



Η Ένωση Αερομοντελιστών Αθηνών
παρουσιάζει το σεμινάριο :

Αγωνιστικά Ανεμόπτερα & Μoto-Ανεμόπτερα

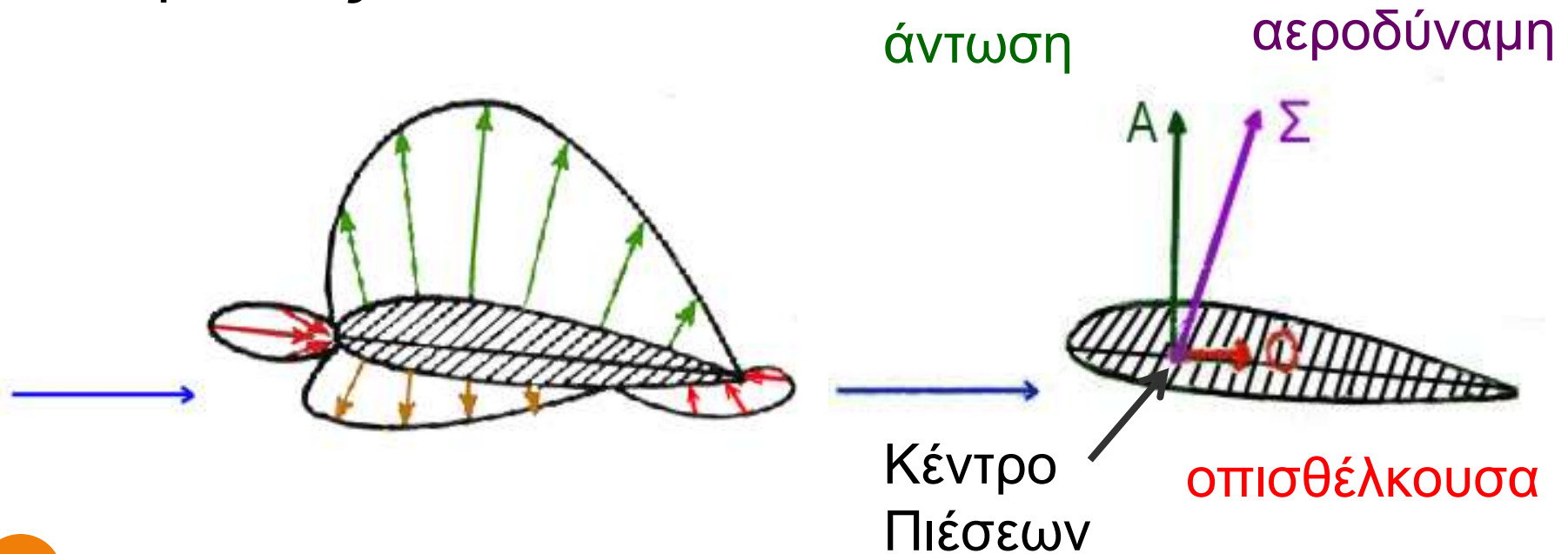


λίγες, αλλά απαραίτητες θεωρητικές γνώσεις



Κέντρο Πιέσεων

Κέντρο Πιέσεων (Κ.Π.) είναι το σημείο που εφαρμόζεται η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ο αέρας ασκεί στα διάφορα σημεία μιας επιφάνειας.



Μετατόπιση του Κ.Π. αεροτομής

- Σε μικρές γωνίες προσβολής, το Κ.Π. είναι περίπου στη μέση της αεροτομής.
- Αυξανόμενης της γωνίας μετατοπίζεται προς το 25%.

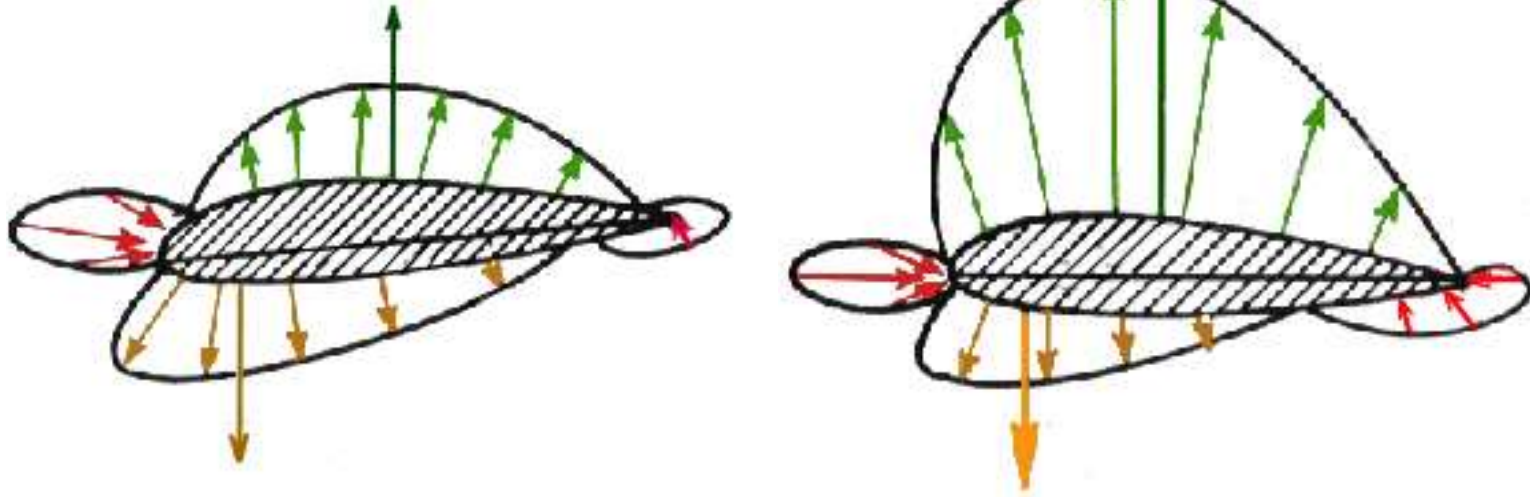


- Αυτό συμβαίνει έως την γωνία απώλειας στήριξης.
- Στη συνέχεια, όσο η γωνία αυξάνει, μετατοπίζεται προς τα πίσω.

