



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2020-21
ΦΥΣΙΚΗ Ι

ΦΥΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΓΟΥ ΔΙΕΓΟΥΝΤΗΝ ΠΤΗΣΗ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΜΠΑΡΙΑΜΑΪ [mm19432]
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΜΠΑΡΜΠΕΡΗΣ [mm20049]

ΔΙΔΑΣΚΩΝ:

ΤΣΙΓΑΡΙΔΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

1

ΕΣΑΓΩΓΗ

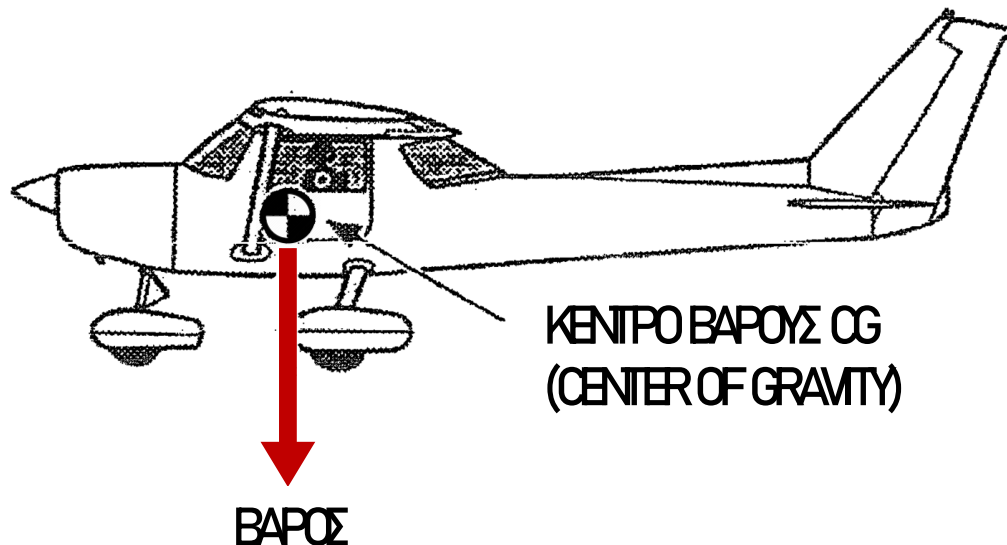
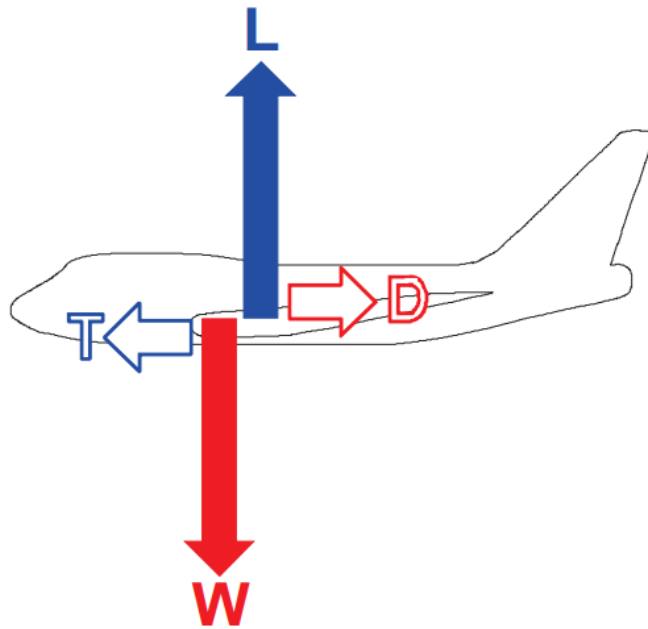


- Το πρώτο διπλό “Flyer” **ΑΔΕΡΦΟΙ WRIGHT, 1903**
- Το αεροπλάνο λοιπόν μια ανθρώπινη κατασκευή από τις πιο σπουδαίες αλλά και πιο πολύπλοκες είναι σχεδιασμένο να χρησιμοποιεί φυσικές δυνάμεις για να πετυχαίνει την κίνηση του μέσα στον αέρα. Επέφερε τεράστιες αλλαγές σε όλο το κόσμο.

Replica of the Wright Flyer, Hradec Kralove Air Base, Czech Republic. (Φωτογραφία από [Getty images](#))

2

ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΓΟΥ
ΕΤΕΡΟΓΟΝΙΣΕΘΑ
ΑΕΡΟΓΛΑΝΟ



ΟΙ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Στην ευθεία οριζόντια πτήση:

- η οπισθέλκουσα εξισορροπείται από την ώση
- Το βάρος εξισορροπείται από την άντωση
- **ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ:** «εάν σ' ένα σώμα δεν εξασκείται καμία δύναμη, αυτό τείνει να διατηρήσει καμία δύναμη, αυτό τείνει να διατηρήσει την κινητική του κατάσταση»

ΒΑΡΟΣ W(WEIGHT)

- **ΒΑΡΥΤΗΤΑ** είναι η δύναμη που εξασκεί η γη σε όλα τα σώματα και δρα κάθετα με διεύθυνση προς το κέντρο αυτής.
- Το **ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ** είναι το σημείο ισορροπίας και η θέση του εξαρτάται από το βάρος και τη θέση κάθε ξεχωριστού μέρους του αεροπλάνου και από το φορτίο που αυτό μεταφέρει.

$$\text{Φόρτιση πτέρυγας} = \frac{\text{βάρος του αεροπλάνου}}{\text{Εμβαδόν πτέρυγας}}$$

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 C_L S$$

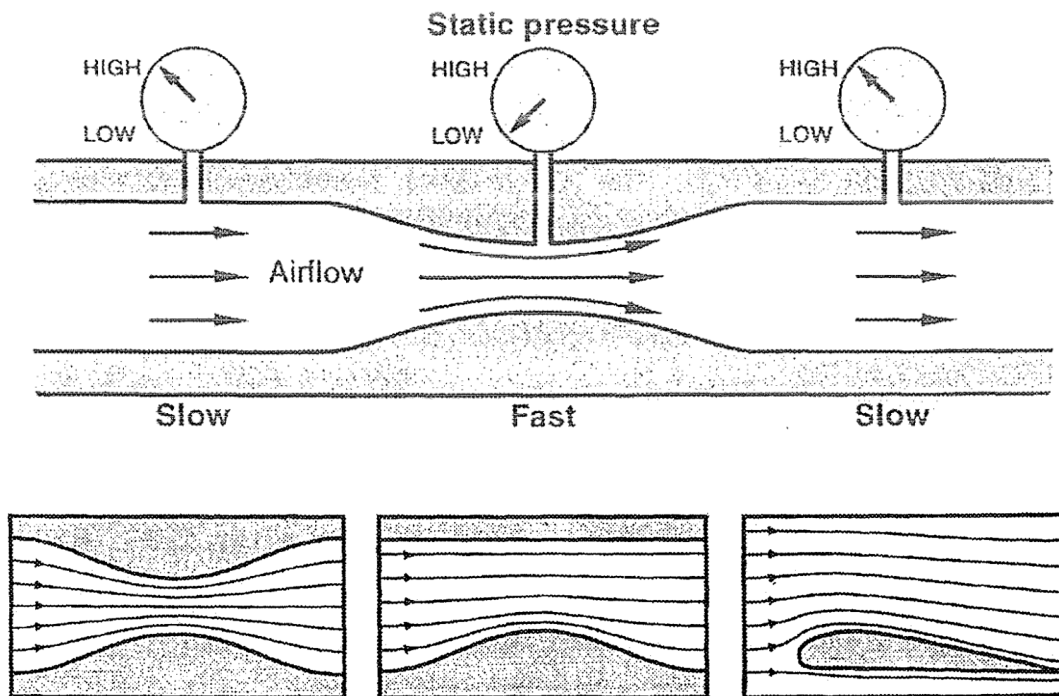
ΑΝΤΩΣΗ → L = $\frac{1}{2} \rho$ V^2 C_L S

