



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ ΤΗΣ ΑΕΡΟΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΠΟΥ ΦΕΡΕΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ



Επιβλέπον Καθηγητής : Α. Τζορμπατζίδης

Επιμέλεια : Παπαγιάννης Αντώνιος

Κωνσταντίνος Ζάχος

Ηλίας Κυριαζής

Θεσσαλονίκη 2015-2016

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°	1
ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικές έννοιες.....	1
1.1.1 Αεροδυναμική	1
1.1.2 Μηχανικές ιδιότητες ρευστών	2
1.1.2α Μέσα συνεχή.....	2
1.1.2β Πυκνότητα ρ	2
1.1.2γ Επίδραση εξωτερικών δυνάμεων	2
1.1.2δ Πίεση P	3
1.1.2ε Ιξώδες	3
1.1.2στ Διατμητική τάση συνεκτικότητας τ	3
1.1.2ζ Απόλυτη θερμοκρασία T	4
1.1.2η Θερμική και ηλεκτρική αγωγή.....	4
1.1.3 Πεδίο ροής ρευστών.....	4
1.1.3α Απεικόνιση κατά Lagrange	4
1.1.3β. Η απεικόνιση κατά Euler.....	5
1.1.4 Αντίσταση του αέρα ή Οπισθέλκουσα	7
1.1.5 Αεροσήραγγες και αεροδυναμικός συντελεστής	8
1.1.6 Η Έννοια του Οριακού Στρώματος.....	10
2 Ιστορική αναδρομή.....	11
2.1 Οι περιστρεφόμενοι βραχίονες και οι πρώτες αεροσήραγγες	11
2.2 Αεροσήραγγες νεότερης εποχής.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	17

Κατασκευή θαλάμου μετρήσεων και βάσης μικρομέτρου	17
Ενότητα α (Σχεδιασμός)	18
Ενότητα β (Κοπή κομματιών).....	28
Ενότητα γ (Φινίρισμα κομματιών).....	29
Ενότητα δ (Κατασκευή βάσης μικρομέτρου)	30
Ενότητα ε (Σχεδιασμός λάμας)	31
Ενότητα στ (Τελική συναρμολόγηση)	32
Ενότητα ζ (Σωλήνας Pito).....	33
Γενικές φωτογραφίες κατασκευής	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	52
3.1 Πειραματική διαδικασία	52
3.2 Τυπολόγιο	52
3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Χωρίς πλάκα	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 Με λεία πλάκα	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 Με τραχιά πλάκα	56
ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ	57
3.4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	59

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι η κατασκευή μοντέλου επίπεδης πλάκας που φέρει μηχανισμό ακριβείας για την μετακίνηση του μετρητικού οργάνου. Στην παρούσα εργασία παρατίθενται βασικές έννοιες από τη θεωρία των πεδίων ροής του αέρα γύρω από σώματα, μαθηματικές εξισώσεις, για την ευρύτερη κατανόηση των φαινομένων.

Γίνεται η περιγραφή της αεροσήραγγας, παρατίθενται τα κατασκευαστικά σχέδια των μοντέλων (επίπεδη πλάκα) και του μηχανισμού μετακίνησης, καθώς και του διαμορφωμένου θαλάμου δοκιμών της αεροσήραγγας.

Η πειραματική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι μετρήσεις με σωλήνα Pitot , και οπών στατικής πίεσης. Η μέθοδος μας δίνει την δυνατότητα να μετρήσουμε έμμεσα την δυναμική πίεση δηλαδή την ταχύτητα ,αρχικά με το θάλαμο της αεροσήραγγας κενό και μετέπειτα με την επίπεδη πλάκα τοποθετημένη εντός. Η καταγραφή των μετρήσεων έγινε με χρήση μανομέτρου τύπου (U) υπό κλίση.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού πραγματοποιήθηκε εργαστηριακό πείραμα, στην αεροσήραγγα της Α.Ε.Ν Μακεδονίας, ώστε να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά μεγέθη (πάχος) των οριακών στρωμάτων που σχηματίζονται πάνω από τα μοντέλα (λεία επίπεδη πλάκα και τραχεία).Εξάγονται συμπεράσματα για τις διαφορετικές περιπτώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΓΕΝΙΚΑ

1. Εισαγωγή

Σκοπός της Μηχανικής των Ρευστών που ονομάζεται και Δυναμική των Ρευστών, είναι η έρευνα και η διατύπωση των νόμων της κινηματικής και της δυναμικής των ρευστών σωμάτων, δηλαδή των υγρών, των αερίων και των ατμών. Έτσι, η Μηχανική των Ρευστών μαζί με την Μηχανική των Στερεών (δυναμική και αντοχή) αποτελούν τα δύο σκέλη της Μηχανικής.

Η μηχανική των ρευστών ανήκει στις θετικές επιστήμες. Έχει εκτεταμένο θεωρητικό και πειραματικό αντικείμενο και γι ' αυτό η συμβολή της στην εξέλιξη της μαθηματικής επιστήμης και των άλλων συγγενών θεωρητικών κλάδων ήταν σημαντική. Εκεί όμως που η σημασία της μηχανικής των ρευστών είναι αποφασιστική είναι η Τεχνική, όπου συναντάμε τις εφαρμογές της σε κάθε βήμα. Οι υπολογισμοί: σωληνώσεων, αεραγωγών, υδραυλικών δικτύων, τα θεαματικά επιτεύγματα της ναυπηγικής και αεροναυπηγικής ακόμα δε και η λειτουργία των στροβιλομηχανών (στρόβιλοι, αντλίες, στροβιλοσυμπιεστές) αποτελούν άμεσες εφαρμογές των νόμων της.

1.1 Γενικές έννοιες

Στην συγκεκριμένη μελέτη, που κύριο αντικείμενο της αποτελεί, ο υπολογισμός του συντελεστή οπισθέλκουσας CDP, κρίνεται απαραίτητο να αναλυθούν κάποιες βασικές έννοιες από το ευρύ πεδίο εφαρμογών της Μηχανικής των Ρευστών, για την καλύτερη γνωριμία μας με το αντικείμενο της εργαστηριακής άσκησης.

1.1.1 Αεροδυναμική

Η αεροδυναμική, αποτελεί ένα κεφάλαιο εφαρμογών της μηχανικής των ρευστών και ασχολείται με τις μηχανικές ιδιότητες των αερίων. Πρωταρχικό της στόχος αποτελεί η βελτίωση της αεροδυναμικής μορφής κατασκευών του ανθρώπου, οι οποίες κατά την κίνηση τους, δέχονται στην επιφάνεια τους τις δυνάμεις αντιστάσεως του αέρα (αεροσκάφη, αυτοκίνητα κ.λ.π.)

1.1.2 Μηχανικές ιδιότητες ρευστών

Τα ρευστά παρουσιάζουν κάποιες χαρακτηριστικές ιδιότητες όπως, η συνέχεια της μοριακής δομής τους, η πυκνότητα ρ της μάζας τους, η επίδραση εξωτερικών δυνάμεων πάνω σε αυτά, η πίεση P της κατάστασης τους, η συνεκτικότητα ή ιξώδες, η απόλυτη θερμοκρασία T , η θερμική και ηλεκτρική αγωγή. Αυτές οι ιδιότητες αναλύονται παρακάτω.

1.1.2α Μέσα συνεχή

Είναι γνωστό ότι τα υλικά σώματα, επομένως και τα ρευστά έχουν μοριακή υφή, δηλαδή είναι μέσα ασυνεχή. Όμως, επειδή τα μόρια έχουν πάρα πολύ μικρές διαστάσεις και η φυσική συμπεριφορά τους εμφανίζει στατιστική ομοιομορφία αποδείχθηκε ότι θα μπορούσαμε να τα θεωρήσουμε ως μέσα συνεχή και ισότροπα. Εκφράζουμε την ιδιότητα της συνέχειας μέσα στον χώρο που κατέχει το ρευστό, με τις παραδοχές ότι:

α) κάθε στοιχείο όγκου, με την μαθηματική έννοια του διαφορικού όγκου dV είναι πλήρες μάζας ρευστού που διατηρεί τις αυτές φυσικές ιδιότητες και

β) η μεταβολή καθενός από τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν την κατάσταση του ρευστού είτε από θέση σε θέση είτε από χρονική σε χρονική στιγμή, είναι συνεχής συνάρτηση της θέσης και του χρόνου.

1.1.2.β Πυκνότητα ρ

Αν ρ η πυκνότητα μάζας του ρευστού στην θέση του στοιχείου όγκου dV η μάζα που περιέχει το στοιχείο αυτό είναι $dm = \rho dV$. Η διαφορική ποσότητα dm ονομάζεται στοιχείο μάζας ή απλά στοιχείο του ρευστού και εκφράζει την μαθηματική έννοια της συνέχειας της μάζας. Δεν πρέπει λοιπόν το dm να συγχέεται με την έννοια του μορίου της φυσικής, που εκφράζει την ιδιότητα της ασυνέχειας της ύλης. Τέλος, διατυπώνουμε την ιδιότητα του ισότροπου, λέγοντας ότι οι εκδηλώσεις των φυσικών ιδιοτήτων του ρευστού μέσα στο στοιχείο dm δεν εξαρτώνται από τον προσανατολισμό του στοιχείου.

1.1.2.γ Επίδραση εξωτερικών δυνάμεων

Τα ρευστά, ως υλικά σώματα, βρίσκονται κάτω από την επίδραση εξωτερικών δράσεων π.χ. δυνάμεων βαρύτητας, εμφανίζουν δε εσωτερικές αντιδράσεις μάζας, π.χ. τις δυνάμεις αδράνειας. Κάθε στοιχείο του ρευστού λοιπόν, είτε σε ηρεμία είτε σε κίνηση, βρίσκεται σε εντατική

κατάσταση που εξασκείται σ' αυτό από τα γειτονικά του στοιχεία. Λέγοντας ότι το ρευστό βρίσκεται σε κίνηση, εννοούμε γενικά, ότι γειτονικά στοιχεία μέσα στη μάζα του βρίσκονται σε κίνηση μεταξύ τους. Αντιπροσωπευτικές μορφές ρευστών με την παραπάνω ιδιότητα, που μπορούν ταυτόχρονα να θεωρηθούν και ως μέσα συνεχή είναι: α) για τα υγρά, το νερό, το οινόπνευμα, η βενζίνη, τα λάδια κ.λ.π. σε κατάσταση όχι κοντά στο σημείο βρασμού ή στο σημείο πήξης τους, β) για τα αέρια και τους ατμούς, ο αέρας και τα βιομηχανικά αέρια όχι σε πάρα πολύ μικρές πιέσεις, επίσης ο υδρατμός σε υπέρθερμη κατάσταση.

1.1.2.δ Πίεση P

Χαρακτηριστικό της εντατικής κατάστασης των ρευστών αποτελεί η πίεση P. Αν θεωρήσουμε ότι στην ελεύθερη επιφάνεια ενός σώματος ασκηθεί κάθετα μία δύναμη F, τότε μπορούμε να ορίσουμε την πίεση P που δέχεται το σώμα ως το μέτρο της δύναμης που ενεργεί κάθετα στη μονάδα της επιφάνειας.

$$P=dF/dE$$

1.1.2.ε Ιξώδες

Το ιξώδες είναι χαρακτηριστική φυσική ιδιότητα των ρευστών και το αίτιο εμφάνισης διατμητικής, εντατικής κατάστασης μέσα στην ρευστή μάζα. Η εκδήλωση της ύπαρξης συνεκτικότητας (ή ιξώδες) μοιάζει με την εμφάνιση της τριβής στην επιφάνεια επαφής δύο στερεών σωμάτων που κινούνται μεταξύ τους. Ουσιαστικά αποτελεί την τριβή μεταξύ των μορίων του ρευστού, όταν αυτό ρέει πάνω σε μία επιφάνεια, γι' αυτό η συνεκτικότητα ονομάζεται και εσωτερική τριβή των ρευστών.

1.1.2.στ Διατμητική τάση συνεκτικότητας τ

Η θεμελιακή σχέση του Newton για την διατμητική δύναμη που προέρχεται από την συνεκτικότητα στην περίπτωση ρευστού σε παράλληλη κίνηση είναι,

$$T=p \cdot dc/dy$$

Όπου τα, συμβολίζουμε την διατμητική τάση συνεκτικότητας που παριστάνει τη δύναμη στη μονάδα της επιφάνειας, μεταξύ δύο επιφανειών σε μικρή απόσταση, παραλλήλων μεταξύ τους και με ταχύτητα c. Όπου μ το φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη συνεκτικότητα του ρευστού και ονομάζεται δυναμικό ιξώδες, dc η

διαφορά ταχύτητας μεταξύ δύο επιφανειών, λόγω διαφοράς συνεκτικότητας και dy η απόσταση μεταξύ τους.

1.1.2.ζ Απόλυτη θερμοκρασία T

Κατά την κινητική θεωρία, η εσωτερική θερμική ενέργεια του αερίου, χαρακτηρίζεται με την απόλυτη θερμοκρασία T του αερίου και είναι ανάλογη της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων του κατά την άτακτη μοριακή τους κίνηση. Θεμελιική σχέση που συνδέει την πίεση P και την πυκνότητα ρ και την απόλυτη θερμοκρασία T σε κάποια θέση μέσα στην μάζα αερίου είτε σε ηρεμία είτε σε κίνηση, είναι η γνωστή σχέση:

$$P \cdot \rho^{-1} = R \cdot T$$

Όπου R, η παγκόσμια σταθερά των αερίων. Στα λεγόμενα τέλεια αέρια η R διατηρεί σταθερή τιμή που εξαρτάται μόνο από την φύση του αερίου, ανεξάρτητα από την κατάσταση που βρίσκεται.

1.1.2.η Θερμική και ηλεκτρική αγωγή

Η θερμική και ηλεκτρική αγωγή οφείλονται στην μοριακή υφή των ρευστών, υγρών ή αερίων, ο μηχανισμός τους όμως διαφέρει ριζικά από τον μηχανισμό των αντίστοιχων ιδιοτήτων των ρευστών. Γιατί, η μεν πρώτη συνδέεται άμεσα με την άδηλη μοριακή κίνηση, η δε δεύτερη, που απαιτεί την εμφάνιση ιόντων, οφείλεται στη μακροσκοπική κίνηση των ιόντων αυτού μέσα στην μάζα του ρευστού.