Μετατόπιση του Κ.Π. επίπεδης πλάκας

- *Στις μικρές γωνίες προσβολής το Κ.Π. είναι μπροστά, και όσο αυξάνει η γωνία μετατοπίζεται προς το μέσον = τελική θέση.*

Εσωτερική Ροπή



- Οι κατανομές των πιέσεων έχουν τάση να περιστρέψουν την αεροτομή.
- Αυτό ονομάζεται «εσωτερική ροπή».
- Αλλά σε ποιο σημείο αναφοράς εφαρμόζεται η «εσωτερική ροπή»;

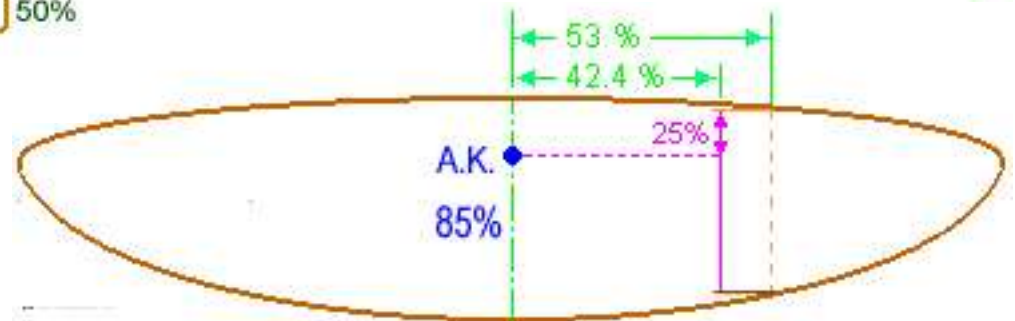
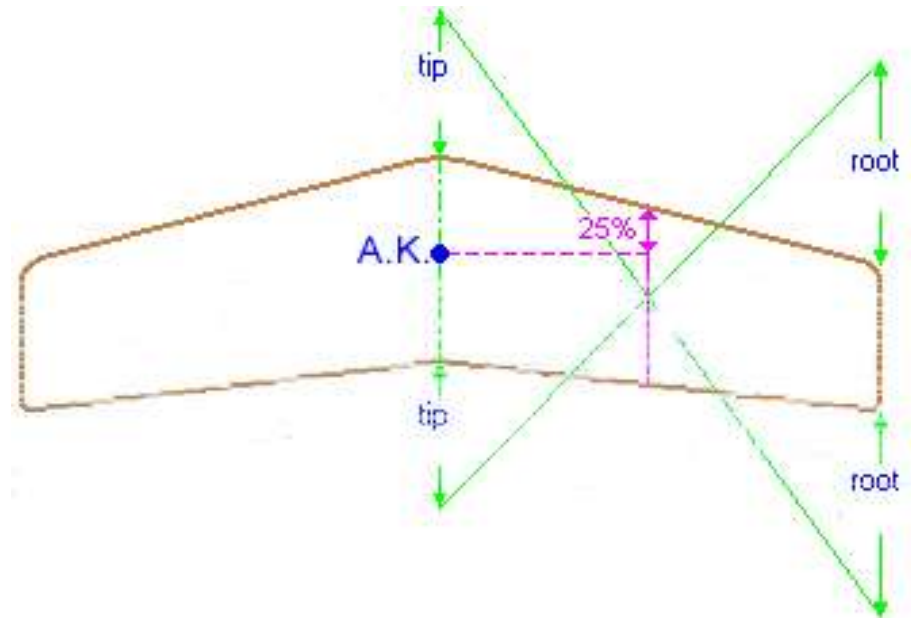
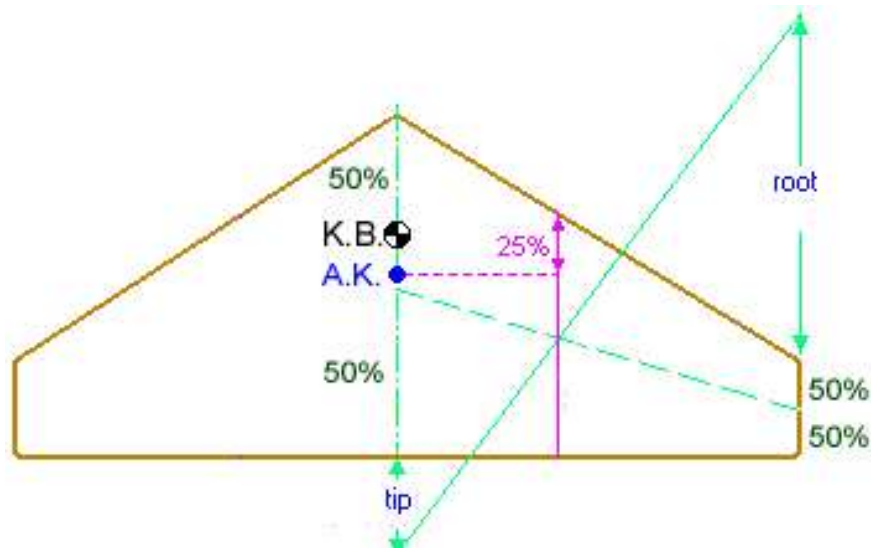
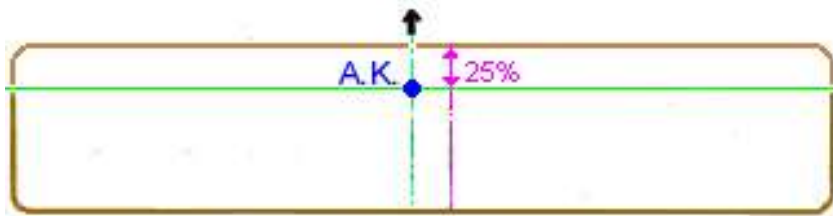
- Με κάθε διαφορετικό σημείο αναφοράς, η E. P. αλλάζει τιμή & φορά, με την αλλαγή της γωνίας προσβολής .
- Σε ένα σημείο, κοντά στο 25% η E.P. είναι σταθερή.
- Η εσωτερική ροπή που ωθεί το χείλος προσβολής προς τα κάτω θεωρείται "αρνητική".
- Οι ημισυμμετρικές αεροτομές των F3J, F5J, έχουν μικρή εσωτερική ροπή.
- Όσο πιο μικρή είναι η εσωτερική ροπή τόσο πιο εύκολο είναι το τριμάρισμα.
- Οι συμμετρικές αεροτομές δεν έχουν εσωτερική ροπή.

