

5η ΕΚΔΟΣΗ

ΕΠΙΣΤΗΜΗ
ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΤΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ

WILLIAM D. CALLISTER, JR.



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

5η Έκδοση

William D. Callister, Jr.

*Department of Metallurgical Engineering
The University of Utah*

600 11
CAL

ΜΕΤΑΦΡΑΣΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Μετάφραση και επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Γαλιώτης

Καθηγητής,

Τμ. Επιστήμης Υλικών, Παν. Πατρών

Σταμάτης Χ. Μπογιατζής

Δρ Χημικός

Μετάφραση και επικουρική επιμέλεια:

Ευστάθιος Ι. Μελέτης

Εκλεγμένος Καθηγητής,

Τμ. Επιστήμης Υλικών, Παν. Πατρών

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Αρ. εισ. 83154

Μεταφραστές

Αλέξανδρος Γ. Βανακάρας

Λέκτορας,

Τμ. Επιστήμης Υλικών, Παν. Πατρών

Ευγενία Π. Δρακοπούλου

Χημικός

Σωτήρης Α. Μπασκούτας

Λέκτορας,

Τμ. Επιστήμης Υλικών, Παν. Πατρών

Βασίλης Σ. Ταγκούλης

Λέκτορας Ν.Δ. 407,

Τμ. Επιστήμης Υλικών, Παν. Πατρών

Κωνσταντίνος Α. Πλιάγκος

Λέκτορας Ν.Δ. 407,

Τμ. Χημικών Μηχανικών, Παν. Πατρών

Γιώργος Χ. Ψαρράς

Λέκτορας,

Τμ. Επιστήμης Υλικών, Παν. Πατρών

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Τίτλος πρωτοτύπου: Materials Science and Engineering, An Introduction
William D. Callister, JR.

Αποκλειστικότητα για την ελληνική γλώσσα:

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Φιλίππου 91, Τ.Κ. 54 635, Τηλ. 2310 247 887, Fax 2310 210 729

Internet

e-mail: info@tziola.gr

<http://www.tziola.gr>

Κατάστημα Αθηνών:

ΣΤΟΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ - Αρσάκειο Μέγαρο

105 64, Πεσμαζόγλου 5 (Πανεπιστημίου 39)

Κατάστημα 18, Τηλ./Fax: 210 3211097

Copyright © 2008, 2004 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Copyright © 2008, 2004 by Tziolas Publications

Copyright © 2000 by John Wiley & Sons Inc.

ISBN 978-960-8050-90-1

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος του βιβλίου με οποιοδήποτε μέσο (φωτοτυπία, εκτύπωση, μικροφίλμ, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών ή άλλη μηχανική ή ηλεκτρονική μέθοδο) χωρίς την έγγραφη άδεια του εκδότη.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

DEDICATED TO THE MEMORY OF
CLIFF ROBICHAUD AND NANCY PRINZ

I WORKED WITH THESE
WONDERFUL PEOPLE AT WILEY
ON PREVIOUS EDITIONS

Πρόλογος

Στην Πέμπτη Έκδοση διατήρησα τους στόχους και την προσέγγιση στην διδασκαλία της επιστήμης και τεχνολογίας των υλικών που είχε παρουσιαστεί και στις προηγούμενες εκδόσεις. Ο πρώτος και κυριότερος στόχος είναι να παρουσιαστούν οι βασικές θεμελιώσεις σε ένα επίπεδο κατάλληλο για τους φοιτητές πανεπιστημίου/κολλεγίου που έχουν τελειώσει τα μαθηματικά, τη χημεία και τη φυσική του πρώτου έτους. Για να πετύχω αυτό το σκοπό, επιχείρησα να χρησιμοποιήσω ορολογία που είναι οικεία στο φοιτητή που ακολουθεί για πρώτη φορά τους κλάδους της επιστήμης και της τεχνολογίας και επίσης να ορίσω και να εξηγήσω τους στοιχειώδεις όρους.

Ο δεύτερος στόχος είναι να παρουσιάσω την ύλη του αντικειμένου σε μια λογική σειρά, από την απλούστερη έως την πιο σύνθετη. Τα πρώτα δώδεκα κεφάλαια ασχολούνται πρωταρχικά με τα μεταλλικά υλικά και τα κράματά τους, τα οποία είναι από πλευράς δομής, τα απλούστερα από τους τέσσερις τύπους υλικών. Τα επόμενα πέντε κεφάλαια ασχολούνται κατά σειρά, με τα κεραμικά υλικά, τα πολυμερή, και τα σύνθετα υλικά. Επιπλέον, κάθε κεφάλαιο χτίζεται επάνω στο περιεχόμενο του προηγούμενου. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα Κεφάλαια 2 έως 11, τα οποία ασχολούνται κατά σειρά, με τους δεσμούς μεταξύ ατόμων, τις κρυσταλλικές δομές, τις ατέλειες, τη διάχυση, τις μηχανικές ιδιότητες, τις παραμορφώσεις, την αστοχία, τα διαγράμματα φάσεων, τους μετασχηματισμούς φάσεων και τη θερμική επεξεργασία.

