



ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ
(ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ)

Δρ. Ταξιάρχης Παπαδόπουλος
Καθηγητής Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής
Παν/μιου Αθηνών

ΑΘΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2008

Αντί Προλόγου

Οι σημειώσεις με τίτλο «Εισαγωγή στη Γεωφυσική» αποτελούν ένα βασικό βοήθημα για τους φοιτητές του Δ' εξαμήνου του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών. Η συγγραφή των σημειώσεων έγινε στο πλαίσιο του υποχρεωτικού μαθήματος «Γεωφυσική» και ακολουθήθηκε η δομή των παραδόσεων. Οι σημειώσεις αυτές αποτελούν μια αρχική προσπάθεια του συγγραφέα για τη διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου εγχειριδίου επί των βασικών εννοιών, αρχών, νόμων που διέπουν τις γεωφυσικές μεθόδους διασκόπησης για απλές κατ' αρχήν δομές. Η παρουσίαση και επιμέλεια των κειμένων και των σχημάτων έγινε από τον Λέκτορα Δρ. Ιωάννη Αλεξόπουλο, τον οποίο και θερμά ευχαριστώ.

Δρ. Ταξιάρχης Παπαδόπουλος
Καθηγητής Εφαρμ. Γεωφυσικής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Η ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Ελαστικές σταθερές	7
1.3 Σεισμικά κύματα	10
1.3.1 Ταχύτητες των σεισμικών κυμάτων	12
1.3.2 Ακτινικές τροχιές ή σεισμικές ακτίνες σε στρωματοποιημένη δομή	14
1.3.3 Αρχή Huygens	16
1.3.4 Αρχή Fermat	16
1.3.5 Ανάκλαση	17
1.3.6 Διάθλαση.....	18
1.3.7 Νόμος Snell.....	20
1.3.8 Οριακή διάθλαση.....	21
1.3.9 Περίθλαση.....	24
1.3.10 Εξασθένηση των σεισμικών κυμάτων.....	25
1.3.11 Καταμερισμός ενέργειας.....	28
1.4 Η μέθοδος της σεισμικής διάθλασης	29
1.4.1 Η περίπτωση ενός ομογενούς στρώματος.....	29
1.4.2 Η περίπτωση της παρουσίας μιας ασυνέχειας.....	31
1.4.3 Η εξίσωση του χρόνου διαδρομής.....	31
1.4.4 Ο υπολογισμός του πάχους.....	33
1.4.5 Ταυτόχρονη άφιξη των απ' ευθείας και διαθλώμενων κυμάτων.....	34
1.4.6 Οριακή απόσταση.....	35
1.4.7 Η ασυνέχεια Mohorovičić.....	36
1.4.8 Μια ασυνέχεια υπό κλίση.....	37
1.4.9 Προσδιορισμός της εξίσωσης του χρόνου διαδρομής.....	41
1.4.10 Υπολογισμός του πάχους.....	43
1.5 Η μέθοδος της σεισμικής ανάκλασης	44
1.5.1 Προσδιορισμός της εξίσωσης του χρόνου διαδρομής.....	44
1.5.2 Διόρθωση NMO (Normal Move Out).....	47
1.5.3 Η μέτρηση της σεισμικής ταχύτητας και του πάχους του επιφανειακού στρώματος.....	49
1.5.4 Σχέση των απ' ευθείας και ανακλώμενων κυμάτων.....	52
1.5.5 Κύματα ανάκλασης υπό κλίση ασυνέχειας.....	52
1.5.6 Τροχιές ανακλώμενων κυμάτων.....	52
1.5.7 Χρόνος διαδρομής κυμάτων ανάκλασης.....	53
1.5.8 Υπολογισμός του βάθους και της κλίσης της ασυνέχειας.....	55
2. Η ΒΑΡΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	59
2.1 Εισαγωγή.....	59
2.2 Η επίδραση του σχήματος της γης.....	60
2.3 Η επίδραση των πλευρικών ανομοιογενειών.....	63
2.4 Διορθώσεις βαρύτητας.....	64
2.4.1 Γεωγραφικό Πλάτος.....	65
2.4.2 Υψόμετρο.....	65
2.4.3 Υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ του σημείου μέτρησης και του σημείου αναφοράς.....	66