1.1.3 Πεδίο ροής ρευστών

Ο φυσικός χώρος όπου βρίσκεται ρευστό σε κίνηση ονομάζεται πεδίο ροής. Στην κλασσική μηχανική των ρευστών, όταν δηλαδή δεν υπάρχουν ηλεκτρικές ή μαγνητικές δράσεις στη μάζα του ρευστού, την κινηματική και την δυναμική του κατάσταση, περιγράφουν τέσσερα μεγέθη: Η ταχύτητα c , η πίεση P, η πυκνότητα ρ και η θερμοκρασία T. Τα μεγέθη αυτά χαρακτηρίζουν τις καταστάσεις των στοιχείων του ρευστού και είναι συνεχείς συναρτήσεις του χώρου και του χρόνου. Για την μαθηματική απεικόνιση του πεδίου ροής δύο τρόποι αναφέρονται στην βιβλιογραφία: Η απεικόνιση κατά Lagrange και η απεικόνιση κατά Euler.

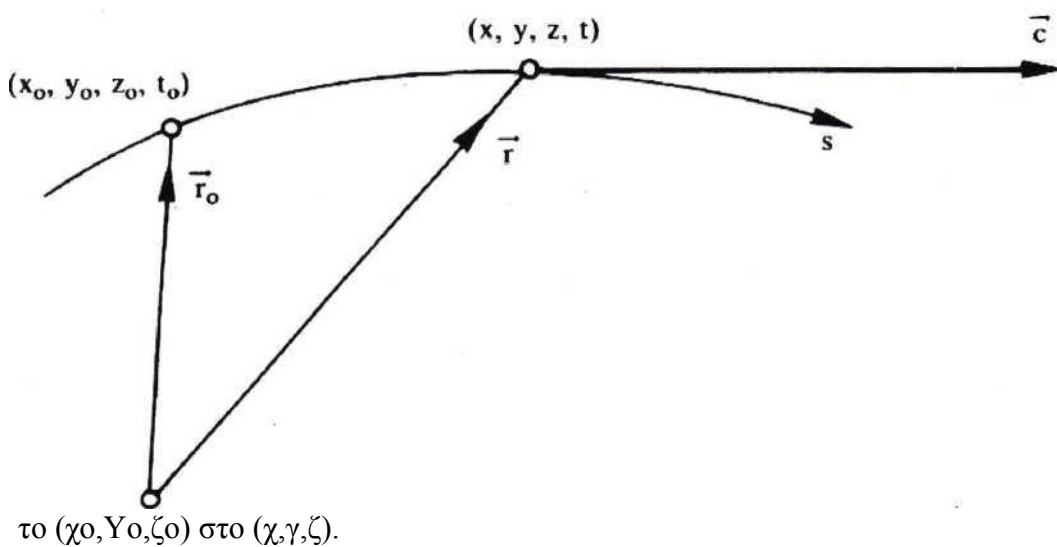
1.1.3.α Απεικόνιση κατά Lagrange

Η απεικόνιση κατά Lagrange είναι επέκταση του τρόπου απεικόνισης της κίνησης των υλικών σημείων στην κλασσική μηχανική και για την περίπτωση της μηχανικής

των ρευστών. Στο σχήμα 1, παρακολουθούμε την κίνηση κάποιου στοιχείου του ρευστού καθώς διατρέχει την τροχιά του s από την αρχή της μέτρησης του χρόνου t_0 , όπου το στοιχείο βρισκόταν στη θέση (x_0, Y_0, ζ_0) . Έτσι σε διανυσματική παράσταση, με αρχή το σημείο O , η επιβατική ακτίνα r , πάνω στην τροχιά s , κατά τον χρόνο t θα είναι:

$$r(x, y, z, t) = r.(r_0 s, (t-t_0))$$

Δηλαδή το διάνυσμα r εκφράζεται ως συνάρτηση του Γ_0 στον χρόνο t_0 της τροχιάς s και του χρονικού διαστήματος $t-t_0$, που παρήλθε για να διανύσει το στοιχείο άπi το τμήμα της τροχιάς από



Σχήμα 1.1 Η απεικόνιση κατά Lagrange

Η μέθοδος αυτή κατάλληλη για την απεικόνιση της κίνησης υλικών σημείων ή και στερεών σωμάτων της κλασσικής μηχανικής, απεδείχθη πολύπλοκη και όχι πρόσφορη στην μηχανική των ρευστών. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

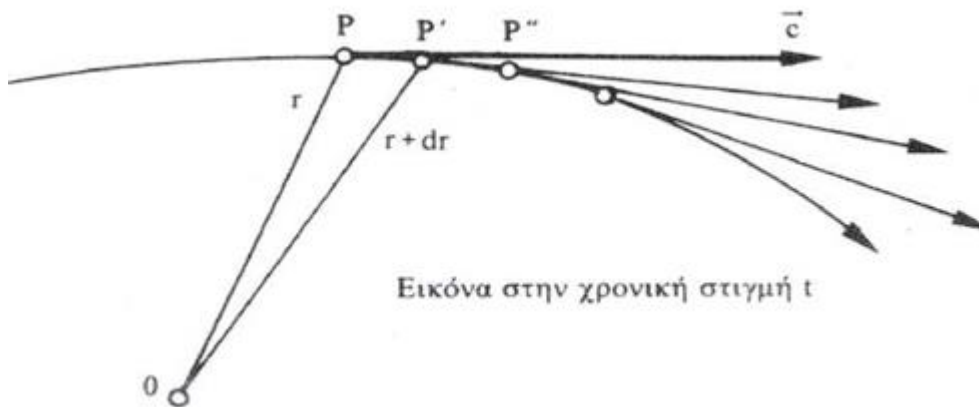
1.1.3.β. Η απεικόνιση κατά Euler

Κατά την απεικόνιση κατά Euler παρακολουθούμε την κινητική κατάσταση σε κάποια θέση του πεδίου, χωρίς να ενδιαφέρει ποιο στοιχείο του ρευστού κατέχει την θέση αυτή στην οποιαδήποτε χρονική στιγμή t . Τέτοιου είδους παρακολούθηση του φαινομένου της ροής, απαιτεί τον καθορισμό της συνάρτησης του διανύσματος c της ταχύτητας κάθε στοιχείου καθώς, με την πάροδο του χρόνου, το ένα μετά το άλλο στοιχεία του ρευστού διέρχονται από την θέση που εξετάζουμε.

α) Γραμμές ροής: Σύμφωνα με τη σκέψη του Euler το πεδίο ροής παριστάνεται ως πεδίο ταχυτήτων, δηλαδή ως διανυσματικό πεδίο. Το διάνυσμα είναι η ταχύτητα \vec{c} ,

$$\vec{c} = \vec{c}(x,y,z,t) = \vec{c}(\vec{r},t)$$

με μέτρο και κατεύθυνση που αλλάζουν από χρονική σε χρονική στιγμή και από θέση σε θέση.



Σχήμα 1.2 Η απεικόνιση κατά Euler (Στιγμαιαία εικόνα ροής)

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2 η γραμμή ροής που περνάει από την θέση P, έχει κατά την χρονική στιγμή t την μορφή καμπύλης εφαπτομένης των διανυσμάτων \vec{c} , \vec{c}' και \vec{c}'' , των αντιστοίχων στοιχείων της αλληλουχίας. Το σύνολο των γραμμών ροής δίνει την κινηματική μορφή του πεδίου για κάποια χρονική στιγμή t.

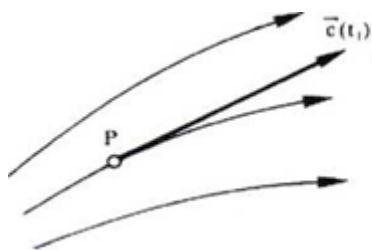
Τα πεδία ροής κατανέμονται σε δύο κατηγορίες, τα μόνιμα και τα μη μόνιμα, ως

εξής:

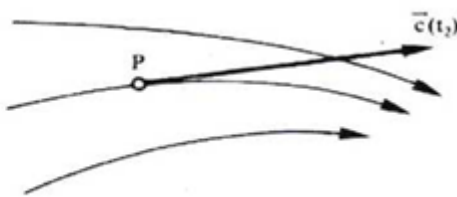
Μόνιμο πεδίο ροής λέγεται το πεδίο όταν η μορφή των γραμμών ροής παραμένει αναλλοίωτη καθώς ο χρόνος παρέχεται, δηλαδή τα χαρακτηριστικά \vec{c} , P, ρ , Tα, είναι συναρτήσεις της θέσης (x,y,z) μέσα στο πεδίο και μόνο. Παρενθετικά να προσθέσουμε ότι στην εργαστηριακή άσκηση θα μας απασχολήσει το μόνιμο πεδίο ροής καπνού-αέρα για την μέτρηση της οπισθέλκουσας κυλίνδρου.

Μη μόνιμο πεδίο ροής λέγεται το πεδίο όταν η μορφή των γραμμών ροής του αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.

Εικόνα στην χρονική στιγμή t_1 ;

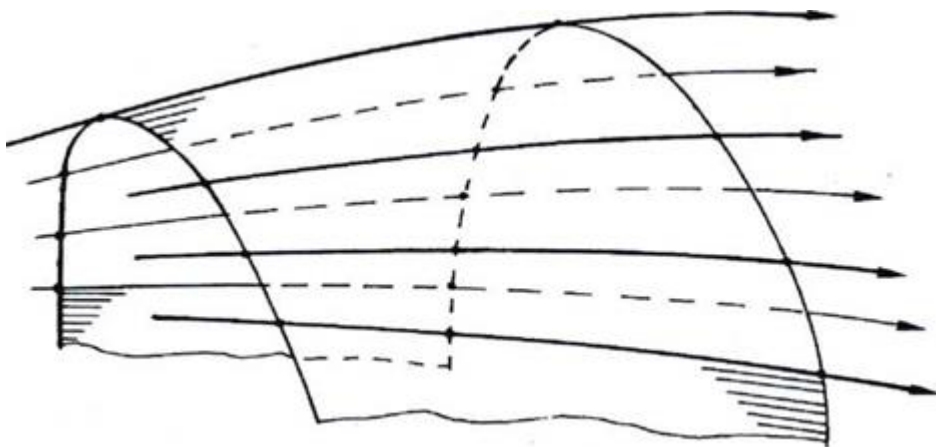


Εικόνα στην χρονική στιγμή t_2 ;



Σχήμα 1.3 Εικόνα κατά Euler για μη μόνιμη ροή

β) Επιφάνειες ροής: Ονομάζουμε επιφάνεια ροής κάθε νοητή επιφάνεια του πεδίου που έχει ως γενέτειρες γραμμές ροής (βλέπε σχήμα 4).



Σχήμα 4

Σχετικά με τις γραμμές και τις επιφάνειες ροής, χρήσιμα είναι τα παρακάτω πορίσματα:

Πόρισμα I. Οι γραμμές ροής ουδέποτε τέμνονται

Πόρισμα II. Οι επιφάνειες ροής όταν εφάπτονται ή τέμνονται, εφάπτονται ή τέμνονται μόνο κατά μήκος κοινών γραμμών ροής και καθ' όλη τους την έκταση Πόρισμα III. Σε μόνιμο πεδίο ροής, η εικόνα των γραμμών ροής και των αντιστοίχων επιφανειών ροής που μπορούν να σχηματιστούν από αυτές, παραμένει αναλλοίωτη με την πάροδο του χρόνου.

1.1.4 Αντίσταση του αέρα ή Οπισθέλκουσα

Η αντίσταση του αέρα αναπτύσσεται σε ένα σώμα όταν αυτό βρίσκεται σε σχετική κίνηση ως προς τον αέρα ή αντιστρόφως, όταν ο αέρας βρίσκεται σε σχετική κίνηση ως προς το σώμα. Η αντίσταση του αέρα οφείλεται σε διάφορες αιτίες από τις οποίες κυριότερες είναι οι παρακάτω:

α) Η εσωτερική τριβή του αέρα λόγω της οποίας αναπτύσσονται δυνάμεις τριβής κατά την επαπτομένη σε κάθε σημείο της επιφάνειας του σώματος. Οι δυνάμεις αυτές αντιτίθεται στην κίνηση του σώματος.

β) Η πίεση του αέρα δημιουργεί δυνάμεις κάθετες προς την επιφάνεια του σώματος. Η ροή όμως του αέρα γύρω από το σώμα, δεν είναι συμμετρική και έτσι σε ορισμένες περιοχές του αέρα, γύρω από το σώμα, γίνονται σημαντικές μεταβολές της ταχύτητας των μορίων του. Στις περιοχές αυτές προκύπτει ελάττωση της πίεσης του αέρα και αντιστρόφως με αποτέλεσμα την εμφάνιση υποπίεσης και υπερπίεσης. Από αυτήν την διαφορά πίεσης προκύπτει μια δύναμη η οποία αντιτίθεται στην κίνηση του σώματος.

1.1.5 Αεροσήραγγες και αεροδυναμικός συντελεστής

Έκφραση της αντίστασης που δέχεται ένα σώμα το οποίο παρουσιάζει σχετική κίνηση με τον αέρα, αποτελεί ο συντελεστής οπισθέλκουσας ή αεροδυναμικός συντελεστής CDP στον οποίο θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω. Για τον υπολογισμό του κάνουμε χρήση μιας ιδιαίτερης συσκευής την αεροσήραγγα.