Ο τρίτος στόχος, ή φιλοσοφία, που πασχίζω να διατηρήσω στο κείμενο, είναι, εάν ένα θέμα ή μια έννοια αξίζει να αντιμετωπιστεί, τότε αντιμετωπίζεται σε επαρκή λεπτομέρεια, και στο βαθμό που οι φοιτητές έχουν την ευκαιρία να την κατανοήσουν πλήρως χωρίς να πρέπει να επικαλεστούν άλλες πηγές. Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις παρέχεται και η πρακτική σημασία. Οι συζητήσεις έχουν την πρόθεση να είναι σαφείς και σύντομες και να ξεκινούν από το κατάλληλο επίπεδο κατανόησης.

Ο τέταρτος στόχος είναι να περιληφθούν στο βιβλίο στοιχεία, που θα υποβοηθήσουν τη διαδικασία της μάθησης. Τα βοηθήματα αυτά εκμάθησης περιλαμβάνουν πολλά σχήματα και φωτογραφίες που βοηθούν να γίνει οπτικά αντιληπτό αυτό που παρουσιάζεται, ερωτήσεις και τα προβλήματα στο τέλος των κεφαλαίων με τις επιλεγμένες απα-

ντήσεις βοηθούν να γίνεται αυτο-εκτίμηση της γνώσης που αποκτήθηκε, ένα γλωσσάρι, κατάλογο συμβόλων και αναφορές που διευκολύνουν την κατανόηση της ύλης του αντικείμενου. Και τέλος, περιλαμβάνουν λογισμικό για υπολογιστή που παρέχει (1) ένα διαδραστικό τμήμα που διευκολύνει την απεικόνιση των θεμάτων, (2) μια βάση δεδομένων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λυθούν προβλήματα επιλογής και σχεδιασμού των υλικών και (3) ένα πρόγραμμα επίλυσης εξισώσεων.

Σχετικά με τις ερωτήσεις και τα προβλήματα, τα περισσότερα από αυτά απαιτούν υπολογισμούς που οδηγούν σε αριθμητικές λύσεις. Σε πολλές περιπτώσεις, ο φοιτητής απαιτείται να κρίνει βάσει του αποτελέσματος που παρέχει η λύση του. Επί πλέον, πολλές από τις έννοιες που υπάρχουν στον κλάδο της επιστήμης και της τεχνολογίας των υλικών είναι περιγραφικές από τη φύση τους. Συνεπώς, περιλαμβάνονται και ερωτήσεις που απαιτούν γραπτές περιγραφικές απαντήσεις. Όταν ο φοιτητής πρέπει να απαντήσει γραπτώς, βοηθείται να κατανοήσει καλά την αντίστοιχη έννοια. Οι ερωτήσεις είναι δύο ειδών: ένα είδος στο οποίο ο φοιτητής καλείται να ξαναδιατυπώσει με δικά του λόγια μια εξήγηση που δίνεται στην ύλη του βιβλίου, και ένα άλλο είδος, στο οποίο ο φοιτητής απαιτείται να κρίνει ή/και να προβεί σε σύνθεση πριν φθάσει σε ένα συμπέρασμα ή λύση.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΑ ΣΕ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ

Πρώτον, κάθε κεφάλαιο ξεκινά με δύο τμήματα: «Γιατί μελετούμε...» και «Αντικείμενο μάθησης». Κάθε τμήμα του τύπου «Γιατί μελετούμε...» απαριθμεί τα σημεία αναγκαιότητας στα ζητήματα που συζητούνται στο κεφάλαιο, και στις περισσότερες περιπτώσεις δίνει τουλάχιστον ένα παράδειγμα. Το τμήμα «Αντικείμενο μάθησης» δίνει μια σύντομη λίστα στόχων μάθησης σχετικών με τις αρχές-κλειδιά και τους όρους τους οποίους ο φοιτητής πρέπει να κατανοήσει και σε ορισμένες περιπτώσεις να εφαρμόσει.

Δεύτερον, με σκοπό να ενισχυθεί η κατανόηση της διαδικασίας επιλογής υλικών, έκανα σημαντικές αλλαγές στα παραρτήματα, και πρόσθεσα μερικές ασκήσεις επιλογής υλικών. Το Παράρτημα Β, «Ιδιότητες επιλεγμένων υλικών της μηχανολογίας», τώρα περιλαμβάνει τιμές σε επτά ιδιότητες (π.χ. πυκνότητα, αντοχή, ηλεκτρική αγωγιμότητα, κλπ.) για ένα σύνολο εκατό περίπου υλικών. Ένα μέρος αυτής της βάσης δεδομένων υπήρχε και στην Τέταρτη Έκδοση (ως Παράρτημα C). Όμως οι τιμές των ιδιοτήτων δεν ήταν πάντα για τα ίδια υλικά. Επί πλέον, ένα νέο παράρτημα (Παράρτημα Γ) προστέθηκε που παρέχει τις τιμές (στην Αμερικανική αγορά, σ. Σ.) όλων των υλικών του Παραρτήματος Β. Τα κριτήρια επιλογής των υλικών πάντα περιλαμβάνουν και την εξέταση του κόστους.

