Είναι ένα **πιητικό**, άχρωμο, άγευστο, **πολύ εύφλεκτο**, **δηλητηριώδες υγρό** με πολύ ελαφριά χαρακτηριστική μυρωδιά. Χρησιμοποιείται ως αντιπηκτικό, **διαλύτης** και καύσιμη ύλη. Η μεθανόλη παράγεται από τον αναερόβιο μεταβολισμό κάποιων ειδών βακτηρίων και έτσι μικρές ποσότητες της ουσίας εκλύονται στον αέρα. Μετά την πάροδο όμως κάποιων ημερών οξειδώνεται με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός από το οξυγόνο του αέρα και μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Η μεθανόλη χρησιμοποιείται σε περιορισμένη βάση ως καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης, καθώς είναι το ίδιο εύφλεκτη με τη βενζίνη. Επίσης τη βρίσκουμε και ως καύσιμο σε αγωνιστικά οχήματα και αεροπλάνα. Ένα από τα μειονεκτήματά της είναι πως είναι διαβρωτική για διάφορα μέταλλα συμπεριλαμβανομένου και του αλουμινίου. Όταν η μεθανόλη παράγεται από ξύλα ή άλλες οργανικές ύλες, ονομάζεται βιοαλκοόλη και έχει προταθεί ως εναλλακτικό καύσιμο σε σχέση με τους υδρογονάνθρακες που παράγονται από το πετρέλαιο. Απαιτούνται όμως αλλαγές στις μηχανές των αυτοκινήτων για να χρησιμοποιηθεί στην καύση 100% βιοαλκοόλη. Η φλόγα της μεθανόλης είναι σχεδόν άχρωμη και αόρατη και γι αυτό μπορεί εύκολα κανείς να μην την παρατηρήσει και να καεί.

Η μεθανόλη επίσης χρησιμοποιείται ως **διαλύτης** και ως αντιπηκτικό σε αγωγούς. Το μεγαλύτερο μέρος όμως της παραγωγής χρησιμοποιείται για την παρασκευή άλλων χημικών ουσιών. Περίπου το 40% μετατρέπεται σε φορμαλδεΰδη και από κει προς διάφορα πλαστικά, χρώματα, εκρηκτικά κα. Σε μερικές εγκαταστάσεις κατεργασίας υγρών απορριμμάτων προστίθεται μια μικρή ποσότητα μεθανόλης ως τροφή για κάποια βακτήρια που μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε άζωτο.

Εικόνα 39. Μεθανόλη που καίγεται.



Η μεθανόλη είναι **τοξική**, σε όλες τις μορφές έκθεσης, καθώς οι μεταβολίτες της φορμικό οξύ και φορμαλδεΐδη προκαλούν **τύφλωση**, βλάβες στους νεφρούς, την καρδιά, το ήπαρ, προβλήματα στην αναπαραγωγή, ακόμη και **θάνατο**. Επιπλέον είναι ερεθιστική και ναρκωτική ουσία. Εργαζόμενος που εκτίθεται σε τακτά χρονικά διαστήματα σε ατμούς μεθανόλης, χωρίς προστασία στο δέρμα, συγκεντρώνει επικίνδυνα υψηλές δόσεις στο σώμα του. Αν κάποιος καταπνίξει μεθανόλη, πρέπει αμέσως να επικοινωνήσουμε με γιατρό. Η θανασιμη δόση είναι 100-125 mL. Τα τοξικά αποτελέσματά της κάνουν κάποιες ώρες για να εμφανιστούν και είναι πονοκέφαλος, ζάλη, ναυτία, έλλειψη συγκέντρωσης, σύγχυση, υπνηλία που στη συνέχεια οδηγεί σε αναισθησία και θάνατο. Αν χρησιμοποιηθούν αντίδοτα (αιθανόλη ή fomepizole) μπορεί συχνά να αποτραπούν μόνιμες βλάβες. Ο ρόλος τους είναι να ελαττώσουν τη δράση της αλκοολικής δεϋδρογονάσης στη μεθανόλη, η οποία τώρα απεκκρίνεται από τα ούρα και δεν μεταβολίζεται σε τοξικές ουσίες. Παρόλο που είναι αναμιξιμη με το νερό σε όλες τις αναλογίες δύσκολα απομακρύνεται από το δέρμα.

Αποφεύγεται η εισπνοή των ατμών της.

Η εργασία με τη μεθανόλη πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, ή σε χώρο που αερίζεται καλά, μακριά από εστίες φωτιάς ή θερμές επιφάνειες, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια βουτυλίου.

Μικρές ποσότητες μεθανόλης επιτρέπεται να απορριφθούν στην αποχέτευση, με άφθονη ροή νερού. Αλλιώς συλλέγεται σε ειδικούς κάδους με μη χλωριωμένους διαλύτες.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε τις πλύσεις για μερικά λεπτά και καλούμε ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι. Απομακρύνουμε τα διαποτισμένα με μεθανόλη ρούχα, γιατί υπάρχει άμεσος κίνδυνος ανάφλεξης, και τα τοποθετούμε σε έναν χώρο που εξαερίζεται καλά. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια και αν η ποσότητα είναι μεγάλη τότε πηγαίνουμε στα επείγοντα περιστατικά.

R11 R23 R24 R25 R39.

S7 S16 S24 S36 S37 S45

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ ΚΑΙ ΚΑΛΙΟ

Το νάτριο και το κάλιο (sodium and potassium) είναι μέταλλα τα οποία ανήκουν στην ομάδα των αλκαλίων. Είναι μαλακά και κόβονται εύκολα με μαχαίρι. Πάντα πρέπει να φυλάσσονται μακριά από το νερό και από τους αλογονούχους διαλύτες διότι αντιδρούν μαζί τους εκρηκτικά. Δεν πρέπει επίσης να έρχονται σε επαφή με τον αέρα γιατί αντιδρούν με την υγρασία της ατμόσφαιρας για το λόγο αυτό φυλάσσονται μέσα σε πετρέλαιο.

Εικόνα 40. Κοπή του μεταλλικού νατρίου με μαχαίρι.

Εικόνα 41. Ράβδος μεταλλικού καλίου.



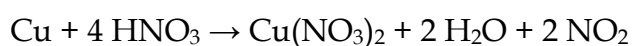
ΝΙΤΡΙΚΟ ΟΞΥ



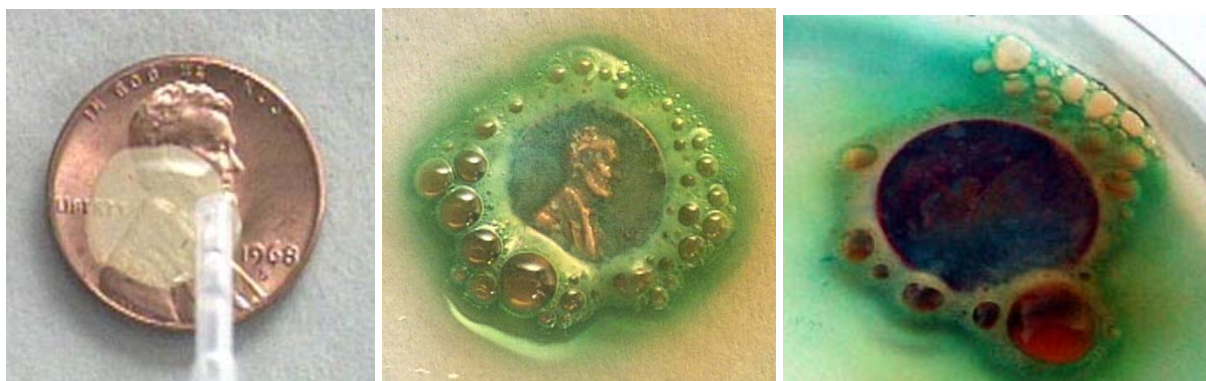
Το νιτρικό οξύ (nitric acid), HNO_3 , είναι ένα άχρωμο (ως ελαφρώς κίτρινο, ατμίζον, σε υψηλές συγκεντρώσεις), σταθερό, **πολύ διαβρωτικό, δηλητηριώδες υγρό**. Αναμιγνύεται με το νερό σε όλες τις αναλογίες, αλλά εμπορικά είναι διαθέσιμο ως διάλυμα περιεκτικότητας 52-68 %. Είναι μια **ισχυρά οξειδωτική ουσία** και οι αντιδράσεις του με μεταλλικές σκόνες κα είναι εκρηκτικές. Οι αντιδράσεις του με πολλές οργανικές ενώσεις είναι βίαιες και αυτοαναφλεγόμενες. Ιονίζεται πλήρως στο νερό. Οι κυριότερες χρήσεις του είναι στη βιομηχανία των λιπασμάτων (νιτρικό αμμώνιο), εκρηκτικών (νιτρογλυκερίνη και τρινιτροτολουόλιο-TNT) και χρωμάτων, στη μεταλλουργία και στην

κατεργασία των πυρηνικών καυσίμων. Το πυκνό νιτρικό οξύ χρησιμοποιείται ως οξειδωτικό των υγρών καυσίμων των πυραύλων. Τέλος, χρησιμοποιείται και ως εργαστηριακό αντιδραστήριο. **Δεν πρέπει να αναμειγνύεται με οργανικούς διαλύτες**, καθώς λαμβάνει χώρα ισχυρή εξώθερμη αντίδραση που **μπορεί να προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη**. Το ίδιο ισχύει και για το θειικό οξύ. Όταν αναμιχθεί με υδροχλωρικό οξύ, δίνει το λεγόμενο «βασιλικό νερό», ένα από τα λιγότερα αντιδραστήρια που αντιδρούν με το χρυσό και το λευκόχρυσο. Το νιτρικό οξύ είναι συστατικό της όξινης βροχής.

Το νιτρικό οξύ είναι ιδιαίτερα δραστικό με τα περισσότερα μέταλλα, και ιδιαίτερα με το χαλκό. Καθώς το πρασινόχρωμο διάλυμα του νιτρικού χαλκού απομακρύνεται από τον τόπο της αντίδρασης, εκλύεται και αέριο διοξείδιο του αζώτου που έχει βαθύ κοκκινοκαφέ χρώμα.



Εικόνες 42. Αντίδραση χαλκού με νιτρικό οξύ.



Είναι ιδιαίτερα διαβρωτικό και η επαφή με το δέρμα και τα μάτια προκαλεί **σοβαρά εγκαύματα και μόνιμες βλάβες**. Όταν το διάλυμα είναι αραιό, το δέρμα χρωματίζεται κίτρινο, εξαιτίας της αλληλεπίδρασης του με την πρωτεΐνη του δέρματος κερατίνη. Πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί στη χρήση του. Η κατάποσή του μπορεί να είναι θανατηφόρα. Οι ατμοί του πυκνού νιτρικού οξέος είναι ιδιαίτερα ερεθιστικοί όταν εισπνέονται και πρέπει να **αποφεύγεται η εισπνοή τους**.

Η εργασία με το νιτρικό οξύ πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, ή σε χώρο που αερίζεται καλά, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια βουτυλίου, νεοπρενίου ή πολυαιθυλενίου για διαλύματα συγκέντρωσης πάνω από 70%.

Μικρές ποσότητες νιτρικού οξέος επιτρέπεται να απορριφθούν στην αποχέτευση, με άφθονη ροή νερού, εκτός αν η τοπική νομοθεσία τα απαγορεύει. Για πυκνά διαλύματα απαιτείται η εξουδετέρωση πριν από την απόρριψη.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε τις πλύσεις για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό. Απομακρύνουμε τα ρούχα που είναι διαποτισμένα με νιτρικό οξύ. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Πίνουμε άφθονο νερό και καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

R8 R23 R24 R25 R34 R41.

S23 S26 S36 S37 S39 S45.

ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ



Το πυκνό οξικό οξύ (acetic acid) είναι άχρωμο, **διαβρωτικό** και δακρυγόνο υγρό. Αναμιγνύεται με το νερό σε όλες τις αναλογίες. Πρέπει να το χειριζόμαστε με τον κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό καθώς **προκαλεί εγκαύματα**, τα οποία δεν εμφανίζονται παρά μόνο μετά από μερικές ώρες μετά την έκθεση. Επιπλέον προκαλεί **μόνιμες βλάβες στα μάτια**, και **ερεθισμό των βλεννοδών μεμβρανών**. Τα γάντια Latex δεν παρέχουν ικανοποιητική προστασία, και γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται γάντια νιτριλίου. Οι βλάβες από τα διαλύματα οξικού οξέος εξαρτώνται φυσικά από τη συγκέντρωση. Διαλύματα πυκνότερα από 25% πρέπει να **χρησιμοποιούνται σε απαγωγό**, εξαιτίας των διαβρωτικών και δηκτικής οσμής ατμών. Επομένως **πρέπει να αποφεύγεται η εισπνοή ατμών**. Το πυκνό οξικό οξύ αναφλέγεται δύσκολα στο εργαστήριο. Όταν όμως η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 39 °C μπορεί να σχηματιστούν εκρηκτικά μίγματα.

Η εργασία με το οξικό οξύ πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, ή σε χώρο που αερίζεται καλά, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια βουτυλίου ή νεοπρενίου.

Μικρές ποσότητες οξικού οξέος μπορούν να πεταχτούν στην αποχέτευση, με άφθονη ροή νερού. Για πυκνά διαλύματα απαιτείται η εξουδετέρωση πριν από την απόρριψη.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε τις πλύσεις για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό. Απομακρύνουμε τα ρούχα που είναι διαποτισμένα με οξικό οξύ. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

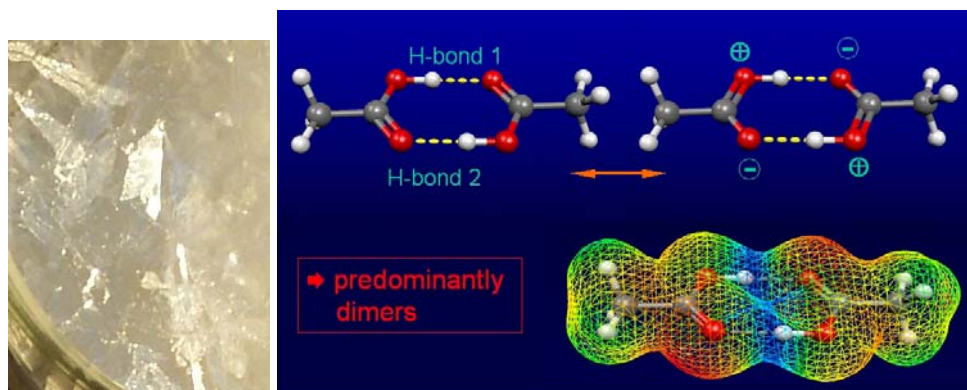
Κατάποση: Πίνουμε άφθονο νερό και καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

R10 R35.

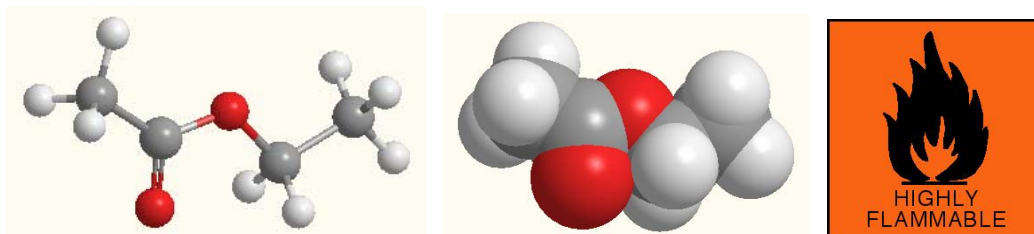
S23 S26 S45.

Εικόνα 43. Κρύσταλλοι οξικού οξέος.

Εικόνα 44. Λόγω των δεσμών υδρογόνου που σχηματίζουν, τα μόρια του οξικού οξέος βρίσκονται σε διμερή κατάσταση.



ΟΞΙΚΟΣ ΑΙΘΥΛΕΣΤΕΡΑΣ



Ο οξικός αιθυλεστέρας (ethyl acetate) είναι μια οργανική ένωση με το μοριακό τύπο $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OC}(\text{O})\text{CH}_3$. Είναι άχρωμο υγρό με μια χαρακτηριστική μυρωδιά όπως οι κόλλες ή οι ουσίες για την απομάκρυνση του βερνικιού νυχιών, των οποίων είναι συστατικό. Είναι

έναν μέτρια πολικός και πτητικός διαλύτης, **σχετικά μη τοξικός**, μη υγροσκοπικός και **πολύ εύφλεκτος**. Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση της καφεΐνης από τον καφέ και τα φύλλα του τσαγιού, στη βιομηχανία χρωμάτων και καλλυντικών. Στο εργαστήριο χρησιμοποιείται κυρίως σε εκχυλίσματα και χρωματογραφίες στήλης, ενώ χρησιμοποιείται λιγότερο σε αντιδράσεις λόγω της ευαισθησίας του εστερικού δεσμού σε διάφορες αντιδράσεις. Στην εντομολογία είναι μια πολύ χρήσιμη ουσία για την παγίδευση και μελέτη των εντόμων.

Είναι βλαβερό αν καταποθεί μεγάλη ποσότητα, ενώ οι ατμοί του προκαλούν ζαλάδα.

Η εργασία με τον οξικό αιθυλεστέρα πρέπει να γίνεται σε χώρο που αερίζεται καλά, μακριά από εστίες φωτιάς ή θερμές επιφάνειες, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια πολυβινυλο-αλκοόλης.

Μικρές ποσότητες οξικού αιθυλεστέρα επιτρέπεται να απορριφθούν στην αποχέτευση, με άφθονη ροή νερού. Αλλιώς συλλέγεται σε ειδικούς κάδους με μη χλωριωμένους διαλύτες.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε τις πλύσεις για μερικά λεπτά και αν ο ερεθισμός επιμένει καλούμε ιατρική βοήθεια.

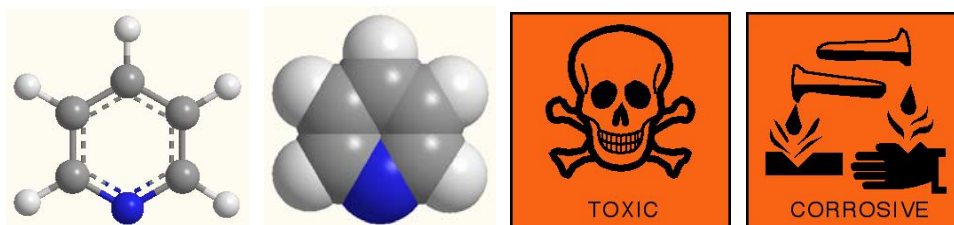
Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό.

Κατάποση: Αν το άτομο διτηρεί τις αισθήσεις του πλένουμε το στόμα με άφθονο νερό. Αν η ποσότητα που έχει καταποθεί είναι μεγάλη καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

R11 R36 R66 R67.

S16 S23 S29 S33.

ΠΥΡΙΔΙΝΗ



Η πυριδίνη (pyridine) C_5H_5N , είναι ένα **διαυγές, εύφλεκτο υγρό, με δυσάρεστη οσμή σάπιου ή ψαριού**. Η πυριδίνη είναι μια απλή ετεροκυκλική αρωματική οργανική ένωση, δομικά σχετιζόμενη με το βενζόλιο, όπου μια ομάδα CH έχει αντικατασταθεί από N. Η πυριδίνη έχει **βασικές ιδιότητες** και πρωτονιώνεται από οξέα προς σχηματισμό του

πυριδινό κατιόντος. Χρησιμοποιείται ευρέως ως **διαλύτης** και ως αντιδραστήριο στην οργανική χημεία για την παρασκευή εντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων, φαρμακευτικών ουσιών, αρωματικών υλών για τρόφιμα, βαφών, ελαστικών, κολλών, χρωμάτων, εκρηκτικών και απολυμαντικών ουσιών.

Η πυριδίνη είναι **βλαβερή** με όποιον τρόπο έρθει σε επαφή με το σώμα μας, μπορεί να προκαλέσει μόνιμες βλάβες στους νεφρούς, το ήπαρ και το κεντρικό νευρικό σύστημα μετά από παρατεταμένη έκθεση, είναι ερεθιστικό για τα μάτια και το δέρμα, **ελαττώνει τη γονιμότητα των αρρένων** και θεωρείται **καρκινογόνος** ουσία. Κοινά συμπτώματα της έκθεσης σε πυριδίνη είναι: πονοκέφαλος, βήχας, άσθμα, λαρυγγίτιδα, ναυτία, έμετος.

Η εισπνοή των ατμών της πρέπει να αποφεύγεται.

Η εργασία με την πυριδίνη πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας, εργαστηριακή ποδιά και γάντια βουτυλίου ή πολυαιθυλενίου.

Δεν πρέπει να απορρίπτεται στην αποχέτευση.

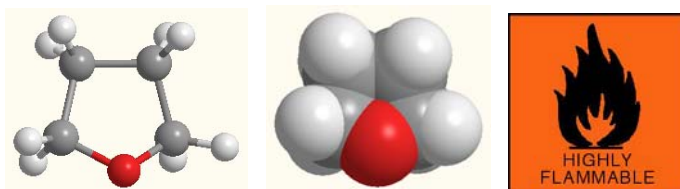
Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι. Απομακρύνουμε τα ρούχα που είναι διαποτισμένα με πυριδίνη. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

R20 R21 R22 R34 R36 R38.

ΤΕΤΡΑΥΔΡΟΦΟΥΡΑΝΙΟ



Το τετραϋδροφουράνιο (tetrahydrofuran) είναι μια ετεροκυκλική οργανική ένωση, με οσμή παρόμοια με τον διαιθυλαιθέρα. Είναι ένας από τους πιο πολικούς αιθέρες, διαλύει πολλές οργανικές ενώσεις και χρησιμοποιείται κυρίως σε αντιδράσεις όπου απαιτείται ενδιάμεση πολικότητα. Τείνει και αυτός, όπως όλοι οι αιθέρες να σχηματίζει εκρηκτικά υπεροξειδία κατά την αποθήκευση και γι' αυτό δεν πρέπει να αποστάζεται μέχρι ξηρού, ενώ είναι **πολύ εύφλεκτος**.

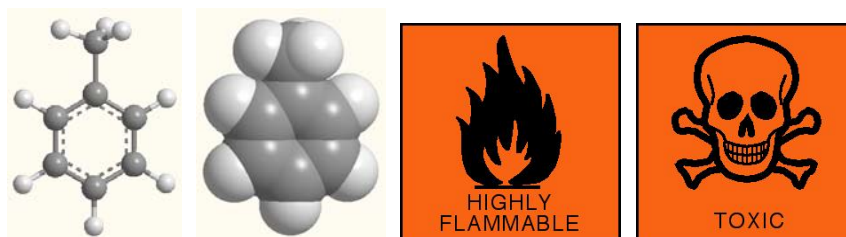
Είναι βλαβερό αν καταποθεί, εισπνευστεί ή απορροφηθεί από το δέρμα (όπου προκαλεί δερματίτιδες). Η χρόνια έκθεση οδηγεί σε βλάβες στο ήπαρ και τους νεφρούς, ενώ έχει και ναρκωτικά αποτελέσματα.

Πρέπει να χρησιμοποιείται σε **απαγωγό**, με **γάντια νιτριλίου** και **γυαλιά ασφαλείας**.

R11 R19 R36 R37.

S16 S29 S33.

ΤΟΛΟΥΟΛΙΟ



Το τολουόλιο (toluene) $C_6H_5CH_3$, είναι ένα άχρωμο, **πολύ εύφλεκτο** και υγροσκοπικό υγρό με μυρωδιά παρόμοια με αυτή του βενζολίου. Αντιδρά ως κανονικός αρωματικός υδρογονάνθρακας, με το μεθύλιο να το καθιστά 25 φορές δραστικότερο από το βενζόλιο στις ίδιες αντιδράσεις.

Χρησιμοποιείται ως ενισχυτής των οκτανίων στη βενζίνη, ως **διαλύτης** σε βαφές, στη βιομηχανία ελαστικών, κολλών, βερνικιών, στη βυρσοδεψία, σε εκτυπώσεις κα. Χρόνια ή συχνή εισπνοή για μεγάλες χρονικές περιόδους οδηγεί σε μη αντιστρεπτή βλάβη στον εγκέφαλο, καταστολή του κεντρικού νευρικού συστήματος και πιθανόν προβλήματα στην αναπαραγωγή. Είναι **πιθανό τερατογόνο**. **Εισπνοή ατμών τολουολίου** περιορισμένης έκτασης **προκαλεί ζάλη, κούραση, σύγχυση και ναυτία**, ενώ σε μεγάλη έκταση **προκαλεί νάρκωση και θάνατο**. Είναι **τοξικό** από όποια οδό και αν έρχεται σε επαφή με τους ανθρώπους και απορροφάται άμεσα από το γαστρεντερικό και αναπνευστικό σύστημα και λιγότερο από το δέρμα, όπου προκαλεί ξηροδερμία και δερματίτιδες. Διασπείρεται σε όλο το σώμα και συσσωρεύεται σε ιστούς με μεγάλο ποσοστό λίπους. Η **τοξικότητα** του τολουολίου εξηγείται από το μεταβολισμό του. Επειδή έχει πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό δε μπορεί να εξέλθει από το σώμα με τα ούρα, τα περιττώματα ή τον ιδρώτα, χωρίς να μεταβολιστεί. Έτσι, το 95% της ποσότητας οξειδώνεται από το κυτόχρωμα P450 και μετατρέπεται στο ήπαρ σε βενζυλική αλκοόλη που στη συνέχεια οξειδώνεται σε βενζαλδεΐδη και βενζοϊκό οξύ από τη δεϋδρογενάση

(dehydrogenase). Το βενζοϊκό οξύ συζεύγνυται με τη γλυκίνη και δίνει ιππουρικό οξύ (hippuric acid) που αποβάλλεται από τα ούρα, μπορεί όμως να αντιδράσει και με γλυκουρονικό οξύ προς βενζοΐλο-γλυκουρονίδιο. Οι τοξικοί μεταβολίτες δημιουργούνται από το υπόλοιπο 5%, όπου ο δακτύλιος οξειδώνεται σε εποξειδία, τα οποία μετατρέπονται σε συμπυκνωμένη γλουταθειόνη κατά το μεγαλύτερο ποσοστό, ενώ το υπόλοιπο προκαλεί σοβαρές βλάβες στα κύτταρα.

Η εισπνοή των ατμών του πρέπει να αποφεύγεται.

Η εργασία με το τολουόλιο πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, ή σε χώρο που εξαερίζεται πάρα πολύ καλά, μακριά από εστίες φωτιάς και θερμότητας, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια πολυβινυλο-αλκοόλης.

Δεν πρέπει να απορρίπτεται στην αποχέτευση, αλλά να συλλέγεται σε δοχεία με μη χλωριωμένους διαλύτες.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι. Απομακρύνουμε τα ρούχα που είναι διαποτισμένα με τολουόλιο και τα φυλάμε σε μέρος που δεν υπάρχει εστία φωτιάς. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

R11 R23 R24 R25.

S16 S25 S29 S33.

ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ

Η εδραίωση της κακής φήμης του υδραργύρου (mercury) οφείλεται, σε μεγάλο βαθμό, στην τραγωδία που συνέβη στη Μιναμάτα της Ιαπωνίας πριν από 45 περίπου χρόνια, όπου μεγάλο μέρος του πληθυσμού πέθανε επειδή κατανάλωνε ψάρια που αλιεύθηκαν από τον κλειστό θαλάσσιο κόλπο της περιοχής. Η μόλυνση οφειλόταν σε παρακείμενο εργοστάσιο πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) που έριχνε ακατέργαστα τα απόβλητά του, που περιείχαν την ουσία, στη θάλασσα.

Ο υδράργυρος είναι παρών σε πολλά παρασιτοκτόνα και άλλα μίγματα. Εμπλέκεται ή εκπέμπεται από πολλές βιομηχανίες, όπως παρασκευής χαλκού, μολύβδου, ατσαλιού,

μονάδες παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, βιομηχανίες παρασκευής μπαταριών διαφόρων μεγεθών, επεξεργασίας και κατασκευής χαρτοπολτού και χαρτιού, ασβέστη και τσιμέντου, στα κρεματόρια και σε διάφορες βιοκτονίες.

Στη μεταλλική του μορφή είναι **ιδιαίτερα τοξικός**, καθώς οι ατμοί του συχνά εισπνέονται, αφού το υγρό αυτό μέταλλο **εξατμίζεται άμεσα σε θερμοκρασία δωματίου** και ατμοσφαιρική πίεση. Στους 20 °C η περιεκτικότητα στον αέρα πάνω από τον υγρό υδράργυρο είναι 14.06 mg/m³ (14.1 ppm). Στους 100 °C είναι 2.404 g/m³ (2,404 ppm). Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως το χαμηλότερο όριο επικινδυνότητας είναι 0.0002 mg/m³, το όριο επιφυλακής ή μέγιστο επιτρεπτό όριο, είναι 0.025 mg/m³, ενώ το όριο άμεσης επικινδυνότητας για την υγεία και τη ζωή είναι 10 mg/m³. Παρόλο που όλες οι ενώσεις του Hg είναι τοξικές, μεγαλύτερη προσοχή έχει δοθεί στις ομοιοπολικές του ενώσεις με μεθύλιο, δηλ ο μεθυλο- και ο διμεθυλο-υδράργυρος, που είναι οι πιο τοξικές μορφές του. Οι ενώσεις αυτές απορροφώνται ταχύτατα από το σώμα και έχουν την ιδιότητα να διαπερνούν τον εγκεφαλικό φραγμό και να **συσσωρεύεται στον εγκέφαλο**. Στο περιβάλλον ο Hg και οι ενώσεις του συσσωρεύονται στο ψάρια.

Έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί **βλάβες στο νευρικό σύστημα, στο ανοσοποιητικό σύστημα, στους πνεύμονες και στο ήπαρ**. Υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλεί τοξικότητα στα αναπτυσσόμενα έμβρυα, γιατί τα ιόντα του υδραργύρου διαπερνούν τον πλακούντα. Διάφορες μελέτες κατέδειξαν πως έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις Hg προκαλεί κυτταροτοξικότητα και **μεταλλάξεις** που εκτείνονται από τη δημιουργία ριζών οξυγόνου, μέχρι τη ρήξη των ελίκων του DNA και αλλοιώσεις των χρωμοσωμάτων.

Ο υδράργυρος χρησιμοποιείται σε θερμόμετρα, μανόμετρα, βαρόμετρα και άλλες επιστημονικές συσκευές. Σήμερα βέβαια η πρακτική επιβάλλει την αντικατάστασή του στα θερμόμετρα από αλκοολούχα διαλύματα, ή τη χρήση ψηφιακών θερμομέτρων.

Θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή. Οι φιάλες που περιέχουν υδράργυρο θα πρέπει πωματίζονται με ασφάλεια για την αποφυγή διαφυγής των ατμών του. Η θέρμανσή του ίδιου ή ενώσεών του που ενδέχεται να αποικοδομούνται πρέπει να διεξάγεται σε χώρο που αερίζεται, έτσι ώστε να αποφεύγεται κάθε έκθεση ανθρώπων στους ατμούς του.

Ακόμη και ένα θερμόμετρο υδραργύρου μπορεί να αποβεί πολύ επικίνδυνο, όταν σπάσει. Αν συμβεί αυτό, θα πρέπει να καλέσουμε ειδικούς για βοήθεια. Μπορούμε να

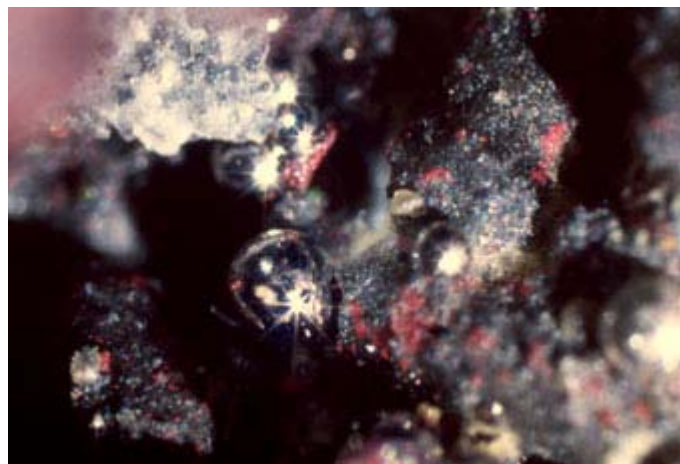
απομακρύνουμε τις σταγόνες του Hg χρησιμοποιώντας ένα φύλλο χαρτί και να τις αποθηκεύσουμε σε ένα πλαστικό αεροστεγές δοχείο μαζί φυσικά και με το χαρτί μέχρι να το δώσουμε στους ειδικούς. Δεν πρέπει να χρησιμοποιήσουμε πετσέτα γιατί έτσι τον διασπείρουμε σε περισσότερα σωματίδια, τα οποία είναι δυσκολότερο να εντοπίσουμε και να συλλέξουμε. Δεν πρέπει να χρησιμοποιήσουμε οικιακά ή άλλα καθαριστικά γιατί θα αντιδράσουν με τον Hg και θα δημιουργήσουν τοξικά αέρια, αλλά ούτε και ηλεκτρική σκούπα. Επίσης μπορούμε να τον αδρανοποιήσουμε ρίχνοντας σκόνη θείου.

Ένα περιστατικό με σπάσιμο θερμομέτρου Hg συνέβη στο πανεπιστήμιο Rockefeller, τον Αύγουστο του 2003. Συνήθως ένα τέτοιο περιστατικό αντιμετωπίζεται εύκολα και με χαμηλό κόστος απομάκρυνσης των αποβλήτων. Στην προκειμένη περίπτωση όμως τα πράγματα αποδείχτηκαν πολύ πιο δύσκολα. Ένα θερμομέτρο συνήθως περιέχει ένα έως τρία γραμμάρια Hg. Ακόμη και ένα γραμμάριο όμως μπορεί να προκαλέσει κίνδυνο στην ζωή και την υγεία κάτω από κατάλληλες συνθήκες. Ο Hg, όπως είπαμε, έχει την ιδιότητα να εξατμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου και κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Αν δεν υπάρχει εξαερισμός στο δωμάτιο, τότε οι ατμοί του συσσωρεύονται στον αέρα και σε όλες τις επιφάνειες του δωματίου. Ο Hg δημιουργεί αμαλγάματα με διάφορα μέταλλα που δυσκολεύει την επιχείρηση απολύμανσης.

Το εν λόγω θερμομέτρο έσπασε καθώς χρησιμοποιούνταν για να δείχνει τη θερμοκρασία σε μια αντίδραση που διεξαγόταν σε θερμαινόμενο υδατόλουτρο, χωρίς να την ελέγχει κανείς. Το σύνολο του Hg εξατμίστηκε πλήρως στο μικρό, χωρίς εξαερισμό δωμάτιο ψυγείο (cold room) που είχε θερμοκρασία 1 °C. Η χαμηλή θερμοκρασία βοήθησε στο να μην ξεπεράσει η συγκέντρωση των ατμών το όριο της επικινδυνότητας για τη ζωή και την υγεία. Το δωμάτιο όμως περιείχε βιολογικά δείγματα που ανήκαν σε πολλούς ερευνητές στο εργαστήριο, αντικατοπτρίζοντας πολλούς μήνες δουλειάς. Επίσης περιείχε πολύ και ακριβό εξοπλισμό, ραδιενεργά υλικά και απόβλητα καθώς και βιολογικά απόβλητα. Τελικά χρειάστηκαν τρεις εβδομάδες προσπαθειών απολύμανσης, και μερικές χιλιάδες δολάρια κόστος σε εργαστηριακά υλικά και δείγματα που χάθηκαν, σε μισθούς των εργαζομένων στην απολύμανση και στην κατεργασία των μολυσμένων αποβλήτων. Όλα αυτά από το σπάσιμο ενός και μόνο θερμομέτρου Hg. Φυσικά μετά από αυτό το συμβάν όλα τα υπάρχοντα θερμομέτρα αντικαταστάθηκαν με άλλα που περιέχουν άλλα υλικά.

Εικόνα 45. Σταγόνα υδραργύρου.

Εικόνα 46. Φωτογραφία σταγονιδίων υδράργυρου από ενεργή υδροθερμική πηγή από τη βόρεια ακτή της Νέας Ζηλανδίας.



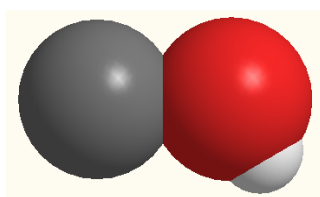
Εικόνα 47. Ο τρελοκαπελάς



Photo Researchers, Inc./Van Bucher

Ο τρελοκαπελάς που απεικονίζεται στην «Αλίκη στη χώρα των Θαυμάτων» είναι μια ζοφερή απόδειξη επαγγελματικής ασθένειας. Ο όρος «τρελοκαπελάς» εμφανίζεται από τον 19^ο αιώνα, όταν η κατασκευή καπέλων οδηγούσε στην εμφάνιση συμπτωμάτων δηλητηρίασης από τον υδράργυρο. Η δηλητηρίαση προερχόταν από την άμεση επαφή με άλατά του $Hg(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ που χρησιμοποιούνταν στη διαδικασία της παρασκευής τους. Η ίδια ουσία χρησιμοποιούνταν και για τη συγκόλληση των ινών του μαλλιού για να γίνει η τσόχα.

ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ



Το υδροξείδιο του νατρίου (Sodium Hydroxide) NaOH, γνωστό και ως καυστικό νάτριο ή καυστική σόδα είναι μια καυστική μεταλλική βάση. Είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη ουσία στη βιομηχανία κυρίως στην παρασκευή του βινυλο-χλωριδίου (για την παρασκευή του PVC), χαρτιού, υφασμάτων και απορρυπαντικών. Η παρασκευή του σαπουνιού, με μια αντίδραση που καλείται σαπωνοποίηση, είναι μια παραδοσιακή μέθοδος, γνωστή από τους αρχαίους χρόνους και είναι η ίδια βασική διαδικασία που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα. Κατά την παρασκευή του βιοντίζελ το NaOH χρησιμοποιείται ως καταλύτης για τη μετεστεροποίηση των τριγλυκεριδίων με μεθανόλη. Θα πρέπει φυσικά να είναι άνυδρο, γιατί αλλιώς θα γίνει σαπωνοποίηση. Στη βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιείται για πλύσεις ή χημικό ξεφλούδισμα φρούτων και λαχανικών, για την παρασκευή σοκολάτας και κακάο, καραμελοχρώματος, αφεψημάτων και γαλακτωματοποιητών για παγωτά. Χρησιμοποιείται περισσότερο από το KOH γιατί είναι φθηνότερο, και επιπλέον απαιτείται μικρότερη ποσότητα της ουσίας για την ίδια εργασία.

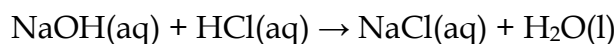
Η παγκόσμια παραγωγή το 1998 ήταν 45 εκατομμύρια τόνοι. Το υδροξείδιο του νατρίου είναι και η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη βάση σε χημικά εργαστήρια. Βρίσκει και οικιακές χρήσεις και ως στερεό, αλλά και ως πυκνό υγρό gel για το ξεβούλωμα αποχετευτικών αγωγών και υπονόμων. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι η μετατροπή του λίπους σε κάποια μορφή σαπουνιού έτσι ώστε να σχηματιστεί μια υδατοδιαλυτή μορφή που θα απομακρυνθεί με τη ροή του νερού. Επιπλέον αποικοδομεί πολύπλοκα οργανικά μόρια, όπως οι πρωτεΐνες των μαλλιών. Πρέπει πάντως η ουσία αυτή να χρησιμοποιείται με τη δέουσα προσοχή γιατί είναι πολύ **καυστική και διαβρωτική**.

Το καθαρό υδροξείδιο του νατρίου είναι μια λευκή σκόνη, διαθέσιμη σε σφαιρίδια, νιφάδες, κόκκους, ακόμη και διαλύματα συγκέντρωσης 50%.

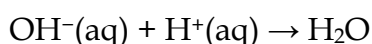
Εικόνα 48. Σφαιρίδια Υδροξειδίου του Νατρίου.



Είναι πολύ **υγροσκοπική** ουσία, επιπλέον απορροφά διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα και γι αυτό **θα πρέπει να αποθηκεύεται αεροστεγώς**. Είναι **πολύ διαλυτό στο νερό** και κατά τη διάλυση **απελευθερώνεται μεγάλο ποσό θερμότητας**. Επιπλέον διαλύεται στην αιθανόλη και τη μεθανόλη, αλλά λιγότερο. Είναι αδιάλυτο στο αιθέρα και άλλους μη πολικούς διαλύτες. Είναι μια πλήρως ιονική ένωση, δίνοντας ιόν υδροξυλίου. Αντιδρά με οξέα με σχηματισμό άλατος και νερό.



Στην πραγματικότητα οι αντιδράσεις αυτές αντιπροσωπεύονται από μια απλή ιονική αντίδραση που οδηγεί σε σχηματισμό νερού



Από την παραπάνω αντίδραση εκλύεται μεγάλο ποσό θερμότητας, όταν το οξύ είναι ισχυρό. Οι αντιδράσεις χρησιμοποιούνται επίσης στις τιτλοδοτήσεις για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων οξέων και βάσεων.

Το NaOH αντιδρά αργά με το γυαλί σχηματίζοντας πυριτικό νάτριο το οποίο φράζει τις γυάλινες συνδέσεις και τα πώματα τα οποία έρχονται σε επαφή με το διάλυμα. Επιπλέον οι φιάλες και οι γυάλινοι χημικοί αντιδραστήρες καταστρέφονται από την έκθεση τους σε θερμό υδροξείδιο του νατρίου.

Τα πυκνά διαλύματα προκαλούν νέκρωση των ιστών με σαπωνοποίηση των λιπών και διαλυτοποίηση των πρωτεϊνών επιτρέποντας τη βαθειά εισχώρησή τους στους ιστούς. Έκθεση σε διάλυμα με pH πάνω από 9.2 προκαλεί άμεσα την αποικοδόμηση της κερατίνης του δέρματος. Το υδροξείδιο του νατρίου διασπά άμεσα το δισουλφιδικό δεσμό S-S του κυστεϊνικού τμήματος του συμπλέγματος της κερατίνης των ανθρώπινων τριχών και νυχιών. Διαλύματα συγκέντρωσης 25-50% προκαλούν ερεθισμούς μέσα στα πρώτα 3 λεπτά από την έκθεση στο δέρμα. Με διαλύματα συγκέντρωσης 4% αυτό συμβαίνει μετά την παρέλευση μερικών ωρών. Αν δεν απομακρυνθεί άμεσα το διάλυμα τότε προκαλούνται ουλές, ερυθρήματα, αποικοδόμηση της κερατίνης, καταστροφή της επιδερμίδας, και σοβαρά εγκαύματα με βαθιές ουλές. Έκθεση σε σκόνη προκαλεί μικρά εγκαύματα και πιθανώς προσωρινή απώλεια των μαλλιών. Επανειλημμένη ή παρατεταμένη επαφή προκαλεί δερματίτιδα.

Η σκόνη του καυστικού νατρίου είναι ερεθιστική του άνω αναπνευστικού συστήματος. Εισπνοή μεγάλων ποσοτήτων σκόνης οδηγεί σε ερεθισμό της μύτης και του

λάρυγγα, πόνους στο στήθος, και στη συνέχεια πνευμονία και πνευμονικό οίδημα. Χρόνια έκθεση οδηγεί σε έλκη των αναπνευστικών οδών.

Η επαφή της ουσίας με τα μάτια προκαλεί σοβαρές και μόνιμες βλάβες, έως και τύφλωση. Επέκταση της βλάβης μπορεί να συμβεί ακόμη και 48-72 ώρες μετά την έκθεση. Μετά από 7 ως 13 μέρες σταδιακά αρχίζει η ίαση ή το έλκος συνεχίζει να προχωρά.

Η εργασία με το NaOH πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, χρησιμοποιώντας εργαστηριακή ποδιά, γυαλιά ασφαλείας και γάντια νεοπρενίου, νιτριλίου ή φυσικού ελαστικού για διαλύματα συγκεντρώσεων πάνω από 70%. Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος χημικών εγκαυμάτων, μόνιμος τραυματισμός ή δημιουργία ουλών και τύφλωση. Πρέπει να αποθηκεύεται μακριά από όξινες ουσίες.

Μικρές ποσότητες αραιών διαλυμάτων επιτρέπεται να απορριφθούν στην αποχέτευση, με μεγάλη ροή νερού. Τα πιο πυκνά διαλύματα πρέπει πρώτα να εξουδετερώνονται.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό. Απομακρύνουμε τα ρούχα που είναι διαποτισμένα με τη βάση. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Αν το θύμα έχει τις αισθήσεις του, πλένουμε καλά το στόμα του με νερό. Δεν προσπαθούμε να προκαλέσουμε έμετο. Καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

R35.

S26 S37 S39 S45.

ΥΔΡΟΧΛΩΡΙΚΟ ΟΞΥ

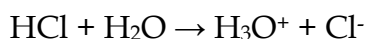


Το υδροχλωρικό οξύ (hydrochloric acid), είναι το υδατικό διάλυμα του αέριου υδροχλωρίου (HCl). Είναι ένα ισχυρό οξύ με μεγάλη βιομηχανική χρήση, και το κύριο

συστατικό του γαστρικού υγρού. Είναι διαυγές ή ελαφρώς κίτρινο υγρό με δριμεία οσμή. Το πυκνό HCl είναι ατμίζον.

Το υδροχλωρικό οξύ ανακαλύφθηκε γύρω στα 800 μΧ. Στη διάρκεια του μεσαιώνα χρησιμοποιούνταν από τους αλχημιστές στην αναζήτηση της φιλοσοφικής λίθου και αργότερα συνέβαλλε σημαντικά στη διαμόρφωση της μοντέρνας χημικής γνώσης. Κατά τη βιομηχανική επανάσταση ήταν σημαντικό χημικό αντιδραστήριο για πολλές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων και οργανικών ενώσεων, όπως το βινυλο-χλωρίδιο για πλαστικά τα PVC και MDI (methylene diphenyl 4,4'-diisocyanate)/TDI (toluene 2,4-diisocyanate) για παρασκευή πολυουρεθάνης.

Το υδροχλωρικό οξύ είναι ένα μονοπρωτικό οξύ που ιονίζεται για να δώσει ένα πρωτόνιο (H⁺). Σε υδατικό διάλυμα το H⁺ δεσμεύεται από ένα μόριο νερού για να δώσει το υδροξόνιο κατιόν. Το άλλο ιόν που σχηματίζεται είναι το ανιόν χλωρίου, και επομένως το υδροχλωρικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνθεση χλωριδίων.



Το υδροχλωρικό οξύ θεωρείται **ισχυρό οξύ**, καθώς πρακτικά διασπάται πλήρως στο νερό.

Από τα κοινά ισχυρά οξέα, όλα ανόργανα, το υδροχλωρικό οξύ είναι το μονοπρωτικό οξύ που δεν εμπλέκεται σε οξειδο-αναγωγικές αντιδράσεις. Είναι από τα λιγότερο βλαβερά όσον αφορά στο χειρισμό του, παρά την οξύτητά του, γιατί παράγει το πολύ ασθενές μη τοξικό ανιόν χλωρίου. Τα μέσης ισχύος διαλύματα υδροχλωρικού οξέος είναι πολύ σταθερά και διατηρούν τον τίτλο τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αυτές οι ιδιότητες και το γεγονός πως είναι διαθέσιμο και ως καθαρό αντιδραστήριο κάνουν το υδροχλωρικό οξύ εξαιρετικό μέσο οξίνισης και επίσης ένα οξύ κατάλληλο για τιτλοδοτήσεις.

Χρησιμοποιείται συχνά στη χημική ανάλυση και στην κατεργασία δειγμάτων προς ανάλυση. Το πυκνό υδροχλωρικό οξύ διαλύει κάποια μέταλλα, σχηματίζοντας χλωρίδια μετάλλων και αέριο υδρογόνο. Επίσης χρησιμοποιείται και ως απλός όξινος καταλύτης σε ορισμένες αντιδράσεις, και ως μέσο οξίνισης ή για τη ρύθμιση του pH. Μια σημαντική εφαρμογή είναι η αναγέννηση των ιονανταλλακτικών ρητινών. Η ανταλλαγή κατιόντων χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία για την απομάκρυνση Na⁺ και Ca²⁺ από υδατικά διαλύματα, και γενικότερα την απομάκρυνση μετάλλων από το πόσιμο νερό. Τέλος

χρησιμοποιείται στην κατεργασία δερμάτων, σε οικιακές χρήσεις, στην οικοδομική και στην βιομηχανία του πετρελαίου.

Εικόνα 49. Το υδροχλωρικό οξύ είναι μια πολύ όξινη ουσία και δίνει το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα στο πεχαμετρικό χαρτί (ισχυρά όξινη περιοχή).



Το υδροχλωρικό οξύ είναι το κυριότερο συστατικό του γαστρικού υγρού του στομάχου. Οι μηχανισμοί προστασίας του επιθηλίου του στομάχου είναι: α) οι αρνητικοί ρυθμιστές της έκκρισης του HCl, β) μια παχιά βλέννα - μεμβράνη που καλύπτει το επιθήλιο, γ) η έκκριση ανθρακικού νατρίου από τα γαστρικά επιθηλιακά κύτταρα και το πάγκρεας, δ) η δομή του επιθηλίου, η οποία αποτελείται από μακρομόρια τα οποία συνδέονται ισχυρά μεταξύ τους φτιάχνοντας πλέγματα, ε) η ικανοποιητική παροχή αίματος, και στ) οι προσταγλανδίνες, οι οποίες διεγείρουν τη σύνθεση της βλέννας και την έκκριση του ανθρακικού νατρίου, επιτρέπουν την ικανοποιητική παροχή αίματος, βοηθούν στην αποκατάσταση βλαβών της μεμβρανικής βλέννας κλπ. Όταν για διάφορους λόγους ο παραπάνω μηχανισμός παραπαιεί, δημιουργούνται καούρες ή πεπτικά έλκη, και συνιστάται η λήψη αντιόξινων φαρμάκων ή άλλη ιατρική αγωγή και θεραπεία. Σε μερικές περιπτώσεις δεν παράγεται ικανοποιητική ποσότητα υδροχλωρικού οξέος, μια κατάσταση που ονομάζεται «υποχλωρυδρία» και «αχλωρυδρία», που μπορεί να οδηγήσουν σε γαστρεντερίτιδα.

