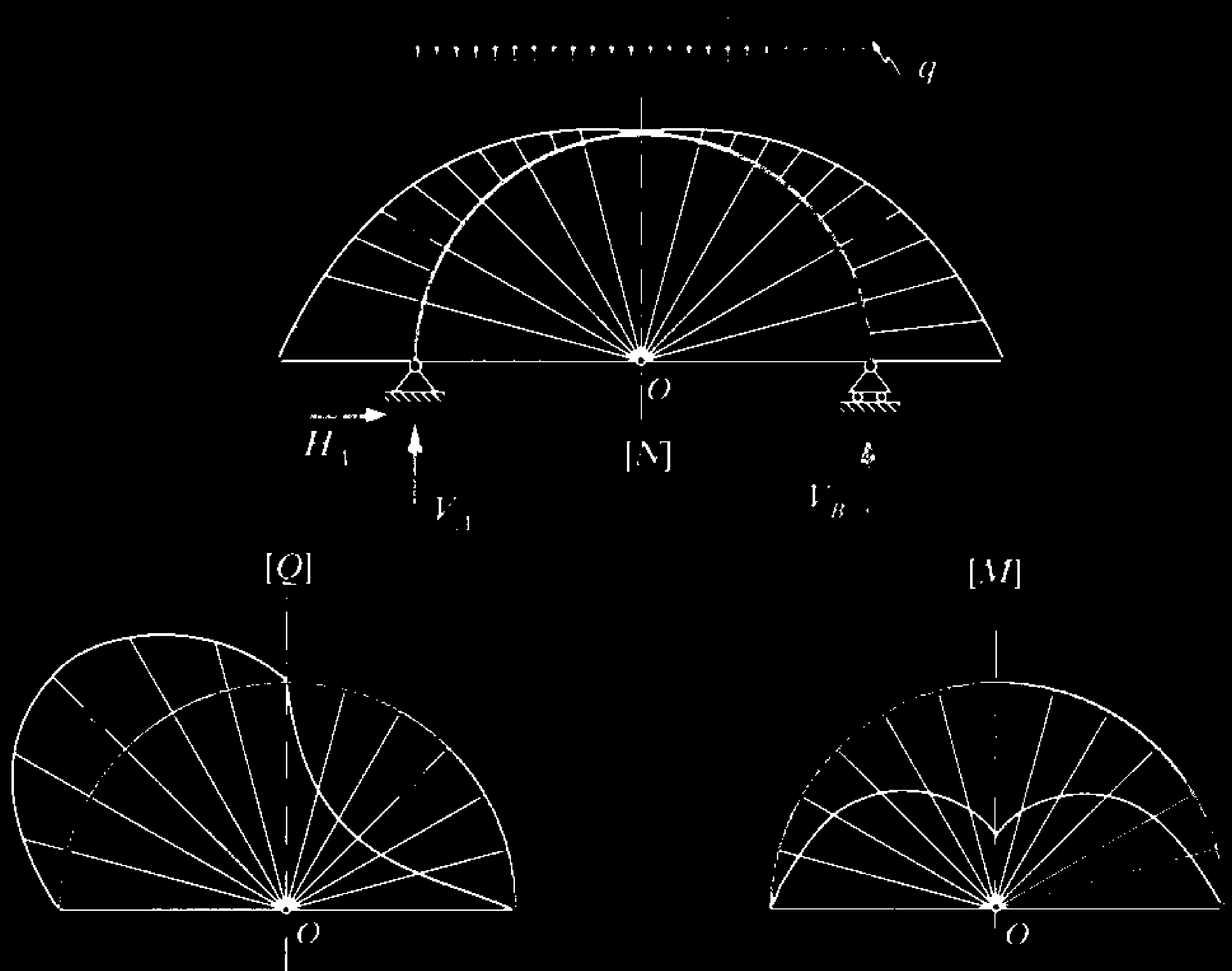


Μηχανική του απαραμόρφωτου στερεού –ΣΤΑΤΙΚΗ–

Θεωρία 239 Λεπτά Δοκίμια 1127 Έκτακτο αντί κ. ε.