Τρίτον, προσπάθησα να περιορίσω την προσθήκη νέας ύλης σε αυτή την έκδοση. Την πανεπιστημιακή κοινότητα απασχολεί δικαίως το ζήτημα της αύξησης της ύλης (και του συνεπακόλουθου κόστους) σε κάθε νέα έκδοση ενός βιβλίου-εγχειριδίου. Συμμερίζομαι αυτή την άποψη και είχα στόχο να μειώσω την προσθήκη νέου υλικού που θα έκαναν αυτή την έκδοση μεγαλύτερη. Όμως, ήταν απαραίτητη κάποια ενημέρωση ώστε να διατηρηθεί το βιβλίου σύγχρονο. Προστέθηκε ένας αριθμός προβλημάτων για κατ'οίκον εργασία, τα περισσότερα από τα οποία είναι σχεδιαστικού τύπου προβλήματα, ενώ πολλά από τα άλλα προβλήματα έχουν ανανεωθεί. Δεδομένης της αντίληψης ανά-

μεσα στους πανεπιστημιακούς ότι η εισαγωγή στην επιστήμη και την τεχνολογία των υλικών του σήμερα πρέπει, εκτός των άλλων να είναι σύγχρονη και να περιλαμβάνει και σημαντικά μέρη σχεδιασμού, δεν θεώρησα σωστό να καταργήσω τμήματα του βιβλίου, η απώλεια των οποίων θα έβλαπτε το επιστημονικό περιεχόμενο, μόνο και μόνο για να γίνει η έκδοση μικρότερη.

ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Μόνο για την Αμερικάνικη Έκδοση)

IMSE: Interactive Materials Science and Engineering, τρίτη έκδοση. Διατίθεται στο CD-ROM που προορίζεται για αυτή τη νέα έκδοση του βιβλίου. Το λογισμικό που συνόδευε τις προηγούμενες εκδόσεις έχει ανανεωθεί και επαυξηθεί. Τώρα έχει τα παρακάτω στοιχεία και δυνατότητες:

1. Θα δημιουργήσει στην οθόνη του υπολογιστή τρισδιάστατες προβολές και εικόνες που είναι δύσκολο να αποδοθούν στη δισδιάστατη σελίδα του βιβλίου (δηλ. μοναδιαίες κυψελίδες, κρυσταλλογραφικά επίπεδα και κατευθύνσεις, μόρια πολυμερών και παραμορφώσεις).
2. Εικόνες που σχετίζονται με ορισμένα από τα προβλήματα περιλαμβάνονται για να διευκολύνουν τη λύση τους.
3. Περιλαμβάνεται ένα πρόβλημα σχεδιασμού διάχυσης. Ο φοιτητής μπορεί να καθορίζει τιμές από μερικές παραμέτρους διάχυσης για τις οποίες το λογισμικό κάνει τους κατάλληλους υπολογισμούς και δίνει μια γραφική παράσταση.
4. Βίντεο με κινούμενη εικόνα (και ήχο) δίνουν παραστατικά το φαινόμενο της ενδυνάμωσης με στερεή διάλυση και έννοιες που μπορούν να εξηγηθούν με τη χρήση διαγραμμάτων φάσης (π.χ. στερεά διαλύματα και θέματα σε δυο διαστάσεις).
5. Οι βάσεις δεδομένων και κόστους που εμφανίζονται στο Παράρτημα Β και Γ περιλαμβάνονται και στο CD-ROM. Ο χρήστης μπορεί να θέσει κριτήρια ταξινόμησης βάσει κάθε ιδιότητας και του κόστους, και ακολούθως, τα υλικά θα καταταχθούν βάσει της ιδιότητας ή το κόστος. Επί πλέον, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τις βάσεις δεδομένων στις ασκήσεις επιλογής υλικών. Για έως τρεις ιδιότητες (ή για δύο ιδιότητες και το κόστος) μπορούν να επιλεγούν μέγιστες και ελάχιστες τιμές και το λογισμικό θα επιλέξει τα υλικά που εμπίπτουν σε αυτά τα όρια. Μερικά προβλήματα επιλογής υλικών για κατ' οίκον εργασία έχουν σχεδιαστεί με σκοπό να χρησιμοποιηθεί αυτό το χαρακτηριστικό του λογισμικού.
6. Επίσης, νέα προσθήκη σε αυτή την έκδοση του λογισμικού, είναι η προσθήκη του *E-Z-solve: το εργαλείο του μηχανικού για την επίλυση εξισώσεων και την ανάλυση*. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λυθούν με ευκολία αριθμητικές αλγεβρικές και συνήθεις διαφορικές εξισώσεις. Μερικά τέτοια προβλήματα έχουν ενσωματωθεί σε αυτή την έκδοση. Και φυσικά, το *E-Z-solve* μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λυθούν σύνθετα υπολογιστικά προβλήματα που συναντώνται και σε άλλα μαθήματα.

Σε όλη την έκταση του βιβλίου, όπου υπάρχει ένα κείμενο, ή πρόβλημα που συμπληρώνεται από την ύπαρξη του λογισμικού, υπάρχει ένα μικρό εικονίδιο στο περιθώριο, που υποδηλώνει το αντίστοιχο τμήμα του λογισμικού. Τα τμήματα του λογισμικού και τα εικονίδιά τους είναι τα παρακάτω:

Κρυσταλλογραφία και μοναδιαίες
κυψελίδες



Δοκιμές εφελκυσμού



Δομές Κεραμικών



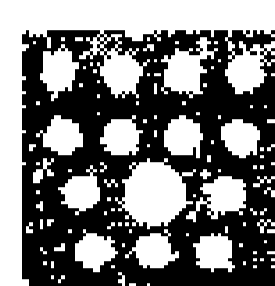
Πρόβλημα διάχυσης και σχεδιασμού



Δομές Πολυμερών



Ενδυνάμωση με στερεά διάλυση



Παραμορφώσεις



Διαγράμματα φάσεων



ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

Η ιστοσελίδα που υποστηρίζει αυτό βιβλίο βρίσκεται στη διεύθυνση www.wiley.com/college/callister. Παρέχει μια εκτεταμένη λίστα αντικείμενων μάθησης, ενημερώσεις και συμπληρωματικές πηγές διδασκαλίας και μάθησης, συνδέσμους σε άλλες σχετικές ιστοσελίδες και άλλες πηγές. Επισκεφτείτε μας συχνά για νέες πηγές που θα είναι διαθέσιμες και θα βοηθήσουν τους διδάσκοντες στη διδασκαλία και τους φοιτητές στην εκμάθηση της επιστήμης και τεχνολογίας των υλικών.

ΠΗΓΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΛΙΔΑΣΚΟΝΤΑ

Οι παρακάτω πηγές είναι διαθέσιμες στο CD-ROM για τους διδάσκοντες που έχουν υιοθετήσει το βιβλίο αυτό. (1) εκτενείς λύσεις όλων ερωτήσεων και των προβλημάτων στο τέλος των κεφαλαίων, (2) βασικές φωτογραφίες και σχήματα που εμφανίζονται στο βιβλίο ώστε ο εκπαιδευτικός να μπορεί να τα τυπώσει για σημειώσεις και για διαφάνειες στη μορφή που επιθυμεί, (3) στην νέα αυτή έκδοση, μια λίστα με πιθανές σύντομες επιδείξεις στη αίθουσα, που παρουσιάζουν φαινόμενα ή/και αναπαριστούν αρχές που συζητούνται στο βιβλίο (με παραπομπές που δίνουν πιο λεπτομερείς αναφορές σε αυτές τις επιδείξεις, (4) μια νέα λίστα με σχετικά εργαστηριακά πειράματα και (5) προτάσεις για διδακτική ύλη του μαθήματος που προορίζεται για διάφορα πεδία της τεχνολογίας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκτίμησή μας εκφράζεται σε εκείνους που έχουν συνεισφέρει σε αυτή την έκδοση. Είμαι ιδιαίτερα υποχρεωμένος στους παρακάτω: Carl Wood του Utah State University, Rishikesh K. Bharadwaj της Systran Federal Corporation, Martin Searcy της Hewlett Packard, James Moore και Linda Schadler του Rensselaer Polytechnic Institute και Ronald G. Kinder του Virginia Polytechnic Institute και State University. Επιπλέον, χρήσιμες ιδέες και προτάσεις δόθηκαν από τους κάτωθι:

Emily L. Allen	San Jose State University
William D. Armstrong	University of Washington
Michel W. Barsoum	Drexel University
Audrey Butler	University of Iowa
Manfred Cantow	San Jose State University
Paul R. Chalker	The University of Liverpool
J. R. Chelikowsky	University of Minnesota
George A. Cooper	University of California (Berkeley)
Art Daiz	San Jose State University
James H. Edgar	Kansas State University
Stuart Feldman	University of Michigan
Brian Flinn	University of Washington
K. S. Sree Harsha	San Jose State University
H. N. Hashemi	Northeastern University
Robert Heidersbach	Cal Poly San Luis Obispo
John Hudson	Rensselaer Polytechnic Institute
Alan Karplus	Western New England College
Sandra Kwiatek	U.S. Naval Academy
Jennifer A. Lewis	University of Illinois
Norman Munroc	Florida International University
Patrick P. Pizzo	San Jose State University
Mark R. Plichta	Michigan Technological University
W. M. Reichert	Duke University
Murray Roblin	Cal Poly Pomona
J. W. Rogers, Jr.	University of Washington
David Srolovitz	University of Michigan
Thomas G. Stoebe	University of Washington
Robert G. Stang	University of Washington
Steven M. Yalisove	University of Michigan
Linda Vanasupa	Cal Poly San Luis Obispo
J. M. Yang	UCLA

Είμαι επίσης υπόχρεος στον Wayne Anderson υπεύθυνο χορηγίας και την Monique Cadello, υπεύθυνη παραγωγής της Wiley, για τη βοήθειά τους και την καθοδήγησή τους σε αυτή την επανέκδοση. Τις ευχαριστίες και τη συγγνώμη μου για εκείνους των οποίων τη συνεισφορά έχω παραλείψει να αναφέρω. Τέλος, αλλά όχι και ήσσονος σημασίας, εκφράζω την βαθύτατη εκτίμησή μου για τη συνεχή ενθάρρυνση και υποστήριξη από την οικογένειά μου και τους φίλους μου.

