

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παρουσιάζονται οι απαραίτητες έννοιες και στοιχεία της Μηχανικής των Ρευστών με έμφαση στα βασικά χαρακτηριστικά των ρευστών, τις κατηγορίες και μορφές ροής και τις μεθόδους ανάλυσης της ροής γενικώς. Αναλύεται η διαδικασία και οι χρησιμοποιούμενοι μέθοδοι αριθμητικής επίλυσης προβλημάτων.

1.1 Βασικές έννοιες και στοιχεία Μηχανικής των Ρευστών

1.1.1 Βασικά χαρακτηριστικά των ρευστών

- **Ρευστό σωματίδιο:** Ο στοιχειώδης όγκος dU ρευστού ο οποίος είναι αρκετά μεγαλύτερος από έναν ελάχιστο όγκο ($\min dU = 10^{-9} \text{ m}^3$), ώστε να περιλαμβάνει ένα ικανό και περίπου σταθερό αριθμό μορίων.
- **Πυκνότητα $\rho = \text{Μάζα} / \text{Όγκος}$**
 - ο Διάσταση - μονάδες $[\rho] \rightarrow [M / L^3]: \text{kg} / \text{m}^3, \text{gr} / \text{cm}^3$
 - ο Η πυκνότητα ενός ρευστού εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία του.
 - ο Η πυκνότητα ενός υγρού είναι σχετικά σταθερή. Η πυκνότητα του νερού είναι περίπου ίση με $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$ και όταν αυξήσουμε την πίεση 220 φορές η πυκνότητα αυτή θα αυξηθεί μόνο κατά περίπου 1%.
 - ο Η πυκνότητα των υγρών είναι περίπου τρεις τάξεις μεγαλύτερη της πυκνότητας των αερίων $\rightarrow$ Στην ελεύθερη επιφάνεια ενός αγωγού η παρουσία του υπερκείμενου ρευστού <αέρα> έχει μικρή έως αμελητέα επίδραση.
- **Ειδικό βάρος $\gamma = \text{Βάρος} / \text{Όγκος}$**
 - ο Διάσταση - μονάδες $[\gamma] \rightarrow [F / L^3]: \text{t} / \text{m}^3, \text{kg}^* / \text{m}^3, \text{N} / \text{m}^3$
 - ο $\gamma = \rho \cdot g$, όπου g : επιτάχυνση της βαρύτητας **9,81 m / s²**
 - ο Προσοχή! Πυκνότητα και Ειδικό βάρος έχουν την ίδια αριθμητική τιμή σε διαφορετικά συστήματα: Για το νερό
 - Πυκνότητα ρ : περίπου $1.000 \text{ kg} / \text{m}^3 = 1 \text{ t} / \text{m}^3$
 - Ειδικό βάρος γ : περίπου $1.000 \text{ kg}^* / \text{m}^3 = 9,81 \text{ kN} / \text{m}^3$
- **Πίεση $p = \text{Δύναμη (κάθετη)} / \text{Επιφάνεια}$**
 - ο Διάσταση - μονάδες $[p] \rightarrow [F / L^2]: \text{t} / \text{m}^2, \text{kg}^* / \text{m}^2, \text{N} / \text{m}^2 (= \text{Pa})$
 - ο Είναι η κάθετη – θλιπτική – τάση η οποία προέρχεται από την αντίστοιχη δύναμη, την οποία το ρευστό ασκεί στην επιφάνεια στοιχειώδους όγκου.
 - ο Είναι βαθμωτό μέγεθος το οποίο προέρχεται από διανυσματικό μέγεθος.
 - ο Συνήθως ορίζουμε, για λόγους ευκολίας την ατμοσφαιρική πίεση ως σημείο αναφοράς με τιμή μηδέν και μετράμε τη σχετική πίεση ως διαφορά της απόλυτης και της ατμοσφαιρικής: $p_{\text{σχετ}} = p_{\text{απολ}} - p_{\text{ατμοσφ}}$
Αυτό οδηγεί λογιστικά και σε αρνητικές τιμές της σχετικής πίεσης: **υποπίεση**.
 - ο Όταν πραγματοποιείται εξάτμιση του νερού σε ένα κλειστό χώρο, όπως π.χ. σε ένα τμήμα σωλήνα με ροή νερού υπό πίεση, τότε η πίεση από τα μόρια των υδρατμών καλείται **πίεση υδρατμών: p_v** . Στην περίπτωση αυτή η συνέχεια της ροής διακόπτεται (σπηλαιώση) και το ρευστό δεν είναι πλέον ένα συνεχές μέσο. Το φαινόμενο είναι ανεπιθύμητο και εις το επόμενο εξάμηνο (Εφαρμοσμένη Υδραυλική) θα χρησιμοποιήσουμε μεθόδους ελέγχου και αποφυγής του.
Η p_v αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