**Μηχανική του
απαραμόρφωτου στερεού**

531-2

ΒΟΛ

Δ Ω Ρ Ε Δ

Dr Παναγιώτης Ανδρ. Βουθούνης
Μηχανολόγος - Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Διδάκτορας στον " Τομέα Μηχανικής "
του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθήνας

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
Αρ. εισ. 82879

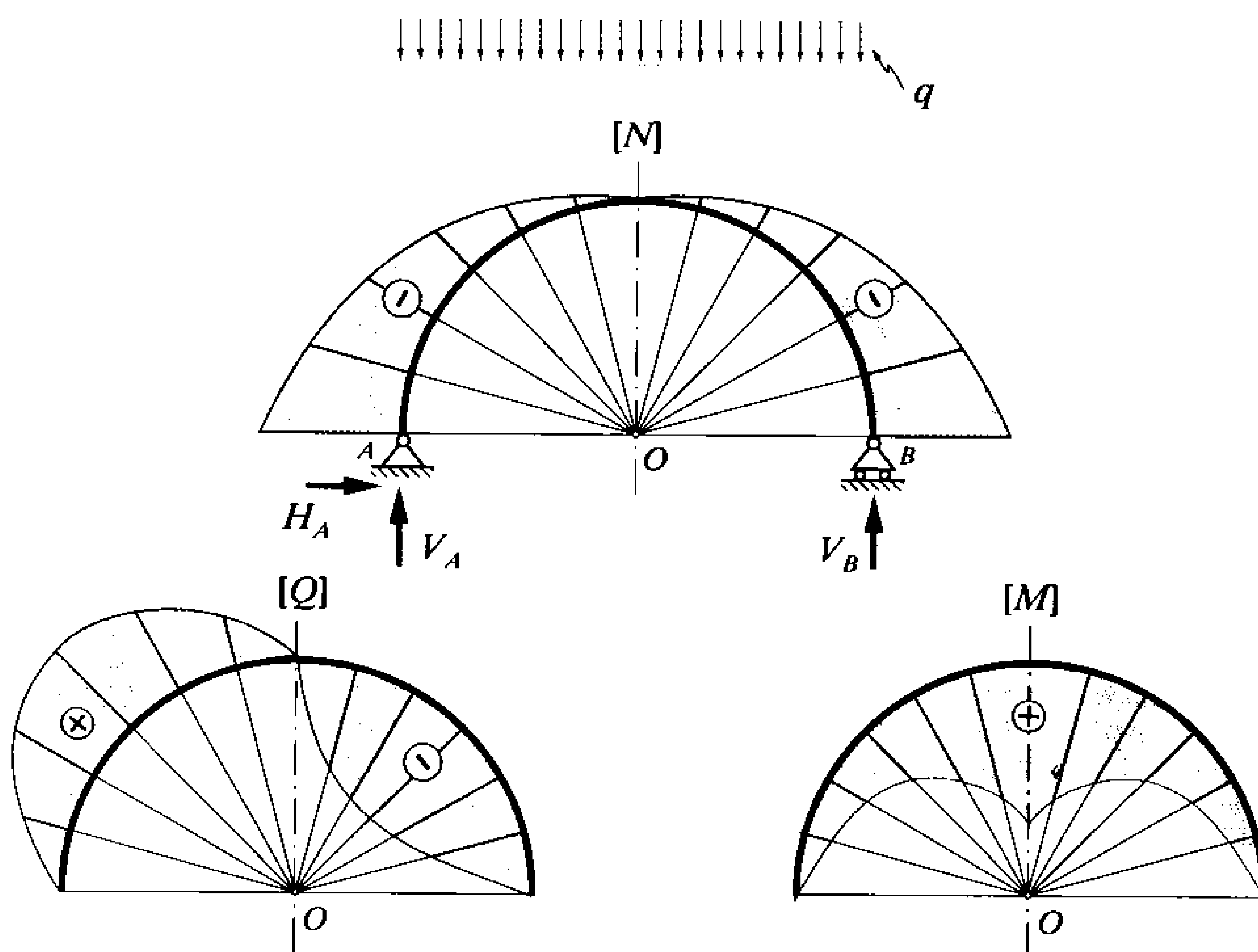
Μηχανική

του απαραμόρφωτου στερεού

- ΣΤΑΤΙΚΗ -

ισοστατικοί φορείς

Θεωρία - 239 Λυμένες Ασκήσεις - 1127 Έγχρωμα σχήματα

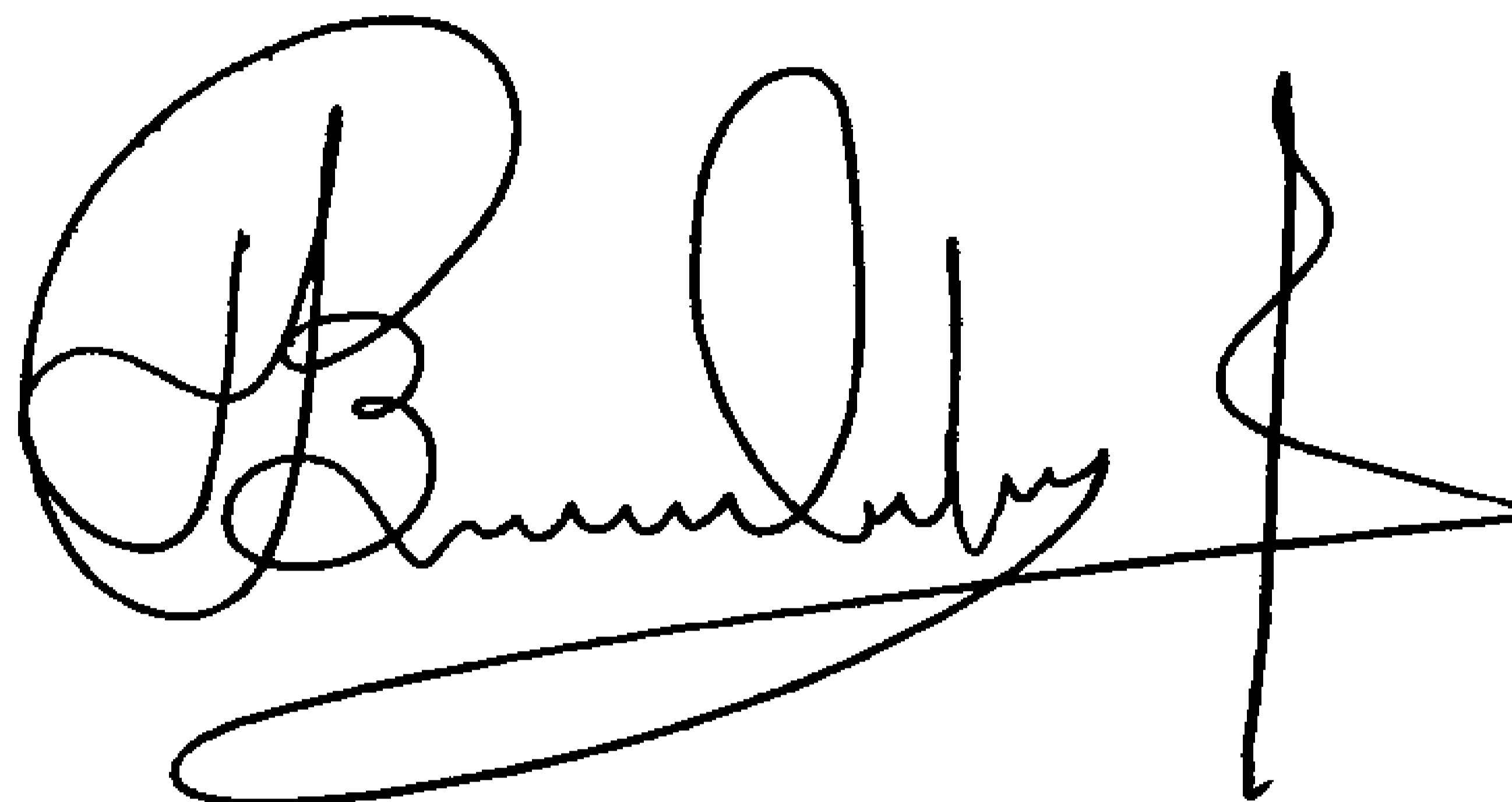


ΑΘΗΝΑ

Ο Νόμος 2387/20, το Ν.Δ. 4264/62 και ο Ν. 2121/93 κατοχυρώνουν την πνευματική ιδιοκτησία και απαγορεύουν την αναπαραγωγή με κάθε τρόπο, καθώς και την αναδημοσίευση ακόμα και τμήματος του έργου, χωρίς την έγγραφη άδεια του συγγραφέα.

Το παρόν υπόκειται σε μελλοντικό δειγματολογικό έλεγχο.

Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει την υπογραφή του συγγραφέα



Σχέδια: Ε. Πολυχρονιάδη, Ν. Παρασκευόπουλος

Δακτυλογράφηση: Μ. Πατατούκου, Κ. Σταματίου

Φωτοστοιχειοθεσία: Π. Βουθούνης, Μ. Πατατούκου

Μορφοποίηση κειμένου – επιμέλεια: Π. Βουθούνης, Μ. Πατατούκου, Κ. Σταματίου

Μοντάζ-Εξώφυλλο: Α. Παπαδημητρίου, τηλ. 5144942

Φωτοσύνθεση: *Graffiti* prepress, με Linotronic 330, στα 2500 dpi, τηλ. 6810450

Τυπογραφείο: Δ. Κουτουρίνης, τηλ. 5736588

ISBN 960 – 85431 – 3 – 4

Copyright: *Παναγιώτης Α. Βουθούνης*

Διεύθυνση: Ηλέκτρας Αποστόλου 81 Τ.Κ. 141 22, Νέο Ηράκλειο

Τηλέφωνο: 0972-713826 Fax: 2750036

Έκδοση : Του ιδίου του Συγγραφέα *Παναγιώτη Α. Βουθούνη*

Το βιβλίο αυτό εκδόθηκε στην Αθήνα. Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται. Απαγορεύεται η ανατύπωση, αναδημοσίευση ή αντιγραφή μέρους ή όλου του βιβλίου ή των σχημάτων του, η αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, η μετάδοση με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας (ηλεκτρονικό, μηχανικό, φωτοαντιγραφικό, φωνογραφικό, κ.λ.π.) χωρίς τη νόμιμη εκχώρηση έγγραφης άδειας από τον συγγραφέα.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form by any means electrical, mechanical or otherwise, without first seeking the written permission of the copyright owner and of the author.

*Αφιερώνεται
στη Μητέρα μου
σαν ελάχιστο δείγμα τιμής*

5 Φεβρουαρίου 1998

ΠΡΟΛΟΓΟΣ Α' και Β' έκδοσης

Το βιβλίο αυτό καλύπτει τις ουσιαστικές ανάγκες των Σπουδαστών της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στο μάθημα Μηχανική Ι (Στατική ισοστατικών φορέων). Επειδή αυτό είναι κυρίως μάθημα ασκήσεων, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση σε αυτές.