ΤΑΧΥΤΗΤΑ → V
 ΓΩΝΑ ΓΡΟΣΒΟΛΗΣ → C_L
 ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ → S
 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ → ρ
 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΙΕΣΗ → $\frac{1}{2} \rho V^2$

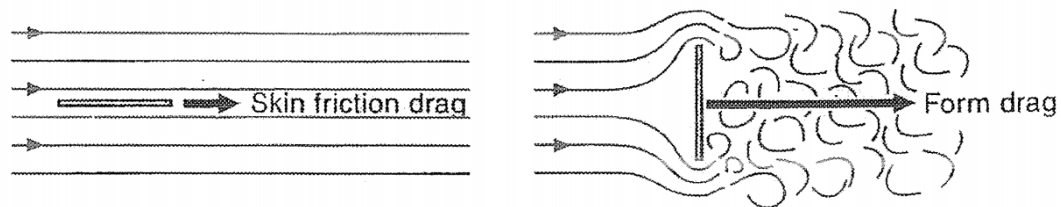
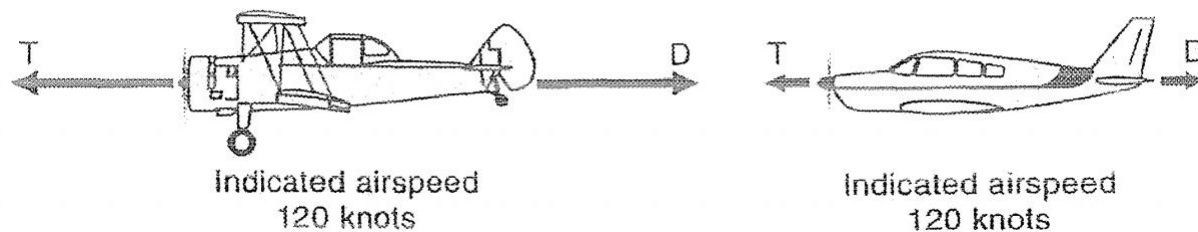
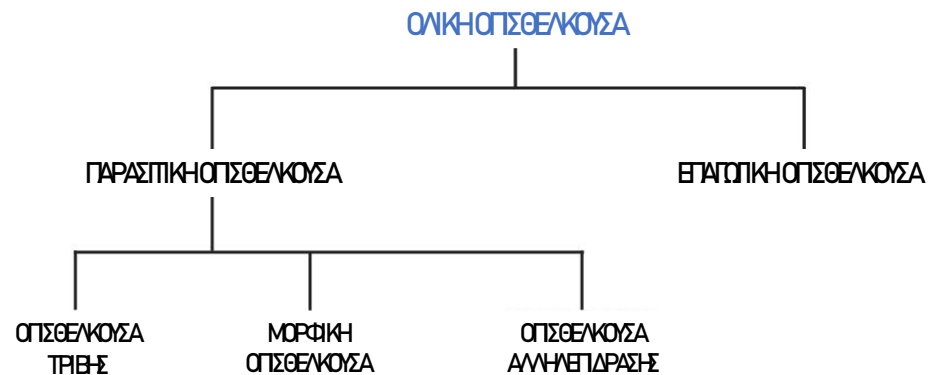
ΑΝΤΩΣΗ L (LIFT)

- Η τιμή της άντωσης δίνεται από το τύπο αριστερά
- Η ΑΕΡΟΤΟΜΗ είναι μια επιφάνεια σχεδιασμένη να παράγει άντωση αεροδυναμικά
- Ο τρόπος παραγωγής της δύναμης της άντωσης από μια αεροτομή εξηγείται από το ΘΕΩΡΗΜΑ BERNOULLI

Η ΡΟΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟ



- Το πιο σημαντικό μέρος του αεροπλάνου είναι η αεροτομή.
- Το ρεύμα του αέρα γύρω από μια αεροτομή μπορεί να συγκριθεί με το ρεύμα του αέρα μέσα σ' ένα ΣΩΛΗΝΑ VENTURI.
- Μερικοί παράγοντες, εκτός από την ταχύτητα του αέρα γύρω από μια αεροτομή, πρέπει να συμπεριληφθούν. Το μέγεθος του αεροπλάνου, το σχήμα των πτερύγων, η πυκνότητα και το ιξώδες (ρευστότητα) του αέρα παίζουν σημαντικό ρόλο στα χαρακτηριστικά της ροής του αέρα γύρω από το αεροπλάνο.



ΟΠΙΣΘΕΛΚΟΥΣΑ (DRAG)

