

**Άσκηση 3: “Υδραυλική τράπεζα – Μέτρηση παροχής”****Αντικείμενο: Μέτρηση ογκομετρικών παροχών με ζυγιστικό δοχείο**Αντικείμενο

Αντικείμενο της Εργαστηριακής Άσκησης:

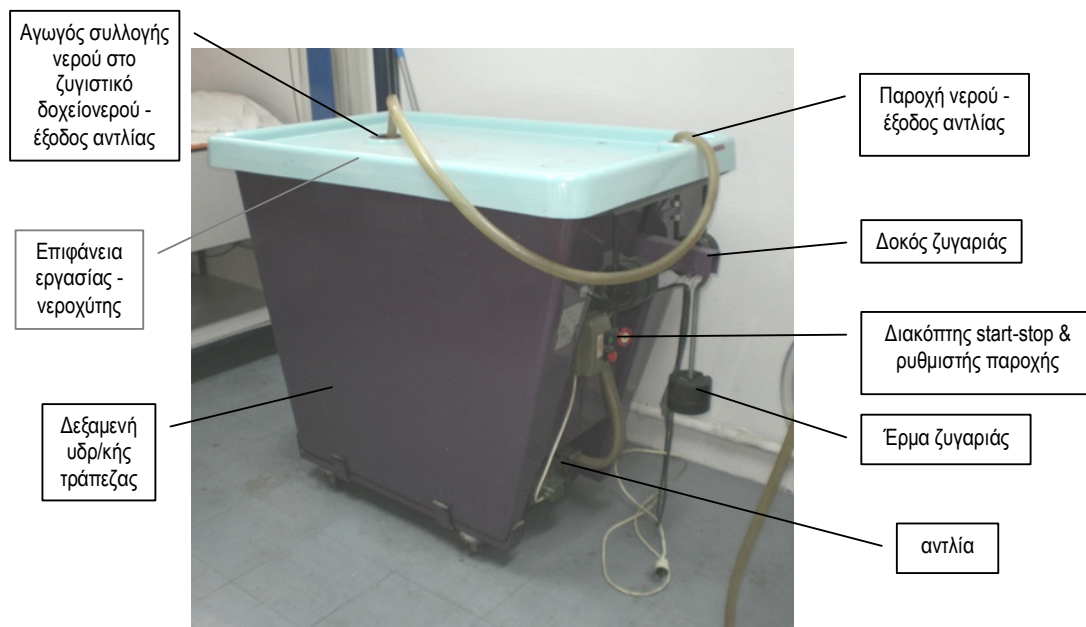
- (1) Η μέτρηση διαφόρων άγνωστων ογκομετρικών παροχών με τη βοήθεια του ζυγιστικού δοχείου της υδραυλικής τράπεζας.
- (2) Ο έλεγχος σωστής λειτουργίας και η βαθμονόμηση ηλεκτρονικού παροχόμετρου