Η κύρια ύλη του βιβλίου χωρίζεται σε 11 Κεφάλαια, που αποτελούνται από τη Θεωρία, την Περίληψη, τις Σημειώσεις, τις Λυμένες και τις Άλυτες Ασκήσεις. Τα αναλυτικά περιεχόμενα κάθε Κεφαλαίου προτάσσονται της αντίστοιχης θεωρίας.

– **Θεωρία:** Κατά τη συγγραφή της, κατεβλήθη ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε να παρουσιαστεί κατά τρόπο απλό, σύντομο και πιστεύουμε εύληπτο.

– **Περίληψη:** Αποτελείται, από αυστηρά δισέλιδη συνοπτική παρουσίαση του κάθε Κεφαλαίου. Πιστεύουμε ότι αυτή θα διευκολύνει το Σπουδαστή στις επαναλήψεις του και στην "οπτική" απεικόνιση της ύλης του, ή και σαν χρήση **Τυπολόγιου**.

– **Σημειώσεις:** Στις δύο σελίδες που διατίθενται, μπορεί ο Σπουδαστής να γράψει πιθανές συμπληρώσεις θεωρίας ή ασκήσεων ή και διευκρινίσεις του Κεφαλαίου.

– **Λυμένες Ασκήσεις:** Η πλούσια και επιλεκτική αυτή συλλογή, πιστεύουμε ότι καθιστά το Σπουδαστή ικανό να εμπεδώσει πλήρως και σε βάθος την ύλη του κάθε Κεφαλαίου. Αυτές χωρίζονται στις ανά παράγραφο και στις Γενικές (που είναι και οι δυσκολότερες).

Οι Ασκήσεις αυτές, επιλύονται κατά τρόπο ομοιόμορφο, ώστε να υποδεικνύονται σταθερά και απaráβαρα τα λεγόμενα "βήματα" της Άσκησης. Ο τρόπος αυτός της επίλυσης δεν είναι πάντα ο συντομότερος, πιστεύουμε όμως, ότι είναι ο ασφαλέστερος και ίσως ο μοναδικός, ώστε μέσα από αυτόν να μπορέσει ο Σπουδαστής να κατανοήσει πλήρως και σε βάθος την ύλη του μαθήματος.

Ο παραπάνω μονότονος τρόπος παρουσίασης της λύσης κρίνεται **απαραίτητος**, ώστε να γίνεται βίωμα του Σπουδαστή "η πορεία πλεύσης" για τη λύση και συναφών τεχνικών προβλημάτων. Του δίνει επίσης μία πρώτη τάξεως απάντηση στο καυτό ερώτημα των εξετάσεων "και τώρα τι κάνουμε;"

Σε πολλές όμως Ασκήσεις υποδεικνύονται και άλλοι τρόποι λύσης, προκειμένου ο Σπουδαστής να μπορεί να βλέπει το πρόβλημα και από άλλες "οπτικές γωνίες".

Δεν φειστήκαμε κόπου και χρόνου, ώστε η κάθε Άσκηση να ολοκληρώνεται χωρίς ο αναγνώστης να αναγκαστεί να γυρίσει ποτέ τη σελίδα.

– **Άλυτες Ασκήσεις:** Αποτελούνται από σειρά ασκήσεων ανάλογες των Λυμένων.

Από τη θέση αυτή, επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά "αυτούς που ενέπνευσαν και παρότρυναν τη συγγραφή του παρόντος" και ιδιαίτερα όλους εκείνους που συνέβαλαν με τον οποιονδήποτε τρόπο στην αποπεράτωση και στην εν γένει εμφάνιση του βιβλίου αυτού.

Ιδιαίτερα όμως, θερμότερες ευχαριστίες εκφράζω στους συνεργάτες μου, Μ. Πατατούκου, Α. Μάγνη, Μ. Κουτσοδενδρή, Κ. Σταματίου, Ε. Πολυχροσιάδη, Ν. Παρασκευόπουλο, διότι τίποτε αξιόλογο δεν γίνεται, αν δεν έχεις αξίους συνεργάτες.

