

Περιεχόμενα

1 Πίνακες, Διανύσματα και Διανυσματική Ανάλυση	3
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Η Έννοια του Βαθμωτού Μεγέθους	4
1.3 Αλλαγή Συντεταγμένων	5
1.4 Ιδιότητες των Πινάκων Στροφής	9
1.5 Πράξεις με Πίνακες	13
1.6 Επιπλέον Ορισμοί	17
1.7 Γεωμετρική Σημασία των Πινάκων Μετασχηματισμού	19
1.8 Ορισμός των Βαθμωτών και Διανυσματικών Μεγεθών μέσω των Ιδιοτήτων Μετασχηματισμού	27
1.9 Στοιχειώδεις Πράξεις με Βαθμωτά και Διανυσματικά Μεγέθη	27
1.10 Βαθμωτό ή Εσωτερικό Γινόμενο Δύο Διανυσματικών Μεγεθών	28
1.11 Μοναδιαία Διανύσματα	31
1.12 Διανυσματικό ή Εξωτερικό Γινόμενο Δύο Διανυσμάτων	33
1.13 Παραγωγή Διανύσματος ως προς Βαθμωτό Μέγεθος	38
1.14 Παραδείγματα Παραγώγων - Ταχύτητα και Επιτάχυνση	40
1.15 Γωνιακή Ταχύτητα	45
1.16 Ο Τελεστής Ανάδελτα	48
1.17 Ολοκλήρωση Διανυσματικών Συναρτήσεων	53
Προβλήματα	56
2 Νευτώνεια Μηχανική Ενός Μόνο Σωματιδίου	63
2.1 Εισαγωγή	63
2.2 Οι Νόμοι του Νεύτωνα	64
2.3 Συστήματα Αναφοράς	69
2.4 Η Εξίσωση Κίνησης ενός Σωματιδίου	71
2.5 Θεωρήματα Διατήρησης	97
2.6 Ενέργεια	105
2.7 Όρια της Νευτώνειας Μηχανικής	112

Προβλήματα	115
3 Ταλαντώσεις	127
3.1 Εισαγωγή	127
3.2 Ο Απλός Αρμονικός Ταλαντωτής	129
3.3 Αρμονικές Ταλαντώσεις σε Δύο Διαστάσεις	133
3.4 Διαγράμματα Φάσης	136
3.5 Φθίνουσες Ταλαντώσεις	138
3.6 Ημιτονοειδείς Δυνάμεις Διέγερσης	150
3.7 Φυσικά Συστήματα	156
3.8 Αρχή της Υπέρθεσης - Σειρά Fourier	161
3.9 Η Απόκριση των Γραμμικών Ταλαντωτών σε Παρορμητικές Δυ- νάμεις Διέγερσης (Προαιρετικό)	165
Προβλήματα	174
4 Μη Γραμμικές Ταλαντώσεις και Χάος	183
4.1 Εισαγωγή	183
4.2 Μη Γραμμικές Ταλαντώσεις	185
4.3 Διαγράμματα Φάσης για Μη Γραμμικά Συστήματα	190
4.4 Επίπεδο Εκκρεμές	195
4.5 Άλλαμα, Υστέρηση Πλάτους και Φάσης	202
4.6 Χάος στο Εκκρεμές	206
4.7 Απεικόνιση	212
4.8 Προσδιορισμός του Χάους	218
Προβλήματα	224
5 Βαρύτητα	229
5.1 Εισαγωγή	229
5.2 Βαρυτικό Δυναμικό	231
5.3 Δυναμικές Γραμμές και Ισοδυναμικές Επιφάνειες	243
5.4 Πότε η Έννοια του Δυναμικού είναι Χρήσιμη;	245
5.5 Παλίρροιες	248
Προβλήματα	256
6 Μέθοδοι Λογισμού των Μεταβολών	261
6.1 Εισαγωγή	261
6.2 Διατύπωση του Προβλήματος	261
6.3 Η Εξίσωση του Euler	264
6.4 Η «Δεύτερη Μορφή» της Εξίσωσης του Euler	272
6.5 Συναρτήσεις με Πολλές Εξαρτημένες Μεταβλητές	274