- **Συμπιεστότητα:** Είναι η ιδιότητα της μείωσης του όγκου του ρευστού όταν αυξάνεται η πίεση, η οποία ασκείται σε αυτό.
 - ο Χαρακτηρίζεται από το μέτρο ελαστικότητας, ή το (αντίστροφο) μέτρο συμπιεστότητας.
 - ο Το μέτρο ελαστικότητας του νερού είναι πολύ μεγάλο (περίπου 20.000 φορές μεγαλύτερο από του αέρα). Στα συνήθη προβλήματα το νερό (και γενικώς τα υγρά) θεωρείται ασυμπίεστο.
- **Δυναμική συνεκτικότητα (ή ιξώδες) μ :** Είναι η ιδιότητα των ρευστών να παραμορφώνονται συνεχώς υπό την επίδραση διατμητικών τάσεων.
 - ο Διάσταση – μονάδες $[\mu] \rightarrow [(F \times T) / L^2]$: gr /cm.s (= poise)
 - ο $\tau = \mu \frac{du}{dy}$
 όπου τ : ασκούμενη διατμητική τάση
 και du / dy : ταχύτητα μεταβολής γωνιακής παραμόρφωσης
 - ο Ρευστό **Νευτώνιο** $\Rightarrow \mu = \text{σταθερά (ανεξάρτητη των } \tau \text{ και } du / dy)$
 - ο Το νερό συμπεριφέρεται ως Νευτώνιο ρευστό.
 - ο Ιδεατό πλαστικό / Μη Νευτώνιο - θixοτροπικό / Μη Νευτώνιο – διασταλτικό
 - ο Ρευστό **Ιδεατό** $\Rightarrow$ **ασυμπίεστο + μηδενική συνεκτικότητα**
 - ο Η μ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.
- **Κινηματική συνεκτικότητα $\nu = \text{Δυναμική συνεκτικότητα} / \text{Πυκνότητα}$**
 - ο Διάσταση – μονάδες $[\nu] \rightarrow [L^2] / T$: cm² /s (= stoke)
 - ο Η ν μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.
- **Ταχύτητα ροής $V = \text{Απόσταση} / \text{Χρόνος}$**
 - ο Διάσταση – μονάδες $[V] \rightarrow [L] / T$: m/s
 - ο Ταχύτητα σε *μικροκλίμακα* (σημείο ή ρευστό σωματίδιο).
 - ο Αναλύεται σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (u, v, w), σε σφαιρικό σύστημα (r, θ, ϕ), ή σε κυλινδρικό σύστημα (r, θ, z) και τις αντίστοιχες απλοποιήσεις εάν η ροή θεωρείται δισδιάστατη.
 - ο Ταχύτητα σε *μακροκλίμακα* (διατομή ή τμήμα πεδίου ροής).
 Επηρεάζεται από τα στερεά όρια, συνήθως χρησιμοποιείται η μέση ταχύτητα με συνυπολογισμό ή αμελώντας κατά περίπτωση τους σχετικούς συντελεστές συνόρθωσης.
- **Επιτάχυνση $a = \text{Μεταβολή Ταχύτητας} / \text{Χρόνος}$**
 - ο Διάσταση – μονάδες $[a] \rightarrow [L] / T^2$: m /s²
 - ο Αντιστοίχως με την ταχύτητα ορίζεται σε *μικροκλίμακα* ή *μακροκλίμακα*.
- **Παροχή $Q = \text{Μεταβολή Όγκου (ακριβέστερον } \mu\acute{\alpha}\zeta\alpha\varsigma) / \text{Χρόνος}$**
 - ο Διάσταση – μονάδες $[Q] \rightarrow [L^3] / T$: m³/s (σε ομογενές υγρό)
 - ο Σε *μακροκλίμακα* συνδέεται άμεσα με την εκάστοτε διατομή ροής, της οποίας η γεωμετρία είναι πιθανόν σταθερή ή μεταβαλλόμενη.
- **Ενέργεια H :** Είναι η ικανότητα του ρευστού να παράγει έργο.
 Συνήθως λογίζουμε την ενέργεια της ροής ανά μονάδα βάρους του ρέοντος ρευστού και την καλούμε **ύψος ενέργειας**. Στην περίπτωση αυτή:
 - ο Διάσταση – μονάδες $[H] \rightarrow [L]$: m
 - ο Η ολική ενέργεια (ή το ύψος ενέργειας) αποτελείται από τις εξής συνιστώσες:
 - Δυναμική ενέργεια, λόγω θέσης (ύψους).

