

ΑΠΟ ΤΑ ΑΤΟΜΑ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ: ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Το ΕΑΠ είναι υπεύθυνο για την επιμέλεια έκδοσης και την ανάπτυξη των κεμένων σύμφωνα με τη Μεθοδολογία της εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης. Για την επιστημονική αρτιότητα και πληρότητα των συγγραμμάτων, την αποκλειστική ευθύνη φέρουν οι συγγραφείς, κριτικοί αναγνώστες και ακαδημαϊκοί υπεύθυνοι που ανέλαβαν το έργο αυτό.



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Πρόγραμμα Σπουδών
ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Θεματική Ενότητα
ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

ΤΟΜΟΣ Α΄

Από τα Άτομα στα Στερεά: Γενική Θεώρηση

Ε. Ν. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

*Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Κρήτης
Πρόεδρος Δ.Σ. του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας*

ΠΑΤΡΑ 2000

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Πρόγραμμα Σπουδών
ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Θεματική Ενότητα
ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

Τόμος Α'
Από τα άτομα στα στερεά: γενική θεώρηση

Συγγραφή
Ε. Ν. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ
Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Κρήτης
Πρόεδρος Δ.Σ. του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας

Κριτική Ανάγνωση
ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΚΑΞΙΡΑΣ
Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Harvard

Ακαδημαϊκός Υπεύθυνος για την επιστημονική επιμέλεια του τόμου
ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΖΔΕΤΣΗΣ
Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Πατρών

Επιμέλεια στη μέθοδο της εκπαίδευσης από απόσταση
ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΡΘΕΝΙΟΣ

Γλωσσική Επιμέλεια
ΛΙΑΝΑ ΠΕΡΡΑΚΗ

Τεχνική Επιμέλεια – Καλλιτεχνική Επιμέλεια – Στοιχειοθεσία
ΣΟΦΙΑ ΒΛΑΧΟΥ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ – ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ

Συντονισμός ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού και γενική επιμέλεια των εκδόσεων
ΟΜΑΔΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ ΕΑΠ / 1997-2000

ISBN 960-538-005-6
Κωδικός Έκδοσης: ΠΣΦ 61/1

Copyright 2000 για την Ελλάδα και όλο τον κόσμο
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
Οδός Παπαφλέσσα & Υψηλάντη, 262 22 Πάτρα – Τηλ.: 061 314094, 314206 Fax: 061 317244

Σύμφωνα με το Ν. 2121/1993, απαγορεύεται η συνολική ή αποσπασματική αναδημοσίευση του βιβλίου αυτού ή η αναπαραγωγή του με οποιοδήποτε μέσον χωρίς την άδεια του εκδότη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος του συγγραφέα	ix
ΠΙΝΑΚΕΣ	
Πίν. I: Ενεργειακές ισοδυναμίες ή αντιστοιχίες	A3
Πίν. II: Άλλες χρήσιμες αριθμητικές σχέσεις	A3
Πίν. III: Σύντομος πίνακας φυσικών σταθερών	A4
Πίν. IV: Περιοδικός πίνακας των στοιχείων	A6
Κεφ. 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1. Το αντικείμενο και η μεθοδολογία της ΦΣΚ	2
1.2. Η σημασία της ΦΣΚ	3
1.3. Γιατί και πώς σχηματίζονται τα στερεά: Είδη δεσμών	5
1.4. Σύνοψη	12
Κεφ. 2. ΒΑΣΙΚΑ ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	
2.1. Διαστατική ανάλυση	16
2.2. Ατομική ακτίνα, R_a	18
2.3. Μήκος δεσμού, d	19
2.4. Συγκέντρωση και άλλες συναφείς ποσότητες	19
2.5. Πυκνότητα	21
2.6. Ενέργεια συνοχής	22
2.7. Μέτρα ελαστικότητας	23
2.8. Ταχύτητα του ήχου στα στερεά	25
2.9. Ιδιοσυχνότητες ιοντικών ταλαντώσεων	26
2.10. Θερμοκρασία τήξεως	27
2.11. Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	28
2.12. Λυμένες ασκήσεις	31
2.13. Σύνοψη	35
Κεφ. 3. ΟΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	
3.1. Ελαχιστοποίηση της (ελεύθερης) ενέργειας	41
3.2. Η αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg και η απαγορευτική αρχή του Pauli. Κβαντισμός	43
3.3. Πότε η κλασική μηχανική είναι επαρκής;	48

3.4. Οι βασικές προσεγγίσεις της ΦΣΚ	49
3.5. Πέρα από τις βασικές προσεγγίσεις	53
3.6. Το θεώρημα Bloch	54
3.7. Σύγκριση κυμάτων Bloch και επίπεδων κυμάτων	55
3.8. Σύνοψη	59
Κεφ. 4. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ ΚΑΙ ΙΟΝΤΑ:	
ΜΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥΣ	
4.1. Εισαγωγικά σχόλια	63
4.2. Το πρόβλημα των συζευγμένων εκκρεμών	64
4.3. Η μέθοδος LCAO στην απλούστερη εκδοχή της	68
4.4. Σχόλια και (ταυτόχρονα) άσκηση αυτοαξιολόγησης 4.2	71
4.5. Πυκνότητα καταστάσεων και ενεργός μάζα	72
4.6. Ιοντικές ταλαντώσεις μονοδιάστατου στερεού	77
4.7. Δύο πολύ σημαντικά παραδείγματα	79
4.8. Συμπεράσματα με βάση την ενότητα 4.7	87
4.9. Σύνοψη	89
ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	
Κεφ. 1	93
Κεφ. 2	95
Κεφ. 3	99
Κεφ. 4	103
ΛΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ	
Κεφ. 3	108
Κεφ. 4	113
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	119
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	123