Η αεροσήραγγα είναι μία από τις σπουδαιότερες συσκευές για την πραγματοποίηση εργαστηριακών πειραμάτων στην αεροδυναμική. Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην παραγωγή μιας τεχνητής, σταθερής ροής αέρος μέσα στο πεδίο της οποίας τοποθετούνται αντικείμενα διαφόρων γεωμετρικών μορφών. Κατά αυτό τον τρόπο μπορούν να πραγματοποιηθούν έρευνες για την ροή αέρος πάνω σε ποικίλες επιφάνειες. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αεροσήραγγας:

1ον Κλειστού τύπου αεροσήραγγα (closed jet wind-tunnel)

2ον Ανοιχτού τύπου αεροσήραγγα (open jet wind-tunnel)

3ον Αεροσήραγγα συμπιεσμένου αέρα (compressed air wind-tunnel)

4W Αεροσήραγγα ανοιχτής-επανακυκλοφορίας αέρος (open return flow wind- tunnel)

5W Αεροσήραγγα μη-επανακυκλοφορίας αέρος (non-return flow wind-tunnel)

Η αεροσήραγγα που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστηριακό πείραμα, είναι τύπου ανοιχτής επανακυκλοφορίας αέρος δηλαδή ο αέρας, αφού περάσει διαμέσου της σήραγγας, δεν εξάγεται από αυτήν αλλά επιστρέφει στο θάλαμο εργασίας για την πραγματοποίηση νέας κυκλοφορίας. Επειδή πρακτικά είναι αδύνατον να πετύχουμε ιδανική ταχύτητα και κατεύθυνση για τον αέρα αλλά και να αποφύγουμε τους στροβιλισμούς αυτού, η ποιότητα των αποτελεσμάτων του πειράματος σχετίζεται άμεσα με το κατά πόσο ο αέρας αγγίζει τις επιθυμητές, ιδανικές συνθήκες μέσα στο θάλαμο εργασίας.

1.1.6 Η Έννοια του Οριακού Στρώματος

Το οριακό στρώμα επινοήθηκε για πρώτη φορά από τον Prandtl το 1904. Με την επινόηση αυτή, ο Prandtl κατάφερε να συνδέσει την άτριβη ροή με τη ροή πραγματικών ρευστών. Συγκεκριμένα, κατά τον Prandtl, στην περίπτωση κίνησης ρευστών μικρού σχετικά ιξώδους πάνω από στερεά, η επίδραση της εσωτερικής τριβής περιορίζεται μόνο σε ένα πολύ λεπτό στρώμα ρευστού που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του στερεού, το οποίο είναι γνωστό ως *οριακό στρώμα* (σε συντομογραφία ΟΙ). Έτσι, το πεδίο ροής μπορεί να χωριστεί σε δύο διακριτές περιοχές, το *οριακό στρώμα* και την *περιοχή εκτός του ΟΣ*.

2 Ιστορική αναδρομή

Κρίνεται απαραίτητο να γίνει μια μικρή περιγραφή της εξέλιξης της αεροσήραγγας στα πλαίσια της ανάπτυξης της ανθρώπινης τεχνολογίας και τεχνολογίας, ξεκινώντας από τον 18^ο αιώνα.

Οι επιστήμονες του 18ου αιώνα είχαν μελετήσει προσεκτικά το πέταγμα των πουλιών και ξεκίνησαν να κατασκευάζουν ιπτάμενες μηχανές αντιγράφοντας την μορφή τους. Οι μηχανές τους αυτές δυστυχώς απέτυχαν, κάνοντας τους γρήγορα να συνειδητοποιήσουν, πως στην πραγματικότητα δεν ήξεραν τίποτα για την ανύψωση και τις δυνάμεις του αέρα επάνω σε επιφάνειες που διασχίζουν την ατμόσφαιρα. Προκειμένου να πετάξει, ο άνθρωπος έπρεπε πρώτα να καταλάβει την ροή του ανέμου. Αυτό σήμαινε πως έπρεπε πρώτα να φτιάξει εργαστήρια, εφοδιασμένα με όργανα, στα οποία ο σκελετός, τα φτερά και υπόλοιπες επιφάνειες των αεροσκαφών, να μπορούν να δοκιμάζονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.

Η αεροσήραγγα είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των σύγχρονων αεροσκαφών. Στις μέρες μας κανένας αεροναυπηγός δεν θα αφοσιωνόταν στη μελέτη ενός εξελιγμένου αεροσκάφους, σχεδιασμένου να πετάξει, χωρίς να έχουν γίνει μετρήσεις της ανύψωσης του, των ιδιοτήτων της αντίστασης του αέρα και της σταθερότητας του σε μια αεροσήραγγα.

2.1 Οι περιστρεφόμενοι βραχίονες και οι πρώτες αεροσήραγγες

Η χρησιμότητα της αεροσήραγγας σήμερα είναι προφανής, δεν ήταν όμως η μόνη συσκευή αεροδυναμικού ελέγχου. Παλαιότεροι επιστήμονες είχαν συνειδητοποιήσει πως χρειαζόταν μία συσκευή που θα παρείχε σταθερή, ελεγχόμενη ροή αέρα. Κατάλαβαν, όπως ο Leonardo Da Vinci και ο Issak Newton παλαιότερα, πως μπορούσαν είτε να κινήσουν το ιπτάμενο μοντέλο στον αέρα και στην απαιτούμενη ταχύτητα, είτε να διοχετεύσουν τον αέρα, κατευθείαν επάνω σε ένα σταθερό μοντέλο. Στο ξεκίνημα της αεροναυτικής, έλαβαν χώρα και οι δύο αυτές προσεγγίσεις.

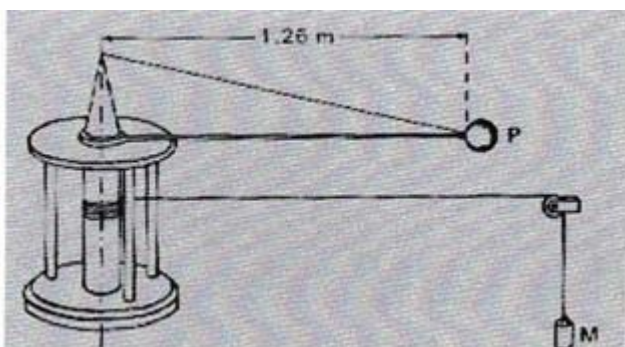
Στην αρχή αναζήτησαν κάποιες φυσικές, σταθερές πηγές αέρα. Ανέβαζαν τα μοντέλα σε υψώματα, όπου συχνά φυσούσε άνεμος, ή τα τοποθετούσαν μπροστά από ανοίγματα σπηλιών όπου φυσούσαν ρεύματα. Οι συχνές ιδιοτροπίες της φύσης, ανάγκασαν τελικά τους επιστήμονες να στραφούν σε ποικίλες μηχανικές συσκευές που θα επέτρεπαν να κινούν τα δοκίμια τους στον σταθερό αέρα. Η απλούστερη και φθηνότερη επινοήση, που επέτρεπε την κίνηση δοκιμίων σε υψηλές ταχύτητες, ήταν ο περιστρεφόμενος βραχίονας, ένα είδος αεροναυτικής φυγοκέντρισης.

Ο πρώτος που κατασκεύασε τον περιστρεφόμενο βραχίονα, ήταν ένας ιδιοφυής άγγλος μαθηματικός, ο Benjamin Robins (1707-1751). Η πρώτη αυτή μηχανή αποτελούταν από έναν βραχίονα μήκους 4ft. Περιστρέφοντας τον με ένα βαρίδι που

αναρτούσε από μια τροχαλία, η άκρη του βραχίονα έφτασε ταχύτητες της τάξης μερικών μόνο ποδιών το δευτερόλεπτο. Ο B. Robins εφάρμοσε μεγάλη ποικιλία δοκιμών (πυραμίδες, παραλληλεπίπεδα, δίσκους κ.λ.π.) στην άκρη του βραχίονα και τα περιέστρεψε σε διάφορους προσανατολισμούς. Κατέληξε στο συμπέρασμα, πως όλες οι θεωρίες που είχαν ειπωθεί μέχρι τότε για την αντίσταση, ήταν ελλιπείς.

Διαφορετικά σχήματα, παρά το γεγονός πως παρουσιάζουν το ίδιο εμβαδόν επιφάνειας στο οποίο επενεργεί το ρεύμα αέρος, δεν έχουν πάντα την ίδια τιμή ή συντελεστή αντίστασης. Η φανερά πολύπλοκη σχέση ανάμεσα στην αντίσταση του αέρα, στο σχήμα και στον προσανατολισμό του δοκιμίου και στην ταχύτητα του ανέμου, καθορίζουν την απλή θεωρία που καταστεί το τεστ εδάφους των αεροσκαφών, το πιο σημαντικό στην επιστήμη των πτήσεων,

Ο sir George Cayley χρησιμοποιώντας επίσης έναν περιστρεφόμενο βραχίονα, μήκους 5 ποδιών, κατάφερε να επιτύχει ταχύτητες της τάξης από 10 έως 20 πόδια το δευτερόλεπτο. Η μεγαλύτερη συνεισφορά του Cayley όμως, ήταν η φιλοσοφία κατασκευής στην οποία κατέληξε. Μέχρι τότε πίστευαν πως το προωθητικό σύστημα θα έπρεπε να παράγει παράλληλα και την κίνηση προς τα εμπρός και την δύναμη ανύψωσης. Ο Cayley κατέληξε πως αρκούσε μια μηχανή που παράγει κίνηση προς τα εμπρός η οποία στη συνέχεια θα προκαλούσε την ανύψωση μέσα από τα φτερά.



Σχήμα 1.5 Ο περιστρεφόμενος βραχίονας του Cayley (1746).

Μέχρι το τέλος του 19ου αιώνα τα περισσότερα στοιχεία και δεδομένα αεροδυναμικής παρέχονταν από τους περιστρεφόμενους βραχίονες. Τα ελαττώματα τους παρ' όλα αυτά δεν πέρασαν απαρατήρητα. Τα πειραματικά αποτελέσματα δεν ήταν απολύτως ακριβή, καθώς η κυκλική κίνηση του βραχίονα έθετε τον αέρα της γύρω περιοχής σε περιστροφή, με αποτέλεσμα τα δοκίμια, στην άκρη του βραχίονα, να κινούνται μέσα στο απόρευμα που είχαν δημιουργήσει τα ίδια. Λόγω του στροβιλισμού αυτού, τα πειράματα δεν μπορούσαν να καθορίσουν την πραγματική σχετική ταχύτητα ανάμεσα στο μοντέλο και στον αέρα. Επιπρόσθετα, η στήριξη

οργάνων και η μέτρηση των δυνάμεων, που ασκούνταν επάνω στα δοκίμια, ήταν εξαιρετικά δύσκολη καθώς αυτά περιστρέφονταν σε υψηλές ταχύτητες.

Τα παραπάνω προβλήματα επιχείρησε να λύσει μία νέα ανακάλυψη, η αεροσήραγγα. Αυτή η εντελώς απλή συσκευή απαρτίζεται από ένα κλειστό πέρασμα, μέσα από το οποίο περνάει αέρας, προερχόμενος από έναν ανεμιστήρα ή κάποιο άλλο σύστημα καθοδήγησης. Το κύριο τμήμα της αεροσήραγγας ήταν ο θάλαμος μετρήσεως πειραμάτων, ή θάλαμος εργασίας, στον οποίο το δοκίμιο εκτίθεται σε ένα προσεκτικά ελεγχόμενο ρεύμα αέρα. Τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά και το πεδίο ροής του δοκιμίου, μετρούνται κατευθείαν με κατάλληλους υπολογισμούς. Αυτή η εξαιρετική ικανότητα της αεροσήραγγας, να επιτρέπει ελεγχόμενες, συστηματικές μετρήσεις, οδήγησε μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα στην παντελή εγκατάλειψη του περιστρεφόμενου βραχίονα.

Αυτός που εκτιμάται πως είναι ο πρώτος που σχεδίασε και έθεσε σε λειτουργία αεροσήραγγα είναι ο Frank H. Wenham. Ο Wenham είχε δουλέψει με περιστρεφόμενους βραχίονες των οποίων τα ελλiptή αποτελέσματα, τον ώθησαν στην δημιουργία της πρώτης αεροσήραγγας το 1871. Αποτελούνταν από έναν κύριο άξονα, μήκους 12 ποδιών και διατομής 18 τετραγωνικών ιντσών. Ένας ανεμιστήρας, κινούμενος από μια ατμομηχανή, αναρροφούσε αέρα, οδηγώντας τον μέσω του σωλήνα στο δοκίμιο. Ο Wenham εφάρμοσε δοκίμια διαφόρων σχημάτων στην αεροσήραγγα και κατάφερε να μετρήσει τις δυνάμεις ανυψώσεως και αντιστάσεως του αέρα. Για ένα τόσο απλό πείραμα, τα αποτελέσματα ήταν μεγάλης σημασίας. Με την παρουσία της αεροσήραγγας οι επιστήμονες, άρχισαν επιτέλους να καταλαβαίνουν τους παράγοντες που επηρεάζουν τις παραπάνω δυνάμεις.

Το 1902 οι Wilbur και Orville Wright, ξεκίνησαν να φτιάχνουν ένα δικό τους εγχειρίδιο δεδομένων, διότι, σειρές πειραμάτων που έκαναν, με ανεμόπτερα, σύμφωνα με παλιούς πίνακες δεδομένων δεν τους ικανοποίησαν. Για το σκοπό αυτό χρειάστηκε να κατασκευάσουν, και αυτοί,

μία αεροσήραγγα. Απαρτιζόταν από ένα σωλήνα τετράγωνης διατομής για την διοχέτευση του αέρα, έναν ανεμιστήρα και έναν ζυγό εκτεθειμένο στη ροή του. Το ένα τμήμα του ζυγού ήταν μία επίπεδη βαθμολογημένη επιφάνεια, το άλλο μία κυρτή επιφάνεια, γερμένη σε ίση αλλά αντίθετη γωνία. Όταν ο αέρας περνούσε από την συσκευή, ο ζυγός κινητού πλαισίου στρεφόταν προς την μία ή προς την άλλη κατεύθυνση, υποδεικνύοντας τις σχετικές δυνάμεις ανύψωσης.



