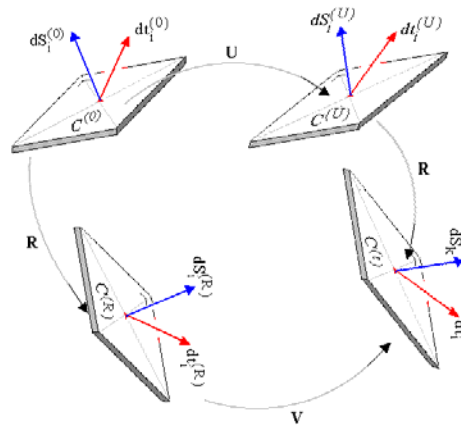


Διδακτικές Σημειώσεις
**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΟΥ
ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΜΕΣΟΥ**

Ιωάννης Βαρδουλάκης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.



Οκτώβριος 2008

© **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΜΕΣΟΥ** 2008,

Ιωάννης Γ. Βαρδουλάκης, Dr-Ing., Καθηγητής της Μηχανικής στο Ε. Μ. Πολυτεχνείο,

Τ.Θ. 144, Παλαιά 190-02, <http://geolab.mechan.ntua.gr/>, I.Vardoulakis@mechan.ntua.gr

Εισαγωγικό Σημείωμα

Στην Επιστήμη του Μηχανικού συχνά θα διακρίνουμε ανάμεσα σε στερεά, υγρά και αέρια. Μια τέτοια ταξινόμηση της ύλης αποδείχτηκε πολύ πρακτική αλλά πρέπει να τονίσουμε ότι δεν είναι βέβαια σημερινή υπόθεση. Με πρώτους κατά πάσα πιθανότητα τους Πυθαγόρα (580-500 π.Χ.) και Εμπεδοκλή (490-430 π.Χ.) και στη συνέχεια τον Πλάτωνα (427-347 π.Χ.) και τον Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.)¹ η πρώτη επιστημονική ταξινόμηση της ύλης είναι εκείνη που διέκρινε ανάμεσα στις τέσσαρες ουσίες: γη, ύδωρ, αέρα και πυρ.

Το Συνεχές Μέσο αντιδιαστέλλεται από το Διακριτό Μέσο, ο δε διαχωρισμός αυτός είναι επίσης αρχαίος αφού ανάγεται στη φιλοσοφική αντίθεση μεταξύ Ατομιστών και Στωικών². Στην εποχή μας η αντιπαράθεση αυτή διατηρείται αμείωτη ανάμεσα σε εκείνους, που πιστεύουν ότι οι ποσότητες που υπεισέρχονται στην περιγραφή του Συνεχούς Μέσου είναι κάποιες μέσες τιμές αντίστοιχων μικροσκοπικών ποσοτήτων, και σε εκείνους που δεν δέχονται κατ' ανάγκη αυτή την προσέγγιση. Χαρακτηριστικά θα αναφέρουμε μια φράση από την εισαγωγή στο θεμελιώδες έργο των Truesdell & Noll³ : «...Είναι αρκετά διαδεδομένη η ψευδής αντίληψη ότι, εκείνοι που διατυπώνουν θεωρίες συνεχούς μέσου πιστεύουν ότι η ύλη είναι πράγματι συνεχής, αρνούμενοι την ύπαρξη των μορίων. Δεν είναι βέβαια έτσι. Η φυσική των Συνεχών Μέσων δεν προϋποθέτει τίποτε σε σχέση με τη δομή της ύλης. Αυτοπεριορίζεται σε σχέσεις ανάμεσα σε αδρά φαινόμενα, αγνοώντας τη δομή του υλικού σε μικρότερη κλίμακα. Το αν η συνεχής προσέγγιση είναι δικαιολογημένη σε κάθε μια ξεχωριστή περίπτωση δεν είναι θέμα της φιλοσοφίας ή της μεθοδολογίας της επιστήμης αλλά του **πειραματικού ελέγχου**...». Η αντίληψη αυτή είναι μερικώς αποδεκτή σήμερα καθ' ότι πολλοί ερευνητές ασχολούνται με την ανάπτυξη θεωριών και τεχνικών που επιτρέπουν τη μετάβαση από την μικρο-κλίμακα στη μεσο-κλίμακα, τεχνικές ονομάζονται τεχνικές ομογενοποιήσεως.