- Κινητική ενέργεια, λόγω ταχύτητας.
- Ενέργεια πίεσης, λόγω πίεσης.
- **Απώλειες Ενέργειας ή ύψους ενέργειας ΔH :** Προκαλούνται από διάφορους μηχανισμούς τους οποίους θα εξετάσουμε αναλυτικώς στη συνέχεια.
 - Διάσταση – μονάδες $[\Delta H] \rightarrow [L]$: m
 - Απώλειες δεν εμφανίζονται σε ιδεατό ρευστό.
- **Μεταβολές στην Ενέργεια ή στο ύψος ενέργειας ΔH_μ :** Προκαλούνται από τη λειτουργία υδραυλικών μηχανών και θα τις εξετάσουμε αναλυτικώς στη συνέχεια.
 - Διάσταση – μονάδες $[\Delta H_\mu] \rightarrow [L]$: m
 - Η λειτουργία αντλίας αυξάνει το ύψος ενέργειας της ροής.
 - Η λειτουργία στροβίλου μειώνει το ύψος ενέργειας της ροής.
 - Οι υδραυλικές μηχανές (αντλίες ή στροβίλοι) χαρακτηρίζονται από την ισχύ N , το μανομετρικό ύψος h_μ και το συντελεστή απόδοσης η . Στους υπολογισμούς υπεισέρχεται και το ειδικό βάρος του ρέοντος υγρού γ .
- **Μετατροπές συνήθως χρησιμοποιούμενων μονάδων:**
 - **1 t = 9,81 kN**
 - **1 kgr*/m² = 9,81 N /m² = 9,81 Pa**
 - **1 m³ = 1.000 lt** (λίτρα)
- **Συνήθειες ερωτήσεις - απορίες – παρανοήσεις**
 - Τι είναι τα: t , kgr*, gr*;
Είναι μονάδες δύναμης στο (παλαιό) Τεχνικό Σύστημα.
 - Τι είναι τα : t /m², kgr*/m², gr*/cm²;
Είναι μονάδες τάσης (πίεσης) στο (παλαιό) Τεχνικό Σύστημα.
 - Πως είναι δυνατό η πυκνότητα ενός υγρού και το ειδικό του βάρος να έχουν «την ίδια» τιμή, ενώ ισχύει: $\gamma = \rho \cdot g$;
Έχουν την **ίδια τιμή** σε **διαφορετικά Συστήματα** ☼