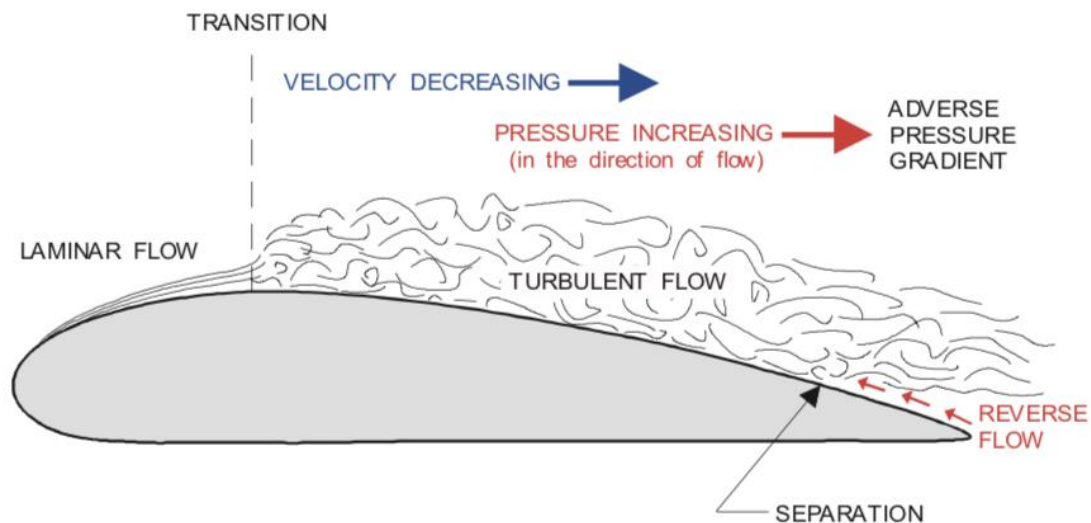
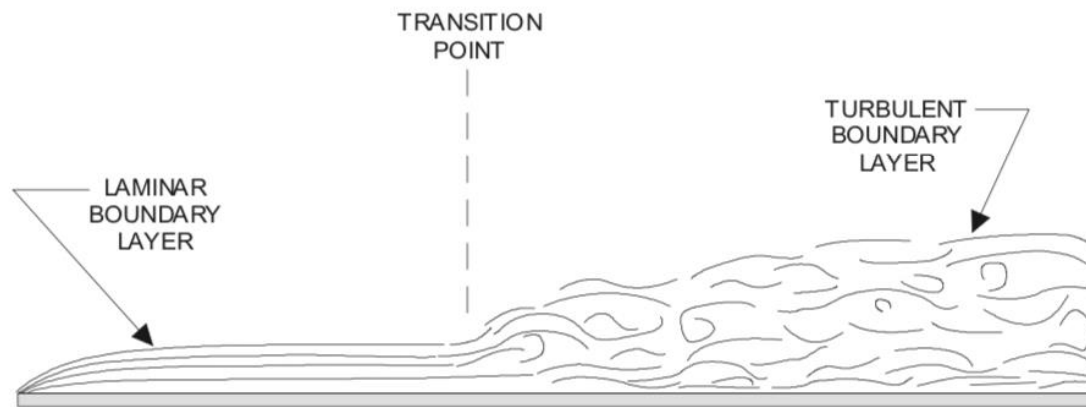
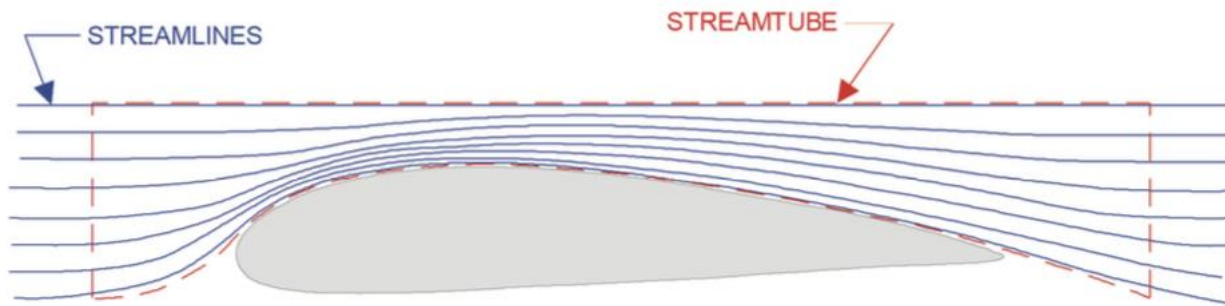
- Είναι η **ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ** που επιδρά πάνω στο αεροπλάνο κατά την κίνησή του στον άνεμο
- Δρα αντίθετα από τη διεύθυνση της κίνησης του αεροπλάνου μέσα στον σχετικό άνεμο και παράλληλα προς αυτόν.
- Είναι **ΑΝΑΛΟΓΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ**, σε καμπύλη επιφάνεια δημιουργείται λιγότερο Drag σε αντίθεση με κάποια πιο μυτερή καθώς ο αέρας δυσκολεύεται να την προσπεράσει με αποτέλεσμα δημιουργία μεγαλύτερης αντίστασης

ΩΣΗ (THRUST)

- Είναι η δύναμη που ασκούν οι κινητήρες ή η έλικα του αεροπλάνου.
- Έχει διεύθυνση και φορά (κατεύθυνση) την κατεύθυνση της κίνησης του αεροπλάνου

3

ΦΥΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΑΕΡΟΤΟΜΗΣ
ΠΤΕΡΥΓΑΣ



ΗΡΟΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟ

- **ΑΕΡΟΝΗΜΑΤΙΟ** είναι η τροχιά που διαγραφεί ένα μόριο αέρα κατά την κίνηση του μέσα στο ρεύμα του αέρα.
- Όταν όλα τα μόρια του αέρα ακολουθούν την ίδια σταθερή τροχιά, τότε δεν υπάρχει ροή κάθετα στο αερονημάτιο, παρά μόνο κατά μήκος αυτού.

ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΡΟΗ

- Σε κάθε σημείο της **ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΡΟΗΣ**, κάθε μόριο έχει την ίδια ταχύτητα και στατική πίεση που έχει και το προηγούμενο μόριο καθώς περνάει από το ίδιο σημείο.
- Μια μείωση της ταχύτητας της ροής απεικονίζεται με μείωση της απόστασης μεταξύ αυτών.
- Κάθε μόριο που ακολουθεί ένα αερονημάτιο ταξιδεύει με τις ίδιες ταχύτητες και πιέσεις όπως το προηγούμενο από αυτό.
- Η ομαλή ροή είναι επιθυμητή ενώ η τυρβώδης πρέπει να αποφεύγεται.

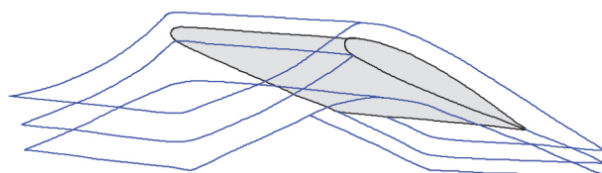
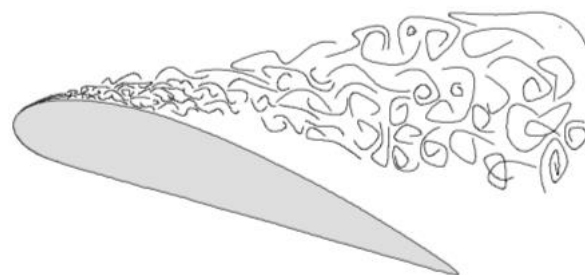
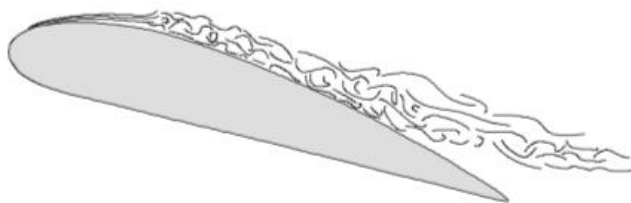
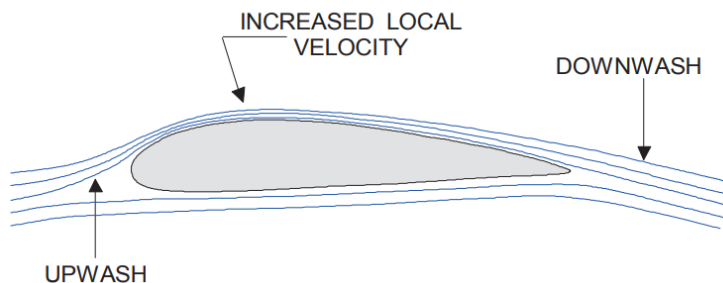