Το υδροχλωρικό οξύ είναι υπεύθυνο και για τις βλάβες που προκαλούν διάφορα χημικά όπλα. Το φωσγένιο, COCl_2 ήταν ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο χημικό όπλο κατά τη διάρκεια του 1^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου. Η ουσία αυτή διασπάται στις βλεννώδεις μεμβράνες βαθιά μέσα στους πνεύμονες, και μετατρέπεται με υδρόλυση σε ανθρακικό οξύ και το διαβρωτικό υδροχλωρικό οξύ που αποδιοργανώνει τις φατνιακές τριχοειδείς

μεμβράνες (alveolar-capillary membranes) με αποτέλεσμα οι πνεύμονες να γεμίζουν με υγρό (πνευμονικό οίδημα). Το υδροχλωρικό οξύ είναι επίσης μερικώς υπεύθυνο για τις βλαβερές συνέπειες του «αέριου μουστάρδας». Παρουσία νερού, όπως η υγρασία της επιφάνειας των ματιών ή των πνευμόνων, το «αέριο μουστάρδας» διασπάται σε υδροχλωρικό οξύ.

Αυτό το πολύ διαβρωτικό υγρό πρέπει να **το χειριζόμαστε μόνο με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας**. Το HCl σε υψηλές συγκεντρώσεις σχηματίζει όξινους ατμούς (άχλη). Και το διάλυμα αλλά και οι ατμοί είναι **διαβρωτικά για τους ανθρώπινους ιστούς**, ιδιαίτερα για τα όργανα της **αναπνοής, τα μάτια, το δέρμα** και τα εντόσθια. Προκαλεί μόνιμες βλάβες. Ο μηχανισμός της βλάβης λειτουργεί μέσω σύζευξης με πρωτεΐνες, οξείδωση, αναγωγή, αφυδάτωση ή δημιουργία αλάτων. Η διαδικασία αυτή καλείται coagulation necrosis. Η κατάποση ποσότητας HCl μπορεί να είναι θανατηφόρα. **Όταν το HCl αναμιχθεί με κοινές οξειδωτικές ουσίες, όπως η χλωρίνη (NaOCl) ή το υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO₄) εκλύεται το τοξικό αέριο χλώριο.**

Η διαβρωτική του δράση εξαρτάται από τη συγκέντρωση.

Η εργασία με το HCl πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, χρησιμοποιώντας εργαστηριακή ποδιά, γυαλιά ασφαλείας και γάντια νεοπρενίου, νιτριλίου, βουτυλίου ή φυσικού ελαστικού. Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος χημικών εγκαυμάτων και μόνιμος τραυματισμός. Πρέπει να αποθηκεύεται μακριά από βασικές ουσίες και να **ΠΡΟΣΤΙΘΕΤΑΙ ΠΑΝΤΑ ΤΟ ΟΞΥ ΣΤΟ ΝΕΡΟ.**

Μικρές ποσότητες αραιών διαλυμάτων επιτρέπεται να απορριφθούν στην αποχέτευση, με μεγάλη ροή νερού. Τα πιο πυκνά διαλύματα πρέπει πρώτα να εξουδετερώνονται.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.

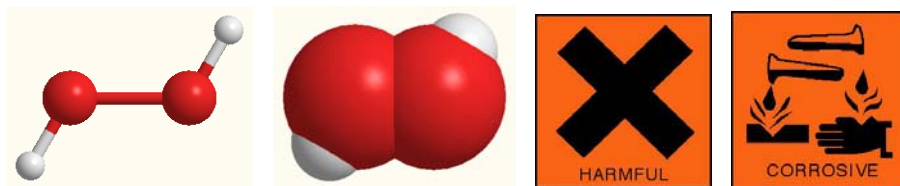
Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό. Απομακρύνουμε τα ρούχα που είναι διαποτισμένα με το οξύ. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Πίνουμε πολύ νερό. Καλούμε άμεσα ιατρική βοήθεια.

R23 R24 R25 R34 R36 R37 R38.

S26 S36 S37 S39 S45.

ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (διάλυμα 30%)

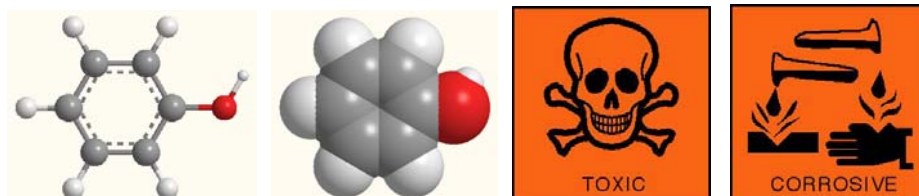


Το διάλυμα του υπεροξειδίου του υδρογόνου (hydrogen peroxide) είναι ένα άχρωμο και ασταθές υγρό με χαρακτηριστική δριμεία οσμή. Διασπάται αργά σε νερό και οξυγόνο, και γι αυτό μπορεί να δημιουργηθεί πίεση μέσα στους περιέκτες του, γεγονός που σημαίνει πως πρέπει να προσέχουμε πολύ όταν ανοίγουμε τις φιάλες του. Η διάσπαση αυτή επιταχύνεται όταν υπάρχουν προσμίξεις. Για το λόγο αυτό **αν έχουμε αφαιρέσει μια ποσότητα διαλύματος από το μπουκάλι, δεν πρέπει να την επιστρέψουμε ποτέ πίσω**, πρακτική που πρέπει να ακολουθούμε και για όλα τα αντιδραστήρια. Είναι ευαίσθητο στο φως. Δημιουργεί ισχυρά εκρηκτικά μίγματα με πολλές ενώσεις και γι αυτό πρέπει να αποφεύγεται η ανάμιξή του με εύφλεκτα υλικά, ισχυρά αναγωγικές ουσίες, τα περισσότερα από τα κοινά μέταλλα, οργανικές ενώσεις, μεταλλικά άλατα κλπ. Διαλύματα συγκέντρωσης πάνω από 40% είναι πολύ πιο επικίνδυνα, ενώ διαλύματα πυκνότερα από 50% πρέπει να χειρίζονται από ειδικούς. Είναι τοξικό και διαβρωτικό. Προκαλεί σοβαρά εγκαύματα. Η επαφή με τα μάτια οδηγεί σε σοβαρό τραυματισμό και πιθανόν τύφλωση. Συνιστάται η πλύση με άφθονο νερό για τουλάχιστον 10 λεπτά και επίσκεψη σε γιατρό χωρίς καθυστέρηση. Είναι βλαβερή όταν εισπνέεται, καταπίνεται και όταν έρχεται σε επαφή με το δέρμα. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα μέτριας συγκέντρωσης διαλυμάτων το δέρμα αποχρωματίζεται εξαιτίας του σχηματισμού φουσαλίδων στην επιδερμική στοιβάδα. Επίσης εμφανίζεται και τσούξιμο. Σε περίπτωση λοιπόν επαφής ξεπλύνουμε με άφθονο νερό, απομακρύνουμε τα μολυσμένα ρούχα, και αν το δέρμα εμφανίζει φλύκταινες ή κοκκινίλες επισκεπτόμαστε γιατρό. Απαραίτητα για το χειρισμό του είναι τα γυαλιά ασφαλείας, και συστήνονται γάντια ανθεκτικά σε οξέα και ικανοποιητικός εξαερισμός του χώρου.

Θεωρείται μια ουσία με αποσμητικές και αποχρωματιστικές ιδιότητες φιλική προς το περιβάλλον. Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία υφασμάτων και χαρτοπολτού, σε κατεργασίες μετάλλων, καλλυντικά, αντιδράσεις πολυμερισμού, κατεργασία υδατικών υπολειμμάτων.

Ως αραιό διάλυμα (3% και λιγότερο) έχει αντισηπτικές και απολυμαντικές ιδιότητες και γι αυτό συχνά χρησιμοποιείται για τη θεραπεία ανοιχτών πληγών, και γαργάρες ή στοματικά διαλύματα (οξυζενέ). Δεν πρέπει όμως να καταπίνεται.

ΦΑΙΝΟΛΗ



Η φαινόλη (phenol), είναι ένα άχρωμο κρυσταλλικό στερεό με μια τυπική γλυκιά (sweet tarry) μυρωδιά. Ο χημικός της τύπος είναι C_6H_5OH με το υδροξύλιο συνδεδεμένο πάνω σε ένα βενζολικό δακτύλιο και είναι μια αρωματική ένωση. Η φαινόλη έχει περιορισμένη διαλυτότητα στο νερό (8.3 g/100 ml). Είναι ελαφρώς όξινη ένωση, έχει δηλαδή μικρή τάση να χάσει H^+ από το υδροξύλιο και να δώσει το φαινόξυ ιόν $C_6H_5O^-$. Η φαινόλη έχει αντισηπτικές και αναισθητικές ιδιότητες. Χρησιμοποιείται στην παρασκευή φαρμάκων, ζιζανιοκτόνων, αρωμάτων και συνθετικών ρητινών.

Είναι μια ουσία **εύφλεκτη**, **ισχυρά διαβρωτική** και **τοξική**. Είναι συστηματικό δηλητήριο και αποτελεί σοβαρή απειλή για την υγεία. Έκθεση του δέρματος σε πυκνό διάλυμα φαινόλης προκαλεί χημικά **εγκαύματα**, τα οποία μερικές φορές μπορεί να είναι και σοβαρά. Η τάση των ατμών του είναι πολύ υψηλή για στερεό, σε θερμοκρασία δωματίου, επομένως μπορεί να υπάρχει πολύ υψηλή συγκέντρωση ατμών φαινόλης σε εργαστηρικό χώρο που δεν εξαερίζεται καλά. Τα συμπτώματα προσωρινής έκθεσης σε φαινόλη είναι ερεθισμός του αναπνευστικού συστήματος και ελάττωση της διάρκειας της αναπνοής, ενώ στα συμπτώματα της χρόνιας έκθεσης συγκαταλέγεται αδυναμία, μυϊκοί πόνοι, ανορεξία, απώλεια βάρους και κόπωση. Εισπνοή, κατάποση και επαφή με το δέρμα μπορεί να προκαλέσει και θάνατο. Απορροφάται άμεσα από το δέρμα και περνά στην κυκλοφορία του αίματος. Η οξύτητά της προκαλεί coagulation necrosis εξαιτίας του σχηματισμού συσσωματώματος από αφυδάτωση των πρωτεϊνών των επιδερμικών ιστών. Η φαινόλη μεταβολίζεται με σύζευξη με το γλυκουρονικό οξύ ή το θειοστέρα του πρωτίστως στο ήπαρ, στο γαστρεντερικό σύστημα, στους πνεύμονες και στους νεφρούς. Το μεγαλύτερο μέρος εξέρχεται με τα ούρα, ως φαινόλη ή μεταβολίτες της. Προκαλεί

καρδιακά προβλήματα καθώς μπλοκάρει τα καρδιακά κανάλια νατρίου, ενώ έχει λιγότερη επίδραση στα κανάλια νατρίου των σκελετικών μυών.

Όταν χρησιμοποιείται στο χημικό εργαστήριο, απαιτείται **απαγωγός με πολύ καλό εξαερισμό και χρήση γυαλιών ασφαλείας, γαντιών βουτυλίου ή νεοπρενίου**. Συνήθως συνιστάται να είναι διαθέσιμο και ένα διάλυμα πολυαιθυλενογλυκόλης για πλύσιμο των πιτσιλισμάτων ή των κηλίδων.

Σε περίπτωση ατυχήματος και έκθεσης του δέρματος, **θα πρέπει να πλυθεί ο ασκούμενος ή ο εργαζόμενος πρώτα με πολυαιθυλενογλυκόλη, γλυκερόλη ή φυτικό έλαιο γιατί το νερό αυξάνει την απορρόφηση της φαινόλης από το δέρμα. Στη συνέχεια πλένουμε με άφθονο νερό.**

Εφόσον έχουν μολυνθεί τα ρούχα πρέπει να απομακρύνονται. Αν η έκταση της έκθεσης είναι πολύ μεγάλη πρέπει να παρασχεθεί ιατρική φροντίδα, ιδιαίτερα αν η φαινόλη είναι αναμεμιγμένη με χλωροφόρμιο-ένα μίγμα που συχνά χρησιμοποιείται στη μοριακή βιολογία και για τον καθαρισμό του DNA.

Για να καταλάβουμε την επίδραση των πικνών διαλυμάτων της φαινόλης στον άνθρωπο, αρκεί να επισημάνουμε πως χρησιμοποιείται για απολέπιση στην κοσμητική ιατρική για την απομάκρυνση των στρωμάτων του νεκρού δέρματος. Στους ασθενείς αυτούς έχουν παρατηρηθεί καρδιακές αρρυθμίες όταν χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα συγκέντρωσης 50%, ενώ όταν χρησιμοποιήθηκαν αραιά διαλύματα 5-6% σε μεγαλύτερη έκταση δερματικής επιφάνειας (>25%) οι ασθενείς παρουσίασαν καταστολή του κεντρικού νευρικού συστήματος με καρδιοπνευμονική προσβολή, σπασμούς, κώμα και θάνατο.

Αν η φαινόλη πέσει στα μάτια, μπορεί να δημιουργήσει εγκαύματα, ακόμη και τύφλωση. Πλένουμε αμέσως με άφθονο νερό για τουλάχιστον 15 λεπτά και καλούμε ιατρική βοήθεια. **Δεν πρέπει να φοράμε φακούς επαφής όταν εργαζόμαστε με τη φαινόλη. Αν καταποθεί τότε καλούμε αμέσως ιατρική βοήθεια.**

R24 R25 R34 R36 R37 R38.

S28 S45.

ΦΘΟΡΙΟ

Το φθόριο (fluorine) είναι μια πολύ δραστική ουσία και γι αυτό δεν υπάρχει ελεύθερο σε στοιχειακή μορφή (F₂). Αντιδρά αμέσως με τα περισσότερα από τα υπόλοιπα

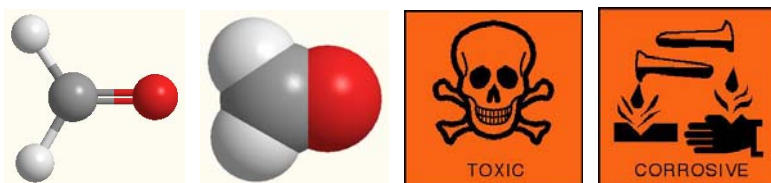
στοιχεία και με πολλές ενώσεις οργανικές και ανόργανες. Αντικαθιστά επίσης όλα τα υπόλοιπα αλογόνα από τα άλατά τους. Για τους λόγους αυτούς αποθηκεύεται σε ειδικά δοχεία από πολυμερές υλικό. Εμπορικά παρασκευάστηκε για πρώτη φορά πριν το 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο για να χρησιμοποιηθεί στον εμπλουτισμό του ουρανίου, παρόλο που είχε ανακαλυφθεί αρκετά νωρίτερα, το 1886 μετά από 74 χρόνια συνεχούς προσπάθειας, η οποία κόστισε σε πολλούς ερευνητές την υγεία ή και τη ζωή τους ακόμη. Στην καθαρή του μορφή είναι ένα **δηλητηριώδες, ελαφρώς κιτρινόχρωμο αέριο**.

Είναι **εξαιρετικά επικίνδυνο**, και προκαλεί **σοβαρά χημικά εγκαύματα** όταν έρθει σε επαφή με το δέρμα. Είναι **ισχυρά οξειδωτικό**, το πιο δραστικό και ηλεκτραρνητικό από όλα τα στοιχεία. Ακόμη και στο σκοτάδι, εν ψυχρώ αντιδρά με το υδρογόνο με έκρηξη. Είναι τόσο δραστικό που το γυαλί, τα μέταλλα ακόμη και το νερό καίγονται με ζωρή φλόγα παρουσία του φθορίου. Ακόμη και με ίχνη υγρασίας αντιδρά και δίνει το εξίσου επικίνδυνο υδροφθορικό οξύ.

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή των ημιαγωγών, πλαστικών όπως το Teflon, φαρμακευτικών ουσιών, αγροχημικών, λιπαντικών, αναισθητικών, οδοντόπαστων, φρέον κλπ.

Και το φθόριο, αλλά και το HF πρέπει να τα χειριζόμαστε με ιδιαίτερη προσοχή. **Κάθε επαφή με το δέρμα ή τα μάτια πρέπει να αποφεύγεται αυστηρά**. Έκθεση στο δέρμα έχει ως αποτέλεσμα το HF να διαπερνά άμεσα το δέρμα και τη σάρκα και φτάνοντας στα οστά να αντιδρά με το ασβέστιο δημιουργώντας μόνιμη καταστροφή στα οστά. Ακολουθεί καρδιακή προσβολή λόγω των ξαφνικών αλλαγών στα χημικά συστήματα ισορροπίας μέσα στο σώμα. **Θα πρέπει να ζητηθεί η συμβουλή ειδικού για τη χρήση του**.

ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗ



Η χημική ένωση φορμαλδεΐδη (formaldehyde), αλλιώς και μεθανάλη, είναι ένα **αέριο** με ισχυρή, διαπεραστική μυρωδιά. Είναι η απλούστερη από τις αλδεΐδες και η χημική της δομή είναι H_2CO . Παράγεται κατά την ατελή καύση ανθρακούχων ενώσεων, και γι' αυτό υπάρχει στον καπνό των καμένων δέντρων, στις εξατμίσεις των αυτοκινήτων

και στον καπνό του τσιγάρου. Στην ατμόσφαιρα συντίθεται από τη δράση του ηλιακού φωτός στο οξυγόνο και το ατμοσφαιρικό μεθάνιο ή άλλους υδρογονάνθρακες. Μικρά ποσά επίσης παράγονται ως παραπροϊόντα του μεταβολισμού πολλών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων.

Παρόλο που η φορμαλδεΐδη είναι αέριο, **διαλύεται άμεσα στο νερό**, και είναι εμπορικά διαθέσιμη ως διάλυμα 37%, με την ονομασία φορμαλίνη, ή φορμόλη. Στο νερό η φορμαλδεΐδη πολυμερίζεται και γι αυτό η φορμόλη περιέχει ελάχιστο ποσό του μονομερούς. Συνήθως τα υδατικά διαλύματα περιέχουν και ένα μικρό ποσοστό μεθανόλης, η οποία εμποδίζει τον εκτεταμένο πολυμερισμό. Επειδή η φορμαλδεΐδη **οξειδώνεται εύκολα** από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο **σε φορμικό οξύ**, συνιστάται τα διαλύματα **να διατηρούνται ερμητικά κλειστά κατά την αποθήκευση**. Επιπλέον είναι ευαίσθητη και στο φως.

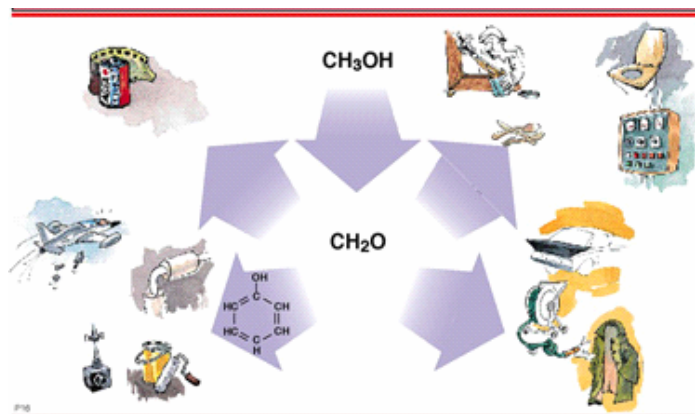
Η φορμαλδεΐδη σκοτώνει τα περισσότερα από τα βακτήρια και γι αυτό η φορμόλη χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό. Επιπλέον χρησιμοποιείται για να συντηρεί βιολογικά δείγματα, και ως συντηρητικό των εμβολίων. Στην Ιατρική χρησιμοποιείται τοπικά για την θεραπεία διάφορων κρεατοελιών και για την ταρίχευση και διατήρηση ανθρώπινων υπολειμμάτων.

Κατά το μεγαλύτερο ποσοστό πάντως η φορμαλδεΐδη χρησιμεύει στην παρασκευή πολυμερών, ρητινών, βαφών, αφρών, εκρηκτικών και άλλων χημικών ενώσεων. Και επειδή βρίσκεται σε πολλά χρηστικά αντικείμενα από πολυμερή υλικά, όπως κοντραπλακέ, χαλιά, και διάφορους αφρούς, τα οποία σιγά σιγά απελευθερώνουν το μονομερές, η φορμαλδεΐδη είναι ένας από τους πιο συνήθεις μολυσματικούς παράγοντες εσωτερικών χώρων. Σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από 0.1 mg/kg αέρα, η εισπνεόμενη φορμαλδεΐδη ερεθίζει τα μάτια και τους βλεννογόνους αδένες, με αποτέλεσμα την εμφάνιση δακρύων, πονοκεφάλων, καύσου στο λάρυγγα και το λαιμό και δυσκολία στην αναπνοή.

Έκθεση σε μεγάλες ποσότητες φορμαλδεΐδης, πχ από κατάποση διαλυμάτων της είναι ισχυρά θανατηφόρα. **Στο σώμα μας οξειδώνεται** στα ερυθροκύτταρα και το ήπαρ από τη δεϋδρογονάση της φορμαλδεΐδης **σε φορμικό οξύ (HCOOH)**, το οποίο **αυξάνει την οξύτητα του αίματος**, και οδηγεί σε υποθερμία και κώμα ή θάνατο. Το φορμικό οξύ μπορεί παραπέρα να οξειδωθεί σε διοξείδιο του άνθρακα ή να αποβληθεί με τα ούρα, ή να συζευχθεί με πουρίνες, θυμιδίνη και αμινοξέα. Επιπλέον, στο σώμα η φορμαλδεΐδη μπορεί

να αντιδράσει με πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα, συμπεριλαμβανομένου και του μονόκλωνου DNA.

Εικόνα 50. Διάφορα υλικά τα οποία περιέχουν φορμαλδεΐδη.



Η φορμαλδεΐδη θεωρείται **ισχυρά τοξική, αλλεργιογόνα, καρκινογόνα** και **μεταλλαξιογόνα** ουσία και έχει συνδεθεί μετά από χρόνια έκθεση με καρκίνο των νεφρών και των πνευμόνων και πιθανώς του εγκεφάλου και λευχαιμία. Έκθεση του δέρματος σε φορμαλδεΐδη οδηγεί σε **ερεθισμούς, εκζέματα** και **εγκαύματα**.

Πρέπει να αποφεύγεται η εισπνοή ατμών και η επαφή με το δέρμα.

Η εργασία με τη φορμαλδεΐδη πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, με πολύ καλό εξαερισμό, χρησιμοποιώντας εργαστηριακή ποδιά, γυαλιά ασφαλείας και γάντια νιτριλίου ή βουτυλίου.

Δεν πρέπει να απορρίπτεται στην αποχέτευση.

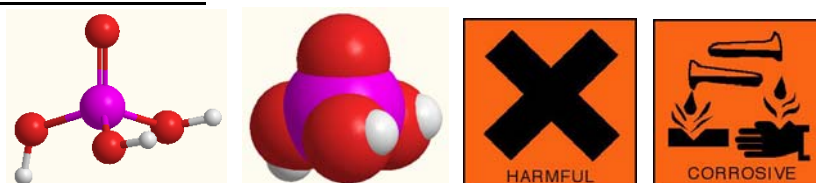
Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε για τουλάχιστον 10 λεπτά και καλούμε ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι. Αν το δέρμα εμφανίζει κοκκινίλες ή άλλη βλάβη καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Πλένουμε το στόμα με νερό, αν το θύμα έχει τις αισθήσεις του. Καλούμε ιατρική βοήθεια.

R10 R26 R27 R28 R34 R40 R41 R43.

ΦΩΣΦΟΡΙΚΟ ΟΞΥ



Το φωσφορικό οξύ (phosphoric acid) γνωστό και ως ορθοφωσφορικό οξύ έχει το μοριακό τύπο H_3PO_4 . Είναι ένα άχρωμο, άοσμο υγρό. Χρησιμοποιείται για την οξίνιση τροφίμων και ποτών (πχ τύπου κόλα, όπου δίνει μια απιά μυρωδιά και γεύση). Υπάρχει αρκετή συζήτηση για την επίδραση του στην υγεία. Ιδιαίτερα έχει χρεωθεί την αύξηση της οστεοπόρωσης σε νεαρές γυναίκες, ασθένεια η οποία εμφανίζεται σε γυναίκες μεταεμμηνόπαυσιακής ηλικίας, και ιδιαίτερα σε αυτές που δεν είχαν «χτίσει» αυξημένη οστική μάζα κατά τη διάρκεια της νεαρής τους ηλικίας, λόγω μη ικανοποιητικής πρόσληψης ασβεστίου. Κατανάλωση μεγάλης ποσότητας φωσφορικών ιόντων μπορεί να οδηγήσει σε φτωχή οστική πυκνότητα. Οι διατροφολόγοι επισημαίνουν πως το σώμα προσπαθεί να διατηρήσει μια ισορροπία ανάμεσα στα φωσφορικά ιόντα και το ασβέστιο. Όταν εισέρχεται μεγάλη ποσότητα φωσφορικών στο αίμα, τότε για να διατηρηθεί η ισορροπία, εξάγονται ιόντα ασβεστίου από τα οστά.

Μια ακόμη ιδιαίτερη χρήση του φωσφορικού οξέος είναι στην πρόκληση τοπικής αναισθησίας. Χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική και την ορθοδοντική ως διάλυμα για τον καθαρισμό της επιφάνειας των δοντιών μετά από σφραγίσματα. Υπάρχει και ως συστατικό των αντιεμετικών φαρμάκων. Το φωσφορικό ιόν βρίσκεται παντού στη βιολογία, σε φωσφορυλιωμένα σάκχαρα όπως στο DNA, στο RNA, στο ATP κ.α.

Το φωσφορικό οξύ χρησιμοποιείται στην κατεργασία των μετάλλων. Όταν έρθει σε επαφή με θερμές επιφάνειες παράγονται δηλητηριώδη αέρια.

Το πυκνό φωσφορικό οξύ είναι ένα ισχυρό οξύ και γι αυτό είναι διαβρωτικό και προκαλεί εγκαύματα. Βλαβερό όταν καταπίνεται και όταν έρχεται σε επαφή με το δέρμα. Μπορεί να είναι βλαβερό με την εισπνοή.

Η εργασία με το φωσφορικό οξύ πρέπει να γίνεται σε χώρο με καλό εξαερισμό, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια πλαστικά ή νιτριλίου.

Μικρές ποσότητες αραιών διαλυμάτων επιτρέπεται να απορρίπτονται στην αποχέτευση. Τα πιο πυκνά διαλύματα πρέπει πρώτα να εξουδετερώνονται προσεκτικά.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλένουμε με άφθονο νερό. Συνεχίζουμε για τουλάχιστον 5 λεπτά και καλούμε ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλένουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι. Αν υπάρχουν ίχνη ερυθρότητας ή εγκαύματος καλούμε ιατρική βοήθεια.

Κατάποση: Καλούμε ιατρική βοήθεια.

R21 R22 R34.

ΧΛΩΡΙΟ



Το χλώριο (chlorine) στη μοριακή του μορφή είναι ένα **πρασινοκίτρινο αέριο**, 2,5 φορές βαρύτερο από τον αέρα, με έντονη, δυσάρεστη, ασφυκτική μυρωδιά και είναι **εξαιρετικά δηλητηριώδες εξαιτίας της ισχυρά οξειδωτικής φύσης του**. Γι αυτό το λόγο και η πρώτη χρήση του ήταν ως χημικό πολέμου στον 1^ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Σε συγκέντρωση 3.5 ppm γίνεται αντιληπτό από τη μυρωδιά του, αλλά απαιτούνται πάνω από 1000 ppm για να καταστεί θανατηφόρο.

Ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις **ερεθίζει τα μάτια, το λαιμό και τους πνεύμονες** με επώδυνα αποτελέσματα. Επίσης **μπορεί να προκαλέσει πνευμονικό οίδημα**. Η χρόνια έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις χλωρίου εξασθενεί τους πνεύμονες και αυξάνει την ευαισθησία τους σε άλλες ασθένειες. Μόνο το φθόριο από τα αμέταλλα στοιχεία είναι περισσότερο δραστικό από το χλώριο. Μερικές εισπνοές συγκέντρωσης χλωρίου στον αέρα 0.1% είναι πιθανότατα θανατηφόρα. Επίσης ερεθίζει ή δημιουργεί εγκαύματα στο δέρμα. Στην υγρή ή στερεή μορφή του είναι ισχυρά οξειδωτικό, λευκαντικό και απολυμαντικό. Το χλώριο ως ιόν βρίσκεται σε πολλά κοινά άλατα, είναι άφθονο στη φύση και βασικό συστατικό για τη ζωή.

Το χλώριο είναι διαλυτό στο νερό, και το υδατικό του διάλυμα αποτελείται από ένα μίγμα χλωρίου, υδροχλωρικού οξέος, και υποχλωριώδους οξέος. Έχει ισχυρές οξειδωτικές ιδιότητες, εξαιτίας του οξυγόνου που απελευθερώνεται από το ασταθές υποχλωριώδες οξύ που διασπάται. **Όταν η χλωρίνη αναμιγνύεται με ουρία, αμμωνία, υδροχλωρικό οξύ ή με άλλα καθαριστικά προϊόντα εκλύονται τοξικοί ατμοί** που αποτελούνται από αέριο χλώριο, χλωραμίνη και τριχλωριούχο άζωτο. Τέλος σχηματίζει εκρηκτικά μίγματα με υδρογόνο και ατμούς υδρογοναθράκων (μεθανίου, προπανίου).

Το χλώριο χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό-απολύμανση του νερού, ως αντισηπτικό με τη μορφή του χλωριούχου Hg (II), στην παρασκευή χλωρίνης και οικιακών

καθαριστικών, στη βιομηχανία χρωμάτων, εντομοκτόνων, πολυμερών, φαρμάκων και εκρηκτικών.

R23 R36 R37 R38 R50.

S7 S9 S44 S45 S61.

ΧΛΩΡΟΦΟΡΜΙΟ



Το χλωροφόρμιο (chloroform), γνωστό και ως τριχλωρομεθάνιο είναι μια χημική ένωση με το χημικό τύπο CHCl_3 . Είναι διαυγές υγρό με γλυκιά μυρωδιά. Δεν καίγεται στον αέρα, μπορεί όμως να καεί αν αναμιχθεί με εύφλεκτες ουσίες. Είναι μέλος μιας υποομάδας περιβαλλοντικών ρυπαντών γνωστών ως τριαλογονομεθάνια, παραπροϊόντων της χλωρίωσης του νερού.

Το 1847 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ως εισπνεόμενο γενικό αναισθητικό σε κάποιο τοκετό και η χρήση του εξαπλώθηκε στη χειρουργική αμέσως σε όλη την Ευρώπη. Στις ΗΠΑ άρχισε να αντικαθιστά τον αιθέρα στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, εγκαταλείφθηκε όμως γρήγορα εξαιτίας της τοξικότητάς του και της τάσης του να προκαλεί θανατηφόρα καρδιακή αρρυθμία. Το τριχλωρο-αιθυλένιο προτάθηκε ως ασφαλής εναλλακτική λύση, αλλά αργότερα αποδείχτηκε καρκινογόνο. Σήμερα φυσικά, όλα αυτά τα αναισθητικά έχουν αντικατασταθεί με άλλα πιο ασφαλή φάρμακα.

Το χλωροφόρμιο χρησιμοποιείται στην παρασκευή βαφών και εντομοκτόνων, αλλά κυρίως ως **διαλύτης**. Είναι αρκετά **πηκτικό** υγρό. Ειδικά στη δευτεριωμένη του μορφή, όπου το υδρογόνο της ένωσης έχει αντικατασταθεί με δευτέριο υδρογόνο (CDCl_3) χρησιμοποιείται ως ο πιο κοινός και εύχρηστος διαλύτης για τη φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού, NMR.

Το χλωροφόρμιο απορροφάται άμεσα από τους πνεύμονες και τα γαστρεντερικό σύστημα, και σε κάποιο βαθμό το δέρμα. Στη συνέχεια διασπείρεται σε όλα τα όργανα και κυρίως στους λιπώδεις ιστούς, γιατί είναι λιποδιαλυτό και διαπερνά τις κυτταρικές μεμβράνες. Τις υψηλότερες συγκεντρώσεις τις βρίσκουμε στους νευρικούς ιστούς, γι' αυτό και η εισπνοή ατμών του **καταστέλλει το κεντρικό νευρικό σύστημα**.

Το χλωροφόρμιο μεταβολίζεται με οξειδωτική αφυδροχλωρίωση σε τριχλωρομεθανόλη, η οποία με απώλεια υδροχλωρικού οξέος μετατρέπεται σε φωσγένιο (CCl_2O). Στην αντίδραση που λαμβάνει χώρα στο ήπαρ και τους νεφρούς μεσολαβεί το σύστημα P-450. Το φωσγένιο στη συνέχεια αντιδρά με πρωτεΐνες των ιστών προκλώντας καταστροφή των κυττάρων και θάνατο, με νερό προς διοξείδιο του άνθρακα ή με θειόλες, συμπεριλαμβανομένης και της γλουταθειόνης ή της κυστεΐνης για να δώσει ενώσεις όπως ο γλουταθειονυλο διθειοκαρβονικός εστέρας που είναι ύποπτος για ηπατονεφρική τοξικότητα. Ο μεταβολισμός του χλωροφορμίου μπορεί επίσης να παράξει δραστικούς μεταβολίτες εποξειδικού χαρακτήρα που συνδέονται με καρκινογένεση. Σε μεγαλύτερο ποσοστό πάντως το προϊόν του μεταβολισμού είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 .

Εισπνοή περίπου 900 ppm για μικρό χρονικό διάστημα προκαλεί ζάλη, κούραση και πονοκέφαλο. Μεγαλύτερες ποσότητες δημιουργούν σύγχυση και απώλεια αισθήσεων. Η αναισθησία μπορεί να οδηγήσει στο θάνατο εξαιτίας καρδιακών αρρυθμιών από ευαισθητοποίηση της αδρεναλίνης. Χρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο ήπαρ (όπου μεταβολίζεται σε φωσγένιο) και στους νεφρούς, ενώ σε κάποιους ανθρώπους προκαλείται πόνος όταν έρθει σε επαφή με το δέρμα. Περίπου 10% του πληθυσμού εμφανίζουν αλλεργικές αντιδράσεις στο χλωροφόρμιο που εκδηλώνεται με υψηλό πυρετό. Σε πειραματόζωα έχουν εμφανιστεί γενετικές ανωμαλίες όταν οι μητέρες εισέπνεαν ποσότητες χλωροφορμίου κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Το αποτέλεσμα στην ανθρώπινη αναπαραγωγή πάντως δεν είναι εξακριβωμένο. Παρατεταμένη έκθεση του δέρματος μπορεί να προκαλέσει δερματίτιδες, γιατί διαλύει άμεσα το λίπος.

Είναι τοξικό αν καταποθεί, και βλαβερό αν εισπνεεί. Σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι θανατηφόρο. Υπάρχει η **υποψία πως είναι καρκινογόνο**. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις καρκινογένεσης στο ήπαρ και τους νεφρούς σε πειραματόζωα. Δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για τους ανθρώπους γιατί και θεωρείται πιθανό καρκινογόνο.

Συστήνεται να αντικαθίσταται από το ασφαλέστερο διχλωρομεθάνιο, όπου αυτό είναι δυνατόν και να **αποφεύγεται η εισπνοή των ατμών του**. Με την ακτινοβολία UV και παρουσία οξυγόνου, το χλωροφόρμιο σχηματίζει φωσγένιο με μηχανισμό ριζών. Για το λόγο αυτό αποθηκεύεται σε καφέ γυάλινες φιάλες.

Η εργασία με το χλωροφόρμιο πρέπει να γίνεται στον απαγωγό, ή σε χώρο με πολύ καλό εξαερισμό, χρησιμοποιώντας γυαλιά ασφαλείας και γάντια PVA.

Δεν επιτρέπεται να απορρίπτεται στην αποχέτευση.

Επαφή με τα μάτια: Αμέσως πλύνουμε με άφθονο νερό. Αν ο ερεθισμός συνεχιστεί καλούμε ιατρική βοήθεια.

Επαφή με το δέρμα: Πλύνουμε την περιοχή με άφθονο νερό και σαπούνι.

Κατάποση: Καλούμε ιατρική βοήθεια.

R20 R22 R38 R40 R48.

S36 S37.

Χ. ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

32001L0059

Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 225 της 21/08/2001 σ. 0001 - 0333

Συμβολισμοί κινδύνου, R-φράσεις.

R1: Εκρηκτικό σε ξηρή κατάσταση.

R2: Κίνδυνος εκρήξεως από κρούση, τριβή, φωτιά ή άλλες πηγές αναφλέξεως.

R3: Πολύ μεγάλος κίνδυνος εκρήξεως από κρούση, τριβή, φωτιά ή άλλες πηγές αναφλέξεως.

R4: Σχηματίζει πολύ ευαίσθητες εκρηκτικές μεταλλικές ενώσεις.

R5: Η θέρμανση μπορεί να προκαλέσει έκρηξη.

R6: Εκρηκτικό σε επαφή ή χωρίς επαφή με τον αέρα.

R7: Μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά.

R8: Η επαφή με καύσιμο υλικό μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά.

R9: Εκρηκτικό όταν αναμειχθεί με καύσιμα υλικά.

R10: Εύφλεκτο.

R11: Πολύ εύφλεκτο.

R12: Εξαιρετικά εύφλεκτο.

R14: Αντιδρά βίαια με νερό.

R15: Σε επαφή με το νερό εκλύει εξαιρετικά εύφλεκτα αέρια.

R16: Εκρηκτικό όταν αναμειχθεί με οξειδωτικές ουσίες.

R17: Αυτοαναφλέγεται στον αέρα.

R18: Κατά τη χρήση μπορεί να σχηματίσει εύφλεκτα/εκρηκτικά μείγματα ατμού-αέρος.

R19: Μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικά υπεροξειδία.

R20: Επιβλαβές όταν εισπνέεται.

R21: Επιβλαβές σε επαφή με το δέρμα.

R22: Επιβλαβές σε περίπτωση κατάποσης.

R23: Τοξικό όταν εισπνέεται.

- R24:** Τοξικό σε επαφή με το δέρμα.
- R25:** Τοξικό σε περίπτωση κατάποσης.
- R26:** Πολύ τοξικό όταν εισπνέεται.
- R27:** Πολύ τοξικό σε επαφή με το δέρμα.
- R28:** Πολύ τοξικό σε περίπτωση κατάποσης.
- R29:** Σε επαφή με το νερό ελευθερώνονται τοξικά αέρια.
- R30:** Κατά τη χρήση γίνεται πολύ εύφλεκτο.
- R31:** Σε επαφή με οξέα ελευθερώνονται τοξικά αέρια.
- R32:** Σε επαφή με οξέα ελευθερώνονται πολύ τοξικά αέρια.
- R33:** Κίνδυνος αθροιστικών επιδράσεων.
- R34:** Προκαλεί εγκαύματα.
- R35:** Προκαλεί σοβαρά εγκαύματα.
- R36:** Ερεθίζει τα μάτια.
- R37:** Ερεθίζει το αναπνευστικό σύστημα.
- R38:** Ερεθίζει το δέρμα.
- R39:** Κίνδυνος πολύ σοβαρών μονίμων επιδράσεων.
- R40:** Ύποπτο καρκινογένεσης.
- R41:** Κίνδυνος σοβαρών οφθαλμικών βλαβών.
- R42:** Μπορεί να προκαλέσει ευαισθητοποίηση όταν εισπνέεται.
- R43:** Μπορεί να προκαλέσει ευαισθητοποίηση σε επαφή με το δέρμα.
- R44:** Κίνδυνος εκρήξεως εάν θερμανθεί υπό περιορισμό.
- R45:** Μπορεί να προκαλέσει καρκίνο.
- R46:** Μπορεί να προκαλέσει κληρονομικές γενετικές βλάβες.
- R48:** Κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση.
- R49:** Μπορεί να προκαλέσει καρκίνο όταν εισπνέεται.
- R50:** Πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς.
- R51:** Τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς.
- R52:** Επιβλαβές για τους υδρόβιους οργανισμούς.

R53: Μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

R54: Τοξικό για τη χλωρίδα.

R55: Τοξικό για την πανίδα.

R56: Τοξικό για τους οργανισμούς του εδάφους.

R57: Τοξικό για τις μέλισσες.

R58: Μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον.

R59: Επικίνδυνο για το στρώμα του όζοντος.

R60: Μπορεί να εξασθενήσει τη γονιμότητα.

R61: Μπορεί να βλάψει το έμβρυο κατά τη διάρκεια της κύησης.

R62: Πιθανός κίνδυνος για εξασθένηση της γονιμότητας.

R63: Πιθανός κίνδυνος δυσμενών επιδράσεων στο έμβρυο κατά τη διάρκεια της κύησης.

R64: Μπορεί να βλάψει τα βρέφη που τρέφονται με μητρικό γάλα.

R65: Επιβλαβές: μπορεί να προκαλέσει βλάβη στους πνεύμονες σε περίπτωση κατάποσης.

R66: Η παρατεταμένη έκθεση μπορεί να προκαλέσει ξηρότητα δέρματος ή σκάσιμο.

R67: Η εισπνοή ατμών μπορεί να προκαλέσει υπνηλία και ζάλη.

R68: Πιθανοί κίνδυνοι μονίμων επιδράσεων.

Συνδυασμός των R-φράσεων

R14/15: Αντιδρά βίαια σε επαφή με νερό εκλύοντας αέρια εξόχως εύφλεκτα.

R15/29: Σε επαφή με νερό ελευθερώνονται τοξικά, εξόχως εύφλεκτα αέρια.

R20/21: Επιβλαβές όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R20/22: Επιβλαβές όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

R20/21/22: Επιβλαβές όταν εισπνέεται, σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R21/22: Επιβλαβές σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R23/24: Τοξικό όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R23/25: Τοξικό όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

R23/24/25: Τοξικό όταν εισπνέεται, σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R24/25: Τοξικό σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R26/27: Πολύ τοξικό όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R26/28: Πολύ τοξικό όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

R26/27/28: Πολύ τοξικό όταν εισπνέεται, σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R27/28: Πολύ τοξικό σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R36/37: Ερεθίζει τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα.

R36/38: Ερεθίζει τα μάτια και το δέρμα.

R36/37/38: Ερεθίζει τα μάτια, το αναπνευστικό σύστημα και το δέρμα.

R37/38: Ερεθίζει το αναπνευστικό σύστημα και το δέρμα.

R39/23: Τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται.

R39/24: Τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων σε επαφή με το δέρμα.

R39/25: Τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων σε περίπτωση κατάποσης.

R39/23/24: Τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R39/23/25: Τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

R39/24/25: Τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R39/23/24/25: Τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται, σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R39/26: Πολύ τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται.

R39/27: Πολύ τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων σε επαφή με το δέρμα.

R39/28: Πολύ τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων σε περίπτωση κατάποσης.

R39/26/27: Πολύ τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R39/26/28: Πολύ τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

R39/27/28: Πολύ τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R39/26/27/28: Πολύ τοξικό: κίνδυνος πολύ σοβαρών μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται, σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R42/43: Μπορεί να προκαλέσει ευαισθητοποίηση όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R48/20: Επιβλαβές: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση όταν εισπνέεται.

R48/21: Επιβλαβές: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση σε επαφή με το δέρμα.

R48/22: Επιβλαβές: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση σε περίπτωση κατάποσης.

R48/20/21: Επιβλαβές: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R48/20/22: Επιβλαβές: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

R48/21/22: Επιβλαβές: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R48/20/21/22: Επιβλαβές: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση όταν εισπνέεται, σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R48/23: Τοξικό: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση όταν εισπνέεται.

R48/24: Τοξικό: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση σε επαφή με το δέρμα.

R48/25: Τοξικό: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση σε περίπτωση κατάποσης.

R48/23/24: Τοξικό: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R48/23/25: Τοξικό: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

R48/24/25: Τοξικό: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R48/23/24/25: Τοξικό: κίνδυνος σοβαρής βλάβης της υγείας ύστερα από παρατεταμένη έκθεση όταν εισπνέεται, σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R50/53: Πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς, μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

R51/53: Τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς, μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

R52/53: Επιβλαβές για τους υδρόβιους οργανισμούς, μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

R68/20: Επιβλαβές: πιθανοί κίνδυνοι μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται.

R68/21: Επιβλαβές: πιθανοί κίνδυνοι μόνιμων επιδράσεων σε επαφή με το δέρμα.

R68/22: Επιβλαβές: πιθανοί κίνδυνοι μόνιμων επιδράσεων σε περίπτωση κατάποσης.

R68/20/21: Επιβλαβές: πιθανοί κίνδυνοι μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται και σε επαφή με το δέρμα.

R68/20/22: Επιβλαβές: πιθανοί κίνδυνοι μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

R68/21/22: Επιβλαβές: πιθανοί κίνδυνοι μόνιμων επιδράσεων σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

R68/20/21/22: Επιβλαβές: πιθανοί κίνδυνοι μόνιμων επιδράσεων όταν εισπνέεται, σε επαφή με το δέρμα και σε περίπτωση κατάποσης.

Οδηγίες ασφαλούς χρήσης που αφορούν επικίνδυνες χημικές ουσίες και παρασκευάσματα, S-φράσεις

S1: Να φυλάσσεται κλειδωμένο.

S2: Μακριά από παιδιά.

S3: Να φυλάσσεται σε δροσερό μέρος.

S4: Μακριά από κατοικημένους χώρους.

S5: Να διατηρείται το περιεχόμενο μέσα σε ... (το είδος του κατάλληλου υγρού καθορίζεται από τον παραγωγό).

S6: Να διατηρείται σε ατμόσφαιρα ... (το είδος του αδρανούς αερίου καθορίζεται από τον παραγωγό).

S7: Το δοχείο να διατηρείται ερμητικά κλειστό.

S8: Το δοχείο να προστατεύεται από την υγρασία.

S9: Το δοχείο να διατηρείται σε καλά αεριζόμενο μέρος.

S12: Μη διατηρείτε το δοχείο ερμητικά κλειστό.

S13: Μακριά από τρόφιμα, ποτά και ζωοτροφές.

S14: Μακριά από ... (ασύμβατες ουσίες καθορίζονται από τον παραγωγό).

S15: Μακριά από θερμότητα.

S16: Μακριά από πηγές ανάφλεξης - Απαγορεύεται το κάπνισμα.

S17: Μακριά από καύσιμα υλικά.

S18: Χειριστείτε και ανοίξτε το δοχείο προσεκτικά.

S20: Μην τρώτε ή πίνετε όταν το χρησιμοποιείτε.

S21: Μην καπνίζετε όταν το χρησιμοποιείτε.

S22: Μην αναπνέετε την σκόνη.

S23: Μην αναπνέετε αέρια/αναθυμιάσεις/ατμούς/εκνεφώματα (η κατάλληλη διατύπωση καθορίζεται από τον παραγωγό).

S24: Αποφεύγετε την επαφή με το δέρμα.

S25: Αποφεύγετε την επαφή με τα μάτια.

S26: Σε περίπτωση επαφής με τα μάτια πλύνετε τα αμέσως με άφθονο νερό και ζητήστε ιατρική συμβουλή.

- S27:** Αφαιρέστε αμέσως όλα τα ενδύματα που έχουν μολυνθεί.
- S28:** Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα, πλυθείτε αμέσως με άφθονο ... (το είδος του υγρού καθορίζεται από τον παραγωγό).
- S29:** Μην αδειάζετε το υπόλοιπο του περιεχομένου στην αποχέτευση.
- S30:** Ποτέ μην προσθέτετε νερό στο προϊόν αυτό.
- S33:** Λάβετε προστατευτικά μέτρα έναντι ηλεκτροστατικών εκκενώσεων.
- S35:** Το υλικό και ο περιέκτης του πρέπει να διατεθεί με ασφαλή τρόπο.
- S36:** Να φοράτε κατάλληλη προστατευτική ενδυμασία.
- S37:** Να φοράτε κατάλληλα γάντια.
- S38:** Σε περίπτωση ανεπαρκούς αερισμού, χρησιμοποιείτε κατάλληλη αναπνευστική συσκευή.
- S39:** Χρησιμοποιείτε συσκευή προστασίας ματιών/προσώπου.
- S40:** Για τον καθαρισμό του δαπέδου και όλων των αντικειμένων που έχουν μολυνθεί από το υλικό αυτό χρησιμοποιείτε ... (το είδος καθορίζεται από τον παραγωγό).
- S41:** Σε περίπτωση πυρκαγιάς ή/και εκρήξεως μην αναπνέετε τους καπνούς.
- S42:** Κατά τη διάρκεια υποκαπνισμού/ψεκάσματος χρησιμοποιείτε κατάλληλη αναπνευστική συσκευή (η κατάλληλη διατύπωση καθορίζεται από τον παραγωγό).
- S43:** Σε περίπτωση πυρκαγιάς χρησιμοποιείτε ... (Αναφέρεται το ακριβές είδος μέσων πυρόσβεσης. Εάν το νερό αυξάνει τον κίνδυνο, προστίθεται: "Μη χρησιμοποιείτε ποτέ νερό").
- S45:** Σε περίπτωση ατυχήματος ή αν αισθανθείτε αδιαθεσία ζητήστε αμέσως ιατρική συμβουλή (δείξτε την ετικέτα αν είναι δυνατό).
- S46:** Σε περίπτωση κατάποσης ζητήστε αμέσως ιατρική συμβουλή και δείξτε αυτό το δοχείο ή την ετικέτα.
- S47:** Να διατηρείται σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους ... °C (καθορίζεται από τον παραγωγό).
- S48:** Να διατηρείται υγρό με ... (το κατάλληλο υλικό καθορίζεται από τον παραγωγό).
- S49:** Διατηρείται μόνο μέσα στο αρχικό δοχείο.
- S50:** Να μην αναμειχθεί με ... (καθορίζεται από τον παραγωγό).
- S51:** Να χρησιμοποιείται μόνο σε καλά αεριζόμενο χώρο.