William D. Callister
Salt Lake City, Utah
Ιανουάριος 1999

Πρόλογος Ελληνικής Έκδοσης

Η έναρξη της πανεπιστημιακής διδασκαλίας της Επιστήμης των Υλικών στην Ελλάδα ήλθε με μια καθυστέρηση περίπου 30 ετών από τότε που θεσπίστηκε σαν ανεξάρτητη επιστήμη στις Αγγλοσαξονικές χώρες. Αυτός είναι και ένας από τους κυριότερους λόγους για την έλλειψη ενός πανεπιστημιακού συγγράμματος στα Ελληνικά που να μπορεί να καλύψει το μεγαλύτερο μέρος της ύλης που διδάσκεται στα Τμήματα της Επιστήμης των Υλικών αλλά και σε άλλα Τμήματα Θετικών Επιστημών αλλά και Πολυτεχνικών Σχολών. Το βιβλίο του καθ. Callister έχει πια καταξιωθεί διεθνώς ως ένα από τα πιο βασικά συγγράμματα της Επιστήμης των Υλικών. Είναι ένα καθαρά εισαγωγικό βιβλίο και δεν είναι υπερβολή να ειπωθεί ότι διδάσκεται στην πλειοψηφία στα περισσότερα Τμήματα Επιστήμης και Τεχνολογίας των Υλικών στο εξωτερικό. Η χρησιμότητα του συγγράμματος και μάλιστα της πέμπτης έκδοσης βασίζεται στο γεγονός ότι καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της ύλης σε ικανοποιητικό βάθος, έχει σύγχρονη δομή, δίνει ξεκάθαρα τους στόχους μάθησης ανά κεφάλαιο και, τέλος, περιέχει πληθώρα ασκήσεων και μελετών περιπτώσεων.

Η προσπάθεια μετάφρασης του βιβλίου στα Ελληνικά ξεκίνησε πριν από περίπου δύο χρόνια από ομάδα συναδέλφων μελών ΔΕΠ αλλά και ΝΔ 407 του Τμήματος Υλικών του Πανεπιστημίου Πατρών. Η βασική ομάδα χωρίστηκε περαιτέρω σε υπο-ομάδες οι οποίες ανέλαβαν κεφάλαια συγγενή με τα ιδιαίτερα επιστημονικά ενδιαφέροντα της κάθε μιας από αυτές. Τέλος έγινε προσπάθεια ενοποίησης και εξομάλυνσης πιθανών διαφορών από την ομάδα συντονισμού και εποπτείας ολοκλήρου του έργου. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετώπισε η μετάφραση στα Ελληνικά ήταν η απόδοση με δόκιμους όρους της Αγγλικής ορολογίας που συναντάται στην Επιστήμη των Υλικών. Προς τούτο η μεταφραστική ομάδα συμβουλευτήκε πληθώρα πανεπιστημιακών συγγραμμάτων στις περιοχές των μεταλλικών, κεραμικών και πολυμερών υλικών. Όπου η μετάφραση κάποιου συγκεκριμένου όρου δεν εκρίθη ικανοποιητική ή δεν υπήρχε δόκιμος όρος στην αντίστοιχη ελληνική βιβλιογραφία τότε θεσπίστηκε νέος κατάλληλος όρος ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις καταγράφεται με μεταφραστική υποσημείωση στο κυρίως κείμενο.

Είναι απολύτως βέβαιο ότι σε αυτή μας την προσπάθεια έχουμε υποπέσει σε λάθη. Ευελπιστούμε να μπορέσουμε να διορθώσουμε όλα τα λάθη και αβλεψίες στις επόμενες εκδόσεις. Για να γίνει όμως αυτό είναι απαραίτητο να μας ενημερώσετε για όποιο λάθος εντοπίσετε κατά την ανάγνωση αυτού του βιβλίου. Γράψτε μας στη διεύθυνση *Τμήμα Επιστήμης των Υλικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 26504 Πάτρα* ή στείλτε μας μήνυμα στην ηλεκτρονική διεύθυνση *galiotis@upatras.gr*. Θα χαρούμε να λάβουμε σχόλια και διορθώσεις στο κείμενο που ακολουθεί.

Ο Συντονιστής της Μεταφραστικής Ομάδας:

Κωνσταντίνος Γαλιώτης,

Καθηγητής Τμ. Επιστήμης Υλικών,

Πανεπιστήμιο Πατρών

ΜΕΤΑΦΡΑΣΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Μετάφραση και επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Γαλιώτης

Σταμάτης Χ. Μπογιατζής

Μετάφραση και επικουρική επιμέλεια:

Ευστάθιος Ι. Μελέτης

Μεταφραστές

Αλέξανδρος Γ. Βανακάρας

Ευγενία Π. Δρακοπούλου

Σωτήρης Α. Μπασκούτας

Βασίλης Σ. Ταγκούλης

Κωνσταντίνος Α. Πλιάγκος

Γιώργος Χ. Ψαρράς

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	25
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	25
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	26
1.2 ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	27
1.3 ΓΙΑΤΙ ΝΑ ΣΠΟΥΔΑΖΟΥΜΕ ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ;	29
1.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	30
1.5 ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	31
1.6 ΑΝΑΓΚΕΣ ΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ	32
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	34
ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΕΣΜΟΙ ΜΕΤΑΞΥ ΑΤΟΜΩΝ	34
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	35
2.2 ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	35
2.3 ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ ΣΤΑ ΑΤΟΜΑ	36
2.4 Ο ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ	43
2.5 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΔΕΣΜΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	45
2.6 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΔΕΣΜΟΙ ΜΕΤΑΞΥ ΑΤΟΜΩΝ	47
2.7 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΕΣΜΟΙ, Ή ΔΕΣΜΟΙ VAN DER WAALS	51
2.8 ΜΟΡΙΑ	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	55
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	59
Η ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ	59
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	61
3.3 ΜΟΝΑΔΙΑΙΕΣ ΚΥΨΕΛΙΔΕΣ	62
3.4 ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	63