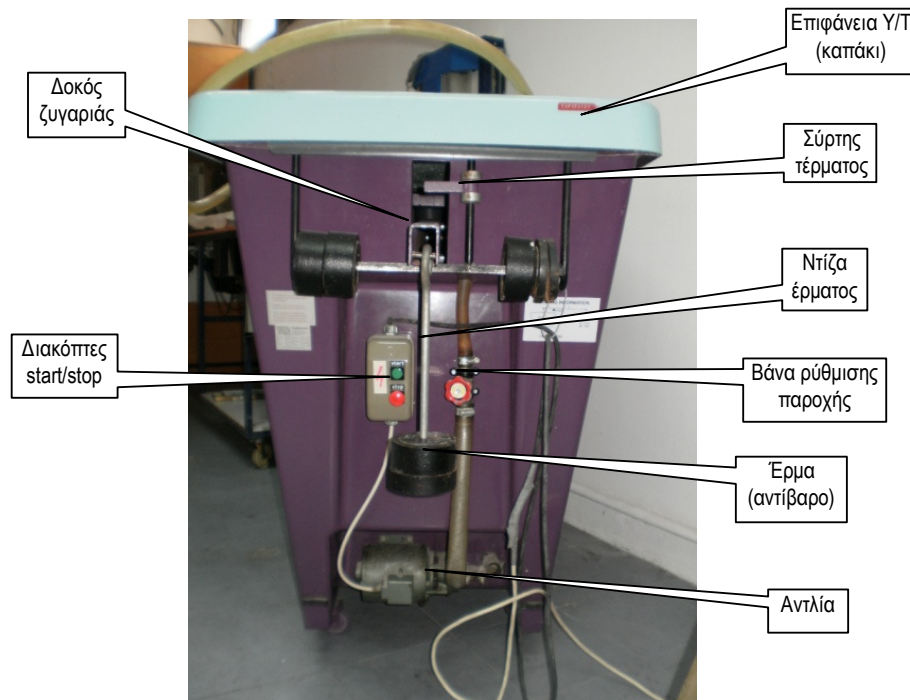
Ζητούμενα

- (1) Η κατανόηση της βασικής μεθόδου μέτρησης παροχής όγκου με ζύγιση/ογκομέτρηση.
- (2) Η κατανόηση τη λειτουργίας της υδραυλικής τράπεζας
- (3) Η επίδειξη μια τυπική διαδικασίας ελέγχου και βαθμονόμησης μετρητικού οργάνου (ηλεκτρονικού παροχόμετρου)

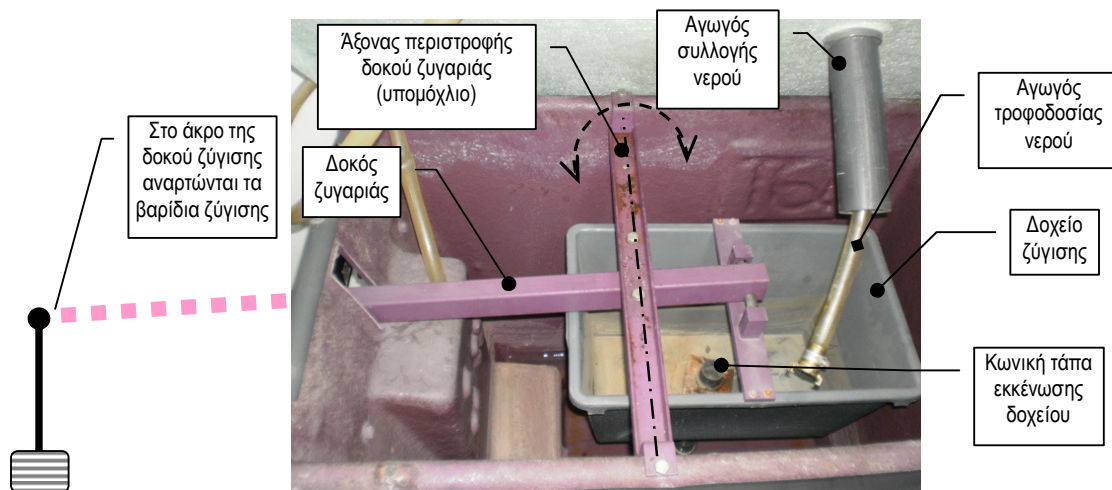
Περιγραφή της συσκευής (υδραυλική τράπεζα)

Η υδραυλική τράπεζα (Υ/Τ) είναι μια από τις πιο απλές αλλά και ταυτόχρονα από τις πιο χρήσιμες συσκευές ενός εργαστηρίου υδραυλικής (βλέπε Εικόνες 1-3). Χρησιμοποιείται για την άμεση και ακριβή μέτρηση της παροχής μάζας νερού και, επομένως, της παροχής όγκου. Η λειτουργία της είναι απλή: μετριέται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί για να συσσωρευτεί συγκεκριμένη μάζα υγρού σε ένα ζυγιστικό δοχείο.