Αεροδυναμικό Κέντρο



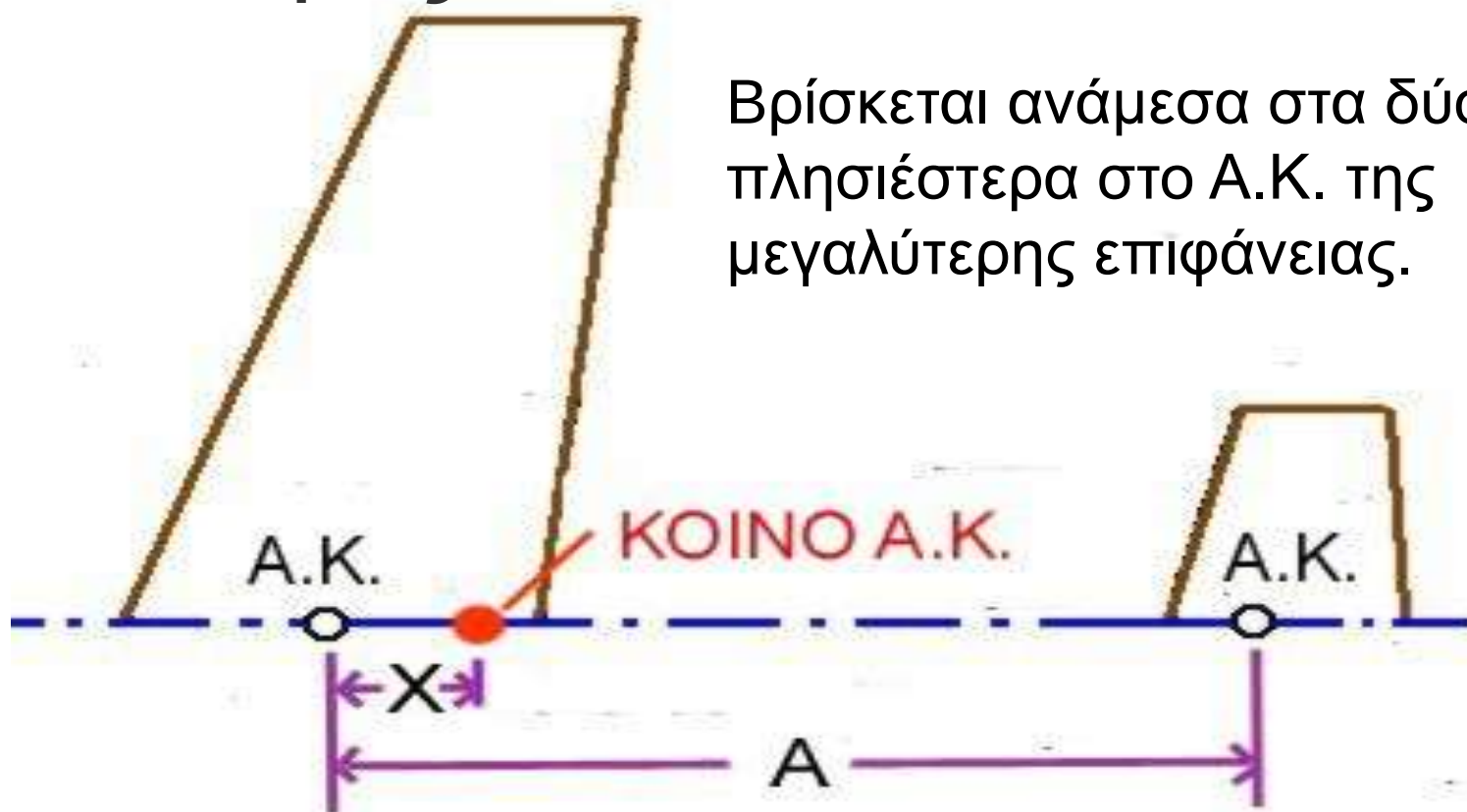
- Για ευκολία στον σχεδιασμό και τους υπολογισμούς δεχόμαστε ότι το σημείο με την σταθερή εσωτερική ροπή βρίσκεται **ακριβώς στο 25% της χορδής**.
- Το ονομάζουμε **"αεροδυναμικό κέντρο"** της χορδής

Εντοπισμός Α.Κ. φτερού



Εντοπισμός του κοινού Α.Κ. εμπειρικά)

Βρίσκεται ανάμεσα στα δύο, πλησιέστερα στο Α.Κ. της μεγαλύτερης επιφάνειας.



$$X = A * \frac{\text{επιφ. ουραίου}}{\text{επιφ. ουραίου} + \text{επιφ. φτερού}}$$

ισορροπία



ευστάθεια

- Η ευστάθεια και η ισορροπία έχουν πολλά κοινά.
- Όμως είναι δύο τελείως ξεχωριστές έννοιες.

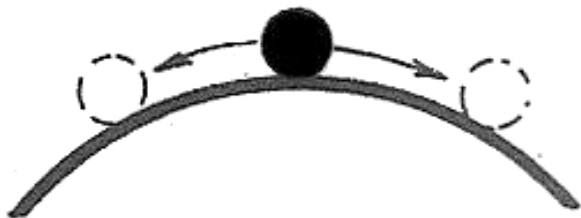
Ισορροπία

- Η συνισταμένη των 4 δυνάμεων ορίζει την κίνηση / τροχιά του Κ.Β.
- Η συνισταμένη των ροπών ορίζει την περιστροφή γύρω από το Κ.Β.
- Όταν η συνισταμένη των δυνάμεων είναι 0 και η συνισταμένη των ροπών είναι 0, το αεροπλάνο ισορροπεί.
- Το αεροπλάνο που ισορροπεί σε μία θέση, δεν είναι απαραίτητα ευσταθές, ή τριμαρισμένο σωστά.

