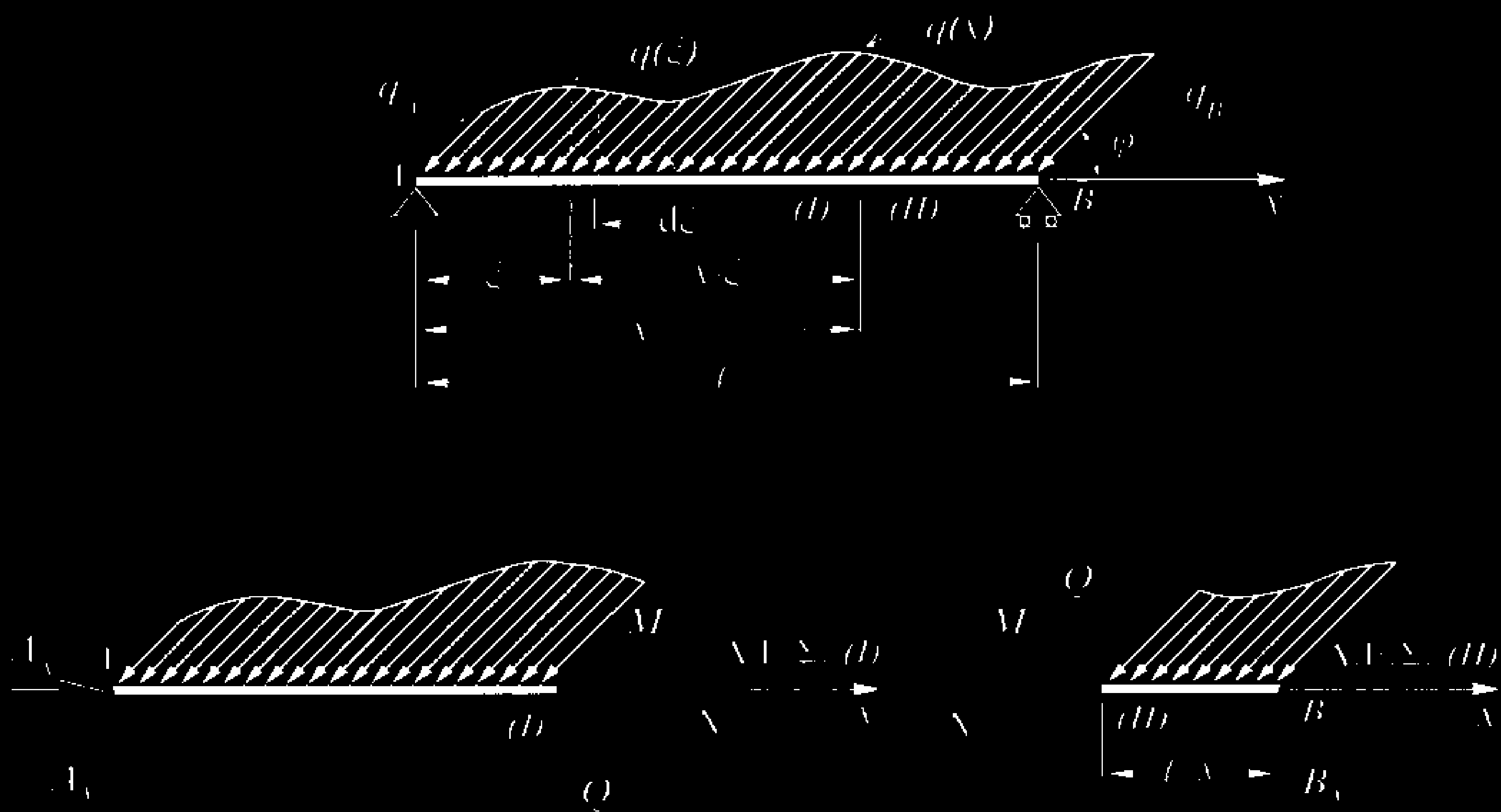


# ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

## ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



ΑΘΗΝΑ

τεχνική μηχανική  
**ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