6.6	Οι Εξισώσεις του Euler με Πρόσθετες Συνθήκες	275
6.7	Το Σύμβολο δ	281
	Προβλήματα	283
7	Η Αρχή του Hamilton:	
	Λαγκρανζιανή και Χαμιλτονιανή Δυναμική	287
7.1	Εισαγωγή	287
7.2	Η Αρχή του Hamilton	289
7.3	Γενικευμένες Συντεταγμένες	293
7.4	Οι Εξισώσεις Κίνησης Lagrange σε Γενικευμένες Συντεταγμένες	298
7.5	Εξισώσεις Lagrange με Απροσδιόριστους Πολλαπλασιαστές	311
7.6	Η Ισοδυναμία των Εξισώσεων του Lagrange με τις Εξισώσεις του Νεύτωνα	318
7.7	Το Νόημα της Λαγκρανζιανής Δυναμικής	321
7.8	Ενα Θεώρημα για την Κινητική Ενέργεια	323
7.9	Επανεξέταση των Θεωρημάτων Διατήρησης	324
7.10	Κανονικές Εξισώσεις Κίνησης - Χαμιλτονιανή Δυναμική	331
7.11	Ορισμένα Σχόλια για τις Δυναμικές Μεταβλητές και τον Λογισμό των Μεταβολών στη Φυσική	339
7.12	Ο Χώρος των Φάσεων και το Θεώρημα του Liouville (Προαιρετικό)	342
7.13	Το Θεώρημα Virial (Προαιρετικό)	346
	Προβλήματα	349
8	Κίνηση υπό Κεντρική Δύναμη	359
8.1	Εισαγωγή	359
8.2	Ανηγμένη Μάζα	359
8.3	Θεωρήματα Διατήρησης - Τα Πρώτα Ολοκληρώματα της Κίνησης	361
8.4	Εξισώσεις Κίνησης	364
8.5	Τροχιές σε Κεντρικό Πεδίο	368
8.6	Φυγόκεντρη Ενέργεια και Ενεργός Δυναμική Ενέργεια.	370
8.7	Πλανητική Κίνηση - Το Πρόβλημα του Kepler	374
8.8	Τροχιακή Δυναμική	380
8.9	Αψιδικές Γωνίες και Μετάπτωση (Προαιρετικά)	389
8.10	Η Ευστάθεια των Κυκλικών Τροχιών (Προαιρετικά)	394
	Προβλήματα	402
9	Δυναμική Συστήματος Σωματιδίων	409
9.1	Εισαγωγή	409
9.2	Κέντρο Μάζας	411
9.3	Ορμή Συστήματος	413

9.4	Στροφορμή Συστήματος	418
9.5	Η Ενέργεια του Συστήματος	423
9.6	Ελαστικές Κρούσεις Δύο Σωματιδίων	430
9.7	Κινηματική των Ελαστικών Κρούσεων	438
9.8	Μη Ελαστικές Κρούσεις	445
9.9	Ενεργός Διατομή Σκέδασης	449
9.10	Η Εξίσωση της Σκέδασης Rutherford	457
9.11	Κίνηση Πυραύλου	460
	Προβλήματα	468
10	Κίνηση σε Μη Αδρανειακό Σύστημα Αναφοράς	481
10.1	Εισαγωγή	481
10.2	Περιστρεφόμενα Συστήματα Αναφοράς	482
10.3	Φυγόκεντρος Δύναμη και Δύναμη Coriolis	486
10.4	Κίνηση ως προς τη Γη	491
	Προβλήματα	506
11	Δυναμική των Στερεών Σωμάτων	511
11.1	Εισαγωγή	511
11.2	Απλή Κίνηση στο Επίπεδο	513
11.3	Τανυστής Αδράνειας	516
11.4	Στροφορμή	521
11.5	Κύριοι Άξονες Αδράνειας	527
11.6	Ροπές Αδράνειας για Διαφορετικά Συστήματα Αναφοράς Σώματος	532
11.7	Περισσότερες Ιδιότητες του Τανυστή Αδράνειας	537
11.8	Γωνίες του Euler	548
11.9	Οι Εξισώσεις του Euler για Στερεό Σώμα	553
11.10	Κίνηση Συμμετρικής Σβούρας Χωρίς Δυνάμεις	558
11.11	Κίνηση Συμμετρικής Σβούρας ως προς ένα Σταθερό Σημείο	564
11.12	Ευστάθεια Περιστροφής Στερεού Σώματος	571
	Προβλήματα	575
12	Συζευγμένες Ταλαντώσεις	583
12.1	Εισαγωγή	583
12.2	Δύο Συζευγμένοι Αρμονικοί Ταλαντωτές	584
12.3	Ασθενής Σύζευξη	590
12.4	Το Γενικό Πρόβλημα των Συζευγμένων Ταλαντώσεων	592
12.5	Ορθογωνιότητα των Ιδιοδιανυσμάτων (Προαιρετικό)	599
12.6	Κανονικές Συντεταγμένες	601
12.7	Μοριακές Ταλαντώσεις	611