2.4.4 Τοπογραφία.....	67
2.5 Ανωμαλίες βαρύτητας.....	69
2.5.1 Βαρυτική ανωμαλία ελεύθερου αέρα.....	70
2.5.2 Απλή βαρυτική ανωμαλία Bouguer.....	71
2.5.3 Πλήρης βαρυτική ανωμαλία Bouguer.....	74
2.6 Μέτρηση της βαρύτητας.....	74
2.6.1 Απόλυτη τιμή βαρύτητας.....	75
2.6.2 Σχετική τιμή της βαρύτητας.....	76
2.7 Ισοστασία.....	77
2.7.1 Μοντέλα Pratt και Airy (Τοπική ισοστασία).....	78
2.8 Λιθοσφαιρική κάμψη - Μεγάλης κλίμακας ισοστασία.....	81
2.9 Παραδείγματα ισοστασίας σε διαφορετικά γεωλογικά περιβάλλοντα.....	84
2.9.1 Ηπειρωτικό κράσπεδο.....	84
2.9.2 Οροσειρά.....	89
3. Η ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	94
3.1 Εισαγωγή - Η φύση του μαγνητισμού.....	94
3.2 Μαγνητικές παράμετροι.....	95
3.2.1 Ένταση μαγνητικού πεδίου, H	95
3.2.2 Μαγνητική ροπή, M - Ένταση μαγνήτισης, J	95
3.2.3 Μαγνητική επιδεκτικότητα, k	96
3.2.4 Μαγνητική επαγωγή, B	98
3.3 Σχέση ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Ηλεκτρομαγνητικό δίπολο.....	98
3.4 Μαγνητικές ιδιότητες της ύλης.....	100
3.5 Το μαγνητικό πεδίο της γης.....	102
3.5.1 Το κύριο μαγνητικό πεδίο.....	104
3.5.2 Το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο.....	114
3.5.3 Ανώμαλο μαγνητικό πεδίο.....	116
3.5.4 Κανονικό και ανάστροφο μαγνητικό πεδίο της γης.....	120
3.5.5 Γεωμαγνητικές διασκοπήσεις.....	126
3.6 Προέλευση του μαγνητικού πεδίου της γης.....	127
3.6.1 Η υπόθεση της μόνιμης μαγνήτισης του πυρήνα της γης.....	127
3.6.2 Η γη ως αυτοδιεγερόμενη ηλεκτρική γεννήτρια (ή υπόθεση δυναμό).....	129
4. Η ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	132
4.1 Εισαγωγή.....	132
4.2 Αρχές της ραδιενεργής μεταστοιχείωσης.....	132
4.3 Μονάδες ραδιενέργειας.....	133
4.4 Ραδιενεργές σειρές μεταστοιχείωσης και ισορροπία θυγατρικών προϊόντων.....	134
4.5 Ραδιενέργεια των πετρωμάτων.....	135
4.6 Όργανα μέτρησης της ραδιενέργειας.....	136
4.6.1 Μετρητής Geiger και σιντιλόμετρο.....	136
4.6.2 Φασματομετρία γ ακτινοβολίας.....	137
4.6.3 Μετρητές ραδονίου.....	137