**ΕΚΔΟΣΗ Ζ'**  
**2011**

N

620.112  
BOY

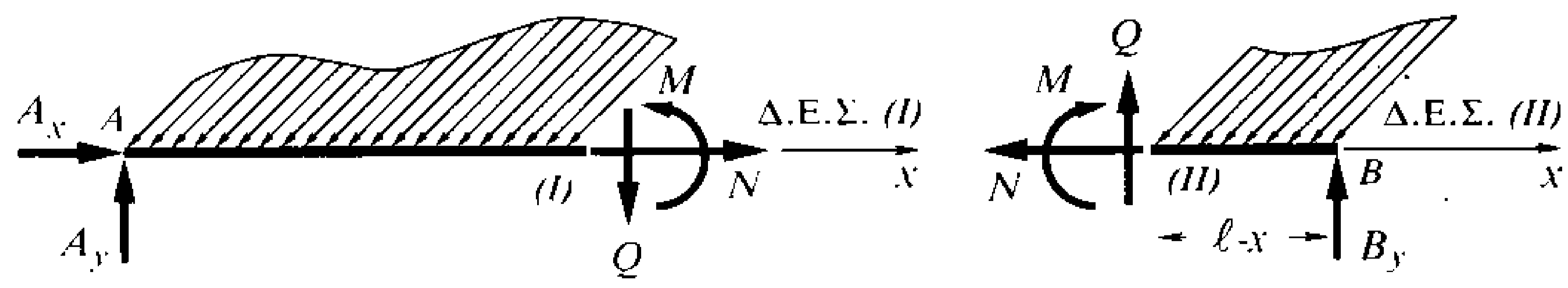
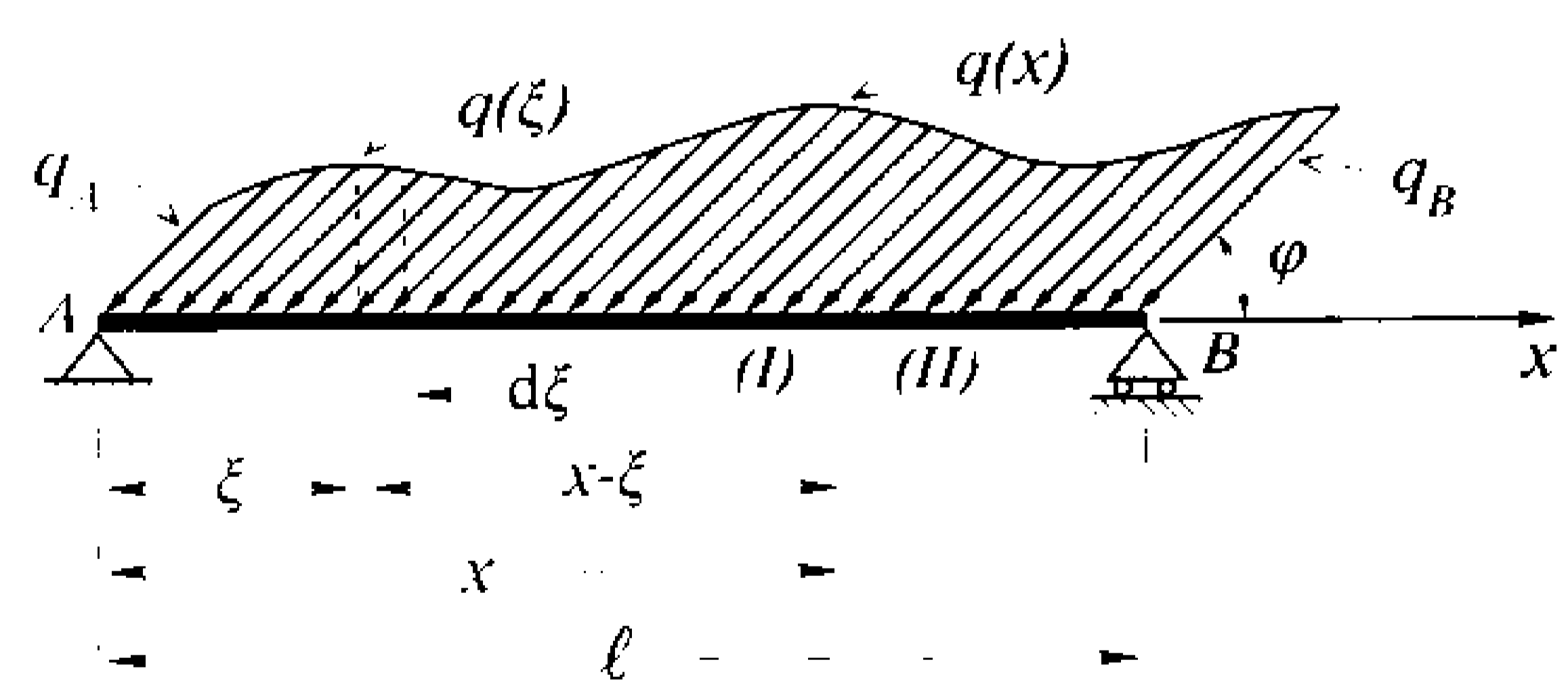
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑ  
Αρ. εισ. 81550

