

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ

B

**Επιμέλεια : Ι. Μολίνου – Προβιδάκη
Β. Χαβρεδάκη**

ΑΘΗΝΑ 2005

I. ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΕΡΙΩΝ

Α. Κούτσελος

II. ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑ

ΓΑΛΒΑΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

I. Μολίνου - Προβιδάκη

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΙΣ ΜΕΣΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Μ. Παλαιολόγου –Ανδριανοπούλου

III. ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΙΞΩΔΕΣ

Φ. Αρώνη -Καραγιάννη

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ

B. Χαβρεδάκη

ΑΡΙΘΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

B. Χαβρεδάκη

IV. ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

Φ. Αρώνη -Καραγιάννη

V. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΧΗΜΕΙΑΣ

Θ. Καλογεράκος

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (SI)**

Φυσική ποσότητα	Μονάδα	Σύμβολα
Μήκος	μέτρο	m
Μάζα	χιλιόγραμμο	kg
Χρόνος	δευτερόλεπτο	s
Ηλεκτρικό ρεύμα	ampere	A
Θερμοδυναμική θερμοκρασία	kelvin	K
Ποσότητα ουσίας	γραμμομόριο	mol
Φωτεινή ένταση	candela	cd

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (SI)**

Φυσική ποσότητα	Μονάδα	Σύμβολα	Σύμβολα SI
Δύναμη	newton	N	kg m/s ² = J/m
Ενέργεια	joule	J	kg m ² /s ² = AVs
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	siemens	S	s ³ A ² /kg m ² = Ω ⁻¹
Ηλεκτρική αντίσταση	ohm	Ω	kg m ² /s ³ A ² = V/A
Ηλεκτρική διαφορά δυναμικού	volt	V	kg m ² /s ² A = J/As = J/C
Ηλεκτρικό φορτίο	coulomb	C	A s
Ισχύς	watt	W	kg m ² /s ² = J/s
Πίεση	pascal	Pa	kg/m s ² = N/m ² = J/m ³

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΥ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Φυσική ποσότητα	Μονάδα	Σύμβολα	Συσχετισμός
Διπολική ροπή	debye	D	$3.33564 \cdot 10^{-30}$
Δύναμη	δύνη	dyn	$10^{-5} N = 1 g \cdot cm/s^2$
Ενέργεια	έργιο	erg	$10^{-7} J = 1 g \cdot cm^2/s^2$
	θερμίδα	cal	4.18 J
	ηλεκτρονιοβόλτ	eV	$1.602 \cdot 7732 \cdot 10^{-19} J$
Ιξώδες	poise	P	$g/cm \cdot s = 10^{-1} Pa \cdot s$
Μάζα	pound	lb	0.45359 kg
	τόννος	t	$10^3 kg$
Μήκος	angstrom	Å	$10^{-10} m = 10^{-8} cm = 100 pm$
	inch	in	2.54 cm
	micron	μ	$10^{-6} m$
Ογκος	λίτρο	l	$1 dm^3 = 1000 cm^3 = 10^{-3} m^3$
Πίεση	torr	Torr	$133.3224 Pa \approx 1 mm Hg$
	ατμόσφαιρα	atm	$1.01325 \cdot 10^5 Pa = 760 Torr = 1.01325 bar$
	bar	bar	$10^5 Pa = 10^6 dyn/cm^2$
Συγκέντρωση	molarity	M	$mol/l = mol/dm^3 = 10^{-3} mol/cm^3$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ

Ταχύτητα φωτός στο κενό	c	$2.99792458 \cdot 10^8$ m/s
Φορτίο πρωτονίου	e	$1.602176462(63) \cdot 10^{-19}$ C
Σταθερά Faraday	F	$96485.3415(39)$ C/mol
Κανονική επιτάχυνση της βαρύτητας	g _n	9.80665 m/s ² (ακριβώς)
Σταθερά Planck	h	$6.62606876(52) \cdot 10^{-34}$ J s
Σταθερά Boltzmann	k	$1.3806503(24) \cdot 10^{-23}$ J/K
Σταθερά Avogadro	N _A	$6.02214199(47) \cdot 10^{23}$ mol ⁻¹
Σταθερά αερίων	R	$8.314472(15)$ J/mol K
Θερμοκρασία σημείου πάγου	T _i	273.15 K
Θερμοκρασία τριπλού σημείου ύδατος	T ₃	273.16 K
Ατομική μάζα (m _{C12} / 12)	m _u	$1.66053873(13) \cdot 10^{-27}$ kg
Γραμμομοριακός όγκος ιδανικού αερίου (273.15K, 1atm)	V _m	$22.413996(39) \cdot 10^{-3}$ m ³ /mol
Κανονική ατμόσφαιρα	atm	101.325 Pa (ακριβώς)
Θερμοχημική θερμίδα	cal	4.184 J
Ηλεκτρονιοβόλτ	eV	$1.602176462(63) \cdot 10^{-19}$ J

