



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ-
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΙΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ | ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΩΡΓΟΣ ΤΣΙΓΑΡΙΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ Ε.Μ.Π.
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΓΚΟΡΓΚΑΣ(mm20021) / ΒΑΓΓΕΛΗΣ
ΔΕΛΗΓΙΩΡΓΗΣ(mm20026)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΙΚΗ	3
ΤΟ ΞΕΚΙΝΗΜΑ.....	4
Η ΕΞΕΛΙΞΗ	4
ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΑΣΚΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΙΠΤΑΜΕΝΟ ΣΩΜΑ	5
ΑΙΤΙΟ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ	6
Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ PASCAL	7
Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ BERNOULLI	7
2 ^{ος} ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ.....	8
ΑΠΟΓΕΙΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗ	8
ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ.....	8
Η ΤΡΑΓΩΔΙΑ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΟ BOEING 737 MAX.....	10
ΑΚΡΟΠΤΕΡΥΓΙΑ.....	10
FLAPS	11
ΦΡΕΝΑ.....	12
ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΕΣ ΠΤΗΣΕΙΣ	14
ΤΟ SPACE SHUTTLE	15
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΕΡΟΠΛΟΪΑ	15
ΥΔΡΟΓΟΝΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΕΡΟΠΛΟΪΑ	16
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	17

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία φυσικής αναφέρεται στις εφαρμογές της μηχανικής στην αεροναυπηγική. Αρχικά, γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην διαχρονική της εξέλιξη κι έπειτα μια πιο εκτεταμένη ενδοσκόπηση στους βασικούς νόμους που διέπουν το φαινόμενο. Έπειτα, παρατίθενται οι πρακτικές εφαρμογές της αεροναυπηγικής, κυρίως στα αεροπλάνα αλλά και στα διαστημόπλοια, μιλώντας για την χρησιμότητα διαφόρων μερών ενός σύγχρονου αεροσκάφους, όπως ο ρόλος που παίζουν τα flaps κατά την απογείωση ή αυτόν των ακροπτερυγίων στη μείωση κατανάλωσης καυσίμου. Διερευνάται, επίσης, η αιτία πίσω από δύο θανατηφόρα ατυχήματα ενός συγκεκριμένου μοντέλου αεροσκάφους. Τέλος, παρατάσσονται λίγα μελλοντικά πλάνα της αεροπλοΐας για την ηλεκτροκίνηση και υδρογονοκίνηση στην αεροπλοΐα, καθώς και τα προβλήματα που τα συνοδεύουν με την τρέχουσα διαθέσιμη τεχνολογία.

The present essay is devoted to the applications of mechanical physics in aeronautics. Firstly, a brief history of aviation is taking place, before a deep introspection in the laws of physics that are critical during flight is made. After that, practical applications of these laws , mainly on airplanes but also on and spacecraft are listed. The use of various parts of modern aircraft is explained, like the role of the flaps when taking off or the one of winglets on reducing fuel consumption. It is also investigated why a certain type of aircraft crashed twice. Finally, some future plans of aviation are mentioned, referring mostly to electromobility in aircraft and hydrogen powered airplanes, with the difficulties they accompany with the current state of technology.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΙΚΗ

Η αεροναυπηγική είναι η επιστήμη και το επάγγελμα που ασχολείται με την ανάπτυξη, τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη δοκιμή και τη λειτουργία των ιπτάμενων οχημάτων. Το 1960 ο όρος διευρύνθηκε για να περιλαμβάνει και οχήματα που κινούνται στο διάστημα, το οποίο δεν είναι εντελώς άδειο (δηλαδή ένα τέλειο κενό), αλλά εμφανίζει περιεκτικότητα (πολύ μικρής πυκνότητας) σε σωματίδια, κυρίως πλάσματος υδρογόνου, ενώ περιέχει ακόμα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (φωτόνια), καθώς και τα πολύ μικρής μάζας νετρίνια. Μακροσκοπικά, σε αυτό περιέχονται επίσης γαλαξίες και νεφελώματα. Σύμφωνα με νεότερες θεωρίες, οι γαλαξίες και τα νεφελώματα αποτελούν μόλις το 5% της πραγματικής μάζας του σύμπαντος· το υπόλοιπο 95% αποτελείται, σύμφωνα με τις θεωρίες αυτές, από σκοτεινή ύλη και σκοτεινή ενέργεια οι οποίες ωστόσο μέχρι σήμερα δεν έχουν παρατηρηθεί, και η ύπαρξή τους δεν έχει επιβεβαιωθεί.

Έπειτα η αεροδυναμική αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες της Αεροναυπηγικής καθώς μελετά την κίνηση του αέρα και τους τρόπους που αυτός αλληλεπιδρά με τα αντικείμενα που βρίσκονται σε κίνηση, όπως τα αεροσκάφη. Οι βασικές αρχές στις οποίες βασίζεται η Αεροναυπηγική είναι θεμελιώδεις για τη λειτουργία όλων των αεροσκαφών. Προωθητικά συστήματα με μεγάλη θερμοδυναμική και προωθητική απόδοση, δομές ελάχιστου βάρους και μέγιστης ανθεκτικότητας, εξωτερικά σχήματα ευσταθή κατά την πτήση και με μέγιστη αεροδυναμική αποδοτικότητα, συστήματα ελέγχου και



κατευθύνσεως μεγάλης ακρίβειας και κατάλληλος σχεδιαστικός συμβιβασμός όλων των παραπάνω δίνει τη δυνατότητα στα αεροσκάφη να επιτυγχάνουν τις προβλεπόμενες επιδόσεις.