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

# ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

## ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Θεωρία – 180 Λυμένες Ασκήσεις – 600 Έγχρωμα σχήματα

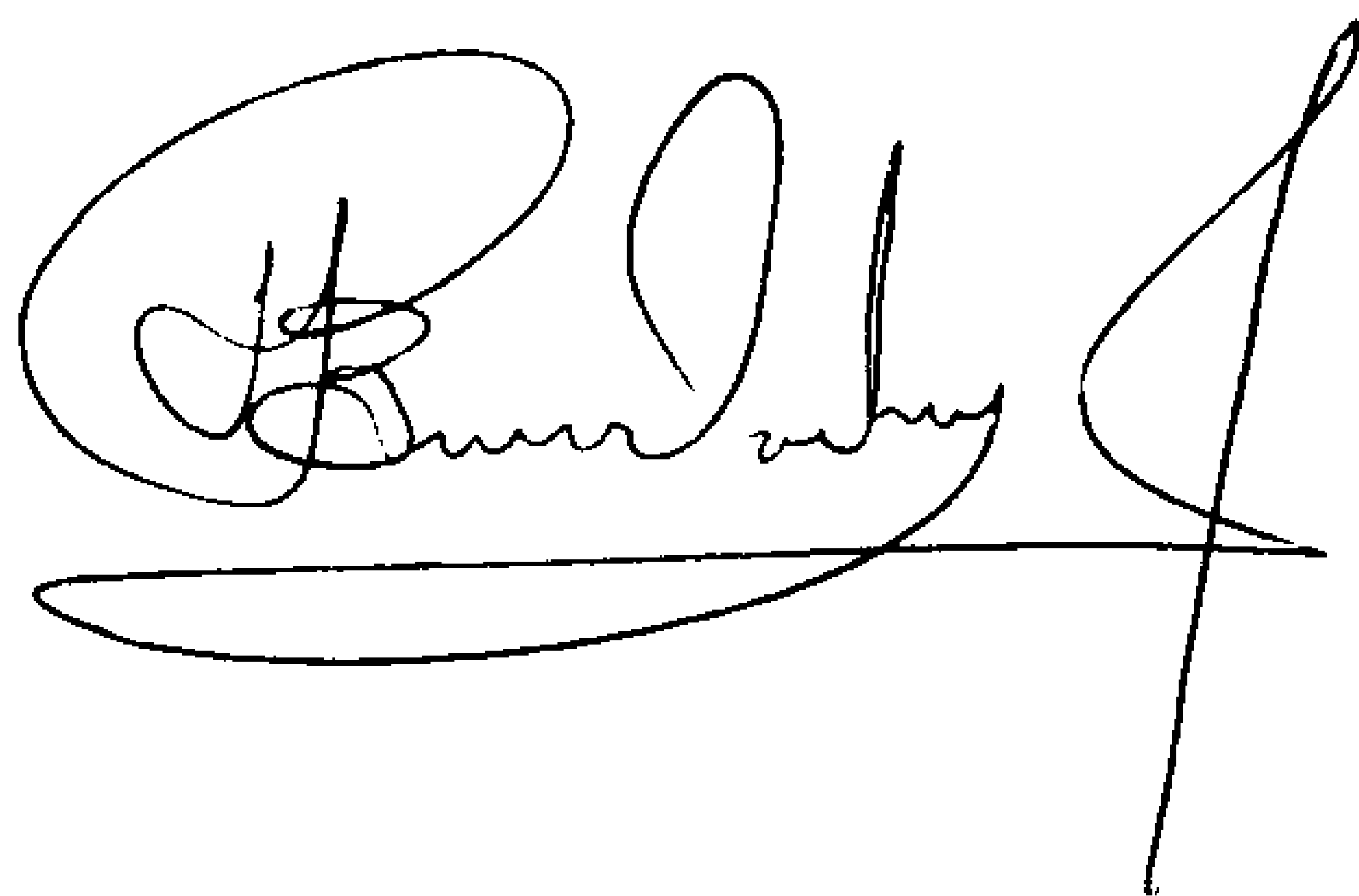


ΑΘΗΝΑ

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:** Μ. Κουτσοδενδρής

**Δακτυλογράφηση:** Ε. Ζέρβα, Β. Λούρα

**Φωτοστοιχειοθεσία:** Π. Βουθούνης, Μ. Κουτσοδενδρής

**Μορφοποίηση κειμένου - επιμέλεια:** Χ. Ζέρβας

**Μοντάζ-Εξώφυλλο:** Α. Καλέμης & ΣΙΑ Ο.Ε

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

**Τυπογραφείο:** Λ. Κουτουρίνης

ISBN 960 – 85431 – 4 – 2

**Copyright:** Παναγιώτης Α. Βουθούνης, Δελφών 26 Τ.Κ. 141 22, Νέο Ηράκλειο, τηλ: 094-24.43.91

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*  
*στο Δάσκαλό μου και σημερινό Αντιπρύτανη του Ε.Μ.Π.*  
*κ. Γιώργο Τσαμασφύρο*

*23 Νοεμβρίου 1993*

## ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Συνοπτικά Περιεχόμενα  
Πρόλογος  
Αναλυτικά Περιεχόμενα  
Οδηγίες στον Αναγνώστη  
Ευρετήριο Πινάκων  
Πίνακας Συμβόλων