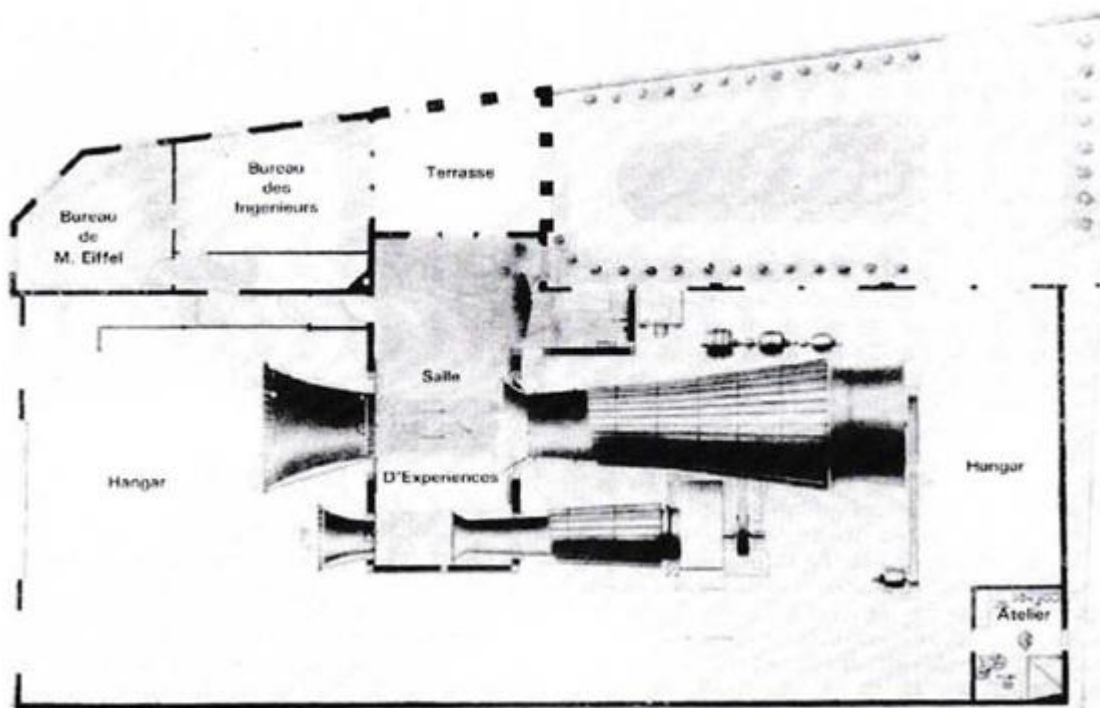
2.2 Αεροσήραγγες νεότερης εποχής

Οι αεροσήραγγες που κατασκευάστηκαν στο διάστημα που μεσολαβεί, από τις δοκιμαστικές πτήσεις των αδερφών Wright μέχρι τον 1^ο παγκόσμιο πόλεμο, μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες : α) στις αρχικές συσκευές έρευνας, μέτριων διαστάσεων, και β) στις μεγάλες σήραγγες κατασκευασμένες για στρατιωτικές επιχειρήσεις.

Στη Ρωσία, η πρώτη σημαντική αεροσήραγγα κατασκευάστηκε το 1904 από τον D. Riabouchinsky. Στην αεροσήραγγα αυτή, ο θάλαμος εργασίας ήταν μεγάλων διαστάσεων (1,2m διάμετρος) και είχε ένα κυλινδρικό κάλυμμα, για να ευθυγραμμίζει και να απομακρύνει το στροβιλισμό της ροής του αέρα.

Στη Γαλλία, το 1909 η αεροσήραγγα του F. Eiffel είχε διάμετρο 1,5m και ήταν ανοιχτού τύπου. Η επιστρεφόμενη ροή αέρα δεν αντλούνταν από ειδικά τοιχώματα. Ο αέρας προωθούταν από ένα ειδικό ακροφύσιο, μέσα στον θάλαμο εργασίας, με ταχύτητες πάνω από 20m/sec.

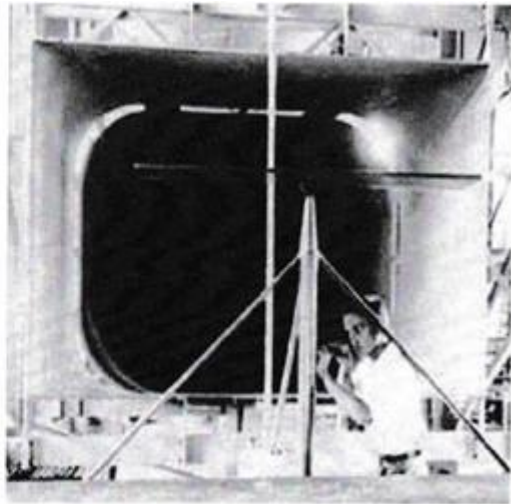
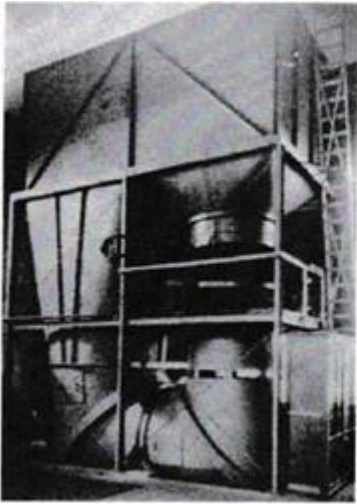
Στο Gottingen, το 1908 ο L. Prandtl κατασκεύασε την πρώτη αντίθετα - ελικοειδούς τροχιάς, επιστρεφόμενης ροής αεροσήραγγα. Η υψηλή αποδοτικότητα του σχεδίου αυτού, η ενσωμάτωση των πτερυγίων στις γωνίες και η χρήση, στρατηγικά τοποθετημένων, προστατευτικών μπλοκ και κυβελών, ώστε να κάνουν τη ροή του αέρα ήρεμη και ομοιογενή, έκαναν την αεροσήραγγα του Prandtl ασυναγώνιστη.



Σχήμα 1.7 Η αεροσήραγγα του Prandtl

Στην Αγγλία, η πρώτη από τις πολλές αεροσήραγγες μεγάλων διαστάσεων, δημιουργήθηκε το 1912. Εσωτερικά ο 7x7 ft. θάλαμος εργασίας επεξεργαζόταν τη ροή του αέρα με ειδικές διατάξεις,

Τα αεροσκάφη, κατά την περίοδο του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου, κατασκευάζονταν πλέον με όλες τις σύγχρονες μεθόδους και προδιαγραφές. Οι μηχανές, και ειδικά οι πτερυγιοφόροι κύλινδροι, έμεναν ακάλυπτες για καλύτερο εξαερισμό. Το μεγάλο μειονέκτημα αυτών των άτεχνων προεξοχών, δεν εκτιμήθηκε αρχικά. Το πραγματικό μέγεθος του προβλήματος ανακαλύφθηκε αργότερα.



Σχήμα 1.8 Το 1917 ο W.F.Durand εξέδωσε μία από τις πρώτες αναφορές της N.A.C.A.

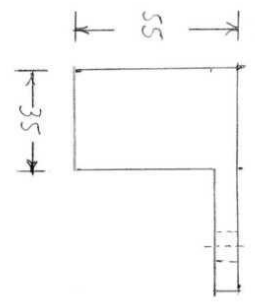
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Κατασκευή θαλάμου μετρήσεων και βάσης μικρομέτρου

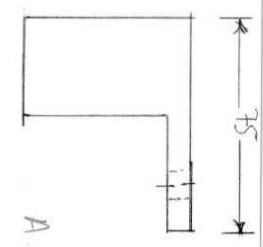
Για την κατασκευή του θαλάμου μετρήσεων και βάσης μικρόμετρο χρειαστήκαμε τα ακόλουθα υλικά τα οποία συλλέχτηκαν από την αγορά :

- 1) ένα διάφανο φίλο plexiglass με διαστάσεις 50×50 cm με πάχος 5mm
- 2) Μια σιλικόνη διάφανη σε μορφή σωληναρίου
- 3) ένα κομμάτι ξύλο
- 4) ένας διάφανος σωλήνας μήκους 1m
- 5) τέσσερα παξιμάδια M6
- 6) μία ντίζα μήκους 50cm τύπου M6
- 7) 6 ελατήρια σπειροειδές
- 8) μια σωλήνα γωνίας 90 μοιρών
- 9) ένα σωλήνα με οπή μήκους 20cm
- 10) οχτώ ροδέλες M6
- 11) δυο βίδες φρεζάτες M6 με μήκος 8cm
- 12) μία λάμα με μήκος 17,5cm πλάτος 5cm και πάχος 5mm

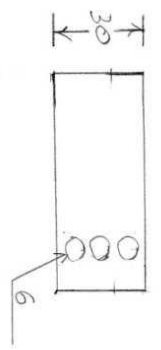
Ενότητα α (Σχεδιασμός)



ΠΡΟΟΨΗ

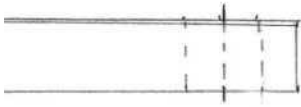


Α.Π.Ο



ΚΑΤΟΨΗ

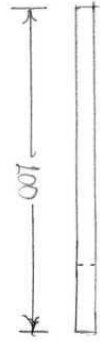
ΒΑΣΗ ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΟΥ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:2



Α.Π.Ο

ΠΛΑΚΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΘΑΛΑΜΟΥ ΜΕΤΡ.

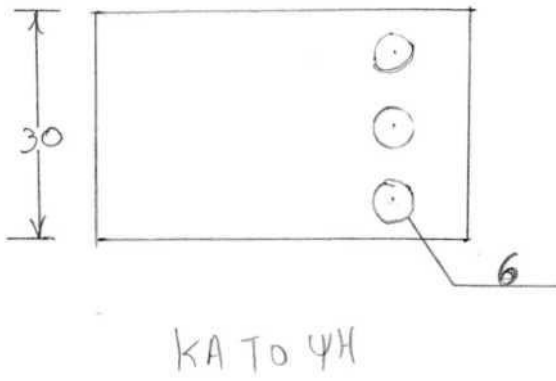
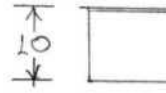
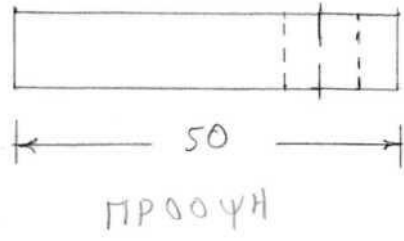
ΚΛΙΜΑΚΑ : 1:1

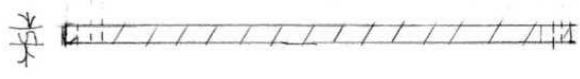
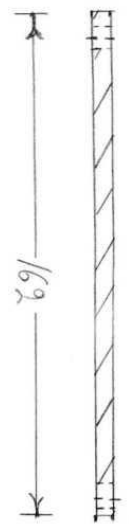
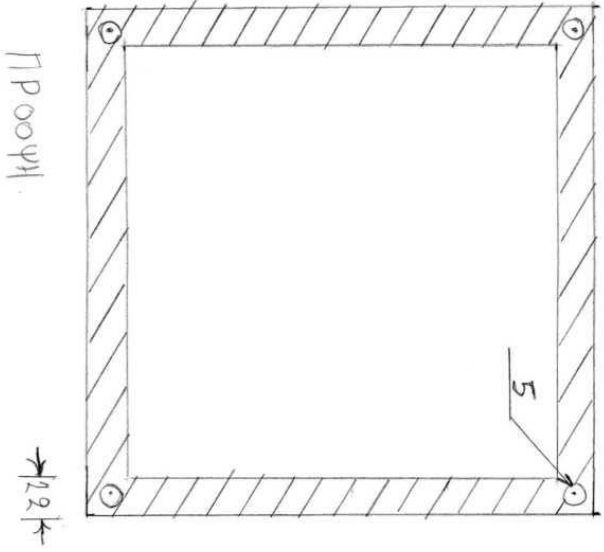


ΕΠΙΤΡΕΩΝ ΠΛΑΚΑ (ΝΕΙΑ-ΤΡΑ ΧΕΙΑ)

ΚΛΙΜΑΚΑ 2:2

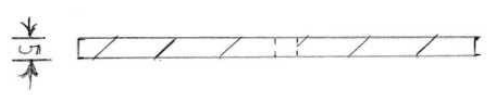
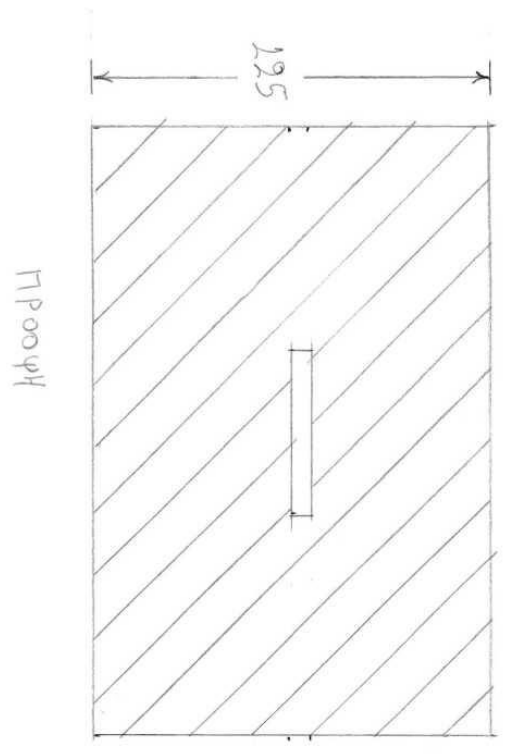




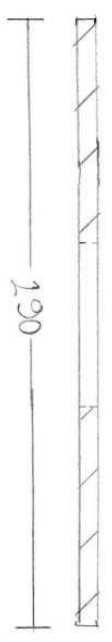


A. Π. Ο

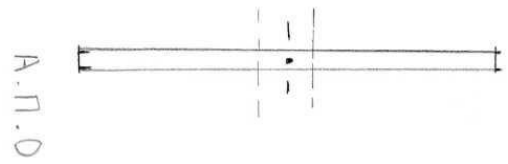
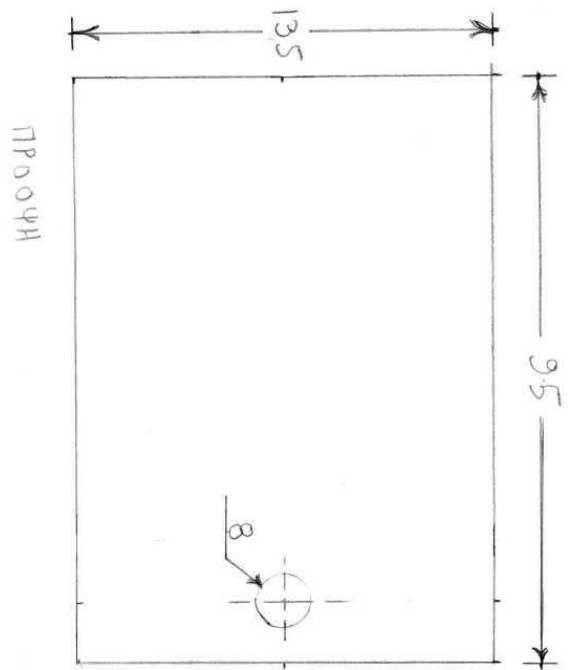
ΦΑΝΤΖΑ ΘΑΛΑΜΟΥ Χ4 ΤΕΜΑΧΙΑ.
ΚΛΙΜΑΚΑ 182