1.1.2 Κατηγορίες και Μορφές ροής

- **Ροή Μόνιμη – Μη μόνιμη:** Χαρακτηρισμός ως προς κινηματική – χρονική μεταβολή.
- **Ροή Ομοιόμορφη – Ανομοιόμορφη:** Χαρακτηρισμός ως προς κινηματική – χωρική μεταβολή. Θα ασχοληθούμε κυρίως με την Ομοιόμορφη αλλά θα αναλύσουμε και την Ανομοιόμορφη ροή.
- **Ροή υπό Πίεση – Ροή με Ελεύθερη Επιφάνεια – Ελεύθερη Φλέβα**
 - Ροή υπό Πίεση: Σε αγωγούς με κλειστό γεωμετρικό σχήμα. Οι διατομές του ρέοντος ρευστού ευρίσκονται υπό πίεση (συνήθως μεγαλύτερη, αλλά πιθανώς και μικρότερη από την ατμοσφαιρική).
 - Ροή με Ελεύθερη Επιφάνεια: Πάντοτε σε αγωγούς με ανοιχτό γεωμετρικό σχήμα, αλλά ακόμη και σε αγωγούς με κλειστό! Στην ελεύθερη (άνω) επιφάνεια των διατομών του ρέοντος ρευστού η πίεση είναι ατμοσφαιρική.
 - Ελεύθερη Φλέβα (Ροή στην ατμόσφαιρα): Στην περίμετρο των διατομών του ρέοντος ρευστού η πίεση είναι ατμοσφαιρική.

- **Ροή Στρωτή – Турβώδης:** Χαρακτηρισμός από δυναμική άποψη - επίδραση συνεκτικότητας → αριθμός **Reynolds**.
 - Ο αριθμός Reynolds είναι ο λόγος των δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις συνεκτικότητας και είναι αδιάστατος. Συμβολίζεται γενικώς ως **R_e** αλλά <εδώ> θα συμβολίζεται για λόγους απλότητας ως **R** προσέχοντας να μη γίνει σύγχυση με την υδραυλική ακτίνα, η οποία επίσης συμβολίζεται ως R .
 - Σε κάθε πεδίο προβλημάτων υπάρχει μια οριακή τιμή **R_{op}** του αριθμού Reynolds (ακριβέστερον: ένα εύρος τιμών περί την οριακή τιμή).
 - Για τιμές μικρότερες της **R_{op}** η ροή είναι στρωτή.
 - Για τιμές μεγαλύτερες της **R_{op}** η ροή είναι турβώδης.
 - Για αγωγούς κυκλικής διατομής σε ροή υπό πίεση το όριο μεταξύ στρωτής και турβώδους ροής είναι: **$R_{op} = 2.000$**
 - Τονίζεται ότι: Η ροή εμφανίζει αδράνεια στην αλλαγή κατάστασης
 - Εάν είναι στρωτή, παραμένει - για κάποιο πεδίο - στρωτή για τιμές $R > R_{op}$.
 - Εάν είναι турβώδης, παραμένει αντιστοίχως турβώδης για τιμές $R < R_{op}$.
- **Ροή Υποκρίσιμη – Κρίσιμη – Υπερκρίσιμη:** Χαρακτηρισμός από δυναμική άποψη - επίδραση βαρύτητας → αριθμός **Froude**.
 - Ο αριθμός Froude είναι ο λόγος των δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις βαρύτητας και είναι αδιάστατος. Συμβολίζεται ως **F** .