Κεφ. 1:	ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Κεφ. 2:	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ $\sigma$ - $\epsilon$
Κεφ. 3:	ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΘΛΙΨΗ
Κεφ. 4:	ΔΙΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΘΛΙΨΗ
Κεφ. 5:	ΔΙΑΤΜΗΣΗ
Κεφ. 6:	ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΠΕΔΗ ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
Κεφ. 7:	ΚΕΝΤΡΑ ΒΑΡΟΥΣ - ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ
Κεφ. 8:	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ $N$ , $Q$ , $M$
Κεφ. 9:	ΚΑΜΨΗ
Κεφ. 10:	ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ
Κεφ. 11:	ΣΤΡΕΨΗ
Κεφ. 12:	ΛΥΓΙΣΜΟΣ
Κεφ. 13:	ΔΙΠΛΗ ΚΑΙ ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΚΑΜΨΗ
Κεφ. 14:	ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ
Κεφ. 15:	ΚΑΘΕΤΗ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΦΟΡΤΙΣΗ
Κεφ. 16:	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ
Κεφ. 17:	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ
Κεφ. 18:	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Κεφ. 19:	ΥΠΕΡΣΤΑΤΙΚΟΙ ΔΟΚΟΙ
Κεφ. 20:	ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ
Κεφ. 21:	ΕΛΑΣΤΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακες τυποποιημένων διατομών  
Βιβλιογραφία  
Αλφαβητικό ευρετήριο όρων

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

### Πρόλογος Α' έκδοσης:

Το βιβλίο αυτό γράφτηκε, προκειμένου να καλύψει τις ουσιαστικές ανάγκες των Σπουδαστών Τ.Ε.Ι. και Α.Σ.Ε.Τ.Ε.Μ. στο μάθημα Μηχανική ΙΙ (Αντοχή των Υλικών), των τμημάτων Μηχανολογίας, Πολιτικών Έργων Υποδομής, Πολιτικών Δομικών Έργων, Ν/Γ, Γ/Μ, Ο/Ρ, Χ/Π, Κ/Υ, Στρατιωτικών Σχολών, των σχολών Α.Δ.Σ.Ε.Ν., και γενικότερα Σχολών της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Ευελπιστούμε επίσης ότι θα αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα για τους Μηχανικούς που ασχολούνται με συναφή θέματα, λόγω των πολλών εφαρμογών που περιέχει.

Στο τέλος του βιβλίου, υπάρχει Παράρτημα με χρήσιμους Πίνακες τυποποιημένων διατομών. Σε αυτό η αρίθμηση των σελίδων είναι αυτόνομη, προιάσσοντας το γράμμα Π.

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

Θερμότερες ευχαριστίες εκφράζω στον κ. Μ. Κουτσοδενδρή για τα υπέροχα σχέδια του βιβλίου. Ευχαριστώ επίσης τους Σπουδαστές μου, Μ. Παύλου, Μ. Πατατούκου, Δ. Παπούλη, Γ. Φωτόπουλο, Π. Δέτση, καθώς και τις δίδες Ε. Ζέρβα και Β. Λούρα για την υποδειγματική δακτυλογράφηση του κειμένου.

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

### Πρόλογος Β' έκδοσης:

Η θερμή υποδοχή της Α' έκδοσης (Δεκέμβριος 1993), μας οδήγησε στην γρήγορη επανέκδοση του βιβλίου αυτού. Έτσι μας έδωσε την ευκαιρία αφενός μεν να διορθώσουμε κάποιες αβλεψίες της αρχικής έκδοσης, αφετέρου δε να συμπληρώσουμε το έργο αυτό, με τα Κεφάλαια 18, 19 και 20. Στο τελευταίο περιέχονται ειδικοί παράγραφοι της Αντοχής των Υλικών.

Νοιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά όλους αυτούς που βοήθησαν σε αυτό και ιδιαίτερα τους κ.κ. Χ. Ζέρβα και Β. Υφαντή.

### Πρόλογος Γ' έκδοσης

Στην έκδοση αυτή διορθώθηκαν μερικά παροράματα και αναδιαρθρώθηκε το Κεφάλαιο 6 της Επίπεδης έντασης & Επίπεδης παραμόρφωσης. Ευχαριστώ θερμά το σπουδαστή μου Ν. Παρασκευόπουλο, για τα ωραία σχέδια.

### Πρόλογος Δ', Ε' έκδοσης

Στην έκδοση αυτή προστέθηκαν μερικές ακόμη παράγραφοι στο Κεφ. 20 και συμπληρώθηκε περαιτέρω με το Κεφ. 21. Επ' αυτού ευχαριστίες οφείλω στις συνεργάτιδες μου Κ. Σταματίου και Ε. Πολυχρονιάδη.