3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.....	68
3.6 ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΛΛΟΤΡΟΠΙΑ	69
3.7 ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	69
3.8 ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ.....	71
3.9 ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ	75
3.10 ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ	80
3.11 ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΠΥΚΝΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	82
3.12 ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ.....	85
3.13 ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	85
3.14 ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΙΑ	86
3.15 ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ ΚΑΙ ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗ ΤΗΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ	87
3.16 ΜΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ	92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	95
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	103
ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ	103
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	104
4.2 ΚΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ	105
4.3 ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	107
4.4 ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ – ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ	113
4.5 ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ	117
4.6 ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΟΓΚΟΥ Η ΚΥΡΙΑΣ ΜΑΖΑΣ	120
4.7 ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΔΟΝΗΣΕΙΣ	120
4.8 ΓΕΝΙΚΑ	121
4.9 ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ	122
4.10 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ	126
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	128
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	129
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	133
ΔΙΑΧΥΣΗ	133
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	134
5.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΧΥΣΗΣ.....	136
5.3 ΔΙΑΧΥΣΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	137
5.4 ΔΙΑΧΥΣΗ ΜΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	139
5.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΧΥΣΗ	143
5.6 ΑΛΛΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ	149
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	149
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	150
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	156
ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	156
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	157

6.2 ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	158
6.3 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	163
6.4 ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	166
6.5 ΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	167
6.6 ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ. ΔΙΑΡΡΟΗ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ	170
6.7 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	177
6.8 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ..	180
6.9 ΘΛΙΠΤΙΚΗ, ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΡΕΨΗΣ	181
6.10 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	181
6.11 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	187
6.12 ΣΧΕΔΙΑΣΗ/ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	190
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	193
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	194

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	205
ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΙΣΧΥΡΟΠΟΙΗΣΗΣ	205
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	206
7.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	207
7.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ	209
7.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ	211
7.5 ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΣΕ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΟΥΣ	212
7.6 ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	216
7.7 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΜΕ ΔΙΔΥΜΙΑ	217
7.8 ΙΣΧΥΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΚΟΚΚΟΥ	219
7.9 ΙΣΧΥΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ	221
7.10 ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΜΕ ΕΝΔΟΤΡΑΧΥΝΣΗ	223
7.11 ΑΝΑΚΤΗΣΗ	226
7.12 ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ	226
7.13 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΟΚΚΩΝ	231
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	234
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	235

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	239
ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	239
8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	240
8.2 ΘΕΜΕΛΕΙΩΔΕΙΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΘΡΑΥΣΗΣ	241
8.3 ΟΛΚΙΜΗ ΘΡΑΥΣΗ	242
8.4 ΨΑΘΥΡΗ ΘΡΑΥΣΗ	244
8.5 ΑΡΧΕΣ ΘΡΑΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	246
8.6 ΔΟΚΙΜΕΣ ΘΡΑΥΣΗΣ ΜΕ ΚΡΟΥΣΗ	262
8.7 ΚΥΚΛΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	267
8.8 Η ΚΑΜΠΥΛΗ S-N	268
8.9 ΕΝΑΡΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΡΩΓΜΩΝ	271
8.10 ΡΥΘΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΡΩΓΜΩΝ	274
8.11 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΣΕ ΚΟΠΩΣΗ	279

8.12 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ	282
8.13 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΡΠΥΣΜΟΥ	283
8.14 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	285
8.15 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΚΒΟΛΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	287
8.16 ΚΡΑΜΑΤΑ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΕ ΥΨΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ	288
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	292
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	292
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	304
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ	304
9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	305
9.2 ΟΡΙΟ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑΣ	306
9.3 ΦΑΣΕΙΣ	307
9.4 ΜΙΚΡΟΔΟΜΗ	308
9.5 ΙΣΟΡΡΟΠΙΕΣ ΦΑΣΕΩΝ	308
9.6 ΔΥΑΔΙΚΑ ΙΣΟΜΟΡΦΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	310
9.7 ΔΥΑΔΙΚΑ ΕΥΤΗΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	321
9.8 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΜΕ ΕΝΔΙΑΜΕΣΕΣ ΦΑΣΕΙΣ Η ΕΝΩΣΕΙΣ	332
9.9 ΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΤΗΚΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ	333
9.10 ΣΥΜΦΩΝΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΑΣΕΩΝ	335
9.11 ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΚΑΙ ΤΡΙΑΔΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ	336
9.12 Ο ΚΑΝΟΝΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΤΟΥ GIBBS	336
9.13 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΑΣΗΣ ΣΙΔΗΡΟΥ-ΚΑΡΒΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ (Fe-Fe ₃ C)	339
9.14 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΜΩΝ ΣΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ-ΑΝΘΡΑΚΑ	342
9.15 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΛΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΣΗΣ	348
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	351
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	351
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	361
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΑΣΗΣ ΣΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟ- ΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ	361
10.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	363
10.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	363
10.3 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	364
10.4 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΦΑΣΕΩΝ	366
10.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΘΕΡΜΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	367
10.6 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΨΥΞΗΣ	380
10.7 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΣΙΔΗΡΟΥ-ΑΝΘΡΑΚΑ	384
10.8 ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗΣ ΑΠΟ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ	388
10.9 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΦΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ- ΑΝΘΡΑΚΑ	391
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	393
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	393