Στατική ευστάθεια

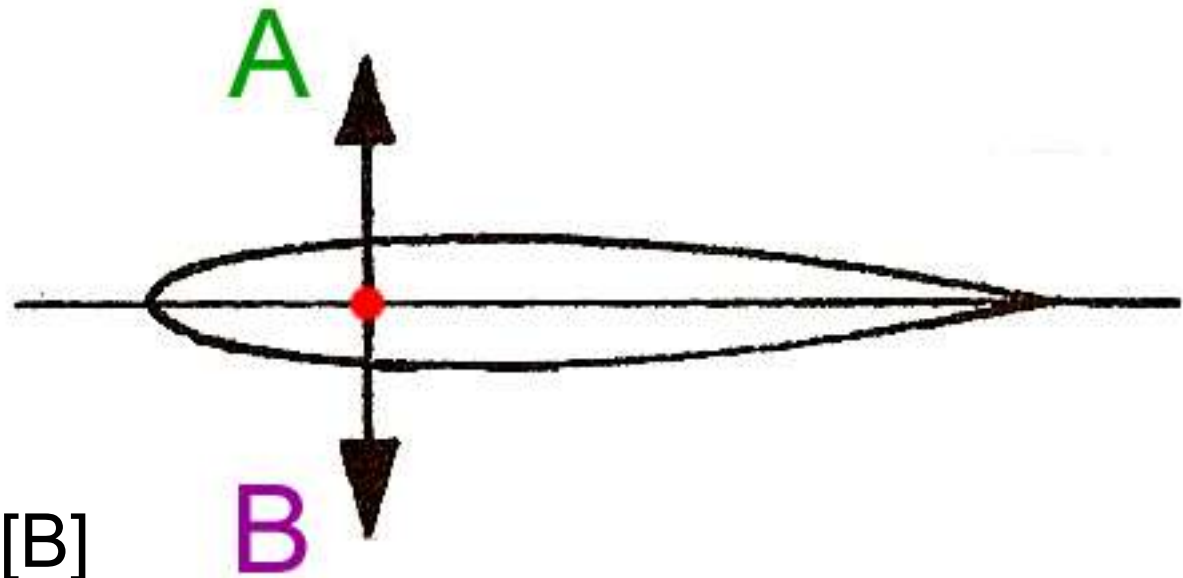
- Η στατική ευστάθεια εξετάζει την **αρχική τάση** ενός σώματος να επιστρέψει στην προηγούμενη θέση του μετά από μία στιγμιαία εκτροπή (παρενόχληση).
- Ένα **ευσταθές** αεροπλάνο είναι ισορροπημένο, αλλά όχι απαραίτητα και **τριμαρισμένο**.

Στατική Ευστάθεια



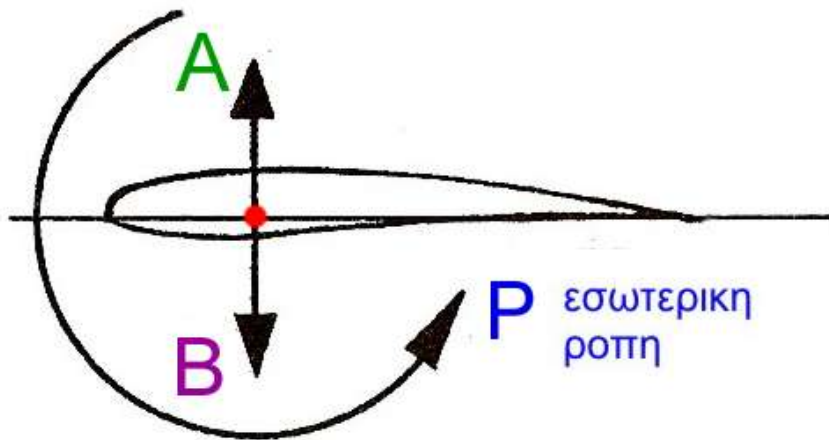
- **Θετική στατική ευστάθεια:** αν μετά μία εκτροπή επανέρχεται μόνο του στην προηγούμενη κατάσταση ισορροπίας
- **Ουδέτερη στατική ευστάθεια:** αν μετά την εκτροπή δεν έχει τάση να επανέλθει, αλλά ούτε και να εκτραπεί περισσότερο
- **Αρνητική στατική ευστάθεια:** αν μετά την αρχική εκτροπή συνεχίσει να εκτρέπεται όλο και περισσότερο

Συμμετρική αεροτομή



- $[A] = [B]$
- Δεν έχει εσωτερική ροπή
- Συνισταμένη δυνάμεων και ροπών = 0
- Ισορροπημένη
- *Ουδέτερη ευστάθεια*