Figure 4.2



ΤΥΡΒΩΔΗΣ ΡΟΗ

- Στην **ΤΥΡΒΩΔΗ ΡΟΗ** τα διαδοχικά μόρια δεν ακολουθούν το ίδιο αερονημάτιο.
- Τα επερχόμενα μόρια ακολουθούν μια διαφορετική διαδρομή απ' ό,τι τα προπορευόμενα τους.
- Η τυρβώδης ροή είναι ανεπιθύμητη σε όλες τις φάσεις της πτήσης.
- Το σημείο όπου το οριακό στρώμα αποκολλάται από την επιφάνεια της αεροτομής, προκαλώντας τη διαταραχή της ομαλής ροής και την αρχή της τυρβώδους λέγεται **ΣΗΜΕΙΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ**

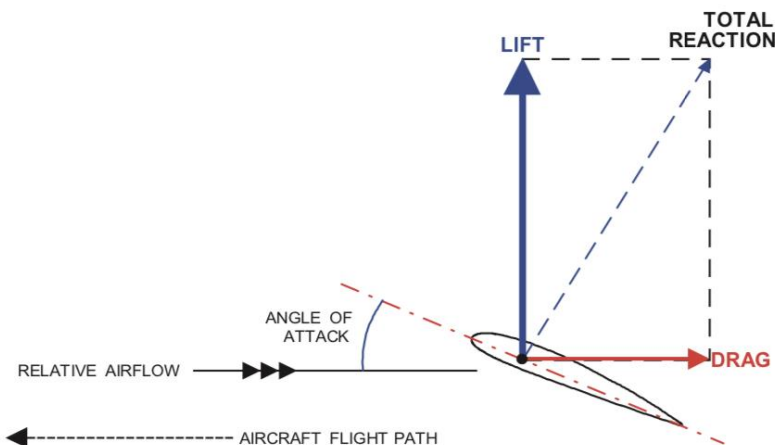
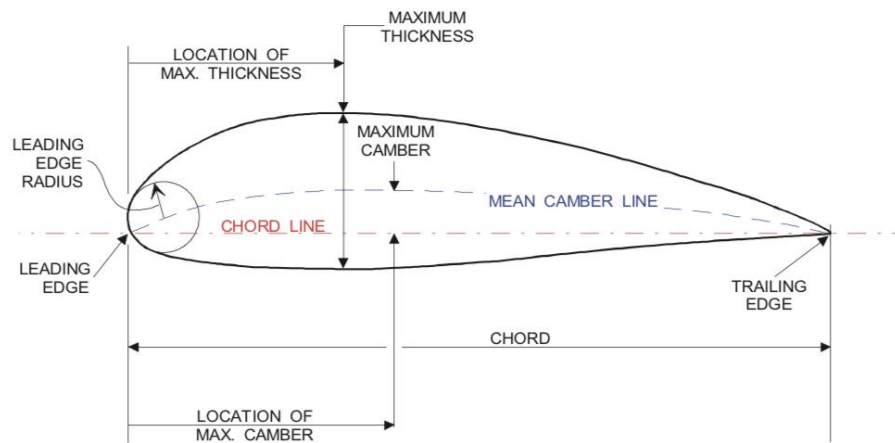
ΤΟ ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΟΥ ΒΕΡΝΟΥΛΛΙ

Ένα ρευστό σε σταθερή κίνηση έχει ενέργεια:

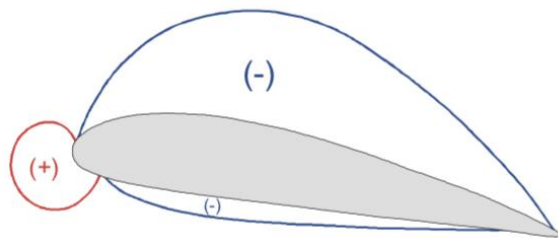
- Ενέργεια Στατικής Πίεσης
- Ενέργεια Δυναμικής Πίεσης (Κινητική ενέργεια)

Ο αέρας είναι ρευστό και, εάν το θεωρήσουμε ασυμπίεστο, είναι ιδανικό ρευστό.

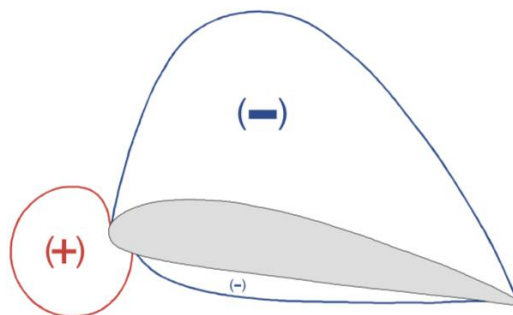
Ο Daniel Bernoulli απέδειξε ότι σε ένα ιδανικό ρευστό, η ολική ενέργεια σε σταθερή ομαλή ροή παραμένει σταθερή. Άρα:



REPRESENTATIVE ANGLE OF ATTACK
AND A GIVEN DYNAMIC PRESSURE



SAME ANGLE OF ATTACK
INCREASED DYNAMIC PRESSURE



ΣΧΗΜΑΤΑ ΑΕΡΟΤΟΜΩΝ - ΚΥΡΤΟΤΗΤΑ

- Υπάρχουν **ΠΟΛΛΑ ΣΧΗΜΑΤΑ ΑΕΡΟΤΟΜΩΝ**. Ο κάθε σχεδιαστής αεροπλάνων επιλέγει το κατάλληλο σχήμα αεροτομής που θα του δώσει τα επιθυμητά αεροδυναμικά χαρακτηριστικά
- Μια αεροτομή με **ΚΑΜΠΥΛΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ**: παράγει μεγαλύτερη άντωση απ' ό,τι οπισθέλκουσα συγκρινόμενη με μια επίπεδη πλάκα και επίσης ευκολότερο να κατασκευαστεί όσο αφορά τη δομική αντοχή.
- ΜΕΣΗ ΓΡΑΜΜΗ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ**: γραμμή που ενώνει το χείλος προσβολής με το χείλος εκ φυγής και ισαπέχει από την κάτω και την πάνω επιφάνεια της πτέρυγας.
- ΧΟΡΔΗ ΤΗΣ ΑΕΡΟΤΟΜΗΣ**: ευθεία γραμμή που ενώνει τις δυο άκρες της μέσης γραμμής καμπυλότητας
- ΚΥΡΤΟΤΗΤΑ**: η απόσταση μεταξύ της μέσης γραμμής καμπυλότητας και της χορδής.