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	400
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ	400
11.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	402
11.2 ΑΝΟΠΤΗΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	402
11.3 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΑΣΕΩΝ.....	403
11.4 ΑΝΟΠΤΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ.....	403
11.5 ΕΜΒΑΠΤΟΤΗΤΑ.....	406
11.6 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΨΥΞΗΣ, ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΤΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ.....	411
11.7 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	417
11.8 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗΣ.....	419
11.9 ΔΙΑΦΟΡΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ.....	422
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	424
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	424
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12	428
ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ	428
12.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	430
12.2 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	431
12.3 ΧΥΤΕΥΣΗ.....	433
12.4 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ.....	434
12.5 ΧΑΛΥΒΕΣ.....	437
12.6 ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ.....	444
12.7 ΧΑΛΚΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ.....	451
12.8 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ.....	452
12.9 ΜΑΓΝΗΣΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ.....	455
12.10 ΤΙΤΑΝΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ.....	456
12.11 ΠΥΡΙΜΑΧΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	457
12.12 ΤΑ ΥΠΕΡΚΡΑΜΑΤΑ.....	457
12.13 ΤΑ ΕΥΓΕΝΗ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	459
12.14 ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΚΡΑΜΑΤΑ.....	459
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	462
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	462
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13	465
ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ	465
13.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	467
13.2 ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ.....	467
13.3 ΠΥΡΙΤΙΚΑ ΚΕΡΑΜΙΚΑ.....	478
13.4 ΑΝΘΡΑΚΑΣ.....	482
13.5 ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΣΤΑ ΚΕΡΑΜΙΚΑ.....	485
13.6 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ.....	489
13.7 ΨΑΘΥΡΗ ΘΡΑΥΣΗ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ.....	493
13.8 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΑΣΗΣ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ.....	496
13.9 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ.....	498

13.10 ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ	500
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	504
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	505
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14	511
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ	511
14.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	513
14.2 ΥΑΛΩΔΕΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	514
14.3 ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΥΑΛΟΥ	517
14.4 ΘΕΡΜΙΚΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΥΑΛΩΝ	518
14.5 ΥΑΛΟΚΕΡΑΜΙΚΑ	520
14.6 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΗΛΟΥ	521
14.7 ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΗΛΟΥ	522
14.8 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	522
14.9 ΞΗΡΑΝΣΗ ΚΑΙ ΠΥΡΩΣΗ	524
14.10 ΠΥΡΙΜΑΧΟΙ ΠΗΛΟΙ	528
14.11 ΠΥΡΙΜΑΧΑ ΑΠΟ SILICA (ΠΥΡΙΤΙΑ)	529
14.12 ΒΑΣΙΚΑ ΠΥΡΙΜΑΧΑ	529
14.13 ΕΙΔΙΚΑ ΠΥΡΙΜΑΧΑ	529
14.14 ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΕΚΤΡΙΒΗΣ	530
14.15 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΟΝΕΩΣ	530
14.16 ΧΥΤΕΥΣΗ ΤΑΙΝΙΑΣ	534
14.17 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ (ΤΣΙΜΕΝΤΑ)	534
14.18 ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΚΕΡΑΜΙΚΑ	536
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	540
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	540
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15	543
ΔΟΜΕΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	543
15.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	544
15.2 ΜΟΡΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ	545
15.3 ΜΟΡΙΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	547
15.4 Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΩΝ ΜΟΡΙΩΝ	549
15.5 ΜΟΡΙΑΚΟ ΒΑΡΟΣ	552
15.6 ΜΟΡΙΑΚΟ ΣΧΗΜΑ	556
15.7 ΜΟΡΙΑΚΗ ΔΟΜΗ	557
15.8 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ	559
15.9 ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΗ	562
15.10 ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	564
15.11 ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΟΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ	567
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	571
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	572

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16	576
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	576
16.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	578
16.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	578
16.3 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΗΜΙΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	580
16.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	584
16.5 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗΣ, ΤΗΞΗΣ & ΥΑΛΩΔΟΥΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	587
16.6 ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΣΚΛΗΡΥΝΟΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	593
16.7 ΙΞΩΔΟΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΒΙΣΚΟΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ)	593
16.8 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΩΝ	599
16.9 ΘΡΑΥΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	601
16.10 ΛΟΙΠΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	602
16.11 ΠΟΛΥΜΕΡΙΣΜΟΣ	604
16.12 ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	607
16.14 ΠΛΑΣΤΙΚΑ	609
16.15 ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ	615
16.16 ΙΝΕΣ	618
16.17 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	619
16.18 ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΥΛΙΚΑ	620
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	628
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	628
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17	636
ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ	636
17.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	638
17.2 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΟΚΚΩΝ	641
17.3 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	646
17.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΤΗΣ ΙΝΑΣ	647
17.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΙΝΑΣ	648
17.6 Η ΙΝΩΔΗΣ ΦΑΣΗ	659
17.7 Η ΜΗΤΡΙΚΗ ΦΑΣΗ	661
17.8 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΟΥΣ ΜΗΤΡΑΣ	661
17.9 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΜΗΤΡΑΣ	666
17.10 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΕΡΑΜΙΚΗΣ ΜΗΤΡΑΣ	668
17.11 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΑΝΘΡΑΚΑ - ΑΝΘΡΑΚΑ	670
17.12 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ	670
17.13 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΩΝ ΜΕ ΙΝΕΣ	671
17.14 ΠΟΛΥΣΤΡΩΤΑ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ	678
17.15 ΠΛΑΚΕΣ ΤΥΠΟΥ ΣΑΝΤΟΥΙΤΣ	679
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	683
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	684