1.1.3 Μέθοδοι ανάλυσης της ροής

- **Μονοδιάστατη ανάλυση** (ή *όγκου αναφοράς*, ή *όγκου ελέγχου*, ή *Euler*): Είναι η σημαντικότερη είτε αναφερόμαστε σε ροή υπό πίεση είτε σε ροή με ελεύθερη επιφάνεια. Θα την χρησιμοποιήσουμε σε μεγάλη έκταση <εδώ> και εις τα μαθήματα των επομένων εξαμήνων.
- **Ρευστού σωματιδίου** (ή *Lagrange*): Είναι μέθοδος της Μηχανικής του Στερεού. Θα την χρησιμοποιήσουμε σε κάποια προβλήματα <εδώ>. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οι ροές φλεβών στην ατμόσφαιρα.
- Διαφορική ανάλυση: Επιλύονται οι βασικές διαφορικές εξισώσεις ροής, με ολοκλήρωσή τους για τις συγκεκριμένες οριακές συνθήκες του προβλήματος, το οποίο εξετάζουμε. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η στρωτή ροή.
- Διαστατική ανάλυση: Δομείται ένα πειραματικό μοντέλο, το οποίο δοκιμάζεται και εξελίσσεται με εργαστηριακές (ή και σε *φυσική κλίμακα*) μετρήσεις.

1.2 Διαδικασία και μέθοδοι αριθμητικής επίλυσης προβλημάτων

1.2.1 Διαδικασία

Σε πολλά προβλήματα υπεισέρχονται εξισώσεις ή συστήματα εξισώσεων των οποίων ο χειρισμός ή /και μαθηματική επίλυση είναι αδύνατη ή μάλλον δυσχερής. Επομένως είναι απαραίτητη η χρήση αριθμητικών μεθόδων επίλυσης - σύγκλισης προς **αποδεκτή τιμή** με βάση την εξής διαδικασία:

- Επιλογή του **μεγέθους** του οποίου θα **χειριστούμε** τη **σύγκλιση** προς αποδεκτή τιμή. Προσοχή! Πολλές φορές είναι ευφυέστερη η επιλογή μεγέθους βοηθητικού - διαφωρο από το μέγεθος του οποίου εις το πρόβλημα ζητείται η τιμή...
- Επιλογή του **μεγέθους** το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε ως **κριτήριο ελέγχου** της **σύγκλισης**. Το μέγεθος αυτό συνδέεται και με την επιλεγείσα αριθμητική μέθοδο.
- Εκτίμηση της **τιμής απόκλισης** από το ως άνω κριτήριο ελέγχου, η οποία θεωρείται επαρκής ως **όριο**, ώστε να **ικανοποιείται** - αμέσως ή εμμέσως - η **απαίτηση σύγκλισης** προς αποδεκτή τιμή.
- Επιλογή της **αριθμητικής μεθόδου** την οποία θα χρησιμοποιήσουμε ως **εργαλείο** της **σύγκλισης** προς αποδεκτή τιμή (βλ. 1.2.2).
- Εκτίμηση της **αρχικής τιμής** του ως άνω επιλεγέντος μεγέθους του οποίου θα χειριστούμε τη σύγκλιση.
- Εφαρμογή της **αριθμητικής μεθόδου** με **τιμή εκκίνησης** την ως άνω εκτιμηθείσα αρχική τιμή του μεγέθους του οποίου θα χειριστούμε τη σύγκλιση και πέρας την ικανοποίηση της ως άνω επιλεγείσας τιμής απόκλισης - ορίου.
- Τελικός προσδιορισμός και στρογγύλευση ☺ της **αποδεκτής τιμής** του **ζητούμενου μεγέθους** ☹. Η στρογγύλευση βασίζεται εις την ακρίβεια της μεθόδου, αλλά και συνολικώς της χρησιμοποιούμενης προσέγγισης και τεχνικών απαιτήσεων εφαρμογής της λύσης.

Εις τα αντίστοιχα κεφάλαια προτείνονται οι κατάλληλες μέθοδοι για τα αντίστοιχα προβλήματα. Η γενική μορφή των εδαφίων επίλυσης προβλημάτων περιλαμβάνει:

- Βήμα προς βήμα ανάλυση της διαδικασίας με παράθεση των χρησιμοποιούμενων σχέσεων, ορίων κ.λπ.
- Τυποποίηση της διαδικασίας με χρηστικό πινακίδιο υπολογισμών.
- Διάγραμμα ροής της διαδικασίας.