Δρ Παναγιώτης Α. Βουθούνης

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Συνοπτικά Περιεχόμενα  
Πρόλογος  
Αναλυτικά Περιεχόμενα  
Οδηγίες στον Αναγνώστη  
Ευρετήριο Πινάκων  
Πίνακας Συμβόλων

<b>Κεφ. 1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	
1.1-	Εισαγωγή.....	1
1.2-	Διείρεση της Τεχνικής Μηχανικής.....	3
1.3-	Αντικείμενο της Αντοχής των Υλικών.....	5
1.4-	Είδη καταπονήσεων.....	6
1.5-	Είδη φορτίων.....	8
1.6-	Είδη φορέων.....	11
1.7-	Παραδοχές της Αντοχής των Υλικών.....	12
1.8-	Μέθοδος των τομών.....	15
1.9-	Μικροσκοπική ανάλυση εσωτερικών δυνάμεων.....	19
1.10-	Αρχή της επαλληλίας.....	20
<b>Κεφ. 2</b>	<b>ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ <math>\sigma</math>-<math>\epsilon</math></b>	
2.1-	Εισαγωγή.....	21
2.2-	Είδη τάσεων και εντατική κατάσταση.....	24
2.3-	Είδη παραμορφώσεων.....	31
2.4-	Διαγράμματα $\sigma$ - $\epsilon$ για εφελκυσμό.....	35
2.5-	Διάγραμμα $\sigma$ - $\epsilon$ για θλίψη.....	40
2.6-	Πλαστική παραμόρφωση.....	41
2.7-	Όλκιμη και ψαθυρή θραύση.....	42
2.8-	Βρόγχος υστέρησης.....	43
2.9-	Φαινόμενο <i>Bauschinger</i> .....	44
2.10-	Εξιδανικευμένη συμπεριφορά των υλικών.....	45
2.11-	Στατική τάση θραύσης - Διαστολή και συστολή θραύσης.....	47
2.12-	Επιτρεπόμενη τάση - Συντελεστής ασφαλείας.....	49
2.13-	Δυναμική τάση θραύσης - Κόπωση.....	54
	Λυμένες ασκήσεις.....	57
<b>Κεφ. 3</b>	<b>ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΘΛΙΨΗ</b>	
3.1-	Εισαγωγή.....	59
3.2-	Νόμος του <i>Hooke</i> .....	60
3.3-	Λόγος του <i>Poisson</i> .....	67



3.4-	Διόγκωση εφελκόμενης ράβδου.....	70
3.5-	Διαστασιολόγηση εφελκόμενης ράβδου.....	74
3.6-	Εφελκυσμός ράβδου μεταβλητής διατομής.....	77
3.7-	Εφελκυσμός λόγω ιδίου βάρους.....	80
3.8-	Θερμικές τάσεις και παραμορφώσεις.....	85
3.9-	Ισοστατικά προβλήματα.....	91
3.10-	Υπερστατικά προβλήματα.....	93
3.11-	Τάσεις σε πλάγιες τομές.....	99
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	106

#### **Κεφ. 4 ΔΙΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ – ΘΛΙΨΗ**

4.1-	Εισαγωγή.....	121
4.2-	Τάσεις σε πλάγιες τομές.....	122
4.3-	Πρόσημο των διατμητικών τάσεων.....	127
4.4-	Οι παραμορφώσεις.....	128
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	131

#### **Κεφ. 5 ΔΙΑΤΜΗΣΗ**

5.1-	Εισαγωγή και υπενθυμίσεις.....	133
5.2-	Διατμητικές τάσεις - Επιφάνεια διάτμησης.....	136
5.3-	Διατμητική καταπόνηση ήλου.....	141
5.4-	Καταπόνηση του ελάσματος.....	144
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	150

#### **Κεφ. 6 ΕΠΙΠΕΔΗ ΕΝΤΑΣΗ & ΕΠΙΠΕΔΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ**

6.1-	Εισαγωγή.....	155
6.2-	Ανάλυση της γενικής επίπεδης έντασης.....	156
6.3-	Κύκλος του <i>Mohr</i> για τις τάσεις.....	164
6.4-	Καθαρή διάτμηση.....	169
6.5-	Σχέση των μέτρων ελαστικότητας $E$ και $G$ .....	170
6.6-	Τροχιές των τάσεων ή ισοστασικές γραμμές.....	172
6.7-	Ανάλυση των παραμορφώσεων.....	173
6.8-	Γενικευμένος νόμος του <i>Hooke</i> .....	179
6.9-	Μηκυνσιόμετρα.....	181
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	182