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18	690
ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	690
18.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	692
18.2 ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ	692
18.3 ΡΥΘΜΟΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	702
18.4 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΩΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	703
18.5 ΠΑΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	711
18.6 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	713
18.7 ΜΟΡΦΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	713
18.8 ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ	722
18.9 ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	723
18.10 ΟΞΕΙΔΩΣΗ	725
18.11 ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΛΥΣΗ	731
18.12 ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΔΕΣΜΩΝ	733
18.13 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΗΡΑΝΣΗ	734
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	737
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	737
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19	743
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	743
19.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	745
19.2 Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ	745
19.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	746
19.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑΚΗ ΚΑΙ ΙΟΝΤΙΚΗ ΑΓΩΓΗ.....	747
19.5 ΔΟΜΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	747
19.6 ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΜΕ ΟΡΟΥΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΖΩΝΩΝ & ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΔΕΣΜΩΝ 751	
19.7 ΕΥΚΙΝΗΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ	753
19.8 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ.....	754
19.9 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ	757
19.10 ΑΓΩΓΗ ΣΕ ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΗΜΙΑΓΩΓΟΥΣ	758
19.11 ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΗΜΙΑΓΩΓΟΥΣ	761
19.12 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	765
19.13 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ HALL	772
19.14 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ.....	774
19.15 ΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΙΟΝΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	781
19.16 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	782
19.17 ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	783
19.18 ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ ΠΕΔΙΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΩΣΗ.....	785
19.19 ΕΙΔΗ ΠΟΛΩΣΗΣ	790
19.20 ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	791
19.21 ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ.....	793
19.22 ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	793
19.23 ΣΙΔΗΡΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	793
19.24 ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	795
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	798
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	798

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20	808
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	808
20.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	810
20.2 ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	810
20.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ	812
20.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	816
20.5 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	820
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	824
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	825
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21	829
ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	829
21.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	830
21.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	831
21.3 ΔΙΑΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	835
21.4 ΣΙΔΗΡΙΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	837
21.5 ΑΝΤΙΣΙΔΗΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΙΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	839
21.6 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	843
21.7 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΙ ΥΣΤΕΡΗΣΗ	844
21.8 ΜΑΛΑΚΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	848
21.9 ΣΚΛΗΡΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	850
21.10 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ	853
21.11 ΥΠΕΡΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	856
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	861
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	863
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22	867
ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	867
22.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	868
22.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	869
22.3 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΜΕ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	871
22.4 ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ	872
22.5 ΔΙΑΘΛΑΣΗ	874
22.6 ΑΝΑΚΛΑΣΗ	876
22.7 ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	877
22.8 ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	880
22.9 ΧΡΩΜΑ	882
22.10 ΑΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΗΜΙΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΣΤΟΥΣ ΜΟΝΩΤΕΣ	883
22.11 ΦΩΤΑΥΓΕΙΑ	885
22.12 ΦΩΤΟΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	886
22.13 ΛΕΙΖΕΡ	886
22.14 ΟΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ	891
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	897
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	897

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23	899
ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	899
23.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	901
23.2 ΑΝΤΟΧΗ.....	902
23.3 ΑΛΛΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ Η ΤΕΛΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ	908
23.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	909
23.5 ΕΛΑΤΗΡΙΟ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ	911
23.6 Η ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗΡΙΑΙΟΥ ΟΣΤΟΥ	917
23.7 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ	919
23.8 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	921
23.9 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	924
23.10 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ-ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	925
23.11 ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ – ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	927
23.12 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	932
23.13 Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΑΓΩΓΩΝ & ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ	934
23.14 ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗ ΚΥΒΟΥ	936
23.15 ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗ ΣΥΡΜΑΤΩΝ.....	936
23.16 Η ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΤΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ	940
23.17 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΑΙΝΙΑΣ	943
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	947
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	949
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 24	954
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ & ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	954
24.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	955
24.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ	956
24.3 ΥΛΙΚΑ	957
24.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	957
24.5 ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	961
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	965
Παράρτημα Α	967
Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI)	967
Παράρτημα Β	969
Ιδιότητες Επιλεγμένων Τεχνολογικών Υλικών	969
B.1: Πυκνότητα	970
B.2: Μέτρο Ελαστικότητας	973
B.3: Λόγος Poisson	977
B.4: Αντοχή και ολκιμότητα	979
B.5: Κρίσιμος συντελεστής έντασης τάσης	984
B.6: Γραμμικός συντελεστής θερμικής διαστολής	986

B.7: Θερμική αγωγιμότητα	989
B.8: Ειδική θερμότητα	992
B.9: Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	995
B.10: Συστάσεις μεταλλικών κραμάτων	998
Παράρτημα Γ	1000
Κόστος και Σχετικό Κόστος Επιλεγμένων Τεχνολογικών Υλικών	1000
Παράρτημα Δ	1006
Δομές Ομάδων Μονομερών για Συνήθη Πολυμερή Υλικά	1006
Παράρτημα Ε	1010
Θερμοκρασίες Υαλώδους Μετάβασης & Τήξης για Συνήθη Πολυμερή Υλικά	1010
Γλωσσάρι όρων και εννοιών	1011
Απαντήσεις σε Επιλεγμένα προβλήματα	1049
Ευρετήριο	1055



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

ISBN 960