(Βιβλιογραφία : P.J.Mohr and B.N.Taylor, Rev.Mod.Phys.,2000, 72(2), 351)

ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΟΛΑΠΛΑΣΙΑ ΔΕΚΑΔΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Δύναμη	Πρόθεμα	Σύμβολο	Δύναμη	Πρόθεμα	Σύμβολο
10	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	ecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	milli	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
			10^{-15}	femto	f
			10^{-18}	atto	a

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
I ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΕΡΙΩΝ	
Γενικά περί φασμάτων	1
Μορφή φασμάτων	4
1. ΦΑΣΜΑ ΟΡΑΤΟΥ ΜΟΡΙΑΚΟΥ ΙΩΔΙΟΥ	7
Ερμηνεία φασμάτων ορατού	7
Ενέργεια διασπάσεως μορίου	13
Πείραμα	14
Ανάλυση φάσματος - Υπολογισμοί	15
2. ΦΑΣΜΑ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ ΔΙΑΤΟΜΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	15
Ερμηνεία φασμάτων υπερύθρου	16
Πείραμα	18
Ανάλυση φάσματος - Υπολογισμοί	20
II ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑ	
ΓΑΛΒΑΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	23
Δυναμικό ηλεκτροδίου	23
Ηλεκτρεγερτική δύναμη γαλβανικού στοιχείου	26
Χαρακτηριστικά γαλβανικών στοιχείων	29
Αντιστρεπτά και μη αντιστρεπτά γαλβανικά στοιχεία	32
Έργο και αντιστρεπτά γαλβανικά στοιχεία	33
Εξίσωση Nernst	36
Κανονικό δυναμικό γαλβανικών στοιχείων και ηλεκτροδίων	37
Ηλεκτρόδιο υδρογόνου	39
Είδη ηλεκτροδίων	42
α. ηλεκτρόδια αναφοράς	43
β. ηλεκτρόδια μετρήσεως	46
Θερμοδυναμική γαλβανικών στοιχείων	47
Μελέτη γαλβανικών στοιχείων	49
Ηλεκτροχημικά στοιχεία και εφαρμογές	52
α. Προσδιορισμός σταθεράς ισορροπίας	52
β. Προσδιορισμός κανονικών δυναμικών	54
γ. Προσδιορισμός ενεργότητας και συντελεστών ενεργότητος	56
δ. Προσδιορισμός της σταθεράς γινομένου διαλυτότητας	57
ε. Ποτενσιομετρικές τιτλοδοτήσεις	58

Ηλεκτροχημικά στοιχεία συγκεντρώσεως	61
Δυναμικό υγρού συνδέσμου	63
Γέφυρα άλατος	66
 ΠΕΙΡΑΜΑ 1. Θερμοδυναμική μελέτη γαλβανικών στοιχείων	67
ΠΕΙΡΑΜΑ 2. Ποτενσιομετρικές τπλοδοτήσεις	71
 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΙΣ ΜΕΣΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	76
Ηλεκτρική διπλή στιβάδα	76
Δομή διπλής στιβάδας	78
Σημασία ηλεκτρισμένης μεσεπιφάνειας	79
Δυναμικό εγκάρσια της διπλής στιβάδας	80
Χημικές αντιδράσεις στις διαφασικές περιοχές	83
Πολώσιμη και μη πολώσιμη μεσεπιφάνεια	85
Κινητική των αντιδράσεων στα ηλεκτρόδια - Ταχύτητα μεταφοράς φορτίου	86
Ελευθέρα ενέργεια ενεργοποιήσεως κατά Gibbs	88
Εξίσωση Butler-Volmer	88
Μορφή και διερεύνηση της σχέσεως Butler-Volmer	92
Μέτρηση της υπερτάσεως η	102
Υπέρταση διαχύσεως ή εκ διαφοράς συγκεντρώσεως	103
Τροφοδοσία της μεσεπιφάνειας σε ιόντα	104
Στοιβάδα διαχύσεως	105
Οριακό ρεύμα διαχύσεως ή οριακή πυκνότητα ρεύματος διαχύσεως	106
Καθοδική πορεία-αποφόρτιση ιόντων H^+	109
Καθοδική πορεία-αποφόρτιση μετάλλων	110
Ανοδική πορεία-αποφόρτιση ανιόντων	113
Ηλεκτροχημικό σύστημα παραγωγής ενέργειας (Γαλβανικό στοιχείο)	115
Ηλεκτροχημικό σύστημα παραγωγής ουσιών (Ηλεκτρολυτικό στοιχείο)	117
Πείραμα-Μετρήσεις	122
Υπολογισμοί-Αποτελέσματα	
 III ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	
 ΙΞΩΔΕΣ	127
Φαινόμενα μεταφοράς	127
Ορισμός συντελεστού ιξώδους	128
Υπολογισμός συντελεστού ιξώδους αραιού αερίου	130
Εξίσωση Poiseuille	133
Πείραμα-Μετρήσεις	136
Προσδιορισμός σχετικού ιξώδους καθαρού υγρού ή διαλύματος με το ιξωδόμετρο Ostwald	136
Αποτελέσματα-Υπολογισμοί	138