- S52:** Δεν συνιστάται η χρήση σε ευρείες επιφάνειες σε εσωτερικούς χώρους.
- S53:** Αποφεύγετε την έκθεση - εφοδιαστείτε με τις ειδικές οδηγίες πριν από τη χρήση.
- S56:** Το υλικό αυτό και ο περιέκτης του να εναποτεθούν σε χώρο συλλογής επικινδύνων ή ειδικών αποβλήτων.
- S57:** Να χρησιμοποιηθεί ο κατάλληλος περιέκτης για να αποφευχθεί μόλυνση του περιβάλλοντος.
- S59:** Ζητήστε πληροφορίες από τον παραγωγό/προμηθευτή για ανάκτηση/ανακύκλωση.
- S60:** Το υλικό και ο περιέκτης του να θεωρηθούν κατά τη διάθεση τους επικίνδυνα απόβλητα.
- S61:** Αποφύγετε την ελευθέρωσή του στο περιβάλλον. Αναφερθείτε σε ειδικές οδηγίες/δελτίο δεδομένων ασφαλείας.
- S62:** Σε περίπτωση κατάποσης να μην προκληθεί εμετός: ζητήστε αμέσως ιατρική συμβουλή και δείξτε αυτό το δοχείο ή την ετικέτα του.
- S63:** Σε περίπτωση ατυχήματος λόγω εισπολής: απομακρύνετε το θύμα από το μολυσμένο χώρο και αφήστε το να ηρεμήσει.
- S64:** Σε περίπτωση κατάποσης, ξεπλύνετε το στόμα με νερό (μόνο εφόσον το θύμα διατηρεί τις αισθήσεις του).

Συνδυασμός των S-φράσεων

- S1/2:** Φυλάξτε το κλειδωμένο και μακριά από παιδιά.
- S3/7:** Διατηρείστε το δοχείο ερμητικά κλεισμένο σε δροσερό μέρος.
- S3/9/14:** Διατηρείται σε δροσερό και καλά αεριζόμενο μέρος μακριά από ... (ασύμβατα υλικά που υποδεικνύονται από τον παραγωγό).
- S3/9/14/49:** Διατηρείται μόνο μέσα στο αρχικό δοχείο σε δροσερό και καλά αεριζόμενο μέρος μακριά από ... (ασύμβατα υλικά που υποδεικνύονται από τον παραγωγό).
- S3/9/49:** Διατηρείται μόνο μέσα στο αρχικό δοχείο σε δροσερό και καλά αεριζόμενο μέρος.
- S3/14:** Διατηρείται σε δροσερό μέρος μακριά από ... (ασύμβατα υλικά που υποδεικνύονται από τον παραγωγό).

S7/8: Το δοχείο να διατηρείται ερμητικά κλεισμένο και να προστατεύεται από την υγρασία.

S7/9: Το δοχείο να διατηρείται ερμητικά κλεισμένο και σε καλά αεριζόμενο μέρος.

S7/47: Διατηρείστε το δοχείο καλά κλεισμένο σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους ... °C (να καθοριστεί από τον παραγωγό).

S20/21: Όταν το χρησιμοποιείτε μην τρώτε, μην πίνετε, μην καπνίζετε.

S24/25: Αποφεύγετε επαφή με το δέρμα και τα μάτια.

S27/28: Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα, αφαιρέστε αμέσως όλα τα μολυσμένα ρούχα και πλύνετε αμέσως με άφθονο ... (το είδος του υγρού καθορίζεται από τον παραγωγό).

S29/35: Μην αδειάζετε το υπόλοιπο του περιεχομένου στην αποχέτευση, διαθέστε αυτό το υλικό και τον περιέκτη του κατά ασφαλή τρόπο.

S29/56: Μην αδειάζετε το υπόλοιπο του περιεχομένου στην αποχέτευση. Το υλικό αυτό και ο περιέκτης του να εναποτεθούν σε δημόσιο χώρο συλλογής επικινδύνων ή ειδικών αποβλήτων.

S36/37: Φοράτε κατάλληλη προστατευτική ενδυμασία και γάντια.

S36/37/39: Φοράτε κατάλληλη προστατευτική ενδυμασία, γάντια και συσκευή προστασίας ματιών/προσώπου.

S36/39: Φοράτε κατάλληλη προστατευτική ενδυμασία και συσκευή προστασίας ματιών/προσώπου.

S37/39: Φοράτε κατάλληλα γάντια και συσκευή προστασίας ματιών/προσώπου.

S47/49: Διατηρείται μόνο μέσα στο αρχικό δοχείο σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους ... °C (καθορίζεται από τον παραγωγό).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

I. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ

1. Η προσέλευση στο εργαστήριο γίνεται ακριβώς στην ώρα κανονικής έναρξης που αναφέρει το πρόγραμμα. Στο εργαστήριο δεν ισχύει το ακαδημαϊκό τέταρτο.
2. Οι φοιτητές πρέπει να έρχονται πάντα προετοιμασμένοι για το πείραμα το οποίο θα εκτελέσουν.
3. Το εργαστήριο είναι χώρος για σοβαρή εργασία. Ως εκ τούτου αστεία και παιχνίδια δεν επιτρέπονται γιατί μπορεί να οδηγήσουν σε ατυχήματα.
4. Ποτέ δεν γίνονται πειράματα στο εργαστήριο χωρίς σχετική ενημέρωση και άδεια από τον επιβλέποντα του εργαστηρίου. Αν υπάρχει κάποια απορία για την εκτέλεση του πειράματος ρωτάται ο υπεύθυνος του εργαστηρίου.
5. Κάθε φοιτητής είναι απαραίτητο να φέρει μαζί του εργαστηριακή ποδιά και να φοράει κλειστά παπούτσια, όλες τις εποχές.
6. Κατά τη διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης οι φοιτητές φορούν απαραίτητως την ποδιά τους κουμπωμένη, γυαλιά ασφαλείας και έχουν τα μαλλιά τους μαζεμένα.
7. Κάθε ομάδα φοιτητών παραλαμβάνει από τον υπεύθυνο της άσκησης μια σειρά γυαλικών τα οποία χρησιμοποιεί στη διάρκεια του εργαστηρίου με τη δέουσα προσοχή.
8. Η αντικατάσταση των σπασμένων γυαλικών γίνεται μετά από επίδειξη των σπασμένων στον υπεύθυνο παρασκευαστή. ΠΡΟΣΟΧΗ: Το stock των γυαλικών του εργαστηρίου δεν είναι απεριόριστο.
9. Οι φοιτητές δεν πρέπει να χρησιμοποιούν μεγαλύτερες ποσότητες αντιδραστηρίων από αυτές που χρειάζονται, γιατί τα αντιδραστήρια είναι ακριβά. Επιπλέον η περίσσεια αντιδραστηρίου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την έκβαση ή την απόδοση της αντίδρασης.
10. Απαγορεύεται αυστηρά η απομάκρυνση κάθε φοιτητή, για οποιονδήποτε λόγο, εφ' όσον το πείραμα είναι σε εξέλιξη, χωρίς προηγούμενη άδεια από τον επιβλέποντα.
11. Οι φοιτητές δεν επιτρέπεται να αφήνουν ρούχα και τσάντες επάνω στους πάγκους.

12. Μετά το τέλος των ασκήσεων οι φοιτητές απαραίτητως καθαρίζουν τις θέσεις τους. Τα εργαστηριακά απόβλητα συλλέγονται στο χώρο που υποδεικνύει ο υπεύθυνος και τα σκεύη καθαρίζονται επιμελώς.
13. Παραδίδονται στον υπεύθυνο της άσκησης φύλλα εργασίας με το σύνολο των πειραματικών αποτελεσμάτων και τα ονόματα των φοιτητών που διεξήγαγαν την άσκηση. (Σχετικό φύλλο εργασίας με ερωτήματα υπάρχει στο τέλος κάθε άσκησης).
14. Η επιτυχής περάτωση των εργαστηρίων προϋποθέτει ανελλιπή προσέλευση και συμμετοχή. Μοναδική εξαίρεση είναι η περίπτωση ασθένειας και μόνο όταν συνοδεύεται από τα απαραίτητα δικαιολογητικά.

**Μην ξεχνάτε ότι πρέπει να αφήνετε το χώρο
για τους άλλους όπως ακριβώς θα θέλατε να τον
αφήνουν αυτοί για σας:
ΚΑΘΑΡΟ ΚΑΙ ΤΑΚΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ.**

II. ΟΔΗΓΙΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Στις παρακάτω οδηγίες διαπραγματεύονται οι ενότητες:

1. Ενέργειες που απαγορεύονται.
2. Διεργασίες που χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή.
3. Αντιμετώπιση φωτιάς.
4. Αντιμετώπιση δηλητηριάσεων.
5. Κοψίματα.
6. Ατυχήματα οφθαλμών.
7. Αντιμετώπιση εγκαυμάτων.

Η προσεκτική μελέτη τους είναι επιβεβλημένη, για την προφύλαξη ή αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων που πιθανόν να συμβούν στο εργαστήριο.

Εικόνα 1. Διαβάζουμε προσεκτικά τις οδηγίες ασφαλείας και τις οδηγίες των εργαστηριακών ασκήσεων, ακόμα και αν δεν πρόκειται να εξεταστούμε σε σπύτες.



A. Ενέργειες που απαγορεύονται

1. Το κάπνισμα κατά την διάρκεια του πειράματος.
2. Η φύλαξη ή η βρώση τροφής στον εργαστηριακό χώρο και η χρησιμοποίηση χημικών οσκευών για παρασκευή καφέ, πόση ύδατος κτλ.
3. Η δοκιμή μιας χημικής ουσίας με το στόμα ή τη γλώσσα.
4. Η επαφή των χεριών με τα αντιδραστήρια. Συνίσταται η χρησιμοποίηση ειδικών γαντιών. Επιπλέον δεν αγγίζονται με τα χέρια τα μάτια ή το στόμα.

5. **Η εισπνοή του περιεχομένου φιάλης κατ' ευθείαν από το στόμιο.** Για να μυρίσουμε το περιεχόμενο δημιουργούμε ρεύμα αέρα προς τη μύτη μας με το χέρι.
6. **Η χρήση κυανιούχων αλάτων,** γιατί σε όξινο περιβάλλον σχηματίζεται HCN που είναι ισχυρότατο δηλητήριο.
7. **Η αναρρόφηση πυκνών οξέων, βάσεων, δηλητηρίων κτλ από σιφώνιο με το στόμα.** Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ειδικό σκεύος, το πουάρ.
8. **Ποτέ δεν προστίθεται νερό σε πυκνό οξύ (H₂SO₄).** Πάντοτε προστίθεται το οξύ αργά στο νερό και με διαρκή ανάδευση.
9. Ποτέ δε γίνεται χρήση ενός αντιδραστηρίου από φιάλη που δεν έχει ετικέτα. Πριν γίνει χρήση ενός αντιδραστηρίου διαβάζεται προσεκτικά η ετικέτα.
10. **Η απ' ευθείας θέρμανση με γυμνή φλόγα εύφλεκτων υγρών** (αλκοόλες, αιθέρας, ακετόνη, βενζόλιο).
11. **Η θέρμανση υάλινων σκευών που δεν πληρούν τις προδιαγραφές.** Ειδικότερα απαγορεύεται η θέρμανση
 - i) Ογκομετρικών κυλίνδρων.
 - ii) Ογκομετρικών φιαλών.
 - iii) Φιαλών αντιδραστηρίων.

B. Ενέργειες που χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή

1. Δεν ξαναρίχνεται κάποιο αντιδραστήριο που περίσσεψε στο δοχείο ή στη φιάλη απ' όπου αρχικά λήφθηκε, γιατί εκτός του ότι μπορεί να αλλοιωθεί η καθαρότητα του περιεχομένου της φιάλης, υπάρχει κίνδυνος σε περιπτώσεις σοβαρού λάθους να προκληθεί ατύχημα.
2. Χρειάζεται προσοχή κατά την χρησιμοποίηση πυρωμένων γυαλιών γιατί μπορεί να προκληθούν σοβαρά εγκαύματα. Ο χειρισμός τους γίνεται με τη χρήση ειδικών λαβίδων ή ειδικών γαντιών. Εάν συμβεί κάψιμο, τότε γίνεται χρήση των κατάλληλων αλοιφών που βρίσκονται στο φαρμακείο του εργαστηρίου.
3. Το στόμιο ενός δοκιμαστικού σωλήνα για την πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης, ποτέ δεν πρέπει να κατευθύνεται προς τον διπλανό μας ή προς τον εαυτό μας.

4. Ο δοκιμαστικός σωλήνας δεν θερμαίνεται στο πυθμένα του, αλλά λίγο παρακάτω από την επιφάνεια του υγρού με ταυτόχρονη ανακίνηση. Έτσι επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θέρμανση και αποφεύγεται ο απότομος βρασμός.
5. Ποτέ δεν θερμαίνονται πωματισμένα δοχεία, γιατί η αύξηση της πίεσης των ατμών του διαλύματος ή η πιθανή έκλυση αερίων από την αντίδραση μπορεί να προκαλέσει έκρηξη. Αν χρειάζονται για τη διεξαγωγή και περάτωση της αντίδρασης συνθήκες αδρανούς ατμόσφαιρας, τότε τοποθετείται μπαλόνι με αδρανές αέριο στην κορυφή της συσκευής.
6. Αν πεταχτεί πάνω σας οξύ ή κάποιο καυστικό αντιδραστήριο, ξεπλυθείτε αμέσως με άφθονο νερό.
7. Κατά την χρησιμοποίηση ευαίσθητων οργάνων π.χ. ζυγών, πεχάμετρων, φασματοφωτόμετρων, κλπ. ακολουθούνται αυστηρά οι οδηγίες που περιγράφονται στο εγχειρίδιο λειτουργίας του οργάνου, και για τις οποίες έχουν ενημερωθεί οι φοιτητές από τον υπεύθυνο της άσκησης.
8. Τα περιστρεφόμενα και κινούμενα τμήματα μηχανημάτων καθώς επίσης και όλα τα γυάλινα σκεύη πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή. Ξεκούμπωτες εργαστηριακές μπλούζες και λυτά μαλλιά ενέχουν τον κίνδυνο εμπλοκής με την συσκευή ή το σκεύος. Για το λόγο αυτό οι κινήσεις στο χώρο του εργαστηρίου πρέπει να είναι προσεκτικές και συντονισμένες.
9. Κατά την χρησιμοποίηση οργανικών υγρών απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, διότι πολλές από αυτές είναι τοξικές (όπως οι αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες π.χ. CCl_4), ή εύφλεκτες (όπως οι αιθέρες, αλκοόλες κ.α).
10. Φακοί επαφής καλό είναι να μην φοριούνται στο εργαστήριο, ειδικά όταν τα αντιδραστήρια τα οποία χρησιμοποιούμε ατμίζουν (όπως πυκνά οξέα, αμμωνία κ.α.), επειδή δυσκολεύουν το πλύσιμο των ματιών στην περίπτωση που γίνει κάποιο ατύχημα. Εφόσον κρίνεται απαραίτητο γίνεται χρήση προστατευτικών γυαλιών.
11. Η εργασία με αντιδραστήρια πτητικά, τοξικά ή εύφλεκτα πρέπει να γίνεται μέσα στον απαγωγό.
12. Ο Hg είναι δηλητήριο και δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με το δέρμα. Οι ατμοί του είναι επικίνδυνοι γι' αυτό ελεύθερες επιφάνειες υδραργύρου πρέπει να καλύπτονται με κάποιο ορυκτέλαιο ή στοιχειακό θείο ή στερεόθειοθειικό νάτριο.

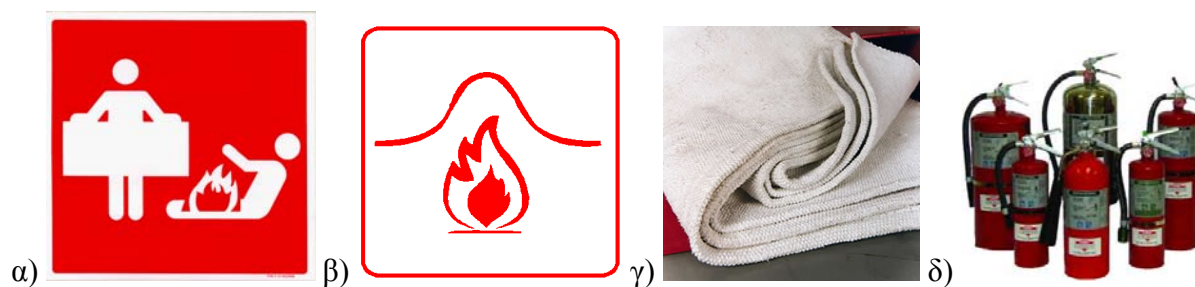
13. Για οποιαδήποτε απορία ή επιφύλαξη σχετικά με την λειτουργία ενός οργάνου ή τη χρήση ενός αντιδραστηρίου πρέπει να ερωτάται ο επιστημονικός υπεύθυνος ή κάποιος ειδικός.

Γ. Αντιμετώπιση φωτιάς

Πάντα αντιδρούμε με ψυχραιμία και αποφεύγουμε τον πανικό.

1. **Ανάφλεξη ενδυμασίας.** Το άτομο του οποίου αναφλέγεται η ενδυμασία **δεν πρέπει να τρέξει**, γιατί τότε το ρεύμα του αέρα που θα δημιουργηθεί θα δυναμώσει τη φωτιά. Αντίθετα πρέπει να ξαπλώσει και να κυλιστεί στο έδαφος, ώστε να καλύψει τις φλόγες που τότε θα σβήσουν. Σωτήρια ενέργεια θα είναι η κάλυψη του ατόμου με αμιαντοκουβέρτα, καθώς επίσης και η χρήση του πυροσβεστήρα ώστε να σβήσουν οι φλόγες.
2. **Ανάφλεξη αντιδραστηρίων.** Απομακρύνονται όλα τα εύφλεκτα συστατικά από τον γύρο χώρο. Για φωτιές μεγάλης έντασης χρησιμοποιείται ξηρά άμμος. Απαραίτητη είναι επίσης η ύπαρξη πυροσβεστήρα στο εργαστήριο.

Εικόνα 2. α) και β) Ένδειξη πως στο συγκεκριμένο χώρο φυλάσσεται κουβέρτα αντιμετώπισης φωτιάς, γ) Κουβέρτα αντιμετώπισης φωτιάς, δ) Πυροσβεστήρες



Δ. Αντιμετώπιση δηλητηριάσεων

Αν το δηλητήριο, στερεό ή υγρό έχει μείνει στο στόμα και δεν έχει καταποθεί, φτύνουμε και πλένουμε καλά το στόμα με νερό. Αν το δηλητήριο έχει φθάσει στο στομάχι η αντιμετώπιση εξαρτάται από την φύση του δηλητηρίου.

1. **Οξέα:** Πίνουμε άφθονο νερό και στη συνέχεια υδροξείδιο του Mg ή γάλα.
2. **Βάσεις:** Πίνουμε άφθονο νερό και κατόπιν ζύδι, ή χυμό λεμονιού ή διάλυμα κιτρικού οξέος.
3. **Άλατα βαρέων μετάλλων:** Χορηγούμε γάλα ή ασπράδι αυγού.

4. **Δηλητηριώδη αέρια:** Μεταφέρουμε το θύμα σε ανοιχτό χώρο για να εισπνεύσει καθαρό αέρα και σε σοβαρότερες περιπτώσεις στο εφημερεύον νοσοκομείο. Αν η προσβολή έγινε από ατμούς όξινης ουσίας σε πρώτη φάση συνιστάται ελαφρά εισπνοή αμμωνίας. Για την εξουδετέρωση Cl_2 και Br_2 χορηγούμε ατμούς NH_3 ή διάλυμα NaHCO_3 για γαργάρα. Αν έχει σταματήσει η αναπνοή εφαρμόζουμε τεχνητή αναπνοή.

Ε. Κοψίματα

Αν το κόψιμο είναι μικρό το αφήνουμε για λίγο να αιμορραγήσει, αφαιρούμε κομμάτια γυαλιού που πιθανόν υπάρχουν στην πληγή, απολυμαίνουμε με αλκοόλη και δένουμε το τραύμα. Αν το τραύμα είναι σοβαρό καλούμε αμέσως γιατρό και στο μεταξύ πλένουμε με αλκοόλη και προσπαθούμε να περιορίσουμε την αιμορραγία με γάζα ή βαμβάκι.

ΣΤ. Ατυχήματα οφθαλμών

Σε όλες τις περιπτώσεις ατυχήματος οφθαλμών τον παθόντα πρέπει να παρακολουθήσει ο γιατρός.

Εικόνα 3. Ειδικές συσκευές για πλύσεις σε ατυχήματα οφθαλμών.



1. **Οξύ στα μάτια:** Αν το οξύ είναι αραιό, πλένουμε τα μάτια επανειλημμένα σε ειδική συσκευή με διάλυμα NaHCO_3 1%. Αν το οξύ είναι πυκνό, πλένουμε αρχικά με άφθονο νερό και κατόπιν με διάλυμα NaHCO_3 1%.
2. **Καυστικό άλκαλι στα μάτια:** Αν το άλκαλι είναι αραιό πλένουμε με διάλυμα H_3BO_3 1%. Αν το άλκαλι είναι πυκνό πλένουμε με άφθονο νερό και κατόπιν με H_3BO_3 1%.

- 3. Βρώμιο στα μάτια:** Πλένουμε με νερό και κατόπιν με διάλυμα NaHCO_3 1%.
- 4. Τεμάχια ή ρινίσματα γυαλιού στα μάτια:** Απομακρύνουμε προσεκτικά τα κομμάτια ή τα ρινίσματα του γυαλιού με λαβίδα ή πλένουμε τα μάτια σε υδατόλουτρο. Καλούμε τον γιατρό.

Z. Αντιμετώπιση χημικών εγκαυμάτων

- 1. Βρώμιο στο δέρμα:** Πλένουμε το προσβεβλημένο μέρος αμέσως με βενζίνη και κατόπιν καλύπτουμε με γλυκερίνη.
- 2. Νάτριο στο δέρμα:** Απομακρύνουμε τα τεμάχια μετάλλου με μεταλλική λαβίδα, πλένουμε κατόπιν με άφθονο νερό, ύστερα με 1% CH_3COOH και καλύπτουμε την πληγή με μια γάζα μουσκεμένη στο ελαιόλαδο.
- 3. Φωσφόρος στο δέρμα:** Πλένουμε σχολαστικά με ψυχρό νερό και επαλείφουμε την περιοχή με διάλυμα 1% AgNO_3 .
- 4. Οργανικές ουσίες στο δέρμα:** Πλένουμε καλά με αλκοόλη και κατόπιν με σαπούνι και ζεστό νερό.
- 5. Πυκνό οξύ ή άλλη διαβρωτική ουσία στο δέρμα:** Επιβάλλεται άμεσο πλύσιμο με άφθονο νερό. Ακολουθεί εξουδετέρωση του μεν οξέος με διάλυμα NaHCO_3 1%-5% της δε βάσης με CH_3COOH 1% ή με H_3BO_3 5%.

H. Άλλες καταστάσεις

Σε περίπτωση σεισμού συνιστάται να παραμείνει κάποιος ακίνητος κατά τη διάρκεια της δόνησης, μακριά από παράθυρα, τζαμαρίες, απαγωγούς κλπ και μόλις σταματήσει η δόνηση ψύχραιμα και χωρίς πανικό να εγκαταλείψει το κτίριο από την πλησιέστερη έξοδο χρησιμοποιώντας πάντοτε τη σκάλα και ποτέ το ασανσέρ.

Όταν ο εργαζόμενος στο εργαστήριο παρουσιάζει ευαισθησία (αλλεργία, εξανθήματα κλπ) από την επαφή με ορισμένες ουσίες, υποφέρει από παθήσεις που δεν επιτρέπουν την παραμονή του σε χημικά εργαστήρια οφείλει να συμβουλευτεί το γιατρό του και να ενημερώσει τον υπεύθυνο.

III. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Τα περισσότερα από τα σκεύη που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο χημείας (ανόργανη, οργανική, αναλυτική κλπ) είναι γυάλινα για να επιτρέπεται η παρατήρηση των διαφόρων μεταβολών που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Είναι φυσικό ότι επειδή είναι εύθραυστα θα πρέπει να τα χειριζόμαστε με μεγάλη προσοχή για να αποφύγουμε τόσο την απώλειά τους, όσο και τον τραυματισμό μας. Το είδος του γυαλιού, που χρησιμοποιεί ο κατασκευαστής, ποικίλλει ανάλογα με τη χρήση. Τα σκεύη τα οποία μπορούν να υποστούν έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία είναι κατασκευασμένα από ειδικό πυρίμαχο θερμοάντοχο γυαλί (Pyrex) που έχει μικρό συντελεστή διαστολής, και γι' αυτό δε ραγίζουν κατά τη μετακίνησή τους από θερμό σε ψυχρό περιβάλλον και αντίστροφα.

III.1. ΑΠΛΑ ΓΥΑΛΙΝΑ ΣΚΕΥΗ

Απλές γυάλινες ράβδοι ανάδευσης

Είναι απλοί γυάλινοι ράβδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάδευση και ανάμιξη διαλυμάτων καθώς και για τη διαλυτοποίηση ιζημάτων.

Δοκιμαστικοί σωλήνες

Είναι από τα πλέον χρησιμοποιούμενα και αναλώσιμα σκεύη του εργαστηρίου. Χρησιμοποιούνται κυρίως για να πραγματοποιηθούν σε αυτούς απλές ποιοτικές χημικές αντιδράσεις.

Εικόνα 4. Δοκιμαστικοί σωλήνες και στατήρες δοκιμαστικών σωλήνων.



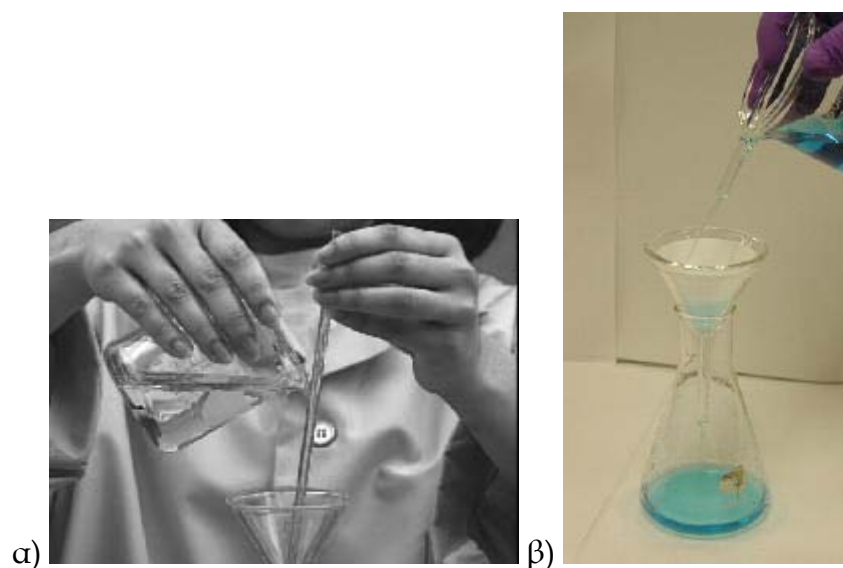
Ποτήρια ζέσεως, Κωνικές φιάλες, Χωνιά

Τα ποτήρια ζέσεως και οι κωνικές φιάλες χρησιμοποιούνται κυρίως για διαλυτοποιήσεις και μεταφορά ουσιών και διαλυμάτων, ή ακόμα και για τη διεξαγωγή απλών αντιδράσεων. Είναι κατασκευασμένα από θερμοανθεκτικό γυαλί (Pyrex). Οι ενδείξεις όγκου που φέρουν στο εξωτερικό τους είναι τελείως προσεγγιστικές (μεγάλο σφάλμα μέτρησης). Οι μεταγγίσεις των διαφόρων διαλυμάτων ή ο διαχωρισμός με κατάλληλο φίλτρο στερεών από υγρά γίνονται με τη χρήση απλών χωνιών, όπως φαίνεται στις εικόνες 5-6. Τα χωνιά με τον ευρύ λαιμό ονομάζονται χωνιά στερεών και χρησιμοποιούνται φυσικά για τη μεταφορά στερεών ουσιών.

Εικόνα 5. α) Απλά χωνιά και χωνιά στερεών, β) Ποτήρια ζέσεως, γ) Κωνικές φιάλες



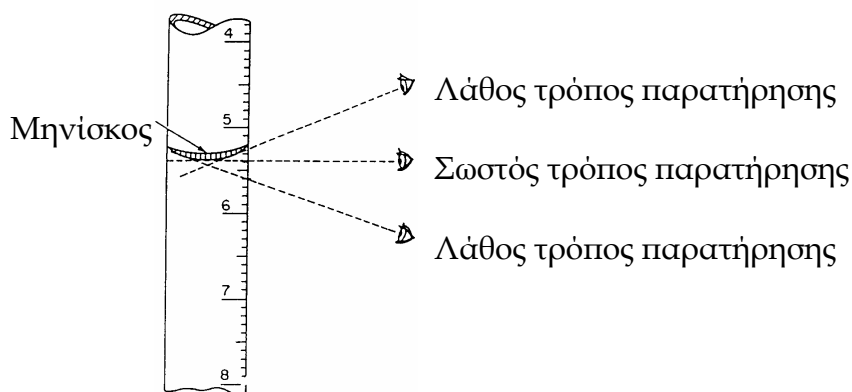
Εικόνα 6. α) Τρόπος απόχυσης διαλύματος από ποτήρι ζέσεως με τη χρήση της γυάλινης ράβδου, β) Απλή διήθηση (διαχωρισμός υγρού από στερεό).



III.2. ΓΥΑΛΙΝΑ ΣΚΕΥΗ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ

Τα σκεύη αυτά συνήθως έχουν ένα κυλινδρικό στόμιο (λαιμό) από γυαλί και βαθμονόμηση κατά μήκος του στομίου. Όταν τα σκεύη αυτά περιέχουν υγρά, εξαιτίας των δυνάμεων συνάφειας (τριχοειδών φαινομένων) μεταξύ του υγρού και του γυαλιού, σχηματίζεται ένας μηνίσκος. Η σωστή ανάγνωση του όγκου στο σκεύος γίνεται με τη βάση του μηνίσκου να εφάπτεται στη χαραγή του σιφωνίου πληρώσεως ή της ογκομετρικής φιάλης ή στην επιθυμητή γραμμή της βαθμολόγησης του ογκομετρικού κυλίνδρου ή του σιφωνίου μετρήσεως. Και βέβαια θα πρέπει το μάτι μας να είναι σε ευθεία γραμμή δηλ. στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τη βάση του μηνίσκου (Εικόνα 7).

Εικόνα 7. Σωστός και λάθος τρόπος ανάγνωσης του όγκου.



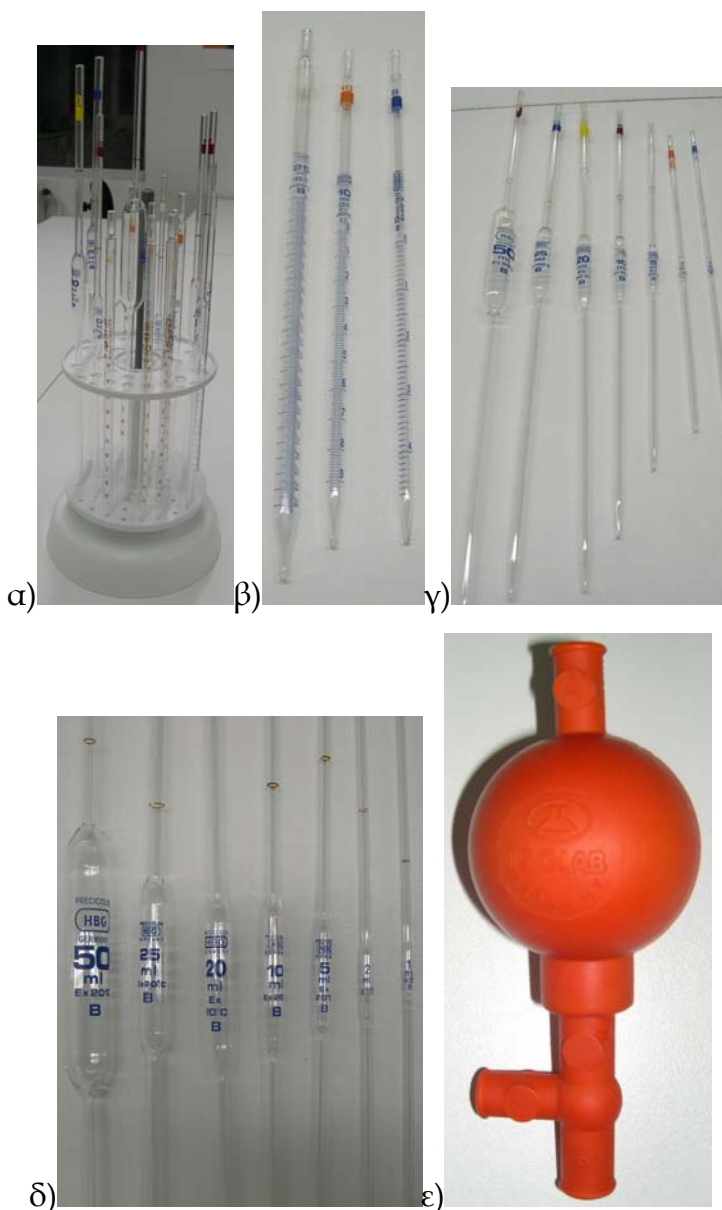
Σιφώνια

Τα σιφώνια χρησιμοποιούνται για μετρήσεις όγκου από 1 ml ως 100 ml. Οι μεγαλύτεροι όγκοι μετριοούνται με ογκομετρικές φιάλες, ενώ οι μικρότεροι με μικροσιφώνια ή σύριγγες. Τα σιφώνια μπορούν να μετρήσουν όγκους υγρών με μεγάλη ακρίβεια και χωρίζονται σε σιφώνια μετρήσεως και πληρώσεως. Το σιφώνιο μετρήσεως έχει μεγαλύτερη ακρίβεια από τον κύλινδρο. Είναι ένας βαθμολογημένος σωλήνας σε όλο του το μήκος με στενή απόληξη. Το κοινότερο σιφώνιο στο εργαστήριο είναι χωρητικότητας 10 κυβ. εκατ. και φέρει ενδείξεις ανά 0.1 κυβ. εκατ., επομένως αυτή είναι και η ακρίβειά τους (Εικόνες 8α,β). Το σιφώνιο πληρώσεως χρησιμοποιείται για την παραλαβή, με πολύ μεγάλη ακρίβεια συγκεκριμένου όγκου διαλύματος και μόνον αυτού. Ο όγκος είναι αυτός ακριβώς που δηλώνει ο κατασκευαστής του οργάνου και μπορεί να είναι 10, 25, 50 κυβ. εκατ. Για να ληφθεί ο

όγκος αυτός, πρέπει το υγρό να φτάσει μέχρι τη χαραγή που φέρει το σιφόνιο σε ορισμένο σημείο (Εικόνες 8α-δ).

Ποτέ δεν ρουφάμε ποσότητα υγρού στο σιφόνιο με το στόμα. Χρησιμοποιούμε πλαστική φούσκα που λέγεται πουάρ 3 οδών(Εικόνα 8ε). **Προσοχή κατά την αναρρόφηση δεν πρέπει να μπει υγρό μέσα στο πουάρ γιατί οι βαλβίδες του θα χαλάσουν και θα είναι άχρηστο.**

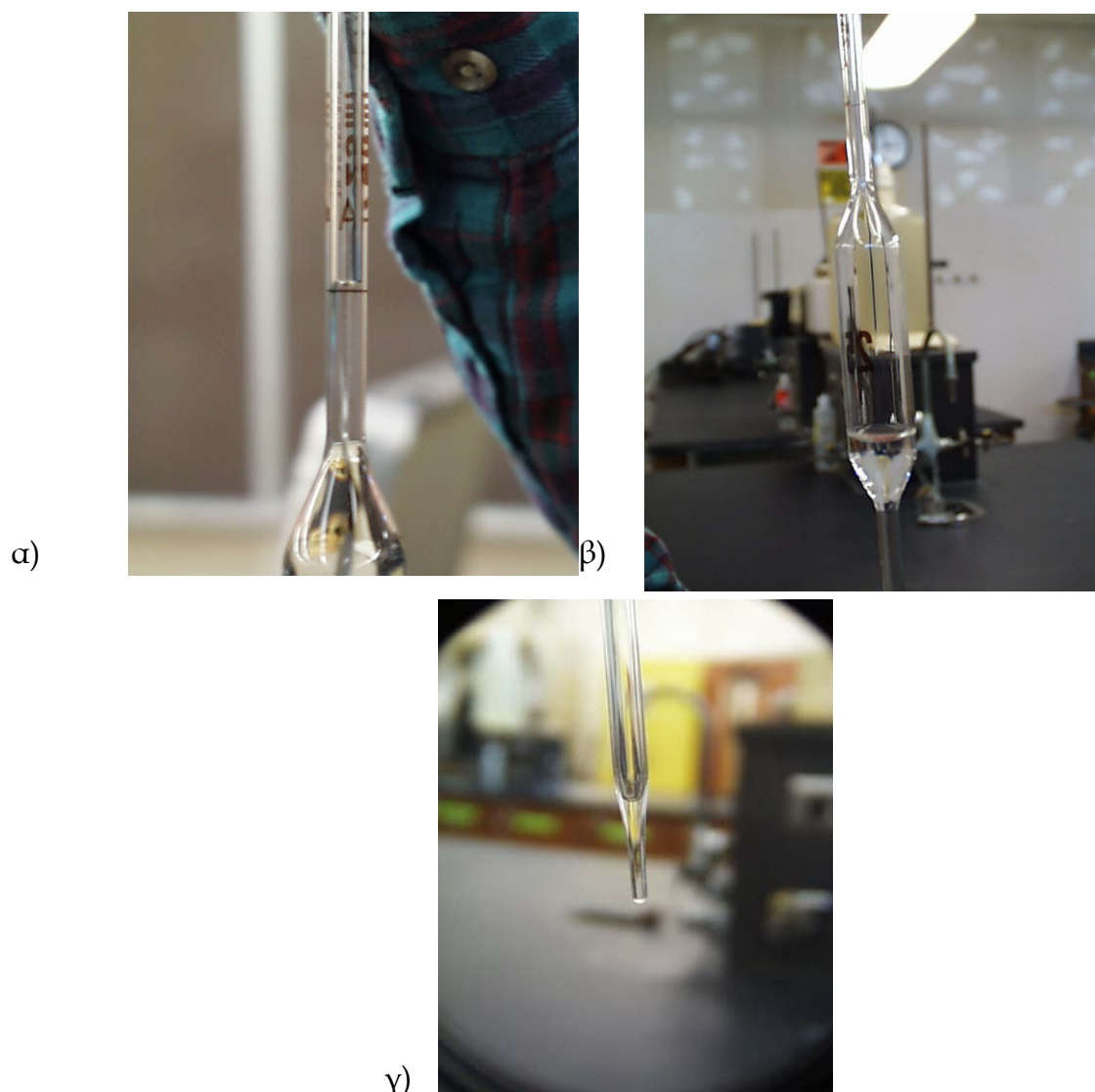
Εικόνα 8. α) Ειδικός στατήρας για την τοποθέτηση σιφωνίων αρίθμησης και πληρώσεως, β) Σιφόνια μετρήσεως, γ) και δ) πληρώσεως, ε) Πλαστική αντλία για αναρρόφηση (πουάρ).



Όταν η βάση του μηνίσκου βρίσκεται στη χαραγή της ένδειξης του οργάνου, τότε το σιφώνιο περιέχει ακριβώς την ζητούμενη ποσότητα που υποδεικνύεται από το όργανο (Εικόνα 9α). Τότε η ποσότητα του υγρού μπορεί να μεταφερθεί στη φιάλη συλλογής που επιθυμούμε(Εικόνα 9β). Η μικρή ποσότητα που παραμένει στο άκρο του σιφωνίου δεν πρέπει να αποφυσάται διότι έχει υπολογιστεί κατά την βαθμονόμηση του σιφωνίου (Εικόνα 9γ).

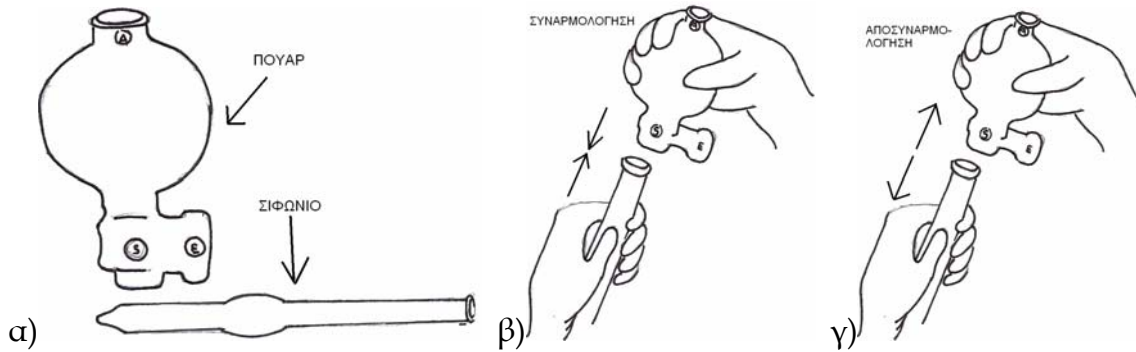
Συνίσταται η άμεση πλήση των σιφωνίων μετά την χρήση τους και ιδιαίτερα μετά την μεταφορά με αυτά αλκαλικών διαλυμάτων γιατί έχουν πολύ στενή απόληξη και είναι δύσκολο να απομακρύνουμε ξεραμένες ουσίες από αυτή.

Εικόνα 9. α) Σιφώνιο πλήρωσεως γεμισμένο ως τη χαραγή, β) Απόχυση του υγρού, γ) Το υγρό που έχει υπολογιστεί να μείνει στο σιφώνιο.

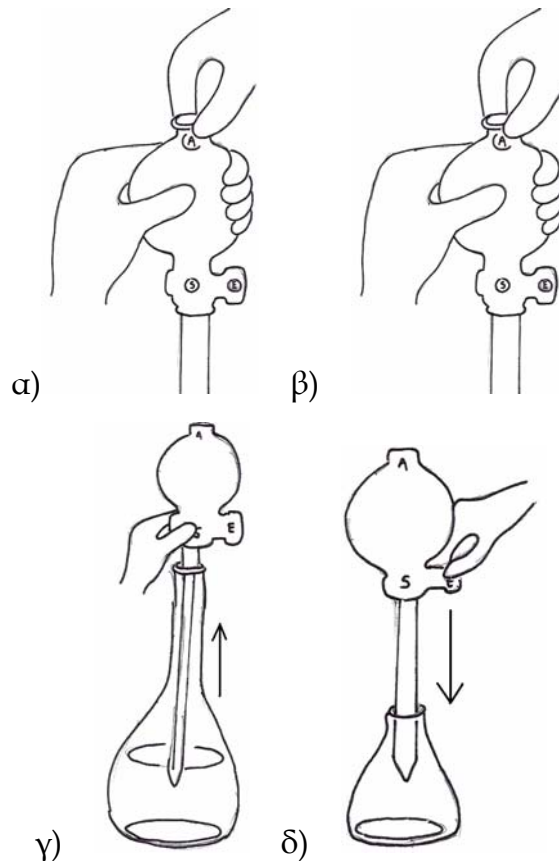


Παρακάτω δίνεται σχηματικά η όλη διαδικασία αναρρόφησης και εκροής υγρού με τη χρήση πουάρ και σιφώνιου (Εικόνες 10 και 11).

Εικόνα 10. α) Πουάρ και σιφώνιο, β) Συναρμολόγηση και γ) αποσυναρμολόγηση των δυο οργάνων.



Εικόνα 11. α) Δημιουργία κενού αέρος, β) Καταστροφή του κενού αέρος, γ) Αναρρόφηση του υγρού-διαλύματος, δ) εκροή του υγρού. Σε περίπτωση που έχουμε αναρροφήσει περισσότερη ποσότητα υγρού από την επιθυμητή, τότε μπορούμε με εναλλαγή της χρήσης των βαλβίδων E και S να ρυθμίσουμε την ποσότητα του υγρού μέσα στο σιφώνιο.



Άλλα πλαστικά πουάρ για αναρρόφηση δίνονται στην Εικόνα 12α και χρησιμοποιούνται στις πιπέτες παστέρ (Εικόνα 12β) για μεταφορά και μετάγγιση μικρών ποσοτήτων ουσιών.

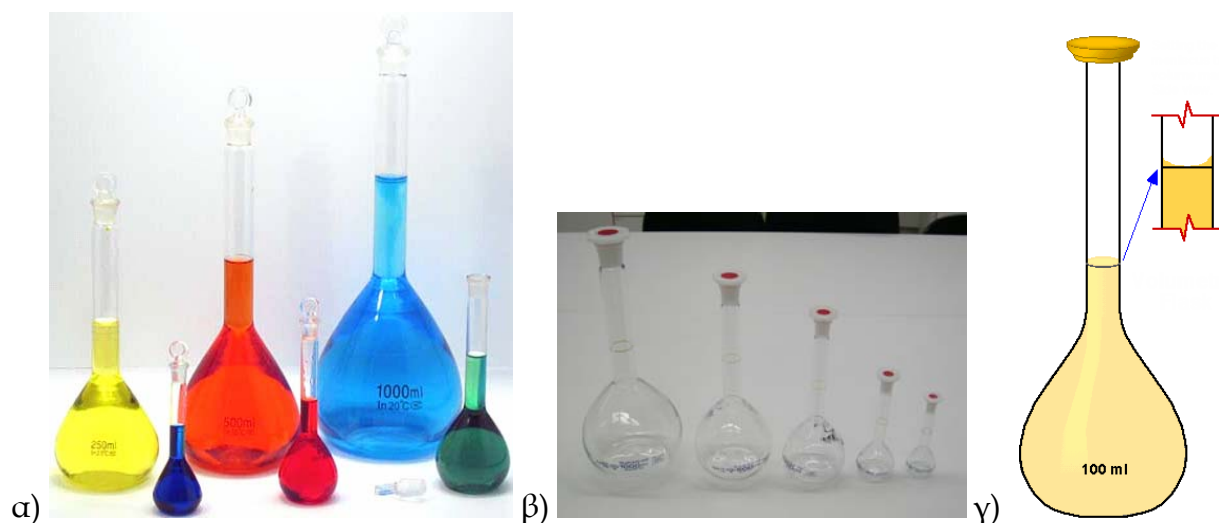
Εικόνα 12. α) Πουάρ για πιπέτες παστέρ, β) Πουάρ και πιπέτες παστέρ.



Ογκομετρικές φιάλες

Οι ογκομετρικές φιάλες είναι μακρολαίμες φιάλες, και είναι κατάλληλες για την παρασκευή διαλυμάτων συγκεκριμένου όγκου με μεγάλη ακρίβεια. Η χωρητικότητά τους είναι 5, 10, 25, 50, 100, 500, 1000 ml κλπ, και ο όγκος αυτός επιτυγχάνεται με πλήρωσή τους μέχρι τη χαραγή την οποία φέρουν στο λαιμό τους.

Εικόνα 13. α), β) Ογκομετρικές φιάλες διαφόρων χωρητικοτήτων, γ) Σωστή ανάγνωση της πλήρωσης της ογκομετρικής φιάλης.



Οι ογκομετρικές φιάλες χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων (ζύγιση πρότυπης ουσίας, διάλυση της και αραιώση του διαλύματος μέχρις ορισμένου όγκου) καθώς επίσης και για την αραιώση διαλυμάτων μέχρι

ορισμένου όγκου. Όταν ένα στερεό διαλύεται εντός της ογκομετρικής φιάλης, η τελική ρύθμιση του όγκου πρέπει να γίνεται μετά την πλήρη διάλυση του στερεού, γιατί κατά την διάλυση είναι δυνατόν να συμβούν σημαντικές μεταβολές του όγκου. Είναι προτιμότερο πάντως, η διάλυση του στερεού να γίνεται σε ποτήρι ζέσης και στη συνέχεια να μεταφέρεται το διάλυμα ποσοτικά στην ογκομετρική φιάλη και να αραιώνεται μέχρι χαραγής.

Ογκομετρικοί κύλινδροι

Ικανοποιητική σχετικά ακρίβεια έχει και η μέτρηση του όγκου με τον ογκομετρικό κύλινδρο ο οποίος είναι βαθμολογημένος σε κυβικά εκατοστά, κυρίως στα μεγέθη που χρησιμοποιούμε στο φοιτητικό εργαστήριο. Έτσι η ακρίβειά του είναι συνήθως της τάξης του ενός κυβικού εκατοστού.

Εικόνα 14. Ογκομετρικοί κύλινδροι διαφόρων χωρητικότητων.

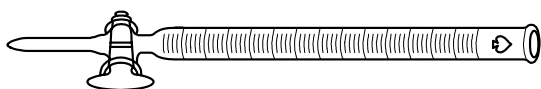


Προχοϊδες

Οι προχοϊδες είναι και αυτές όργανα μέτρησης όγκου και μοιάζουν με τα σιφώνια μετρήσεως, με τη διαφορά ότι φέρουν στο κάτω άκρο μια στρόφιγγα για τον έλεγχο της ροής του υγρού. Η προχοϊδα είναι το σκεύος που χρησιμοποιείται κυρίως για ογκομετρήσεις-τιτλοδοτήσεις. Είναι βαθμονομημένες για τη μέτρηση με μεγάλη ακρίβεια όγκου ενός διαλύματος. Για τη σωστή λειτουργία της απαιτείται λίπανση της γυάλινης στρόφιγγας με λεπτό στρώμα βαζελίνης. Προχοϊδες με στρόφιγγα από Teflon δεν χρειάζονται λίπανση. Μετά το πέρας της εργαστηριακής άσκησης οι προχοϊδες πρέπει να πλένεται με άφθονο νερό. Τα ισχυρά αλκαλικά διαλύματα δεν

πρέπει να παραμένουν επί μακρόν στις προχοΐδες γιατί προσβάλλουν το γυαλί και μπορεί να κολλήσει η στρόφιγγα και να αχρηστευθούν. Για τη μέτρηση του όγκου του παρεχόμενου υγρού συνήθως αναγιγνώσκεται η βάση του μηνίσκου όταν όμως το διάλυμα είναι εντόνως χρωματισμένο π.χ. διαλύματα $KMnO_4$ αναγιγνώσκεται η πάνω επιφάνεια του. Όσο πιο στενός είναι ο κύλινδρος της προχοΐδας τόσο πιο ακριβής είναι η μέτρηση που γίνεται. Αναλυτικά για τον τρόπο χειρισμού της στο ειδικό κεφάλαιο της τιτλοδότησης.

Εικόνα 15. Προχοΐδα



IV. ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΓΥΑΛΙΝΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Η καθαριότητα των οργάνων και των συσκευών που χρησιμοποιούνται είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία ενός πειράματος.

1. Ο καθαρισμός γίνεται με ψήκτρα (βουρτσάκι) και απορροπαντικό ή άλλο μέσο καθαρισμού. Κατόπιν ξεπλένουμε με άφθονο νερό της βρύσης και τέλος με απιονισμένο.
2. Μετά την πλύση των οργάνων, τα στεγνώνουμε σε ειδικές συσκευές τα **πυριαντήρια**.
3. Τα όργανα μέτρησης όγκου δεν πρέπει να ξηραίνονται σε πυριαντήριο, αφήνονται να στεγνώσουν αργά.