4.7	Λήψη των μετρήσεων υπαίθρου	138
5.	Η ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	140
5.1	Εισαγωγή.....	140
5.2	Η θερμότητα μέσα στη γη.....	140
5.2.1	Πηγές θερμότητας.....	140
5.2.2	Μεταφορά Θερμότητας.....	143
5.2.3	Ροή θερμότητας εγκάρσια προς την επιφάνεια της γης.....	146
5.2.4	Τεκτονική και ροή θερμότητας	150
6.	Η ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	157
6.1	Εισαγωγή.....	157
6.2	Ηλεκτρικές ιδιότητες των ορυκτών και των πετρωμάτων.....	157
6.2.1	Ηλεκτρικά δυναμικά.....	157
6.2.2	Ηλεκτρικές αγωγιμότητες.....	160
6.3	Η μέθοδος της γεωηλεκτρικής ειδικής αντίστασης.....	164
6.3.1	Βάθος έρευνας.....	164
6.3.2	Γεωηλεκτρικές διατάξεις.....	166
6.3.3	Όργανα μέτρησης της ειδικής αντίστασης.....	168
6.3.4	Δυναμικά σε ομογενή μέσα.....	168
6.3.5	Δυναμικά σε μη ομογενή μέσα.....	171
6.3.6	Τύποι γεωηλεκτρικών καμπύλων οριζοντίων στρωμάτων (Διάταξη Schlumberger)	174
6.3.7	Γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις και οριζόντια χαρτογράφηση.....	176
6.3.8	Ερμηνεία δεδομένων γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων.....	177
6.3.9	Εφαρμογές των γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων στις υδρογεωλογικές μελέτες.....	180
6.4	Η μέθοδος Φυσικού Δυναμικού (SP).....	186
6.4.1	Εισαγωγή.....	186
6.4.2	Προέλευση του Φυσικού Δυναμικού.....	186
6.4.3	Μηχανισμός παραγωγής Φυσικού Δυναμικού πάνω σε μεταλλοφορία – Βασικές αρχές.....	187
6.4.4	Κύριες θεωρίες για το μηχανισμό παραγωγής φυσικού δυναμικού πάνω από μεταλλοφόρο σώμα.....	190
6.4.5	Όργανα - Μετρήσεις υπαίθρου.....	192
6.4.6	Σφάλματα.....	194
6.4.7	Ερμηνεία δεδομένων SP.....	194
6.5	Η μέθοδος της επαγόμενης πόλωσης.....	197
6.5.1	Εισαγωγή.....	197
6.5.2	Βασικά στοιχεία της επαγόμενης πόλωσης.....	198
6.5.3	Ορισμός γεω-φόρτισης.....	200
6.5.4	Συχνοτικές επιδράσεις της ειδικής αντίστασης.....	200
6.5.5	Μεταλλικός παράγοντας.....	201
6.5.6	Μετρήσεις IP στο πεδίο των χρόνων.....	201
6.5.7	Μετρήσεις στο συχνοτικό πεδίο.....	203
6.6	Η μέθοδος των τελλουρικών ρευμάτων.....	203
6.6.1	Εισαγωγή.....	203
6.6.2	Διασκόπηση τελλουρικού ρεύματος.....	204
6.7	Η μέθοδος της μαγνητοτελλουρικής διασκόπησης.....	206

7. ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΣΑ ΣΕ ΓΕΩΤΡΗΣΗ (ΔΙΑΓΡΑΦΙΕΣ - LOGGING).....	208
7.1 Εισαγωγή.....	208
7.2 Στοιχεία της γεώτρησης – Επίδραση του υγρού κοπής	208
7.3 Τρόπος λήψης των μετρήσεων	211
7.4 Χρησιμότητα και εφαρμογή των γεωφυσικών διαγραφιών.....	212
7.5 Γεωφυσικές μέθοδοι μέσα σε γεώτρηση	213
7.5.1 Η μέθοδος του φυσικού δυναμικού (SP).....	213
7.5.2 Η ηλεκτρική μέθοδος μέτρησης της ειδικής αντίστασης.....	214
7.5.3 Η ηλεκτρομαγνητική μέθοδος ή μέθοδος της επαγωγής.....	222
7.5.4 Ραδιενεργές διατάξεις.....	223
7.5.5 Διάταξη νετρονίων	224
7.5.6 Σεισμική διάταξη.....	224
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	226