#### **Κεφ. 7 ΚΕΝΤΡΑ ΒΑΡΟΥΣ – ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ**

7.1-	Εισαγωγή.....	185
7.2-	Στατική ροπή επιφάνειας.....	186
7.3-	Κέντρο βάρους επιφάνειας.....	188
7.4-	Ροπή αδράνειας επιφάνειας.....	193
7.5-	Πολική ροπή αδράνειας.....	196



10.3-	Μέθοδος διπλής ολοκλήρωσης.....	321
10.4-	Μέθοδος γενικευμένων συναρτήσεων.....	324
10.5-	Μέθοδος επαλληλίας.....	329
10.6-	Μέθοδος <i>Mohr</i> -Συζυγής δοκός.....	334
10.7-	Μέθοδος διαγραμμάτων ροπών κάμψης.....	337
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	343

### Κεφ. 11

### ΣΤΡΕΨΗ

11.1-	Εισαγωγή.....	347
11.2-	Στρέψη ράβδου κυκλικής διατομής.....	349
11.3-	Στρέψη κυκλικής μεταβλητής διατομής.....	357
11.4-	Στρέψη ράβδου μη κυκλικής διατομής.....	361
11.5-	Στρέψη λεπτότοιχων σωλήνων.....	365
11.6-	Στατικά αόριστα προβλήματα στρέψης.....	370
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	371

### Κεφ. 12

### ΛΥΓΙΣΜΟΣ

12.1-	Εισαγωγή.....	375
12.2-	Περιπτώσεις λυγισμού.....	376
12.3-	Τύπος του <i>Euler</i> .....	377
12.4-	Κρίσιμη τάση λυγισμού.....	384
12.5-	Η επίδραση της εκκεντρότητας.....	390
12.6-	Η μέθοδος των συντελεστών $\omega$ .....	391
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	395

### Κεφ. 13

### ΔΙΠΛΗ ΚΑΙ ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΚΑΜΨΗ

13.1-	Εισαγωγή.....	399
13.2-	Διπλή κάμψη διπλά συμμετρικής διατομής.....	401
13.3-	Λοξή κάμψη διπλά συμμετρικής διατομής.....	404
13.4-	Λοξή κάμψη δοκών με τυχαία διατομή.....	409
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	413

### Κεφ. 14

### ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

14.1-	Εισαγωγή.....	417
14.2-	Γενικές συνθήκες ισορροπίας σώματος.....	418
14.3-	Πλήρης ανάλυση της συνισταμένης των εξωτ. δυνάμεων.....	421
14.4-	Σχέση εσωτερικών δυνάμεων και τάσεων.....	423
14.5-	Είδη σύνθετων καταπονήσεων.....	427
14.6-	Έλεγχος αντοχής-Διαστασιολόγηση.....	428
14.7-	Καταπόνηση από έκκεντρη δύναμη.....	430
14.8-	Κάμψη και διάτμηση.....	432
14.9-	Αξονική καταπόνηση και στρέψη.....	437

14.10-	Κάμψη και στρέψη.....	440
14.11-	Αξονική δύναμη, κάμψη και στρέψη.....	443
14.12-	Στρέψη, κάμψη και διάτμηση.....	444
14.13-	Αξονική δύναμη, στρέψη, κάμψη, διάτμηση.....	445
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	446

### **Κεφ. 15 ΚΑΘΕΤΗ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΦΟΡΤΙΣΗ**

15.1-	Εισαγωγή.....	449
15.2-	Κάθετη έκκεντρη φόρτιση διπλά συμμετρικών διατομών.....	452
15.3-	Κάθετη έκκεντρη φόρτιση τυχαίας διατομής.....	458
15.4-	Πυρήνας της διατομής.....	464
15.5-	Αδρανής περιοχή.....	470
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	473

### **Κεφ. 16 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

16.1-	Εισαγωγή.....	479
16.2-	Μηχανικά χαρακτηριστικά.....	480
16.3-	Σκληρότητα.....	484
16.4-	Θερμική κατεργασία.....	487
16.5-	Αναδίπλωση.....	488
16.6-	Επίδραση συνθηκών περιβάλλοντος.....	490
16.7-	Κύριες κατηγορίες δομικού χάλυβα.....	492

### **Κεφ. 17 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ**

17.1-	Εισαγωγή.....	493
17.2-	Κριτήριο της μέγιστης ορθής τάσης.....	495
17.3-	Κριτήριο της μέγιστης διατμητικής τάσης.....	497
17.4-	Κριτήριο της μέγιστης ορθής παραμόρφωσης.....	500
17.5-	Κριτήριο της ενέργειας παραμόρφωσης.....	501
17.6-	Κριτήριο της στροφικής ενέργειας.....	504
17.7-	Κριτήριο Mohr.....	509
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις.....	511