Για τις πλύσεις χρησιμοποιούνται ειδικά ελαστικά δοχεία τα οποία λέγονται υδροβολείς. Στους υδροβολείς φυλάσσεται απιονισμένο ή απεσταγμένο ύδωρ το οποίο χρησιμοποιείται ποικιλοτρόπως στο εργαστήριο π.χ. για την αραιώση διαλυμάτων, την έκπλυση υάλινων σκευών. Η προσθήκη της απαραίτητης ποσότητας νερού γίνεται με μικρές διακοπόμενες πιέσεις στο σώμα του υδροβολέα. Σε καμία περίπτωση δεν παραλαμβάνεται νερό από τον υδροβολέα με σιφώνιο ή άλλο όργανο. Ο σωστός τρόπος είναι η προσθήκη νερού από τον υδροβολέα σε ποτήρι ή άλλο σκεύος και στη συνέχεια αναρρόφηση του από εκεί με το σιφώνιο. Υπάρχουν

και ειδικά δοχεία για την προσωρινή φύλαξη και χρήση οργανικών διαλυτών, όπως η ακετόνη, η αιθανόλη, η μεθανόλη κλπ.

Εικόνα 16. Υδροβολείς



V. ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Η μεταφορά των θερμών διαλυμάτων θα πρέπει να γίνεται με τη βοήθεια ειδικού μεταλλικού σκεύους σε σχήμα ψαλίδας ή λαβίδας που λέγεται πυράγρα.

Εικόνα 17. Λαβίδες και ψαλίδες για το χειρισμό θερμών συσκευών.



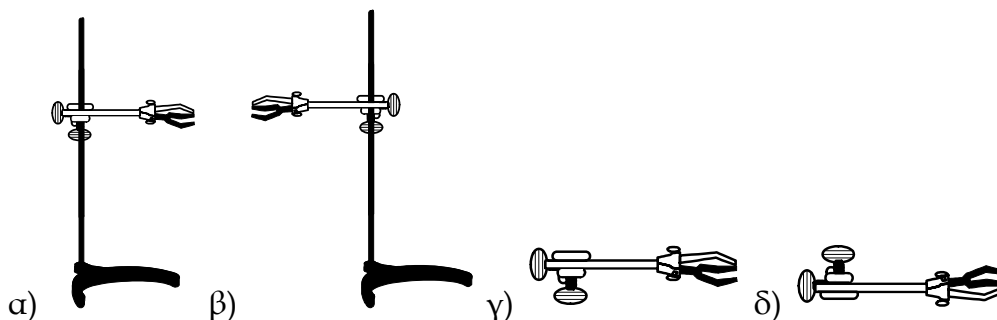
Οι προχοϊδες, οι φιάλες αντίδρασης και γενικά όλα τα σκεύη που χρειάζεται να σταθεροποιηθούν σε κάποιο σημείο, «δένονται» με τη βοήθεια λαβίδων με σφιγκτήρες οι οποίες στερεώνονται σε μεταλλικά στηρίγματα (Εικόνα 18).

Εικόνα 18. α) Μεταλλικοί στατήρες, β) Λαβίδες και σφιγκτήρες, γ) Λαβίδα με σφιγκτήρα τοποθετημένη σε στατήρα.



Η σωστή τοποθέτηση των μεταλλικών λαβίδων είναι καθοριστική για την ασφάλεια του πειράματός μας, και φαίνεται στις Εικόνες 18α και 19.

Εικόνα 19. α) Σωστή τοποθέτηση της λαβίδας στο μεταλλικό στήριγμα, β) Λάθος τοποθέτηση, γ) Σωστή τοποθέτηση του σφιγκτήρα της λαβίδας, δ) Λάθος τοποθέτηση.



Ζυγοί

Η μέτρηση μάζας ιδίως όταν πρόκειται για στερεά γίνεται με τη χρήση των ζυγών. Σήμερα οι ζυγοί είναι αυτοματοποιημένοι και ψηφιακοί, οπότε η μέτρηση γίνεται με ανάγνωση της ένδειξης στην οθόνη. Κάθε ζυγός είναι προορισμένος από τον κατασκευαστή του για κάποια ανώτατα όρια φόρτισης. Οι ζυγοί που υπάρχουν στο εργαστήριο έχουν ακρίβεια 0,01 και 0,001 γραμμάρια. Ο χώρος γύρω από τη ζυγαριά πρέπει να διατηρείται καθαρός και σε περίπτωση που κατά λάθος πέσει κάποια ουσία, αυτή θα πρέπει να απομακρύνεται αμέσως. Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι τελειώς στεγνά και καθαρά, ενώ ποτέ δεν εκτελούνται αντιδράσεις μέσα στο ζυγό και κατά τη διάρκεια της ζύγισης.

Οι στερεές ουσίες μεταφέρονται από το μπουκάλι στο ζυγό, Εικόνα 20α, για ζύγιση με τη βοήθεια της σπάτουλας, Εικόνα 20β. Η ζύγιση γίνεται σε ειδικό σκαφίδιο ή σε ένα κομμάτι γυαλιστερό μη απορροφητικό χαρτί, ή αν η ποσότητα είναι μεγάλη σε κάποιο ποτήρι ζέσεως. Στους ζυγούς μπορούμε να ζυγίσουμε πρώτα το σκαφίδιο, Εικόνα 20γ, στη συνέχεια να μηδενίσουμε την ένδειξη του ζυγού δηλ το απόβαρο, Εικόνα 20δ, και επομένως η ένδειξη του ζυγού στη συνέχεια θα αφορά μόνο το καθαρό βάρος της ουσίας, Εικόνα 20ε. Ποτέ δεν επιστρέφεται στο μπουκάλι του αντιδραστήριου ή στη φιάλη μας η περίσσεια του αντιδραστήριου από τη σπάτουλα.

Εικόνα 20. α) Ζυγός, β) Σπάτουλες, γ) Ζύγιση του σκαφιδίου, δ) Μηδενισμός του απόβαρου, ε) Ζύγιση της ακριβούς ποσότητας της ουσίας.



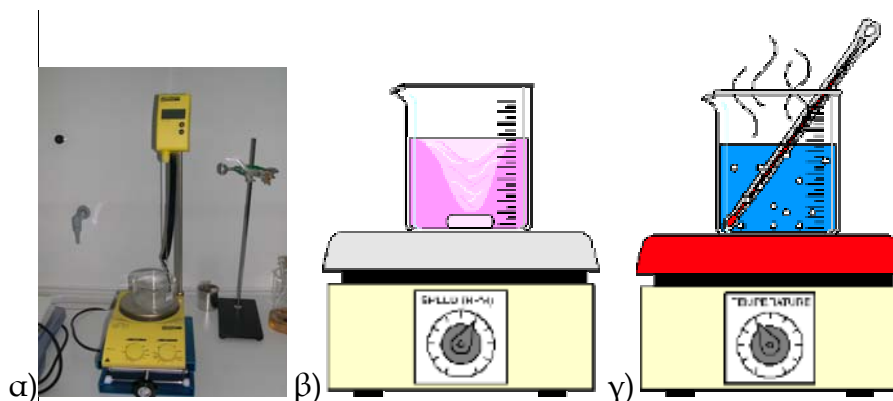
Θερμανικά-Μαγνητικοί Αναδευτήρες

Είναι ηλεκτρικές συσκευές με τις οποίες μπορούμε να επιτύχουμε ανάδευση (θα πρέπει μέσα στη φιάλη να έχει τοποθετηθεί μαγνήτης) ή θέρμανση με ταυτόχρονη ανάδευση. Είναι γνωστό πως η πλειονότητα των αντιδράσεων απαιτεί ανάδευση για τη μεγιστοποίηση της επαφής των αντιδρώντων συστατικών, ενώ ενίοτε απαιτείται και θέρμανση.

Εικόνα 21. α) Μαγνήτες, β) Μαγνήτες και μαγνητική ράβδος



Εικόνα 22. α) Ηλεκτρική συσκευή για θέρμανση και μαγνητική ανάδευση, β) Μαγνητική ανάδευση διαλύματος (στο ποτήρι ζέσεως έχει τοποθετηθεί μαγνήτης), γ) Θέρμανση διαλύματος (συνήθως υπάρχει και μαγνητική ανάδευση).



Επειδή οι συσκευές είναι ηλεκτρικές, θα πρέπει να ελέγχεται πάντα η ποιότητα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, των καλωδίων, των πριζών, η κατάσταση των συνδέσεων κλπ. και να αναφέρεται οτιδήποτε υποπέσει στην αντίληψή μας, πχ φθαρμένο καλώδιο. Επιπλέον, οι συσκευές πρέπει να είναι τοποθετημένες σε στεγνό πάγκο και ο άνθρωπος που πρόκειται να τις χειριστεί να πατά σε στεγνό πάτωμα. Τέλος θα πρέπει να είναι γνωστή η θέση του διακόπτη έκτακτης διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος, ώστε αν χρειαστεί να διακόψουμε το ρεύμα.

Ο έλεγχος για υπερθέρμανση των ηλεκτρικών συσκευών γίνεται με το πίσω μέρος της παλάμης. Αυτό γίνεται για να αποφευχθεί σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας η αντανακλαστική σύσπασή της που θα οδηγούσε σε σφίξιμο της συσκευής με μοιραίες συνέπειες.

Εικόνα 23. Προσοχή στην κατάσταση των ηλεκτρικών συσκευών.



1^Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Στα πλαίσια της εργαστηριακής αυτής άσκησης καλείστε να εξοικειωθείτε με τα σκεύη και τις συσκευές του εργαστηρίου γενικής και ανόργανης χημείας, και να παρασκευάσετε μια σειρά από διαλύματα, διαφορετικά για την κάθε ομάδα.

Υπολογισμοί Συγκεντρώσεων

Πάντοτε στο εργαστήριο χρειάζεται κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων να παρασκευάσουμε διαλύματα διαφόρων συγκεντρώσεων για να τα χρησιμοποιήσουμε στις αντιδράσεις μας. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι έκφρασης συγκεντρώσεων είναι:

- 1. Βάρος κατά βάρος στα εκατό (% κ.β., % w/w).** Η έκφραση αυτή δηλώνει τα γραμμάρια της διαλυμένης ουσίας σε 100 g διαλύματος. Έτσι, ένα διάλυμα που αποτελείται από 20 g αιθανόλη και 80 g νερό είναι 20 % κ.β. σε αιθανόλη.
- 2. Όγκος κατ' όγκο στα εκατό (% κ.ο., % v/v).** Η έκφραση αυτή δηλώνει τα ml της διαλυμένης ουσίας σε 100 ml διαλύματος. Έτσι, ένα διάλυμα που αποτελείται από 30 ml αιθανόλη και 70 ml νερό είναι 30 % v/v σε αιθανόλη.
- 3. Βάρος κατ' όγκο στα εκατό (% κ.ο., % w/v).** Η έκφραση αυτή δηλώνει τα γραμμάρια της διαλυμένης ουσίας σε 100 ml διαλύματος. Έτσι, ένα διάλυμα που περιέχει 15 g NaBr σε 100 ml διαλύματος είναι 15 % κ.ο.
- 4. Μοριακότητα κατά βάρος (molality, m).** Η έκφραση αυτή δηλώνει τα γραμμομόρια (moles) της διαλυμένης ουσίας σε 1000 g διαλύτη. Το παραπάνω διάλυμα NaBr, αν υποθεθεί ότι με την προσθήκη του στερεού στο νερό δεν μεταβάλλεται ο όγκος του, είναι περιεκτικότητας 15 g/100 ml ή 150 g/1000 ml. Αν υποθεθεί ότι η πυκνότητα του διαλύματος είναι αυτή του νερού δηλ. 1 g/ml, τότε το διάλυμα είναι ισοδύναμο με 150 g/1000 g νερού. Επειδή το ΜΒ του NaBr είναι 102,9 g/mol, η συγκέντρωση του διαλύματος είναι $150/102,9=1,46$ mol/1000 g νερού ή 1,46 m.
- 5. Μοριακότητα κατ' όγκο (molarity, M).** Η έκφραση αυτή δηλώνει τα γραμμομόρια (moles) της διαλυμένης ουσίας σε 1000 ml διαλύματος. Το διάλυμα αιθανόλης 20% κ.β. είναι ίσο με 20 g /100 ml, με την προϋπόθεση ότι η πυκνότητά

του δε διαφέρει από τη μονάδα. Αυτό εκφράζεται ισοδύναμα ως 200 g/1000 ml και επειδή το MB της αιθανόλης είναι 46,07 g/mol, η συγκέντρωση του διαλύματος είναι $200/46,07=4,34 \text{ mol/l}$ ή 4,34 M.

- 6. Μέρη ανά εκατομμύριο.** Αναφέρεται στην παρουσία 1 μέρους βάρους της διαλυμένης ουσίας σε 1.000.000 μέρη βάρους διαλύματος. Εφόσον το διάλυμα είναι υδατικό, μπορεί η πυκνότητά του να θεωρηθεί κατά προσέγγιση ίση με τη μονάδα και το ppm μπορεί να θεωρηθεί ως 1 g διαλυμένης ουσίας σε 1.000.000 ml διαλύματος, ή αντίστοιχα ως 1 mg/l. Είναι καθαρός αριθμός και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που η συγκέντρωση είναι πολύ μικρή.

Αραίωση Διαλυμάτων

Πολλές φορές το διάλυμα δεν το φτιάχνουμε απευθείας από τα συστατικά του αλλά με αραίωση ενός διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης. Εκεί συνήθως εργαζόμαστε με την έκφραση της molarity, και η βασική αρχή είναι ότι τα moles της διαλυμένης ουσίας στο αρχικό και το τελικό διάλυμα είναι τα ίδια. Με βάση αυτή την αρχή εξάγεται ο τύπος της αραίωσης

$$M_{\text{αρχ}} V_{\text{αρχ}} = M_{\text{τελ}} V_{\text{τελ}} \text{ (εξίσωση 1)}$$

όπου $M_{\text{αρχ}}$, $V_{\text{αρχ}}$ η molarity και ο όγκος του αρχικού διαλύματος αντίστοιχα, ενώ $M_{\text{τελ}}$, $V_{\text{τελ}}$ η molarity και ο όγκος του τελικού διαλύματος.

Πειραματική Διαδικασία

Το πρώτο πείραμα που καλείστε να εκτελέσετε είναι η παρασκευή ενός διαλύματος με ορισμένη συγκέντρωση κ.ο. π.χ. 50 ml διαλύματος NaBr 3% κ.ο. (w/v).

Θα πρέπει να υπολογίσετε την ποσότητα του NaBr που πρέπει να διαλυθεί σε 50 ml νερού, (δηλ 1,5 g) να ζυγίσετε την ποσότητα στο ζυγό ακριβείας (Εικόνα 1), και να το μεταφέρετε με χωνί στερεών στην ογκομετρική φιάλη των 50 ml. Στη συνέχεια θα ρίξετε αρχικά λίγο απιονισμένο νερό για να διαλύσετε την ουσία και τέλος θα γεμίσετε τη φιάλη με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή.

Εικόνα 1. Από αριστερά προς τα δεξιά τα τρία στάδια της παρασκευής του διαλύματος% κ.ο. w/v.



Το δεύτερο πείραμα που καλείστε να εκτελέσετε είναι η παρασκευή ενός διαλύματος με ορισμένη μοριακότητα, π.χ. διάλυμα NaHCO_3 , 100 ml, 0.5M. Δίνεται $AB_{\text{Na}}=23$, $AB_{\text{H}}=1$, $AB_{\text{C}}=12$, $AB_{\text{O}}=16$.

Θα πρέπει να υπολογίσετε το MB του NaHCO_3 , τον αριθμό των γραμμαρίων της ουσίας που υπάρχουν σε 1000 ml διαλύματος (42 g), τον αριθμό των γραμμαρίων που αναλογικά θα πρέπει να υπάρχουν σε 100 ml διαλύματος, ώστε το διάλυμα να έχει το συγκεκριμένο τίτλο (4,2 g), και τέλος θα πρέπει να ακολουθήσετε τα βήματα του πρώτου πειράματος.

Το τρίτο πείραμα που καλείστε να εκτελέσετε είναι η παρασκευή ενός διαλύματος από ένα άλλο ήδη υπάρχον πρότυπο διάλυμα, π.χ. διάλυμα 25 ml, 0.1M, από πρότυπο διάλυμα NaOH 1M.

Εδώ έχουμε να κάνουμε αραιώση διαλύματος.

Χρησιμοποιώντας τον τύπο της αραιώσης, θα πρέπει να υπολογίσετε τον όγκο του αρχικού (πρότυπου) διαλύματος που απαιτείται, έτσι ώστε όταν αυτός ο όγκος συμπληρωθεί μέχρι τα 25 ml να πάρετε διάλυμα συγκέντρωσης 0.1M. Με σιφόνιο, παίρνετε τον ακριβή όγκο που χρειάζεστε (2,5 ml) και τον τοποθετείτε σε μια καθαρή ογκομετρική φιάλη των 25 ml. Στη συνέχεια, αραιώνετε το διάλυμα με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή της φιάλης (Εικόνα 2).

Εικόνα 2. Από αριστερά προς τα δεξιά τα τέσσερα βήματα της αραιώσης ενός διαλύματος.



Αφού συμπληρώσετε όλες τις ερωτήσεις που φαίνονται στο φύλλο εργασίας για τα διαλύματα, το παραδίδετε στον υπεύθυνο του εργαστηρίου.

**ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ Δ. Π. Θ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

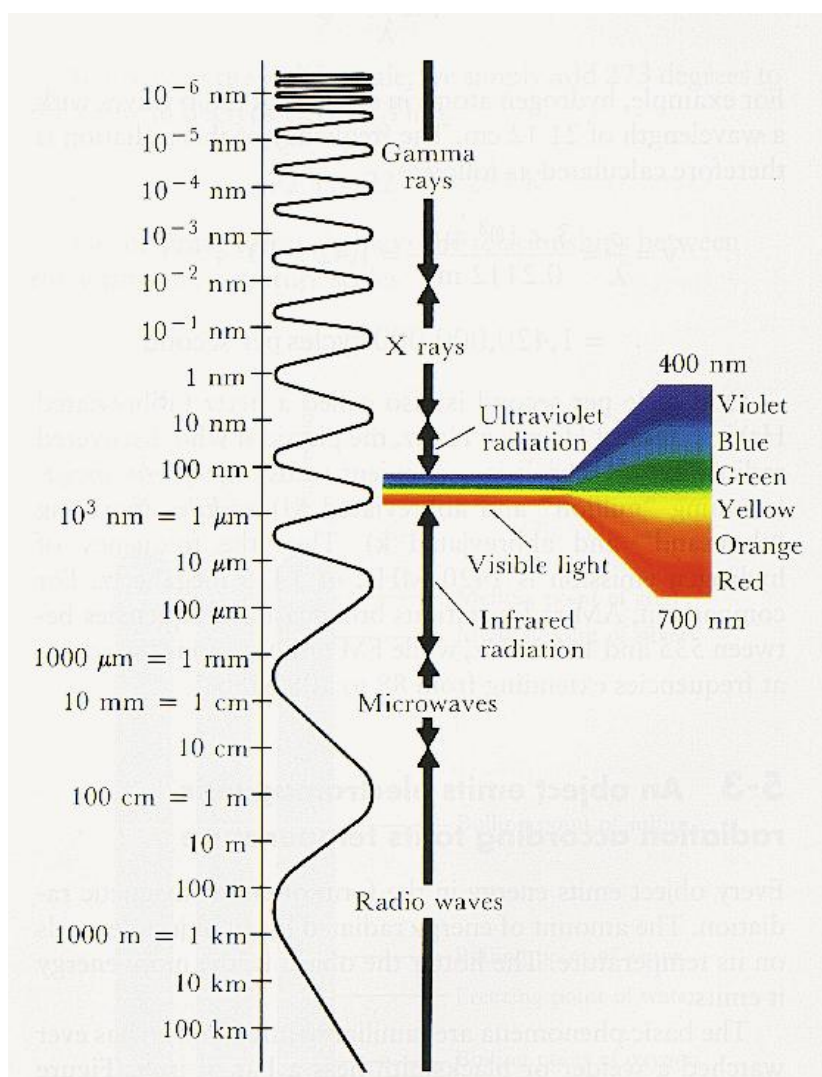
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ:

1. Ποια διαλύματα παρασκευάσατε;
2. Με ποιο τρόπο υπολογίσατε τις ποσότητες των αντίστοιχων ουσιών που χρησιμοποιήσατε στα αντίστοιχα διαλύματα;
3. Ποια όργανα και ποιες συσκευές χρησιμοποιήσατε και ποια ήταν η πειραματική διαδικασία που ακολουθήσατε;
4. Να εκφράσετε το διάλυμα κ.ο που παρασκευάσατε σε molality (θεωρήστε ότι δεν μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος κατά την προσθήκη του στερεού). Δίνεται πυκνότητα νερού 1g/ml.

ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

Φασματοσκοπία καλείται κάθε φυσικοχημική μελέτη της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας με την ύλη. Όταν τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας εμπίπτουν στην περιοχή του υπεριώδους και ορατού τμήματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος δηλ. 200 ως 800 nm και ενέργειες $20 \cdot 10^{-20}$ ως $80 \cdot 10^{-20}$ J τότε η μελέτη καλείται φασματοφωτομετρία.

Εικόνα 1. Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Το φως ή η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαρακτηρίζεται από κυματική συμπεριφορά. Το μήκος κύματος και η συχνότητα (ο αριθμός των πλήρων κυμάτων

που περνούν από ένα σημείο αναφοράς σε ένα δευτερόλεπτο) σχετίζονται με την ταχύτητα του φωτός c σύμφωνα με την εξίσωση

$$c = \lambda \nu \quad (\text{Εξίσωση 1})$$

Επιπλέον, το φως μπορεί να εμφανίζει συμπεριφορά που μοιάζει με αυτή ενός σωματιδίου. Τα σωματίδια αυτά καλούνται φωτόνια και έχουν συγκεκριμένη ενέργεια, E , που εξαρτάται από τη συχνότητα μέσω της σταθεράς του Planck, h , σύμφωνα με την εξίσωση

$$E = h \nu \quad (\text{Εξίσωση 2})$$

Η τιμή της ενέργειας της ακτινοβολίας δίνεται από τον τύπο

$$E = hc/\lambda \quad (\text{Εξίσωση 3})$$

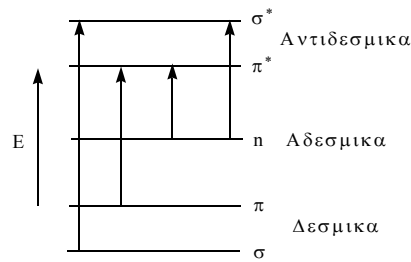
όπου E : η απορροφηθείσα ενέργεια, h : η παγκόσμια σταθερά του Planck ίση με $6.24 \cdot 10^{-27}$ erg sec, c : η ταχύτητα του φωτός, ίση με $2.998 \cdot 10^{10}$ cm/sec και λ : το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

Όταν ακτινοβολία μήκους κύματος λ προσπέσει σε μια χημική ουσία (άτομο, μόριο, ρίζα, ιόν), τότε αλληλεπιδρά μαζί της και μέρος της ενέργειας των φωτονίων μεταδίδεται στις μονάδες της χημικής ουσίας οι οποίες μεταβαίνουν σε υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση, δηλ. διεγείρονται. Οι ενεργειακές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί μια χημική ουσία είναι αυστηρά καθορισμένες, δηλ κβαντισμένες, και διαφορετικές για κάθε χημική ουσία.

Το είδος της διέγερσης για την κάθε χημική ουσία είναι απόλυτα εξαρτώμενο από το είδος της ακτινοβολίας, γιατί η κάθε ακτινοβολία μπορεί να μεταδώσει διαφορετικό ποσό ενέργειας, καθώς εμπίπτει σε διαφορετικό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι διεγέρσεις λοιπόν μπορεί να αφορούν δόνηση και κάμψη του μορίου, περιστροφή ολόκληρου του μορίου, διέγερση μαγνητικών πυρήνων ή διέγερση ηλεκτρονίων σθένους.

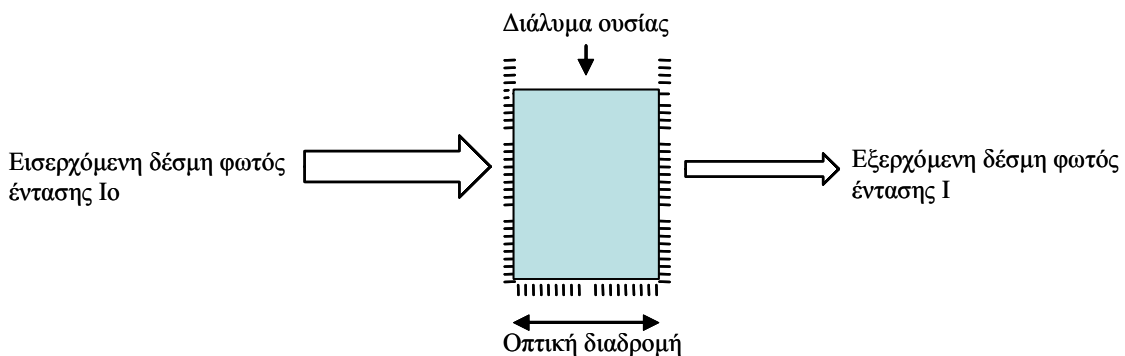
Η ακτινοβολία με μήκη κύματος στην περιοχή του υπεριώδους-ορατού μπορεί να απορροφηθεί από τα μόρια μιας ουσίας και να προκαλέσει διέγερση ηλεκτρονίων σθένους από μια επιτρεπτή και διαθέσιμη στάθμη ενέργειας σε άλλη. Συγκεκριμένα μπορεί να προκαλέσει μετακίνηση από δεσμικά, BMO, σε αντιδεσμικά, ABMO, ($\sigma \rightarrow \sigma^*$, $\pi \rightarrow \pi^*$) ή από αδεσμικά NBMO, σε αντιδεσμικά, ABMO, ($n \rightarrow \pi^*$, $n \rightarrow \sigma^*$) μοριακά τροχιακά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.

Εικόνα 2. Τύποι ηλεκτρονικών διεγέρσεων μετά από ακτινοβολία υπεριώδους-ορατού.



Όταν ακτινοβολία έντασης I_0 εισέρχεται σε διάλυμα κάποιας ουσίας, τότε μέρος της απορροφάται από την ουσία και το διαλύτη, με αποτέλεσμα η ένταση της ακτινοβολίας που εξέρχεται I να είναι μικρότερης έντασης από αυτή της εισερχόμενης (Εικόνα 3).

Εικόνα 3. Σχηματική απεικόνιση της απορρόφησης ορισμένης ακτινοβολίας από διάλυμα ουσίας.

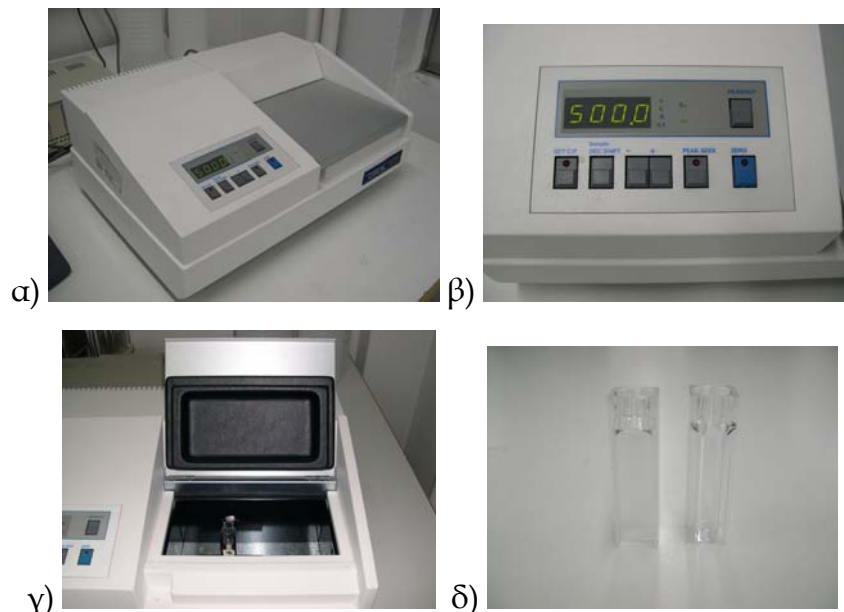


Το όργανο το οποίο χρησιμοποιείται στη φασματοσκοπία υπεριώδους-ορατού είναι το φασματοφωτόμετρο που φαίνεται στην Εικόνα 4α. Στο αριστερό μέρος υπάρχει μια κονσόλα με κουμπιά και ηλεκτρονική ένδειξη. Εκεί μπορούμε να ρυθμίζουμε το μήκος κύματος της ακτινοβολίας αλλά και να «διαβάζουμε» τις ενδείξεις της απορροφητικότητας, της διαπερατότητας κλπ, Εικόνα 4β.

Δεξιά του οργάνου υπάρχει ένας σκοτεινός θάλαμος, στον οποίον τοποθετείται το δείγμα, Εικόνα 4γ. Το δείγμα μπαίνει σε ειδική κυψελίδα (ή αλλιώς κυβέτα), που έχει δυο όψεις, Εικόνα 4δ. Οι δυο παράλληλες επιφάνειες είναι διαυγείς έτσι ώστε το φως να περνά απρόσκοπτα, ενώ οι άλλες δυο είναι αδιαφανείς για να μη διαχέεται η ακτινοβολία. Με τον τρόπο αυτό η ένταση της ακτινοβολίας που

μετράται κατά την έξοδο του φωτός είναι μόνο αυτή που διαπέρασε το προς μελέτη διάλυμα.

Εικόνα 4. Φασματοφωτόμετρο UV-Vis.



Η απορρόφηση της ακτινοβολίας από μια ουσία υπακούει στο νόμο Lambert-Beer, σύμφωνα με τον οποίο, η ένταση της ακτινοβολίας που διέρχεται από το δείγμα μιας ουσίας σχετίζεται με την ένταση της προσπίπτουσας σ' αυτό και εκφράζεται μαθηματικά με τον τύπο

$$I = I_0 \cdot 10^{-d C \varepsilon} \quad (\text{Εξίσωση 4})$$

όπου I_0 η ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο διάλυμα, I ένταση της ακτινοβολίας που εξέρχεται από το διάλυμα, d το πάχος της κυβελίδας (cm), C η συγκέντρωση του διαλύματος σε mol/l και ε ο συντελεστής μοριακής απόσβεσης ή απορροφητικότητα (absorptivity). Ο μοριακός συντελεστής απόσβεσης ή απορρόφησης, για μονοχρωματικό φως και για ορισμένο διαλύτη εξαρτάται από τη φύση της διαλυμένης ουσίας, είναι δηλαδή χαρακτηριστική σταθερά της ουσίας.

Αν μετασχηματίσουμε την εξίσωση (4) σε

$$I/I_0 = 10^{-d C \varepsilon} \quad (\text{Εξίσωση 5})$$

το πηλίκο I/I_0 παριστάνει ουσιαστικά τη διαπερατότητα του δείγματος από την ακτινοβολία και παριστάνεται με T (transmittance) και παίρνει τις τιμές 1 όταν $I=I_0$ (πλήρης διαπερατότητα) ως και 0 όταν $I=0$ (μηδενική διαπερατότητα).

Λογαριθμίζοντας τη σχέση (5) προκύπτει

$$\log T = -d C \varepsilon \text{ ή } -\log T = d C \varepsilon \quad (\text{Εξίσωση 6})$$

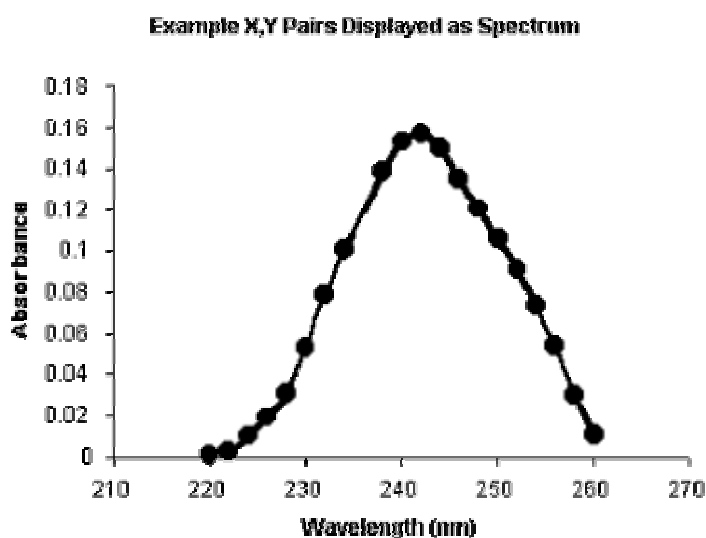
Η παράσταση $-\log T$ ονομάζεται απορρόφηση (absorbance) A ή οπτική πυκνότητα (optical density, D) και επομένως η σχέση

$$A = d C \varepsilon \quad (\text{Εξίσωση 7})$$

αποτελεί τη μαθηματική διατύπωση του νόμου των Lambert-Beer.

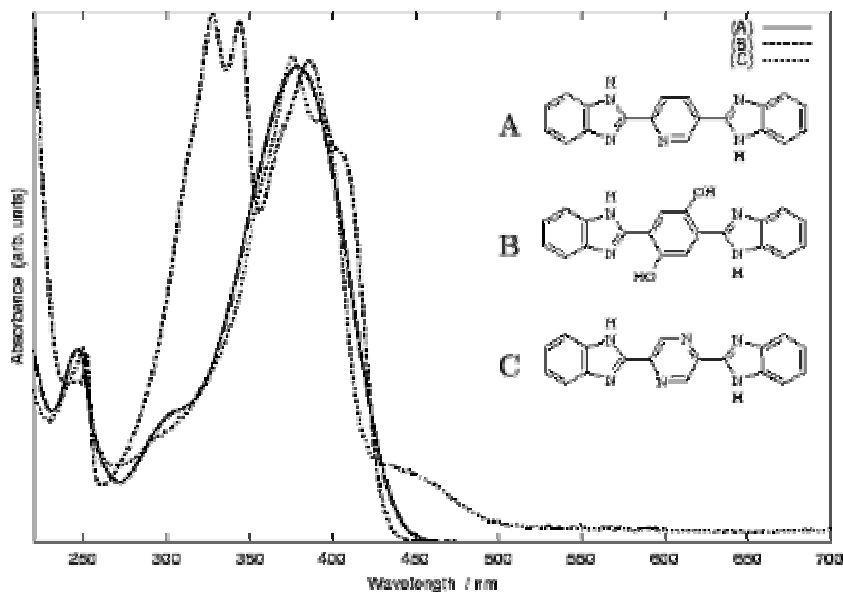
Η καταγραφή της απορρόφησης της ακτινοβολίας από το δείγμα της χημικής ουσίας σε συνάρτηση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας δίνει το φάσμα της ουσίας. Η εξίσωση 7, για ορισμένη συγκέντρωση και μήκος κυψελίδας, δίνει διάγραμμα A ως προς λ με μέγιστα και ελάχιστα. Το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη απορρόφηση, δηλ. τη μεγαλύτερη διέγερση λέγεται λ_{\max} , και είναι χαρακτηριστικό της ουσίας. Στην παρακάτω Εικόνα 5 δίνεται το φάσμα UV-Vis μιας ουσίας, το λ_{\max} της οποίας είναι 242 nm.

Εικόνα 5. Φάσμα UV-Vis.



Στην Εικόνα 6 δίνονται συγκριτικά τα φάσματα UV-Vis τριών διαφορετικών ουσιών με παραπλήσια όμως δομή. Είναι φανερό πως αν είναι γνωστά τα φάσματα και των τριών ουσιών και μας δοθεί ως άγνωστη κάποια από τις τρεις, μπορούμε παίρνοντας το φάσμα της και συγκρίνοντάς το με αυτά των τριών ουσιών, να ταυτοποιήσουμε την ένωση, να αποφανθούμε δηλαδή για τη δομή της.

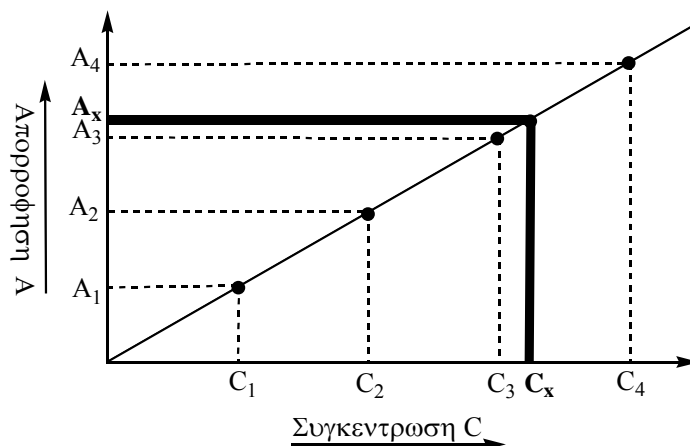
Εικόνα 6. Φάσμα UV-Vis.



Παρατηρώντας πάλι την εξίσωση (7) διαπιστώνουμε πως για ένα ορισμένο μήκος κύματος (καθορισμένο ϵ) και ορισμένη κυψελίδα (καθορισμένο d) υπάρχει γραμμική σχέση ανάμεσα στη συγκέντρωση μιας ουσίας και της απορρόφησης της ακτινοβολίας από το διάλυμά της. Αυτό σημαίνει πως αν μας ζητηθεί να ταυτοποιήσουμε μια ουσία και να βρούμε και τη συγκέντρωσή της, πρέπει πρώτα να βρούμε το μέγιστο μήκος κύματος απορρόφησης της, λ_{\max} , που όπως είπαμε είναι χαρακτηριστικό της ουσίας. Από το φάσμα και την τιμή του λ_{\max} και με βάση τη βιβλιογραφία, μπορούμε να αποφανθούμε για την ταυτότητα της ουσίας (όπως φαίνεται στην Εικόνα 6. Στη συνέχεια, για να προσδιορίσουμε τη συγκέντρωσή της, πρέπει να παρασκευάσουμε πρότυπα διαλύματα της ουσίας γνωστής συγκέντρωσης $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots$, και να βρούμε, στο λ_{\max} , τις τιμές των απορροφήσεων A_1, A_2, A_3, A_4 , κλπ. Βάζοντας τις τιμές αυτές σε καρτεσιανές συντεταγμένες, και με τη βοήθεια της μαθηματικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων με την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων, βρίσκουμε την εξίσωση που συνδέει την απορρόφηση με τη συγκέντρωση, για τη συγκεκριμένη ουσία, δηλ $A = \alpha C$, όπου α η σταθερή τιμή που παριστάνει το γινόμενο $d \cdot \epsilon$ και που έχει προκύψει από τη μαθηματική επεξεργασία. Τέλος από το διάγραμμα που θα προκύψει, και αφού έχουμε βρει πειραματικά την τιμή της απορρόφησης A_x για το άγνωστο διάλυμά μας, φέρνουμε παράλληλη στον άξονα των συγκεντρώσεων, και στη συνέχεια κάθετη από το σημείο τομής με την

ευθεία της εξίσωσης και βρίσκουμε το C_x , δηλ τη συγκέντρωση του άγνωστου διαλύματος.

Εικόνα 7. Διάγραμμα της Απορρόφησης ως προς τη Συγκέντρωση μιας ουσίας.



Μαθηματική επεξεργασία των δεδομένων - Μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων

Η μαθηματική αυτή μέθοδος βασίζεται στην αρχή ότι η καλύτερη καμπύλη (ευθεία) είναι εκείνη για την οποία το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων είναι ελάχιστο. Για την περίπτωση της συνάρτησης $y=ax+b$ τα a και b βρίσκονται από τους τύπους:

$$a = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Βάση των τιμών a και b χαράσσεται καμπύλη αναφοράς, γνωστή ως ευθεία παλινδρόμησης ή συµµεταβολής, η οποία παρέχει τη βέλτιστη γραµµική προσαρμογή των σηµείων.

π.χ. έστω $x=1, 2, 3, 4, 5$ και οι αντίστοιχες τιμές του $y=3.1, 6.0, 8.7, 12.9, 15.3$

N	x	y	x ²	xy
1	1	3.1	1	3.1
2	2	6.0	4	12
3	3	8.7	9	26.1
4	4	12.9	16	51.6

5	5	15.3	25	76.5
	$\Sigma x = 15$	$\Sigma y = 46$	$\Sigma x^2 = 55$	$\Sigma xy = 169.3$

$$a = \frac{5 \times 169.3 - 15 \times 46}{5 \times 55 - 15^2} = 3.13 \quad b = \frac{55 \times 46 - 15 \times 169.3}{5 \times 55 - 15^2} = -0.19$$

$$\text{και } y = 3.13x - 0.19$$

Πειραματική Διαδικασία

Δίνονται δύο διαλύματα KMnO_4 ($5 \times 10^{-4} \text{ M}$) και πράσινου του μαλαχίτη ($5 \times 10^{-5} \text{ M}$). Κάθε ομάδα ασχολείται με ένα μόνο διάλυμα και κάνει όλα τα πειράματα με την ίδια ουσία.

Τοποθετείτε σε κυψελίδα τα διαλύματα αυτά και μετράτε τις απορροφήσεις των διαλυμάτων από 450 ως 750 nm, με βήμα 10 nm σε κάθε μέτρηση. Κάθε φορά που μεταβάλλετε το μήκος κύματος, μετράτε την απορρόφηση του διαλύτη και μηδενίζετε την τιμή αυτή, ούτως ώστε όταν στη συνέχεια μετρήσετε την απορρόφηση του διαλύματος, η τιμή που θα αναγράφεται στο όργανο να αντιστοιχεί σε απορρόφηση της ακτινοβολίας μόνο από την ουσία σας. Καταγράψτε τις τιμές στο φύλλο εργασίας. Θα πρέπει στη συνέχεια να σχεδιάσετε το ολικό φάσμα ορατού της ένωσης (διάγραμμα Α ως προς λ) καθώς επίσης και το διάγραμμα ε ως προς λ.

Από πρότυπο διάλυμα KMnO_4 συγκέντρωσης 10^{-3} M φτιάξτε διαλύματα συγκέντρωσης 9, 8, 7, 6, 4, 3, 2, $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ και μετρήστε τις απορροφήσεις τους στο λ_{max} . Τέλος μετρήστε την τιμή της απορρόφησης ενός άγνωστου δείγματος. Ομοίως από διάλυμα πράσινου του μαλαχίτη συγκέντρωσης 10^{-4} M φτιάξτε διαλύματα συγκέντρωσης 9, 8, 7, 6, 4, 3, 2, $1 \times 10^{-5} \text{ M}$ και μετρήστε τις απορροφήσεις στο λ_{max} . Τέλος μετρήστε την τιμή της απορρόφησης ενός άγνωστου δείγματος.

Από την πρότυπη καμπύλη που θα φτιάξετε, βρείτε τη συγκέντρωση του άγνωστου διαλύματος, είτε του KMnO_4 , είτε του πράσινου του μαλαχίτη.

ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ Δ.Π.Θ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Λήψη του φάσματος ορατού της ένωσης συγκέντρωσης
Πάχος κυψελίδας $d=1\text{ cm}$

λ (nm)	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560
A												
ϵ												

λ (nm)	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680
A												
ϵ												

λ (nm)	690	700	710	720	730	740	750
A							
ϵ							

1. Να σχεδιάσετε το ολικό φάσμα ορατού της ένωσης (διάγραμμα A ως προς λ)
 Το μήκος κύματος της μέγιστης απορρόφησης $\lambda_{\max} = \dots\dots\dots$
2. Να σχεδιάσετε το ολικό φάσμα ορατού της ένωσης (διάγραμμα ϵ ως προς λ)
 Τι παρατηρείτε για το ϵ σε σχέση με το λ_{\max} ;
3. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα με τις απορροφήσεις των αραιωμένων διαλυμάτων της ουσίας σας (σε λ_{\max}) και να σχεδιάσετε το διάγραμμα A ως προς συγκέντρωση C. Από το διάγραμμα να υπολογιστεί η συγκέντρωση του άγνωστου διαλύματος της ουσίας σας.

C	$8 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	άγνωστη
A									

3^Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ-ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΤΙΤΛΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Γενικά για τα γραμμοϊσοδύναμα

Το ισοδύναμο βάρος μιας χημικής ουσίας είναι ποσότητα, η οποία εξαρτάται από το είδος της χημικής αντίδρασης. Πολλές φορές συμβαίνει η ίδια χημική ένωση να έχει διαφορετικά ισοδύναμα βάρη σε διαφορετικές αντιδράσεις. Κατά συνέπεια, η έκφραση της περιεκτικότητας ενός διαλύματος με την έννοια της «κανονικότητας» μεταβάλλεται ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιήθηκε η χημική ουσία.

Η συγκέντρωση σε γραμμοϊσοδύναμα/1000 ml διαλύματος ονομάζεται κανονικότητα κατ' όγκο και συμβολίζεται με N (Normality). Όταν ένα γραμμοϊσοδύναμο (geq) ουσίας είναι διαλυμένο σε 1000 ml διαλύματος, το διάλυμα καλείται κανονικό, 1 N ή 1 normal.

Για την εύρεση του geq των διαφόρων κατηγοριών ενώσεων χρησιμοποιούνται οι εξής τύποι:

1 geq οξέος = 1 mole οξέος / αριθμό H⁺ που παρέχει το μόριο του οξέος σε μια αντίδραση,

$$\text{π.χ. } 1 \text{ geq HCl} = 36,5/1 = 36,5 \text{ g,}$$

$$1 \text{ geq H}_2\text{SO}_4 = 98/2 = 49 \text{ g (για πλήρη εξουδετέρωση)}$$

$$1 \text{ geq H}_2\text{SO}_4 = 98/1 = 98 \text{ g (για μερική εξουδετέρωση)}$$

1 geq βάσης = 1 mole βάσης / αριθμό OH⁻ που παρέχει το μόριο της βάσης σε μια αντίδραση,

$$\text{π.χ. } 1 \text{ geq NaOH} = 40/1 = 40 \text{ g,}$$

$$1 \text{ geq Ca(OH)}_2 = 74/2 = 37 \text{ g (για πλήρη εξουδετέρωση)}$$

$$1 \text{ geq Ca(OH)}_2 = 74/1 = 74 \text{ g (για μερική εξουδετέρωση)}$$

1 geq άλατος = 1 mole άλατος / ολικό σθένος του αντιδρώντος ιόντος,

$$\text{πχ } 1 \text{ geq BaCl}_2 \text{ για τα κατιόντα Ba}^{2+} = 1 \text{ mole BaCl}_2 / 2 \times 1 = 137,6/2 = 68,68 \text{ g}$$

$$\text{ενώ για τα ανιόντα Cl}^- = 1 \text{ mole BaCl}_2 / 1 \times 2 = 137,6/2 = 68,68 \text{ g}$$

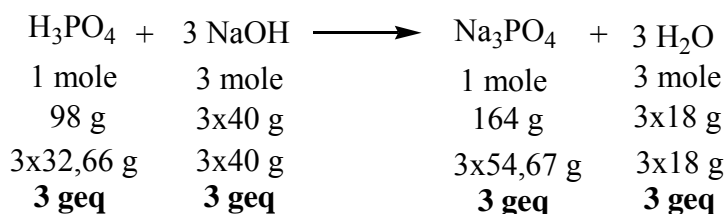
Για τη στυπτηρία καλίου-αργιλίου $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O$,

$$1 \text{ geq } K^+ = 1 \text{ mole } K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O / 1 \times 2 = 947,94 / 2 = 473,97 \text{ g}$$

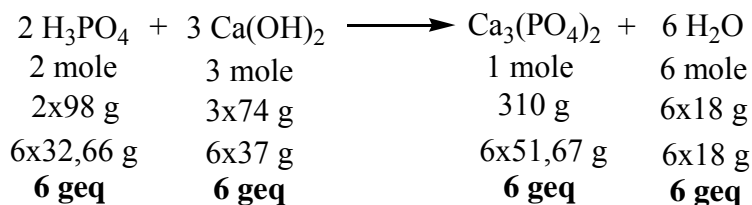
$$1 \text{ geq } Al^{3+} = 1 \text{ mole } K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O / 3 \times 2 = 947,94 / 6 = 157,99 \text{ g}$$

$$1 \text{ geq } SO_4^{2-} = 1 \text{ mole } K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O / 2 \times 4 = 947,94 / 8 = 118,49 \text{ g}$$

Έστω ότι έχουμε την αντίδραση εξουδετέρωσης του φωσφορικού οξέος με καυστικό νάτριο. Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης φαίνεται πως 1 mole H_3PO_4 αντιδρά με 3 mole $NaOH$ και παράγονται 1 mole Na_3PO_4 και 3 mole H_2O . Αν με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τα geq υπολογίσει κανείς τον αριθμό των geq που παίρνουν μέρος στην αντίδραση, διαπιστώνει πως 3 geq H_3PO_4 αντέδρασαν με 3 geq $NaOH$ και παράχθηκαν 3 geq Na_3PO_4 και 3 geq H_2O .



Ανάλογα στην αντίδραση του H_3PO_4 με το υδροξείδιο του ασβεστίου, από τη στοιχειομετρία φαίνεται πως 2 mole H_3PO_4 αντιδρούν με 3 mole $Ca(OH)_2$ και παράγονται 1 mole $Ca_3(PO_4)_2$ και 6 mole H_2O . Υπολογίζοντας κανείς τον αριθμό των geq που παίρνουν μέρος στην αντίδραση, διαπιστώνει πως 6 geq H_3PO_4 αντέδρασαν με 6 geq $Ca(OH)_2$ και παράχθηκαν 6 geq $Ca_3(PO_4)_2$ και 6 geq H_2O .



Επομένως στην εξουδετέρωση ο αριθμός των geq της βάσης είναι ίσος με τον αριθμό των geq του οξέος με το οποίο αντέδρασε, και αυτό είναι λογικό, αφού ουσιαστικά η αντίδραση της εξουδετέρωσης είναι η αντίδραση H^+ και OH^- που οδηγεί στο σχηματισμό νερού.

Στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς το γεγ του οξειδωτικού ή του αναγωγικού αντιδραστήριου. Για την εύρεσή τους πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη ότι ο αριθμός των ηλεκτρονίων που προσλαμβάνει το οξειδωτικό αντιδραστήριο είναι ίσος με αυτόν που αποβάλλει το αναγωγικό.

Υπολογισμοί

Για τους υπολογισμούς πάνω στα μοριακά και κανονικά διαλύματα, συνήθως χρησιμοποιούνται οι τύποι:

$$N = n M \quad (\text{Εξίσωση 1})$$

όπου N = κανονικότητα, M = μοριακότητα και n = αριθμός που δείχνει πόσα γεγ αποτελούν το mole της ένωσης, πχ 1 M H_3PO_4 έχει $N = 3 \times 1 = 3$, διότι 1 mole = 3 γεγ H_3PO_4 .