Η αεροναυπηγική είχε ως κύριο στόχο την μετακίνηση επιβατών ή αντικειμένων δια μέσου του αέρα, μιας κι έτσι θα παρεχόταν μεγαλύτερη ασφάλεια και ταχύτητα. Τώρα, στόχος είναι η συνεχόμενη βελτίωση της ασφάλειας των επιβατών και η μείωση του χρόνου μεταφοράς για μεγαλύτερη εξοικονόμηση κηροζίνης και λιγότερη κούραση για το πλήρωμα και για τους επιβάτες. Οι βασικές εφαρμογές της αεροναυπηγικής βρίσκονται στους λόγους που ένα αεροπλάνο ή ένα ελικόπτερο ίπταται και συνεπώς στην δομή τους και στον τρόπο με τον οποίο πετάνε.

ΤΟ ΞΕΚΙΝΗΜΑ

Οι αδελφοί Ράιτ Όρβιλ και Γουίλμπουρ, είναι οι δύο Αμερικανοί στους οποίους αποδίδεται η εφεύρεση και κατασκευή του πρώτου επιτυχημένου αεροπλάνου στον κόσμο και η πραγματοποίηση της



πρώτης ελεγχόμενης, μηχανικά προωθούμενης και με διάρκεια, βαρύτερης από τον αέρα, ανθρώπινης πτήσης στις 17 Δεκεμβρίου 1903. Την ιστορική αυτή πτήση τους επιχείρησαν στο Κίτι Χόουκ στη Βόρεια Καρολίνα, με το δίπλανό τους "Flyer" που έφερε κινητήρα 12

ίππων που κινούσε δύο έλικες.

Η ΕΞΕΛΙΞΗ

Το πρώτο λειτουργικό αεριωθούμενο αεροσκάφος ήταν το Γερμανικό Heinkel He 178, το οποίο δοκιμάστηκε το 1939. Το 1943, το Messerschmitt Me 262, το πρώτο λειτουργικό πολεμικό αεριωθούμενο αεροσκάφος, τέθηκε σε υπηρεσία στην Γερμανική Luftwaffe. Τον Οκτώβριο του 1947, το Bell X-1 ήταν το πρώτο αεροσκάφος το οποίο ξεπέρασε την ταχύτητα του ήχου.

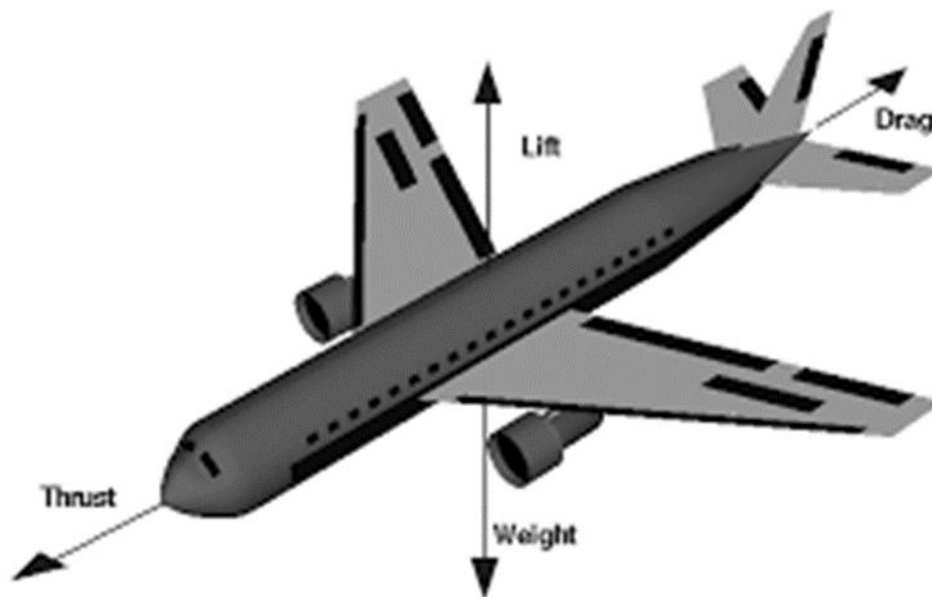
Το πρώτο επιβατικό αεριωθούμενο αεροπλάνο ήταν το de Havilland Comet, το οποίο πέταξε για πρώτη φορά το 1952. Το Boeing 707, το πρώτο ευρέως επιτυχημένο εμπορικό αεροσκάφος, ήταν σε εμπορική

χρήση για πάνω από 50 χρόνια, από το 1958 έως το 2010. Το Boeing 747 ήταν το μεγαλύτερο επιβατικό αεροσκάφος από το 1970 μέχρι που το ξεπέρασε το Airbus A380 το 2005.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΑΣΚΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΙΠΤΑΜΕΝΟ ΣΩΜΑ