Καμπύλη αεροτομή

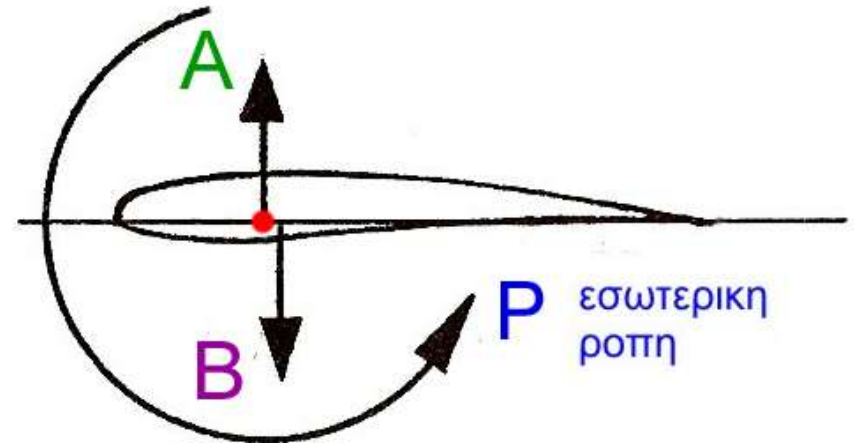


$$[A] = [B]$$

Συνισταμένη δυνάμεων = 0

Συνισταμένη ροπών αρνητική

Μη ισορροπημένη



$$[A] = [B]$$

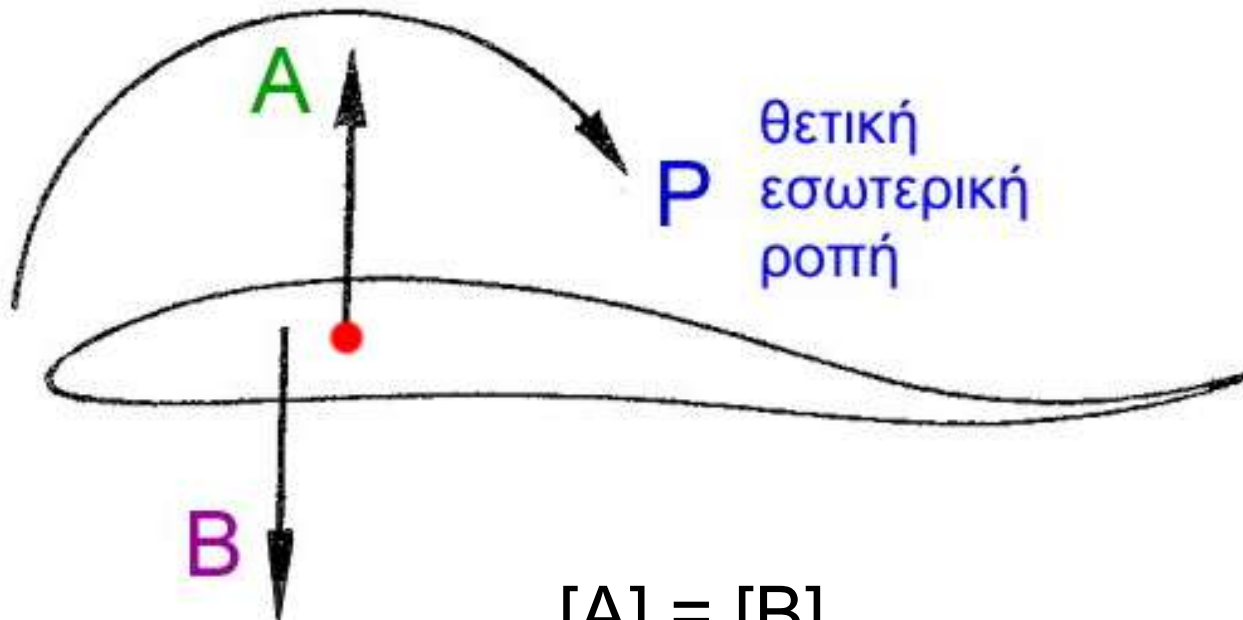
Συνισταμένη δυνάμεων = 0

Συνισταμένη ροπών = 0

Ισορροπημένη

Ασταθής

Αεροτομή reflex



$$[A] = [B]$$

Συνισταμένη δυνάμεων = 0

Συνισταμένη ροπών = 0

Ισορροπημένη

Ευσταθής

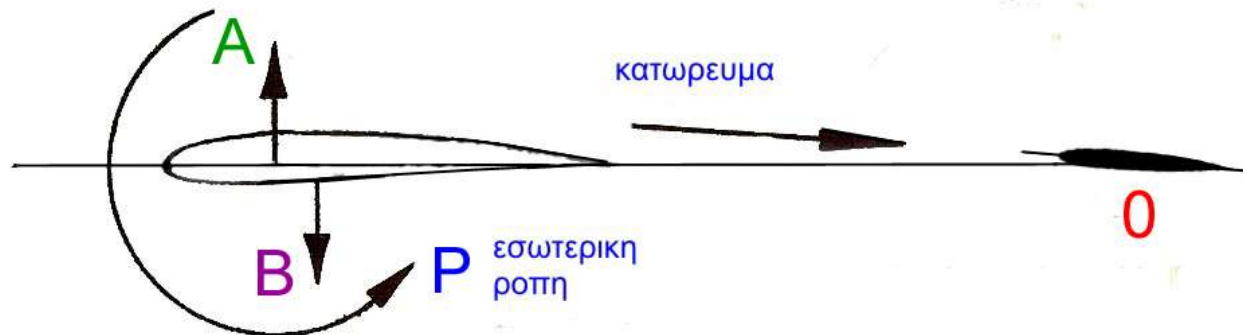
Το οριζόντιο σταθερό πτερύγιο



- Τα αεροπλάνα συμβατικού σχεδιασμού έχουν στην ουρά, (σε κάποια απόσταση από το φτερό), μία μικρή πτέρυγα, το «οριζόντιο σταθερό», ή «ουραίο».
- Σε σπάνιες περιπτώσεις το πτερύγιο αυτό τοποθετείται στην μύτη, οπότε η διάταξη λέγεται «πάπια».