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad (\text{Εξίσωση 2})$$

Η σχέση αυτή χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις αραιώσης διαλυμάτων ή σε αντιδράσεις εξουδετέρωσης ή οξειδοαναγωγής. Η ποσότητα $N V$ παριστάνει τον αριθμό των γεγ (κατ' αναλογία με την ποσότητα $M V$ που δίνει τον αριθμό των moles). Στην αραιώση, ο αριθμός των γεγ του πυκνού διαλύματος είναι ίσος με τον αριθμό των γεγ του αραιωμένου διαλύματος, αφού δεν έχει γίνει καμιά χημική αντίδραση, και έχει προστεθεί μόνο διαλύτης. Στην εξουδετέρωση ο αριθμός των γεγ της βάσης είναι ίσος με τον αριθμό των γεγ του οξέος με το οποίο αντέδρασε. Στην οξειδοαναγωγή ο αριθμός των γεγ του οξειδωτικού σώματος είναι ίσος με τον αριθμό των γεγ του αναγωγικού σώματος.

Το μέγεθος NV προκύπτει από το συλλογισμό:

Ένα διάλυμα μιας ουσίας είναι 1 N όταν 1 meq περιέχεται σε 1 ml.

Θα είναι N κανονικότητας όταν N meq περιέχονται σε 1 ml διαλύματος

x;

V ml

$x = NV =$ αριθμ. χιλιοστοϊσοδυνάμων = αριθ. meq

Τιτλοδότηση

Είναι ανάγκη πολλές φορές να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα ενός δείγματος σε όξινα ή βασικά συστατικά. Για να το επιτευχθεί αυτό, μέρος του δείγματος

διαλύεται σε ορισμένο όγκο κατάλληλου διαλύτη και ογκομετρείται με διάλυμα καθορισμένης συγκέντρωσης (πρότυπου διαλύματος) ενός ισχυρού ηλεκτρολύτη, βάσης ή οξέος αντίστοιχα, το οποίο προστίθεται στο δείγμα από προχοΐδα, γίνεται δηλ αντίδραση εξουδετέρωσης. Ο ποσοτικός προσδιορισμός σε όξινο ή βασικό συστατικό γίνεται συνήθως χρησιμοποιώντας στους υπολογισμούς την έννοια των ισοδυνάμων. Ο αριθμός των ισοδυνάμων που καταναλώθηκαν από το πρότυπο διάλυμα είναι ίσος με τον αριθμό των ισοδυνάμων του σώματος που εξουδετερώθηκε. Επειδή ο όγκος του διαλύματος του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε είναι γνωστός, μπορεί να υπολογιστεί η περιεκτικότητα του αρχικού δείγματος στο όξινο ή βασικό συστατικό, από τον όγκο και την κανονικότητα του πρότυπου διαλύματος που είναι γνωστά, χρησιμοποιώντας τον τύπο $N_{\text{οξέος}} V_{\text{οξέος}} = N_{\text{βάσης}} V_{\text{βάσης}}$.

Το πρότυπο διάλυμα θα πρέπει να είναι σταθερό, δηλ να μη διασπάται με το φως, να μην αλλοιώνεται κατά την παραμονή, να μην οξειδώνεται, να αντιδρά ποσοτικά με την ουσία η οποία πρόκειται να προσδιοριστεί και να επιτρέπει την εύρεση του τελικού σημείου της ογκομετρικής ανάλυσης. Όταν το πρότυπο διάλυμα είναι οξύ, τότε η ογκομετρική μέθοδος καλείται **οξυμετρία**, ενώ όταν είναι βάση καλείται **αλκαλιμετρία**. Τα οξέα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων είναι το υδροχλωρικό οξύ, το θειϊκό οξύ, ενώ από τα οργανικά οξέα, στερεά μη πτητικά οξέα, όπως το οξαλικό οξύ. Από τις βάσεις, αυτές που ευρέως χρησιμοποιούνται είναι το NaOH και KOH. Οι βάσεις όμως αυτές γενικά μειονεκτούν γιατί προσβάλλουν τα γυάλινα όργανα και γυάλινα δοχεία, και επίσης απορροφούν πολύ εύκολα διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και μετατρέπονται σε ανθρακικά άλατα. Η τελευταία ιδιότητα αλλοιώνει τον τίτλο τους και γι' αυτό πρέπει πριν από κάθε χρήση να γίνεται τιτλοδότησή τους με πρότυπο διάλυμα υδροχλωρικού οξέος ή όξινου φθαλικού καλίου.

Ως **ισοδύναμο σημείο** μιας εξουδετέρωσης καλείται το σημείο εκείνο κατά το οποίο η ποσότητα του προσδιοριζόμενου συστατικού αντιδρά πλήρως με ισοδύναμη ποσότητα του πρότυπου διαλύματος. Πολλές φορές το τέλος του προσδιορισμού, δηλ το **τελικό σημείο** δε συμπίπτει με το ισοδύναμο σημείο. Όσο πιο μικρή είναι η διαφορά του όγκου μεταξύ του ισοδύναμου και του τελικού σημείου, τόσο πιο ακριβής είναι η ογκομέτρηση.

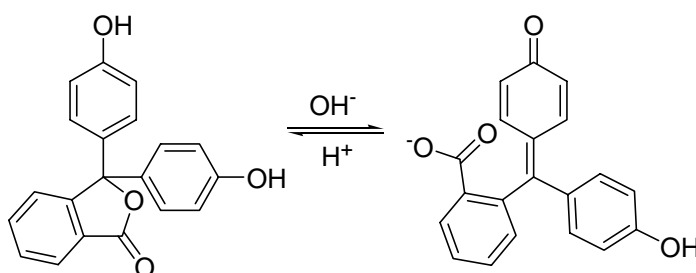
Δείκτες

Ο προσδιορισμός του ισοδύναμου σημείου της αντίδρασης, όταν τα αντιδρώντα και τα προϊόντα είναι άχρωμα, μπορεί να βρεθεί κατά προσέγγιση με απλά μέσα, όπως είναι οι ηλεκτρολυτικοί δείκτες. Οι δείκτες είναι οργανικά μόρια που έχουν χαρακτήρα ασθενούς οξέος ή βάσης, με ορισμένο pK . Η διάστασή τους επηρεάζεται από το pH του διαλύματος στο οποίο περιέχονται.



Για να χαρακτηριστεί μια ουσία ως δείκτης είναι απαραίτητο να εμφανίζει διαφορετικό χρώμα για το ουδέτερο, μη δισταμένο μόριο ($H\Delta$) και για το ιόν Δ^- . Η επιλογή του δείκτη στηρίζεται στο pH που παρουσιάζει το άλας που προκύπτει από την αντίδραση οξέος/βάσεως, μετά την υδρόλυσή του. Αν το pH του διαλύματος είναι μικρότερο από το $pK-1$ του δείκτη, υπερισχύει το χρώμα των αδιάστατων μορίων ενώ στην αντίθετη περίπτωση ($pH > pK+1$) υπερισχύει το χρώμα των ιόντων του. Ο κάθε δείκτης είναι χρήσιμος για μια περιοχή ± 1 μονάδες γύρω από την τιμή του pK του. Φυσικά είναι πολύ δύσκολο να υπάρξει δείκτης με pK ακριβώς ίσο με το ισοδύναμο σημείο μιας εξουδετέρωσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται στην πράξη το λεγόμενο τελικό σημείο, δηλ. το σημείο εκείνο όπου μεταβάλλεται το χρώμα του δείκτη. Ένας από τους πιο κοινά χρησιμοποιούμενους δείκτες είναι η φαινολοφθαλεΐνη.

Σχήμα 1. Η φαινολοφθαλεΐνη σε όξινο και βασικό περιβάλλον.



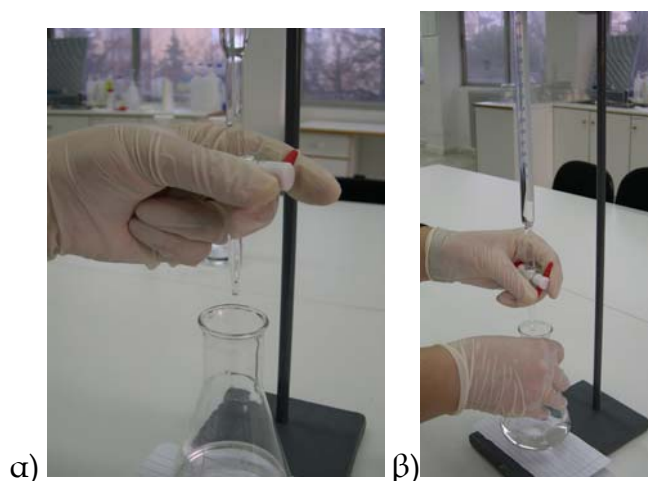
Η μορφή της ουσίας από τα αριστερά είναι άχρωμη, ενώ η μορφή στα δεξιά της εξίσωσης έχει χρώμα ιώδες.

Σε γενικές γραμμές η τιτλοδότηση έχει 4 στάδια: α) το γέμισμα της προχοΐδας με το πρότυπο διάλυμα, β) την τοποθέτηση του δείγματος σε κωνική φιάλη, γ) την τοποθέτηση του κατάλληλου δείκτη στην κωνική φιάλη και δ) άνοιγμα της

στρόφιγγας της προχοΐδας και αντίδραση του περιεχομένου της με το περιεχόμενο της κωνικής φιάλης.

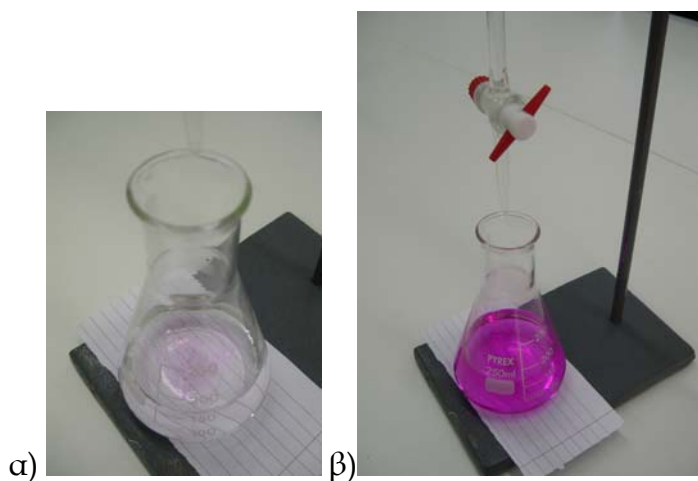
Στην παρακάτω Εικόνα 2 δίνεται η πειραματική διαδικασία σε μια ογκομέτρηση με αλκαλιμετρία.

Εικόνα 2. α) Τρόπος χειρισμού της στρόφιγγας, β) Χρήση του αριστερού χεριού (χειρισμός στρόφιγγας της προχοΐδας) και δεξιού χεριού (ανάδευση του διαλύματος) κατά την τιτλοδότηση.



Η ανάδευση είναι απαραίτητη, γιατί αλλιώς μπορεί να εμφανιστεί τοπικά το χρώμα το δείκτη σε κάποιο σημείο του διαλύματος που η αντίδραση έχει τελειώσει (Εικόνα 3α). Με την ανάδευση ομογενοποιείται το διάλυμα και μόνο όταν το χρώμα είναι μόνιμο έχουμε φτάσει στο τελικό σημείο της εξουδετέρωσης (Εικόνα 3β).

Εικόνα 3. α) Στην κωνική φιάλη έχει αρχίσει να εμφανίζεται το χρώμα του δείκτη, β) Τέλος εξουδετέρωσης.



Πειραματική Διαδικασία

Χρησιμοποιώντας πρότυπο διάλυμα οξαλικού οξέος $(\text{COOH})_2$ 0.1 M θα πρέπει να τιτλοδοτήσετε άγνωστης συγκέντρωσης διάλυμα NaOH.

Για το λόγο αυτό σε κωνική φιάλη 100 ml μεταφέρετε με σιφόνιο 10 ml διαλύματος NaOH άγνωστης συγκέντρωσης, αραιώνετε μέχρι τελικού όγκου περίπου 50 ml, και προσθέτετε 2-3 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνη. Η αραιώση γίνεται για να είναι πιο ευδιάκριτα τα χρώματα των δεικτών. Παρατηρήστε πως μετράμε με ακρίβεια την ποσότητα του διαλύματος NaOH, ενώ δεν μας ενδιαφέρει το ποσό του νερού που θα ρίξουμε για την αραιώση. Αυτό συμβαίνει γιατί **με την αραιώση τα g_{eq} της ουσίας δεν αλλάζουν** και επομένως είτε κάνουμε την τιτλοδότηση με τα 10 ml του διαλύματος, είτε με την ποσότητα του αραιωμένου διαλύματος το τελικό αποτέλεσμα θα είναι το ίδιο.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήστε το τελευταίο διάλυμα που μόλις τιτλοδοτήσατε ως πρότυπο για να βρείτε τη συγκέντρωση ενός άγνωστου διαλύματος HCl.

Τώρα γεμίζετε την προχοΐδα με το διάλυμα του NaOH που μόλις τιτλοδοτήσατε. Φυσικά στο διάλυμα αυτό δεν επιτρέπεται καμία αραιώση. Σε κωνική φιάλη 100 ml μεταφέρετε με σιφόνιο 10 ml διαλύματος HCl άγνωστης συγκέντρωσης, αραιώνετε μέχρι τελικού όγκου περίπου 50 ml, και προσθέτετε 2-3 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνη.

Το τελευταίο σας πείραμα είναι να προσδιορίσετε τη συγκέντρωση ενός άγνωστου διαλύματος NaOH χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα HCl 0,1 N. Χρησιμοποιήστε τον δείκτη φαινολοφθαλεΐνη, όπως υποδεικνύονται στο φύλλο εργασίας. Συμπληρώστε τα ερωτήματα και παραδώστε το φύλλο εργασίας στον υπεύθυνο.

ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ Δ.Π.Θ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΤΙΤΛΟΔΟΤΗΣΗ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΓΝΩΣΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ NaOH (10 ml) (διάλυμα 1) ΜΕ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (COOH)₂ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 0.1 Μ. (Δείκτης .φαινολοφθαλεΐνη). ΤΙΤΛΟΔΟΤΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.

Η ογκομέτρηση ολοκληρώνεται όταν το χρώμα του δείκτη αλλάξει από σε

1^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν ml N διαλύματος οξαλικού οξέος.

2^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν ml N διαλύματος οξαλικού οξέος.

3^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν ml N διαλύματος οξαλικού οξέος.

Η κανονικότητα του άγνωστου διαλύματος NaOH είναι

Η μοριακότητα του άγνωστου διαλύματος NaOH είναι

2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΓΝΩΣΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ HCl (10 ml) (διάλυμα 2) ΜΕ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΙΑΛΥΜΑ NaOH (διάλυμα 1) ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣN. (Δείκτης φαινολοφθαλεΐνη). ΑΛΚΑΛΙΜΕΤΡΙΑ.

Η ογκομέτρηση ολοκληρώνεται όταν το χρώμα του δείκτη αλλάξει από σε

1^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν ml N διαλύματος NaOH.

2^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν ml N διαλύματος NaOH.

3^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν mlN διαλύματος NaOH.

Η κανονικότητα του άγνωστου διαλύματος HCl είναι

Η μοριακότητα του άγνωστου διαλύματος HCl είναι

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΓΝΩΣΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ NaOH (10 ml) (διάλυμα 3) ΜΕ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΙΑΛΥΜΑ HCl ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 0.1 N (διάλυμα 4). (Δείκτης φαινολοφθαλεΐνη). ΟΞΥΜΕΤΡΙΑ.

Η ογκομέτρηση ολοκληρώνεται όταν το χρώμα του δείκτη αλλάξει από σε

1^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν ml 0.1 N διαλύματος HCl.

2^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν ml 0.1 N διαλύματος HCl.

3^η ογκομέτρηση: Καταναλώθηκαν ml 0.1 N διαλύματος HCl.

Η κανονικότητα του άγνωστου διαλύματος NaOH είναι

Η μοριακότητα του άγνωστου διαλύματος NaOH είναι

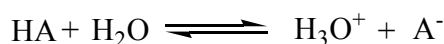
ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΑΣΘΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ. ΥΔΡΟΛΥΣΗ ΑΛΑΤΩΝ. pH ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Ηλεκτρολύτες

Ηλεκτρολύτες καλούνται οι ουσίες των οποίων τα τμήματα ή τα υδατικά διαλύματα σε υγρά μεγάλης διηλεκτρικής σταθεράς άγουν το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Μια ουσία μπορεί να είναι ισχυρός ηλεκτρολύτης και να διίσταται πλήρως-όπως τα άλατα και μερικά από τα οξέα και τις βάσεις-, ασθενής ηλεκτρολύτης και να διίσταται μερικώς-όπως τα περισσότερα από τα οργανικά οξέα και τα περισσότερα από τα υδροξείδια των μετάλλων- ή μη ηλεκτρολύτης, οπότε δεν διίσταται καθόλου. Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει ηλεκτρική ουδετερότητα στα διαλύματα, καθώς όταν σχηματίζονται φορτία ο αριθμός των θετικών φορτίων είναι ίσος με τον αριθμό των αρνητικών φορτίων.

Στους ασθενείς ηλεκτρολύτες ισχύει ο νόμος της δράσης των μαζών και ως κριτήριο της ισχύος του είναι η σταθερά διάστασης ή ισορροπίας K .

Έτσι στην περίπτωση διάστασης ενός ασθενούς οξέος ισχύει η αντίδραση



και η σταθερά ισορροπίας γίνεται από τον τύπο

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

ενώ στην περίπτωση της ασθενούς βάσης η αντίδραση είναι η



και η σταθερά ισορροπίας υπακούει στον τύπο

$$K_b = \frac{[\text{B}^+][\text{OH}^-]}{[\text{BOH}]}$$

Αυτοδιάσταση του νερού

Το νερό, ακόμα και το υπερκαθαρό παρουσιάζει μια μικρή αγωγιμότητα, που οφείλεται στα ιόντα H^+ και OH^- τα οποία προέρχονται από την διάστασή του, σύμφωνα με την αντίδραση



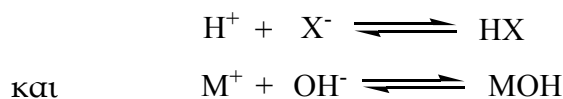
Η σταθερά ισορροπίας δίνεται από τον τύπο: $K_w = [H^+][OH^-]$. Η συγκέντρωση των ιόντων βρέθηκε ίση με 10^{-7} M και επομένως η τιμή της K_w είναι ίση με 10^{-14} . Επειδή οι συγκεντρώσεις των ιόντων είναι πολύ μικρές, στην πράξη χρησιμοποιείται ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος των συγκεντρώσεων.

Έτσι ο $-\log[H^+] = \text{pH}$ και $-\log[OH^-] = \text{pOH}$. Όταν $\text{pH} = \text{pOH} = 7$, το διάλυμα είναι ουδέτερο. Όταν $\text{pH} < 7$ και $\text{pOH} > 7$ το διάλυμα είναι όξινο, ενώ όταν $\text{pH} > 7$ και $\text{pOH} < 7$ το διάλυμα είναι βασικό, και το άθροισμα $\text{pH} + \text{pOH} = 14$, όπως προκύπτει από τις ιδιότητες των λογαρίθμων.

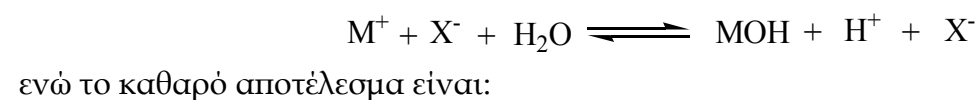
Υδρόλυση αλάτων

Τα άλατα είναι μια πολύ μεγάλη κατηγορία χημικών ενώσεων με ποικίλες ιδιότητες. Μια μέθοδος κατάταξής τους είναι ανάλογα με το pH που παρουσιάζουν τα υδατικά τους διαλύματα. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητά τους να υδρολύονται. Η υδρόλυση ενός άλατος είναι ένα φαινόμενο που μπορεί να συσχετιστεί με τη σχετική ισχύ του οξέος ή της βάσης από τα οποία θεωρητικά έχει παραχθεί.

Η διάσπαση ενός άλατος MX δίνει στο διάλυμα ιόντα M^+ και X^- . Τα ιόντα αυτά αντιδρούν με τα ιόντα του νερού στο υδατικό διάλυμα σύμφωνα με τις εξισώσεις



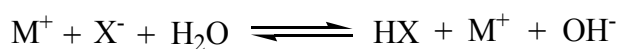
Όταν το άλας προέρχεται από ισχυρό οξύ και ισχυρή βάση τα HX και MOH διίστανται πλήρως ξανά, οπότε το pH δεν μεταβάλλεται. Αν το άλας προέρχεται από ισχυρό οξύ και ασθενή βάση τότε το HX διίσταται πλήρως, ενώ η βάση MOH όχι. Αυτό σημαίνει πως μερικά ιόντα υδροξυλίου δεσμεύτηκαν ως αδιάστατα μόρια. Συνεπώς η ισορροπία διάστασης του νερού διαταράσσεται και σύμφωνα με την αρχή του Le Chatelier θα διασταθούν και άλλα μόρια νερού. Το καθαρό αποτέλεσμα είναι η συγκέντρωση των $[H^+]$ στο διάλυμα να είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση των $[OH^-]$, και επομένως το διάλυμα θα εμφανίζεται όξινο. Η αντίδραση δηλ είναι



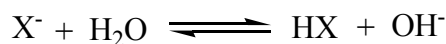
και η σταθερά ισορροπίας της αντίδρασης υπολογίζεται ως

$$K_v = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]} = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{M}^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_b}$$

Οι αντίστοιχες αντιδράσεις και σχέσεις για την περίπτωση ενός άλατος προερχόμενου από ισχυρή βάση και ασθενές οξύ είναι



και το καθαρό αποτέλεσμα είναι:



και η σταθερά ισορροπίας της αντίδρασης υπολογίζεται ως

$$K_v = \frac{[\text{HX}][\text{OH}^-]}{[\text{X}^-]} = \frac{[\text{HX}][\text{OH}^-][\text{H}^+]}{[\text{X}^-][\text{H}^+]} = \frac{K_w}{K_a}$$

Από τις σχέσεις αυτές γίνεται φανερό η αντίστροφη συσχέτιση της σταθεράς υδρολύσεως ενός άλατος από τη σταθερά διάστασης του ασθενούς ηλεκτρολύτη από τον οποίο προέρχεται.

Στην περίπτωση που το άλας προέρχεται από ασθενές οξύ και ασθενή βάση, θα είναι:



και η σταθερά ισορροπίας της αντίδρασης υπολογίζεται ως

$$K_v = \frac{[\text{MOH}][\text{HX}]}{[\text{M}^+][\text{X}^-]} = \frac{[\text{MOH}][\text{HX}][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{M}^+][\text{X}^-][\text{H}^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_a K_b}$$

Το τελικό αποτέλεσμα στην περίπτωση αυτή εξαρτάται από την σχετική ισχύ μεταξύ του ασθενούς οξέος και της ασθενούς βάσης, και θα είναι σχετικά κοντά στο ουδέτερο pH.

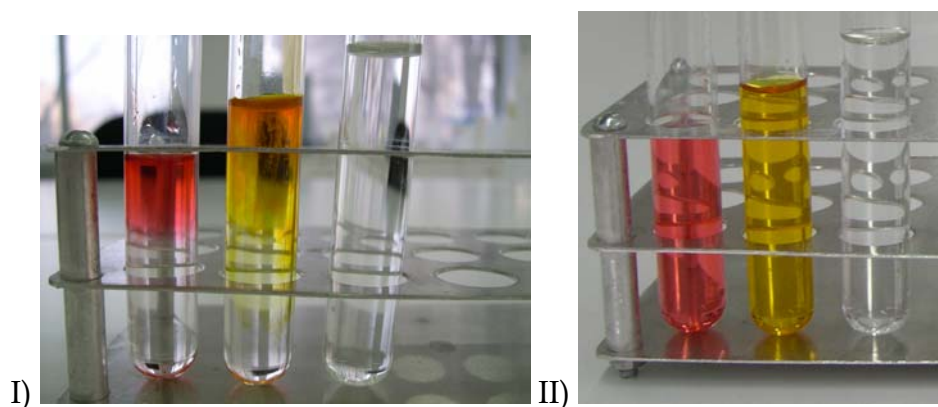
Μέτρηση του pH

1. Χρωματομετρική Μέθοδος

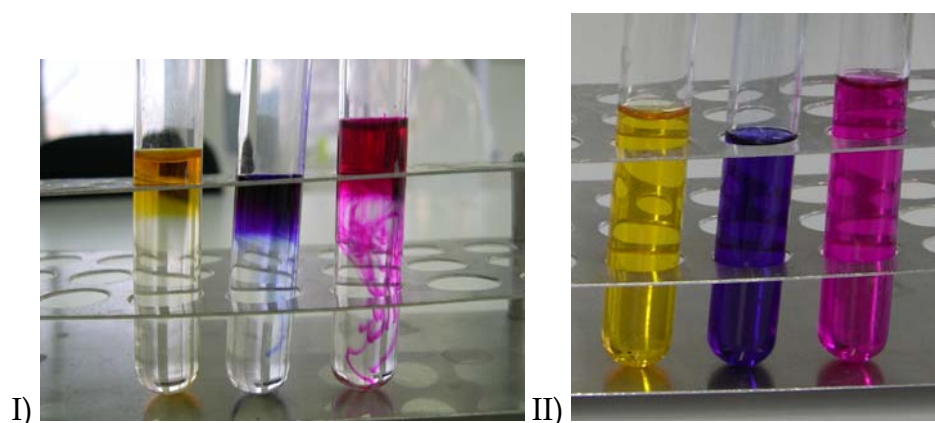
Η μέτρηση του pH γίνεται χρωματομετρικά και ηλεκτρομετρικά. Οι μέθοδοι αυτές έχουν διαφορετική ακρίβεια η κάθε μια. Η χρωματομετρική μέθοδος στηρίζεται στη χρήση των ηλεκτρολυτικών δεικτών και δεν είναι μεγάλης ακρίβειας. Όπως γίνεται φανερό, από τη θεωρία των ηλεκτρολυτικών δεικτών, με ένα δείκτη δεν μπορεί να μετρηθεί το pH, αλλά να βρεθεί η περιοχή στην οποία κυμαίνεται. Π.χ. το ερυθρό της βρωμοφαινόλης έχει περιοχή pH αλλαγής χρώματος 5,2-6,8. Σε «όξινο» pH έχει χρώμα κίτρινο ενώ σε «αλκαλικό» pH έχει χρώμα ιώδες. Αν στη δοκιμή με το δείκτη, το χρώμα είναι κίτρινο, το συμπέρασμα είναι ότι το pH του διαλύματος είναι

μικρότερο από 5,2. Αν είναι ιώδες, τότε το pH είναι μεγαλύτερο από 6,8, ενώ αν η διαφορά δεν είναι ευκρινής το pH θα βρίσκεται στην περιοχή 5,2-6,8. Φυσικά θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια σειρά δεικτών για να περιορίσουμε το εύρος του μετρούμενου pH. Έτσι αν στο πείραμά μας με το δείκτη ερυθρό της βρωμοφαινόλης το χρώμα του διαλύματος είναι κίτρινο, το pH όπως είπαμε είναι μικρότερο από 5,2.

Εικόνα 1. Σταγόνες των δεικτών α) ηλιανθίνη, β) μπλε της βρωμοφαινόλης, γ) φαινολοφθαλεΐνη, σε όξινο διάλυμα I) πριν την ανάμιξη και II) μετά την ανάμιξη.



Εικόνα 2. Σταγόνες των δεικτών α) ηλιανθίνη, β) μπλε της βρωμοφαινόλης, γ) φαινολοφθαλεΐνη, σε αλκαλικό διάλυμα I) πριν την ανάμιξη και II) μετά την ανάμιξη.



Αν χρησιμοποιώντας, σε νέο δείγμα, έναν άλλο δείκτη όπως πορτοκαλί του μεθυλίου ή αλλιώς ηλιανθίνη (κόκκινη σε $\text{pH} < 3,1$ και πορτοκαλί σε $\text{pH} > 4,4$) που έχει περιοχή αλλαγής χρώματος 3,1-4,4 το χρώμα του διαλύματος γίνει κόκκινο, τότε το $\text{pH} < 3,1$ και σε συνδυασμό με το προηγούμενο αποτέλεσμα $\text{pH} < 5,2$ καταλήγω στο συμπέρασμα πως το pH του διαλύματος είναι $< 3,1$. Αν το χρώμα είναι πορτοκαλί,

τότε το $pH > 4,4$ και σε συνδυασμό με το προηγούμενο αποτέλεσμα $pH < 5,2$ καταλήγω πως $4,4 < pH < 5,2$.

Για τη μέτρηση επομένως του pH χρωματομετρικά, απαιτείται μίγμα δεικτών με διαφορετικό pK και συνεπώς διαφορετική περιοχή αλλαγής του χρώματος. Σε κάθε τιμή pH αλλάζει χρώμα ένας μόνο δείκτης, οπότε αλλάζει και το συνολικό χρώμα του μίγματος. Με πειραματισμό σε διάφορα γνωστά pH μπορεί να δημιουργηθεί μια κλίμακα pH για συγκεκριμένα μίγματα δεικτών, που ονομάζονται γενικοί δείκτες ή δείκτες Universal. Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφορα μίγματα δεικτών προσροφημένα σε χαρτί, που λέγονται πεχαμετρικά χαρτιά, και με προσθήκη σταγόνων διαλύματος σε αυτά και σύγκριση του χρώματος με την αντίστοιχη κλίμακα χρωμάτων βρίσκεται το pH του διαλύματος.

Εικόνα 3. α) pHμετρικό χαρτί (pH από 1-10), **β)** pHμετρικά sticks για μεγαλύτερη ακρίβεια (pH από 1-14). Όταν το χρώμα στο χαρτί α) ή ο συνδυασμός των τεσσάρων χρωμάτων στο stick β) είναι ίδιο με κάποιο από τα χρώματα της κλίμακας το pH του διαλύματος είναι αυτό που αναγράφεται στην κλίμακα.



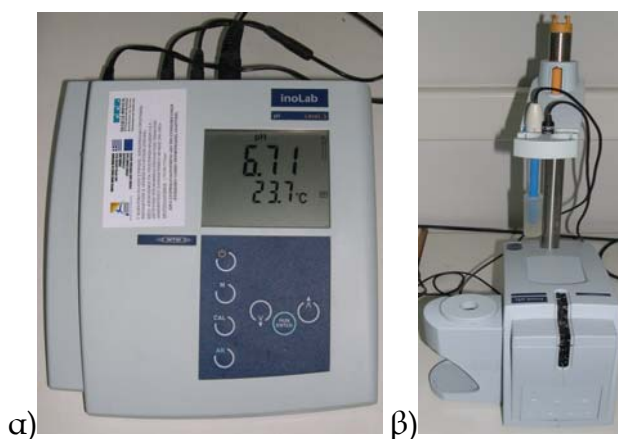
2. Ηλεκτρομετρική Μέθοδος

Η μέθοδος αυτή είναι και η πιο αξιόπιστη καθώς το pH των διαλυμάτων μετράται με ακρίβεια ενός ή δυο δεκαδικών ψηφίων, με τη χρήση ηλεκτρονικών οργάνων, των πεχαμέτρων. Η βασική αρχή λειτουργίας των πεχαμέτρων είναι η ακόλουθη:

Η διαφορά συγκεντρώσεως μιας ουσίας σε δυο γειτονικούς χώρους που συγκοινωνούν μεταξύ τους υπόκειται στην αρχή της εξισορρόπησης, με τελικό

αποτέλεσμα την ίση συγκέντρωση της ουσίας στους δύο χώρους. Όταν με κάποιο τρόπο εμποδίζεται η μετακίνηση των μορίων (ή ατόμων ή ιόντων) της ουσίας τότε μπορεί να καταγραφεί η «τάση» για μετακίνηση. Με τον τρόπο αυτό, καταγράφεται η τάση για μετακίνηση ιόντων υδρογόνου μεταξύ δύο γειτονικών περιοχών, η μια από τις οποίες είναι το μετρούμενο διάλυμα και η άλλη αυτό που αποκαλούμε ηλεκτρόδιο. Το ηλεκτρόδιο διαχωρίζεται από το διάλυμα με μια λεπτή μεμβράνη γυαλιού, μέσω της οποίας είναι δυνατόν να καταγραφεί η δημιουργούμενη, λόγω διαφοράς συγκέντρωσης κατιόντων υδρογόνου, ηλεκτρεγερτική δύναμη. Το ηλεκτρόδιο πρέπει προφανώς να περιέχει ένα διάλυμα σταθερής συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου και ως τέτοια συγκέντρωση προτείνεται εκείνη του ουδέτερου διαλύματος.

Εικόνα 4. α) πεχάμετρο, β) ηλεκτρόδιο πεχαμέτρου



Πειραματική Διαδικασία

Χρησιμοποιώντας το πεχάμετρο μετρήστε το pH μιας σειράς διαλυμάτων ισχυρών και ασθενών οξέων και βάσεων, καθώς επίσης και αλάτων που φαίνονται στον Πίνακα. Για τα διαλύματα που δεν είναι έτοιμα, παρασκευάστε τα με αραιώση από τα υπάρχοντα και συνεχίστε τις μετρήσεις. Συμπληρώστε στην αντίστοιχη στήλη την πειραματική τιμή του pH που βρήκατε. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή του pH των διαλυμάτων υποθέτοντας ότι όλες οι ουσίες είναι ισχυροί ηλεκτρολύτες.

Μεταφέρετε ένα ml από το κάθε διάλυμα σε 3 δοκιμαστικούς σωλήνες και ρίξτε σε κάθε έναν δοκιμαστικό σωλήνα 2-3 σταγόνες ηλιανθίνη ή κυανούνη της βρωμοφαινόλης ή φαινολοφθαλεΐνη. Βρείτε το pH με τη χρωματομετρική μέθοδο,

σημειώνοντας στο φυλλάδιο και τα αντίστοιχα χρώματα που παρατηρείτε σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα.

Παραδώστε το φύλλο εργασίας στον υπεύθυνο της άσκησης απαντώντας και στα παρακάτω ερωτήματα:

1. Ποια μέθοδος έχει μεγαλύτερη ακρίβεια η χρωματομετρική ή η ηλεκτρομετρική;
2. Με βάση τις πειραματικές τιμές που αναγνώσατε στο πεχάμετρο και τις θεωρητικές τιμές που υπολογίσατε βρείτε ποιες από τις ουσίες είναι ισχυρά οξέα ή βάσεις και ποιες ασθενή οξέα ή βάσεις.
3. Με βάση την τιμή του pH των αλάτων που βρήκατε να υποδείξετε από τι είδους οξέα και βάσεις έχουν προέλθει.

ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ Δ.Π.Θ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΜΕΤΡΗΣΗ pH ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Ηλιανθίνη (Η)	Κυανούν της βρωμοφαινόλης (Κ)	Φαινολοφθαλείνη (Φ)
Περιοχή pH αλλαγής χρώματος 3,1-4,4	Περιοχή pH αλλαγής χρώματος 3,0-4,6	Περιοχή pH αλλαγής χρώματος 8,0-9,8

ΟΥΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝ- ΤΡΩΣΗ	ΠΕΙΡ. ΤΙΜΗ pH	ΤΙΜΗ pH ΓΙΑ ΠΛΗΡΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ	ΤΙΜΗ pH ΜΕ ΔΕΙΚΤΕΣ
HCl	10 ⁻¹ M			-----
HCl	10 ⁻³ M			H : χρώμα : pH: K : χρώμα : pH: Φ : χρώμα : pH:
NaOH	10 ⁻¹ M			
NaOH	10 ⁻³ M			H : χρώμα : pH: K : χρώμα : pH: Φ : χρώμα : pH:
NH ₄ OH	10 ⁻¹ M			-----
NH ₄ OH	10 ⁻³ M			H : χρώμα : pH: K : χρώμα : pH: Φ : χρώμα : pH:
CH ₃ COOH	1 M			-----
CH ₃ COOH	10 ⁻¹ M			-----
CH ₃ COOH	10 ⁻² M			-----
CH ₃ COOH	10 ⁻³ M			-----
CH ₃ COOH	10 ⁻⁴ M			-----
NH ₄ Cl	10 ⁻¹ M			H : χρώμα : pH: K : χρώμα : pH: Φ : χρώμα : pH:
NaHCO ₃	10 ⁻¹ M			H : χρώμα : pH: K : χρώμα : pH: Φ : χρώμα : pH:

Προσοχή!!! Φτιάχνετε ομάδες των 6 ατόμων. Υπάρχουν έτοιμα τα διαλύματα HCl (10⁻¹M), NaOH (10⁻¹M), NH₄OH (10⁻¹M), CH₃COOH (1 M), NH₄Cl (10⁻¹M), NaHCO₃ (10⁻¹M). Από τα υπάρχοντα διαλύματα, θα παρασκευάσετε όλα τα υπόλοιπα. Μετρήστε την τιμή pH με το πεχάμετρο, και υπολογίστε την τιμή pH αν υποθέσετε ότι οι ουσίες διίστανται πλήρως. Για τα διαλύματα που υποδεικνύονται στον Πίνακα, μεταφέρετε από 1 ml του διαλύματος σε δοκιμαστικούς σωλήνες και ρίξτε μέσα 1-2 σταγόνες δείκτη. Απαντήστε σε όλα τα ερωτήματα και παραδώστε το φύλλο εργασίας στον υπεύθυνο της άσκησης.

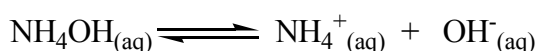
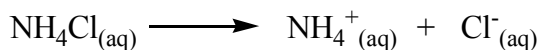
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Γενικά

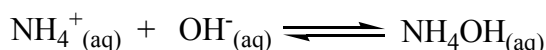
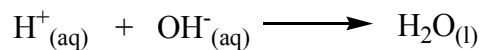
Ρυθμιστικό είναι ένα διάλυμα που μπορεί να διατηρεί το pH του σταθερό κατά την προσθήκη μικρών ποσοτήτων ισχυρού οξέος ή ισχυρής βάσης. Ρυθμιστικά διαλύματα βρίσκονται παντού μέσα στους ζώντες οργανισμούς, με στόχο τη διατήρηση του pH κάποιου ιστού ή οργάνου σε μια ορισμένη στενή περιοχή, γιατί έτσι γίνεται πιο αποτελεσματικά και ενδεχομένως αποκλειστικά η δράση κάποιων ενζύμων.

Από χημική άποψη τα ρυθμιστικά διαλύματα είναι ζεύγη συζυγών ηλεκτρολυτών, δηλ. μίγματα ασθενών οξέων και βάσεων με τα άλατά τους, που προέρχονται από ισχυρές βάσεις ή οξέα αντίστοιχα. Ένα τυπικό βασικό ρυθμιστικό διάλυμα είναι το ζεύγος $\text{NH}_4\text{OH}-\text{NH}_4\text{Cl}$, ενώ ένα τυπικό όξινο ρυθμιστικό διάλυμα είναι το ζεύγος $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$.

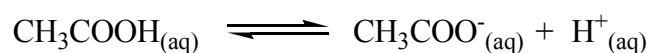
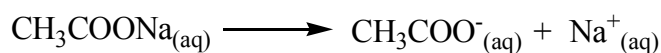
Σε ρυθμιστικό διάλυμα του τύπου $\text{NH}_4\text{OH}-\text{NH}_4\text{Cl}$ το άλας διίσταται πλήρως, ενώ η διάσταση της αμμωνίας είναι μικρή.



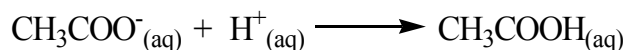
Αν στο διάλυμα αυτό προστεθεί μικρή ποσότητα H^+ έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση της από τα OH^- που προέρχονται από τη διάσταση της βάσης, τα οποία όμως αναπληρώνονται από επιπλέον διάσταση βάσης. Αν προστεθούν OH^- αυτά αντιδρούν με τα ιόντα NH_4^+ προς αδιάστατα μόρια βάσης:



Σε ρυθμιστικό διάλυμα $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$, το CH_3COONa , ως ισχυρός ηλεκτρολύτης, διίσταται πλήρως, ενώ η διάσταση του CH_3COOH θα είναι μικρή λόγω και της επίδρασης του κοινού ιόντος.



Αν στο διάλυμα αυτό προστεθεί μικρή ποσότητα H^+ τότε η περίσσεια αυτή δεσμεύεται από τα ανιόντα του άλατος προς αδιάστατα μόρια οξέος, σύμφωνα με την αντίδραση



Στην περίπτωση που προστεθεί ποσότητα OH^- τότε αυτή θα αντιδράσει με τα H^+ που υπάρχουν στο διάλυμα και θα δώσει νερό, ενώ επιπλέον ποσότητα οξικού οξέος θα διασταθεί.

Υπολογισμός του pH

Για να γίνει κατανοητό πώς δρα το ρυθμιστικό διάλυμα θα πρέπει να υπολογίσουμε το pH πριν και μετά την προσθήκη του οξέος ή της βάσης. Έστω ότι έχουμε το σύστημα $CH_3COOH - CH_3COONa$. Από την ισορροπία διάστασης του οξέος, η σταθερά διάστασης του δίνεται από το γνωστό τύπο, ενώ με μαθηματικές μετατροπές η εξίσωση μετασχηματίζεται ως προς το pH, που είναι γνωστή ως εξίσωση των Henderson-Hasselbalch.

$$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow [H^+] = K_a \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} \Rightarrow pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

Στο ρυθμιστικό διάλυμα υπάρχει το άλας του ασθενούς οξέος που διίσταται πλήρως. Αν $[X]$ είναι η συγκέντρωση των οξικών ανιόντων που προέρχονται από τη διάσταση του οξέος και $[\text{άλας}]$ η συγκέντρωση των οξικών ανιόντων που προέρχονται από τη διάσταση του άλατος, η συνολική συγκέντρωση των οξικών ανιόντων είναι $[CH_3COO^-] = [X] + [\text{άλας}]$. Αν $[\text{οξύ}]$ είναι η αρχική συγκέντρωση του οξέος, μετά από την αποκατάσταση της ισορροπίας η συγκέντρωση του οξέος είναι $[CH_3COOH] = [\text{οξύ}] - [X]$. Επειδή όμως το $[X]$ είναι αμελητέο σε σχέση με τις συγκεντρώσεις οξέος-άλατος τότε η σχέση των Henderson-Hasselbalch γίνεται

$$pH = pK_a + \log [\text{άλας}]/[\text{οξύ}].$$

Έστω ότι οι συγκεντρώσεις του οξέος και του άλατος στο ρυθμιστικό διάλυμα είναι 0.1 mole/L και το K_a του οξικού οξέος είναι $1.8 \cdot 10^{-5}$. Από την εξίσωση των Henderson-Hasselbalch προκύπτει ότι

$$pH = pK_a = 4.75.$$

Ποιο θα είναι το pH του παραπάνω ρυθμιστικού διαλύματος αν προστεθούν 0.02 mole H^+ σε 1 L διαλύματος αν υποθεθεί ότι ο όγκος του διαλύματος δεν μεταβάλλεται;

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα H^+ που προστίθενται στο διάλυμα εξουδετερώνονται από τα ιόντα CH_3COO^- . Οι συγκεντρώσεις των συστατικών του ρυθμιστικού διαλύματος πριν και μετά την προσθήκη H^+ , είναι:

Αρχικές συγκεντρώσεις

$$[H^+] = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$[CH_3COO^-] = 0.1 \text{ M}$$

$$[CH_3COOH] = 0.1 \text{ M}$$

Τελικές συγκεντρώσεις

$$[H^+] = x \text{ M}$$

$$[CH_3COO^-] = (0.1 - 0.02) \text{ M}$$

$$[CH_3COOH] = (0.1 \text{ M} + 0.02) \text{ M}$$

Αν αντικατασταθούν οι τελικές συγκεντρώσεις στη σχέση Henderson-Hasselbalch τότε: $pH = 4.75 + \log 0.08/0.12 = 4.75 - 0.176 = 4.57$.

Αν στο ρυθμιστικό προστεθούν OH^- , τότε, όπως αναφέραμε αυτή θα αντιδράσει με τα H^+ που υπάρχουν στο διάλυμα και θα δώσει νερό, ενώ επιπλέον ποσότητα οξικού οξέος θα διασταθεί. Οι νέες συγκεντρώσεις των συστατικών στο διάλυμα θα είναι $[CH_3COO^-] = (0.1 + 0.02) \text{ M} = 0.12 \text{ M}$ και $[CH_3COOH] = (0.1 \text{ M} - 0.02) \text{ M} = 0.08 \text{ M}$. Το pH στην περίπτωση αυτή είναι

$$pH = 4.75 + \log 0.12/0.08 = 4.75 + 0.176 = 4.93.$$

ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ Δ.Π.Θ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Εξίσωση Henderson-Hasselbalch για ρυθμιστικά διαλύματα οξέος-άλατος
 $pH = pK_a + \log\left(\frac{[\text{άλας}]}{[\text{οξύς}]}\right)$

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}, K_W = 10^{-14}, K_{\text{CH}_3\text{COOH}} \times K_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = K_W$$

Μετρήστε τις τιμές pH των διαλυμάτων του πρώτου πίνακα. Με βάση τις τιμές K που σας δίνονται υπολογίστε τη θεωρητική τιμή pH των δυο πρώτων διαλυμάτων.

ΔΙΑΛΥΜΑ	pH (μετρηθείσα τιμή)	pH (θεωρητική τιμή)
0.1 M CH ₃ COOH		
0.1 M CH ₃ COONa		
1 M HCl		

Αναμίξτε διαλύματα CH₃COOH και CH₃COONa, στις ποσότητες που φαίνονται στο δεύτερο πίνακα. Υπολογίστε τις νέες συγκεντρώσεις του οξέος και του άλατος στα νέα διαλύματα. Τοποθετήστε τις τιμές στον πίνακα, μετρήστε το pH των διαλυμάτων και τέλος υπολογίστε το pH με βάση την εξίσωση Henderson-Hasselbalch.

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ 0.1 M CH ₃ COOH και 0.1 M CH ₃ COONa	C _{οξ} (mol/l)	C _{αλ} (mol/l)	pH (μετρηθ. τιμή)	pH (υπολογ. τιμή)
No 1: 10 ml οξ./30 ml άλας				
No 2: 20 ml οξ./20 ml άλας				
No 3: 30 ml οξ./10 ml άλας				

Στα παραπάνω διαλύματα προσθέστε 1 ml HCl 0.1 M και υπολογίστε ξανά τις τιμές των συγκεντρώσεων και τις τιμές pH

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ 0.1 M CH ₃ COOH και 0.1 M CH ₃ COONa	C _{οξ} (mol/l)	C _{αλ} (mol/l)	pH (μετρηθ. τιμή)	pH (υπολογ. τιμή)
No 1: + 1 ml HCl				
No 2: + 1 ml HCl				
No 3: + 1 ml HCl				

Άσκηση:

Αν σε ένα λίτρο διαλύματος HCl με pH=4,75 ([H⁺]=1,8 · 10⁻⁵) προστεθεί 0.01 mole H⁺ ποια θα είναι η συγκέντρωση του νέου διαλύματος; (Ο όγκος του διαλύματος δεν αλλάζει).

VI. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

Κανόνες ασφάλειας

Οι κυριότεροι κίνδυνοι που ελλοχεύουν στο εργαστήριο οργανικής χημείας είναι αυτοί της φωτιάς, των εκρήξεων, των κοψιμάτων, των χημικών δηλητηριάσεων και των εγκαυμάτων. Για τους γενικούς κανόνες ασφάλειας θα πρέπει οι φοιτητές να συμβουλευτούν τις σημειώσεις που βρίσκονται στην αρχή του οδηγού. Είναι όμως απαραίτητο να επισημανθεί ξανά πως:

- 1) Οι πιο πολλές οργανικές ενώσεις έχουν ερεθιστικούς ή τοξικούς ατμούς. Ορισμένες μάλιστα, όταν εισπνέονται για μεγάλο διάστημα, ακόμα και σε μικρές δόσεις, είναι καρκινογόνες. Ακόμα και διαλύτες που μυρίζουν ευχάριστα, μπορεί να είναι τοξικοί και επομένως τους μυρίζουμε μόνο εφόσον είναι απαραίτητο και πάντα δημιουργώντας ρεύμα αέρα από το στόμιο του δοχείου προς τη μύτη μας.
- 2) Οι πιο πολλές οργανικές ενώσεις είναι εύφλεκτες γι' αυτό **ΠΟΤΕ** δε θερμαίνουμε οργανικούς διαλύτες απ' ευθείας στη φωτιά. Χρησιμοποιούμε υδατόλουτρο, ελαιόλουτρο ή αμμόλουτρο, ενώ η θέρμανση των λουτρών γίνεται με ειδική συσκευή που θερμαίνει και παράλληλα αναδεύει ή λύχνο. Απ' όλους τους διαλύτες ο διθειάνθρακας CS_2 είναι ο πιο επικίνδυνος γιατί αναφλέγεται ακόμα και όταν έρθει σε επαφή με θερμό ατμό.
- 3) Πάντα έχουμε τον έλεγχο του χώρου στον οποίο εργαζόμαστε. Όταν αποστάζουμε εύφλεκτα υγρά προσέχουμε μήπως δίπλα στο απόσταγμα δουλεύουν άλλα άτομα με φωτιά. Όταν πραγματοποιούμε μια εκχύλιση προσέχουμε ώστε κατά την ανάδευση και εκτόνωση το στόμιο του χωνιού να μην κατευθύνεται προς τους συναδέλφους μας κ.ο.κ.
- 4) Οι κοινοί οργανικοί διαλύτες είναι αρκετά πτητικοί και ποτέ δεν πρέπει να θερμαίνονται σε κλειστές συσκευές που δεν επικοινωνούν με την ατμόσφαιρα, γιατί η αύξηση της πίεσης που θα προκληθεί από τη θέρμανση θα οδηγήσει σε έκρηξη.
- 5) Τα σκεύη που χρησιμοποιούμε στην οργανική χημεία πρέπει να είναι καθαρά και στεγνά απαλλαγμένα από υγρασία. Για το λόγο αυτό, μετά το πέρας κάθε

διαδικασίας πλένουμε τα σκεύη με απορρυπαντικό, τα ξεπλένουμε με νερό και τέλος με ακετόνη για να απομακρυνθεί η υγρασία.