Επιθυμώ επίσης να ευχαριστήσω τους Συναδέλφους, Δρ Δ. Καραμουσαντά και Δρ Δ. Παύλου για τις εύστοχες υποδείξεις τους κατά τη συγγραφή του παρόντος.

Οποιοσδήποτε παρατηρήσεις για λάθη, τυπογραφικές αβλεψίες ή παραλείψεις θα είναι πάντοτε ευπρόσδεκτες.

– Στο βιβλίο αυτό, για λόγους απλότητας, θεωρήσαμε $g (= 9.81 \text{ m/s}^2) \approx 10 \text{ m/s}^2$.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ Γ' έκδοσης

Στην έκδοση αυτή, προσθέσαμε την χρήσιμη μονοσέλιδη "**Μεθοδολογία**" επίλυσης Ασκήσεων του κάθε Κεφαλαίου, με παραπομπές στις αντίστοιχες Ασκήσεις.

Dr Παναγιώτης Α. Βουθούνης

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος
Συνοπτικά περιεχόμενα
Ευρετήριο πινάκων
Ευρετήριο συντομογραφιών
Πίνακας συμβόλων

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

XII

Αρχές της Μηχανικής – Είδη φορτίων – Είδη φορέων

Κεφ. 1 ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΓΙΣΜΟΣ

1

Εσωτερικό ή βαθμωτό γινόμενο διανυσμάτων – Εξωτερικό ή διανυσματικό γινόμενο διανυσμάτων – Γινόμενο τριών διανυσμάτων – Ροπή δύναμης – Σύστημα δυνάμεων – Λογισμός διανυσματικών συναρτήσεων.

Μεθοδολογία – Περίληψη

38 Λυμένες Ασκήσεις – 44 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 2 ΣΥΝΕΠΙΠΕΔΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

43

Συγγραμμικές δυνάμεις – Συντρέχουσες δυνάμεις – Συνεπίπεδες τυχαίες δυνάμεις – Παράλληλες δυνάμεις – Ανάλυση δύναμης σε τρεις συνιστώσες

Μεθοδολογία – Περίληψη

21 Λυμένες Ασκήσεις – 24 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 3 ΚΕΝΤΡΑ ΒΑΡΟΥΣ

81

Στατική ροπή επιφάνειας – Κέντρο βάρους επιφάνειας – Κέντρο βάρους γραμμών – Κέντρο βάρους στερεού σώματος – Θεωρήματα Πάππου

Μεθοδολογία – Περίληψη

21 Λυμένες Ασκήσεις – 27 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 4 ΔΟΚΟΙ – Διαγράμματα $[N]$, $[Q]$, $[M]$

121

Υπολογισμός αντιδράσεων – Συναρτήσεις $N(x)$, $Q(x)$, $M(x)$ – Διαγράμματα $[N]$, $[Q]$, $[M]$ – Δοκοί με ενδιάμεσες αρθρώσεις (Gerber) – Διαγράμματα με γενικευμένες συναρτήσεις

Μεθοδολογία – Περίληψη

30 Λυμένες Ασκήσεις – 36 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 5 ΠΛΑΙΣΙΑ

197

Αμφιέρειστα ολόσωμα πλαίσια – Τριαρθρωτά πλαίσια – Πλαίσια με ενδιάμεσες αρθρώσεις – Συμμετρικά πλαίσια

Μεθοδολογία – Περίληψη

14 Λυμένες Ασκήσεις – 17 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 6 ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΑ 251

Ισοστατικότητα-στερότητα – Μέθοδος κόμβων – Μέθοδος τομών Ritter – Μέθοδος Bow - Cremona – Μέθοδος μητρώων – Συμμετρικά δικτυώματα – Ενδιάμεσες αρθρώσεις - Τριαρθρωτά δικτυώματα – Έμμεση φόρτιση
Μεθοδολογία – Περίληψη
25 Λυμένες Ασκήσεις – 17 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 7 ΤΟΞΑ 323