**Εικόνα 1** Γενική άποψη της υδραυλικής τράπεζας (Υ/Τ) (TQ - H1 s/n:717)..

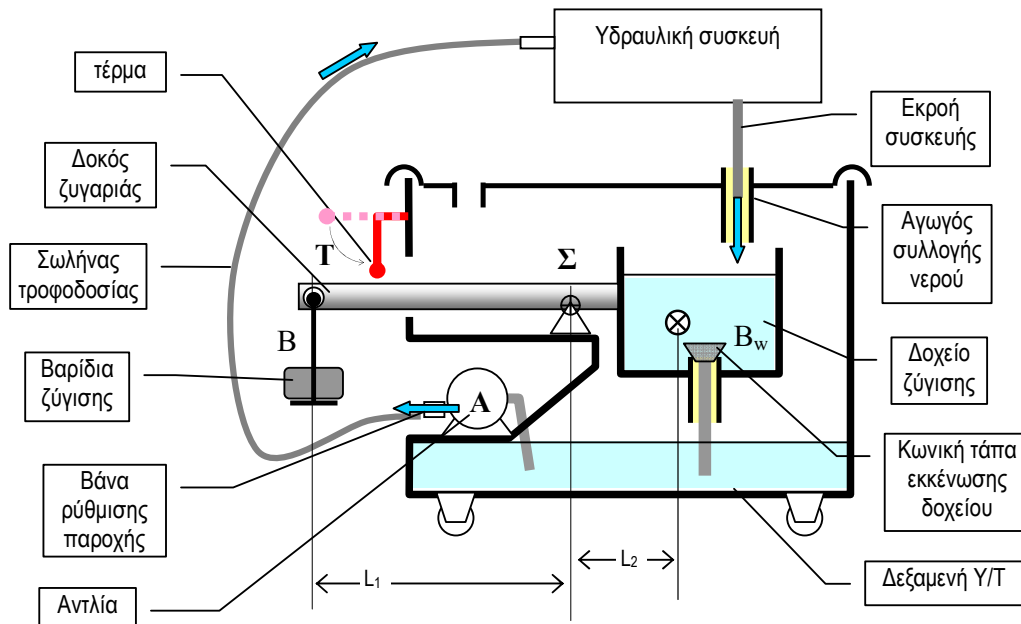


**Εικόνα 2:** Πλάγια όψη της τράπεζας με τα βασικά εξαρτήματα χειρισμού της.



**Εικόνα 3:** Εσωτερική άποψη της υδραυλικής τράπεζας. Η επιφάνεια της τράπεζας (καπάκι) έχει ανασηκωθεί για τις ανάγκες της φωτογράφισης. Μέσα από τον αγωγό συλλογής του νερού διακρίνεται ο σωλήνας τροφοδοσίας νερού από την αντλία στον οποίο συνδέονται διάφορες υδραυλικές συσκευές. Όταν λειτουργεί η Υ/Τ ο σωλήνας τροφοδοσίας παρέχει νερό στη συσκευή. Η εκροή της συσκευής συλλέγεται διαμέσου του αγωγού συλλογής στο δοχείο ζύγισης.

Στο εσωτερικό της υδραυλικής τράπεζας (Υ/Τ) έχει τοποθετηθεί μια ζυγαριά ισορροπίας για τη ζύγιση της ποσότητας νερού που συλλέγεται στο ζυγιστικό δοχείο. Η ζυγαριά είναι μια συμβατική ζυγαριά τύπου πλάστιγγας (με ανισομεγέθεις βραχίονες). Αποτελείται από μια δοκό στα άκρα της οποίας αναρτώνται από τη μία πλευρά ένα δοχείο συλλογής νερού και από την άλλη ένας δίσκος τοποθέτησης ζυγιστικού έρματος (στο οποίο φορτώνονται βαρίδια). Στο δοχείο ζύγισης συλλέγεται το νερό που μπορεί να περνάει μέσα από μια υδραυλική συσκευή (Εικόνες 3, 4 & 5). Η μέτρηση της παροχής διαμέσου της υδραυλικής συσκευής γίνεται με άμεσο τρόπο, δηλαδή μετρείται ο όγκος του νερού που συσσωρεύεται σε ένα δοχείο και η αντίστοιχη χρονική διάρκεια για να γίνει αυτό. Η μέτρηση του όγκου νερού γίνεται με ζύγιση του (βλέπε παρακάτω) ενώ η μέτρηση του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος με ένα απλό χρονόμετρο.



**Εικόνα 4:** Σχηματική απεικόνιση σε τομή της υδραυλικής τράπεζας (Υ/Τ). Η υδραυλική συσκευή τροφοδοτείται με παροχή η οποία μετρείται με την Υ/Τ. Στη θέση που απεικονίζεται η δοκός ζύγισης, η κωνική τάπα φράζει την εκκένωση του δοχείου ζύγισης, με αποτέλεσμα νερό να συσσωρεύεται στο δοχείο. Μόλις το δοχείο βαρύνει αρκετά, η δοκός ζύγισης γυρίζει ωρολογιακά γύρω από το υπομόχλιο Σ, το δοχείο κατεβαίνει και η απόληξη της κωνικής τάπας ακουμπά στον πυθμένα της δεξαμενής, και «ανοίγει» με αποτέλεσμα το δοχείο να εκκενωθεί από το νερό που έχει συσσωρευθεί σε αυτό. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί εάν η δοκός εμποδιστεί να γυρίσει ωρολογιακά με τη βοήθεια ενός κατάλληλου τέρματος (Τ- με κόκκινο χρώμα).