ΠΛΕΥΡΑ Χ₂ ΘΑΛΑΜΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΒΑΣΗ ΛΑΜΑΣ
 ΚΑΙ ΜΑΚΑ: 1: 2



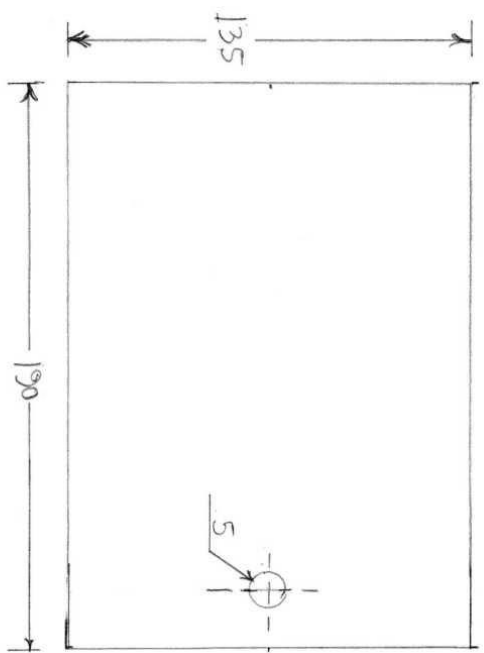
ΚΑΤΟΨΗ



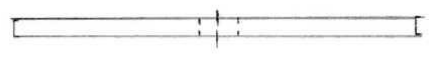
ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΣ ΠΛΑΚΑΣ ΘΑΛΗΜΟΥ

ΚΝΙΜΑΚΑ 1:2

ΚΑΤΩΨΗ



ΚΑΤΩΨΗ



Α.Π.Ο

ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΤΩ ΠΑΡΚΑΣ ΘΑΛΑΣΜΟΥ.
ΚΛΙΜΑΚΑ : 1:2

Ενότητα β (Κοπή κομματιών)

Έκοψα από το plexiglass 2 κομμάτια με μήκος 19cm και πλάτος 13,5 αυτά είναι τα σχέδια της πάνω και κάτω πλάκας. Στην συνέχεια έκοψα ακόμα δύο κομμάτια από το υλικό μας με διαστάσεις μήκος 19cm και πλάτος 12.5cm για τα πλαίσιά της κατασκευής μας. Έπειτα σχεδίασα 4 παράθυρα επάνω στην πλάκα ώστε να τα κόψω στις διαστάσεις με μήκος πλάτος στα 16,2 cm και με επιφάνεια πλευράς στα 1,2cm και εσωτερική ελευθερία 13,5cm σε κάθε πλευρά.



Ενότητα γ (Φινίρισμα κομματιών)

Στην πλάκα του κάτω μέρους θα ανοίξουμε μια οπή πάχους M6 για τον κρουνό δέγματος αέρος με βόλτες εσωτερικά. Στην πλάκα του άνω μέρους θα κάνουμε μια οπή με πάχος 8cm ώστε να περνάει ο σωλήνας που θα μεταβάλετε το ύψος του με την περιστροφή του μικρομέτρου. Έπειτα θα στερεώσουμε της δύο φρεζάτες βίδες στην πάνω πλάκα για να μπορέσουμε στο τέλος να στερεώσουμε την ξύλινη βάση του μικρομέτρου. Τέλος στα πλαϊνά κομμάτια θα ανοίξουμε μια οπή σχήματος ορθογωνίου στο κέντρο τους με διαστάσεις 5cm μήκος με 5mm πλάτος ώστε να μπορεί να περνάει η λάμα εσωτερικά και να στερεοποιείτε χωρίς να έχουμε απώλειες και ανεπιθύμητη κλίση.



Ενότητα δ (Κατασκευή βάσης μικρομέτρου)

Για την κατασκευή της βάσης του μικρομέτρου παίρνουμε το κομμάτι του ξύλου και το κόβουμε σε σχήμα Γ (γάμα) με διαστάσεις ύψος 5,5cm ,μήκος μεγάλης επιφάνειας 7,5cm και μήκος εσωτερικής επιφάνειας 4cm. Στην συνέχεια θα ανοίξουμε τρεις οπές κάθετα στο τελείωμα του Γ(γάμα) ώστε να περάσουν οι δύο M6 ντίζες και στην μεσαία οπή το μικρόμετρο οπού και θα ασφαλιστεί με κόντρα παξιμάδι για να μην μετατοπίζετε καθώς θα περιστρέφεται και τα ελατήρια θα ασκούνε δύναμη αντίθετη προς αυτό. Τέλος θα δημιουργήσουμε ένα πλακάκι από ξύλο με διαστάσεις μήκους 5,5cm και πλάτους 4,5cm και πάνω τους θα φέρουν δύο οπές για τις ντίζες M6.



Ενότητα ε (Σχεδιασμός λάμας)

Για την σωστή λειτουργία της λάμας στο εσωτερικό του θαλάμου θα πρέπει να της δώσουμε μια κλίση ώστε να μην μας επηρεάζει καθώς θα γίνεται η πρόσκρουση του αέρα πάνω σε αυτή με ταχύτητα. Τέλος από την μία πλευρά θα κολλήσουμε το τριανταεξάρι γυαλόχαρτο για μέτρηση επιφάνειας με μεγαλύτερη τριβή.



Ενότητα στ (Τελική συναρμολόγηση)

Παίρνουμε τα τέσσερα κομμάτια τα περνάμε μέσα από τα παράθυρα και τα φέρνουμε πρόσωπο ώστε να μετράει σε μήκος 19cm έπειτα ξεκινάμε να κολλάμε με πολύ προσοχή τα κομμάτια μας με την σιλικόνη και τα αφήνουμε να στεγνώσουν. Στην συνέχεια προσθέτουμε και τους άλλους δύο καθρέφτες ώστε να μπορέσει να ενισχυθεί περισσότερο ο θάλαμος και να φτάσει στα 20cm μήκος . Μετά θα ανοίξουμε τέσσερις οπές σε κάθε πλευρά για να γίνει η τοποθέτηση του με βίδες και παξιμάδια στο υπόλοιπο μέρος της εγκατάστασης. Τέλος στο πάνω μέρος του θαλάμου θα σφίξουμε την ξύλινη βάση του μικρομέτρου με την βοήθεια από τις φρεζάτες βίδες και τα παξιμάδια τους για να πραγματοποιούνται πιο ακριβείας μετρήσεις.

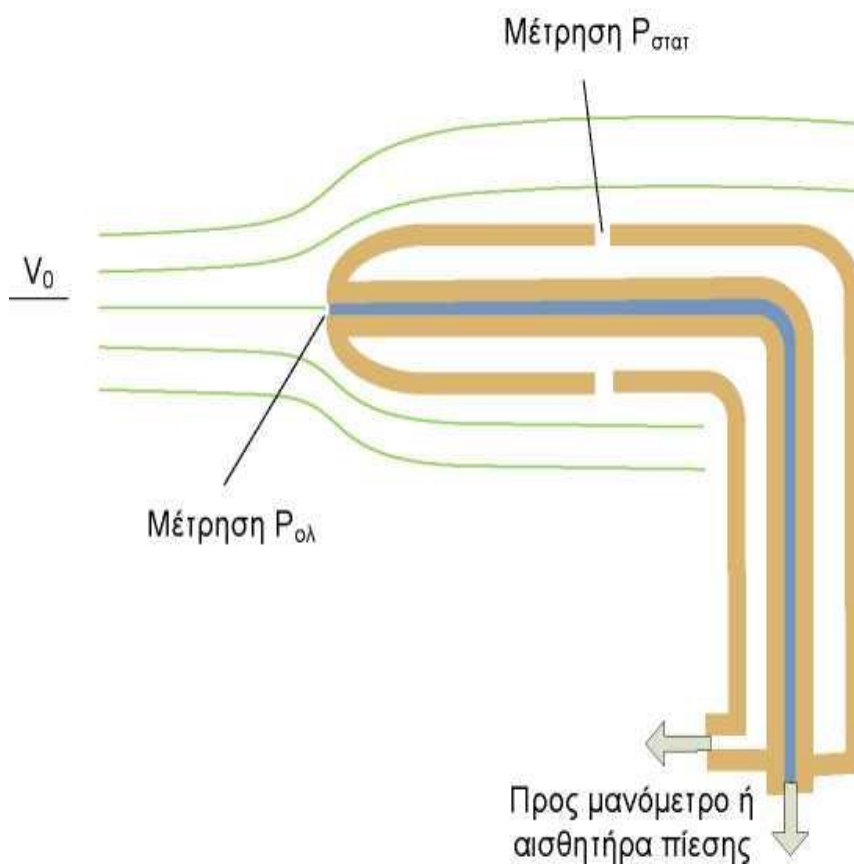


Ενότητα ζ (Σωλήνας Pito)

Είναι ένας κούφιος, διπλός σωλήνας με μία κεντρική οπή και 5-6 περιφερειακές. Εισάγεται παράλληλα στη ροή ώστε στην κεντρική οπή να καταλήγει ρευματική γραμμή (σημείο τερματισμού) και να μετράται η ολική πίεση $P_{ολ}$, ενώ οι περιφερειακές είναι παράλληλες στη ροή και με αυτές μετράται η στατική πίεση $P_{στατ}$. Το όργανο συνδέεται σε μανόμετρο που περιέχει υγρό με πυκνότητα ρ_v και εμφανίζει διαφορά ύψους H ανάμεσα στα δύο σκέλη, προκύπτει από το νόμο Bernoulli

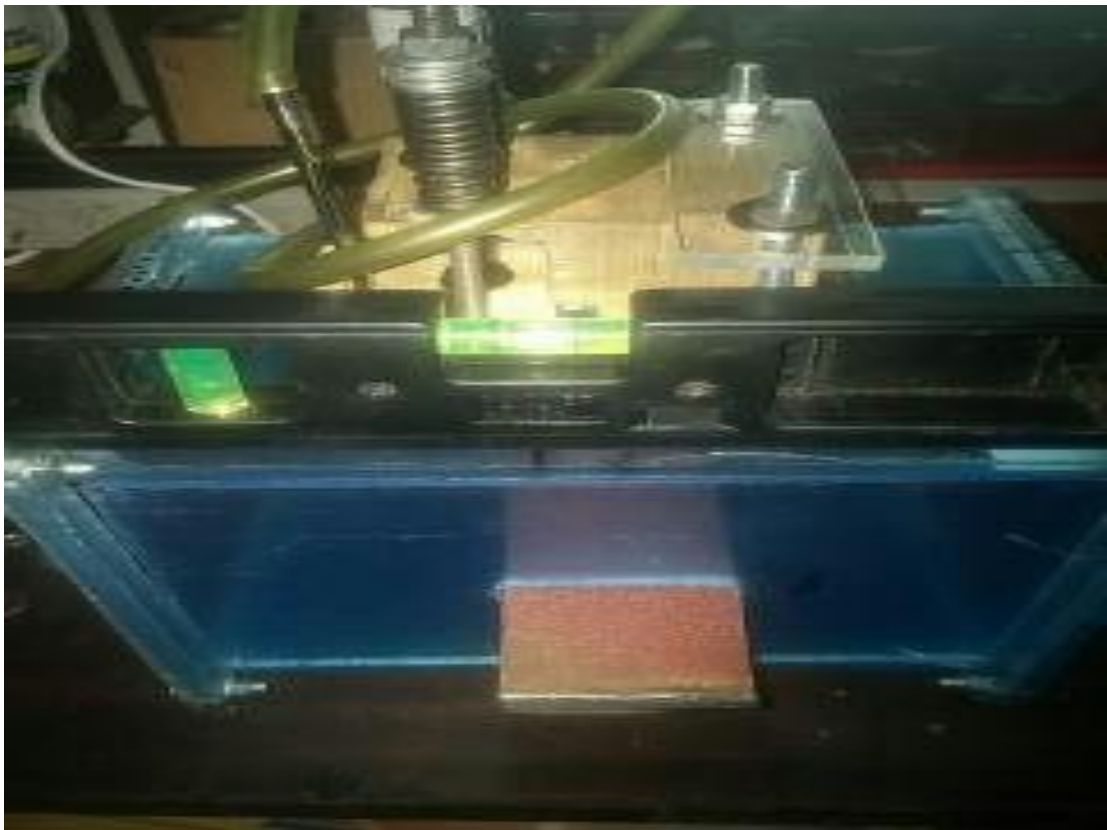
$$P_{ολ} = P_{στατ} + \frac{1}{2} \rho V_0^2 \Rightarrow P_{ολ} - P_{στατ} = \frac{1}{2} \rho V_0^2 = \rho_v g H$$