1.2.2 Μέθοδοι

Είναι *προφανές* ότι η **κατάλληλη** μέθοδος, πρέπει να εξασφαλίζει την **ταχύτερη** δυνατή **σύγκλιση** με το **μικρότερο** δυνατό **όγκο πράξεων**, άρα και μικρότερη δυνατή πιθανότητα λάθους!

Οι **άριστες μέθοδοι** επιτρέπουν την ευχερή **εποπτεία** (τουλάχιστον) της **τάξης μεγέθους** των ενδιαμέσων τιμών και διαθέτουν ασφαλιστικές **δικλείδες ελέγχου**

σε κάποια στάδια, ώστε να γίνονται **ορατά** και αντιληπτά εγκαίρως **λάθη** υπολογισμού και να λαμβάνονται **διορθωτικές** ενέργειες.

Όσες χρησιμοποιήσουμε <εδώ> κατατάσσονται σε έξι βασικές κατηγορίες:

- Αριθμητικές - προσεγγιστικές μορφές πεπλεγμένων εξισώσεων
 - Η πεπλεγμένη μορφή αντικαθίσταται από προσεγγιστική - εύχρηστη μορφή, η οποία ισχύει με ικανοποιητική ακρίβεια προσέγγισης μόνο σε κάποιο προκαθορισμένο πεδίο τιμών μιας ή περισσότερων μεταβλητών.
- Επίλυση πεπλεγμένων εξισώσεων με χρήση πινάκων ή γραφημάτων
 - Η πεπλεγμένη μορφή έχει επιλυθεί σε πυκνά διαστήματα μεταβολής των τιμών σταθερών παραγόντων ή έχει αναπαρασταθεί σε γράφημα, όπου αναζητείται η τιμή του ζητουμένου μεγέθους.
- Μέθοδος διχοτόμησης
 - Είναι η **απλούστερη** και **σχετικώς ασφαλέστερη** μέθοδος. Προσφέρει ικανοποιητική εποπτεία της τάξης μεγέθους των διαδοχικών τιμών του χειριζόμενου μεγέθους και της πορείας σύγκλισης.
 - Απαιτείται όμως η εκτίμηση **δύο** και όχι μιας **αρχικών τιμών**.
 - Συνήθως οδηγεί σε **αργή** σύγκλιση (όγκος πράξεων κ.λπ.)
 - Τα δύο αυτά μειονεκτήματα αντιμετωπίζονται με υβριδικές - εμπειρικές προσεγγίσεις προσδιορισμού της δεύτερης τιμής και υβριδικούς τρόπους επιτάχυνσης: γραμμική παρεμβολή (ή προέκταση) αντί της διχοτόμησης.
 - Στην περίπτωση αυτή όμως έχουμε εισέλθει πλέον εις το πεδίο της επόμενης μεθόδου...
- Μέθοδοι α' τάξεως (τύπου *sécante*)
 - Χαρακτηρίζονται από:
 - Τη σύγκριση των αριθμητικών αποτελεσμάτων του **μεγέθους** του οποίου **χειριζόμαστε** τη **σύγκλιση** με το **μέγεθος** το οποίο χρησιμοποιούμε ως **κριτήριο ελέγχου** της **σύγκλισης**.
 - Επομένως, η σύγκριση των **διαδοχικών τιμών απόκλισης** γίνεται με βάση **όριο** το οποίο **συνδέεται** με το ως άνω **σταθερό μέγεθος ελέγχου** της **σύγκλισης**.
 - Η εκτίμηση της **δεύτερης τιμής** γίνεται με υβριδικές - εμπειρικές προσεγγίσεις με βάση την **αρχική τιμή** και την **απόκλισή** της από το **όριο**.
 - Συνήθως οι **επόμενες** - διαδοχικές **τιμές** προκύπτουν από υβριδικούς τρόπους - **συντελεστές διόρθωσης**, με τη σειρά τους βασισμένους στην **προηγούμενη τιμή** και την **απόκλισή** της από το **όριο**.