Η αποστολή του ουραίου

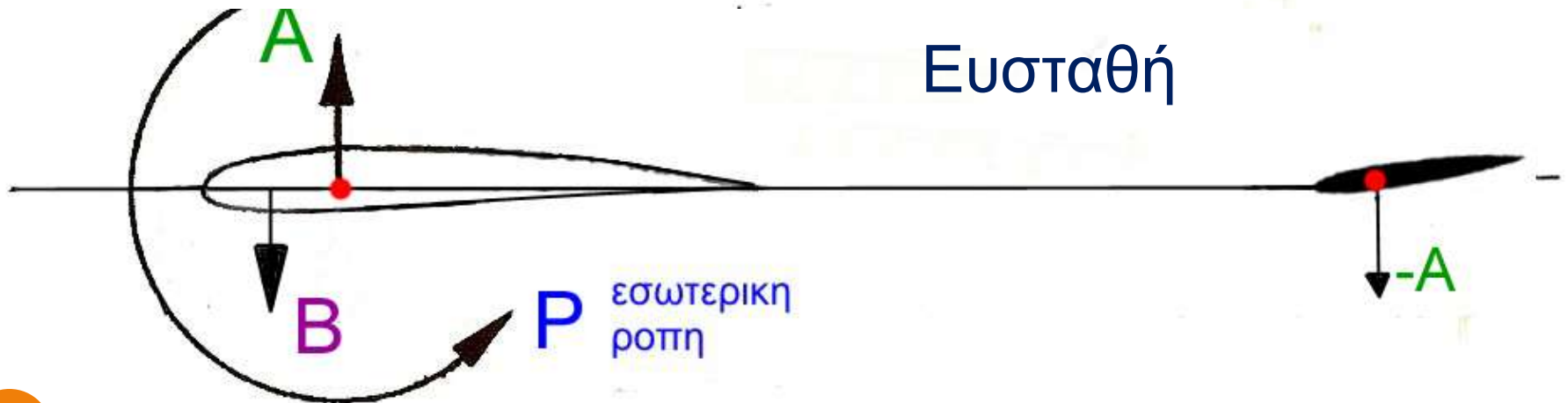
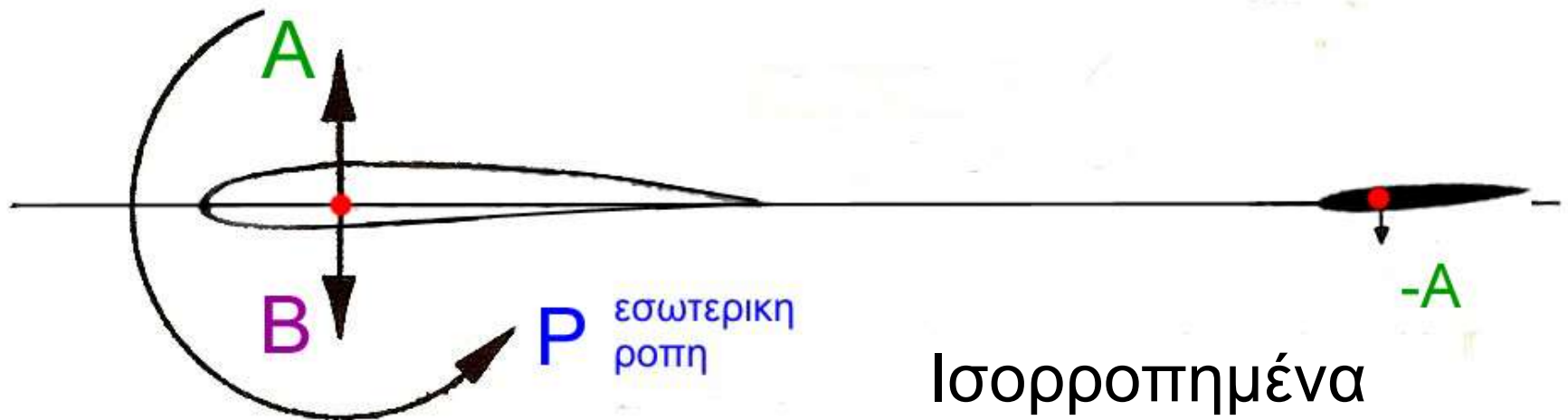
- Είναι να προσφέρει ισορροπία και ευστάθεια.
- Παράμετροι: επιφάνεια, απόσταση από το φτερό, αεροτομή και γωνία πρόσπτωσης (από την οποία εξαρτάται η γωνία προσβολής).
- Αν η απόσταση είναι μικρή η γωνία προσβολής επηρεάζεται από το κατώρευμα του φτερού.



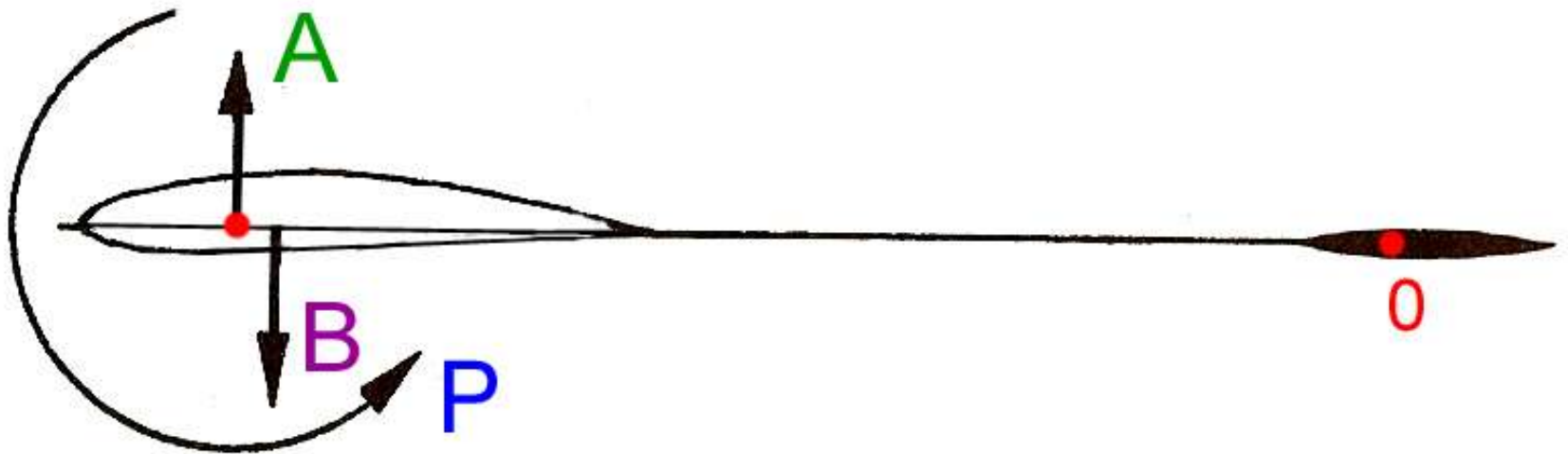
Συνθήκες ισορροπίας

- Με αρνητική υποστήριξη (άντωση) ουραίου
- Με μηδενική υποστήριξη (άντωση) ουραίου
- Με θετική υποστήριξη (άντωση) ουραίου