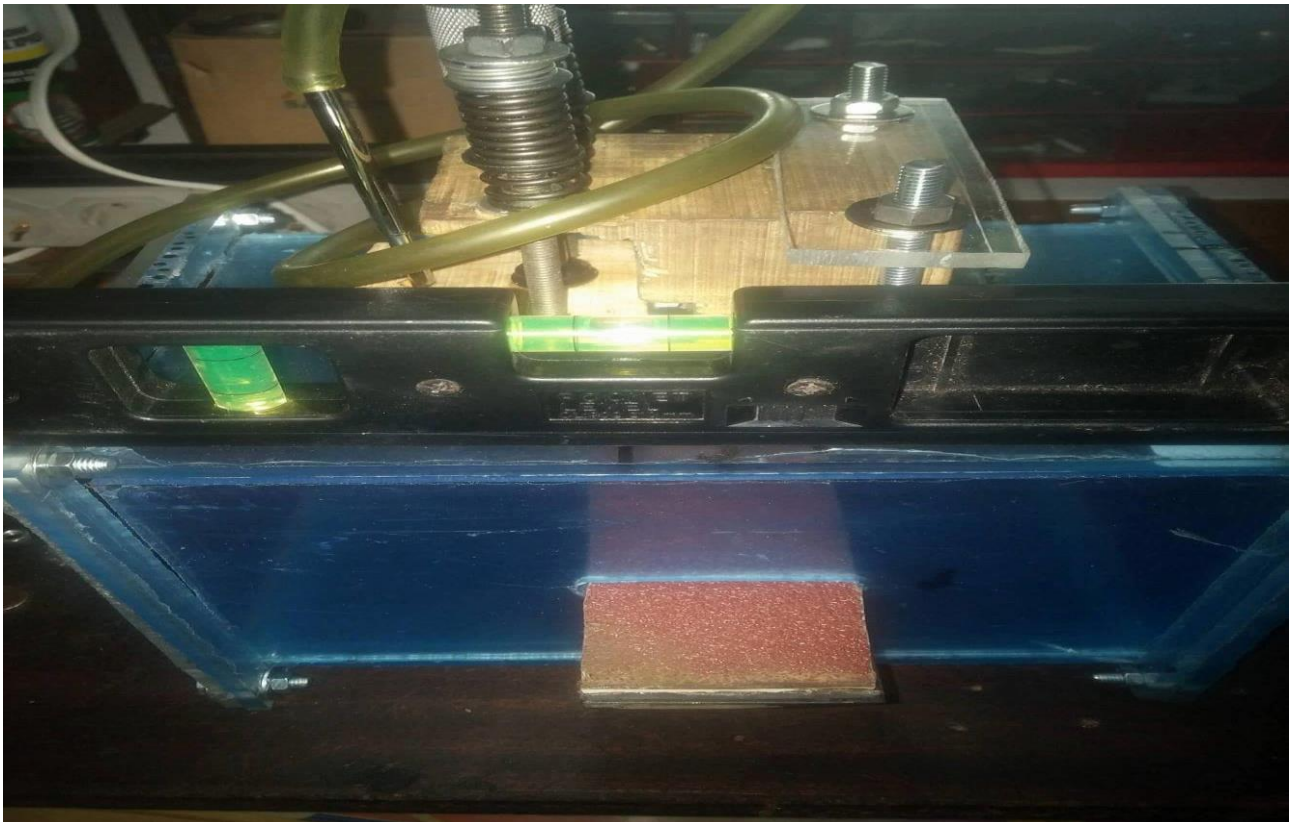
$$V_0 = \sqrt{2 \frac{\rho_v}{\rho} g H}$$