#### Λειτουργική ανάλυση της Υ/Τ

Για να ισορροπεί η δοκός πρέπει η συνισταμένη ροπή να είναι ίση με το μηδέν. Η αναλογία μηκών των δύο βραχιόνων είναι  $L_1/L_2$  (Εικόνα 5). Από την επίλυση της εξίσωσης ισορροπίας προκύπτει ότι η μάζα του υγρού που εισέρχεται στον κάδο είναι  $(L_1/L_2)$ -φορές της μάζας του βαριδίου.

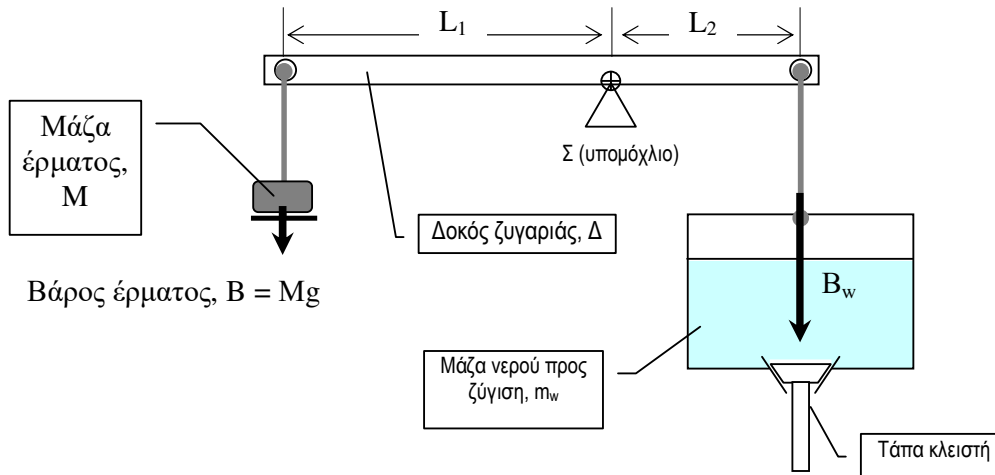
Η συνθήκη ισορροπίας της ζυγαριάς γράφεται

$$BL_1 = B_w L_2 \Leftrightarrow B_w = B \frac{L_1}{L_2} \Leftrightarrow m_w g = B \frac{L_1}{L_2} \Leftrightarrow m_w = M \frac{L_1}{L_2} \quad (1)$$

Επειδή στην Υ/Τ που εξετάζουμε, η αναλογία μηκών είναι  $L_1 = 3L_2$ , προκύπτει ότι

$m_w = 3M$  και επομένως

$$\dot{m} = \frac{\Delta m_w}{\Delta t} \Rightarrow Q = \frac{m}{\rho} \quad (2)$$



**Εικόνα 5:** Στατική ισορροπία της ζυγαριάς για τη ζύγιση του συλλεγόμενου νερού (μάζας  $m_w$ ) στο δοχείο ζύγισης της υδραυλικής τράπεζας (Υ/Τ)

Στις Υ/Τ που διαθέτει το Εργ/ριο Υδραυλικής ο λόγος  $(L_1/L_2)=3$ . Επομένως μάζα βαριδιού 1kg αντιστοιχεί σε 3kg μάζας νερού στο ζυγιστικό δοχείο.

Η παροχή μάζας υγρού που δίνει η αντλία της Υ/Τ και περνάει μέσα από την υδραυλική συσκευή ισούται με το λόγο της μάζας του υγρού που συσσωρεύεται στο δοχείο δια του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος (μέχρι να μαζευτεί το νερό στο ζυγιστικό δοχείο).

Η Τυπική Διαδικασία Μέτρησης Παροχής με την Υ/Τ έχει ως ακολούθως:

- 1) Τοποθετούμε το σωλήνα παροχής στην οπή συλλογής, η οποία βρίσκεται στην επιφάνεια της υδραυλικής τράπεζας πάνω από το δοχείο ζύγισης ώστε να πέφτει το νερό μέσα σε αυτό. Με τη ρυθμιστική βάνα ρυθμίζουμε την παροχή της Υ/Τα και περιμένουμε λίγη ώρα να αποκατασταθεί σταθερή παροχή. Σε αυτή τη φάση μπορούμε να έχουμε παρεμβάλει και μια υδραυλική συσκευή, όπως για παράδειγμα ένα παροχόμετρο, που δεν ξέρουμε εάν λειτουργεί σωστά και θέλουμε να το ελέγξουμε και να το βαθμονοήσουμε (καλιμπράρουμε).
- 2) Έχοντας ανοιχτό το τέρμα κρατάμε το άκρο της ζυγιστικής δοκού από την μεριά του έρματος ψηλά, ώστε να κατέβει το δοχείο ζύγισης χαμηλά και να ακουμπήσει το κάτω μέρος της κωνικής τάπας εκκένωσης στον πυθμένα της Υ/Τ (Εικόνα 4). Έτσι, ανοίγει η βαλβίδα εκροής του δοχείου και αδειάζει τυχόν συσσωρευμένο νερό.
- 3) Μόλις αδειάζει το δοχείο ζύγισης αφήνουμε ελεύθερη τη δοκό, το δοχείο ανασηκώνεται γιατί είναι ελαφρύτερο από το έρμα, κλείνει η κωνική τάπα και αρχίζει να συσσωρεύεται

νερό σε αυτό. Επίσης κλείνουμε το τέρμα ώστε το δοχείο να μην κατέβει ξανά χαμηλά και να μην ανοίξει η βαλβίδα εκροής.

- 4) Τοποθετούμε το πρώτο βαρίδι  $M_0=2\text{kg}$  στο δίσκο του έρματος. Μόλις στο δοχείο μαζευτεί μάζα μεγαλύτερη από  $M_0L_1/L_2$  δηλαδή μάζα (6kg) που αντιστοιχεί σε 3-πλάσια μάζα κάθε βαριδιού των 2kg βαριδιού ( $3 \times 2\text{kg}=6\text{kg}$ ) δηλαδή μόλις χαλάσει η ισορροπία προς τη μεριά του δοχείου, όλη η δοκός περιστρέφεται ελαφρά προς τη μεριά του δοχείου (δεξιόστροφα στο σκαρίφημα της Εικόνας 5) ενώ προς τη μεριά του βαριδιού σηκώνεται και ακουμπά στο τέρμα που έχουμε τοποθετήσει με ένα χαρακτηριστικό μεταλλικό ήχο.
- 5) Τότε ακριβώς αρχίζουμε να μετράμε το χρόνο με χρονόμετρο και τοποθετούμε το επόμενο βαρίδι,  $M_1=2\text{kg}$ . Περιμένουμε μέχρι να προστεθεί στο δοχείο μάζα νερού που να αντιστοιχεί στο βαρίδι που προσθέσαμε (ίση με  $M_1L_1/L_2=6\text{kg}$ ), οπότε θα ξαναχαλάσει η ισορροπία προς τη μεριά του δοχείου και η δοκός θα περιστραφεί και θα χτυπήσει πάλι στο τέρμα. Με τη βοήθεια του χρονόμετρου (σε λειτουργία lap/γύρου) μετράμε το πρώτο χρονικό διάστημα,  $\Delta t_1$ , που μεσολάβησε από το προηγούμενο κύπημα και τοποθετούμε το επόμενο βαρίδι,  $M_2$ , ως νέο αντίβαρο στη ζυγαριά, περιμένουμε να προστεθεί πάλι αντίστοιχη μάζα νερού στο δοχείο κ.ο.κ. επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία αρκετές φορές και συγκεκριμένα μέχρι να γεμίσει τελείως το ζυγιστικό δοχείο.
- 6) Προσθέτοντας και τα 4 βαρίδια [δηλαδή μέχρι να συλλεχθούν στο δοχείο  $3 \times (2\text{kg}+2\text{kg}+2\text{kg}+2\text{kg})=24\text{kg}$  νερού] και σημειώνουμε σε πίνακα τις μάζες των βαριδίων που τοποθετήσαμε (όλες είναι ίσες μάζες 2kg) και τους αντίστοιχους χρόνους που απαιτήθηκαν για να γεμίσει το δοχείο ζύγισης με νερό του οποίου η μάζα (6kg) αντιστοιχεί σε 3-πλάσια μάζα κάθε 2kg βαριδιού ( $3 \times 2\text{kg}=6\text{kg}$ ).