Αμφιέρειστα τόξα – Συμμετρικά τόξα – Τριαρθρωτά τόξα
Μεθοδολογία – Περίληψη
5 Λυμένες Ασκήσεις – 12 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 8 ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ ΦΟΡΕΙΣ – καλώδια 355

Κατακόρυφη κατανεμημένη φόρτιση σε καλώδια με ισοϋψή στηρίγματα – Κατακόρυφη κατανεμημένη φόρτιση σε καλώδια με ανισοϋψή στηρίγματα – Κατακόρυφα συγκεντρωμένα φορτία σε καλώδια ισοϋψή και ανισοϋψή
Μεθοδολογία – Περίληψη
9 Λυμένες Ασκήσεις – 11 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 9 ΤΡΙΒΗ 383

Στατική και κινητική τριβή – Σφήνες – Ανυψωτικός κοχλίας – Τριβή ιμάντα με τροχαλία – Τριβή αξόνων στους τριβείς τους – Τριβή στροφαλισμού - δισκόφρενα – Τριβή κύλισης
Μεθοδολογία – Περίληψη
24 Λυμένες Ασκήσεις – 17 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 10 ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΦΟΡΕΙΣ 433

Συμμετρικοί φορείς – Έμμεση φόρτιση – Ανάλυση των κατασκευών - Μηχανισμοί – Σύνθετοι φορείς
Περίληψη – Μεθοδολογία
30 Λυμένες Ασκήσεις – 13 Άλυτες Ασκήσεις

Κεφ. 11 ΦΟΡΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ 507

Κεντρικός άξονας – Φορείς στο χώρο - Αντιδράσεις – Διαγράμματα $[N]$, $[Q]$, $[M]$, $[M_t]$ στο χώρο – Χωροδικτυώματα.
Μεθοδολογία – Περίληψη
22 Λυμένες Ασκήσεις – 12 Άλυτες Ασκήσεις

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 577

Βιβλιογραφία – Αλφαβητικό ευρετήριο όρων

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	0.1-	Διάφορα είδη φορτίων.....	XIV
»	0.2-	Διάφορα είδη φορέων.....	XV
Πίνακας	4.1-	Συνισταμένη φορτίων και θέση του Κ.Β.	124
»	4.2-	Διαγράμματα $[Q]$, $[M]$ για διάφορες φορτίσεις.....	133
»	4.3-	Τα εντατικά μεγέθη $q(x)$, $Q(x)$, $M(x)$ σε συνάρτηση με τον τρόπο φόρτισης.....	137
Πίνακας	9.1-	Συντελεστής στατικής τριβής.....	391

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Δ.-Α.	.....	Δράση - Αντίδραση
Δ.Ε.Σ.	.....	Διάγραμμα ελεύθερου σώματος
Ε.Σ.Ι.	.....	Εξισώσεις στατικής ισορροπίας
Δ.Α.Δ. ή $[N]$	.....	Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων
Δ.Ρ.Κ. ή $[M]$	.....	Διάγραμμα ροπών κάμψης
Δ.Τ.Δ. ή $[Q]$	.....	Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων
Κ.Β.	.....	Κέντρο βάρους
Σ.Ε.Ι.	.....	Στερεοστατικές εξισώσεις ισορροπίας

Η Μηχανική είναι ίσως το χαρακτηριστικότερο μάθημα των Μηχανικών και αναμφίβολα από τα δυσκολότερα.

Πιστεύουμε ότι το διάβασμα ενός δύσκολου μαθήματος γίνεται ευκολότερο, όταν το βιβλίο είναι πρακτικό και ευχάριστο.

Σε αυτό ακριβώς στοχεύει το παρόν βιβλίο.

Π. Α. Β.