Γενικές φωτογραφίες κατασκευής

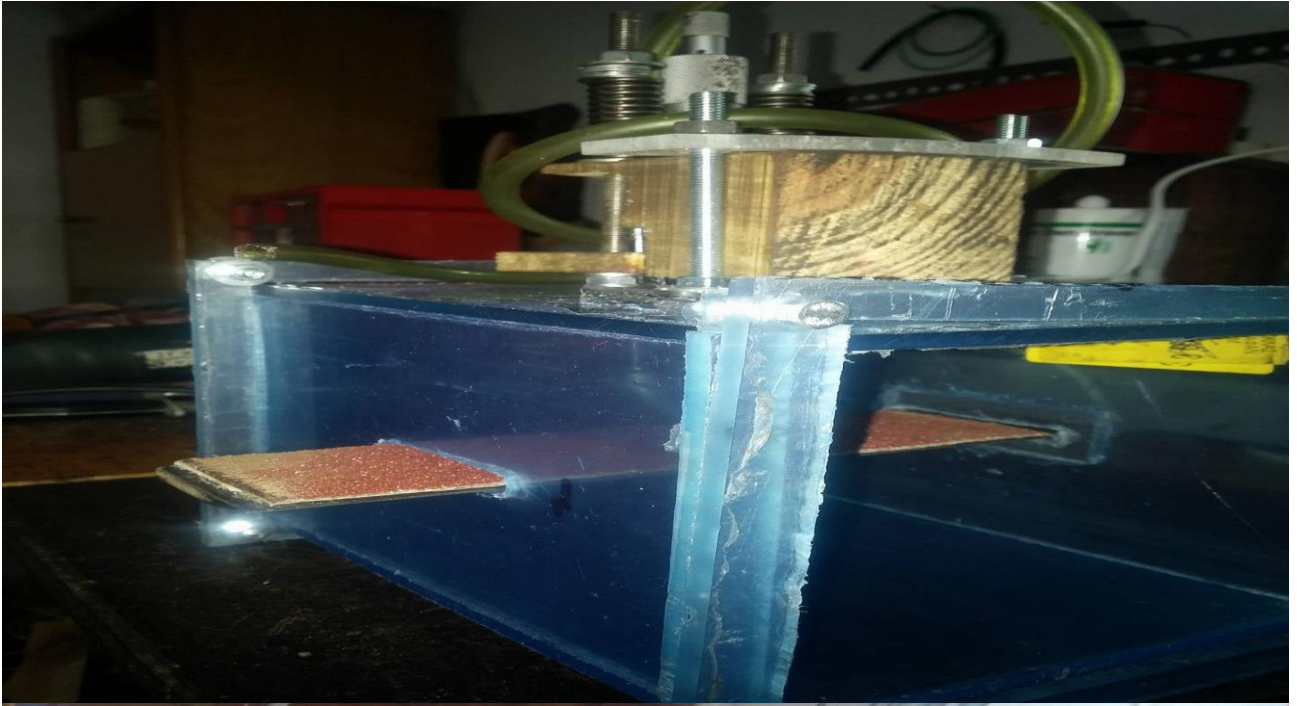






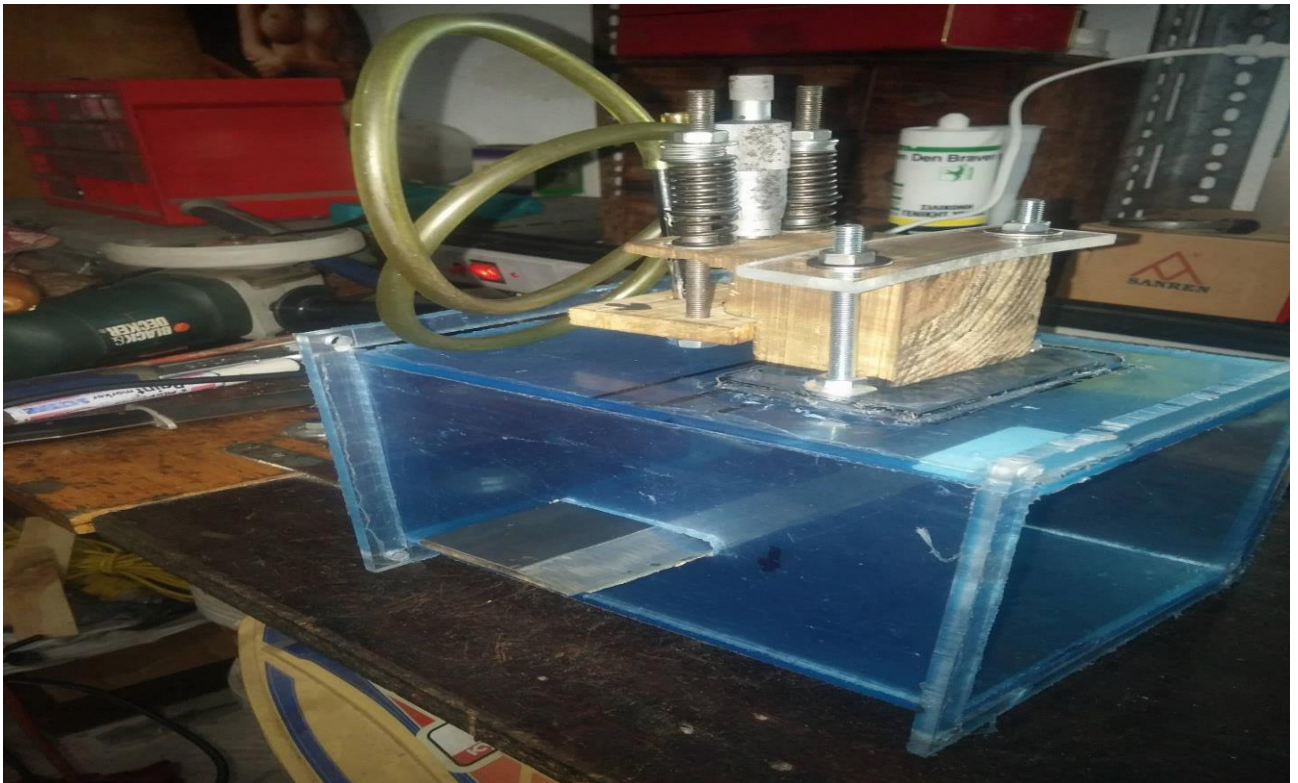




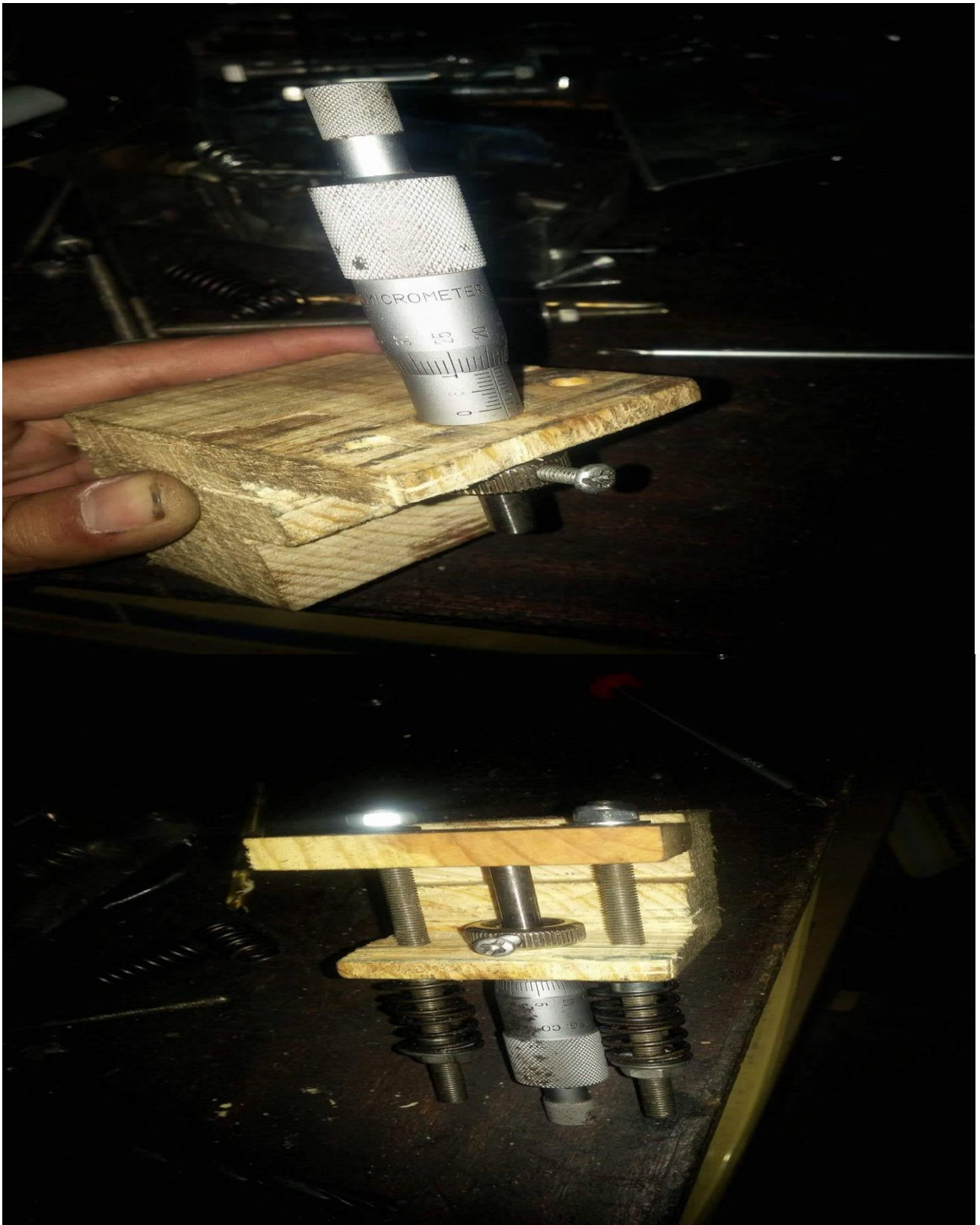


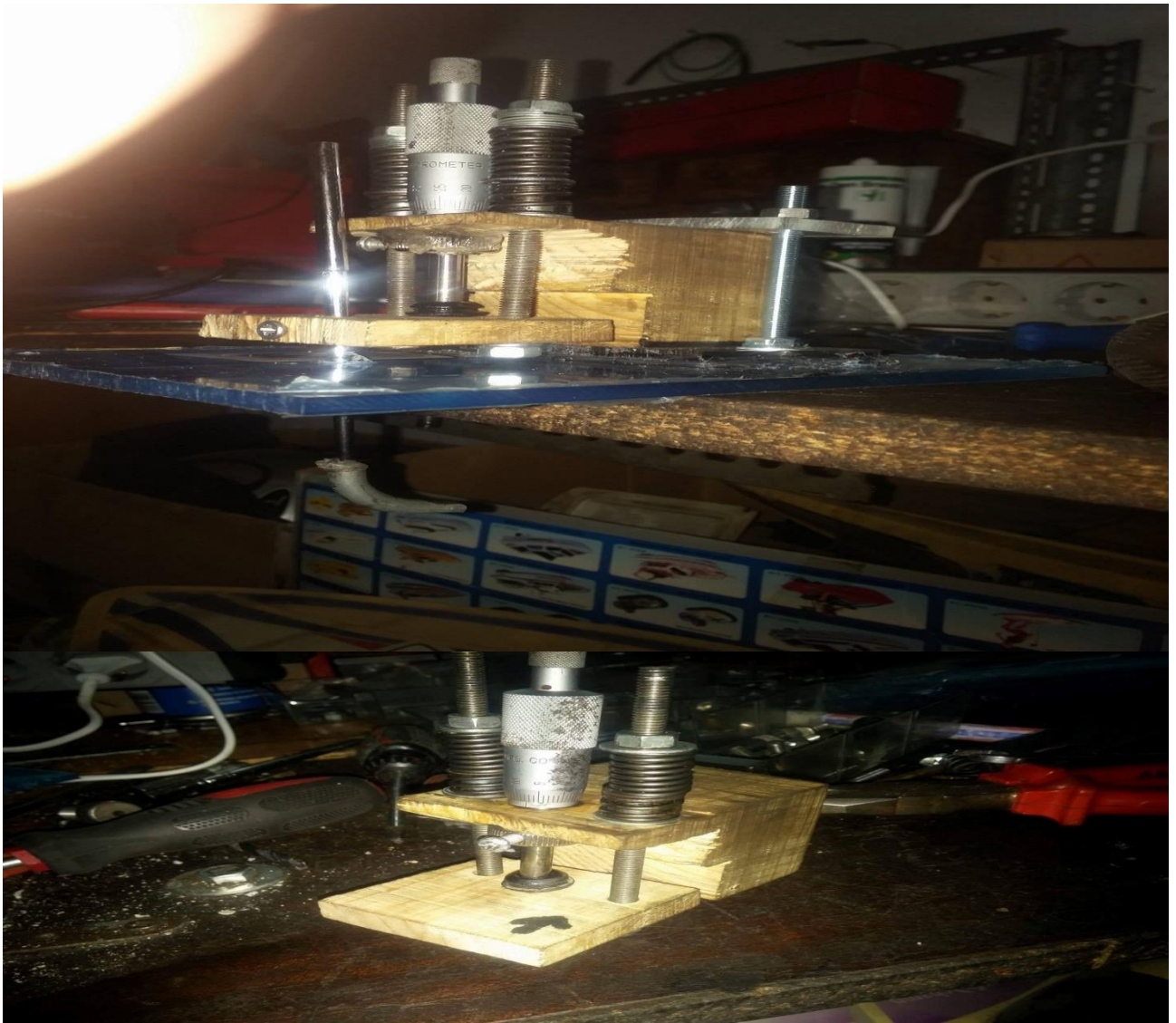


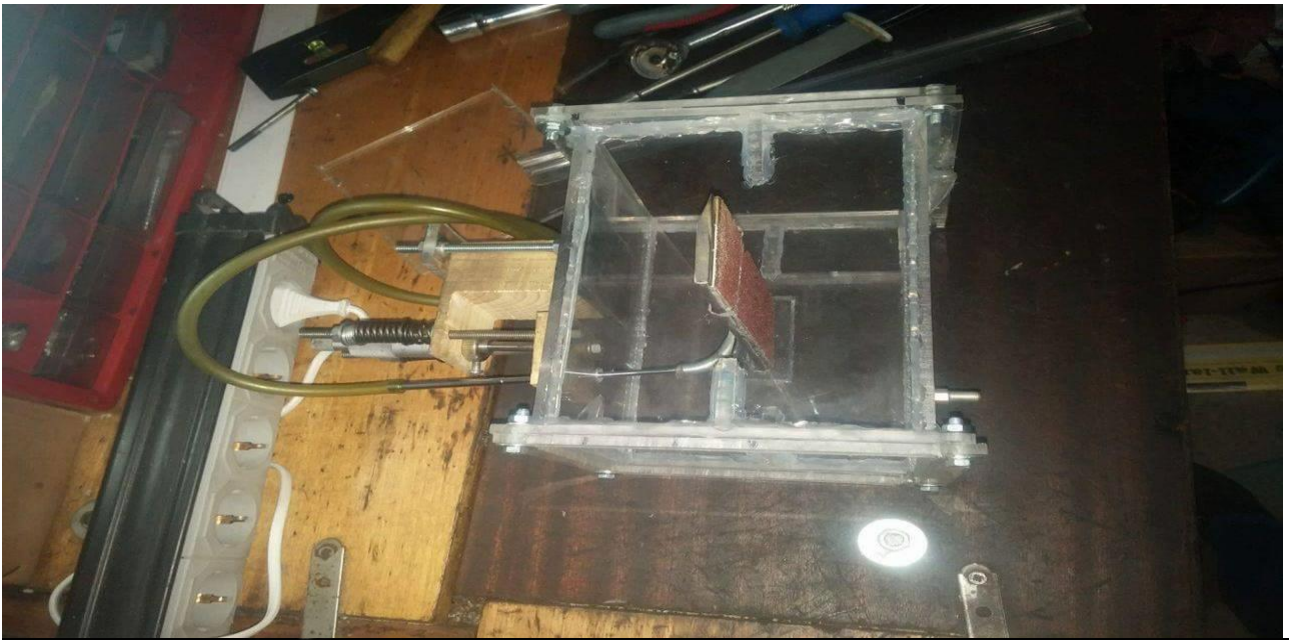


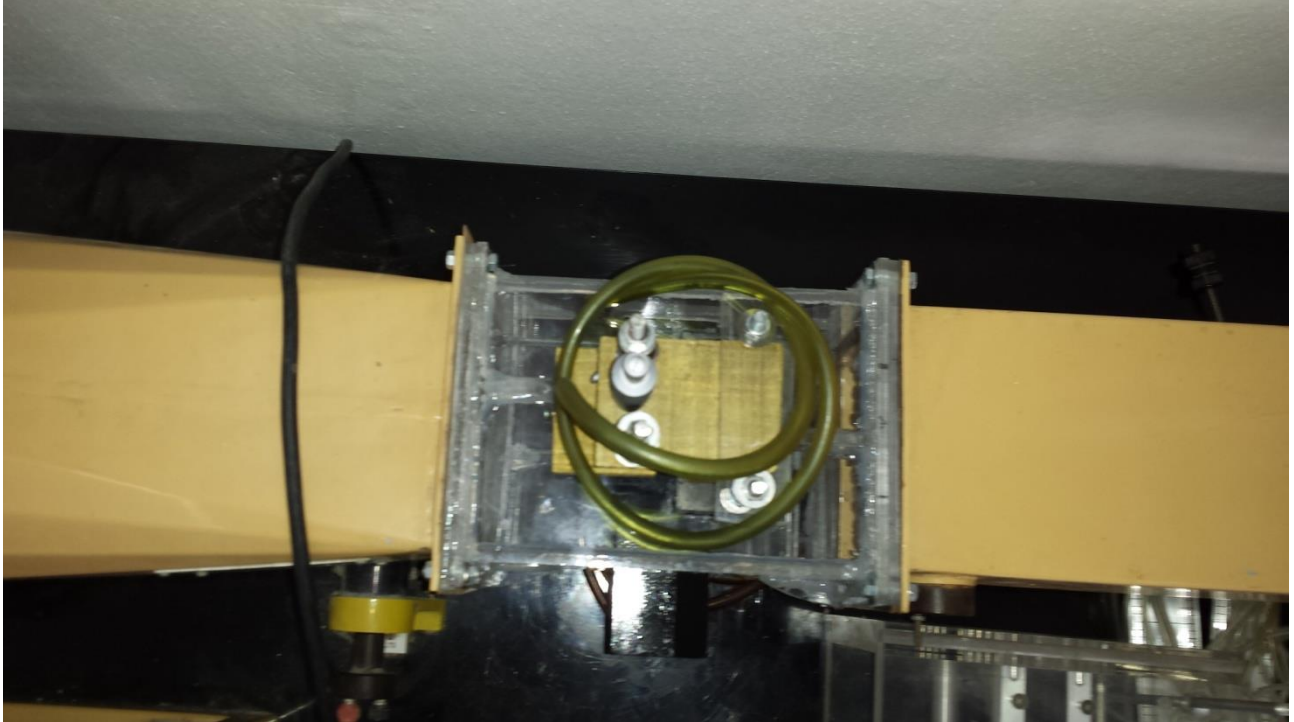
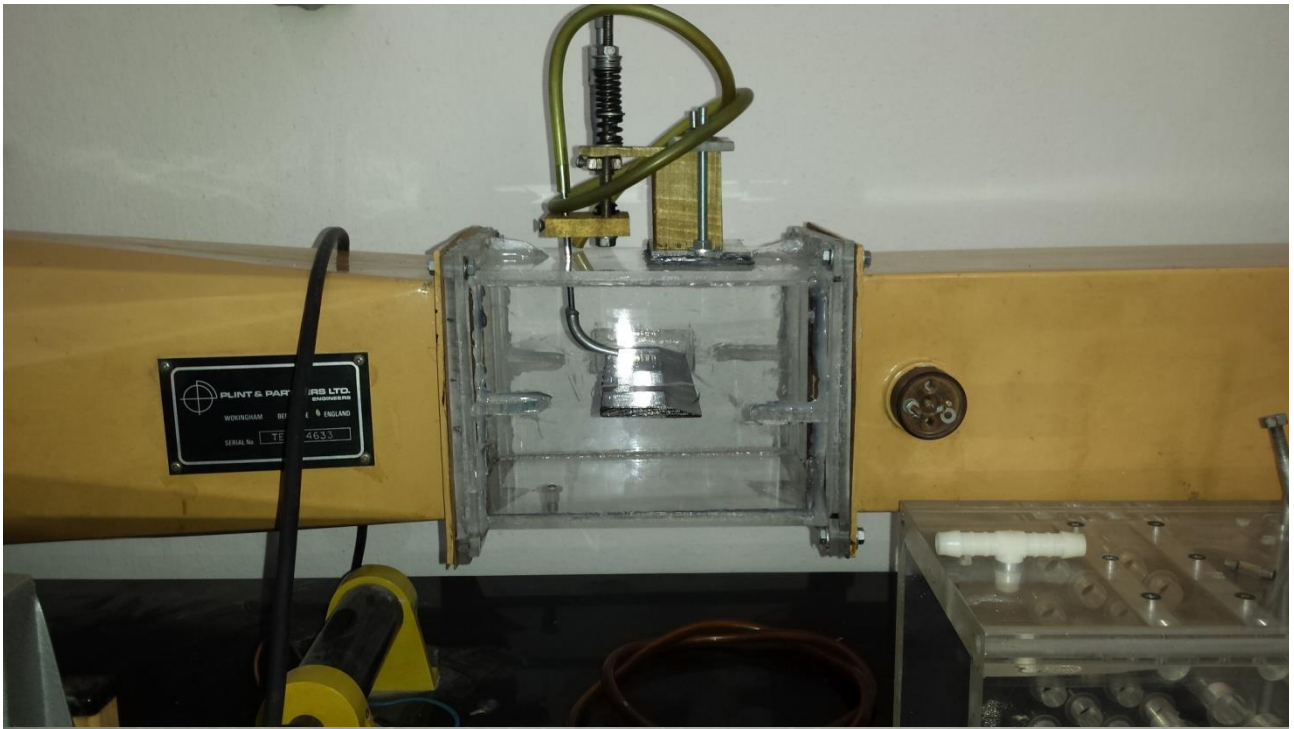