#### Επεξεργασία Μετρήσεων

Σύμφωνα με την προαναφερθείσα διαδικασία μέτρησης, καταγράφουμε τις διαδοχικές χρονομετρήσεις στα γκρίζα κελιά του Πίνακα 1, ως ακολούθως:

Για κάθε άγνωστη παροχή (δηλαδή για κάθε μία σειρά του Πίνακα 1) καταγράφουμε τα χρονικά διαστήματα,  $\Delta t_i$ , που μεσολαβούν για τη συλλογή μάζας νερού 6kg,, που αντιστοιχεί στην προσθήκη βαριδιού 2 kg στη δοκό εξισορρόπησης του ζυγιστικού δοχείου. Υπολογίζουμε τις επιμέρους παροχές μάζας,  $\dot{m}_i = \frac{6\text{kg}}{\Delta t_i}$ , και τις αντίστοιχες παροχές όγκου  $q_i = \frac{\dot{m}}{\rho_i}$ , όπου  $\rho=1\text{kg/lt}=1000\text{kg/m}^3$  η πυκνότητα του νερού.

Στο τέλος, υπολογίζουμε τη μέση τιμή της ογκομετρικής παροχής  $q_m = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 q_i$ .

Οι υπολογισμοί επαναλαμβάνονται γραμμή προς γραμμή, για κάθε μέτρηση παροχής δηλαδή για κάθε διαφορετική ρύθμιση της βάνας της αντλίας της υδρ/κής τράπεζας.

#### Οδηγίες εκπόνησης της γραπτής εργασίας

- 1) Δώστε σε ένα φύλλο εργασίας μια περιληπτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήσατε για να μετρήσετε διάφορες σταθερές παροχές με τη βοήθεια της Υ/Τ.
- 2) Συμπληρώστε τα στοιχεία του Πίνακα 1 με τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα από διάφορες δοκιμαστικές παροχές. Μπορείτε να σχεδιάσετε και χρησιμοποιήσετε και δικούς σας βοηθητικούς /ενδιάμεσους πίνακες.
- 3) Σχεδιάστε διαγράμματα όγκου έναντι του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος για τη συλλογή του και προσδιορίστε με γραφικό τρόπο την ογκομετρική παροχή.

Το φύλλο εργασίας μπορεί να είναι και έντυπη εκτύπωση από κειμενογράφους (π.χ. word) και να έχετε επισυνάψει και τους υπολογισμούς /αποτελέσματα σε εκτυπώσεις λογιστικών φύλλων (excel) με το όνομά σας

**ΠΡΟΣΟΧΗ** - Η εργασία θα παραδοθεί στο εργαστήριο και αφού σφραγισθεί θα σου επιστραφεί. Θα φυλάξεις όλες τις σφραγισμένες εργασίες σε φάκελο μέχρι το τέλος του εξαμήνου οπότε και θα τις παραδώσεις μαζί με το φύλλο απαντήσεων στο τεστ του Εργαστηρίου. Το Εξώφυλλο της εργασίας υπάρχει στα Έγγραφα ([https://eclass.teiath.gr/modules/document/file.php/PEY134/Hydraulics\\_I\\_Lab\\_CoverPage.doc](https://eclass.teiath.gr/modules/document/file.php/PEY134/Hydraulics_I_Lab_CoverPage.doc))

**Πίνακας 1** Πίνακας λήψης μετρήσεων και υπολογισμού άγνωστων παροχών με τη βοήθεια υδραυλικής τράπεζας. Κάθε σειρά του πίνακα (α/α:1-5) αντιστοιχεί σε διαφορετική ρύθμιση της άγνωστης παροχής. Στις 4 γκρί στήλες καταγράφονται τα χρονικά διαστήματα,  $\Delta t_i$  (s),  $i=1-4$ , που διήρκεσε η συλλογή νερού μάζας 6kg στο ζυγιστικό δοχείο της υδραυλικής τράπεζας. Στις διπλανές στήλες υπολογίζονται οι αντίστοιχες παροχές μάζας,  $q_i = 6\text{lt}/\Delta t_i(\text{s})$ . Στην τελευταία στήλη υπολογίζεται η μέση τιμή της ογκομετρικής παροχής,  $q_m$  (kg/s)

α/α	$\Delta t_1$ (sec)	$q_1$ (l/s)	$\Delta t_2$ (sec)	$q_2$ (l/s)	$\Delta t_3$ (sec)	$q_3$ (l/s)	$\Delta t_4$ (sec)	$q_4$ (l/s)	Μέση ογκομετρική παροχή, $q_m$ (l/s)
1.α									
1.β									
2.α									
2.β									
3.α									
3.β									
4.α									
4.β									
5.α									
5.β									