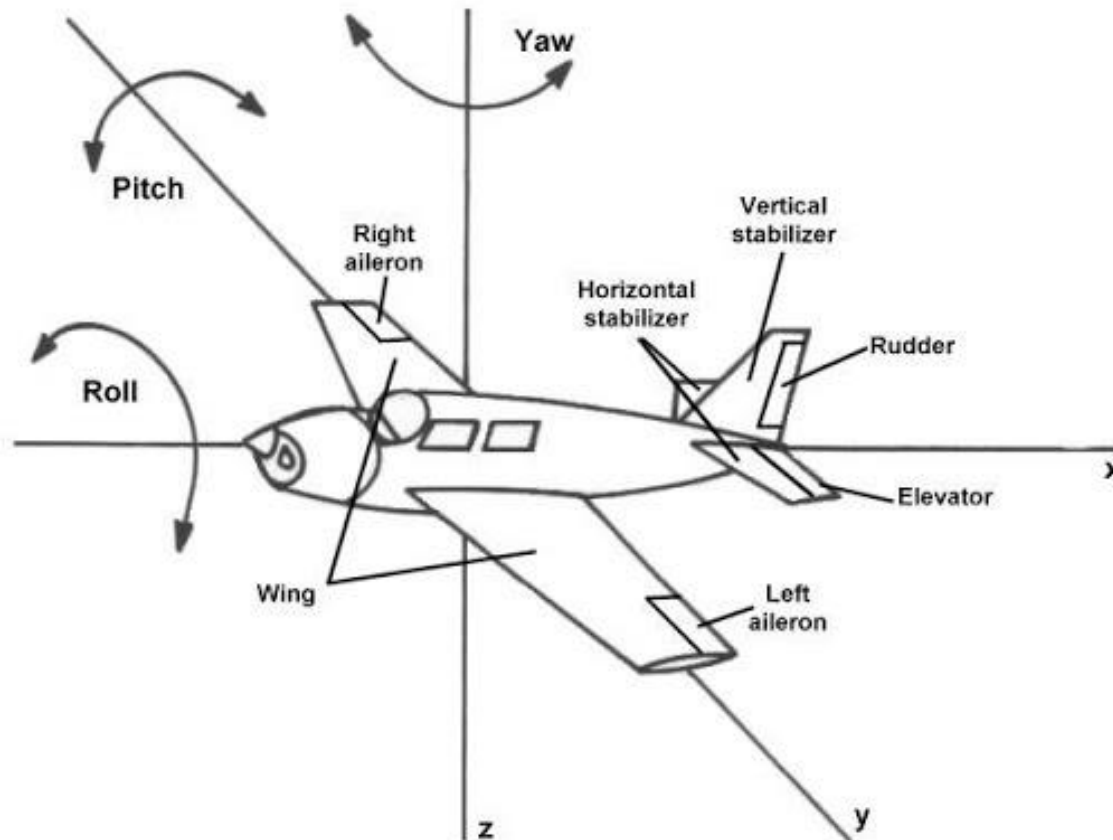
Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ Η ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ

- Η στατική πίεση μειώνεται περισσότερο στην πάνω επιφάνεια απ' ό,τι στην κάτω επιφάνεια της πτέρυγας **ΣΕ ΜΙΚΡΕΣ ΓΩΝΙΕΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ**.

4

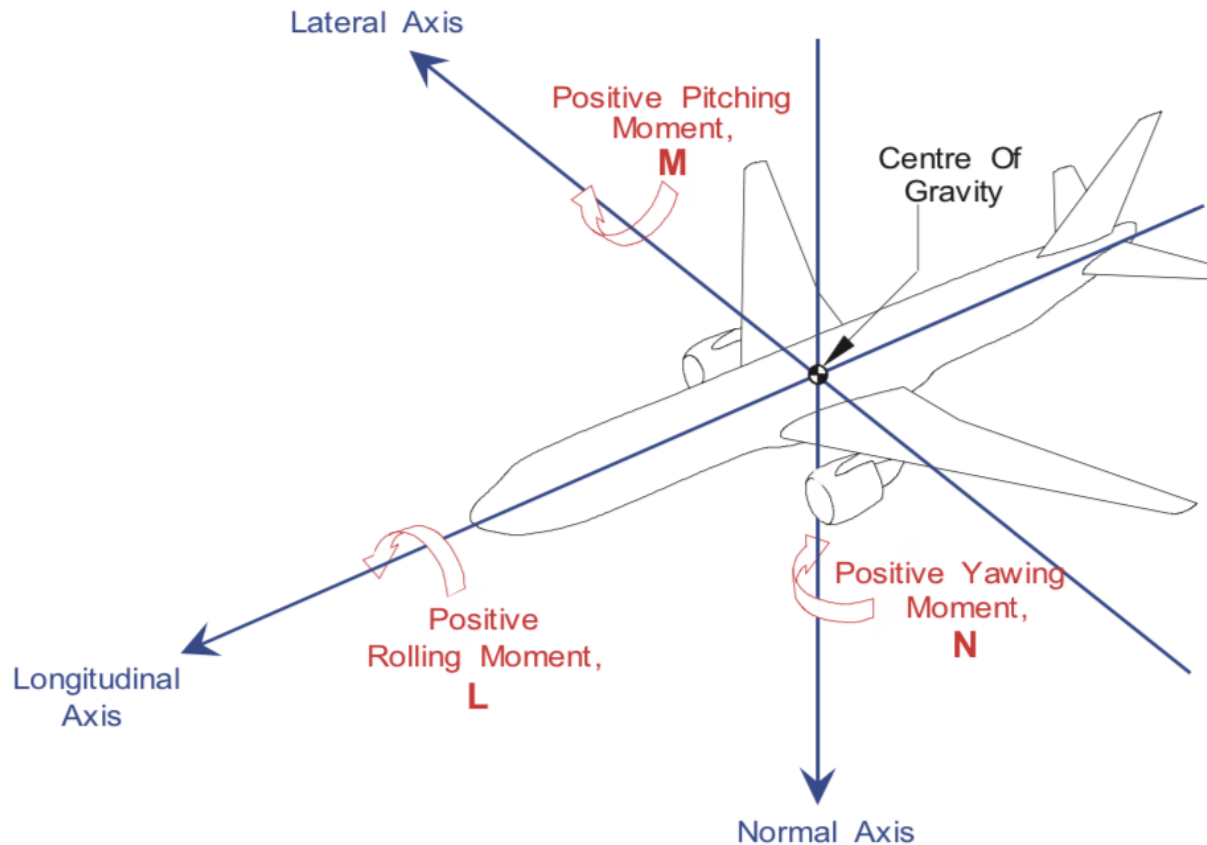
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΤΗ ΝΕΥΘΕΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΠΤΗΣΗ

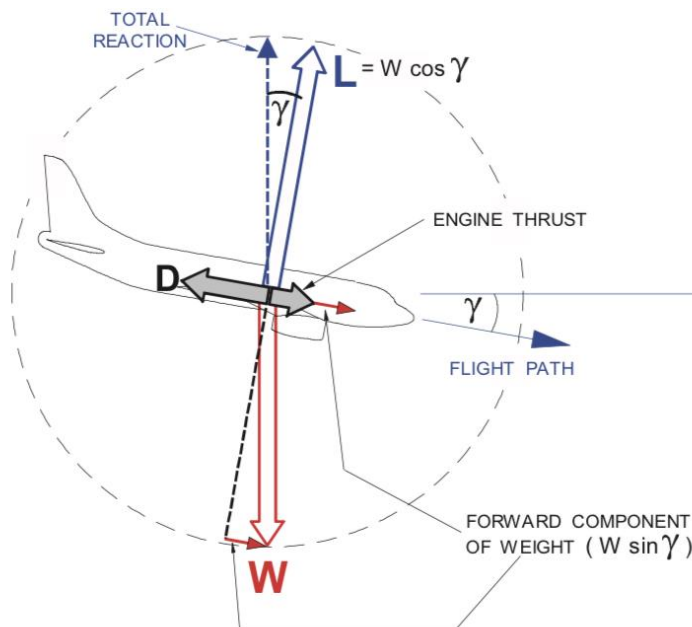
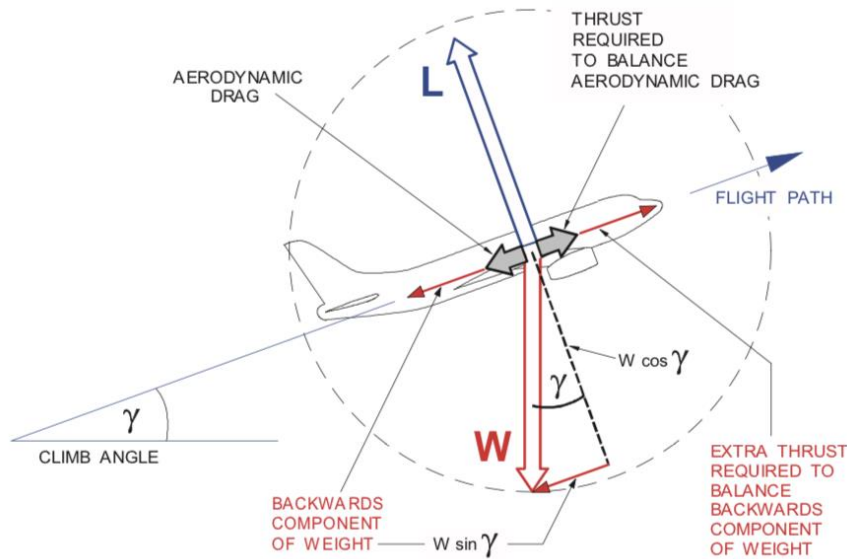


- Η **ΑΝΤΩΣΗ** ενεργεί στο κέντρο πίεσης, το οποίο μετακινείται συνεχώς με κάθε αλλαγή της γωνίας προσβολής.
- Το **ΒΑΡΟΣ** ενεργεί κάθετα στο κέντρο βάρους, το οποίο μετακινείται καθώς καταναλώνεται καύσιμο και φορτίο ή επιβάτες μετακινούνται. Έτσι ισχύει:
- Η **ΟΠΙΣΘΕΛΚΟΥΣΑ** είναι αντίθετη στην κίνηση του αεροπλάνου, άρα παράλληλη με το σχετικό άνεμο και με αντίθετη διεύθυνση από το ίχνος πτήσης.
- Η **ΩΣΗ** ενεργεί στον έλικα ή στο διαμήκη άξονα ενός αεροστρόβιλου κινητήρα. Είναι η μόνη δύναμη που δε διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια της πτήσης. Έτσι ισχύει:
- Με βάση το νόμο της αδράνειας αν σε ένα σώμα δεν ενεργεί καμία δύναμη, αυτό τείνει να διατηρεί την κινητική του κατάσταση. Μαθηματικά πρέπει να ισχύουν οι εξής σχέσεις:

ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΑΞΟΝΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ



- Οι 3 άξονες περνούν από το κέντρο βάρους του αεροπλάνου τέμνονται μεταξύ τους.
- Ο ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΞΟΝΑΣ περνά κατά μήκος του αεροπλάνου από το κέντρο βάρους του αεροπλάνου και η κίνηση γύρω από αυτόν λέγεται ΔΙΑΤΟΙΧΙΣΜΟΣ. Η ευστάθεια γύρω του λέγεται ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ, αφού η κίνηση γίνεται στο εγκάρσιο επίπεδο.
- Ο ΕΓΚΑΡΣΙΟΣ ΑΞΟΝΑΣ περνά κατά πλάτος του αεροπλάνου από το κέντρο βάρους και η κίνηση γύρω από αυτόν λέγεται ΠΡΟΝΕΥΣΗ. Η ευστάθεια γύρω του λέγεται ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ, αφού η κίνηση γίνεται στο διάμηκες επίπεδο.
- Ο ΚΑΘΕΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ περνά από το κέντρο βάρους και είναι κάθετος στους άλλους δύο. Η κίνηση γύρω από αυτόν λέγεται ΕΚΤΡΟΠΗ. Η ευστάθεια γύρω του λέγεται ΠΑΡΕΙΑΚΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ και η κίνηση γίνεται στο οριζόντιο επίπεδο.

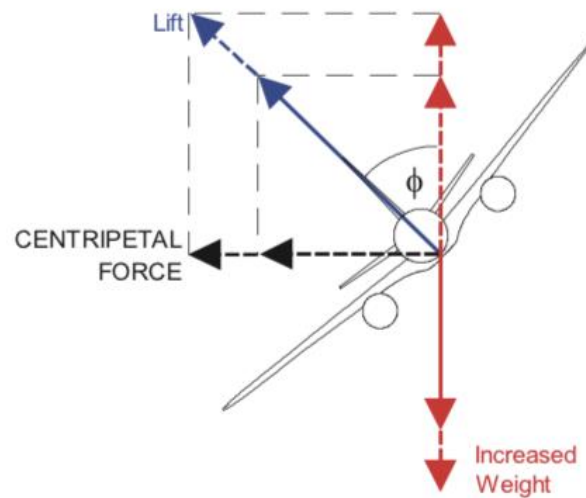
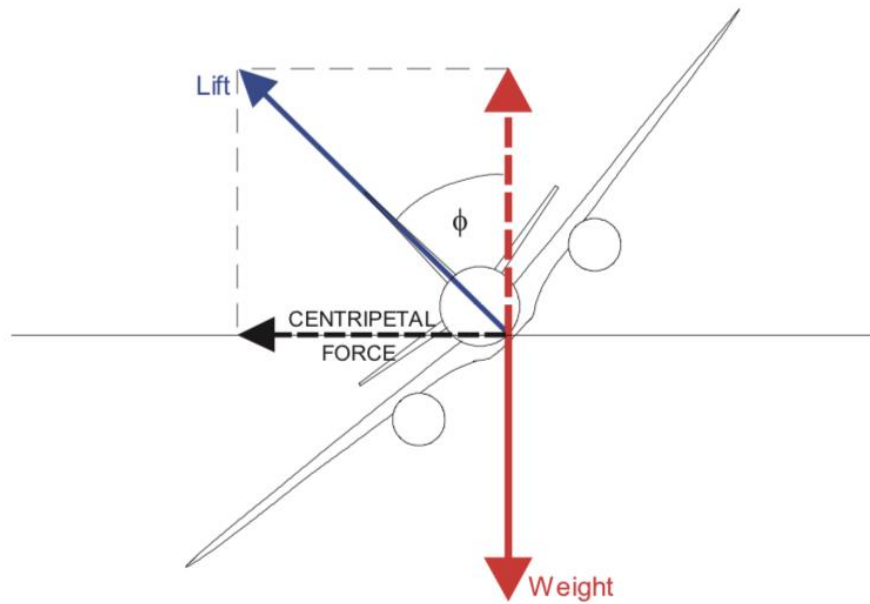