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ	141
Διεργασίες μεταφοράς	141
Ηλεκτρική αγωγμότητα	142
Μέτρηση της αγωγμότητας διαλυμάτων ηλεκτρολυτών	144
Μοριακή και ισοδύναμη αγωγμότητα	147
Αγωγμότητα διαλυμάτων ηλεκτρολυτών	148
Κίνηση ιόντων υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου	150
Αλληλεπιδράσεις ιόντων σε διαλύματα ηλεκτρολυτών	155
Εξάρτηση της μοριακής αγωγμότητας από την συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη	157
Προσδιορισμός μοριακής αγωγμότητας ηλεκτρολύτη σε άπειρη αραίωση	162
Μηχανισμός μεταφοράς πρωτονίων	163
Εξάρτηση της ισοδύναμης αγωγμότητας από την θερμοκρασία	164
Επίδραση πεδίου υψηλής εντάσεως και υψηλών συχνοτήτων επί της αγωγιμότητας	165
Προσδιορισμός της σταθεράς ιονισμού ασθενούς οξέος	165
Προσδιορισμός της σταθεράς ιονισμού ύδατος	167
Προσδιορισμός της διαλυτότητας δυσδιάλυτου όλατος	168
Αγωγιμομετρικές τιτλοδοτήσεις	169
Πείραμα-Μετρήσεις	175
Αποτελέσματα-Υπολογισμοί	177
ΑΡΙΘΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	180
Μεταφορά ιόντων σε ηλεκτρολυτικό διάλυμα	180
Επίδραση της συγκεντρώσεως του ηλεκτρολύτη στους αριθμούς μεταφοράς των ιόντων του	183
Επίδραση της εφυδατώσεως στους αριθμούς μεταφοράς	184
Μέθοδοι προσδιορισμού του αριθμού μεταφοράς ιόντων	185
Μέθοδος Hittorf	185
Μέθοδος της κινούμενης διαχωριστικής στιβάδας	190
Πείραμα-Μετρήσεις	192
Αποτελέσματα-Υπολογισμοί	194
IV ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ	197
Εισαγωγή	197
Μετρήσεις ταχυτήτων	198
Νόμοι ταχυτήτων	202
Ανάλυση κινητικών αποτελεσμάτων	204
i. Διαφορική μέθοδος	204
ii. Μέθοδος ολοκληρώσεως	206

Αντιδράσεις πρώτης τάξεως	207
Αντιδράσεις μηδενικής τάξεως	209
Αντιδράσεις δευτέρας τάξεως	210
Αντιδράσεις τρίτης τάξεως	212
Αντιδράσεις η τάξεως	213
Σύγκριση των μεθόδων, διαφορικής και ολοκληρώσεως	214
Αμφίδρομες αντιδράσεις	214
Αλυσωτές αντιδράσεις	216
Επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα των αντιδράσεών	218
Θεωρίες ταχύτητας αντιδράσεως	220
Θεωρία της μεταβατικής καταστάσεως	223
Πείραμα-Μετρήσεις	229
Υπολογισμοί-Αποτελέσματα	231
V ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΧΗΜΕΙΑΣ	235
1. Ο πυρήνας του ατόμου	235
2. Φυσική ραδιενέργεια	243
3. Άλληλεπίδραση ραδιενέργειας και ύλης	256
4. Ανίχνευση πυρηνικών ακτινοβολιών	263