Τα κεφάλαια που ακολουθούν προκύπτουν από τη διδασκαλία του αντίστοιχου Μαθήματος στα Μεταπτυχιακά Προγράμματα του Ε.Μ.Π. «Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών», «Εφαρμοσμένη Μηχανική» και «Υπολογιστική Μηχανική». Το μάθημα αυτό περιλαμβάνει μια γενική εισαγωγή στη Μηχανική του Συνεχούς Μέσου. Η ενότητα αυτή καλύπτει την Κινηματική και Στατική των Συνεχών Μέσων, τις γενικές Αρχές Διατήρησης και τη λεγόμενη βηματική κατά Lagrange περιγραφή. Η τελευταία μαζί με την Αρχή των Δυνατών Έργων θα φανεί χρήσιμη σε εφαρμογές, όπως είναι η αριθμητική επίλυση προβλημάτων συνοριακών τιμών και προβλημάτων διακλαδώσεως και ευστάθειας. Στα διάφορα κεφάλαια του βιβλίου περιέχεται και ένας αριθμός ασκήσεων ποικίλλοντος βαθμού δυσκολίας, που αποσκοπούν στην καλύτερη εμπέδωση των εννοιών και των μαθηματικών τεχνικών που αναπτύσσονται στο μάθημα αυτό.

Ιωάννης Βαρδουλάκης, 2008.

¹ G.E.R. Lloyd, *Early Greek Science: Thales to Aristotle*, Norton, p.27, 1973

² "...the Stoics used the term κράσις δι' όλων (total mixture), putting to service an original theory of different modes of composition. Κράσις is defined as the total interpenetration of two or more substances, as exemplified in the mixture of two liquids such as wine and water...", G.E.R. Lloyd, *Greek Science After Aristotle*, [45 p. 27 ff].

³ C. Truesdell and W. Noll, *Non-Linear Field Theories of Mechanics*, Encyclopedia of Physics, Vol. III/3, Sect. 3, Springer, 1965

Γενική Βιβλιογραφία

1. E. Becker und W. Bürger, *Kontinuumsmechanik*, Teubner, 1975
2. R. L. Bisplinghoff, J. W. Mar and T. H. H. Pian, *Statics of Deformable Solids*, Dover, 1965.
3. P. Chadwick, *Continuum Mechanics*, Dover, 1976.
4. W.F. Chen and D. J. Han, *Plasticity for Structural Engineers*, Springer, 1988.
5. D.C. Kay, *Tensor Calculus*, Schaum's Outline Series, 1988
6. L.E. Malvern, *Introduction to the Mechanics of Continuous Medium*, Prentice-Hall, 1969.
7. A. Sommerfeld, *Mechanik der deformierbaren Medien*, Bd. II, Verlag Herri Deutsch, 1992.
8. A.J.M. Spencer, *Continuum Mechanics*, Dover, 1980.
9. I. Vardoulakis and J. Sulem, *Bifurcation Analysis in Geomechanics*, Chapman & Hall, 1995.

Εξειδικευμένη κατά ενότητα βιβλιογραφία παρατίθεται εντός του κειμένου υπό μορφή υποσημειώσεων.

Οι σπουδαστές που δεν έχουν παρακολουθήσει το αντίστοιχο προπτυχιακό μάθημα θα ήταν σκόπιμο να ανατρέξουν στο σχετικό σύγγραμμα:

10. Ι. Βαρδουλάκης, *Εισαγωγή στη Μηχανική του Συνεχούς Μέσου*, Εκδ. Συμμετρία, 2004.

Περιεχόμενα

1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΑΛΓΕΒΡΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ	5
2. ΤΑΝΥΣΤΕΣ	29
3. ΤΑΝΥΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΟΓΡΑΜΜΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	65
4. ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	97
5. ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΥΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΙ	147
6. ΑΠΕΙΡΟΣΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΟΓΡΑΜΜΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	173
7. Η ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ	215
8. ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ & ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ	247
9. Η ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	289