ΑΝΟΔΟΣ

- Η άνοδος μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε απότομα είτε σταθερά.
- Η **ΑΠΟΤΟΜΗ ΑΝΟΔΟΣ** επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή κινητικής ενέργειας σε δυναμική ενέργεια, μετατρέποντας, δηλαδή, τη μεγάλη ταχύτητα σε αύξηση ύψους.
- Η **ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΝΟΔΟΣ** επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή της επιπρόσθετης (από αυτήν που απαιτείται για ΕΟΠ) προωθητικής ενέργειας σε δυναμική ενέργεια.

ΚΑΘΟΔΟΣ

- Όταν ένα αεροπλάνο κατέρχεται χωρίς να παράγεται ώση δρουν μόνο η άντωση, το βάρος και η οπισθέλκουσα.
- Αν η ΕΟΠ μετατραπεί σε κάθοδο, η συνιστώσα του βάρους που δρα στη διεύθυνση του ίχνους πτήσης είναι ικανή να εξισορροπήσει την οπισθέλκουσα. Έτσι το αεροπλάνο θα είναι ικανό να διατηρήσει την ταχύτητά του κατερχόμενο, μετατρέποντας τη δυναμική ενέργεια σε κινητική.

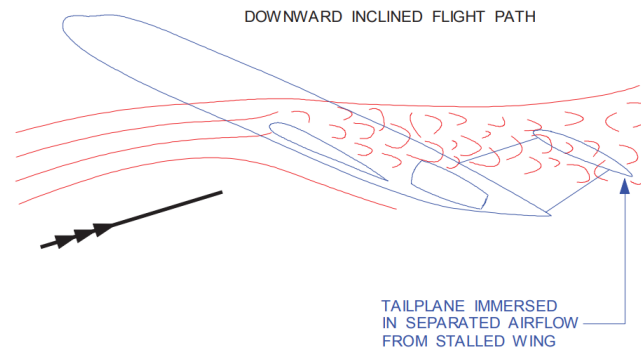
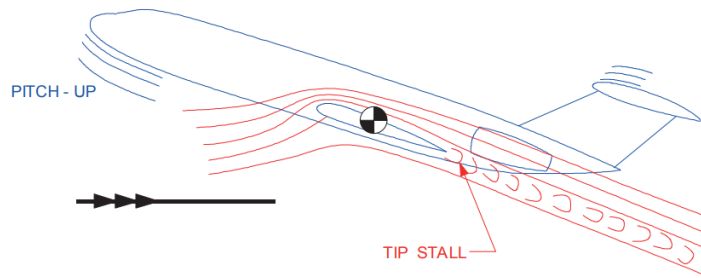


ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΤΡΟΦΗ

- Με βάση τον **ΠΡΩΤΟ ΝΟΜΟ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ** ένα κινούμενο σώμα τείνει να διατηρήσει την ευθεία οριζόντια μη επιταχυνόμενη κίνησή του.
- Για να αλλάξει η κατάσταση αυτή αλλάζοντας την ταχύτητα ή την διεύθυνση της κίνησης, άρα για να επιταχυνθεί ένα σώμα μια άλλη δύναμη πρέπει να επιδράσει πάνω του
- Η **ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΔΥΝΑΜΗ** τραβά το σώμα προς το εσωτερικό της στροφής
- Με τον **ΔΙΑΤΟΙΧΙΣΜΟ**, η άντωση από τις πτέρυγες προσφέρει και μια και κεντρομόλο συνιστώσα

5

ΑΓΩΓΑ
ΣΤΗΡΙΞ



ΤΥΡΩΔΗΣ

- Η ικανότητα παραγωγής άντωσης της πτέρυγας αυξάνεται καθώς αυξάνεται η γωνία προσβολής, αλλά μόνο μέχρι την **ΚΡΙΣΙΜΗ ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ**

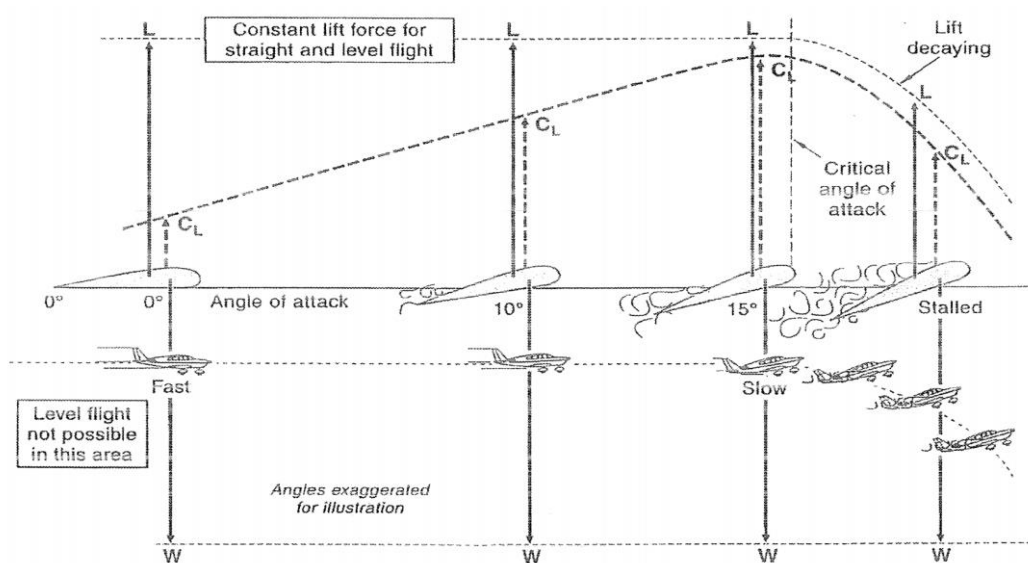
ΑΝΑΝΟΡΙΣΗ ΤΗΣ ΑΓΩΓΕΑΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

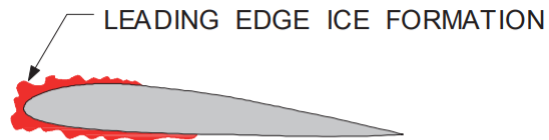
Ένα ρευστό σε σταθερή κίνηση έχει ενέργεια:

- Ενέργεια Στατικής Πίεσης
- Ενέργεια Δυναμικής Πίεσης (Κινητική ενέργεια)

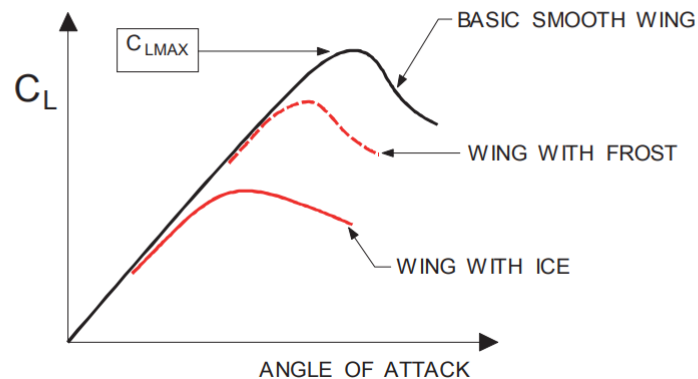
Ο αέρας είναι ρευστό και, εάν το θεωρήσουμε ασυμπίεστο, είναι ιδανικό ρευστό.

Ο Daniel Bernoulli απέδειξε ότι σε ένα ιδανικό ρευστό, η ολική ενέργεια σε σταθερή ομαλή ροή παραμένει σταθερή. Άρα:





UPPER SURFACE FROST



ΓΩΝΙΑ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΓΩΓΕΑΣ ΣΤΗ ΡΙΞΗ

- Η ικανότητα παραγωγής άντωσης της πτέρυγας αυξάνεται καθώς αυξάνεται η γωνία προσβολής, αλλά μόνο μέχρι την **ΚΡΙΣΙΜΗ ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ**

ΠΑΡΑΤΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΓΩΓΕΑΣ ΣΤΗ ΡΙΞΗ

Ένα ρευστό σε σταθερή κίνηση έχει ενέργεια:

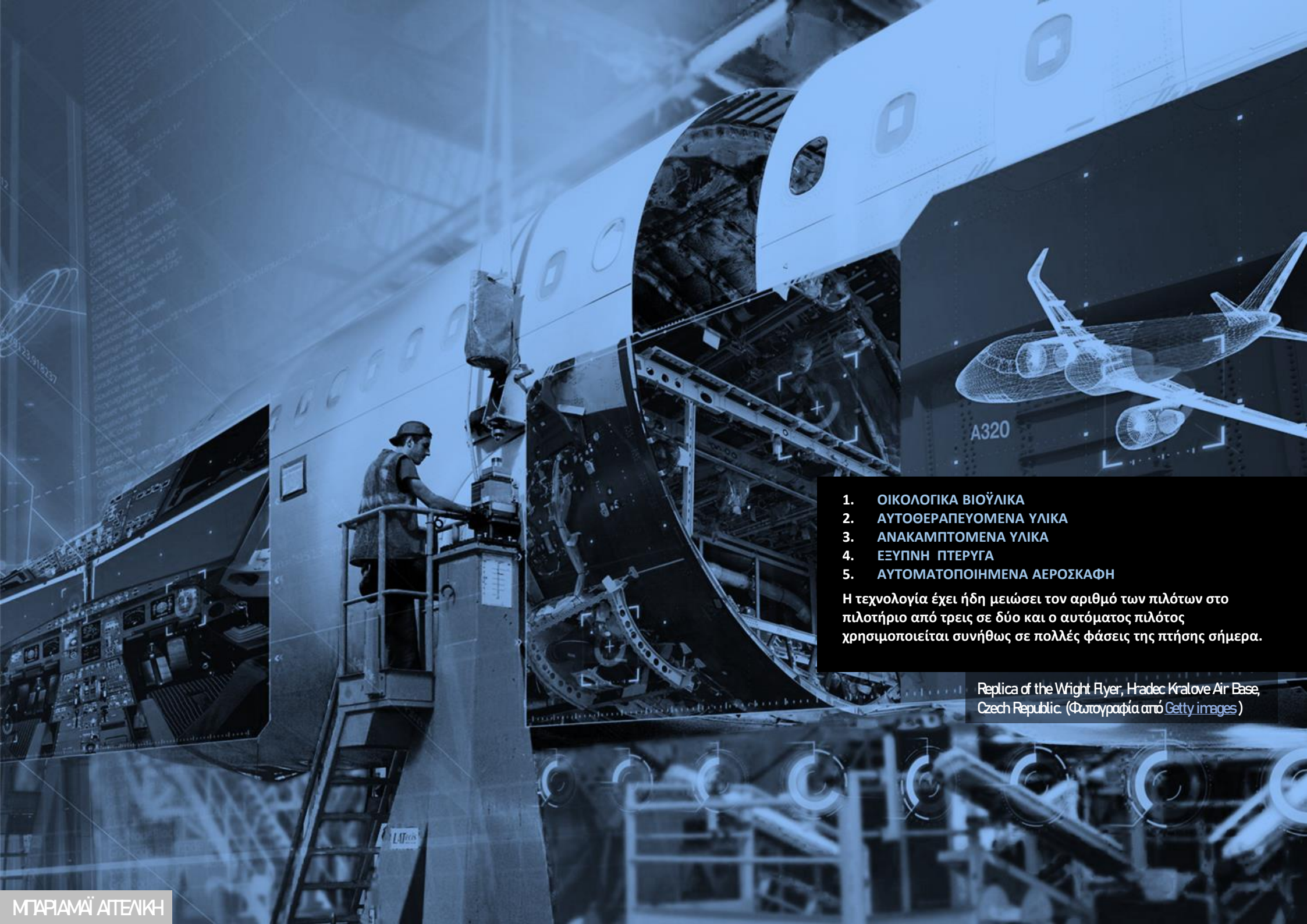
- Ενέργεια Στατικής Πίεσης
- Ενέργεια Δυναμικής Πίεσης (Κινητική ενέργεια)

Ο αέρας είναι ρευστό και, εάν το θεωρήσουμε ασυμπύεστο, είναι ιδανικό ρευστό.

Ο Daniel Bernoulli απέδειξε ότι σε ένα ιδανικό ρευστό, η ολική ενέργεια σε σταθερή ομαλή ροή παραμένει σταθερή. Άρα:

6

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ
ΠΑΤΟΜΕΛΩΝ



1. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΒΙΟΪΛΙΚΑ
2. ΑΥΤΟΘΕΡΑΠΕΥΟΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ
3. ΑΝΑΚΑΜΠΤΟΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ
4. ΕΞΥΓΝΗ ΠΤΕΡΥΓΑ
5. ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ

Η τεχνολογία έχει ήδη μειώσει τον αριθμό των πιλότων στο πιλοτήριο από τρεις σε δύο και ο αυτόματος πιλότος χρησιμοποιείται συνήθως σε πολλές φάσεις της πτήσης σήμερα.

Replica of the Wright Flyer, Hradec Kralove Air Base,
Czech Republic. (Φωτογραφία από Getty images)