Αρνητική υποστήριξη του ουραίου



Μηδενική υποστήριξη του ουραίου



Ισορροπημένο

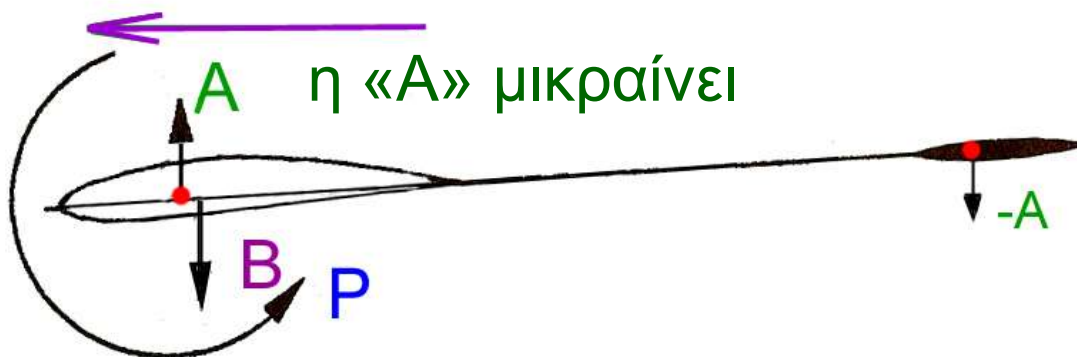
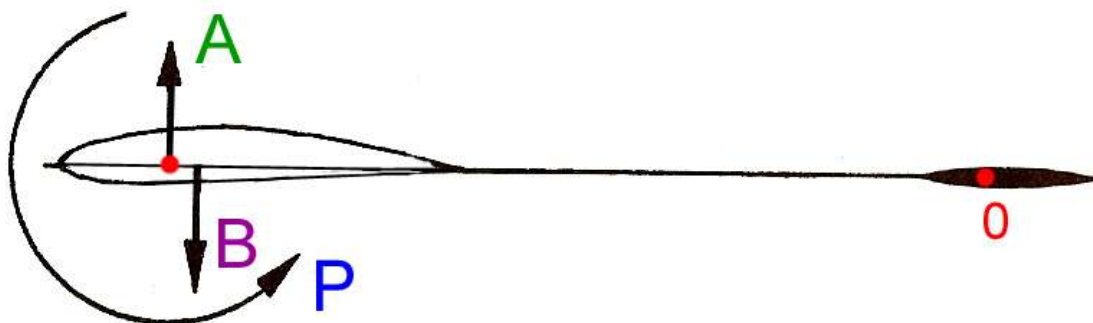
Ευσταθές

Θετική υποστήριξη του ουραίου

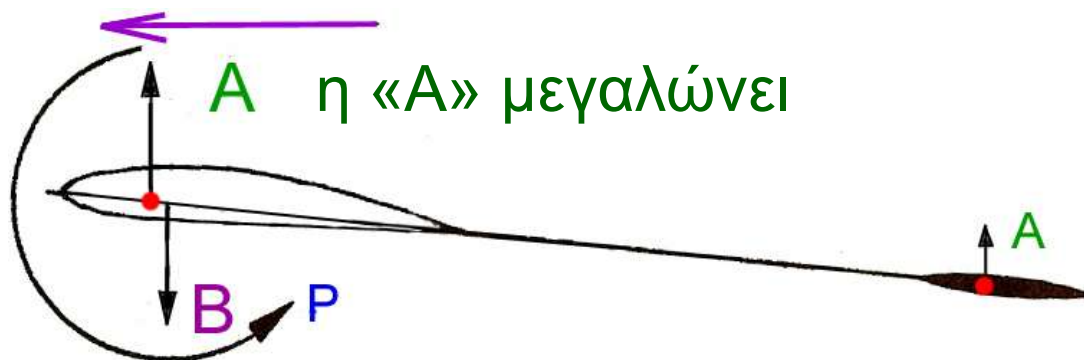


- Ευσταθές εντός μικρών ορίων ταχύτητας.
- Αν αποκτήσει μεγάλη ταχύτητα χάνει την ευστάθειά του.

Τι συμβαίνει σε μία εκτροπή



Το ουραίο
παράγει
αρνητική
άντωση



Το ουραίο
παράγει
θετική
άντωση

Συνισταμένη των νέων δυνάμεων

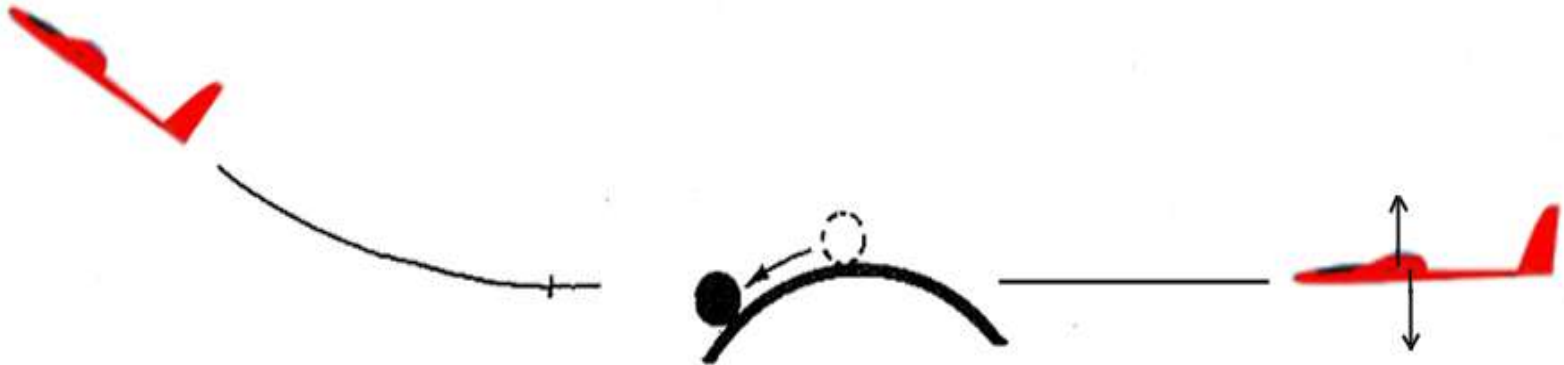
- Σε περίπτωση εκτροπής, η συνισταμένη των νέων δυνάμεων (& μεταβολών των δυνάμεων) εφαρμόζεται στο κοινό Α.Κ. του αεροπλάνου
- Αυτομάτως γεννάται μία ροπή ως προς το Κ.Β.
- Η ροπή αυτή μπορεί να είναι σταθεροποιητική ή αποσταθεροποιητική ή ουδέτερη.
- Εξαρτάται από την θέση του κοινού Α.Κ. ως προς το Κ.Β