Ξεκινώντας με το πως πετάει ένα αεροπλάνο, μπορούμε να καταλάβουμε ότι κατά την διάρκεια της πτήσης υπάρχει ισορροπία και στον οριζόντιο και στον κάθετο άξονά του. Στον κάθετο έχουμε ισορροπία και για αυτό το ιπτάμενο σώμα διαρκεί συνεχώς σταθερή την απόστασή του από την μέση επιφάνεια της γης. Στον οριζόντιο άξονα το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (παρακάτω φαίνονται οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό:)



Συνεπώς αφού : $\Sigma F_y = 0$ και $\Sigma F_x = 0$, τότε ισχύει ότι $F_{\text{THRUST}} = F_{\text{DRAG}}$ και $F_{\text{WEIGHT}} = F_{\text{LIFT}}$. Παρακάτω βλέπουμε αναλυτικά την επίδραση κάθε δύναμης που ασκείται στο σώμα :

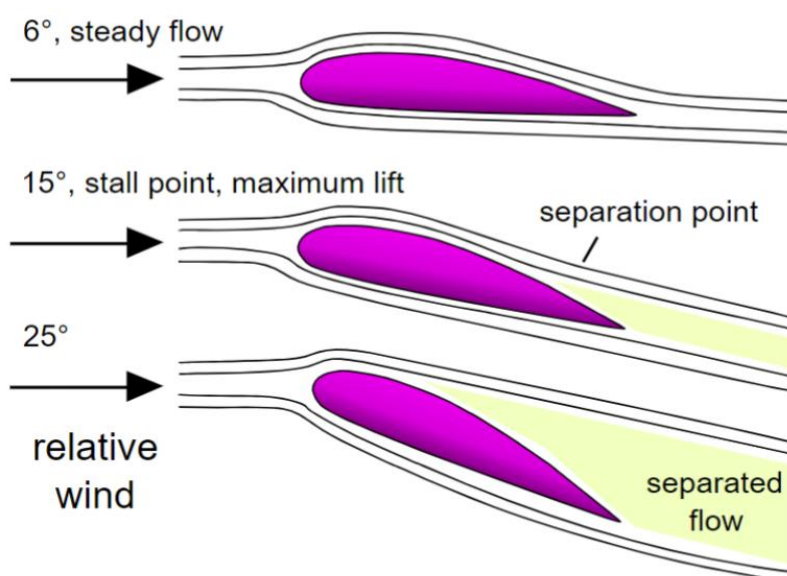
- $F_{\text{LIFT}} = C_L \cdot (1/2 \cdot \rho) \cdot (U^2) \cdot S$, όπου C_L ένας αριθμός ανάμεσα στο 0 και το 2 ο οποίος σχετίζεται με το σχήδιο του αεροσκάφους και την κατασκευή του, όπου ρ η πυκνότητα του αέρα, η οποία διαφέρει από μέρος σε μέρος και επίσης διαφέρει ανάλογα με το υψόμετρο, όπου U η ταχύτητα του σώματος και S η επιφάνεια του φτερού.
- Η F_{WEIGHT} (βάρος), ονομάζεται η δύναμη με την οποία έλκει η γη τα

σώματα που βρίσκονται εντός της ατμόσφαιράς της.

- Η F_{DRAG} ή αλλιώς οπισθέλκουσα είναι η δύναμη η οποία έχει την τάση να επιβραδύνει ένα σώμα και γενικότερα να δυσκολεύει την κίνηση. Είναι ανάλογη της επιφάνειας (σε καμπύλη επιφάνεια δημιουργείται λιγότερο drag σε αντίθεση με κάποια πιο μυτερή καθώς ο αέρας δυσκολεύεται να την προσπεράσει με αποτέλεσμα την δημιουργία μεγαλύτερης αντίστασης). Όσο μεγαλύτερη επιφάνεια του αεροσκάφους που εκτοπίζει τον αέρα, τόσο περισσότερο drag δημιουργείται είτε αυτή είναι στρόγγυλη είτε μυτερή. Μάλιστα, drag υπάρχει ακόμα και πριν την απογείωση, χαρακτηριστικό παράδειγμα η τριβή του συστήματος προσγείωσης του αεροσκάφους (αποτελείται από τις ρόδες-τροχούς αλλά και κατεβασμένα πτερύγια για γρηγορότερη δημιουργία lift το οποίο είναι χρήσιμο τόσο στην απογείωση όσο και στην προσγείωση λόγω μικρότερης ταχύτητας) αλλά και η αντίσταση του αέρα.
- Η F_{THRUST} ή αλλιώς ώθηση είναι η δύναμη που προσφέρουν οι κινητήρες στο αεροπλάνο με σκοπό την απαλοιφή της F_{DRAG} . Ο κινητήρας μπορεί να είναι κατασκευασμένος με έλικα είτε με κάποιο είδος jet είτε ένας συνδυασμός των δύο (εξαρτάται την κατασκευή του και το είδος χρήσης του συγκεκριμένου αεροπλάνου).

ΑΙΤΙΟ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ

Οι πτέρυγες των αεροπλάνων είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε, όταν κινούνται, οι ρευματικές γραμμές του αέρα να παρουσιάζουν πύκνωση στο επάνω μέρος τους και αραιώση στο κάτω. Η δύναμη που δέχονται οι πτέρυγες λόγω αυτής της διαφοράς πίεσης λέγεται αεροδύναμη, ενώ η κατακόρυφη συνιστώσα της λέγεται δυναμική άνοση. Οι πιέσεις που αναπτύσσονται είναι συνάρτηση της



ταχύτητας του ρευστού, στην περίπτωση μας του αέρα, ή αντίστροφα της ταχύτητας του αεροπλάνου που ανυψώνεται. Στην πραγματικότητα το φαινόμενο είναι πολύπλοκο και η ροή του αέρα πάνω και κάτω από

τις πτέρυγες είναι τυρβώδης και για να υπολογισθεί ακριβέστερα η δυναμική άνωση απαιτούνται πολύπλοκοι υπολογισμοί.

Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ PASCAL

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, η πίεση που ασκείται σε ένα σώμα ισούται με την δύναμη που δέχεται δια την επιφάνειά του.

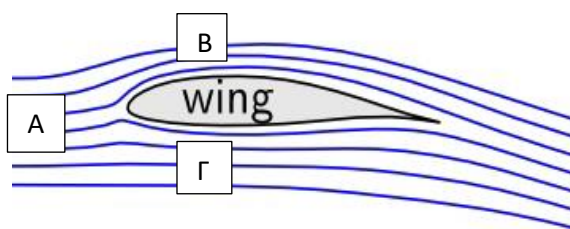
$$P=F/A(N/m^2).$$

Στην περίπτωση ενός αεροσκάφους, με βάση την αρχή του Pascal μπορεί να υπολογιστεί η δύναμη ανύψωσής του.

$$F_{LIFT}=P/A_{WING}.$$

Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ BERNOULLI

Κατά τη ροή του υγρού, η πίεση είναι μικρή στα σημεία όπου η ταχύτητα είναι μεγάλη, και αντίστροφα είναι μεγάλη σε σημεία όπου η ταχύτητα είναι μικρή. Αυτή η φράση βρίσκει εφαρμογή στα φτερά του αεροπλάνου μιας και λόγω του τρόπου κατασκευής του επιτρέπουν στον αέρα να περνά πιο εύκολα από το πάνω μέρος από ότι από το κάτω. Για αυτό ουσιαστικά το αεροπλάνο 'σπρώχνεται' προς τα εκεί όπου βρίσκεται η μικρότερη πίεση, δηλαδή προς τα πάνω.



Έστω τα σημεία A, B και Γ της ροής του αέρα. Σύμφωνα με την εξίσωση του Bernoulli, για ένα μόριο αέρα που κινείται από το A στο B ισχύει:

$$P_A + 1/2\rho V_A^2 = P_B + 1/2\rho V_B^2 \Rightarrow P_B = P_A + 1/2\rho(V_A^2 - V_B^2)$$

Αντίστοιχα, για ένα μόριο αέρα που κινείται από το A στο B ισχύει:

$$P_A + 1/2\rho V_A^2 = P_\Gamma + 1/2\rho V_\Gamma^2 \Rightarrow P_\Gamma = P_A + 1/2\rho(V_A^2 - V_\Gamma^2).$$

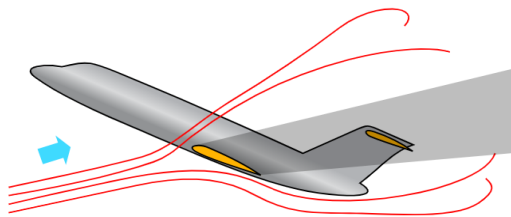
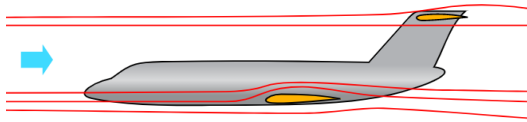
Με τα κατάλληλα αριθμητικά δεδομένα, διαπιστώνεται ότι $P_\Gamma > P_B$, άρα $F_{LIFT}=(P_\Gamma-P_B)/A_{WING}$

2^{ος} ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Όπως προαναφέρθηκε, κατά την διάρκεια της πτήσης έχουμε ισορροπία στον κατακόρυφο άξονα και Ε.Ο.Κ. στον οριζόντιο. Όμως, κατά την διάρκεια της απογείωσης και της προσγείωσης ισχύει ο 2^{ος} Νόμος του Νεύτωνα μιας και το σώμα τότε έχει επιτάχυνση διάφορη του μηδενός. Συνεπώς ισχύει ο τύπος $\Sigma F = m \cdot a$, σε κάθε άξονα που μελετάμε τις δυνάμεις ή τις συνιστώσες τους.

ΑΠΟΓΕΙΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗ

Κατά την απογείωση ενός αεροπλάνου, με το 'σήκωμα' της μύτης του και με την επιτρεπόμενη ταχύτητα λόγω κλίσης, το όχημα καταφέρνει να αυξήσει δραματικά την F_{LIFT} του και συνεπώς να ξεπεράσει το βάρος του



και την οπισθέλκουσα. Όσο για την προσγείωσή του, το αεροπλάνο τίθεται υπό κλίση έτσι ώστε όλο και περισσότερη επιφάνεια των φτερών να αντιστέκεται στον αέρα. Έπειτα, με το που οι πίσω ρόδες του αεροπλάνου ακουμπήσουν στον αεροδιάδρομο επιδρούν τα φρένα που έχει στις ρόδες του. Ακόμα, καθ' όλη την διάρκεια της προσγείωσης οι κινητήρες σταματάνε να

λειτουργούν μέχρις ότου κάποια πρώιμη στιγμή της επαφής αεροπλάνου διαδρόμου να αρχίσουν να δρουν αντίθετα, δηλαδή να ωθούν το αεροπλάνο προς τα πίσω.

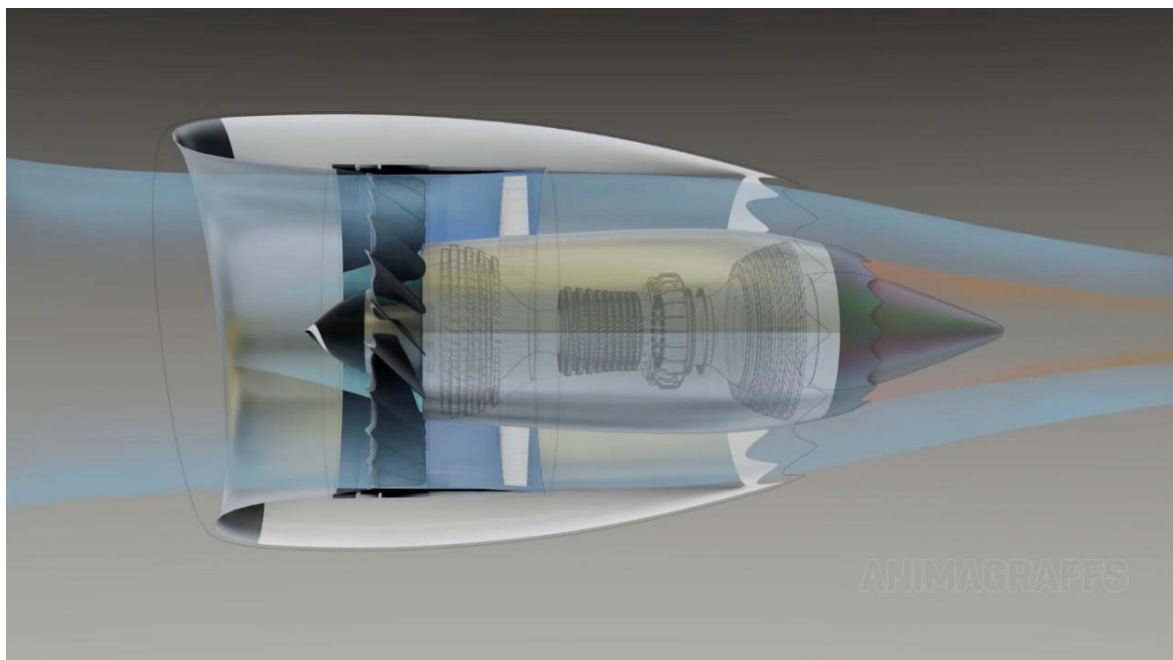
ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Οι κινητήρες είναι υπεύθυνοι για την ώθηση του αεροσκάφους. Ο τύπος που χρησιμοποιείται στα πολιτικά αεροσκάφη ονομάζεται Turbofan. Στο κέντρο του κινητήρα βρίσκεται ο συμπιεστής. Εκεί, αέρας ερχόμενος με μεγάλη ταχύτητα οδηγείται σε στενότερους θαλάμους και επιταχύνεται, άρα και συμπιέζεται περεταίρω, λόγω της εξίσωσης της συνέχειας των ρευστών. Ύστερα, ο υψηλής πίεσης αέρας προωθείται στο θάλαμο καύσης, συναντάει το καύσιμο και πραγματοποιείται ανάφλεξη με τη

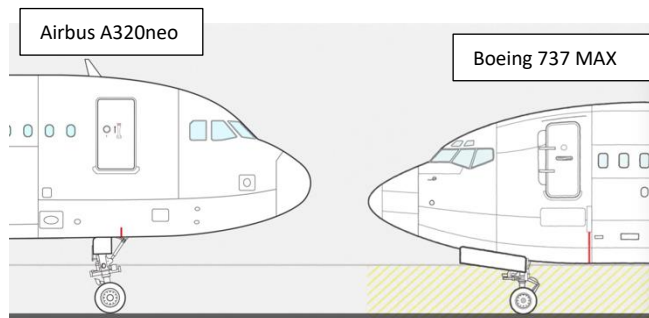
βοήθεια μπουζί παρομοίων με αυτά που συναντάμε στα αυτοκίνητα βενζίνης. Τα καυσαέρια στη συνέχεια κινούν τον στρόβιλο, παράγοντας αρκετή ενέργεια ώστε ο εμπρόσθιος ανεμιστήρας να προωθεί έως και 1200 κιλά αέρα το δευτερόλεπτο. Το κωνικό σχήμα της απόληξης του κινητήρα παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην αποδοτικότητά του, καθώς τα καυσαέρια εξέρχονται με μεγαλύτερη ταχύτητα παράγοντας περισσότερη ώθηση.

Το μεγαλύτερο μέρος, ωστόσο, του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα δεν περνάει από όλα αυτά τα στάδια αλλά αρκείται στην επιτάχυνση του κύριου ανεμιστήρα. Περιβάλλει τον ζεστό και πολύ μεγαλύτερης ταχύτητας αέρα κατά την έξοδο από τον κινητήρα, μειώνοντας τον θόρυβο και αυξάνοντας την οικονομία καυσίμου. Όσο μεγαλύτερο αυτό το κομμάτι του κινητήρα, τόσο πιο αποδοτικός είναι. Αρκεί ο συμπιεστής να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να παράγει την απαραίτητη ισχύ.



Η ΤΡΑΓΩΔΙΑ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΟ BOEING 737 MAX

Με γνώμονα την μείωση κατανάλωσης καυσίμου, η Airbus παρουσίασε το 2010 το A320neo. Το νέο μοντέλο αντικαθιστούσε τον κινητήρα διαμέτρου 63.5 ιντσών με έναν νέο των 78, χρησιμοποιώντας 15% λιγότερο καύσιμο σε σχέση με τον προκάτοχό του, ενώ παράλληλα υπόσχονταν ότι η συμπεριφορά των δύο θα ήταν πανομοιότυπη για τους πιλότους. Η Boeing, ο κύριος ανταγωνιστής της Airbus, χρειαζόταν μια αντίστοιχη λύση για το δικό της μοντέλο 737. Όμως, το Boeing είναι σημαντικά κοντύτερο σε σχέση με το Airbus, κάνοντας αδύνατη την προσθήκη ενός μεγαλύτερου κινητήρα κάτω από το φτερό. Γι' αυτό, οι νέοι κινητήρες στο 737 MAX, του νεότερου μέλους της οικογένειας 737, τοποθετήθηκαν μπροστά από τα φτερά.



Η θέση αυτή των κινητήρων πολλές φορές οδηγούσε στην ανύψωση της μύτης του αεροσκάφους. Το Maneuvering Characteristics Augmentation System, ή MCAS, ήταν υπεύθυνο για την εκ νέου οριζοντίωση της μύτης. Ωστόσο, το σύστημα αυτό επενέβη μοιραία εις διπλούν σε δύο πτήσεις της Lion Air και της Ethiopian, όπου 346 άτομα έχασαν τη ζωή τους. Το MCAS διάβαζε λάθος δεδομένα από τους αισθητήρες και κατέβαζε τη μύτη του αεροσκάφους υπερβολικά, κατευθύνοντάς το προς το έδαφος.

ΑΚΡΟΠΤΕΡΥΓΙΑ

Όπως είναι πλέον γνωστό, η πτήση ενός αεροσκάφους οφείλεται στη διαφορά πίεσης πάνω και κάτω από τα φτερά. Στην άκρη, όμως, του



φτερού ένα συχνό φαινόμενο είναι ο υψηλής πίεσης αέρα να συναντάται με τον χαμηλής πίεσης αέρα, δημιουργώντας μια δίνη, η οποία οδηγεί στη μεγαλύτερη αντίσταση αέρα, άρα και μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου.

Τα πρώτα πολιτικά αεροσκάφη δεν είχαν κανέναν τρόπο αντιμετώπισης του στροβιλισμού στα φτερά.

Τα περισσότερα σύγχρονα αεροσκάφη έχουν πτερύγια ύψους μεγαλύτερου των 2 μέτρων στις άκρες των

φτερών τους με σκοπό την αποτροπή αυτού του φαινομένου. Σε πρώτη ανάλυση, αυτό φαίνεται παράλογο καθώς δε φαίνεται να συμβάλλουν στην άνωση άρα και στην πτήση, αλλά αντίθετα φαίνεται να προσθέτουν βάρος στις άκρες των φτερών, «δοκιμάζοντας» την αντοχή τους.

Στην πραγματικότητα, τα ακροπτερύγια δημιουργούν μια «ασπίδα» μεταξύ των δύο ροών αέρα, μειώνοντας τον στροβιλισμό και επιτυγχάνοντας έως και 4% οικονομία καυσίμου.

FLAPS

Τα Flaps στα αεροπλάνα βρίσκονται στο πίσω μέρος του φτερού. Πρόκειται για πτερύγια τοποθετημένα κατά μήκος του, και είναι ελεγχόμενα από τους πιλότους. Αυτά αναπτύσσονται ή μαζεύονται κατά τη διάρκεια της πτήσης, ανάλογα με τις ανάγκες του αεροσκάφους, διαμορφώνοντας κυρίως την γωνία προσβολής του.

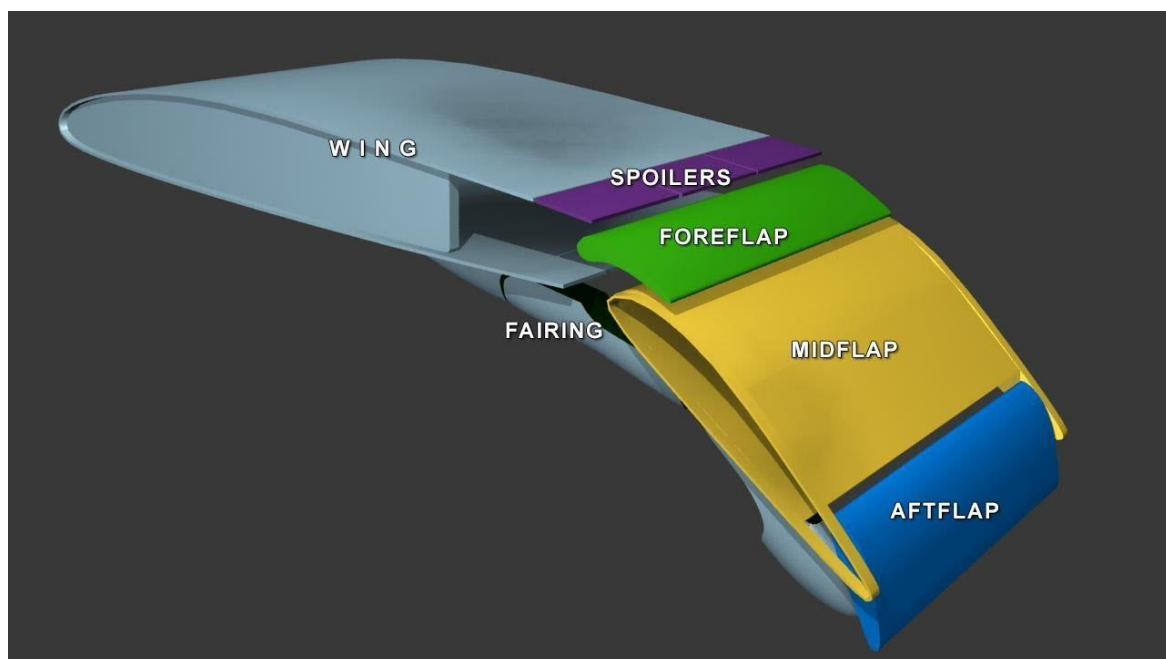
Κατά την απογείωση, τα Flaps «κατεβαίνουν» λίγο από το φτερό ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη άνωση και να ανακτηθεί μεγάλο υψόμετρο.

Στη διάρκεια της πτήσης, τα Flaps είναι μαζεμένα, ώστε η αντίσταση του αέρα να είναι η μικρότερη δυνατή, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση καυσίμου.

Στην προσγείωση, παίρνουν μια σχεδόν κατακόρυφη θέση ώστε να επιβραδύνουν το αεροπλάνο με τη βοήθεια αντίστασης του αέρα, και να κατεβάσουν τη μύτη του αεροσκάφους για μια ασφαλέστερη προσγείωση.

ΦΡΕΝΑ

Ένα σώμα με τόσο μεγάλη μάζα μετά την προσγείωση καλείται να ακινητοποιηθεί με αρχική ταχύτητα περίπου τα 160χλμ/ω σε αεροδιάδρομο μήκους 2 χιλιομέτρων ή λιγότερο. Για να επιτευχθεί αυτό,



ένα αεροσκάφος χρησιμοποιεί τρεις τρόπους επιβράδυνσης:

- Παραδοσιακά φρένα στους τροχούς με τη βοήθεια της τριβής,
- Άνοιγμα πτερυγίων στα φτερά για μεγάλη αεροδυναμική αντίσταση, και
- Αντιστροφή ώθησης στους κινητήρες.

Αν για το φρενάρισμα ήταν υπεύθυνα μόνο τα επιτρόχια φρένα, θα αναπτύσσονταν πολύ υψηλές θερμοκρασίες στους τροχούς, πράγμα επικίνδυνο για την ασφάλεια του αεροπλάνου. Παρακάτω παρατίθεται ένα βίντεο που δείχνει μια προσομοίωση φρεναρίσματος ενός Airbus A380, του μεγαλύτερου επιβατικού τζετ στον κόσμο, με χρήση αποκλειστικά των επιτρόχιων φρένων.



[Airbus A380 Brake Test](#)

ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΕΣ ΠΤΗΣΕΙΣ

Η ταχύτητα του ήχου είναι 343 m/s και αναφέρεται στην αεροπορία ως Mach 1. Το 1969, ένα νέο είδος αεροσκάφους, το Concorde, έκανε τα παρθενικά του βήματα κάνοντας διαθέσιμη την υπερηχητική πτήση στο κοινό, αφού μπορούσε να φτάσει ταχύτητα ίση με τη διπλάσια αυτής του ήχου.

Η ιδιότητα του αυτή αποδίδεται στο υψηλό λόγο λεπτότητας της ατράκτου, δηλαδή τον λόγο του μήκους προς το μέγιστο πλάτος του αεροσκάφους. Η λεπτή και μακριά άτρακτος, η αιχμηρή μύτη του Concorde το καθιστούσαν πιο αεροδυναμικό από τα συμβατικά αεροπλάνα, ενώ τα φτερά τύπου «Δέλτα» παρουσίαζαν μεγαλύτερη αντοχή σε σχέση με τα συμβατικά.

Η υπερηχητική πτήση με το Concorde αποδείχθηκε αρκετά επιβλαβής για το περιβάλλον, αλλά κυρίως ασύμφορη για τις αεροπορικές εταιρίες. Επίσης, η ιδιαίτερα θορυβώδης λειτουργία του προκαλούσε ηχορύπανση μη αποδεκτή από πολλούς κατοίκους περιοχών πλησίον των αεροδρομίων. Όλα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα την απόσυρσή του, με την τελευταία πτήση του να λαμβάνει χώρα στις 24 Οκτωβρίου 2003.



TO SPACE SHUTTLE

Η διαστημική εξερεύνηση υπακούει στους ίδιους νόμους της μηχανικής όπως η αεροπλοΐα, υπό διαφορετικές συνθήκες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το διαστημικό λεωφορείο (Space Shuttle).



Το διαστημικό λεωφορείο χρησιμοποιεί τα φτερά του για αύξηση της αντίστασης του αέρα, ώστε να επιβραδυνθεί κατά την επανείσοδό του στην ατμόσφαιρα, αντιστέκοντας στη βαρυτική του δύναμη, με τύπο:

$$F=G(m_1*m_2)/R^2, G=6.674 \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$$

καθώς κινείται με υπερηχητικές ταχύτητες χωρίς εναπομείνον καύσιμο.

Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την επανείσοδο ενός τέτοιου σώματος στην ατμόσφαιρα της γης είναι ιδιαίτερα υψηλές, λόγω της αντίστασης του αέρα. Γι' αυτό ειδικά διαμορφωμένα μονωτικά υλικά τοποθετούνται στη μύτη και στα φτερά του αεροσκάφους (τύπου Carbon-Carbon).

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΕΡΟΠΛΟΪΑ

Ο σύγχρονος κόσμος οδεύει προς την ηλεκτροκίνηση. Ωστόσο η αεροπλοΐα δεν μπορεί να υποστηρίξει την ηλεκτροκίνηση στην τωρινή της μορφή, για έναν κύριο λόγο: Το βάρος.

Ένα Γερμανικό μεσαίο SUV με κινητήρα εσωτερικής καύσης ζυγίζει 1.830kg. Η αντίστοιχη ηλεκτρική του έκδοση αγγίζει τα 2.260kg, μια αύξηση δηλαδή της τάξης του 20%.

Το βάρος αποτελεί κρίσιμο χαρακτηριστικό ενός αεροσκάφους, καθώς όσο πιο βαρύ καθίσταται αυτό, τόσο μικρότερο ωφέλιμο φορτίο έχει, ενώ ταυτόχρονα χρειάζεται περισσότερη ενέργεια για να απογειωθεί.

Το δεύτερο «εμπόδιο» προς την ηλεκτροκίνηση είναι η αυτονομία. Η πτήση απαιτεί πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας. Οι πανίσχυροι κινητήρες των αεροπλάνων καταναλώνουν γρήγορα μεγάλα ποσά καυσίμων. Στην περίπτωση ενός ηλεκτροκίνητου αεροπλάνου ή ακόμα και ενός ελικοπτέρου, η αυτονομία με την τρέχουσα τεχνολογία μπαταριών δεν θα καλύψει τις ανάγκες των περισσότερων αερομεταφορέων.

Η λύση και στις δύο περιπτώσεις είναι η ανάπτυξη μπαταριών μεγαλύτερης ενεργειακής πυκνότητας.

ΥΔΡΟΓΟΝΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΕΡΟΠΛΟΪΑ

Με τα τωρινά δεδομένα, όμως, η λύση της πτήσης με καύση υδρογόνου φαίνεται πιο πολλά υποσχόμενη. Θεωρητικά, το υδρογόνο αντιδράει με το οξυγόνο,

παράγοντας

την

απαραίτητη

ενέργεια που

χρειάζεται για

την ώθηση του

αεροσκάφους.

Όπως είναι

προφανές, τα

καυσαέρια

μιας τέτοιας

αντίδρασης

είναι απλοί

υδρατμοί.



Ωστόσο, το υγρό υδρογόνο χρειάζεται να αποθηκευτεί σε κατάλληλες δεξαμενές υψηλής πίεσης, πράγμα που καταλαμβάνει αρκετό χώρο στο αεροσκάφος.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος αποθήκευσης, τροφοδοσίας και καύσης υδρογόνου και η μαζική παραγωγή του είναι μια κοστοβόρος διαδικασία. Εδώ καθοριστικό ρόλο θα παίξουν οι αυτοκινητοβιομηχανίες, καθώς αυτές πρώτα θα πρέπει να υιοθετήσουν την υδρογονοκίνηση, ρίχνοντας το κόστος κατασκευής τέτοιων συστημάτων με τη μαζική παραγωγή τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Μαθήματα Φυσικής Πανεπιστημίου Berkley 1^{ος} τόμος Μηχανική
Anderson, John D. Fundamentals of Aerodynamics. 3rd ed. New York,
NY: McGraw-Hill, 2001

Φυσική Προσανατολισμού 2^ο τεύχος, Εκδόσεις ΩΘΗΣΗ

[Αεροπλάνο - Βικιπαίδεια \(wikipedia.org\)](#)

Aerospace.pdf (sch.gr)

Αδελφοί Ράιτ - Βικιπαίδεια (wikipedia.org)

Stall (fluid dynamics) - Wikipedia

<https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a320-family/a320neo.html>

<https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/ww2/projects/jet-airplanes/how.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Delta_wing

<https://www.definitions.net/definition/fineness+ratio>

<https://youtu.be/Jb4prVsXkZU>

<https://youtu.be/L24Wf0VITE0>

<https://youtu.be/H2tuKiiznsY>

<https://www.airbus.com/newsroom/stories/hydrogen-combustion-explained.html>

http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2204/Fysiki_B-Gymnasiou_html-empl/index4_4.html

Οι φωτογραφίες της εργασίας είναι έργο του φοιτητή ΕΜΠ
Κωνσταντίνου Χατζηγεωργιάδη