Η **εξάλειψη των κινδύνων** που εγκυμονεί η εργασία μας στο εργαστήριο οργανικής χημείας για τον εαυτό μας αλλά και για τους άλλους **είναι πρακτικά αδύνατη**. Οι κίνδυνοι αυτοί **μπορούν** ωστόσο **να ελαχιστοποιηθούν** με τη συμμόρφωσή μας σε μια σειρά από δόκιμες εργαστηριακές πρακτικές και κανόνες. Οι τελευταίοι, είτε έχουν τη μορφή **επιβεβλημένων ενεργειών**, είτε **απαγορεύσεων**, **πρέπει να τηρούνται απαρέγκλιτα** για το καλό όλων των εργαζομένων σ' ένα εργαστήριο.

ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ

Η ανακρυστάλλωση είναι η πιο απλή, αλλά ταυτόχρονα και η πιο αποτελεσματική μέθοδος καθαρισμού στερεών ενώσεων από μικρές σχετικά σε ποσότητα προσμίξεις. Προϋπόθεση είναι η επιθυμητή προς καθαρισμό ένωση και η πρόσμιξη να έχουν διαφορετική διαλυτότητα σε κάποιο διαλύτη ή μίγματα διαλυτών.

Η πρώτη ανακρυστάλλωση (λιπαρών οξέων από αλκοόλη) έγινε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα από το Γάλλο χημικό Michel Chevreul (πέθανε σε ηλικία 103 ετών, δούλεψε ενεργά για 80 χρόνια, κάνοντας καριέρα που κανείς χημικός μέχρι σήμερα δε μπόρεσε ούτε καν να προσεγγίσει).

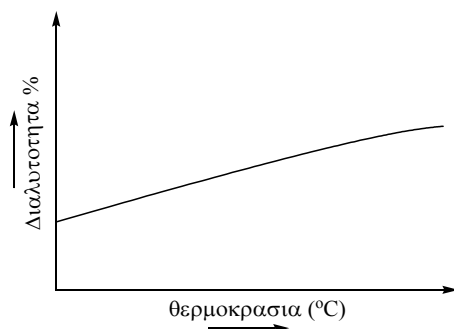
Η μέθοδος συνίσταται στην ανάμιξη μιας ουσίας με κάποιο διαλύτη (ή μίγμα διαλυτών), στον οποίο δεν είναι διαλυτή σε θερμοκρασία δωματίου αλλά διαλύεται πλήρως στη θερμοκρασία ζέσης του διαλύτη. Η ψύξη στη συνέχεια του διαλύματος, δημιουργεί τις προϋποθέσεις για το σχηματισμό κρυστάλλων της ουσίας, η οποία αποβάλλεται σε καθαρή μορφή, καθώς η κρυστάλλωση συνεπάγεται ανάπτυξη κρυσταλλικού πλέγματος με απόθεση όμοιων κρυστάλλων με τάξη και συμμετρία.

Η διάλυση μιας στερεής οργανικής ένωσης σ' ένα διαλύτη εξαρτάται από τη χημική δομή του διαλύτη, αλλά και της διαλυμένης ουσίας. Εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, η διαλυτότητα μιας ουσίας σ' ένα συγκεκριμένο διαλύτη αυξάνει σημαντικά με την αύξηση της θερμοκρασίας, Σχήμα 1.

Εάν μια στερεή ένωση διαλύεται εύκολα, ή είναι αδιάλυτη σχεδόν σε όλες τις θερμοκρασίες σε ένα συγκεκριμένο διαλύτη, τότε η ένωση δεν μπορεί να αποβληθεί καθαρή με την ψύξη. Η μόνη επιθυμητή κατάσταση είναι να υπάρχει μεγάλη διαφορά διαλυτότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας, και το διάλυμα να είναι κορεσμένο στο σημείο ζέσης του διαλύτη.

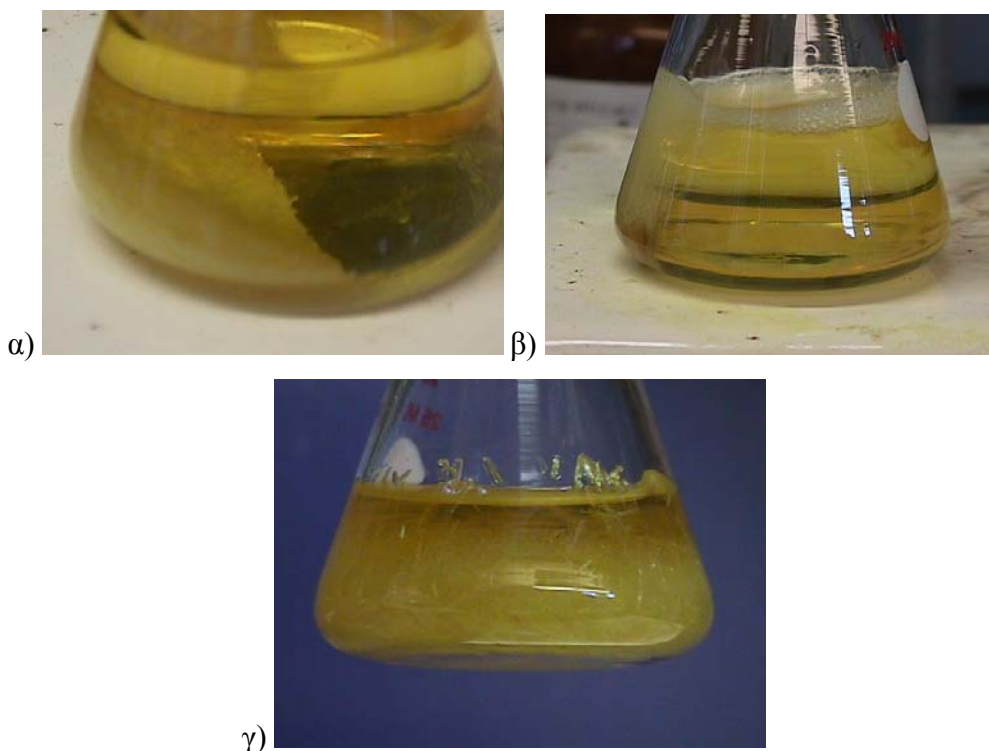
Κορεσμένο λέγεται το διάλυμα το οποίο δε μπορεί να διαλύσει επιπλέον ποσότητα της στερεής ουσίας στη συγκεκριμένη πάντα θερμοκρασία. Στο σημείο αυτό υπάρχει μια κατάσταση ισορροπίας ανάμεσα στο διάλυμα και την διαλυμένη ουσία, με αποτέλεσμα κάθε ελάττωση της θερμοκρασίας να έχει ως συνέπεια την

αποβολή στερεού υπό μορφή κρυστάλλων, έτσι ώστε να διατηρηθούν οι νέες συνθήκες ισορροπίας στη χαμηλότερη θερμοκρασία. Αυτό το φαινόμενο είναι μεγάλης σπουδαιότητας, γιατί επιτρέπει τον καθαρισμό στερεών ενώσεων με ανακρυστάλλωση.



Σχήμα 1. Γενικό διάγραμμα διαλυτότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Εικόνα 1. α) Σε 3 g ανθρακινόνης προστέθηκαν 20 ml τολουολίου. Όπως φαίνεται στην εικόνα η ουσία δεν είναι διαλυτή στο διαλύτη σε θερμοκρασία δωματίου, **β)** 3 g ανθρακινόνης είναι πλήρως διαλυτά σε 20 ml ζέοντος τολουολίου, **γ)** όταν το μίγμα αφέθηκε να ψυχθεί αργά, η ανθρακινόνη εμφανίζεται ξανά με μορφή ομοιόμορφων κρυστάλλων.



Η καθαρότητα και η ταυτότητα μιας στερεής ουσίας γίνεται αντιληπτή με το **σημείο τήξεως** (σ.τ.). Σαν σημείο τήξεως ορίζεται η περιοχή θερμοκρασιών, όπου

αρχίζει να λιώνει ο πρώτος κρύσταλλος ενός στερεού δείγματος μέχρις ότου λιώσει και ο τελευταίος. Κατά τη θερμοδυναμική σημείο τήξης είναι η θερμοκρασία στην οποία η τάση των ατμών μιας ένωσης στη στερεή φάση είναι ίση με την τάση των ατμών της στην υγρή φάση κάτω από εξωτερική πίεση μιας ατμόσφαιρας. Στη θερμοκρασία αυτή οι δύο φάσεις βρίσκονται σε ισορροπία. Μια καθαρή ένωση έχει εύρος θερμοκρασιών 1-2 °C γύρω από το σημείο τήξης. Αν το εύρος είναι μεγαλύτερο, τότε η ουσία μας δεν είναι καθαρή.

Υπάρχουν ουσίες που έχουν τελείως διαφορετική δομή μεταξύ τους αλλά εμφανίζουν το ίδιο σ.τ., όπως για παράδειγμα η ουρία και το κινναμωμικό οξύ τήκονται στους 133 °C, ενώ το *π*-κυανοβενζοϊκό οξύ και το 1,5-δινιτροναφθαλίνιο στους 214 °C.

Ενώ μια ουσία έχει στενό εύρος σ.τ., μίγμα δύο ενώσεων έχει συνήθως σ. τ. χαμηλότερο από αυτό που έχει ξεχωριστά καθένα από τα συστατικά του. Οι προσμίξεις οδηγούν σε ταπείνωση του σ.τ. (συνήθως κατά 20 °C) διότι παρεμβαλλόμενες στο κρυσταλλικό πλέγμα το διακόπτουν, εξασθενίζοντας έτσι τις ελκτικές δυνάμεις που διατηρούν τα μόρια στο κρυσταλλικό πλέγμα. Έτσι, όταν δύο δείγματα κρυσταλλικών ενώσεων του ίδιου σημείου τήξεως αναμιχθούν και δεν παρατηρηθεί ταπείνωση του σ.τ. προφανώς ανήκουν στην ίδια ένωση. Αυτή η τελευταία παρατήρηση, οδηγεί στην τεχνική του **μικτού σ.τ.** όπου αναμιγνύονται ίσες ποσότητες κάθε μιας από τις γνωστές στερεές ουσίες που έχουν το ίδιο σ.τ. με την άγνωστη ουσία και της άγνωστης ουσίας, με στόχο την ταυτοποίηση της άγνωστης ουσίας.

Επιλογή του κατάλληλου διαλύτη ανακρυστάλλωσης

1. Σε μικρούς δοκιμαστικούς σωλήνες βάζουμε μικρή ποσότητα ουσίας (λίγα mg) και (1-1.5 ml) διάφορων διαλυτών. Επιλέγουμε εκείνον που διαλύει την ένωση ελάχιστα ή καθόλου στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ τη διαλύει πλήρως μετά από θέρμανση.
2. Κατά τις δοκιμές θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν ότι τα «όμοια διαλύουν όμοια», οπότε για πολικές ενώσεις χρησιμοποιούμε πολικούς διαλύτες, ενώ αντίστοιχα, για μη πολικές μη πολικούς διαλύτες. Ενώσεις με πολικές ομάδες όπως OH, NH₂, COOH, CONH₂, που μπορούν να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου

είναι ευδιάλυτες σε υδροξυλικούς διαλύτες όπως νερό, αλκοόλη και δυσδιάλυτες σε υδρογονάνθρακες όπως βενζόλιο ή εξάνιο. Το βενζόλιο και το εξάνιο είναι καλοί διαλύτες για μεγάλο εύρος οργανικών ενώσεων χαμηλής ως μέτριας πολικότητας. Όσο υψηλότερης συμμετρίας δομή έχει μια κρυσταλλική ένωση, τόσο πιο υψηλό εμφανίζεται το σημείο τήξεως και τόσο πιο δυσδιάλυτη εμφανίζεται στους διάφορους διαλύτες.

3. Οι προσμίξεις θα πρέπει να είναι αδιάλυτες ή πλήρως διαλυτές, εν ψυχρώ, στο διαλύτη.
4. Ο διαλύτης θα πρέπει να έχει σημείο ζέσεως σχετικά χαμηλό ώστε να απομακρύνεται εύκολα από τους κρυστάλλους με εξάτμιση.
5. Ο διαλύτης δεν θα πρέπει να αντιδρά με την προς ανακρυστάλλωση ουσία.
6. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη το κόστος, η τοξικότητα και η ευφλεκτότητα του διαλύτη. Αποφεύγονται οι τοξικοί, εύφλεκτοι και ακριβοί διαλύτες. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι πιο κοινοί διαλύτες που χρησιμοποιούνται στην ανακρυστάλλωση.

Διαλύτης-Χημικός Τύπος	Σ. Ζέσεως (°C)	Αναμιξιμότητα με το νερό	Ευφλεκτότητα
Νερό-H ₂ O	100		0
Μεθανόλη-CH ₃ OH	64.7	+	+
Αιθανόλη 95%-CH ₃ CH ₂ OH	78.1	+	++
Οξικό οξύ-CH ₃ COOH	118	+	+
Ακετόνη-CH ₃ COCH ₃	56.5	+	+++
Αιθέρας-CH ₃ CH ₂ OCH ₂ CH ₃	34.6	-	++++
Πετρ. Αιθέρας	35-65	-	++++
Βενζόλιο-C ₆ H ₆	80.1	-	++++
Τολουόλιο-C ₆ H ₅ CH ₃	110.8	-	++++
Διχλωρομεθάνιο-CH ₂ Cl ₂	41	-	0
Τετραχλωράνθρακας-CCl ₄	76.6	-	0
Χλωροφόρμιο-CHCl ₃	61.2	-	0

Ανακρυστάλλωση από μίγμα διαλυτών

Πολλές φορές το πιο αποτελεσματικό σύστημα, ιδίως όταν δε βρεθεί διαλύτης που να πληροί τη συνθήκη ανακρυστάλλωσης (καθόλου ή ελάχιστη διαλυτότητα εν

ψυχρώ, πλήρη εν θερμώ) αποτελείται από μίγμα δύο διαλυτών, πχ $\text{CH}_3\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$, $\text{CH}_3\text{COCH}_3-\text{H}_2\text{O}$, C_6H_6 -πετρελαϊκός αιθέρας.

Πειραματική Διαδικασία

Το βενζοϊκό οξύ είναι ευρύτατα διαδεδομένο στη φύση και γνωστό από πολύ παλιά. Απαντάται στη ρητίνη βενζόη, σε πολλά αιθέρια έλαια, στα ούρα των πτηνών, των θηλαστικών κα. Χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία χρωμάτων και σαν συντηρητικό τροφίμων, καλλυντικών και άλλων ευαίσθητων προϊόντων.

Στο πείραμα μας θα **ανακρυσταλλώσουμε βενζοϊκό οξύ**.

Σε 3 διαφορετικούς δοκιμαστικούς σωλήνες βάζουμε με μια σπάτουλα λίγα mg βενζοϊκού οξέος και προσθέτουμε σε κάθε έναν από αυτούς, περίπου 1-1.5 ml εξάνιο, ή μεθανόλη ή νερό. Δοκιμάζουμε αρχικά αν η ένωσή μας διαλύεται εν ψυχρώ και μετά εν θερμώ **θερμαίνοντας τους δοκ. σωλ. που περιέχουν οργανικό διαλύτη σε υδατόλουτρο** και καταγράφουμε τα αποτελέσματα στον αντίστοιχο πίνακα στο φύλλο αποτελεσμάτων.

Στη συνέχεια, σε κωνική φιάλη των 100 ml προσθέτουμε 1 g μίγματος βενζοϊκού οξέος/ουρίας (9/1) και προσθέτουμε 10 ml του διαλύτη που βρέθηκε κατάλληλος για την ανακρυστάλλωση. Θερμαίνουμε το αιώρημα που προκύπτει σε θερμαντική πλάκα, μέχρι να αρχίσει να βράζει. Συνεχίζουμε τη θέρμανση και προσθέτουμε διαλύτη σε μικρές δόσεις, μέχρις ότου όλο το στερεό διαλυθεί στη θερμοκρασία του σημείου ζέσεως (απαιτούνται 20-25 ml). Προσθέτουμε λίγο ενεργό άνθρακα (ο οποίος προσροφά έγχρωμες προσμίξεις) και **διηθούμε** σε γυάλινο χωνί από διπλό ηθμό. Συλλέγουμε το διήθημα το οποίο και αφήνουμε να ψυχθεί αρχικά σε θερμοκρασία δωματίου και τέλος αν χρειαστεί ψύχουμε σε παγόλουτρο.

Διηθούμε υπό κενό σε χωνί Büchner, χρησιμοποιώντας ένα κομμάτι διηθητικό χαρτί το οποίο έχουμε προηγουμένως ζυγίσει. Για να συμπληρωθεί η μεταφορά των κρυστάλλων στον ηθμό, αποσυνδέουμε τη φιάλη κενού και μεταφέρουμε το διήθημα στην κωνική φιάλη που έγινε η ανακρυστάλλωση. Ανακινούμε το μίγμα για να παρασυρθούν οι κρύσταλλοι που έχουν κολλήσει στα

τοιχώματα της φιάλης και διηθούμε ξανά υπό κενό. Ξεπλένουμε με λίγο κρύο διαλύτη, και αφήνουμε το προϊόν της ανακρουστάλλωσης να στεγνώσει.

Στην πειραματική μας διαδικασία χρησιμοποιούμε δύο είδη διήθησης. Η **διήθηση** είναι μια τεχνική διαδικασία αποχωρισμού υγρού από στερεό.

Ο τύπος της διήθησης που απαιτείται για την απομάκρυνση του ενεργού άνθρακα ή τυχόν αδιάλυτων προσμίξεων γίνεται υπό ατμοσφαιρική πίεση, με απόχυση του μίγματος σε σύστημα απλού χωνιού-κωνικής φιάλης (Εικόνα 2α). Το χωνί φέρει χάρτινο ηθμό για τη συγκράτηση των στερεών πάνω του. Πολλές φορές όμως χρησιμοποιούμε πτυχωτό ηθμό, ο οποίος διευκολύνει καλύτερα τη ροή. Η όλη διαδικασία ονομάζεται απλή διήθηση. Με τη μέθοδο αυτή συνήθως απομακρύνουμε στερεές προσμίξεις ή βρωμιές και μας ενδιαφέρει η συλλογή του υγρού που ονομάζεται διήθημα.

Ο τύπος της διήθησης που χρησιμοποιείται στη δεύτερη φάση λέγεται διήθηση υπό κενό, και τη χρησιμοποιούμε στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει η συλλογή του στερεού. Για την πραγματοποίησή της απαιτείται κωνική φιάλη με επίθεμα κενού και χωνί Büchner, Εικόνα 2β, και αντλία μηχανική ή υδραεραντλία, Εικόνα 2γ.

Εικόνα 2.



Το χωνί Büchner (Εικόνα 2β) είναι ένα διάτρητο χωνί από πορσελάνη ή πλαστικό. Για να συλλεγει το στερεό θα πρέπει πάλι να τοποθετήσουμε πάνω στο χωνί χάρτινο ηθμό, ο οποίος θα το συγκρατήσει στην επιφάνειά του και θα αφήσει το υγρό να διαφύγει. Η διάμετρος του χαρτιού θα πρέπει να είναι μικρότερη από την

εσωτερική διάμετρο του χωνιού, έτσι ώστε να καλύπτει τις οπές, αλλά να μην αφήνει κενά από το οποία να εισέρχεται αέρας, γιατί έτσι χαλάει το κενό, αλλά και μέρος των κρυστάλλων περνά απ' ευθείας στο διήθημα.

Με τη διήθηση με κενό έχουμε ταχύτατο αποχωρισμό των δύο φάσεων, το διήθημα όμως ψύχεται πολύ γρήγορα λόγω της ελαττωμένης πίεσης. Επιπλέον όταν χρησιμοποιείται υδραεραντλία για τη δημιουργία του κενού, το διήθημα αποκτά ένα ποσοστό υγρασίας, και για να χρησιμοποιηθεί ξανά θα πρέπει πρώτα να ξηρανθεί (εφόσον ο διαλύτης δεν είναι το νερό).

Για να ολοκληρωθεί το πείραμα ζυγίζουμε την ουσία που συλλέχθηκε στον ηθμό του χωνιού Büchner και υπολογίζουμε την απόδοση της ανακρυστάλλωσης.

Επί τοις εκατό (%) απόδοση είναι ο λόγος της πραγματικής προς τη θεωρητική ποσότητα πολλαπλασιαζόμενος επί 100.

Θεωρητική ποσότητα προϊόντος είναι ο αριθμός των γραμμαρίων του προϊόντος που θα μπορούσαν να παραχθούν αν είχαμε μετατροπή 100 % των αντιδρώντων σε προϊόντα (ή κρυστάλλωση του 100 % της ουσίας).

Πραγματική ποσότητα προϊόντος είναι ο αριθμός των γραμμαρίων του προϊόντος που έχει παραχθεί (ή κρυσταλλωθεί).

Προφυλάξεις - Παρατηρήσεις

1. Προσέχουμε να μην κάψουμε τα χέρια μας. Για το λόγο αυτό πάνουμε την κωνική φιάλη με μεταλλική ή ξύλινη λαβίδα.
2. Ποτέ δεν χρησιμοποιούμε ποτήρι ζέσεως για να πραγματοποιήσουμε οποιαδήποτε ανακρυστάλλωση. Πάντοτε κωνική φιάλη, γιατί έτσι παρεμποδίζεται η εκτίναξη σταγονιδίων και η εύκολη συμπύκνωση του διαλύτη (λόγω της μεγάλης επιφάνειας εξάτμισης του ποτηριού) κατά τη διάρκεια της θέρμανσης προς διαλυτοποίηση της στερεής ουσίας.
3. Εάν στο μίγμα μας υπάρχουν έγχρωμες προσμίξεις τότε τις απομακρύνουμε με την προσθήκη ενεργού άνθρακα. Η προσθήκη γίνεται πάντοτε αφού απομακρύνουμε το διάλυμα από την πηγή της θέρμανσης. Σε αντίθετη περίπτωση, υπάρχει κίνδυνος το διάλυμα να φουσκώσει απότομα και να χυθεί.

4. Η ψύξη του διαλύματος θα πρέπει να γίνεται αργά. Όσο πιο γρήγορα γίνεται η ψύξη, τόσο μικρότερου μεγέθους κρύσταλλοι αποβάλλονται. Επίσης οι κρύσταλλοι της ουσίας μπορούν να παγιδεύσουν μόρια διαλύτη και προσμίξεων, ή ακόμα και να σχηματιστεί ελαιώδης μάζα και έτσι να μην επιτύχουμε τον επιθυμητό καθαρισμό.
5. **α)** Εάν δεν καταβυθίζονται κρύσταλλοι από το θερμό διάλυμα, εξετάζουμε αν έχουμε φύγει μακριά από το σημείο κορεσμού, δηλ έχουμε βάλει περισσότερο διαλύτη απ' όσο χρειάζεται. Στην περίπτωση αυτή εξατμίζουμε σταδιακά μικρή ποσότητα διαλύτη μέχρις ότου σχηματιστούν με την ψύξη κρύσταλλοι. Προηγουμένως όμως εμβολιάζουμε το διάλυμα (seeding) με λίγους κρυστάλλους από την προς καθαρισμό ουσία που τους έχουμε κρατήσει για το σκοπό αυτό. (Αν έχουμε καθαρούς κρυστάλλους, είναι ακόμα καλύτερα). Οι κρύσταλλοι αυτοί αποτελούν πυρήνες κρυστάλλωσης για τη διαλυμένη ουσία. **β)** Τρίβουμε με γυάλινο ραβδί τα εσωτερικά τοιχώματα της κωνικής φιάλης στην περιοχή της επιφάνειας του διαλύματος, οπότε καταβυθίζονται κρύσταλλοι της διαλυμένης ουσίας. Κατά μια εκδοχή, το τρίψιμο των δύο γυάλινων επιφανειών (ράβδου-κωνικής) δημιουργεί χαραγές στο γυαλί, οπότε αποκαλύπτονται μικροκρυσταλλικές επιφάνειες ή αποκόπτονται μικροσκοπικά κομμάτια γυαλιού, που λειτουργούν σαν εστίες για το ξεκίνημα της κρυστάλλωσης. Κατά άλλη εκδοχή, πιθανώς να δημιουργούνται κρύσταλλοι στην εσωτερική επιφάνεια του γυάλινου δοχείου, όπου έχει διασπαρεί υπέρκορο διάλυμα, καθώς με το τρίψιμο εξατμίζεται ο διαλύτης. Μπορεί όμως να λειτουργούν και τα δύο φαινόμενα ταυτοχρόνως με αποτέλεσμα την καταβύθιση κρυστάλλων από το θερμό και υπέρκορο διάλυμα. **γ)** Αν παρ' όλες μας τις προσπάθειες δεν επιτύχουμε το σχηματισμό καθαρών κρυστάλλων, τότε αλλάζουμε διαλύτη, ή χρησιμοποιούμε μίγμα διαλυτών.

**ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ Δ.Π.Θ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Σημειώστε τα αποτελέσματα που βρήκατε κατά τις δοκιμές διαλυτότητας του μίγματος που θα ανακρυσταλλώσετε.

Διαλύτης	Διαλυτότητα σε Θερμοκρασία Περιβάλλοντος	Διαλυτότητα μετά από θέρμανση	Κατάλλος διαλ (+) Ακατάλλος διαλ (-)
Εξάνιο			
Μεθανόλη			
Νερό			

Ερωτήσεις

1. Ποιος είναι ο διαλύτης που χρησιμοποιήσατε στην ανακρυστάλλωση και γιατί;
2. Ποιο ήταν το βάρος του αρχικού δείγματος, ποιο το βάρος του ανακρυσταλλωμένου δείγματος; Ποια είναι η απόδοση της ανακρυστάλλωσης;
3. Αναφέρετε κάποιους πιθανούς λόγους για τους οποίους πιστεύετε ότι δεν κρυσταλλώθηκε η ουρία αντί του βενζοϊκού οξέος.
4. Θα μπορούσατε να είχατε χρησιμοποιήσει διήθηση με κενό για απομακρύνετε τον ενεργό άνθρακα από το μίγμα της ανακρυστάλλωσης; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

ΕΚΧΥΛΙΣΗ

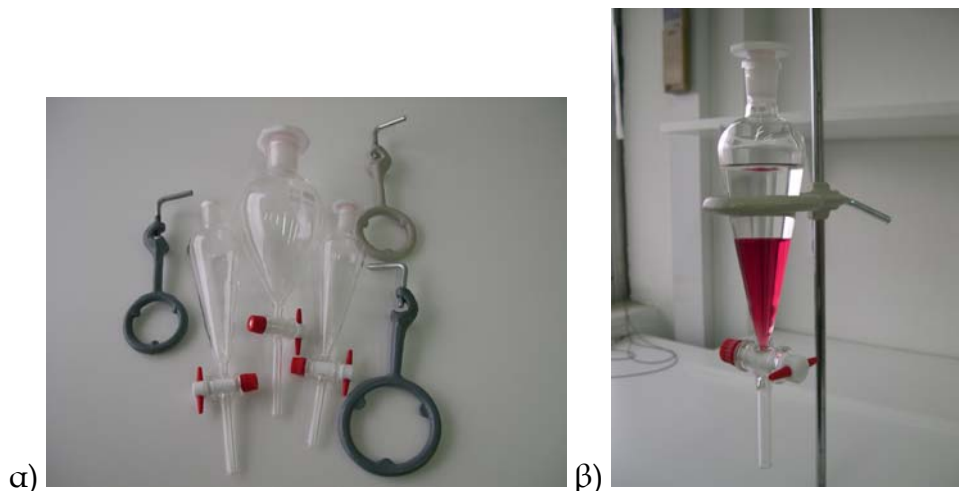
Η εκχύλιση είναι μια από τις παλαιότερες φυσικοχημικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Η παρασκευή ενός αφεψήματος (καφές, τσάι), η παραλαβή αρωμάτων από τα λουλούδια, μιας χρωστικής ή μιας δραστικής φαρμακευτικής ουσίας ή ενός αλκαλοειδούς (μορφίνη, νικοτίνη, κινίνη) από μια φυτική πρώτη ύλη, είναι κατά βάση αρχέγονες διαδικασίες εκχύλισης, όπου το επιθυμητό συστατικό με τη χρήση συνήθως θερμού νερού μεταφέρεται από τη φυτική πρώτη ύλη σε μια υδατική φάση. Άλλοι διαλύτες που χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά είναι μεθανόλη, αιθανόλη, χλωροφόρμιο κλπ.

Η διαδικασία μεταφοράς μιας ουσίας από μια υγρή φάση όπου βρίσκεται είτε υπό μορφή διαλύματος, είτε διασποράς, σε μια άλλη υγρή φάση αποτελεί την τεχνική της εκχύλισης, όπου η απομόνωση της ουσίας από το μίγμα πραγματοποιείται με τη στενή επαφή της με ένα διαλυτικό μέσο το οποίο τη διαλύει εκλεκτικά. Το αρχικό μίγμα μπορεί να είναι ένα στερεό ή υγρό φυσικό υλικό ή ένα ακατέργαστο μίγμα μιας αντίδρασης.

Η παραλαβή των οργανικών ουσιών από ένα ακατέργαστο μίγμα αντίδρασης (που συνήθως περιλαμβάνει μαζί με τα προϊόντα, αναλλοίωτες πρώτες ύλες, ανόργανα άλατα και παραπροϊόντα σε υδατικό διάλυμα ή αιώρημα) γίνεται με ανάμιξη του υδατικού μίγματος με ένα μη αναμιγνυόμενο με το νερό οργανικό διαλύτη. Ο διαλύτης θα πρέπει να είναι πτητικός, να έχει ικανοποιητική διαλυτική ικανότητα, καθώς επίσης να μην αντιδρά με την ουσία και αν είναι δυνατόν να τη διαλύει εκλεκτικά. Τέτοιοι διαλύτες είναι ο αιθέρας (διαιθυλαιθέρας), το διχλωρομεθάνιο, το χλωροφόρμιο, ο πετρελαϊκός αιθέρας - εξάνιο, ο οξικός αιθυλεστέρας, το βενζόλιο κ.α. Τα οργανικά προϊόντα μεταφέρονται φυσικά στην οργανική φάση και παραλαμβάνονται τελικά με απομάκρυνση του διαλύτη.

Η ανάμιξη των δύο φάσεων γίνεται σε ένα ειδικό σκεύος, το διαχωριστικό χωνί, το οποίο μέσω ενός δακτυλίου στερεώνεται σε στατήρα (Εικόνα 1).

Εικόνα 1. α) Διαχωριστικά χωνιά εκχύλισης και δακτύλιοι στήριξης, β) Διαχωριστικό χωνί σε στατήρα. Οι δύο μη αναμιξιμες φάσεις είναι εμφανείς από τη διαφορά στο χρώμα των διαλυμάτων.



Η έντονη ανατάραξη φέρνει σε στενή επαφή τις δύο φάσεις δηλ την οργανική και την υδατική, αποκαθίσταται ισορροπία της προς κατανομή ουσίας μεταξύ των δύο διαλυτών, και τέλος με τη λήξη της ανατάραξης και την ηρεμία, επέρχεται φυσικά ο επαναδιαχωρισμός των δύο φάσεων.

Η εκχύλιση με μαθηματικές σχέσεις

Η συγκέντρωση κάποιου συστατικού ανάμεσα στις δύο φάσεις δίνεται από το γνωστό νόμο κατανομής του Nernst. Σύμφωνα με το νόμο αυτό «ο λόγος των συγκεντρώσεων μιας ουσίας σε δύο μη αναμειγνύομενες υγρές φάσεις A και B, στην κατάσταση ισορροπίας είναι σταθερός για μια δεδομένη θερμοκρασία».

$$K = C_a/C_b \quad (\text{Εξίσωση 1})$$

Η σταθερά K λέγεται συντελεστής κατανομής και είναι χαρακτηριστική για μια δεδομένη ένωση και το ζεύγος διαλυτών σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Είναι αδιάστατο μέγεθος, γι' αυτό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιεσδήποτε μονάδες συγκέντρωσης, τις ίδιες φυσικά για τους δύο διαλύτες.

Αν υποθέσουμε ότι η διαλυτότητα μιας ουσίας A στον μεν αιθέρα είναι 24 g / 100 ml στο δε νερό 12 g / 100 ml, τότε $K = 24:100/12:100 = 2$

Εάν ένα διάλυμα 12 g του A σε 100 ml νερό εκχυλιστεί με 100 ml αιθέρα τότε μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας x g της ουσίας θα βρεθεί στην αιθερική φάση και επομένως 12-x g θα παραμείνουν στην υδατική φάση και η εξίσωση 1 γίνεται

$$K = x:100/(12-x):100 = 2 \Rightarrow x = 8 \text{ g}$$

Επομένως 8 g της ένωσης Α έχει μεταφερθεί στην οργανική φάση και τα 4 g έχουν μείνει την υδατική στιβάδα.

Αν όμως εκχυλίσουμε δύο φορές με 50 ml αιθέρα τότε

$$K = x:50/(12-x):100 = 2 \Rightarrow x = 6 \text{ g}$$

Επομένως 6 g της ένωσης Α έχει μεταφερθεί στην οργανική φάση και τα 6 g έχουν μείνει την υδατική στιβάδα. Με την δεύτερη εκχύλιση θα έχουμε

$$K = x:50/(6-x):100 = 2 \Rightarrow x = 3 \text{ g}$$

οπότε 3 g της Α μεταφέρονται στον αιθέρα και 3 παραμένουν στο νερό.

Συμπερασματικά δηλ. χρησιμοποιώντας την ίδια ποσότητα διαλύτη όταν εκχυλίζουμε μια φορά παραλαμβάνουμε 8 g ουσίας, ενώ όταν εκχυλίζουμε δύο φορές παραλαμβάνονται 6+3=9 g της ουσίας Α. Τρεις εκχυλίσεις με τη χρήση 33 ml αιθέρα κάθε φορά ανεβάζουν το ποσό σε 9.4 g, ενώ περαιτέρω εκχυλίσεις δεν αλλάζουν κατά πολύ το τελικό αποτέλεσμα. Επομένως πάντα εκχυλίζουμε το οποιοδήποτε μίγμα 2 ή 3 φορές ούτως ώστε να παραλάβουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα ουσίας. Πολλές φορές η εκχύλιση από υδατικό διάλυμα υποβοηθείται με την προσθήκη ανόργανων αλάτων στην υδατική στιβάδα, τα οποία μειώνουν τη διαλυτότητα της οργανικής ουσίας στο νερό. Το φαινόμενο αυτό λέγεται «εξαλάτωση».

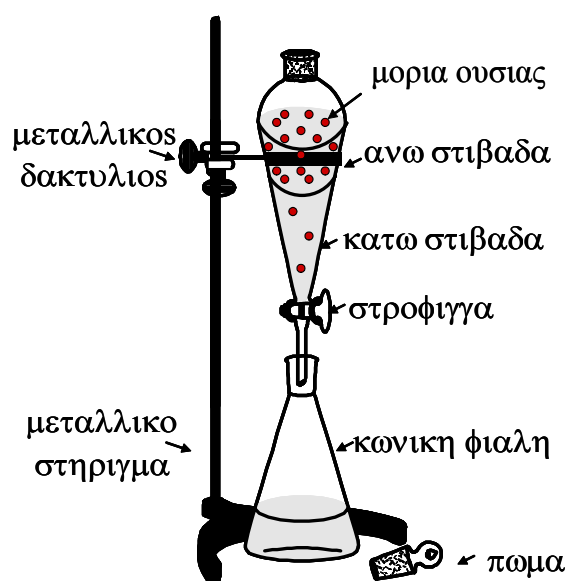
Τεχνική της εκχύλισης

Το διαχωριστικό χωνί απολήγει σε στρόφιγγα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 και 2. Αφού στηρίξουμε το χωνί κατακόρυφα (με τη στρόφιγγα κλειστή) σε ένα μεταλλικό δακτύλιο κατάλληλου μεγέθους (ο οποίος με τη σειρά του στηρίζεται σε μεταλλικό στήριγμα, Εικόνα 2β), προστίθενται στο διαχωριστικό χωνί η υδατική και η οργανική φάση. Οι όγκοι πρέπει να είναι τέτοιοι που να μην υπερβαίνουν τα $\frac{3}{4}$ του συνολικού του όγκου του σκεύους, ούτως ώστε να υπάρχει αρκετός χώρος για την ανάμιξη. Τα διαλύματα θα πρέπει να είναι ψυχρά, γιατί αλλιώς θα αναπτυχθούν υπερπίεσεις στον κλειστό χώρο του χωνιού κατά τη διαδικασία της ανατάραξης, και μπορεί να ακολουθήσει βίαιη εκτόνωση με σπάσιμο του χωνιού και πιθανόν τραυματισμός.

Μετά την προσθήκη των διαλυμάτων, κλείνουμε το χωνί με το πώμα του και το ανακινούμε κρατώντας σταθερά το πώμα με το ένα χέρι και τη στρόφιγγα με το

άλλο. Μετά την πρώτη κίνηση ανατάραξης, και έχοντας γυρισμένο το χωνί ανάποδα, ανοίγουμε τη στρόφιγγα για να εκτονωθεί τυχόν πίεση που έχει δημιουργηθεί, την ξανακλείνουμε, ανακινούμε και εκτονώνουμε ακόμη λίγες φορές. Εφόσον δεν αναπτύσσεται επιπλέον πίεση, μπορούμε να ανακινήσουμε ισχυρά. Κάθε φορά που εκτονώνουμε το χωνί, θα πρέπει να προσέχουμε το στόμιο του χωνιού να μη στοχεύει κανέναν παρευρισκόμενο στην αίθουσα.

Αφήνουμε το χωνί πάνω στο δακτύλιο, ανοίγουμε το πώμα και περιμένουμε μερικά λεπτά να διαχωριστούν οι δύο στιβάδες. Ανοίγουμε τότε τη στρόφιγγα και συλλέγουμε σε κωνική φιάλη την κάτω στιβάδα.



Για τους διαλύτες που έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό, όπως το διχλωρομεθάνιο, το χλωροφόρμιο, ο τετραχλωράνθρακας, **η στιβάδα αυτή αποτελεί το επιθυμητό εκχύλισμα**. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή ο οργανικός διαλύτης έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό, τότε η **πάνω** στιβάδα περιέχει την οργανική ουσία. Πάντως, γενικός κανόνας είναι να μην πετάμε ποτέ τίποτα πριν βεβαιωθούμε που βρίσκεται η ουσία μας.

Σε περίπτωση που δεν μπορούμε να αναγνωρίσουμε τη φύση μιας στιβάδας (υδατική ή οργανική), μπορούμε να προσθέσουμε κάποια ml νερό ή οργανικό διαλύτη. Από τη δημιουργία δύο ή μη φάσεων, μπορούμε να αποφανθούμε για την ταυτότητά της φάσης.

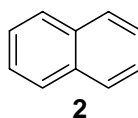
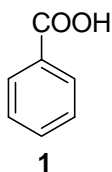
Ξήρανση

Μετά από την εκχύλιση η οργανική στιβάδα είναι κορεσμένη σε νερό το οποίο και θα πρέπει να απομακρυνθεί. Για την απομάκρυνση του νερού, που τώρα θεωρούμε ως πρόσμιξη, χρησιμοποιούνται διάφορα άλατα που σχηματίζουν υδρίτες και έτσι το εγκλωβίζουν. Προϋποθέσεις για ένα καλό ξηραντικό είναι να προκαλεί γρήγορη και πλήρη ξήρανση, να είναι οικονομικό, μη τοξικό και να μην αντιδρά με την ουσία που μας ενδιαφέρει ή το διαλύτη. Συνήθη ξηραντικά που χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση είναι: Na_2SO_4 , MgSO_4 , CaSO_4 , CaCl_2 , P_2O_5 , NaOH , Na_2CO_3 .

Πειραματική Διαδικασία

Διαχωρισμός μίγματος οξίνου και ουδέτερου συστατικού

Καλείστε να διαχωρίσετε ένα μίγμα (1 g) που αποτελείται από ίσα βάρη ενός οξέος (βενζοϊκό οξύ, **1**) και ενός ουδέτερου συστατικού (ναφθαλίνιο, **2**).



Το μίγμα διαλύεται σε 50 ml αιθέρα, φέρεται σε διαχωριστικό χωνί και εκχυλίζεται προσεκτικά δύο φορές με 25 ml διαλύματος NaOH 5% κάθε φορά. Η υδατική στιβάδα που περιέχει το οξύ συστατικό υπό τη μορφή του υδατοδιαλυτού βενζοϊκού νατρίου μεταφέρεται εκ νέου στο διαχωριστικό χωνί και εκχυλίζεται με 20 ml αιθέρα. Τα αιθερικά εκχυλίσματα με το ουδέτερο συστατικό ενώνονται σε μια φιάλη, ενώ σε μια δεύτερη φιάλη φέρεται το υδατικό αλκαλικό εκχύλισμα με το βενζοϊκό νάτριο.

A) Παραλαβή βενζοϊκού οξέος

Το υδατικό εκχύλισμα του NaOH οξινίζεται προσεκτικά και υπό ψύξη με διάλυμα HCl 6N (έλεγχος με πεχαμετρικό χαρτί) και το βενζοϊκό οξύ που αποβάλλεται παραλαμβάνεται κατά τα γνωστά, με διήθηση υπό κενό. Ανακρυσταλλώνεται κατά τα γνωστά από νερό (δες άσκηση ανακρυστάλλωσης), ξηραίνεται, ζυγίζεται και υπολογίζεται η απόδοση.

B) Παραλαβή Ναφθαλινίου

Η οργανική στιβάδα πλένεται με 50 ml νερού (καλύτερα με κορεσμένο διάλυμα NaCl), ξηραίνεται με Na_2SO_4 και μετά την απομάκρυνση του διαλύτη παραλαμβάνεται το ναφθαλίνιο που παραμένει στη φιάλη με μικρή ποσότητα αιθανόλης και διήθηση υπό κενό. Ξηραίνεται, ζυγίζεται και μετράται η απόδοση.

Παρατηρήσεις

- 1)** Οι εκχυλίσεις με το διάλυμα του NaOH συνοδεύονται με έκλυση θερμότητας λόγω της αντίδρασης του διαλύματος με το όξινο συστατικό. Το γεγονός αυτό προκαλεί μερική εξάτμιση του πτητικού διαλύτη και έτσι αναπτύσσονται πιέσεις στο εσωτερικό του διαχωριστικού χωνιού. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνονται κατά τη διάρκεια των εκχυλίσεων συχνοί εξαερισμοί του χωνιού, με κατάλληλο άνοιγμα της στρόφιγγας.
- 2)** Η δεύτερη επανεκχύλιση του υδατικού διαλύματος με οργανικό διαλύτη έχει σκοπό την ποσοτική παραλαβή των οργανικών συστατικών από τις υδατικές στιβάδες.
- 3)** Επειδή κατά τη διάρκεια των διαδοχικών εκχυλίσεων γίνονται σφάλματα σχετικά με το περιεχόμενο των διαφόρων εκχυλισμάτων, συνιστάται να επισημαίνεται το περιεχόμενο κάθε φιάλης (πχ εκχύλισμα NaOH). **Γενικός κανόνας είναι να μην πετάμε τίποτα μέχρις ότου βεβαιωθούμε ότι έχουμε περατώσει την πειραματική εργασία της εκχύλισης.**

**ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ Δ.Π.Θ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΕΚΧΥΛΙΣΗ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Ποια είναι η απόδοση της εκχύλισης στο όξινο συστατικό;

Ποια είναι η απόδοση της εκχύλισης στο ουδέτερο συστατικό;

Ερωτήσεις.

1. Γιατί χρησιμοποιούμε πτητικούς διαλύτες όταν εκχυλίζουμε;
2. Γιατί είναι απαραίτητο να βγάζουμε το πάμα από το διαχωριστικό χωνί όταν διαχωρίζουμε τις δύο στιβάδες;
3. Ο συντελεστής κατανομής σε αιθέρα/νερό για μια διαλυμένη ουσία A είναι 7.5. Εάν έχουμε 10 g του A σε 100 ml νερό και εκχυλίσουμε μια φορά με 100 ml αιθέρα, τι ποσότητα του A θα απομονωθεί; Εάν εκχυλίσουμε δυο φορές με 50 ml αιθέρα κάθε φορά, τι συνολική ποσότητα του A θα απομονωθεί;
4. Προτείνετε ένα σχήμα διαχωρισμού μίγματος μιας βασικής με μια ουδέτερη ουσία.

ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Το 1901 ο Ρώσος Βοτανολόγος Mikhail Tsvet ανακάλυψε την τεχνική της χρωματογραφίας κατά τη διάρκεια των ερευνών του πάνω στη χλωροφύλλη. Και χρησιμοποίησε το όρο αυτό το 1906 σε δύο δημοσιεύσεις του. Το όνομά της προέρχεται από τις λέξεις χρώμα και γράφω, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η εμβέλειά της περιορίζεται σε έγχρωμες και μόνο ενώσεις. Παρόλο που το φαινόμενο ήταν γνωστό από παλαιότερα, η συνεισφορά του συνίσταται στο ότι το μετέτρεψε σε μέθοδο επιστημονικής ανάλυσης, η οποία αναπτύχθηκε ραγδαία τον 20^ο αιώνα καθώς οι επιστήμονες ανακάλυψαν πως οι αρχές της χρωματογραφίας του Tsvet μπορούσαν να εφαρμοστούν και σε άλλα συστήματα. Σήμερα, οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται σε όλα τα χημικά και βιολογικά εργαστήρια.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων των χρωματογραφικών τεχνικών είναι η κατανομή των διαφόρων συστατικών ενός μίγματος μεταξύ μιας στατικής και μιας κινητής φάσης. Η κινητή φάση είναι ένα υγρό ή ένα αέριο και η στατική ένα στερεό ή ένα υγρό.

Η συγκράτηση μιας ουσίας στη στατική φάση εξαρτάται από φαινόμενα σαν την επιφανειακή προσρόφηση, τη διαλυτότητα, τη συμπλοκοποίηση, το σχηματισμό άλατος, το σχηματισμό δεσμού υδρογόνου ή ακόμα και το μοριακό μέγεθος.

Ταξινόμηση των χρωματογραφικών μεθόδων

Οι χρωματογραφικές μέθοδοι χωρίζονται σε προσρόφησης, ανταλλαγής ιόντων, στερεοαποκλεισμού, σχηματισμού δεσμών Η και κατανομής (Πίνακας).

Η χρωματογραφία προσρόφησης οφείλεται στην ιδιότητα των στερεών επιφανειών να προσροφούν διάφορα μόρια μέσα από ασθενείς διαμοριακές δυνάμεις (ηλεκτροστατικές δυνάμεις και δυνάμεις van der Waals). Το φαινόμενο αυτό είναι κατά κανόνα αντιστρεπτό γιατί οι διαμοριακές δυνάμεις είναι ασθενείς.

Στη χρωματογραφία κατανομής η στατική φάση είναι κάποιο υγρό προσροφημένο ή χημικά στερεωμένο σε κάποιο στερεό, το οποίο για το λόγο αυτό είναι αδρανοποιημένο.

ΠΙΝΑΚΑΣ. Χρωματογραφικές τεχνικές.

Κινητή φάση	Ακίνητη φάση	Ονομασία	Μηχανισμός διαχωρισμού	Ενώσεις που διαχωρίζονται
Υγρή	Στερεή ^α	Υγρού-Στερεού	Προσρόφηση	Η πλειονότητα των οργανικών ενώσεων
	Στερεή ^β	Υγρού-Στερεού	Προσρόφηση	Πολικές οργανικές ουσίες
	Στερεή ^γ	Λειπής στοιβάδας	Προσρόφηση	Μεγάλη ποικιλία ενώσεων
	Στερεή ^δ	Ιονανταλλαγή	Ανταλλαγή ιόντων	Φορτισμένα μόρια, αμινοξέα
	Στερεή ^ε	Διαπερατότητας πηκτής	Στερεο-αποκλεισμός	Μακρομόρια
	Στερεή ^{στ}	Χημειο-συγγένειας	Σχηματισμός δεσμών H	Βιολογικές ουσίες
Υγρή	Υγρή	Υγρού-Υγρού	Κατανομή	Οργανικά μόρια ευαίσθητα σε θερμότητα και οξέα
	Χαρτί	Χάρτου	Προσρόφηση	Αμινοξέα, σάκχαρα
Αέρια	Στερεή	Αερίου-Στερεού	Προσρόφηση	Αέρια και πολύ πτητικά μόρια
	Υγρή	Αερίου-Υγρού	Κατανομή	Σχετικά πτητικά οργανικά μόρια

α. Προσοφητικό πιο πολικό από την υγρή φάση.

β. Προσοφητικό λιγότερο πολικό από την υγρή φάση.

γ. Προσοφητικό επιστρωμένο σε λεπτή στοιβάδα.

δ. Ιοναταλλακτική ρητίνη.

ε. Πηκτή.

στ. Δεσμευμένο βιοαπορροφητικό πχ ένζυμο.

Η στατική φάση στη χρωματογραφία ιονανταλλαγής αποτελείται από κάποιο πολυμερές υλικό, σε μορφή μικρών σφαιριδίων, πάνω στο οποίο είναι συνδεδεμένες ομοιοπολικά ελεύθερες όξινες (συνήθως σουλφονικές) ή βασικές (συνήθως αμινικές) ομάδες. Από την όξινη στήλη μπορούν να μεταφερθούν πρωτόνια σε οποιαδήποτε βάση υπάρχει στην υγρή φάση. Οι πρωτονιωμένες, κατ' αυτόν τον τρόπο βάσεις συγκρατούνται ηλεκτροστατικά στις αρνητικά φορτισμένες θέσεις της ρητίνης. Οι βασικές στήλες περιέχουν ελεύθερες αμινο ομάδες, που είναι σε θέση να προσλάβουν πρωτόνια από τα οργανικά οξέα, και ως εκ τούτου είναι σε θέση να διαχωρίσουν τα τελευταία, εφόσον διαφέρουν στο pK_a .

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κατά κόρον στην ανάλυση πρωτεϊνών, καθώς πολλές από τις πρωτεΐνες είναι φορτισμένες. Μια βασική πρωτεΐνη, που είναι θετικά

φορτισμένη, προσδένεται σε μια στήλη ιονανταλλαγής που είναι αρνητικά φορτισμένη. Ανάλογα, μια όξινη πρωτεΐνη, που είναι αρνητικά φορτισμένη μπορεί να προσδεθεί σε θετικά φορτισμένη στήλη ιονανταλλαγής. Με τον τρόπο αυτό οι πρωτεΐνες διαχωρίζονται ανάλογα με το φορτίο τους.

Στη χρωματογραφία διαπερατότητας πηκτής ο διαχωρισμός γίνεται με βάση τη διάμετρο των πόρων της στατικής φάσης και την αποτελεσματική διάμετρο της διαλυμένης ουσίας, ενώ στη χρωματογραφία χημειοσυγγένειας χρησιμοποιούμε ακίνητες φάσεις οι οποίες έχουν χημική συγγένεια με τις ενώσεις που πρόκειται να διαχωριστούν, και χρησιμοποιείται κυρίως στο διαχωρισμό και καθαρισμό βιολογικών ουσιών.

Χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC)

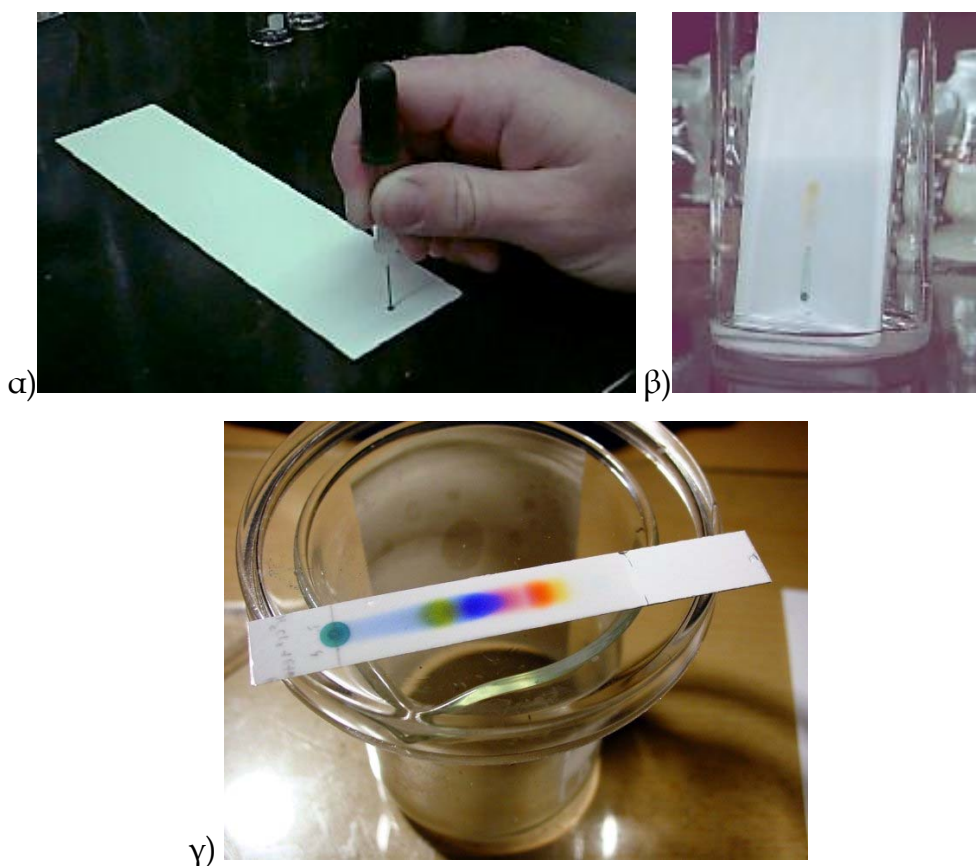
Στη χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας, Thin Layer Chromatography (TLC) χρησιμοποιούμε μικρές πλάκες οι οποίες είναι επικαλυμμένες με κατάλληλο προσροφητικό υλικό, όπως silica gel ή alumina. Η μέθοδος έχει κυρίως ποιοτικό χαρακτήρα. Είναι δε πολύ απλή και σύντομη και γι αυτό χρησιμοποιείται ιδιαίτερα για την παρακολούθηση της διαδικασίας καθαρισμού ενός δείγματος, τον έλεγχο της πορείας μιας αντίδρασης και τον προσδιορισμό του αριθμού των προϊόντων της.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1α, το δείγμα τοποθετείται στο πλακίδιο με τη βοήθεια τριχοειδούς σωλήνα τον οποίο έχουμε εμβαπτίσει μέσα σε διάλυμα του μίγματος σε πτητικό διαλύτη. Στη συνέχεια ακουμπάμε την άκρη του τριχοειδούς στιγμιαία στην επιφάνεια του πλακιδίου στο επιθυμητό σημείο, με τέτοιο τρόπο που να μην ξεπεράσει η σχηματιζόμενη κηλίδα την επιθυμητή διάμετρο. Η ανάπτυξη του χρωματογραφήματος γίνεται με την τοποθέτηση της πλάκας σε ένα θάλαμο (Εικόνα 1β), που περιέχει τον κατάλληλο για την ανάπτυξη του χρωματογραφήματος διαλύτη και του οποίου η ατμόσφαιρα είναι κορεσμένη στους ατμούς του τελευταίου. Για το λόγο αυτό τοποθετούμε διηθητικό χαρτί στο εσωτερικό του θαλάμου, το οποίο, λόγω τριχοειδών φαινομένων διαποτίζεται από το διαλύτη. Στη συνέχεια ο διαλύτης εξατμίζεται μερικώς με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ισορροπία και τέλος κορεσμός.

Το ύψος του διαλύτη στο θάλαμο ανάπτυξης θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε οι κηλίδες να μη βυθίζονται σ' αυτόν όταν η πλάκα τοποθετείται προς ανάπτυξη, για να μην διαλυθούν οι κηλίδες στο διαλύτη και σταματήσει η ανάπτυξη του

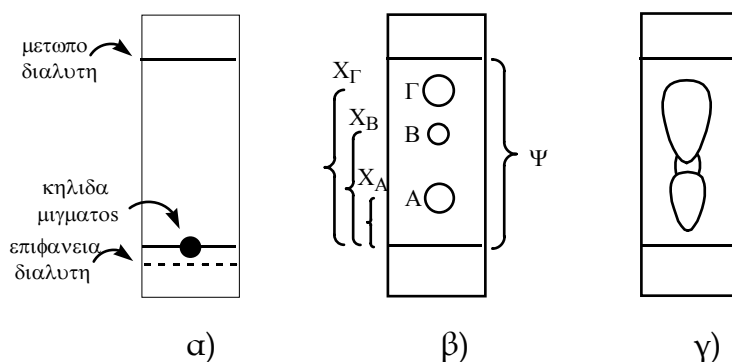
χρωματογραφήματος, Εικόνα 1β. Σχηματικά δίνονται και άλλες λεπτομέρειες στο Σχήμα 1α-γ.

Εικόνα 1. α) Τοποθέτηση δείγματος σε TLC, β) ανάπτυξη του χρωματογραφήματος, γ) Αποτέλεσμα τοποθέτησης μεγάλης ποσότητας δείγματος.



Ο διαλύτης μετακινείται πάνω στο πλακίδιο εξαιτίας των τριχοειδών φαινομένων και περνά από το σημείο στο οποίο έχει τοποθετηθεί το δείγμα. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται συνεχείς διαλύσεις και επαναπροσροφήσεις σε καινούρια σημεία της πλάκας με διαφορετική ταχύτητα που εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως η πολικότητα των συστατικών, η φύση του διαλύτη και η δραστηριότητα του προσροφητικού. Έτσι ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται χάρις στη μετακίνηση των ενώσεων με διαφορετικές ταχύτητες που είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του μίγματος και του διαλύτη στην επιφάνεια του προσροφητικού, Σχήμα 1β. Γενικά, στο silica gel που είναι και το πιο κοινό προσροφητικό που χρησιμοποιούμε, για κάθε διαλύτη ένα συγκεκριμένο μίγμα διαχωρίζεται έτσι ώστε τα λιγότερο πολικά και τα πιο ευδιάλυτα συστατικά να μετακινούνται ταχύτερα και

τα πιο πολικά και ταυτοχρόνως πιο αδιάλυτα συστατικά να μετακινούνται βραδύτερα.



Σχήμα 1. Χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας. α) Σημείο εφαρμογής της κηλίδας, σημείο επαφής του διαλύτη κατά την τοποθέτηση του πλακιδίου στο θάλαμο και σημείο στο οποίο θα φτάσει ο διαλύτης μετά το πέρας της χρωματογραφίας. β) Ανάπτυξη του χρωματογραφήματος με την εμφάνιση όλων των κηλίδων Α, Β και Γ. Οι αποστάσεις X_A , X_B , X_Γ και Ψ χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του R_f , γ) Αποτέλεσμα τοποθέτησης μεγάλης ποσότητας δείγματος.

Ο λόγος της απόστασης που διανύει η κάθε ουσία πάνω στο πλακίδιο προς την απόσταση που έχει διανύσει ο διαλύτης ξεκινώντας από το σημείο που τοποθετήσαμε την κηλίδα της ουσίας ονομάζεται R_f . (Στην TLC δεν μπορούμε να έχουμε καλή επαναληψιμότητα επειδή η ακριβής επανάληψη των συνθηκών είναι αρκετά δύσκολη. Αντίθετα οι χρόνοι συγκράτησης των ουσιών στην υγρή και αέρια χρωματογραφία είναι επαναλήψιμοι και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ταυτοποίηση τους).

Η υπερβολική ποσότητα δείγματος και ο σχηματισμός κηλίδων μεγάλης διαμέτρου μειώνουν τη διαχωριστική ικανότητα καθώς αφενός η προσροφητική ικανότητα του σημείου είναι περιορισμένη, αφετέρου δεν επιτυγχάνεται σωστός διαχωρισμός καθώς οι κηλίδες που θα διαχωριστούν αλληλεπικαλύπτουν μερικά ή ολικά η μια την άλλη, Σχήμα 1γ. και Εικόνα 1γ.

Τέλος η εμφάνιση του χρωματογραφήματος για τις μη έγχρωμες ενώσεις μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους.

Α) Ο πρώτος συνίσταται στην παραμονή της πλάκας για λίγα λεπτά σ' ένα θάλαμο που περιέχει ιώδιο. Οι οργανικές ενώσεις, πλην των κορεσμένων υδρογονανθράκων και των αλογονιδίων, σχηματίζουν καφετί κηλίδες καθώς

απορροφούν ιώδιο και έτσι γίνεται αντιληπτή η παρουσία τους. Η απορρόφηση είναι αντιστρεπτή και γι' αυτό η μέθοδος δεν καταστρέφει το δείγμα.

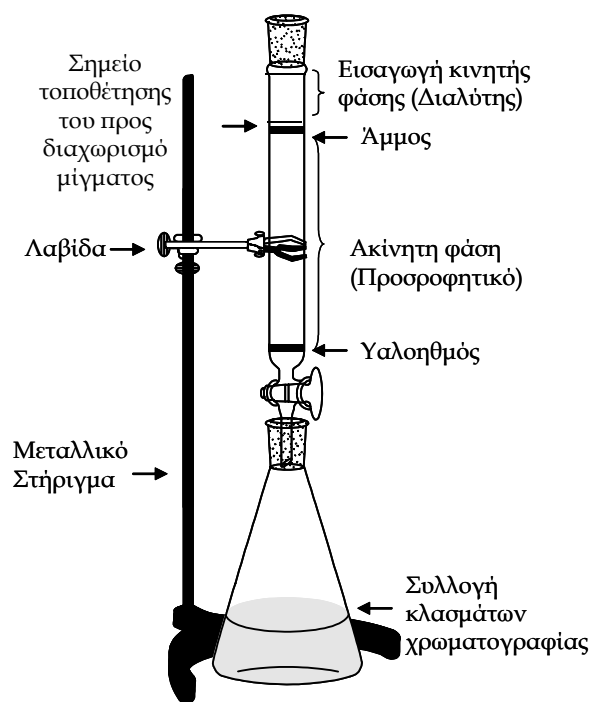
Β) Ο δεύτερος συνίσταται στην προσθήκη στο αιώρημα του προσροφητικού και κατά την παρασκευή του, μιας φθορίζουσας ένωσης. Όταν η πλάκα εκτεθεί σε υπεριώδη ακτινοβολία, όλη η επιφάνειά της φωταυγάζει εκτός από τις περιοχές που αντιστοιχούν στις κηλίδες των ουσιών. Οι τελευταίες εμφανίζονται σκοτεινές καθώς απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία και αποσβένουν έτσι τοπικά τον φθορισμό.

Γ) Ο τρίτος τρόπος ο οποίος σε αντίθεση με τους άλλους δύο τρόπους καταστρέφει τις ενώσεις του μίγματος, συνίσταται στον ψεκασμό της πλάκας με πυκνό θειικό οξύ και θέρμανσή του στους 110-150 °C. Σχεδόν όλες οι οργανικές ουσίες εκτός των κορεσμένων υδρογονανθράκων, απανθρακώνονται και γίνονται έτσι ορατές. Εκτός από θειικό οξύ μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα άλλα αντιδραστήρια, τα οποία δίνουν έγχρωμες κηλίδες με ορισμένες κατηγορίες οργανικών ενώσεων (πχ νινυδρίνη για τα αμινοξέα).

Όταν απαιτείται ο ποσοτικός διαχωρισμός μεγάλης σχετικά ποσότητας μίγματος τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρασκευαστική χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας, (PTLC, Preparative TLC) και η χρωματογραφία στήλης.

Χρωματογραφία στήλης

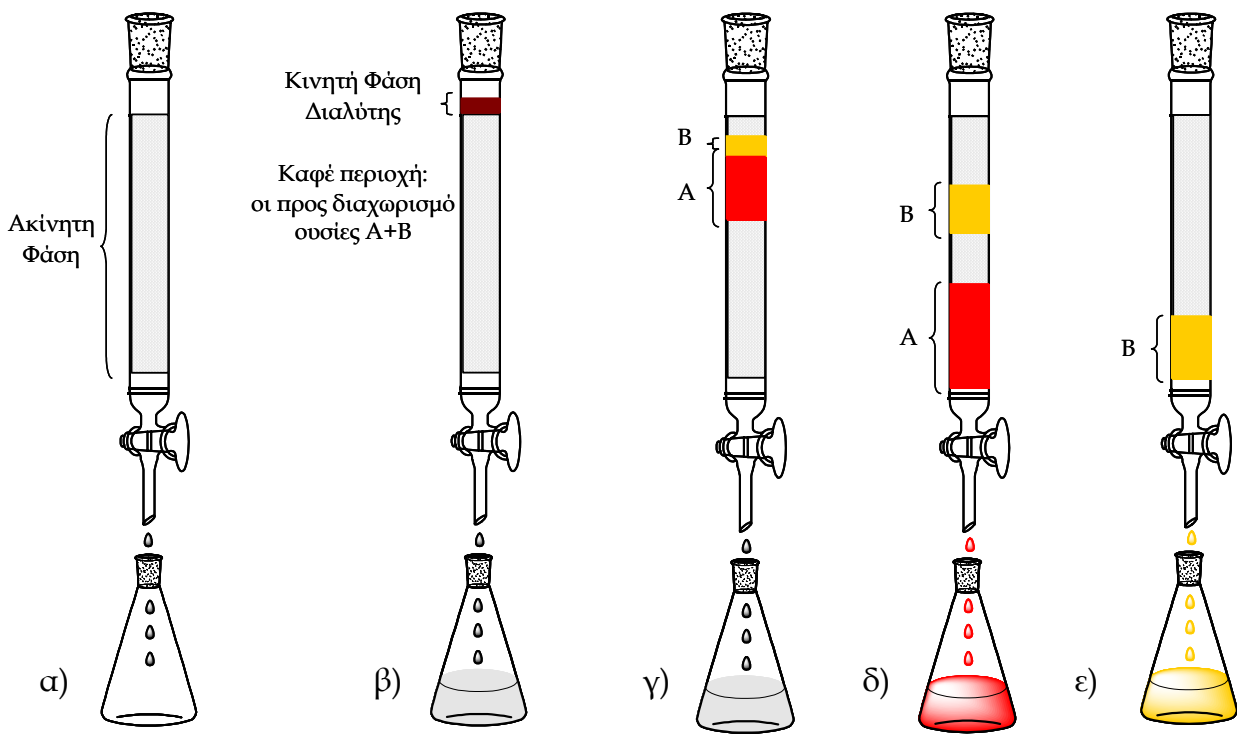
Στη χρωματογραφία στήλης η ακίνητη φάση περιέχεται σ' ένα σωλήνα, συνήθως γυάλινο, όπως αυτόν του Σχήματος 2 και 3α. Στην άκρη του σωλήνα υπάρχει μια στρόφιγγα για τον έλεγχο της ροής του εκλουστικού υγρού. Στη βάση της στήλης υπάρχει πορώδες γυαλί, ο υαλοηθμός, που συγκρατεί το στερεό πληρωτικό υλικό, ενώ επιτρέπει την διόδο του διαλύτη. Το γέμισμα της στήλης γίνεται με διάφορους τρόπους, κυρίως όμως με την απόχυση στη στήλη αιωρήματος του προσροφητικού στο διαλύτη. Στο επάνω μέρος του πληρωτικού υλικού (στο οποίο έχουμε προσθέσει μια στρώση άμμου) τοποθετούμε προσεκτικά το μίγμα που θέλουμε να διαχωρίσουμε, διαλυμένο στην ελάχιστη δυνατή ποσότητα διαλύτη, με τέτοιο τρόπο ώστε να μη διαταράξουμε την επιφάνεια, Σχήμα 2 και 3β. Η άμμος βοηθάει στο να μη διαταραχθεί η επιφάνεια και εισαχθεί το μίγμα στον κύριο όγκο του προσροφητικού κατά δόσεις. Στη συνέχεια διαβιβάζεται επιπλέον διαλύτης και αρχίζει η συλλογή των κλασμάτων σε δοχεία.



Σχήμα 2. Διάταξη της χρωματογραφίας στήλης.

Ο διαχωρισμός των συστατικών του μίγματος οφείλεται στο διαφορετικό χρόνο παραμονής κάθε συστατικού στις δύο φάσεις κάτι που με τη σειρά του εξαρτάται από τη «συγγένεια» των χημικών ουσιών στις δύο φάσεις. Η όλη διαδικασία φαίνεται διαγραμματικά στο παρακάτω Σχήμα 3. Αν ένα συστατικό παραμένει περισσότερο χρόνο στην κινητή φάση, θα προχωρά γρήγορα (ουσία Α-Σχήμα 3γ,δ). Αν μένει πιο πολύ στη στατική φάση, θα κινείται αργά (ουσία Β-Σχήμα 3γ,δ,ε). Έτσι η ένωση Α εκλύεται πρώτη (Σχήμα 3δ) και με τον τρόπο αυτό διαχωρίζεται από το μίγμα της με την ουσία Β, καθώς συλλέγεται σε κάποιο δοχείο. Το ίδιο συμβαίνει και με τη Β.

Όπως αντιλαμβανόμαστε, οι αρχές διαχωρισμού είναι βασικά οι ίδιες με την TLC απλώς τα σκεύη και ο μηχανισμός έκλυσης είναι διαφορετικός. Στη χρωματογραφία στήλης η βαρύτητα (ή η εξασκουμένη εξωτερικά πίεση) είναι η δύναμη και κινεί το διαλύτη πάνω στο προσροφητικό και όχι τα τριχοειδή φαινόμενα. Από το 1978 ο W. C. Stills εισήγαγε μια τροποποιημένη χρωματογραφία στήλης που λέγεται flash χρωματογραφία. Η τεχνική είναι παρόμοια με την παραδοσιακή με τη διαφορά ότι ο διαλύτης κινείται μέσα στη στήλη με τη βοήθεια πίεσης. Με τον τρόπο αυτό η χρωματογραφία διαρκεί λιγότερο χρόνο.



Σχήμα 3. Σχηματικός διαχωρισμός ενός μίγματος δύο ουσιών Α και Β με χρωματογραφία στήλης.

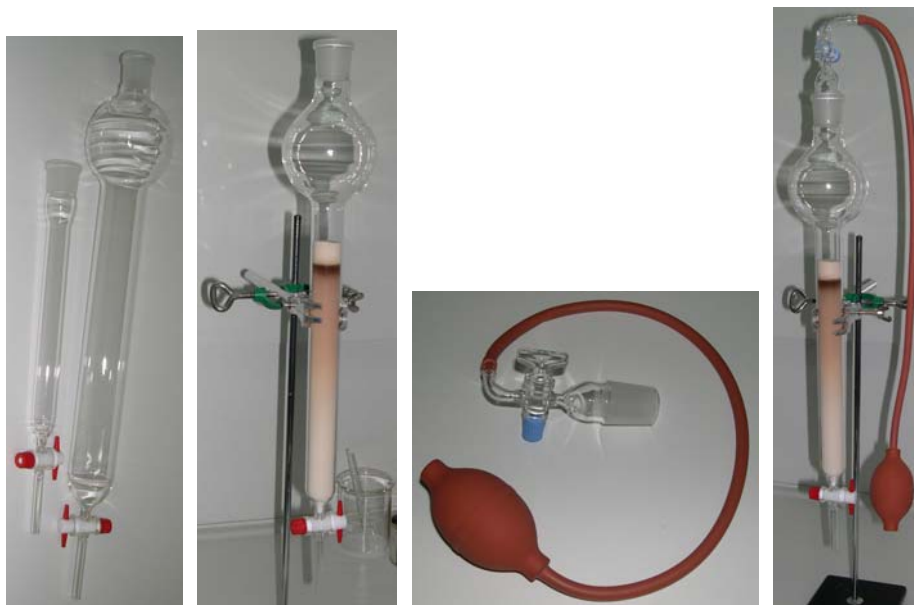
Φυσικά, το μήκος της στήλης, η ποσότητα του προσροφητικού, το είδος και η πολικότητα του εκλουστικού μέσου καθώς επίσης και η ποσότητα του δείγματος είναι καθοριστικής σημασίας. Η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών και παραμέτρων για την επίτευξη ενός σωστού διαχωρισμού απαιτεί ικανότητα και εμπειρία από το χειριστή. Βέβαια πολύ χρήσιμες πληροφορίες μας δίνει η TLC που έχουμε κάνει στο προς διαχωρισμό μίγμα. Γενικά όσο μεγαλύτερη διαφορά πολικότητας υπάρχει ανάμεσα στις ουσίες, τόσο πιο εύκολος είναι ο διαχωρισμός τους. Όσο αυξάνεται η πολικότητα των ουσιών τόσο αυξάνεται και η ανάγκη για τη χρήση λιγότερο ενεργού προσροφητικού ή περισσότερο πολικού διαλύτη.

Η σειρά αυξανόμενης πολικότητας των πιο κοινών διαλυτών (για silica gel ως προσροφητικό) είναι n-εξάνιο, πετρελαϊκός αιθέρας, βενζόλιο, τολουόλιο, χλωροφόρμιο, διαιθυλαιθέρας, οξικός αιθυλεστέρας, ακετόνη, μεθανόλη κ.α.

Τα κλάσματα τα οποία συλλέγονται από τη στήλη ελέγχονται με χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας και στη συνέχεια, τα όμοια κλάσματα ενώνονται, ο διαλύτης απομακρύνεται, το συστατικό καθαρίζεται με ανακρυστάλλωση (αν είναι

στερεό) ή με απόσταξη αν είναι υγρό (εύλογου σημείου ζέσεως) και ταυτοποιείται με φασματοσκοπικές κυρίως μεθόδους ή με το σ.τ. ή σ.ζ.

Εικόνα 2. α) Διάφορες γυάλινες στήλες χρωματογραφίας, β) Στήλη χρωματογραφίας σε εξέλιξη, γ) ελαστική φούσκα για άσκηση πίεσης, δ) Σύστημα στήλης με ελαστική φούσκα.



Πειραματική διαδικασία

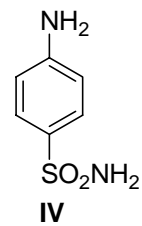
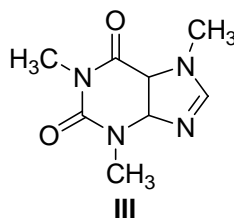
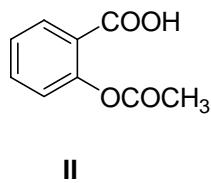
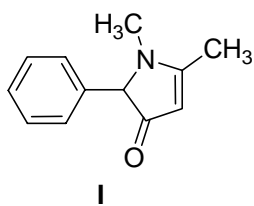
Απομόνωση του β-καροτενίου και της χλωροφύλλης από το οργανικό εκχύλισμα των φύλλων σπανακιού με χρωματογραφία στήλης

Αρχικά θα πρέπει να βρείτε τις κατάλληλες συνθήκες με τις οποίες θα πραγματοποιήσετε το πείραμα. Για το λόγο αυτό, θα τοποθετήσετε με τριχοειδή σωλήνα μια μικρή ποσότητα εκχυλίσματος σπανακιού πάνω σε πλακίδιο επιστρωμένο με προσροφητικό, και θα κάνετε τρεις TLC με διαλύτες ανάπτυξης εξάνιο / οξικός αιθυλεστέρας 9:1, 8:2 και 5:5. Καταγράψτε τα αποτελέσματά σας, όταν εμφανίσατε τις πλάκες πρώτα κάτω σε υπεριώδες φως και μετά σε θάλαμο ιωδίου, και βρείτε τα R_f για κάθε συστατικό.

Σε μια πληρωμένη στήλη χρωματογραφίας προσθέστε το εκχύλισμα των φύλλων του σπανακιού, και αρχίστε την έκλουση με διαλύτη εξάνιο μέχρις ότου η ορατή κίτρινη στιβάδα του πρώτου συστατικού να βγει από τη στήλη. Συλλέγετε το διάλυμα σε δοκιμαστικούς σωλήνες ή κωνικές των 25 ml. Για την έκλουση του

δεύτερου συστατικού χρησιμοποιείτε σαν εκλουστικό μίγμα εξάνιο / οξικό αιθυλεστέρα 1:1.

Το δεύτερο πείραμα για τη χρωματογραφία λεπτής στιβάδας αφορά στην ταυτοποίηση με TLC μιας από τις παρακάτω ουσίες: **Αντιπυρίνη (I)**, **Ασπιρίνη (II)**, **Καφεΐνη (III)** και **Σουλφοναμίδιο (IV)**. Μια από τις ουσίες I-IV σας δίνεται και ως άγνωστη. Ζητείται να ταυτοποιηθεί η άγνωστη ουσία με βάση το R_f . Οι συνθήκες ανάπτυξης είναι διαθέρας : αιθανόλη 1:1.



**ΤΜΗΜΑ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ Δ.Π.Θ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Ονοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Σχεδιάστε τα πλακίδια TLC που έχετε αναπτύξει δείχνοντας και τα σημεία στα οποία βρίσκονται οι κηλίδες στο πλακίδιο. Κάντε το και για τα τρία συστήματα διαλυτών και βρείτε όλα τα R_f των προϊόντων του εκχυλίσματος του σπανακιού. Ομοίως και για τις ουσίες I-IV. Ποια ήταν η άγνωστη ουσία σας;

Ερωτήσεις

1. Τι είδους χρωματογραφίες χρησιμοποιήσατε στο πείραμά σας;
2. Με ποιο μηχανισμό λειτουργεί η TLC και με ποιο η χρωματογραφία στήλης;
3. Ποιά είναι η δομή του β-καροτενίου;
4. Γιατί η χλωροφύλλη εμφανίζει χρώμα; Σε ποια κατηγορία ενώσεων ανήκει και ποιο είναι το κεντρικό μεταλλικό ιόν της;

ΑΠΟΣΤΑΞΗ

Οι οργανικές ενώσεις, που απομονώνονται από φυσικά προϊόντα, ή αυτές που συντίθενται από μια αντίδραση βρίσκονται συνήθως μαζί με άλλες ουσίες που τις θεωρούμε προσμίξεις και από τις οποίες πρέπει να απαλλαγούν. Μια από τις μεθόδους καθαρισμού που χρησιμοποιούνται είναι και η απόσταξη. Ενώ η ανακρυστάλλωση και η εκχύλιση βασίζονται σε διαφορές διαλυτότητας και η χρωματογραφία σε διαφορές πολικότητας ή μεγέθους, η απόσταξη βασίζεται σε διαφορές πτητικότητας και χρησιμοποιείται για ενώσεις που είναι υγρές. Στην απλή εκδοχή της είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα υγρό θερμαίνεται μέχρι βρασμού και οι ατμοί του στη συνέχεια υγροποιούνται ψυχόμενοι και συγκεντρώνονται σε άλλο τμήμα της συσκευής. Έτσι το υγρό απαλλάσσεται από χαμηλότερου σημείου ζέσεως πτητικές προσμίξεις και διαλύτες όταν βράζει σε υψηλότερη θερμοκρασία από αυτά. Ακόμα οι υγρές ουσίες μπορούν να απαλλαγούν από πολυμερείς προσμίξεις που έχουν κατά κανόνα υψηλότερο σ. ζ. από αυτές και παραμένουν ως υπολείμματα στον αποστακτήρα.

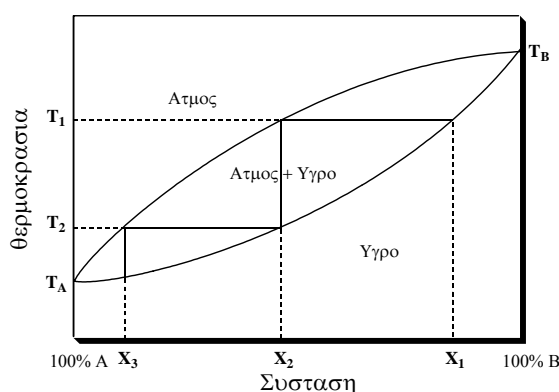
Βασικές αρχές της απόσταξης

Η θερμική κίνηση των μορίων ενός υγρού έχει ως αποτέλεσμα τη διαφυγή κάποιων μορίων από την υγρή κατάσταση και τη μετάβασή τους στην αέρια. Στην κατάσταση ισορροπίας η πίεση που ασκείται στην επιφάνεια του υγρού από τα μόρια που βρίσκονται στην αέρια κατάσταση λέγεται **τάση ατμών** και είναι χαρακτηριστική φυσική σταθερά του υγρού στη δεδομένη θερμοκρασία.

Το σημείο ζέσεως μιας ουσίας είναι η θερμοκρασία στην οποία η τάση ατμών του υγρού γίνεται ίση με την εξωτερική πίεση. Όταν έχουμε ένα καθαρό υγρό τότε το σ.ζ. σε όλη τη διάρκεια της απόσταξης παραμένει σταθερό.

Στα ιδανικά διαλύματα δυο ουσιών A και B εκεί δηλαδή που οι διαμοριακές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του συστατικού A, οι διαμοριακές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του συστατικού B και οι διαμοριακές δυνάμεις μεταξύ των μορίων των συστατικών A και B είναι παραπλήσιες, ισχύει ο νόμος του Raoult που λέει ότι οι μερικές τάσεις των ατμών των συστατικών ενός διαλύματος, είναι ανάλογες με τα

μοριακά τους κλάσματα στο διάλυμα. Στην περίπτωση αυτή το σ.ζ. μεταβάλλεται κατά την απόσταξη και το απόσταγμα είναι εμπλουτισμένο στο πτητικότερο των δύο συστατικών. Το διάγραμμα της περιεκτικότητας υγρού-ατμού δίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Διάγραμμα περιεκτικότητας υγρού-ατμού

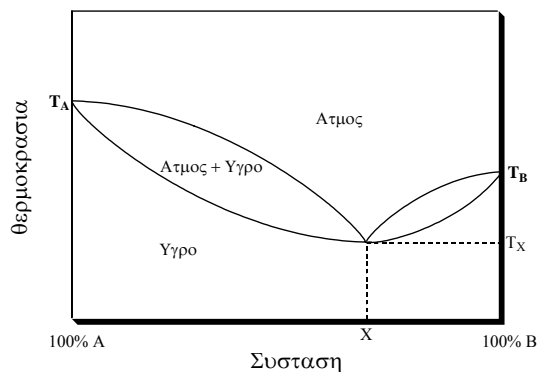
Τα σημεία ζέσεως των καθαρών συστατικών A και B είναι T_A και T_B αντίστοιχα. Στο διάγραμμα η κάτω καμπύλη δίνει το σ.ζ. διαφόρων μιγμάτων υγρών A και B. Έτσι αν έχουμε μίγμα των δύο συστατικών A και B εμπλουτισμένο στο B και με σύσταση X_1 το σ. ζ. του μίγματος θα είναι T_1 . Ο ατμός όμως μετά τη συμπύκνωση θα είναι θα έχει τη σύσταση X_2 θα είναι δηλ εμπλουτισμένος στο συστατικό A, ενώ το μίγμα που παραμένει στη φιάλη αποστάξεως θα είναι εμπλουτισμένο στο συστατικό B και θα έχει υψηλότερο σ. ζ. Εάν τώρα το κλάσμα X_2 το επαναποστάξουμε αυτό θα αποστάξει σε θερμοκρασία T_2 , ο δε ατμός μετά τη συμπύκνωση θα έχει σύσταση X_3 θα είναι ακόμη περισσότερο εμπλουτισμένος στο πτητικό συστατικό. Έτσι λοιπόν με διαδοχικές αποστάξεις μπορούμε να πετύχουμε πλήρη διαχωρισμό δύο υγρών.

Πρακτικά για να γίνει διαχωρισμός δύο υγρών με απλή απόσταξη θα πρέπει τα υγρά αυτά να παρουσιάζουν διαφορά στα σημεία ζέσεως τουλάχιστον 50 °C. Όταν οι πτητικότητες των δύο συστατικών δε διαφέρουν πολύ, δεν αρκεί μια απλή απόσταξη για το διαχωρισμό τους, αλλά απαιτείται η επανάληψη της διαδικασίας ή κλασματική απόσταξη.

Πολλές φορές όμως κάποια μίγματα αποκλίνουν θετικά ή αρνητικά από την ιδανική συμπεριφορά. Στην περίπτωση που έχουμε θετική απόκλιση, οι διαμοριακές δυνάμεις μεταξύ των A και B είναι ασθενέστερες από αυτές μεταξύ των μορίων του A και των μορίων του B, επομένως το σύστημα AB αποστάζει σε χαμηλότερη σταθερή θερμοκρασία (T_X) και με σταθερή σύσταση (X), μέχρις ότου παραμείνει ένα

συστατικό στο υγρό. Τα μίγματα αυτά λέγονται αζεοτροπικά και το διάγραμμά τους έχει τη μορφή του Σχήματος 2.

Σχήμα 2. Διάγραμμα περιεκτικότητας υγρού-ατμού αζεοτροπικού μίγματος ελάχιστου σ.ζ.



Αν η σύσταση του υγρού είναι μεταξύ 100% Α και Χ, τότε αποστάζει αζεοτροπικό μίγμα και παραμένει συστατικό Α στον αποστακτήρα. Αν είναι μεταξύ Χ και 100% Β, τότε αποστάζει πάλι αζεοτροπικό μίγμα και παραμένει συστατικό Β στον αποστακτήρα. Το αζεοτροπικό μίγμα πάντως δεν μπορεί ποτέ να διαχωριστεί στα συστατικά του με απόσταξη, παρά μόνο εφαρμόζοντας άλλες φυσικές ή χημικές μεθόδους.

Ένα τέτοιο μίγμα είναι το σύστημα αιθανόλης-νερού (95% σε αιθανόλη) που αποστάζει αζεοτροπικά στους 78 °C. Έτσι από την απόσταξη μιγμάτων αιθανόλης-νερού δεν μπορεί να ληφθεί 100% καθαρή (απόλυτη) αιθανόλη. Απόλυτη αιθανόλη λαμβάνεται με προσθήκη βενζολίου στην αιθανόλη 95% και απομάκρυνση του ύδατος με το πτητικό αζεοτροπικό μίγμα αιθανόλης-ύδατος-βενζολίου (σ.ζ. 65 °C).

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, το σ.ζ. είναι η θερμοκρασία κατά την οποία η τάση των ατμών του υγρού γίνεται ίση με την εξωτερική πίεση, και επομένως αυξάνεται όταν αυξάνεται η εξωτερική πίεση και μειώνεται όταν μειώνεται η εξωτερική πίεση. Για το λόγο αυτό το σ.ζ. δίνεται πάντα για μια ορισμένη πίεση.

Εκμεταλλευόμαστε την ιδιότητα αυτή στην περίπτωση οργανικών ενώσεων που δεν μπορούν να αποσταχθούν σε ατμοσφαιρική πίεση γιατί ζέουν σε υψηλή θερμοκρασία στην αποσυντίθενται. Για να ξεπεράσουμε το πρόβλημα αυτό εφαρμόζουμε την τεχνική της απόσταξης με ελαττωμένη πίεση. Δηλαδή με κάποια μηχανική αντλία ή υδραεραντλία ελαττώνουμε την πίεση, οπότε η ένωση αποστάζει σε πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τη μεταβολή του σ.ζ με την πίεση του νερού και του βενζολίου.

ΠΙΕΣΗ (mm Hg)	ΥΔΩΡ (°C)	BENZOLIO (°C)
780	100,7	81,2
770	100,4	80,8
760	100,0	80,1
750	99,6	79,9
740	98,9	79,5
584*	92,8	71,2

*Πόλη του Μεξικού, υψόμετρο 2310 m.

Απόσταξη με ελαττωμένη πίεση γίνεται και με το μηχάνημα που φαίνεται στην Εικόνα 1.

Εικόνα 1. Περιστροφικός εξατμιστής.

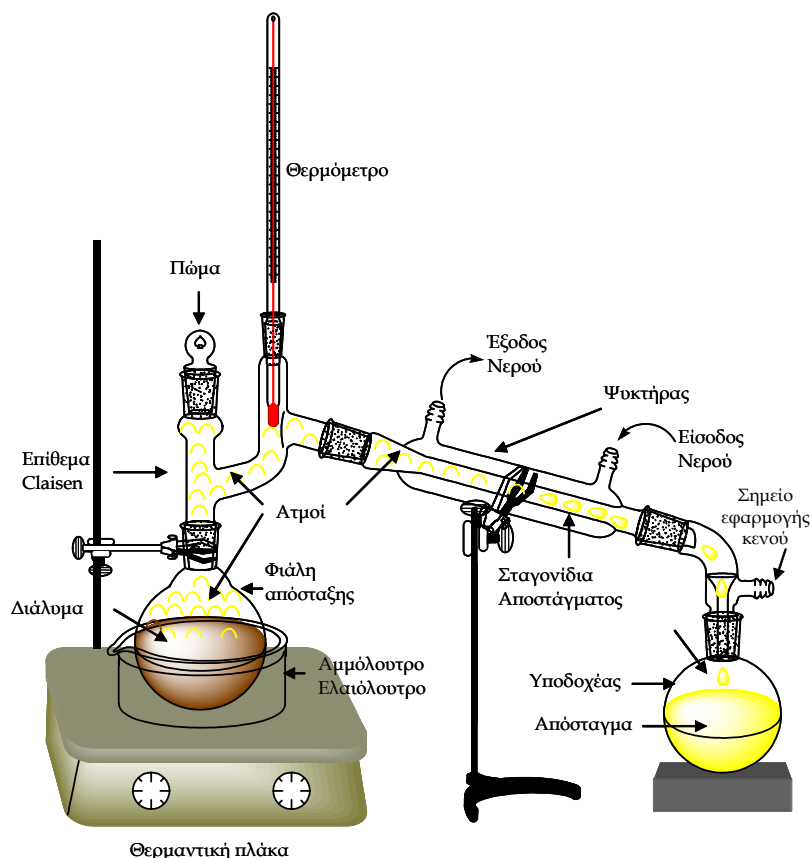


Ονομάζεται περιστροφικός εξατμιστής (rotary evaporator) και χρησιμοποιείται για να απομακρύνουμε διαλύτες που περιέχουν ουσίες που μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε. Η φιάλη με το διάλυμα προσδένεται στο κάτω άκρο του εξατμιστή, βυθίζεται σε υδατόλουτρο ή ελαιόλουτρο, και αφού εφαρμοστεί κενό και αρχίσει η περιστροφή της φιάλης αρχίζει και η ομοιόμορφη εξάτμιση του διαλύτη. Οι ατμοί του διαλύτη φτάνουν στον ψυκτήρα από τον οποίο περνά ψυχρό νερό, υγροποιούνται και συλλέγονται στο δοχείο συλλογής. Στη μορφή αυτή της

απόσταξης μας ενδιαφέρει η ουσία που μένει στη φιάλη υποδοχής και όχι το υγρό που συλλέγεται στο δοχείο συλλογής.

Πειραματική διάταξη απόσταξης

Πάνω σε θερμαντική πλάκα τοποθετείται λουτρό και μέσα στο λουτρό μια σφαιρική φιάλη που φέρει και το προς απόσταξη υγρό, Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Συσκευή απλής απόσταξης.

Η φιάλη δεν πρέπει να γεμίζεται πάνω από τα $\frac{2}{3}$ του όγκου της. Στη φιάλη προσαρμόζεται επιθέμα Claisen στη μια άκρη του οποίου τοποθετείται πώμα (μπορεί να προσαρμοστεί και άλλο σκεύος ανάλογα με το είδος της απόσταξης που πραγματοποιούμε) και στην άλλη ένα θερμόμετρο. Η λεκάνη του θερμομέτρου πρέπει να βρίσκεται στο σημείο εξόδου των ατμών για να δείχνει το σωστό σ.ζ.. Στο τελευταίο άκρο του επιθέματος έχουμε τοποθετήσει έναν ψυκτήρα μέσα στον οποίο συμπυκνώνονται οι ατμοί. Ακολουθεί επίθεμα υποδοχέα και η φιάλη στην οποία συλλέγεται το απόσταγμα. Στην περίπτωση που απαιτείται απλή απόσταξη με ελαττωμένη πίεση, εφαρμόζεται κενό στο σημείο που υποδεικνύεται στο Σχήμα 3.

Πριν από κάθε απόσταξη τοποθετείται μέσα στη φιάλη μια μικρή πέτρα από πορώδες υλικό που λέγεται πέτρα βρασμού. Όταν το υγρό θερμανθεί από την πέτρα βρασμού εκλύονται φυσαλίδες αέρα και έτσι αρχίζει ομαλά ο βρασμός. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μαγνητική ανάδευση.

Από τον ψυκτήρα περνάει νερό κατά τη φορά που φαίνεται στο Σχήμα 3, για να έχουμε βαθμιαία και όχι απότομη ψύξη του αερίου που θα είχε ως αποτέλεσμα τη συμπύκνωση μίγματος.

Κατά την απόσταξη παρατηρείται αρχικά μια ταχεία άνοδος της θερμοκρασίας μέχρις ότου πλησιάσει το σ.ζ. του υγρού. Στη συνέχεια με κάπως βραδύτερο ρυθμό φτάνει στο σ.ζ και παραμένει εκεί μέχρι να αποστάξει όλο το υγρό. Το εύρος δε του σ.ζ. ενός καθαρού υγρού είναι 2-3 °C. Εάν παρατηρείται μια βαθμιαία άνοδος αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία της απόσταξης δεν είναι αποτελεσματική και θα πρέπει ίσως να χρησιμοποιηθεί κλασματική στήλη.

Τέλος, στην απόσταξη ΠΟΤΕ δε χρησιμοποιούμε κλειστά συστήματα για την αποφυγή έκρηξης από την αύξηση της πίεσης. Επίσης ποτέ δεν αποστάζουμε μέχρι ξηρού και ελέγχεται η θερμική σταθερότητα των ενώσεων καθώς και η πιθανότητα σχηματισμού υπεροξειδίων σε διαλύτες όπως ο αιθέρας, γιατί είναι εκρηκτικά.

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Με τον όρο ταυτοποίηση εννοούμε τη διευκρίνιση της δομής μιας οργανικής ένωσης, δηλαδή τον απόλυτο προσδιορισμό των δομικών συστατικών της καθώς και της σειράς με την οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους στο χώρο.

Υπάρχουν δύο τρόποι ταυτοποίησης:

A) Η ουσία είναι γνωστή στη βιβλιογραφία, οπότε η ταυτοποίηση έγκειται στη σύγκριση των φυσικοχημικών της σταθερών με αυτά της βιβλιογραφίας.

B) Η ουσία είναι άγνωστη, οπότε συλλέγονται όλες οι φυσικοχημικές της σταθερές, και προσδιορίζεται η δομή της με βάση αυτές τις σταθερές. Τα στοιχεία αυτά καταχωρούνται στη συνέχεια στη βιβλιογραφία και η ένωση πλέον θεωρείται γνωστή και εμπίπτει στην κατηγορία A.

Η ταυτοποίηση των οργανικών ενώσεων μπορεί να γίνει με φυσικοχημική ή χημική μεθοδολογία (μέτρηση φυσικών σταθερών -σ.τ., σ.ζ., γωνία στροφής, δείκτης διάθλασης, πυκνότητα-, ή χημική ανάλυση χαρακτηριστικών ομάδων) ή με συνδυασμό αυτών. Σήμερα τη μεγαλύτερη βαρύτητα έχουν οι φασματοσκοπικές μέθοδοι, η ακρίβεια των οποίων είναι αδιαμφισβήτητη.

Διάκριση μεταξύ αλδεϋδικού, κετονικού και εστερικού καρβονυλίου

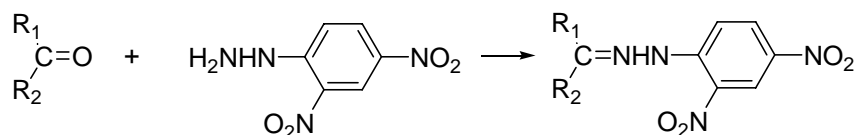
Οι αλδεΐδες και οι κετόνες είναι δύο τάξεις οργανικών ενώσεων ισομερείς μεταξύ τους. Φασματοσκοπικά μπορούν να διακριθούν πολύ εύκολα με το φάσμα πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού όπου το αλδεϋδικό πρωτόνιο απορροφά σε τιμή δ 9-10 ppm. Στο φάσμα υπερέθρου δεν είναι εύκολη η διάκριση καθώς και οι κετονικοί αλλά και οι αλδεϋδικοί καρβονυλικοί δεσμοί απορροφούν στα 1680-1750 cm^{-1} . Η δόνηση του δεσμού C-H του αλδεϋδικού πρωτονίου πάντως εμφανίζεται περίπου στα 2800-2700 cm^{-1} .

Βέβαια, δεν είναι πάντα εύκολο να χρησιμοποιούμε τα φάσματα των ενώσεων καθώς η πρόσβαση στα φασματόμετρα δεν είναι πάντα δυνατή. Γι' αυτό και η χρησιμότητα των χημικών και αναλυτικών μεθόδων είναι μεγάλη, ιδιαίτερα των

απλών αντιδράσεων που με την εμφάνιση ενός χαρακτηριστικού χρώματος μας δίνουν την απάντηση στο πρόβλημά μας.

Διάκριση του εστέρα από τις αλδεΐδες και τις κετόνες

Οι αλδεΐδες και τις κετόνες δίνουν θετική αντίδραση με τη 2,4-δινιτρο-φαιλυδραζίνη, σχηματίζοντας τις αντίστοιχες 2,4-δινιτρο-φαιλυδραζόνες. Οι εστέρες δεν δίνουν την αντίδραση αυτή.

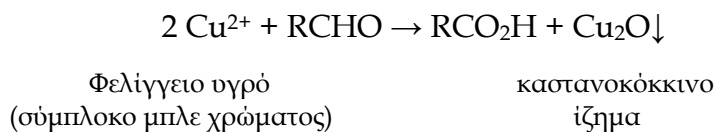


Σχήμα 1. Αντίδραση καρβονυλικής ένωσης με 2,4-δινιτρο-φαιλυδραζίνη δίνει πορτοκαλοκόκκινο ίζημα ή λάδι.

Το διάλυμα της 2,4-δινιτρο-φαιλυδραζίνης παρασκευάζεται με διάλυση 3 g της ουσίας σε 15 ml π. H₂SO₄, προσθήκη του διαλύματος με ανάδευση σε 20 ml ύδατος και 70 ml αιθανόλης και διήθηση του τελικού μίγματος.

Διάκριση αλδεϋδών και κετονών με φελίγγειο υγρό (αντιδραστήριο Fehling)

Οι αλδεΐδες ανάγουν τα ιόντα δισθενούς χαλκού που περιέχονται στο φελίγγειο υγρό προς οξείδιο του μονοσθενούς χαλκού, ενώ οι κετόνες δεν δίνουν τη χαρακτηριστική αυτή αντίδραση.

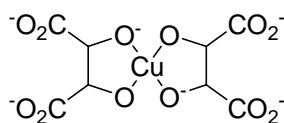


Σχήμα 2. Αντίδραση αλδεΐδης με φελίγγειο υγρό.

Οι αλειφατικές αλδεΐδες δίνουν θετική αντίδραση με το φελίγγειο υγρό, τα αποτελέσματα όμως είναι συχνά ασαφή για τις αρωματικές αλδεΐδες.

Το τρυγικό καλιονάτριο ή άλας Seignette χρησιμοποιείται στην παρασκευή του αντιδραστήριου Fehling που προκύπτει κατά την ανάμιξη διαλύματος CuSO₄ και αλκαλικού διαλύματος άλατος Seignette. Το αντιδραστήριο Fehling έχει δομή

χηλικού συμπλόκου και ο Cu^{2+} ανάγεται εύκολα σε Cu^{1+} από ευοξειδωτες ενώσεις οπότε καταβυθίζεται κόκκινο ίζημα Cu_2O .



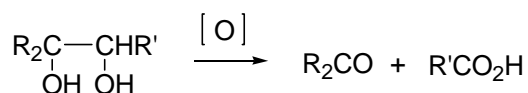
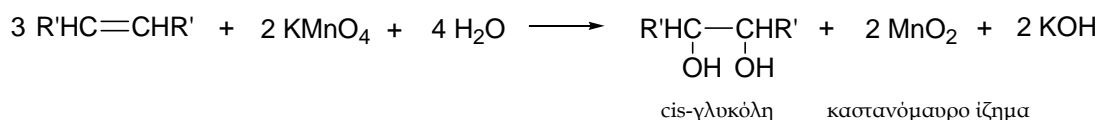
Σχήμα 3. Αντιδραστήριο Fehling.

Το φελίγγειο υγρό παρασκευάζεται αμέσως πριν από τη χρήση του με ανάμειξη ίσων όγκων διαλυμάτων Α και Β που φυλάσσονται χωριστά και σε καλά πωματισμένες φιάλες. Το διάλυμα Α προκύπτει με διάλυση 34.6 g διοθενούς θειϊκού χαλκού σε νερό που περιέχει λίγες σταγόνες αραιού θειϊκού οξέος και μέχρι όγκου 500 ml. Το διάλυμα Β προκύπτει με διάλυση 60 g καθαρού καυστικού νατρίου και 173 g καθαρού τρυγικού καλιονατρίου σε νερό, διήθηση και αραιώση του διηθήματος και των εκπιυμάτων μέχρι όγκου 500 ml.

Ανίχνευση διπλού και τριπλού δεσμού

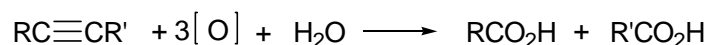
(Αντίδραση Bayer, δοκιμή με υπερμαγγανικό κάλιο)

Ένα διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου αποχρωματίζεται παρουσία ακόρεστων ενώσεων με διπλό ή τριπλό δεσμό. Το κύριο προϊόν που προκύπτει από την αντίδραση μιας ολεφίνης με το εν λόγω διάλυμα στη συνήθη θερμοκρασία είναι η *cis*-γλυκόλη. Με θέρμανση του μίγματος της αντίδρασης λαμβάνει χώρα περαιτέρω οξείδωση, με αποτέλεσμα τη διάσπαση του δεσμού C-C στη θέση που βρίσκονταν αρχικά ο πολλαπλός δεσμός. Τα προϊόντα είναι καρβοξυλικά οξέα ή/ κετόνες.



Σχήμα 4. Αντίδραση αλκενίων με υπερμαγγανικό κάλιο, και περαιτέρω οξείδωση της διόλης.

Από τα αλκίνια προκύπτουν με οξείδωση καρβοξυλικά οξέα.



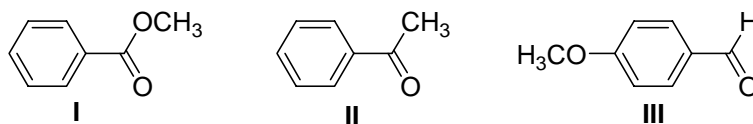
Σχήμα 5. Οξείδωση αλκινίων.

Η ταχύτητα με την οποία το διάλυμα του υπερμαγγανικού καλίου αποχρωματίζεται εξαρτάται από τη διαλυτότητα της ακόρεστης ένωσης. Ενώσεις δυσδιάλυτες πρέπει να κονιοποιούνται και να ανακινούνται ώστε να διαλυθούν ή να διαλύονται σε διαλύτη που δεν αντιδρά με το υπερμαγγανικό κάλιο. Παρόλο που η αντίδραση Bayer για την ανίχνευση της ακορεστότητας είναι προτιμότερη από αυτή με το βρώμιο, εμφανίζει περιπλοκές. Έτσι το διάλυμα του KMnO_4 αποχρωματίζεται από όλες τις ευοξειδωτές ενώσεις, όπως αλδεΐδες, φαινόλες ή ορισμένες θειούχες ενώσεις, όπως μερκαπτάνες, στις οποίες το θείο βρίσκεται στην ανηγμένη κατάσταση. Επίσης από το υπερμαγγανικό κάλιο οξειδώνονται και οι αλκοόλες, αλλά σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Πειραματική διαδικασία

Διάκριση μεταξύ αλδεϋδικού, κετονικού και εστερικού καρβονυλίου

Οι ουσίες που θα διακριθούν μεταξύ τους είναι ο βενζοϊκός μεθυλεστέρας (I), η ακετοφαινόνη (II) και η π-ανισαλδεϋδη (III).



Σχήμα 6. Συντακτικοί Τύποι των καρβονυλικών ενώσεων που πρόκειται να ανιχνευτούν.

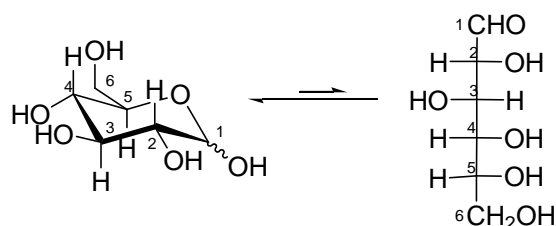
Σε τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες τοποθετήστε από λίγα mg ή λίγες σταγόνες των ουσιών A, B και Γ που είναι εστέρας, αλδεΐδη ή κετόνη και τα διαλύετε σε 2 ml αιθανόλης. Στη συνέχεια προσθέτετε 3 ml του αντιδραστήριου της 2,4-δινιτροφαινυλδραζίνης, αναταράσσετε ισχυρά το μίγμα και το αφήνετε να παραμείνει. Εμφάνιση κίτρινου ή πορτοκαλί ιζήματος ή ελαιώδους στοιβάδας δείχνει παρουσία καρβονυλίου.

Εφόσον έχετε διαπιστώσει σε ποιους δοκιμαστικούς σωλήνες είναι η αλδεΐδη και η κετόνη, τοποθετείτε νέα δείγματα τους (πλην του εστέρα) σε νέους δοκιμαστικούς σωλήνες και κάνετε τη δοκιμή με το φελίγγειο υγρό για να

διαπιστώσετε ποιο δείγμα είναι η αλδεΐδη και ποιο η κετόνη. Έτσι, δυο σταγόνες ή 50 mg στερεής ουσίας προστίθενται σε 2-3 ml φελίγγειου υγρού και το μίγμα θερμαίνεται σε ζέον υδρόλουτρο για 3-4 min. Η αποβολή κόκκινου ή κίτρινου οξειδίου του μονοσθενούς χαλκού είναι το θετικό αποτέλεσμα της αντίδρασης για τις αλδεΐδες.

Ανίχνευση σακχάρων (ανάγοντα και μη) με φελίγγειο υγρό

Τα σάκχαρα είναι πολυ-υδροξυλιωμένες ενώσεις με μια αλδεϋδομάδα στο τελικό τους άκρο. Βρίσκονται σε ισορροπία με την ετεροκυκλική τους μορφή μετά από την ενδομοριακή ημιακεταλική σύνδεση του καρβονυλίου με ένα OH, κυρίως εκείνο του C-5, Σχήμα 7. Παρόλο που συνήθως τα σάκχαρα βρίσκονται σε διαλύματα με την ημιακεταλική τους μορφή και για αυτό το λόγο δεν δίνουν στα φάσματα IR και NMR τις χαρακτηριστικές απορροφήσεις των αλδεϋδών. Μπορούν όμως να δώσουν αντιδράσεις από το αλδεϋδικό τους καρβονύλιο και την ανοιχτή μορφή που βρίσκεται σε μικρότερο ποσοστό στο διάλυμα. Με βάση το νόμο της δράσης των μαζών, καθώς η αλδεΐδη καταναλώνεται, για να διατηρηθεί η συγκέντρωσή της στο διάλυμα, θα πρέπει η ισορροπία να μετατοπιστεί προς τα δεξιά. Έτσι λοιπόν, μπορεί όλη η ποσότητα της αλδεΐδης να καταναλωθεί σε μια αντίδραση. Αυτή ακριβώς την ιδιότητα εκμεταλλευόμαστε και για την ανίχνευση των σακχάρων.



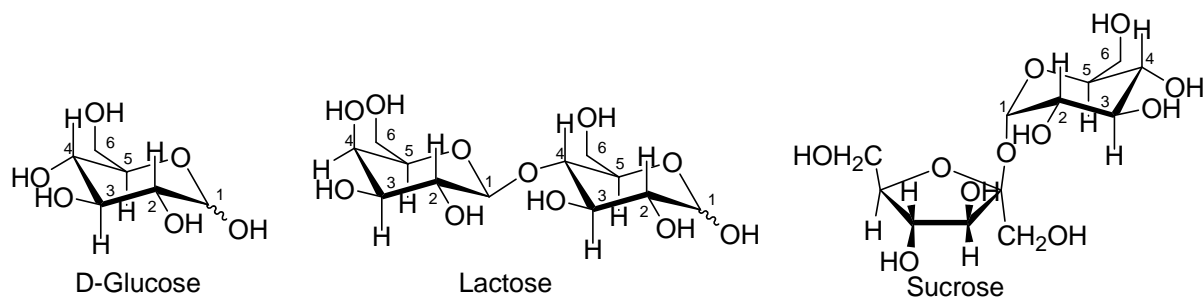
Σχήμα 7. Ημιακεταλική και υδροξυ-καρβονυλική μορφή των σακχάρων (D-γλυκόζη).

Οι μονοσακχαρίτες σαν α-υδροξυ-καρβονυλικές ενώσεις παρουσιάζουν αναγωγικές ιδιότητες. Ανάγουν το δισθενή χαλκό σε μονοσθενή και δίνουν χαρακτηριστικό καστανοκόκκινο ίζημα του Cu_2O (Δες Σχήμα 2).

Οι δισακχαρίτες εάν έχουν ελεύθερο ημιακεταλικό υδροξύλιο παρουσιάζουν και αυτοί αναγωγικές ιδιότητες. Υπάρχουν δύο είδη δισακχαριτών: α) αυτοί που για

το σχηματισμό τους, με απόσπαση νερού, έχουν χρησιμοποιήσει ο ένας το ημιακεταλικό υδροξύλιο και ο άλλος ένα οποιοδήποτε άλλο υδροξύλιο πλην του ημιακεταλικού και β) αυτοί που για το σχηματισμό τους έχουν χρησιμοποιήσει τα ημιακεταλικά τους υδροξύλια. Στην περίπτωση α) χαρακτηρίζονται ως ανάγοντα σάκχαρα και δίνουν θετική αντίδραση με το φελίγγειο υγρό, ενώ στην περίπτωση β) χαρακτηρίζονται ως μη ανάγοντα σάκχαρα και δεν δίνουν θετική αντίδραση με το φελίγγειο υγρό.

Για τη διεξαγωγή του πειράματος αυτού, θα ρίξετε σε τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες από 10 σταγόνες των ουσιών Δ, Ε και Ζ που αντιστοιχούν σε μια ένα από τα διαλύματα συγκέντρωσης 0.1 Μ: γλυκόζη, λακτόζη (β-D-γαλακτοπυρανοζυλο-1,4-α,β-D-γαλακτοπυρανοζιτης) και σακχαρόζη (α-D-γλυκοπυρανοζυλο-1,2-β-D-φρουκτοφουρανοζιτης), Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Δομή των D-γλυκόζης, λακτόζης και σακχαρόζης.

Στη συνέχεια θα προσθέσετε από 2 ml αντιδραστηρίου Fehling σε κάθε έναν από τους τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες. Αφού θερμάνετε σε υδρόλουτρο θα παρατηρήσετε τα αποτελέσματα. Βρείτε σε ποιο σωλήνα είναι τα ανάγοντα σάκχαρο και σε ποιο το μη ανάγον.

Ανίχνευση διπλού δεσμού

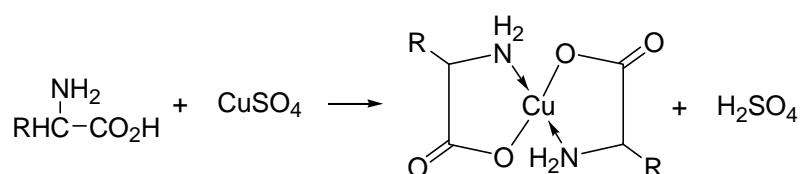
Για τη διεξαγωγή του πειράματος αυτού, σε 2 ml νερού ή καθαρής ακετόνης (που δεν δίνει θετική αντίδραση με το υπερμαγγανικό κάλιο) θα διαλύσετε 200 mg ή 4 σταγόνες εξανίου-1. Σε ένα δεύτερο δοκιμαστικό σωλήνα θα διαλύσετε σε 2 ml ακετόνης 4 σταγόνες εξανίου. Στη συνέχεια θα προσθέσετε διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου 2% κατά σταγόνες με ανάδευση. Αν με την προσθήκη της πρώτης σταγόνας το διάλυμα αποχρωματιστεί, η προσθήκη κατά σταγόνες συνεχίζεται έως ότου το πορφυροϊώδες χρώμα του υπερμαγγανικού καλίου παραμένει. Η ανίχνευση είναι

θετική αν αποχρωματιστεί περισσότερες από 3 σταγόνες αντιδραστήριου σε 1 min. Αποχρωματισμός λιγότερων σταγόνων πιθανότερα οφείλεται σε προσμίξεις.

Ανίχνευση α-αμινοξέων με σχηματισμό συμπλόκων του διοθενούς χαλκού

Τα α-αμινοξέα είναι συνήθως ενώσεις διαλυτές στο νερό και αδιάλυτες σε οργανικούς διαλύτες, όπως αιθέρας ή βενζόλιο και ελάχιστα διαλυτές σε αιθανόλη. Δεν έχουν σαφή σημεία τήξης και θερμαινόμενα στους 120-300 °C διασπώνται. Ανιχνεύονται με διάφορες χρωστικές αντιδράσεις, όπως η αντίδραση νινυδρίνης ή ο σχηματισμός συμπλόκων του διοθενούς χαλκού.

Ειδικά με τα α-αμινοξέα τα ιόντα διοθενούς χαλκού σχηματίζουν ενώσεις συναρμογής, έντονα χρωματισμένες.



Σχήμα 9. Αντίδραση α-αμινοξέος με θειϊκό χαλκό.

Για τη διεξαγωγή του πειράματος αυτού, σε δύο μικρούς δοκιμαστικούς σωλήνες θα τοποθετήσετε δύο ουσίες Η και Θ που αντιστοιχούν σε NaCl ή γλυκίνης. Στον καθένα από αυτούς θα προσθέσετε σταγόνες υδατικού θειικού χαλκού (II). Η εμφάνιση κυανού χρώματος αποτελεί ένδειξη της παρουσίας α-αμινοξέος, οπότε αναγνωρίζεται ποια από τις ουσίες Η ή Θ είναι το αμινοξύ.

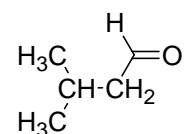
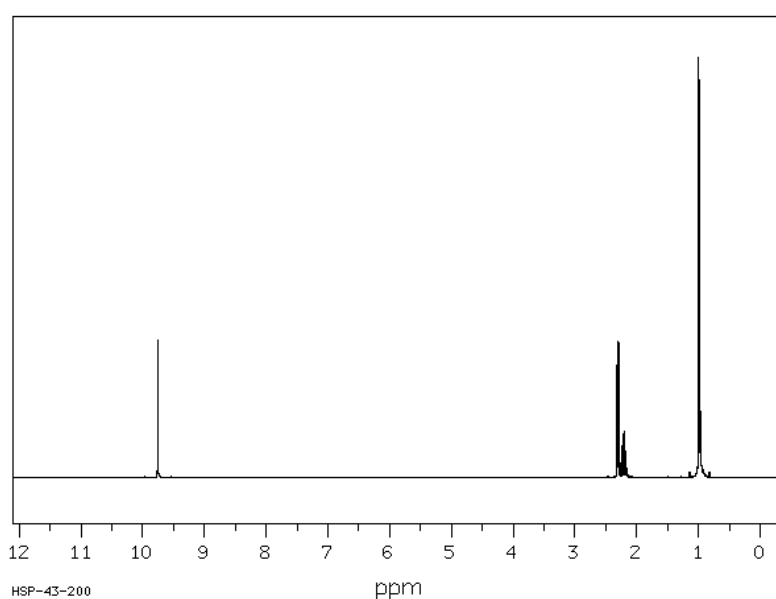
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Ερωτήσεις

1. Ποιος είναι ο χημικός τύπος του τρυγικού καλιο-νατρίου;
2. Ποιο από τα δείγματα Α, Β, και Γ είναι ο εστέρας, η αλδεΐδη και η κετόνη;
3. Ποια από τα τρία σάκχαρα Δ, Ε και Ζ που χρησιμοποιήσατε έδωσε θετική αντίδραση με το φελίγγειο υγρό; Ποιό είναι ανάγον και ποιό μη ανάγον σάκχαρο;
4. Ποια είναι τα προϊόντα της οξειδωσης του εξενίου-1 με το υπερμαγγανικό κάλιο;
5. Ποιο από τα Η και Θ ήταν το NaCl και η γλυκίνη;
6. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται το φάσμα NMR της ισοβαλεριανικής αλδεΐδης. Τα Α, Β, C, D και Ε αντιστοιχούν σε υδρογόνα της ένωσης, ενώ οι αριθμοί αντιστοιχούν στην απορρόφηση που οι δομικές αυτές μονάδες εμφανίζουν στο φάσμα, σε μονάδες ppm. Εντοπίστε στο φάσμα και στο μοριακό τύπο τις δομικές μονάδες Α, D και Ε. Εξηγήστε τις πολλαπλότητες που αναμένετε.



A 9.756

B 2.32

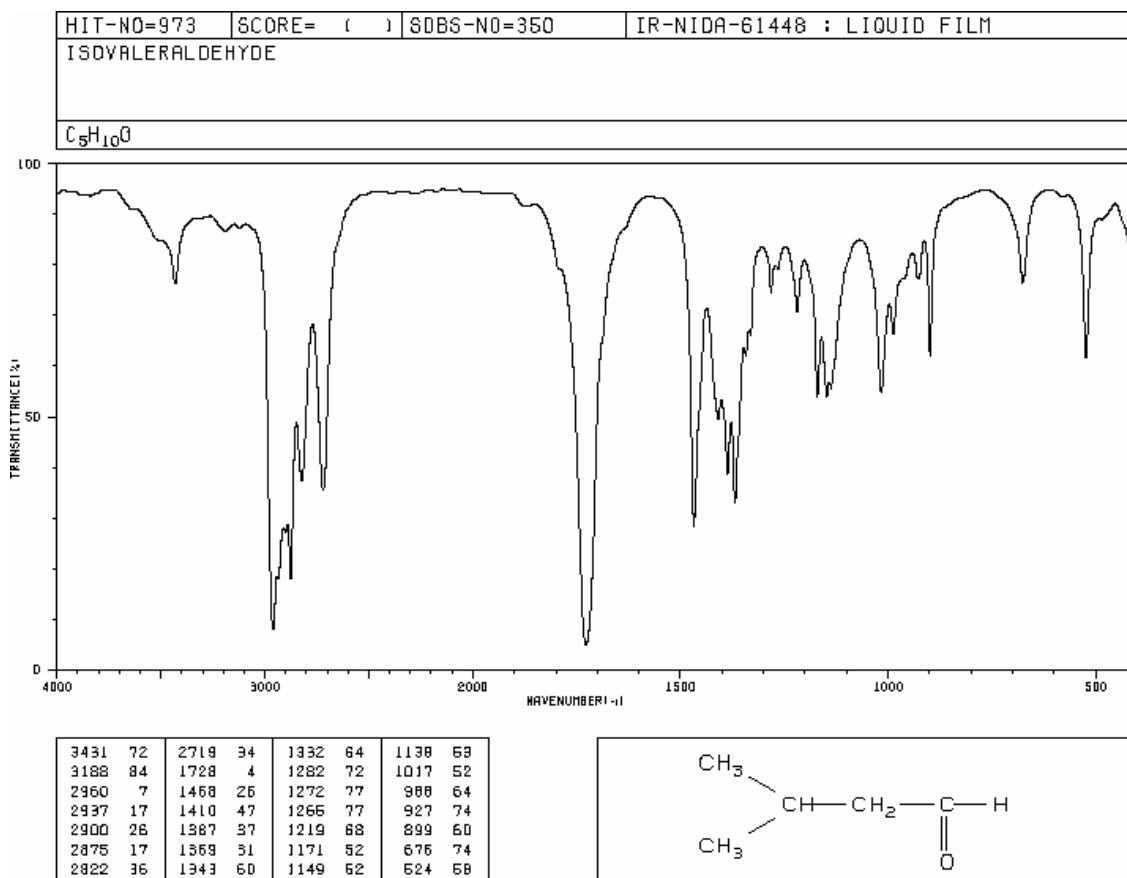
C 2.29

D 2.21

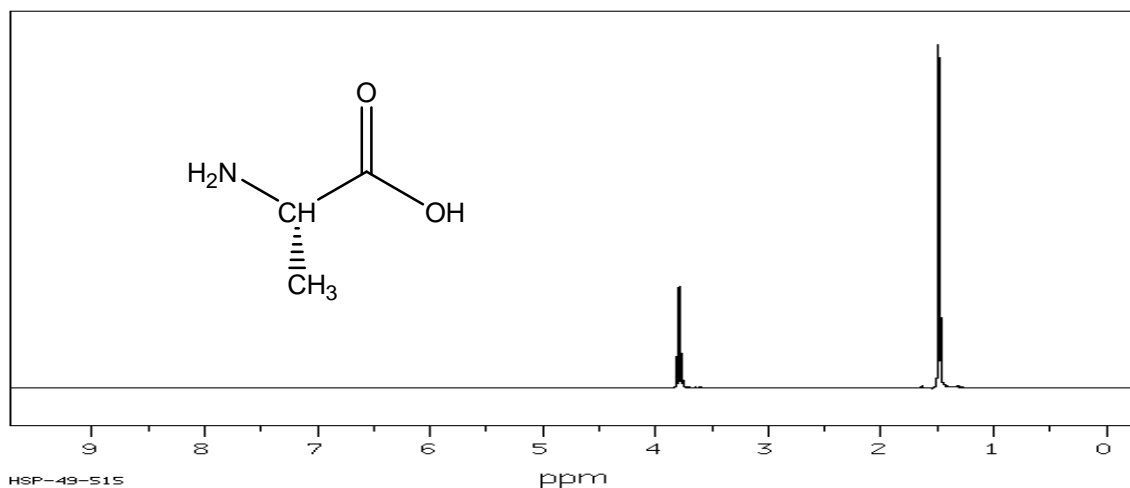
E 0.986

$J(\text{A,B})=J(\text{A,C})=2.1\text{Hz}$

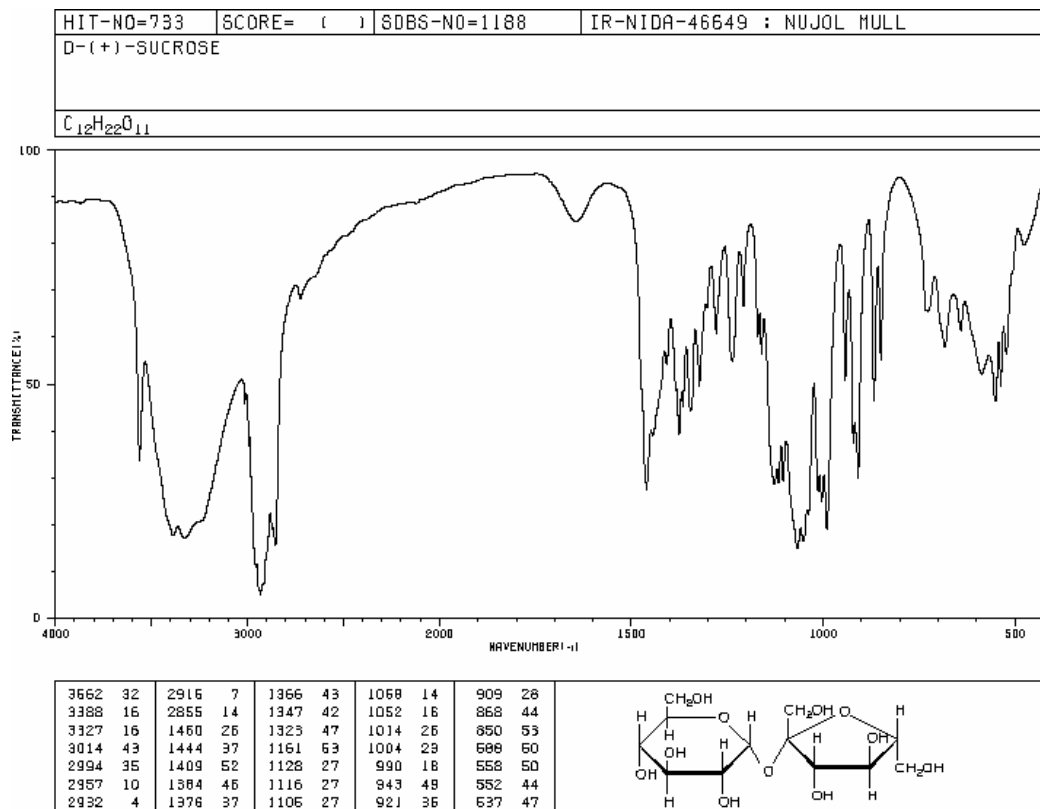
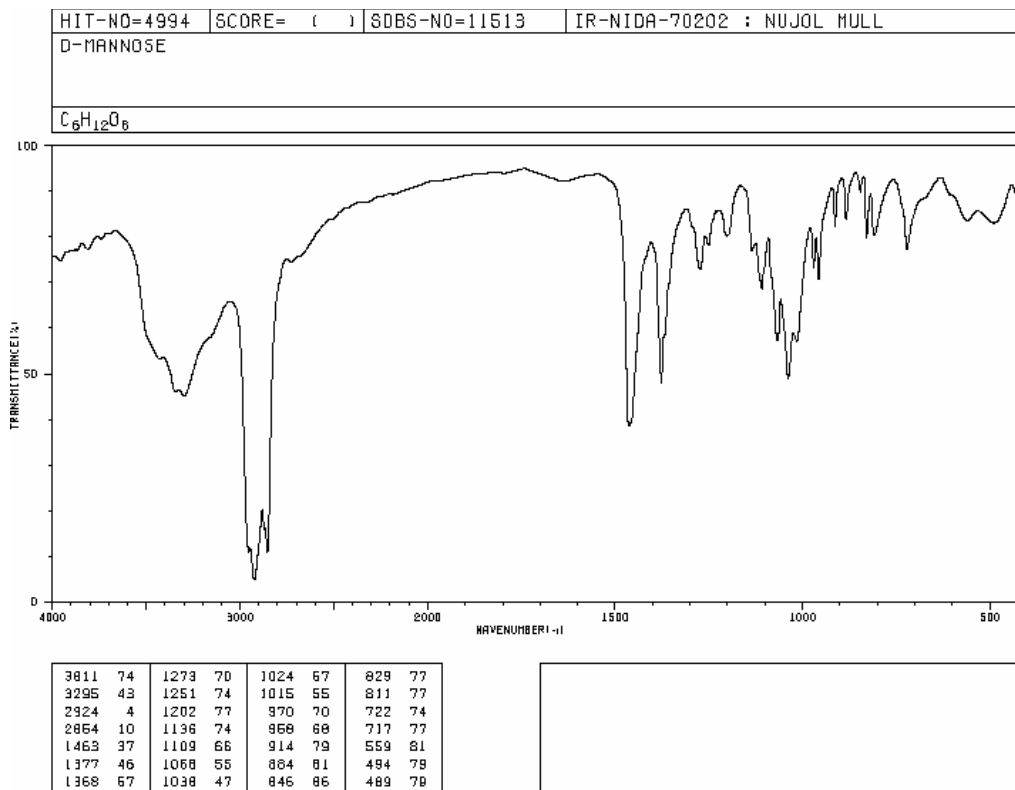
7. Εντοπίστε στο παρακάτω φάσμα IR της ισοβαλεριανικής αλδεΐδης τις απορροφήσεις που οφείλονται στη φορμυλο-ομάδα.



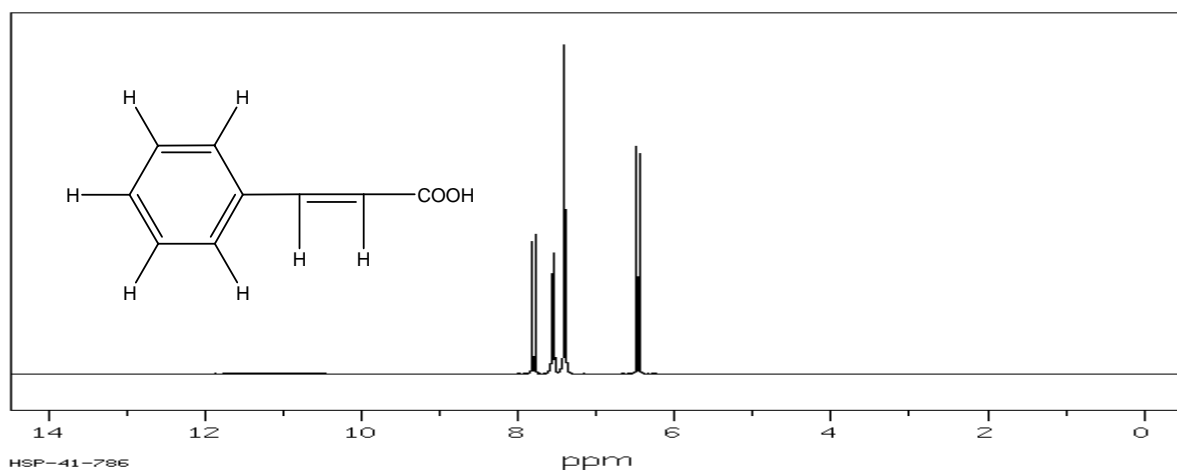
8. Στο φάσμα NMR της L-αλανίνης διακρίνουμε τα υδρογόνα που είναι ενωμένα με άνθρακα στις περιοχές 3.787 και 1.482 ppm για τα A και B αντίστοιχα. Α) Τοποθετήστε τα A και B στο σχήμα. Β) Βρείτε και εξηγήστε συνοπτικά τις πολλαπλότητες που αναμένετε στο φάσμα για τα A και B πρωτόνια.



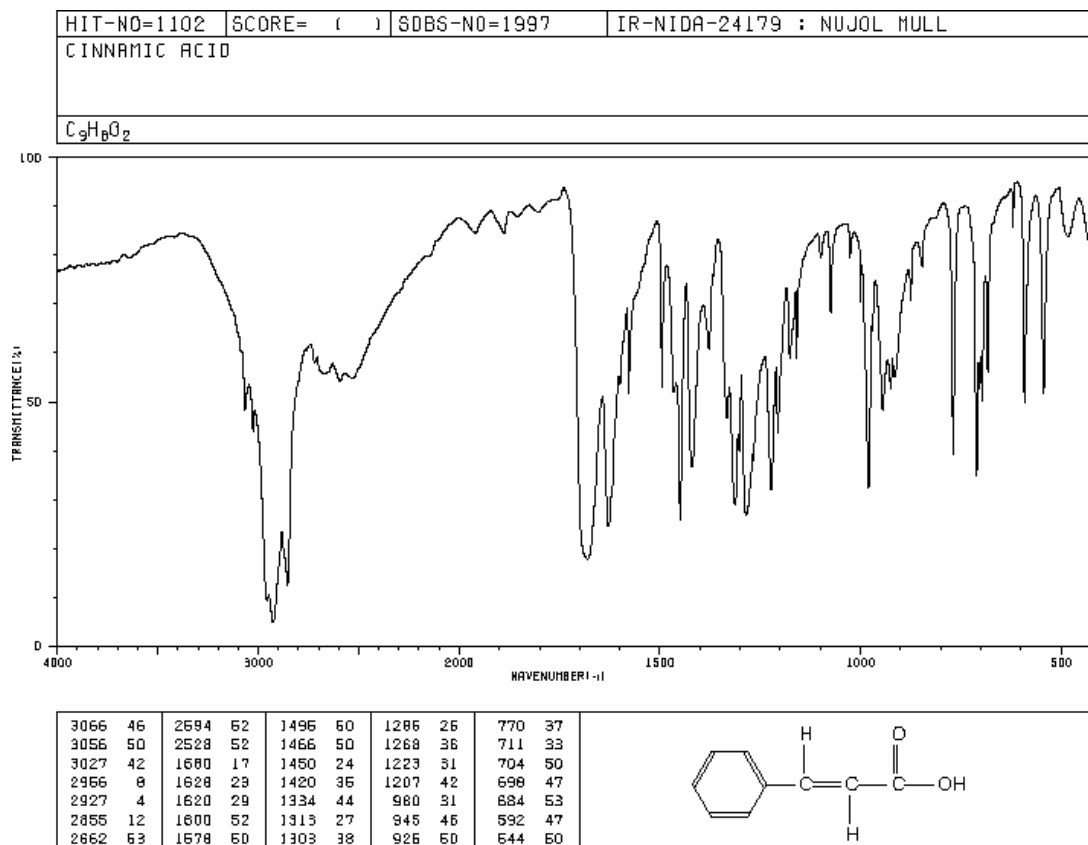
9. Παρακάτω δίνονται τα φάσματα IR της D-μαννόζης και της D-σοουκρόζης. Το πρώτο είναι ανάγον σάκχαρο ενώ το δεύτερο όχι. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί δε βλέπετε καρβονυλική ομάδα στην χαρακτηριστική περιοχή και στα δύο φάσματα; Πού βλέπετε τις απορροφήσεις των υδροξυλίων στα φάσματα;



10. Παρακάτω, δίνεται το φάσμα NMR του κινναμωμικού οξέος. Α) Τα υδρογόνα Α και Β απορροφούν σε μια από τις περιοχές 7.806 ή 6.465 ppm και δεν είναι αρωματικά. Υποδείξτε ποιο είναι το υδρογόνο Α και ποιο το Β. Β) Ποιά είναι η στεreoχημεία του οξέος αν δίνεται $J(A,B)=16.1$ Hz. Γ) Τι θα περιμένατε για το J αν η στεreoχημεία του οξέος ήταν η αντίθετη;



11. Στο φάσμα IR του κινναμωμικού οξέος να βρείτε την απορρόφηση του καρβονυλίου του οξέος. Που οφείλεται η σχετική απόκλιση του σε σχέση με την απορρόφηση των απλών οξέων που εμφανίζεται στα 1710-1780 cm^{-1} ;



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία και Αναφορές Περιοδικών

1. E. B. Segal, *A tribute to Warren K. Kingsley: His role in the evolution of chemical safety training at J. T. Baker*, Chem. Health & Safety, Nov./Dec. 2005, 1-5.
2. Χημικά Χρονικά, 5-6, 2004, 56-57.
3. Περικλής Ακριβός, Πέτρος Καραγιαννίδης, *Εργαστηριακές Ασκήσεις Γενικής & Ανόργανης Χημείας*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1999.
4. M. E. Cournoyer, M. M. Maestas, D. R. Porterfield, P. Spink, *Chemical inventory management: The key to controlling hazardous materials*, Chem. Health & Safety, Sept./Oct. 2005, 15-20.
5. Χαράλαμπος Περδίκης, *Βασικά μέτρα ασφάλειας εναποθήκευσης χημικών ουσιών και φιαλών αερίων*, Χημικά χρονικά, 1, Ιαν. 2006, σελ 14.
6. Ν. Αργυρόπουλος, Ε. Βαρέλλα, Ε. Κουτούλη-Αργυροπούλου, Κ. Λίτινας, Ε. Μαλαμίδου-Ξενικάκη, Α. Μαρούλης, Σ. Σπυρούδης, Κ. Τσολερίδης, Κ. Χατζηαντωνίου-Μαρούλη, Φ. Χατζημιχαλάκης. «Σημειώσεις Πειραματικής Οργανικής Χημείας, Α. Γενικό μέρος», Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α. Π. Θ., 1997.
7. R. de Pasquale, V. Silvari, M. Barbaro, S. Catania, *In vitro evaluation of oxidative damage from organic solvent vapours on human skin*, Toxicology in Vitro, 2005, in press.
8. W. E. Luttrell, *Toxic Tips: Sulfuric acid*, Chem. Health & Safety, Jan./Feb. 2003, p. 40.
9. W. E. Luttrell, *Toxic Tips: Ammonia*, Chem. Health & Safety, May/June 2002, p. 30.
10. Α. Βάρβογλης, *Πορτρέτα των χημικών στοιχείων*, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, 2001.
11. D. J. Eustace, M. Walters, S. Riley, M. Anderson, *Practical assessment of mercury exposure, contamination and clean-up*, Chem. Health & Safety, May/June 2004, 16-23.
12. M. Walters, S. Riley, M. Anderson, *Practical assessment of mercury exposure, contamination and clean-up*, Chem. Health & Safety, May/June 2004, 16-23.
13. A. Cebulska-Wasilewska, A. Panek, Z. Zabiński, P. Moszczyński, W. W. Au, *Occupational Exposure to mercury vapour on genotoxicity and DNA repair*, Mutation Research, 586, 2005, 102-114.
14. A. Santoro, *Mercury spill decontamination incident at the Rockefeller University*, Chem. Health & Safety, May/June 2005, 1-8.

15. W. E. Luttrell, *Toxic Tips: Sodium Hydroxide*, Chemical Health & Safety, July/August 2003, p. 28.
16. W. E. Luttrell, *Toxic Tips: Hydrochloric acid*, Chemical Health & Safety, July/August 2001, p. 30.
17. W. E. Luttrell, *Toxic Tips: Phenol*, Chem. Health & Safety, Sept./Octob. 2003, p. 20.
18. W. E. Luttrell, *Toxic Tips: Formaldehyde*, Chem. Health & Saf., May/June 2003, p. 29.
19. W. E. Luttrell, *Toxic Tips: Chloroform*, Chem. Health & Safety, May/June 2005, p. 36.
20. Π. Ακρίβος, Γ. Μανουσάκης, Χρ. Μπόλος, Π. Παπαστεφάνου, Α. Συγκολλίτου-Κουράκου, Χ. Χατζηκώστας. «Εργαστηριακές Ασκήσεις Γενικής Ανόργανης Χημείας», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2000.
21. Δ. Ν. Νικολαΐδης, «Οργανική Χημεία», Μέρος Πρώτο, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1990.
22. Γ. Μανουσάκης, «Γενική και Ανόργανη Χημεία», Εκδόσεις Αδ. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 1999.
23. Ε. Κουτούλη-Αργυροπούλου, Κ. Χατζηαντωνίου-Μαρούλη. «Εργαστηριακές Σημειώσεις Οργανικής Χημείας», Θεσσαλονίκη 1992, Α.Π.Θ., Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.
24. Α. Γερονικάκη, Β. Ι. Δημόπουλος, Π. Ν. Κουρουνάκης, Ε. Α. Ρέκκα, Δ. Χατζηπαύλου-Λίτινα. «Φαρμακοχημεία: Εργαστηριακές Ασκήσεις», Θεσσαλονίκη 1996, Α. Π. Θ., Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.

Αναφορές από το διαδίκτυο

25. <http://www.uwec.edu/piercech/disaster/chemicals.htm>
26. <http://oxy-wax.co.uk/>
27. <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/introduc.htm>
28. <http://www.itcilo.it/english/actrav/telearn/osh/kemi/chemicaa.htm>
29. <http://www.bonestamp.com/sgt/T-Shirts/Periodic%20Table%20of%20the%20Elements%20Example.jpg>
30. <http://www.csun.edu/~psk17793/G%20Chemistry/periodic-table-fix.jpg>
31. http://www.physique.enscachan.fr/files/dataphysique/sublimation_iode.jpg
32. <http://www.chemheritage.org/EducationalServices/pharm/antibiot/activity/distil.htm>
33. <http://www.reptox.csst.qc.ca/Documents/SIMDUT/GuideAng/Htm/GuideAng07.htm>

34. <http://www.bioc.cam.ac.uk/images/labcoat.jpg>
35. <http://www.ehs.washington.edu/psotrain/hazwaste/chapter3/oldchemicals.jpg>
36. <http://www.panamenvironmental.com/pics/bigstorage.jpg>
37. <http://www.corrosion-doctors.org/Acids/Sulfuric.htm>
38. <http://ethylalcohol.quickseek.com/>
39. http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/ET/ethyl_alcohol.html
40. <http://i50.photobucket.com/albums/f327/jackgreen7/ETHANOL.jpg>
41. http://en.wikipedia.org/wiki/Ethylene_oxide
42. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/ET/ethylene_oxide.html
43. <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg016.htm>
44. <http://propanone.quickseek.com/>
45. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/PR/propanone.html>
46. <http://rais.ornl.gov/tox/profiles/acetone.shtml>
47. <http://acetonitrile.quickseek.com/>
48. <http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/AC/acetonitrile.html>
49. <http://acrylamide.quickseek.com/>
50. <http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/AC/acrylamide.html>
51. <http://fig.cox.miami.edu/~cmallery/255/255tech/mcb3.32.SDS.elect.jpg>
52. <http://ammonia.quickseek.com/>
53. <http://pds.jpl.nasa.gov/planets/captions/jupiter/ammonia.htm>
54. http://en.wikipedia.org/wiki/Benzoic_acid
55. http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/BE/benzoic_acid.html
56. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/~hmc/hsci/chemicals/benzoic_acid.html
57. http://www.nearingzero.net/screen_res/nz055.jpg
58. <http://www.levitt-safety.com/WhatsNew/DesignatedSubstances/Images/benzene.jpg>
59. <http://www.levitt-safety.com/WhatsNew/DesignatedSubstances/benzene.htm>
60. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/BE/benzene.html>
61. <http://rais.ornl.gov/tox/profiles/benzene.shtml>
62. <http://bromine.quickseek.com/>
63. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/BR/bromine.html>
64. www.chem.purdue.edu/gchelp/liquids/whatis.html

65. <http://www.cci.ethz.ch/mainpic.html?expnum=26&ismovie=1&picnum=-1&control=0&language=1&exlist=19+20+21+22+23+24+25+26+28+112+-1&exchap=-1>
66. http://en.wikipedia.org/wiki/Ethidium_bromide
67. <http://www.ehs.berkeley.edu/pubs/factsheets/47ethidiumbromide.html>
68. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/ET/ethidium_bromide.html
69. <http://en.wikipedia.org/wiki/Glutaraldehyde>
70. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/GL/glutaric_dialdehyde.html
71. <http://www.cdc.gov/niosh/2001-115.html>
72. <http://www.osha.gov/SLTC/etools/hospital/hazards/glutaraldehyde/glut.htm>
73. <http://diethylether.quickseek.com/>
74. http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/DI/diethyl_ether.html
75. <http://dimethylsulfoxide.quickseek.com/>
76. <http://en.wikipedia.org/wiki/Dimethylformamide>
77. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/DI/N,N-dimethylformamide.html>
78. <http://en.wikipedia.org/wiki/Dioxane>
79. <http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/DI/1,4-dioxane.html>
80. <http://dichloromethane.quickseek.com/>
81. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/DI/dichloromethane.html>
82. <http://rais.ornl.gov/tox/profiles/methylch.shtml>
83. http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_dodecyl_sulfate
84. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/SO/sodium_dodecyl_sulfate.html
85. http://nationaldiagnostics.com/article_info.php/articles_id/3
86. <http://www.science.fau.edu/chemistry/Mari/biochemlab/manual.html>
87. <http://hexane.quickseek.com/>
88. <http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/HE/hexane.html>
89. <http://sulfuricacid.quickseek.com/>
90. http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/SU/sulfuric_acid_concentrated.html
91. <http://www.exo.net/~pauld/activities/astronomy/transitvenus/sugarsulfuricacid.htm>
92. James W. , III. "Venus." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc.
<http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar582880>
93. <http://methyalcohol.quickseek.com/>
94. http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/ME/methyl_alcohol.html

95. <http://www.chem.uiuc.edu/clcwebsite/meth.html>
96. www.vanderkrogt.net/elements/elem/na.html
97. <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/K/key.html>
98. <http://nitricacid.quickseek.com/>
99. http://www.pcl.ox.ac.uk/MSDS/NI/nitric_acid.html
100. <http://jchemed.chem.wisc.edu/jcesoft/CCA/CCA3/STILLS/PENITRA/PENITRA/64JPG48/8.JPG>
101. <http://www.corrosion-doctors.org/Acids/images/nitric-acid.jpg>
102. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/AceticAcid010.png>
103. http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/AC/acetac_acid.html
104. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/AceticAcid010.png>
105. http://www.mbi-berlin.de/en/research/projects/2-04/subprojects/Subproject1/acetac_acid_dimer.jpg
106. http://en.wikipedia.org/wiki/Ethyl_acetate
107. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/ET/ethyl_acetate.html
108. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/~hmc/hsci/chemicals/ethyl_acetate.html
109. <http://pyridine.quickseek.com/>
110. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/PY/pyridine.html>
111. <http://en.wikipedia.org/wiki/Tetrahydrofuran>
112. <http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/TE/tetrahydrofuran.html>
113. <http://toluene.quickseek.com/>
114. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/TO/toluene.html>
115. http://rais.ornl.gov/tox/profiles/toluene_f_V1.shtml
116. <http://www.chemmybear.com/mercury.html>
117. http://www.research.uottawa.ca/perspectives/photo_157.html
118. <http://sodiumhydroxide.quickseek.com/>
119. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/SO/sodium_hydroxide.html
120. <http://potassiumhydroxide.quickseek.com/>
121. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/PO/potassium_hydroxide.html
122. http://encyclopedia.quickseek.com/images/Hydrochloric_acid_01.jpg
123. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/HY/hydrochloric_acid.html
124. http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/HY/hydrogen_peroxide_30pc.html

125. <http://www.h2o2.com/intro/safety.html>
126. <http://phenol.quickseek.com/>
127. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/PH/phenol.html>
128. <http://fluorine.quickseek.com/>
129. <http://formaldehyde.quickseek.com/>,
130. <http://www.uwm.edu/Dept/EHSRM/EHS/LAB/hcho.html>
131. <http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/FO/formaldehyde.html>
132. <http://www.iupac.org/didac/Didac%20Eng/Didac02/Content/P16.htm>
133. <http://phosphoricacid.quickseek.com/>
134. http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/PH/phosphoric_acid.html
135. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/CH/chlorine.html>
136. <http://chlorine.quickseek.com/>
137. <http://chloroform.quickseek.com/>
138. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/CH/chloroform.html>
139. <http://rais.ornl.gov/tox/profiles/chlorofo.shtml>
140. <http://www.kent.ac.uk/safety/student%20safety%20handbook/welfare.html>
141. www.chem.kuleuven.ac.be
142. www.health-safety.co.za
143. www.hse.gov.uk
144. www.orgchem.colorado.edu
145. www.plumbersurplus.com
146. <http://www.utc.edu/Faculty/Gretchen-Potts/chemistryhelp/Glassware.htm>
147. http://jchemed.chem.wisc.edu/Journal/Issues/1996/Dec/Images/Dec96p1117_1.jpeg
148. <http://www.utc.edu/Faculty/Gretchen-Potts/chemistryhelp/Glassware.htm>
149. <http://www.ecs.umass.edu/cee/reckhow/courses/572/572bk11/572BK11.html>
150. <http://www.csudh.edu/oliver/demos/pipetuse/pipetuse.htm>
151. <http://www.indigo.com/glass/gphglass/volumetric-flask.jpg>
152. http://www.wbateman.demon.co.uk/asa2sums/sum3.1B/Volumetric_Flask.gif
153. http://68.90.81.6/ScienceTAKS/Integration/lab%20equipment_2.htm
154. <http://www.ecs.umass.edu/cee/reckhow/courses/572/572bk11/572BK11.html>
155. <http://www.kent.ac.uk/safety/student%20safety%20handbook/accident.html>
156. <http://www.disp.duke.edu/~dbrady/courses/notes/emspec.jpg>
157. <http://icn2.umeche.maine.edu/genchemlabs/Spectra/Spectra.htm>

158. <http://mmrc.caltech.edu/colin/science/past/PhD/html-thesis/node39.html>
159. <http://server1.fandm.edu/departments/Chemistry/Van%20Arman%20Virtual%20Lab/Recrystallization/Recrystallization3.html>
160. <http://www.utc.edu/Faculty/Gretchen-Potts/chemistryhelp/Glassware.htm>
161. <http://www.chemistrydaily.com/chemistry/Chromatography>
162. http://en.wikipedia.org/wiki/Image:TLC_black_ink.jpg
163. http://www.accessexcellence.org/LC/SS/chromatography_background.html
164. http://www.chemicool.com/definition/thin_layer_chromatography_tlc.html
165. http://en.wikipedia.org/wiki/Image:TLC_black_ink.jpg

ΕΙΚΟΝΕΣ

Οι εικόνες του εξωφύλλου από τα εκπαιδευτικά εγχειρίδια DIDAC χρησιμοποιούνται με την άδεια της «Royal Flemish Chemical Society».

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εικόνα 3. Περιοδικός Πίνακας. (Αναδημοσίευση με την άδεια του Dr. John Herr-Ο Πίνακας αυτός περιέχει τα στοιχεία με αλχημιστικά και άλλα σύμβολα. Ειδικά για τα στοιχεία που ανακαλύφθηκαν στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια δίνεται η συντομογραφία και η εικόνα ενός ελέφαντα. Προέκυψε από ένα παιδικό λογοπαίγνιο elements-elephants).

Εικόνα 10. Αλλαγή των φυσικών καταστάσεων κατά τη διάρκεια εργαστηριακού πειράματος απόσταξης. Υγρή – Αέρια – Υγρή κατάσταση. Αναδημοσιεύεται με την άδεια του «Courtesy Chemical Heritage Foundation». (Αναδημοσίευση με την άδεια του Dr. Munden Christopher).

Εικόνα 23. Διάλυση μεταλλικού ελάσματος από διάλυμα θειϊκού οξέος. (Αναπαραγωγή της εικόνας με την άδεια του Dr. P. R. Roberge).

Εικόνα 30. Οι μεγάλες στιγμές της Επιστήμης: Έτος 1865, ο Kekulé λίγο πριν συλλάβει την ιδιοφυή ιδέα για τη δομή του βενζολίου! (Αναδημοσίευση του cartoon με την άδεια του δημιουργού της Nick Kim).

Εικόνα 32. Δοχείο που περιέχει υγρό (σκούρα κόκκινη περιοχή) και αέριο (ανοιχτή κόκκινη περιοχή) βρώμιο. (Αναδημοσίευση με την άδεια του Καθ. Peter Keusch).

Εικόνα 33. Αντίδραση βρωμίου με αργίλιο. (Αναπαραγωγή με την άδεια του Prof. Nesper).

Εικόνα 37. Αντίδραση θειϊκού οξέος με ζάχαρη. (Αναπαραγωγή των εικόνων με την άδεια του δημιουργού Dr. Paul Doherty).

Εικόνα 40. Κόψιμο του μεταλλικού νατρίου με μαχαίρι. (Αναπαραγωγή με την άδεια του Dr. P. Van der Krogt).

Εικόνες 42. Αντίδραση χαλκού με νιτρικό οξύ. (Αναπαραγωγή με την άδεια του Journal of Chemical Education).

Εικόνα 44. Λόγω των δεσμών υδρογόνου που σχηματίζουν, τα μόρια του οξικού οξέος βρίσκονται σε διμερή κατάσταση. (Αναπαραγωγή με την άδεια του Dr. J. Dreyner).

Εικόνα 45. Σταγόνα υδραργύρου. (Αναπαραγωγή με την άδεια του Dr. P. Groves).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εικόνα 1. Διαβάζουμε προσεκτικά τις οδηγίες ασφαλείας και τις οδηγίες των εργαστηριακών ασκήσεων, ακόμα και αν δεν πρόκειται να εξεταστούμε σε αυτές. (Αναπαραγωγή με την άδεια του Πανεπιστημίου του Kent)

Εικόνα 9. α) Σιφώνιο πλήρωσεως γεμισμένο ως τη χαραγή, β) Απόχυση του υγρού, γ) Το υγρό που έχει υπολογιστεί να μείνει στο σιφώνιο. (Αναπαραγωγή των εικόνων με την άδεια του Dr. O. Seely).

Εικόνα 10. α) Πουάρ και σιφώνιο, β) Συναρμολόγηση και γ) αποσυναρμολόγηση των δυο οργάνων. (Σχέδιο του φοιτητή του ΤΜΒΓ Μαραγκού Ιωάννη).

Εικόνα 23. Προσοχή στην κατάσταση των ηλεκτρικών συσκευών. (Αναπαραγωγή με την άδεια του Πανεπιστημίου του Kent)