- Μέθοδοι β' τάξεως (τύπου Newton - Raphson)
 - Χαρακτηρίζονται από:
 - Τη σύγκριση των διαδοχικών αριθμητικών αποτελεσμάτων του **μεγέθους** του οποίου **χειριζόμαστε** τη **σύγκλιση**. Το **μέγεθος** το οποίο χρησιμοποιούμε ως **κριτήριο ελέγχου** της **σύγκλισης** έχει **ενσωματωθεί** στον **αλγόριθμο**.
 - Επομένως, η σύγκριση των **διαδοχικών τιμών απόκλισης** γίνεται με βάση **όριο**, το οποίο **συνδέεται** με αυτές καθαυτές τις ως άνω **διαδοχικές τιμές απόκλισης**.
 - Δεν υπάρχει ανάγκη εκτίμησης της **δεύτερης τιμής**, αυτή γίνεται όπως και όλες οι **επόμενες** προκύπτει από τον **αλγόριθμο**.
 - Οι μέθοδοι *β' τάξεως* απαιτούν προσεκτικό χειρισμό, διότι **δεν** οδηγούν **πάντοτε** σε **σύγκλιση**. Όσες προτείνονται από το γράφοντα έχουν περάσει εξαντλητικές δοκιμές και μπορείτε να τις εμπιστευθείτε.
- Μέθοδος αριθμητικής ολοκλήρωσης (τύπου Simpson)
 - Εφαρμόζεται όταν η ολοκλήρωση διαφορικής εξίσωσης είναι μαθηματικώς αδύνατη ή δυνατή αλλά *δυσχερής*.

1.3 Ερωτήσεις κατανόησης

1.3.1 (μία μόνο απάντηση είναι ορθή)

	Η δυναμική συνεκτικότητα μ είναι μια ιδιότητα του ρευστού, η οποία:
	Εκφράζει την «αντίστασή» του στην επιβολή διατμητικής τάσης
	Εξαρτάται από την πίεση p και τη θερμοκρασία T
	Όταν σε ένα ρευστό παραμένει σταθερά ανεξάρτητη της ασκούμενης διατμητικής τάσης και της αντίστοιχης μεταβολής της γωνιακής παραμόρφωσης, τότε το ρευστό καλείται νευτώνειο
✓	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Η κινηματική συνεκτικότητα ν:
	Ταυτίζεται με τη δυναμική συνεκτικότητα μ , όταν το ρευστό κινείται
✓	Ορίζεται ως ο λόγος της δυναμικής συνεκτικότητας προς την πυκνότητα
	Είναι ανεξάρτητη από την πίεση p και τη θερμοκρασία T
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Ποια είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα όλων των ρευστών :
	Έχουν σταθερή πυκνότητα
	Είναι ασυμπίεστα
✓	«Ρέουν», Δηλαδή παραμορφώνονται συνεχώς υπό την επίδραση εφαπτομενικής δύναμης ανεξαρτήτως από το μέγεθος αυτής
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Ποια είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα των Νευτώνιων ρευστών:
✓	Έχουν σταθερή δυναμική συνεκτικότητα
	Έχουν σταθερό μέτρο ελαστικότητας
	Έχουν σταθερή κινηματική συνεκτικότητα
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Ποια είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα των Ιδεατών ρευστών:
	Είναι Νευτώνια
	Είναι ασυμπίεστα
	Έχουν μηδενική δυναμική συνεκτικότητα
✓	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Το νερό «βράζει», δηλαδή μετατρέπεται από υγρή σε αέρια κατάσταση:
	Στους 180 °F (Φαρενάϊτ)
	Στους 100 °C (Κελσίου)
	Στους 120 °K (Κέλβιν)
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
✓	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω