

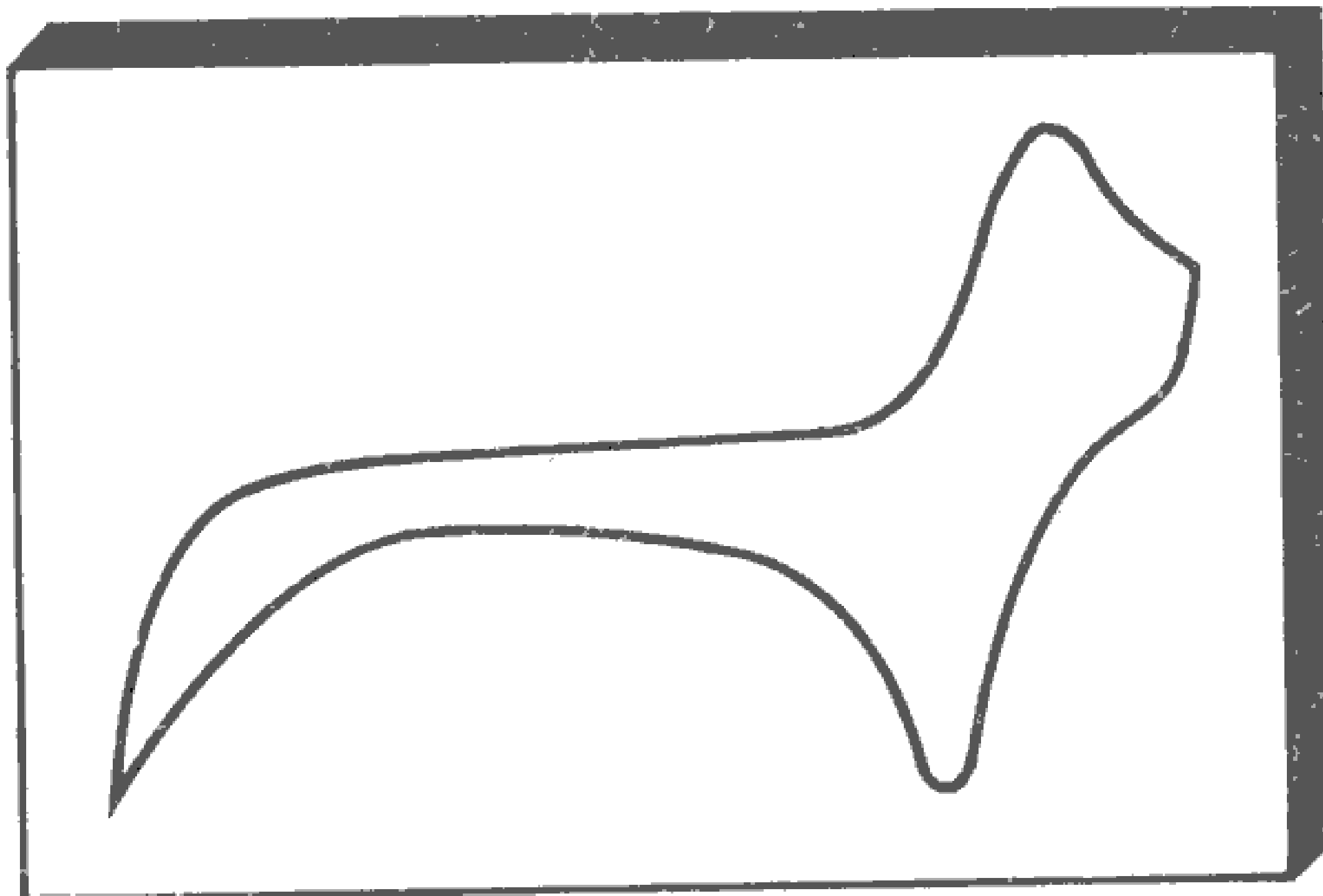
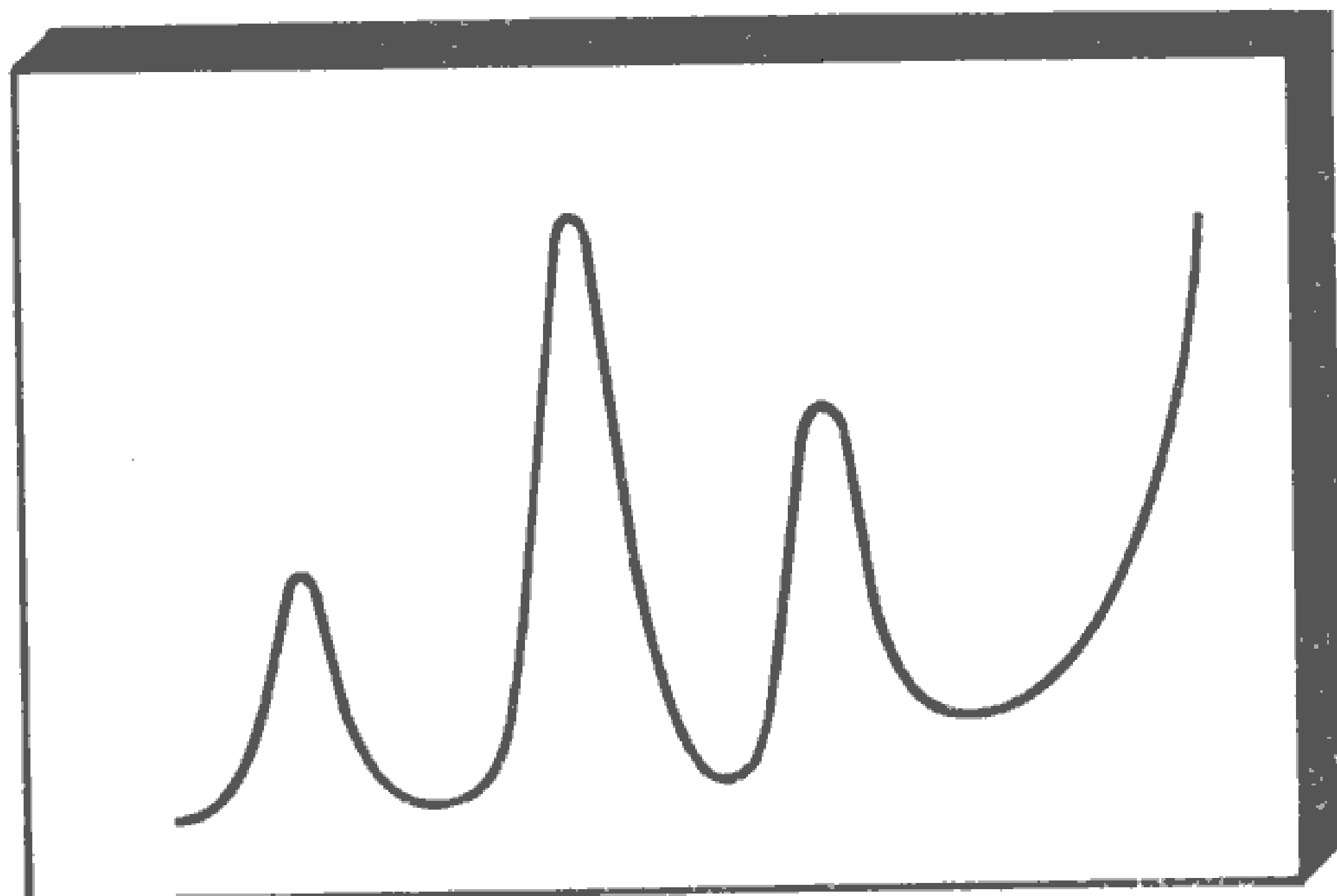
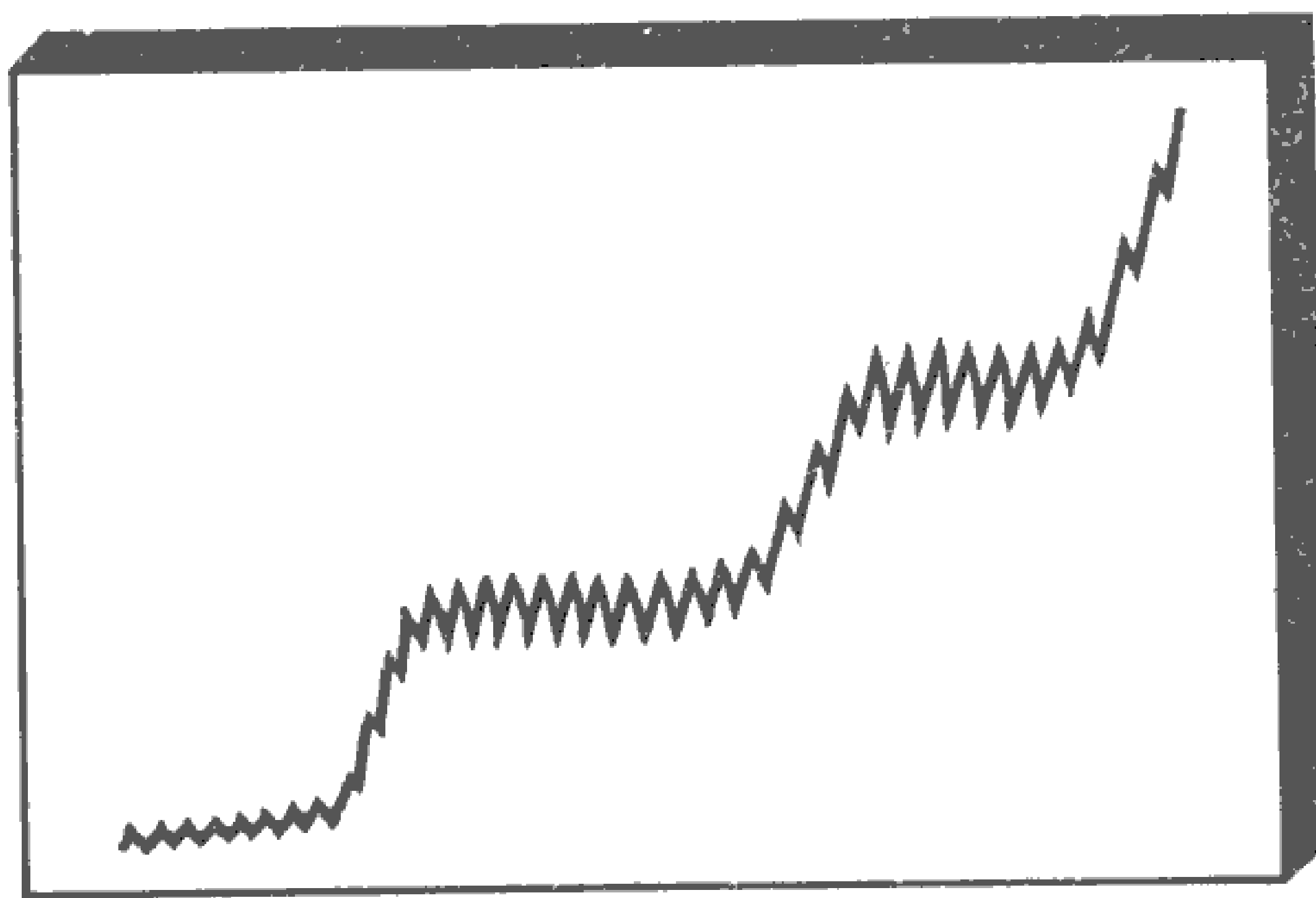
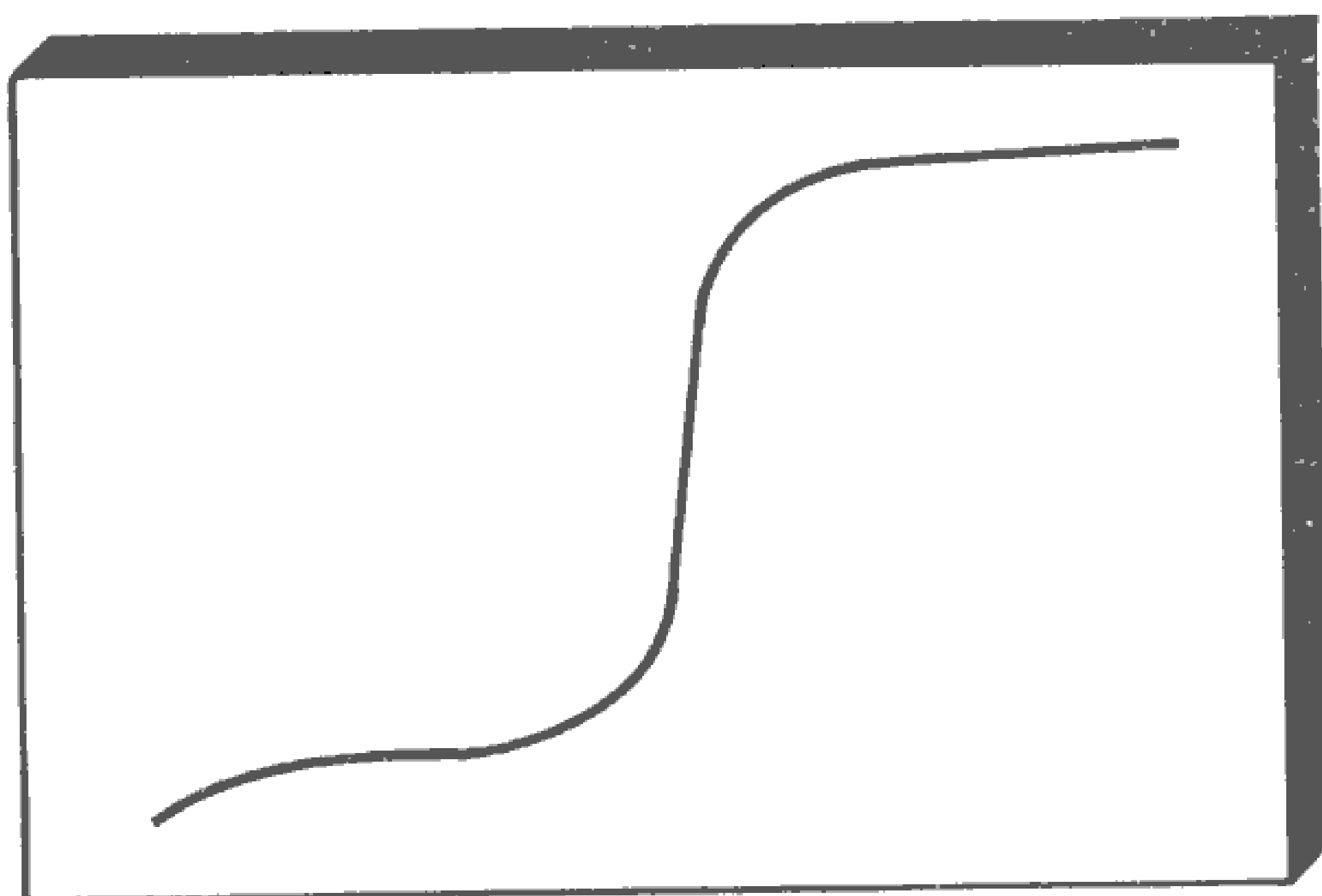
Κ. Η. ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗ

Θ. Π. ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΟΥ  
ΟΜΟΤ. ΚΑΘΗΓΗΤΗ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

# ΕΝΟΡΓΑΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ

ΤΟΜΟΣ Α



ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (1968)

Στοιχείο	Σύμβολο	Ατομ. αριθμ.	Ατομικό βάρος	Στοιχείο	Σύμβολο	Ατομ. αριθμ.	Ατομικό βάρος
Άζωτο	N	7	14,0067	Μολυβδαίνιο	Mo	42	95,94
Αϊνστάινιο	Es	99	(254) <sup>α</sup>	Μόλυβδος	Pb	82	207,19
Ακτίνιο	Ac	89	(227) <sup>α</sup>	Μπερκέλιο	Bk	97	(247) <sup>α</sup>
Αμερίκιο	Am	95	(243) <sup>α</sup>	Νάτριο	Na	11	22,9898
Άνθρακας	C	6	12,01115 <sup>β</sup>	Νεοδύμιο	Nd	60	144,24
Αντιμόνιο	Sb	51	121,75	Νέο	Ne	10	20,179 <sup>γ</sup>
Αργίλιο	Al	13	26,9815	Νικέλιο	Ni	28	58,71
Αργό	Ar	18	39,948	Νιόβιο	Nb	41	92,906
Άργυρος	Ag	47	107,868 <sup>γ</sup>	Νομπέλιο	No	102	(255) <sup>α</sup>
Αρσενικό	As	33	74,9216	Ξένο	Xe	54	131,30
Ασβέστιο	Ca	20	40,08	Όσμιο	Os	76	190,2
Αστάτιο	At	85	(210) <sup>α</sup>	Οξυγόνο	O	8	15,9994 <sup>β</sup>
Άφνιο	Hf	72	178,49	Όσμιο	Os	76	190,2
Βανάδιο	V	23	50,942	Ουράνιο	U	92	238,03
Βάριο	Ba	56	137,34	Παλλάδιο	Pd	46	106,4
Βηρύλλιο	Be	4	9,0122	Πλουτώνιο	Pu	94	(244) <sup>α</sup>
Βισμούθιο	Bi	83	208,980	Πολώνιο	Po	84	(210) <sup>α</sup>
Βολφράμιο	W	74	183,85	Ποσειδώνιο	Np	93	(237) <sup>α</sup>
Βόριο	B	5	10,811 <sup>β</sup>	Πρασινοδύμιο	Pr	59	140,907
Βρώμιο	Br	35	79,904 <sup>γ</sup>	Προμήθειο	Pm	61	(147) <sup>α</sup>
Γαδολίνιο	Gd	64	157,25	Πρωτακτίνιο	Pa	91	(231) <sup>α</sup>
Γάλλιο	Ga	31	69,72	Πυρίτιο	Si	14	28,086 <sup>β</sup>
Γερμάνιο	Ge	32	72,59	Ράδιο	Ra	88	(226) <sup>α</sup>
Δημήτριο	Ce	58	140,12	Ραδόνιο	Rn	86	(222) <sup>α</sup>
Δυσπρόσιο	Dy	66	162,50	Ρήνιο	Re	75	186,2
Έρβιο	Er	68	167,26	Ρόδιο	Rh	45	102,905
Ευρώπιο	Eu	63	151,96	Ρουβίδιο	Rb	37	85,47
Ζιρκόνιο	Zr	40	91,22	Ρουθήνιο	Ru	44	101,07
Ήλιο	He	2	4,0026	Σαμάριο	Sm	62	150,35
Θάλλιο	Tl	81	204,37	Σελήνιο	Se	34	78,96
Θείο	S	16	32,064 <sup>β</sup>	Σίδηρος	Fe	26	55,847 <sup>γ</sup>
Θόριο	Th	90	232,038	Σκάνδιο	Sc	21	44,956
Θούλιο	Tm	69	168,934	Στρόντιο	Sr	38	87,62
Ίνδιο	In	49	114,82	Ταντάλιο	Ta	73	180,948
Ιρίδιο	Ir	77	192,2	Τελλούριο	Te	52	127,60
Ιώδιο	I	53	126,9044	Τέρβιο	Tb	65	158,924
Κάδμιο	Cd	48	112,40	Τεχνητίο	Tc	43	(99) <sup>α</sup>
Καίσιο	Cs	55	132,905	Τιτάνιο	Ti	22	47,90
Κάλιο	K	19	39,102	Υδράργυρος	Hg	80	200,59
Καλιφόρνιο	Cf	98	(252) <sup>α</sup>	Υδρογόνο	H	1	1,00797 <sup>β</sup>
Κασσίτερος	Sn	50	118,69	Υττέρβιο	Yb	70	173,04
Κιούριο	Cm	96	(247) <sup>α</sup>	Ύττριο	Y	39	88,905
Κοβάλτιο	Co	27	58,9332	Φέρμιο	Fm	100	(257) <sup>α</sup>
Κρυπτό	Kr	36	83,80	Φθόριο	F	9	18,9984
Λανθάνιο	La	57	138,91	Φράγκιο	Fr	87	(223) <sup>α</sup>
Λευκόχρυσος	Pt	78	195,09	Φωσφόρος	P	15	30,9738
Λίθιο	Li	3	6,939	Χαλκός	Cu	29	63,546 <sup>γ</sup>
Λουτήσιο	Lu	71	174,97	Χλώριο	Cl	17	35,453 <sup>γ</sup>
Λωρέντσιο	Lr	103	(256) <sup>α</sup>	Χρυσός	Au	79	196,967
Μαγγάνιο	Mn	25	54,9380	Χρώμιο	Cr	24	51,996 <sup>γ</sup>
Μαγνήσιο	Mg	12	24,305	Ψευδάργυρος	Zn	30	65,37
Μεντελέβιο	Md	101	(257) <sup>α</sup>				

α. Η τιμή μέσα σε παρένθεση αναφέρεται στον αριθμό μάζας του ισοτόπου που έχει τη μεγαλύτερη ημιζωή ή, στην περίπτωση των Cf, Po, Pm και Tc, στο περισσότερο γνωστό ισότοπο.

β. Το ατομικό βάρος ποικίλλει λόγω φυσικών διαφορών στην ισοτοπική σύσταση: C, ±0,00005· B, ±0,003· S, ±0,003· O, ±0,001· Si, ±0,001· H, ±0,00001.

γ. Τα ατομικά βάρη έχουν την ακόλουθη πειραματική αβεβαιότητα: Ag, ±0,001· Br, ±0,001· Ne, ±0,003· Fe, ±0,003· Cu, ±0,001· Cl, ±0,001. Για τα άλλα στοιχεία υπάρχει αβεβαιότητα στην τιμή του τελευταίου σημαντικού ψηφίου ίση με ±0,5.

# **ΕΝΟΡΓΑΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ**

**ΤΟΜΟΣ Α**

**(ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ)**

5H3  
212

ΔΩΡΕΑ

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Κ. Η. ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗ

Θ. Π. ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΟΥ  
ΟΜΟΤ. ΚΑΘΗΓΗΤΗ

Αρ. εισ. 65001

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

---

# ΕΝΟΡΓΑΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ

ΤΟΜΟΣ Α

(ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ)

ΑΘΗΝΑ  
1992

*Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει τις υπογραφές των συγγραφέων*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν βιβλίο αποτελεί τον πρώτο τόμο του συγγράμματός μας με το γενικό τίτλο "Ενόργανες Τεχνικές Αναλύσεως" και πραγματεύεται εισαγωγικά θέματα στο πεδίο της Ενόργανης Αναλύσεως και (κατά κύριο λόγο) θέματα ηλεκτροχημικών αναλυτικών τεχνικών. Απευθύνεται στους φοιτητές της Χημείας και αποτελεί μέρος της γενικότερης εκπαιδευσεώς τους στο πεδίο της Αναλυτικής Χημείας. Το βιβλίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από όποιονδήποτε ασχολείται με τη χημική ανάλυση, όπως π.χ. από Χημικούς Μηχανικούς, Βιοχημικούς, Φαρμακοποιούς, Βιολόγους, Γεωλόγους, Κλινικούς Χημικούς, Μικροβιολόγους κλπ.

Η περιεχόμενη ύλη έχει χωρισθεί σε 7 κύρια κεφάλαια. Στο 1ο κεφάλαιο, αναφέρονται τα γενικά χαρακτηριστικά των ενόργανων αναλυτικών τεχνικών, όπως επίσης και οι συνήθειες τεχνικές ποσοτικοποιήσεως που εφαρμόζονται στην Ενόργανη Ανάλυση. Στο 2ο κεφάλαιο γίνεται μία γενική εισαγωγή και ταξινόμηση των ηλεκτροχημικών τεχνικών. Στο ίδιο κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση ορισμένων ηλεκτροχημικών εννοιών (ημιστοιχεία, στοιχεία, ηλεκτρόδια, δυναμικό ηλεκτροδίων), που κανονικά πρέπει να είναι ήδη γνωστές από τα μαθήματα της Γενικής Χημείας και το μάθημα της Χημικής Ισορροπίας. Η ύλη επαναλαμβάνεται εδώ κυρίως για λόγους αναφοράς.

Στο 3ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γενικές αρχές της ποτενσιομετρίας. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο θέμα των εκλεκτικών ηλεκτροδίων ιόντων, όπως επίσης και στο θέμα της μετρήσεως του pH, που σήμερα αποτελεί την πλέον κοινή ηλεκτροχημική μέτρηση σε κάθε χημικό εργαστήριο.

Στο 4ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γενικές αρχές των ηλεκτρολυτικών τεχνικών και εξετάζονται τα θέματα που ανακύπτουν κατά τη διέλευση ρεύματος μέσω του ηλεκτροχημικού στοιχείου, στο 5ο κεφάλαιο εξετάζονται οι διάφορες τεχνικές ηλεκτροσταθμικής ανάλυσεως και ηλεκτρολυτικών διαχωρισμών και στο 6ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι κουλομετρικών τεχνικών.

Στο 7ο κεφάλαιο γίνεται μία γενική εισαγωγή στις βολταμετρικές τεχνικές και περιγράφεται αναλυτικά η πολαρογραφία και οι σύγχρονες παραλλαγές της. Στο ίδιο κεφάλαιο περιγράφονται οι αρχές και οι εφαρμογές άλλων βολταμετρικών τεχνικών, όπως είναι η κυκλική βολταμετρία, οι διάφορες ευαίσθητες αναδιαλυτικές τεχνικές και οι αμπερομετρικές ογκομετρήσεις.

Κάθε ηλεκτροχημική τεχνική εκτός από τη θεωρία, συνοδεύεται και από τη σχετική οργανολογία και από παραδείγματα τυπικών αναλυτικών εφαρμογών.

Στο τέλος του βιβλίου, σε παραρτήματα, περιγράφεται η τεχνική των ελάχιστων τετραγώνων και παρέχονται πίνακες σταθερών ιονισμού, γινομένων διαλυτότητας, σταθερών σχηματισμού, δυναμικών οξειδοαναγωγής και οι τιμές διάφορων φυσικών σταθερών.

Για τον καθορισμό της εκτάσεως της ύλης του βιβλίου, όπως και του "βάθους" στο οποίο εξετάζεται το κάθε θέμα, ελήφθη υπόψη το ότι το μάθημα διδάσκεται κατά το δεύτερο έτος σπουδών, και για το λόγο αυτό αποφεύγεται η αναφορά σε σύνθετες φυσικοχημικές έννοιες και μηχανισμούς. Όπου αυτό ήταν απαραίτητο, γίνεται μία σύντομη περιγραφική παρουσίαση (π.χ. στα φαινόμενα μεταφοράς μάζας και στη διάχυση).

Γενικά τηρείται ένα λιτός τρόπος παρουσιάσεως της ύλης. 60 σχήματα και διαγράμματα και 31 υποδειγματικά λυμένα παραδείγματα βοηθούν στην κατανόηση της περιεχόμενης ύλης, ενώ επεξηγήσεις και συμπληρωματικό υλικό παρέχονται υπό τη μορφή υποσημειώσεων. Επειδή πολλοί όροι δεν έχουν ακριβή ή γενικά αποδεκτή μετάφραση στην ελληνική γλώσσα, αλλά και για την εξοικίωση των φοιτητών στη ξενόγλωσση ορολογία, κρίθηκε σκόπιμη η αναγραφή σχεδόν του συνόλου των περιεχόμενων όρων και στην Αγγλική. Αλφαβητικά ευρετήρια των όρων και στις δύο γλώσσες υπάρχουν στο τέλος του βιβλίου.

Όλα τα κεφάλαια πλαισιώνονται από ερωτήσεις και προβλήματα (συνολικά 169), πολλά από τα οποία έχουν τεθεί κατά το παρελθόν ως θέματα εξετάσεων. Συνιστάται στους φοιτητές να προσπαθήσουν να απαντήσουν στις ερωτήσεις και να λύσουν όσον το δυνατόν περισσότερα από τα προβλήματα αυτά. Υπογραμμίζεται ότι η εκμάθηση και ουσιαστική κατανόηση της ύλης τεκμηριώνεται κατά κύριο λόγο από την ικανότητα χειρισμού των αριθμητικών τιμών των παρουσιαζόμενων φυσικών και χημικών ποσοτήτων.

Θα είμαστε ευγνώμονες στους αναγνώστες μας για υποδείξεις αβλεψιών και λαθών, αλλά και για την έκταση των διαφόρων θεμάτων.

Επιθυμούμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας σε όσους βοήθησαν στην έκδοση του βιβλίου, αρχίζοντας από τους φοιτητές μας, που με το ενδιαφέρον τους στο μάθημα της Ενόργανης Αναλύσεως αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη της όλης προσπάθειας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στο συνάδελφο κ. Μ. Κουμπάρη για την ποικιλόμορφη βοήθεια και τις εύστοχες υποδείξεις του. Ευχαριστούμε επίσης τον Επίτ. Εκπαιδευτικό Σύμβουλο κ. Ι. Κουσκουνά για τη φιλολογική επιμέλεια του βιβλίου και την κ. Μ. Τσαϊλάνη-Γκίκα για τη βοήθειά της κατά την έκδοση.

Προς τις εκδόσεις Δ. Μαυρομάτη εκφράζουμε τις ευχαριστίες μας για την αρτιότητα της εκδόσεως.

Αθήνα, Ιούνιος 1992

Πρώτη ανατύπωση, 1998

Κ.Η. ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ  
Θ.Π. ΧΑΤΖΗΙΩΑΝΝΟΥ

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κ.Α. Αλεξιάδη, "Σημειώσεις Ενοργάνου Αναλύσεως", Θεσσαλονίκη, 1978.
- Κ.Η. Ευσταθίου, "Χημική Οργανολογία - Μικρούπολογιστές", Αθήνα, 1991.
- Κ.Η. Ευσταθίου, Δ.Σ. Παπασταθόπουλου, Μ.Α. Κουπάρη, Α.Κ. Καλοκαιρινού, "Ειδικά Θέματα Αναλυτικής Χημείας", Αθήνα 1989.
- Μ.Ι. Καραγιάννη, "Επεξεργασία, Αξιολόγηση και Παρουσίαση Αναλυτικών Δεδομένων", Αθήνα, 1978.
- Μ.Ι. Καραγιάννη, "Χημική Οργανολογία", Αθήνα, 1980.
- Θ.Α. Κουίμτζη, "Ενόργανη Χημική Ανάλυση", Θεσσαλονίκη, 1982.
- Γ.Κ. Παρισάκη, "Φυσικαί Μέθοδοι Αναλύσεως. Εργαστηριακαί Ασκήσεις", Αθήναι, 1976.
- Θ.Π. Χατζηγιάννου, "Ποιοτική Ανάλυση και Χημική Ισορροπία", Αθήναι, 1992.
- Θ.Π. Χατζηγιάννου, "Εργαστηριακαί Ασκήσεις Ποσοτικής Αναλυτικής Χημείας", Αθήναι, 1992.
- Θ.Π. Χατζηγιάννου, Κ.Η.Ευσταθίου, Δ.Π.Νικολέλη, "Προβλήματα Αναλυτικής Χημείας", Αθήναι, 1988.
- Θ.Π. Χατζηγιάννου, Μ.Κ. Κουπάρη, "Ενόργανη Ανάλυση", Αθήνα, 1990.



## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A.J. Bard and L.R. Faulkner**, "Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications", John Wiley and Sons, New York, 1980.
- G.D. Christian and J.E. O'Reilly**, "Instrumental Analysis", Allyn and Bacon, Inc., London 1986.
- R.D. Braun**, "Introduction to Instrumental Analysis", McGraw - Hill, New York, 1987.
- G.W. Ewing**, "Instrumental Methods of Chemical Analysis", McGraw - Hill, New York, 1975.
- P.T. Kissinger and W.R. Heineman**, "Laboratory Techniques in Electroanalytical Chemistry", Marcell Dekker, Inc., New York, 1984.
- C.K. Mann, T.J. Vickers and W.M. Gulick**, "Instrumental Analysis", Harper and Row, London, 1974.
- L. Meites**, "Polarographic Techniques", Interscience Publishers, Inc., New York, 1965.
- J.A. Plambeck**, "Electroanalytical Chemistry: Basic Principles and Applications", John Wiley and Sons, New York, 1982.
- D.T. Sawyer and J.L. Robert, Jr.**, "Experimental Electrochemistry for Chemists", John Wiley and Sons, New York, 1974.
- D.A. Skoog and J.J. Leary**, "Principles of Instrumental Analysis", Holt - Saunders, New York, 1992.
- H.A. Strobel and W.R. Heineman**, "Chemical Instrumentation: A Systematic Approach", John Wiley and Sons, New York, 1989.
- J. Wang**, "Stripping Analysis: Principles, Instrumentation and Applications", VCH Publishers, Deerfield Beach, USA, 1985.
- H.H. Willard, L.L. Merritt, Jr, J.A. Dean and F.A. Settle, Jr.**, "Instrumental Methods of Analysis", Wadsworth Publ., Co, 1988.
- W.J. Youden**, "Statistical Methods for Chemists", John Wiley and Sons, New York, 1951.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	v
<b>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	vii
<b>ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	viii
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b>	ix
<b>ΚΕΦ.1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b>	
1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΝΟΡΓΑΝΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ	1
1.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΟΡΓΑΝΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ	4
1.3. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΝΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ	5
1.3.1. Ισχύς και εφαρμοσιμότητα της μεθόδου	10
1.3.2. Αξιοπιστία της μεθόδου	10
1.3.3. Ευαισθησία της μεθόδου	11
1.3.4. Όριο ανιχνεύσεως	11
1.3.5. Χρήσιμη αναλυτική περιοχή	12
1.3.6. Εκλεκτικότητα	12
1.3.7. Ταχύτητα της μεθόδου	12
1.3.8. Κόστος της μεθόδου	13
1.4. ΓΕΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΕΩΣ ΣΤΗΝ ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	13
1.4.1. Άμεσος υπολογισμός	13
1.4.2. Τεχνική καμπύλης αναφοράς (ή εργασίας)	14
1.4.3. Τεχνική προσθήκης γνωστής ποσότητας	16
1.4.4. Τεχνική μείωσης κατά γνωστή ποσότητα	17
1.4.5. Τεχνική πολλαπλής προσθήκης γνωστών ποσοτήτων	18
1.4.6. Τεχνική εσωτερικού προτύπου	19
1.4.7. Συνδυασμοί των επιμέρους τεχνικών	21
1.5. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	22
<b>ΚΕΦ.2 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ</b>	
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	24

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

2.2.	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ	25
2.3.	ΓΕΝΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	26
2.3.1.	Ηλεκτροχημικά στοιχεία, ηλεκτρόδια, ηλεκτρολύτης	26
2.3.2.	Δυναμικό ηλεκτροδίου	30
2.3.3.	Τάση στοιχείου	34
2.3.4.	Αντιστρεπτότητα ηλεκτροχημικών στοιχείων	35
2.4.	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	38

### ΚΕΦ.3 – ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΑ

3.1.	ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ	40
3.2.	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ	41
3.2.1.	Ηλεκτρόδια πρώτου είδους	41
3.2.2.	Ηλεκτρόδια δεύτερου είδους	42
3.2.3.	Ηλεκτρόδια τρίτου είδους	43
3.2.4.	Ηλεκτρόδια οξειδοαναγωγής	45
3.2.5.	Ηλεκτρόδια μεμβράνης	47
3.3.	ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	47
3.3.1.	Ηλεκτρόδιο υδρογόνου	48
3.3.2.	Ηλεκτρόδιο καλομέλανος	49
3.3.3.	Ηλεκτρόδιο υδραργύρου / θειικού υψυδραργύρου	50
3.3.4.	Ηλεκτρόδιο αργύρου / χλωριούχου αργύρου	51
3.3.5.	Δυναμικό υγρού συνδέσμου	51
3.4.	ΕΚΛΕΚΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ ΙΟΝΤΩΝ	53
3.4.1.	Δυναμικό μεμβράνης	54
3.4.2.	Ηλεκτρόδια μεμβράνης	55
3.4.3.	Ταξινόμηση εκλεκτικών ηλεκτροδίων	56
3.4.4.	Χαρακτηριστικά ποιότητας και ορολογία εκλεκτικών ηλεκτροδίων ιόντων	56
3.4.5.	Παράγοντες που επιδρούν στη λειτουργία των ΕΗΙ	69
3.5.	ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ	73
3.6.	ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ pH ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ	76
3.6.1.	Χαρακτηριστικά λειτουργίας των ηλεκτροδίων υάλου που χρησιμοποιούνται στη μέτρηση του pH διαλυμάτων	78
3.6.2.	Ενδεικτικά ηλεκτρόδια μετρήσεως pH οξειδοαναγωγικού τύπου	81
3.6.3.	Βαθμονόμηση πεχαμέτρου	83

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

---

3.7.	ΓΕΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	86
3.7Α.	ΑΜΕΣΗ (ΑΠΟΛΥΤΗ) ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΑ	87
3.7Β.	ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	92
3.8.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΙΑΣ	103
3.9.	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	105
<b>ΚΕΦ.4 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ</b>		
4.1.	ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ	110
4.2.	ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	111
4.2.1.	Φαρανταϊκές διεργασίες	111
4.2.2.	Μη φαρανταϊκές διαδικασίες - χωρητικό ρεύμα	115
4.2.3.	Απόδοση ρεύματος	115
4.3.	ΥΠΕΡΔΥΝΑΜΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ	117
4.4.	ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	119
4.4.1.	Ωμική πτώση τάσεως	119
4.4.2.	Πόλωση ηλεκτροδίων	122
4.5.	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	123
<b>ΚΕΦ.5 – ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΘΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b>		
5.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΟΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΙ	126
5.1.1.	Ηλεκτρόλυση με σταθερή εφαρμοζόμενη τάση	127
5.1.2.	Ηλεκτρόλυση με ελεγχόμενο δυναμικό ηλεκτροδίου εργασίας	132
5.1.3.	Ηλεκτρολυτικοί διαχωρισμοί	133
5.2.	ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΘΜΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ	134
5.2.1.	Στοιχειώδη κυκλώματα ελέγχου ηλεκτρολυτικών στοιχείων	134
5.2.2.	Ηλεκτρόδια	136
5.2.3.	Ποτενσιοστάτες	140
5.3.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΘΜΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΩΝ	141
5.4.	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	142
<b>ΚΕΦ.6 – ΚΟΥΛΟΜΕΤΡΙΑ</b>		
6.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	145
6.2.	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΟΥΛΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	146

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

6.2.1.	Κουλομετρία με ελεγχόμενο δυναμικό ηλεκτροδίου εργασίας	147
6.2.2.	Κουλομετρία με σταθερό ρεύμα (κουλομετρικές ογκομετρήσεις)	149
6.3.	ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΚΟΥΛΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ	154
6.4.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΚΟΥΛΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ	158
6.5.	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	160
<b>ΚΕΦ.7 – ΒΟΛΤΑΜΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ - ΠΟΛΑΡΟΓΡΑΦΙΑ</b>		
7.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	166
7.2.	ΓΕΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΒΟΛΤΑΜΜΕΤΡΙΑΣ	168
7.2.1.	Βολταμμετρικά διαγράμματα	168
7.2.2.	Παράγοντες που καθορίζουν το παρατηρούμενο ρεύμα	171
7.2.3.	Τρόποι μεταφοράς μάζας - Διάχυση	172
7.2.4.	Οργανολογία βολταμμετρικών τεχνικών	175
7.3.	ΠΟΛΑΡΟΓΡΑΦΙΑ	177
7.3.1.	Σταγονικό ηλεκτρόδιο υδραργύρου (ΣΗΥ)	180
7.3.2.	Εξίσωση Ilkovic	182
7.3.3.	Εξίσωση πολαρογραφικού κύματος	187
7.3.4.	Επιλογή διαλύτη και φέροντος ηλεκτρολύτη	192
7.3.5.	Πρόσθετοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή των πολαρογραφημάτων	198
7.3.6.	Οργανική πολαρογραφία	203
7.3.7.	Ποσοτικές μέθοδοι πολαρογραφικής ανάλυσεως	206
7.3.8.	Εφαρμογές της πολαρογραφίας	209
7.3.9.	Παραλλαγές της κλασικής πολαρογραφίας	212
7.3.10.	Οργανολογία πολαρογραφικών συστημάτων	217
7.4.	ΚΥΚΛΙΚΗ ΒΟΛΤΑΜΜΕΤΡΙΑ	223
7.5.	ΑΝΑΔΙΑΛΥΤΙΚΗ ΒΟΛΤΑΜΜΕΤΡΙΑ	225
7.5.1.	Αρχή της τεχνικής	226
7.5.2.	Οργανολογία αναδιαλυτικής βολταμμετρίας	230
7.5.3.	Εφαρμογές της αναδιαλυτικής βολταμμετρίας	232
7.5.4.	Αναδιαλυτική ποτενσιομετρία	234
7.6.	ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	237
7.6.1.	Αμπερομετρικές ογκομετρήσεις με ένα πολωμένο ηλεκτρόδιο	237

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

---

7.6.2.	Αμπερομετρικές ογκομετρήσεις με δύο πολωμένα μικροηλεκτρόδια	242
7.6.3.	Οργανολογία αμπερομετρικών ογκομετρήσεων	244
7.6.4.	Εφαρμογές αμπερομετρικών ογκομετρήσεων	245
7.7.	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	246
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	Μέθοδος ελάχιστων τετραγώνων	251
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	Ρυθμιστικά διαλύματα	256
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	Σταθερές ισορροπίας	258
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	Κανονικά και τυπικά δυναμικά ηλεκτροδίων	264
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε	Μονάδες και φυσικές σταθερές	268
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ	Πίνακας λογαρίθμων	272
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ	275
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ (στην Αγγλική)	281

ISBN: 960-90061-5-9