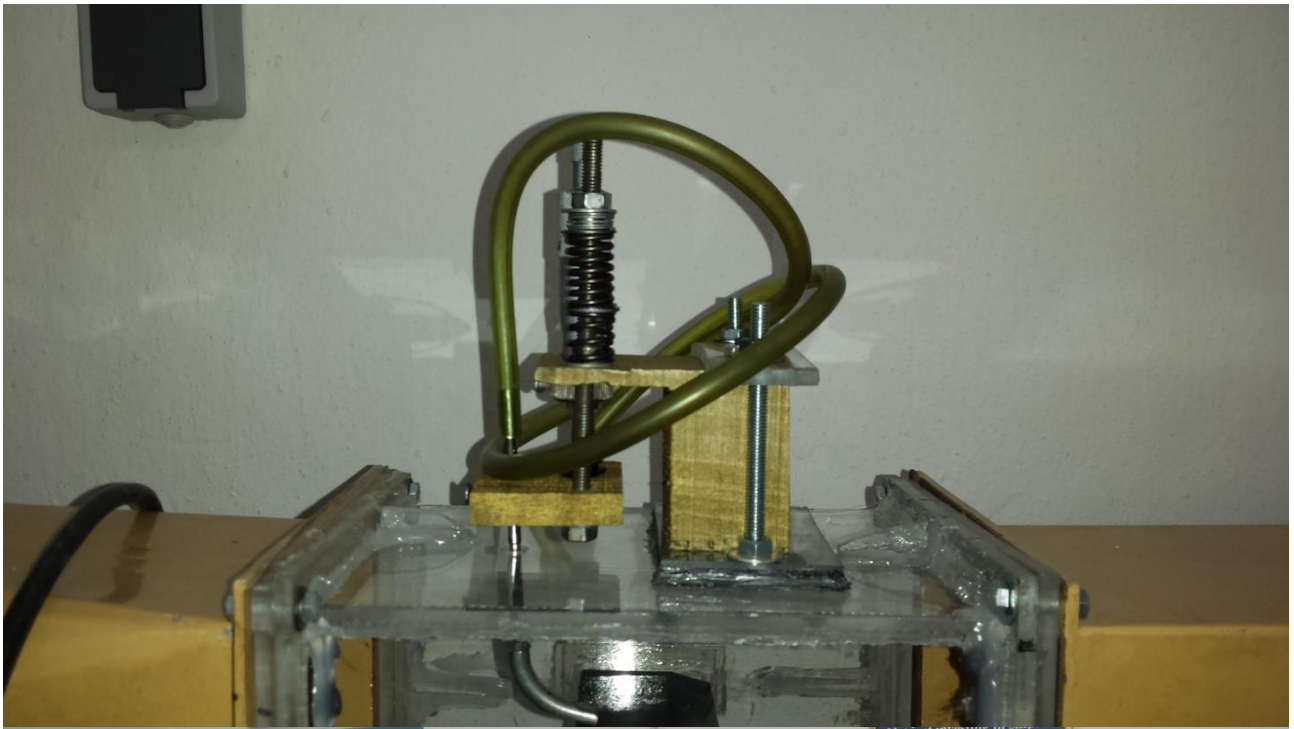


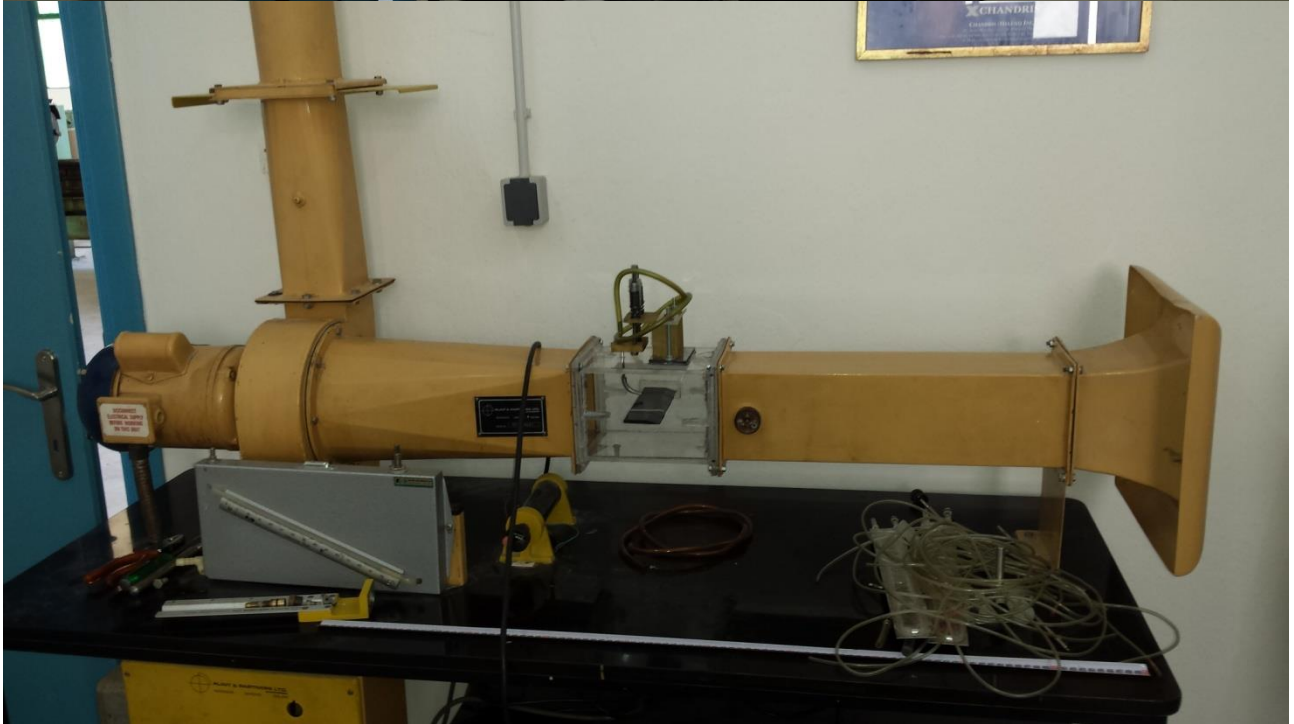


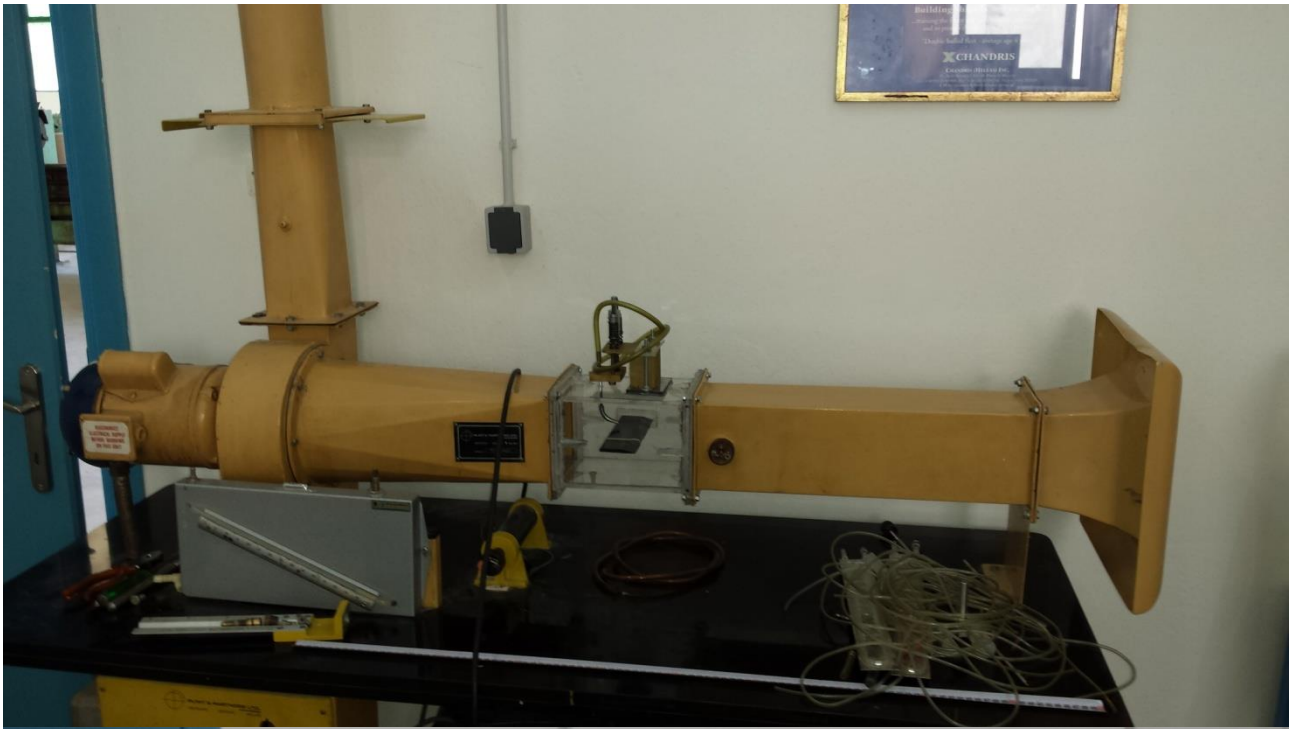














ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Πειραματική διαδικασία

Στο συγκεκριμένο εργαστηριακό πείραμα μετράμε τη διαφορά πίεσης (ΔP) ολικής και στατικής (Ρολ-Ρστ) δηλαδή τη δυναμική πίεση και έμμεσα υπολογίζουμε τη ταχύτητα που έχει το ρευστό (αέρας) εντός και εκτός οριακού στρώματος. Η καταγραφή των πειραματικών δεδομένων έγινε με τη χρήση μανομέτρου νερού τύπου U σε κλίση 30 μοιρών.

Στο πρώτο πίνακα τα στοιχεία που αναγράφονται είναι για διαφορετικά φορτία χωρίς τη πλάκα τοποθετημένη στον θάλαμο δοκιμών της αεροσήραγγας.

Στο δεύτερο πίνακα τα στοιχεία που αναγράφονται είναι για λεία πλάκα σε φορτίο 80%.

Στο τρίτο πίνακα τα στοιχεία που αναγράφονται είναι για τροχία πλάκα και σε φορτίο 80%.

Σε όλες τις περιπτώσεις το μανόμετρο τύπου U tube είναι σε κλίση 30 μοιρών.

3.2 Τυπολόγιο

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής :

$$\Delta P = \rho_{\text{νερου}} * g * \Delta \chi * \sin \alpha$$

Όπου $\Delta \chi * \sin \alpha = \Delta H$ και ΔP η διαφορά πίεσης σε N/m^2

$\rho_{\text{νερου}} = 1000 \frac{kg}{m^3}$ η πυκνότητα του νερού

$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ όπου είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας

$\Delta \chi$ η διαφορά στη στήλη του μανομέτρου τύπου U tube

$\sin \alpha = \sin 30 = 0.5$ το ημίτονο στις μοίρες που είναι το μανόμετρο, και είναι κεκλιμένο.

U η ταχύτητα του ρευστού υπολογίζεται από την σχέση $u = \sqrt{\frac{2 * \Delta P}{\rho_{\text{αερα}}}}$ σε $\frac{m}{s}$

$\rho_{\text{αερα}} = 1.225 \frac{kg}{m^3}$ η πυκνότητα του αέρα

Σε συνθήκες εργαστηρίου, όπου $P = P_{a+h} = 1.013 * 10^5 N/m^2$ και θερμοκρασία $\theta = 15C = 288K$

3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Χωρίς πλάκα

Load %	$\Delta\chi$ (mm)	$\Delta\chi$ (m)	ΔP (N/m^2)	u ($\frac{m}{s}$)
30	34	0.034	166.77	16.5
50	30	0.030	147.15	13.49
60	27	0.027	132.435	14.70
80	17	0.017	83.385	11.66

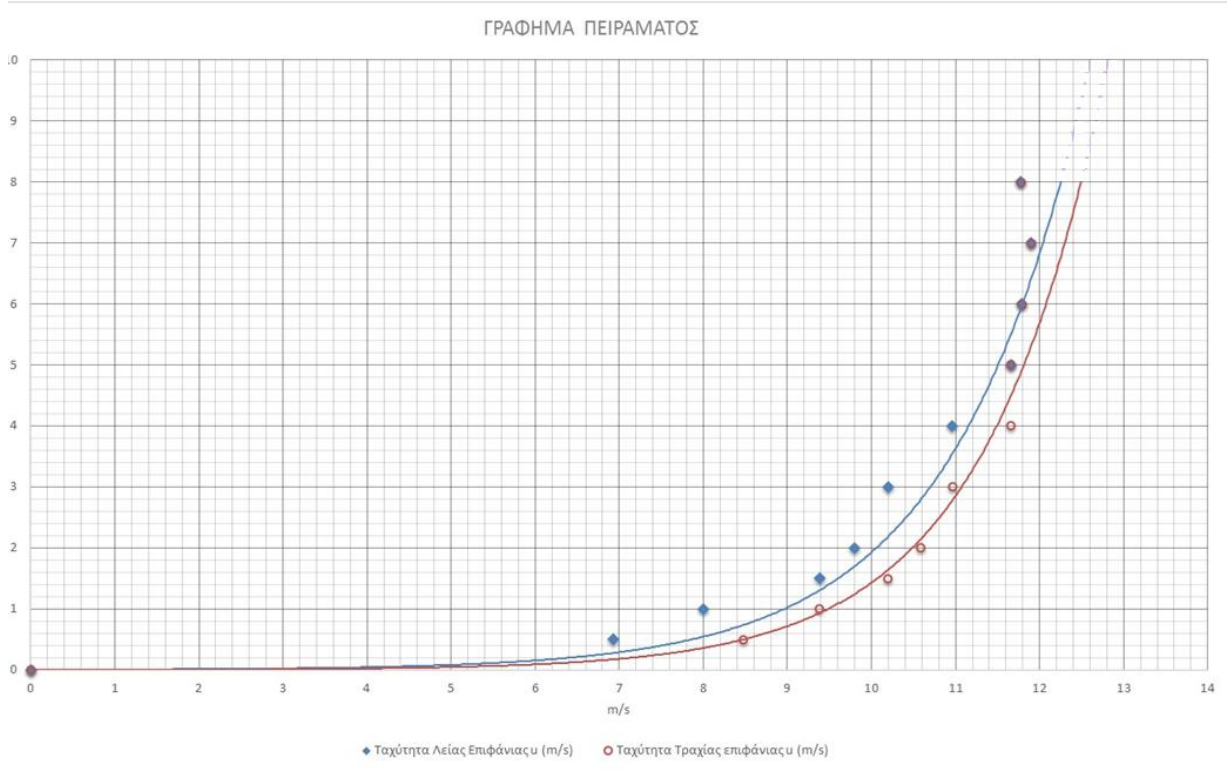
Load 80%

Σημεία Υ(mm)	$\Delta\chi$ (mm)	$\Delta\chi$ (m)	ΔP (N/m^2)	u ($\frac{m}{s}$)
0	0	0	0	0
0,5	6	0,006	29,43	6,93
1	8	0,008	39,24	8,0
1,5	11	0,011	53,955	9,38
2	12	0,012	58,86	9,80
3	13	0,013	63,765	10,2
4	15	0,015	73,575	10,96
5	17	0,017	83.385	11.66

Load 80%

Σημεία Υ(mm)	$\Delta\chi$ (mm)	$\Delta\chi$ (m)	ΔP (N/m^2)	u ($\frac{m}{s}$)
0	0	0	0	0
0,5	9	0,009	44,145	8,48
1	11	0,011	53,955	9,38
1,5	13	0,013	63,765	10,20
2	14	0,014	68,67	10,58
3	15	0,015	73,575	10,96
4	17	0,017	83,385	11,66
5	17	0,017	83,385	11,66

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ



3.4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Από το πείραμα καταλαβαίνουμε ότι όσο απομακρυνόμαστε από τη πλάκα (είτε είναι λεία είτε είναι τραχιά) δηλαδή βγαίνουμε από το οριακό στρώμα η ταχύτητα μεγαλώνει και γίνεται ίση με τη ταχύτητα του ελεύθερου ρεύματος δηλαδή όταν δεν υπάρχει πλάκα.
2. Τα πειραματικά αποτελέσματα είναι σε καλή συμφωνία με την υπάρχουσα θεωρία των οριακών στρωμάτων.
3. Οι ροϊκές ταχύτητες εντός του τυρβώδους οριακού στρώματος (τραχεία πλάκα) είναι μεγαλύτερες από αυτές του στρωτού οριακού στρώματος, γεγονός που δείχνει ότι το τυρβώδες οριακό στρώμα έχει μεγαλύτερη ορμή από την αντίστοιχη του στρωτού οριακού στρώματος.
Άρα κολλάει καλύτερα πάνω στην επιφάνεια της πλάκας ή με άλλα λόγια αποκολλείται δυσκολότερα. Αυτό, όμως έχει ως αποτέλεσμα να προσδίδει μεγαλύτερα οπισθέλκουσα (αντίσταση) στη ροή.
4. Τα πάχη , δ , των οριακών βρέθηκαν να είναι :

$$\delta_{\tau} \cong 6,7 \text{ mm}$$

$$\delta_{\sigma} \cong 6,1 \text{ mm}$$

Συνεπώς, το στρωτό οριακό στρώμα είναι λεπτότερο του αντίστοιχου τυρβώδους

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μηχανική ρευστών Νικολάου Παντζάλη
2. Plints & Partners LTD εγχειρίδιο αεροσήραγγας
3. Aerodynamics laboratory (Σημειώσεις) Α. Τζορμπατζίδης
4. Οριακό στρώμα (Σημειώσεις) Άγγελος Παπαϊωάννου
5. Wiki.pedia.com