12.8 Τρεις Γραμμικά Συζευγμένοι Επίπεδοι Ταλαντωτές: Παράδειγμα Εκφυλισμού . . . . .	.616
12.9 Χορδή με Φορτίο . . . . .	.620
Προβλήματα . . . . .	.630
13 Συνεχή Συστήματα – Κύματα	637
13.1 Εισαγωγή . . . . .	.637
13.2 Η Συνεχής Χορδή ως Οριακή Περίπτωση της Χορδής με Φορτίο	.639
13.3 Ενέργεια Παλλόμενης Χορδής . . . . .	.642
13.4 Κυματική Εξίσωση . . . . .	.646
13.5 Εξαναγκασμένη και Φθίνουσα Κίνηση . . . . .	.648
13.6 Γενική Λύση της Κυματικής Εξίσωσης . . . . .	.652
13.7 Διαχωρισμός της Κυματικής Εξίσωσης . . . . .	.655
13.8 Φασική Ταχύτητα, Διασπορά και Εξασθένηση . . . . .	.662
13.9 Ομαδική Ταχύτητα και Κυματοπακέτα . . . . .	.668
Προβλήματα . . . . .	.673
14 Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας	677
14.1 Εισαγωγή . . . . .	.677
14.2 Γαλιλαϊκό Αναλλοίωτο . . . . .	.678
14.3 Μετασχηματισμός Lorentz . . . . .	.680
14.4 Πειραματική Επιβεβαίωση της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας	689
14.5 Σχετικιστικό Φαινόμενο Doppler . . . . .	.692
14.6 Το Παράδοξο των Διδύμων . . . . .	.696
14.7 Σχετικιστική Ορμή . . . . .	.698
14.8 Ενέργεια . . . . .	.703
14.9 Χωροχρόνος και Τετραδιανύσματα . . . . .	.706
14.10 Η Συνάρτηση Lagrange στη Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας	.717
14.11 Σχετικιστική Κινηματική . . . . .	.719
Προβλήματα . . . . .	.724
A Το θεώρημα Taylor	733
Προβλήματα . . . . .	.737
B Ελλειπτικά Ολοκληρώματα	739
B.1 Ελλειπτικά Ολοκληρώματα Πρώτου Είδους . . . . .	.739
B.2 Ελλειπτικά Ολοκληρώματα Δευτέρου Είδους . . . . .	.740
B.3 Ελλειπτικά Ολοκληρώματα Τρίτου Είδους . . . . .	.740
Προβλήματα . . . . .	.744

Γ Συνήθεις Διαφορικές Εξισώσεις Δεύτερης Τάξης	745
Γ.1 Γραμμικές Ομογενείς Εξισώσεις . . . . .	.745
Γ.2 Γραμμικές μη Ομογενείς Εξισώσεις . . . . .	.750
Προβλήματα . . . . .	.754
Δ Χρήσιμοι Μαθηματικοί Τύποι	755
Δ.1 Διωνυμικό Ανάπτυγμα . . . . .	.755
Δ.2 Τριγωνομετρικές Σχέσεις . . . . .	.756
Δ.3 Τριγωνομετρικές Σειρές . . . . .	.757
Δ.4 Εκθετικές και Λογαριθμικές Σειρές . . . . .	.757
Δ.5 Μιγαδικές Ποσότητες . . . . .	.757
Δ.6 Υπερβολικές Συναρτήσεις . . . . .	.758
Προβλήματα . . . . .	.759
Ε Χρήσιμα Ολοκληρώματα	761
Ε.1 Αλγεβρικές Συναρτήσεις . . . . .	.761
Ε.2 Τριγωνομετρικές Συναρτήσεις . . . . .	.762
Ε.3 Συναρτήσεις Γάμμα . . . . .	.763
ΣΤ Σχέσεις Διανυσματικής Ανάλυσης σε Διαφορετικά Συστήματα Συντεταγμένων	765
ΣΤ.1 Ορθογώνιες Συντεταγμένες . . . . .	.765
ΣΤ.2 Κυλινδρικές Συντεταγμένες . . . . .	.765
ΣΤ.3 Σφαιρικές Συντεταγμένες . . . . .	.767
Ζ Απόδειξη της Σχέσης $\sum_{\mu} x_{\mu}^2 = \sum_{\mu} x'_{\mu}{}^2$	769
Η Αριθμητική Λύση του Παραδείγματος 2.7	771