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγγραφή ενός βιβλίου φυσικής στερεάς κατάστασης είναι ούτως ή άλλως ένα δύσκολο εγχείρημα λόγω του τεράστιου όγκου του γνωστικού αντικειμένου, της μεγάλης ποικιλίας του, της πολλαπλότητας των θεωρητικών μεθόδων και των πειραματικών τεχνικών, κ.λπ. Στην προκειμένη περίπτωση προστέθηκαν δύο ακόμη στοιχεία που έκαναν το έργο της συγγραφής ακόμη πιο δύσκολο. Τα στοιχεία αυτά είναι η εξ αποστάσεως διδασκαλία (όπου ο φοιτητής δεν έχει εν γένει τη βοήθεια του καθηγητή, και επομένως η εξάρτησή του από το διδακτικό βιβλίο είναι η μέγιστη δυνατή) και η έκταση του συγκεκριμένου προγράμματος σπουδών που επιδιώκει να καλύψει κάπως όλες τις επιστήμες καθώς και τις σημαντικότερες τεχνολογικές εφαρμογές.

Το αναπόφευκτο αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν ο δραστικότερος περιορισμός της ύλης στα απολύτως βασικά. Όμως και μετά τη δραστική αυτή περιοριστική διαπιστώθηκε ότι η έκταση της εναπομείνουσας ύλης ήταν υπερβολικά μεγάλη για τον περιορισμένο χρόνο που παραχωρεί το πρόγραμμα σπουδών.

Η λύση που επελέγη ήταν να χωρισθεί η ύλη αυτή σε δύο τομίδια. Στο πρώτο τομίδιο, εκτάσεως 90 σελίδων (συν άλλες 30 περίπου σελίδες για απαντήσεις ασκήσεων) δίνεται μια γενική θεώρηση των στερεών που περιλαμβάνει (α) μερικές χαρακτηριστικές ιδιότητες (και πώς αυτές απορρέουν με απλό τρόπο από την ατομική δομή της ύλης), (β) το στοιχειώδες εννοιολογικό πλαίσιο των βασικών νόμων και προσεγγίσεων για μια πιο συστηματική μελέτη και (γ) μια εισαγωγή στη μέθοδο του γραμμικού συνδυασμού ατομικών τροχιακών που χειρίζεται τα στερεά ως υπεργιγάντια μόρια. Ο πρώτος αυτός τόμος απευθύνεται σε όλους τους φοιτητές του προγράμματος ακόμη και σε εκείνους που τα ενδιαφέροντά τους στρέφονται περισσότερο προς τις βιολογικές επιστήμες.

Ο δεύτερος τόμος απευθύνεται κυρίως προς εκείνους τους φοιτητές που προσανατολίζονται προς το “τρίγωνο” φυσική-χημεία-επιστήμη υλικών και περιέχει τη μελέτη των βασικότερων ιδιοτήτων των στερεών (κυρίως μετάλλων και ημιαγωγών) στα πλαίσια του μοντέλου ελεύθερων ηλεκτρονίων και της μεθόδου του γραμμικού συνδυασμού ατομικών τροχιακών.

Στο κείμενο περιλαμβάνονται ασκήσεις αυτοαξιολόγησης καθώς και άλλες ασκήσεις. Και για τις μεν και για τις δε υπάρχει απάντηση ή λύση –χωριστά για κάθε μία από τις δύο κατηγορίες– στο τέλος του βιβλίου. Οι ασκήσεις αυτοαξιολόγησης απαιτούν συνήθως μια απλή επανάληψη ή μια απλή εφαρμογή των σχέσεων του κειμένου. Οι άλλες ασκήσεις απαιτούν συχνά μια πιο συνθετική

προσπάθεια εκ μέρους του αναγνώστη. Είναι περιττό να τονίσω τη σημασία της επίλυσης των ασκήσεων αυτοαξιολόγησης ή και των ασκήσεων. Όπως είπε ο μεγάλος φυσικός Richard Feynman, “Δεν γνωρίζεις τίποτε μέχρις ότου εξασκηθείς σε αυτό”.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Ε. Καξίρα, ο οποίος, με την ιδιότητά του ως κριτικού αναγνώστη, μου έκανε πολλές εύστοχες παρατηρήσεις. Ευχαριστίες επίσης οφείλω στην κ. Σοφία Σαβδάκη για την εξαιρετική στοιχειοθεσία του κεμένου και στους Θ. Μίχο και Tony Rogers για τον ηλεκτρονικό σχεδιασμό των γραφημάτων.

Ηράκλειο, Ιανουάριος 1999