### **Κεφ. 18 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ**

18.1-	Εισαγωγή.....	513
18.2-	Έργο και ενέργεια παραμόρφωσης.....	514
18.3-	Ενέργεια εφελκυσόμενης ράβδου.....	514
18.4-	Ενέργεια παραμόρφωσης από ροπή κάμψης.....	519
18.5-	Ενέργεια παραμόρφωσης από ροπή στρέψης.....	522
18.6-	Ενέργεια από τέμνουσα δύναμη.....	524
18.7-	Ενέργεια για σύνθετη καταπόνηση.....	526
18.8-	Ενέργεια παραμόρφωσης λόγω τάσεων.....	526



21.7-	Ελαστοπλαστική κάμψη δοκού με διπλά συμμετρική διατομή .....	649
21.8-	Ελαστοπλαστική κάμψη δοκού με απλά συμμετρική διατομή .....	653
	Λυμένες και Άλυτες ασκήσεις .....	655

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας I	Διεθνές σύστημα μονάδων .....	Π-2
Πίνακας II	Μετατροπές μονάδων τάσης .....	Π-2
Πίνακας III ÷ IX	Πίνακες τυποποιημένων διατομών .....	Π-3
Βιβλιογραφία.....		Π-11
Αλφαβητικό ευρετήριο όρων.....		Π-13

### ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΤΟΝ ΑΝΑΓΝΩΣΤΗ

Στο βιβλίο αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί τα εξής:

- Όταν ορίζεται ένα νέο μέγεθος, ο ορισμός αυτός γράφεται με έντονα πλάγιαστά γράμματα (***bold Italics***).
- Όταν κάποιο σημείο του κειμένου πρέπει κατά τη γνώμη μας να προσεχθεί ιδιαίτερα, αυτό γράφεται με όρθια έντονα γράμματα (**bold**).
- Όταν πρόκειται για διατύπωση κάποιου κανόνα, αυτός γράφεται με πλάγιαστά γράμματα (*italics*).
- Προκειμένου τα διάφορα μαθηματικά σύμβολα να ξεχωρίζουν από το κείμενο, αυτά γράφονται με καλλιτεχνικού τύπου γράμματα (*times*) και μάλιστα πλάγιαστά π.χ.  $P$ , ενώ τα σύμβολα των μονάδων καθώς και τα νούμερα γράφονται όρθια π.χ. 2.5 KN.
- Για τις αντίστροφες τριγωνομετρικές συναρτήσεις, χρησιμοποιείται το αγγλικό  $\arcs$  ακολουθούμενο από την τριγωνομετρική συνάρτηση π.χ.  $\arctan\varphi$ .
- Η έννοια του περίπου ίσον συμβολίζεται με  $\approx$ , ενώ για τιμές ενός μεγέθους π.χ. από 2 έως 5 συμβολίζεται  $2\div 5$ .
- Η λύση των **Παραδειγμάτων** και των Ασκήσεων, για να ξεχωρίζουν από την εκφώνησή τους, γίνεται με μικρότερου μεγέθους γράμματα.
- Οι αλγεβρικές παρενθέσεις γράφονται όρθιες π.χ.  $P(l+a)$ . Αν όμως πρόκειται για τη μεταβλητή  $x$  μίας συνάρτησης  $y$ , τότε γράφονται με κλίση π.χ.  $y=y(x)$ .
- Οι δυνάμεις και οι ορθές τάσεις συμβολίζονται με διανύσματα κόκκινου χρώματος, ενώ οι διατμητικές τάσεις με διανύσματα μισού βέλους.
- Οι ροπές συμβολίζονται με καμπύλο διάνυσμα, είτε με το χαρακτηριστικό τους διάνυσμα με δύο βέλη (για να ξεχωρίζουν από τις δυνάμεις).
- Η διαφορά  $\Delta$  ενός μεγέθους καθώς και το διαφορικό του  $d$ , προκειμένου να ξεχωρίζουν από τα μαθηματικά σύμβολα, έχουν γραφεί όρθια π.χ.  $\Delta x$ ,  $dx$ .
- Με όρθια επίσης γράμματα, για τον ίδιο λόγο, έχουν γραφεί και οι συναρτήσεις  $\cos$ ,  $\sin$ ,  $\tan$ ,  $\log$ ,  $\ln$ ,  $\arcs$ .
- Η μέγιστη τιμή μίας συνάρτησης π.χ. της  $\sigma_x$ , συμβολίζεται  $\sigma_{max}^x$ , όπου τώρα το  $x$  έχει την έννοια **απλού δείκτη και όχι εκθέτη**. Αντίστοιχα, η επιτρεπόμενη τάση  $\sigma_{επ}$  π.χ. του ξύλου, συμβολίζεται  $\sigma_{επ}^{\xi}$  όπου το  $\xi$  έχει και πάλι την έννοια **απλού δείκτη**. Δηλαδή τόσο ο δείκτης όσο και ο εκθέτης, έχουν την έννοια του απλού δείκτη, εκτός και αν ο εκθέτης είναι αριθμός.

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	1.1-	Διάφορα είδη των απλών καταπονήσεων .....	7
	»	1.2- Διάφορα είδη φορτίσεων .....	9
	»	1.3- Διάφορα είδη φορέων .....	13
Πίνακας	2.1-	Συντελεστής ασφαλείας για υπολογισμούς κατηγορίες <b>I, II</b> .....	52
	»	2.2- Δυναμική αντοχή $\sigma_a$ διαφόρων υλικών .....	56
Πίνακας	3.1-	Μηχανικές ιδιότητες των Υλικών.....	63
	»	3.2- Μέτρο διόγκωσης $K$ διαφόρων υλικών.....	73
Πίνακας	5.1-	Επιτρεπόμενη διατμητική τάση.....	139
Πίνακας	7.1-	Γεωμετρικά στοιχεία διαφόρων διατομών.....	214
Πίνακας	8.1-	Είδη στήριξης δοκού και οι αναπτυσσόμενες αντιδράσεις της.....	229
	»	8.2- Συνισταμένη φορτίων.....	231
	»	8.3- Μεταβολές των εντατικών μεγεθών για διάφορες φορτίσεις.....	249
	»	8.4- Τα εντατικά μεγέθη $q(x)$ , $Q(x)$ , $M(x)$ σε συνάρτηση με τον τρόπο φόρτισης.....	257
Πίνακας	10.1-	Η $Q(x)$ και $M(x)$ σε συνάρτηση με τη φόρτιση.....	325
	»	10.2- Κλίσεις και βέλη κάμψης για διάφορες περιπτώσεις φόρτισης .....	330
	»	10.3- Αντιστοιχία πραγματικής και συζυγούς δοκού.....	337
Πίνακας	11.1-	Συντελεστές για στρέψη ορθογωνικής διατομής.....	363
Πίνακας	12.1-	Περιπτώσεις λυγισμού και ελεύθερο μήκος.....	383
	»	12.2- Περιοχές ελαστικού λυγισμού.....	386
	»	12.3- Τιμές των σταθερών $a, b$ του <i>Tetmajer</i> για τις περιοχές του $\lambda$ .....	388
	»	12.4- Συντελεστές λυγισμού $\omega$ .....	393
	»	12.5- Συντελεστές λυγισμού $\omega$ για χάλυβες κατά DIN 4114.....	394
Πίνακας	14.1-	Τα είδη των απλών καταπονήσεων οι τάσεις, οι παραμορφώσεις και η σχέση μεταξύ τους.....	419
Πίνακας	16.1-	Σκληρομετρική κλίμακα <i>Mohs</i> .....	487
Πίνακας	17.1-	Τα κυριότερα κριτήρια αστοχίας υλικών.....	507
Πίνακας	18.1-	Διάφορες τιμές της ενέργειας παραμόρφωσης $U$ .....	520
Πίνακας	20.1-	Συντελεστές φόρτισης $L$ και $R$ .....	592
Πίνακας I		Διεθνές σύστημα μονάδων ( <i>S.I.</i> ) (στο Παράρτημα).....	Π-2
Πίνακας II		Μετατροπές μονάδων τάσης.....	Π-2
Πίνακας III ÷ VIII		Πίνακες τυποποιημένων διατομών.....	Π-3

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

$b$	πλάτος
$d, D$	διάμετρος
$E$	μέτρο ελαστικότητας
$F$	εμβαδόν
$G$	μέτρο διάτμησης
$I$	ροπή αδράνειας
$I_p$	πολική ροπή αδράνειας
$K$	κέντρο βάρους
$M, M_b, M_z, M_y$	ροπή κάμψης
$M_x, M_t$	ροπή στρέψης
$N$	αξονική δύναμη
$P, R$	δύναμη
$Q$	διατμητική ή τέμνουσα δύναμη
$R, r$	ακτίνα
$U$ (ή $W$ )	ενέργεια (ή έργο) παραμόρφωσης
$V$	όγκος
$W$	βάρος
$a$	συντελεστής γραμμικής διαστολής
$\gamma$	διατμητική παραμόρφωση
$\epsilon$	ανηγμένη γραμμική παραμόρφωση
$e$	εκκεντρότητα
$h$	ύψος
$i$	ακτίνα αδράνειας
$l, a, b$	μήκος
$\mu$	λόγος <i>Poisson</i>
$\nu$	συντελεστής ασφαλείας
$q$	κατανεμημένο φορτίο
$\sigma$	ορθή τάση
$\sigma_A$	όριο αναλογίας
$\sigma_{\perp}$	όριο διαρροής
$\sigma_{\theta\rho}$	όριο θραύσης
$\tau$	διατμητική τάση
$t$	πάχος
$y$	βέλος κάμψης
$\varphi, \theta$	γωνία
$x, y, z$	άξονες συντεταγμένων