Θετική ευστάθεια



- Όταν το Κ.Β. είναι μπροστά από το κοινό Αεροδυναμικό Κέντρο η ροπή είναι σταθεροποιητική.
- Εχουμε θετική ευστάθεια.
- Αν εκτραπεί τείνει να επιστρέψει μόνο του στην προηγούμενη κατάσταση.

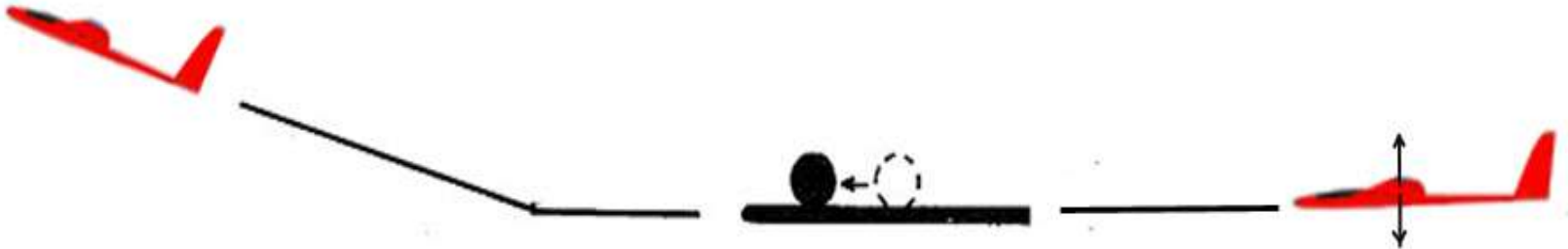
Αρνητική ευστάθεια



- Αν το Κ.Β. βρεθεί πίσω από το Αεροδυναμικό Κέντρο, η ροπή είναι αποσταθεροποιητική.
- Το αεροπλάνο είναι **ασταθές**.
- Αν εκτραπεί, θα συνεχίσει να εκτρέπεται.

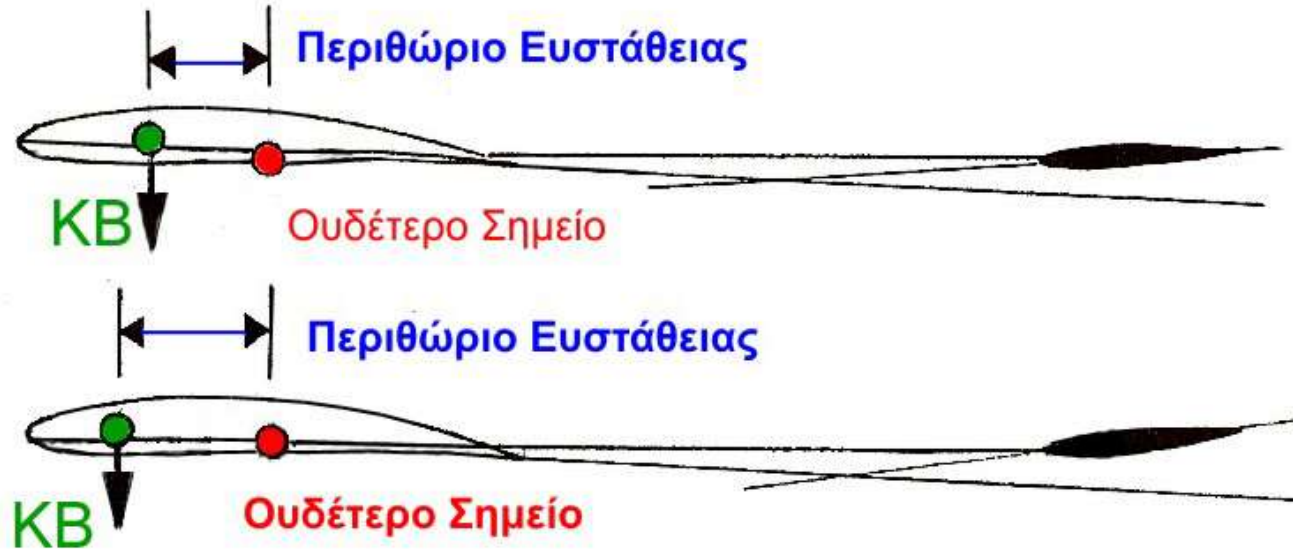
Ουδέτερη ευστάθεια

Ουδέτερο σημείο



- Αν το Κ.Β. βρεθεί **στην ίδια θέση** με το Α.Κ. οι νέες δυνάμεις/μεταβολές **δεν μπορούν να παράγουν ροπή**.
- Γιατί δεν υπάρχει **μοχλός**.
- Το αεροπλάνο έχει **ουδέτερη ευστάθεια**. Οπου εκτραπεί εκεί θα συνεχίζει.
- Δικαίως λοιπόν η θέση του Α.Κ. ονομάζεται και **«Ουδέτερο Σημείο»**.

Περιθώριο ευστάθειας



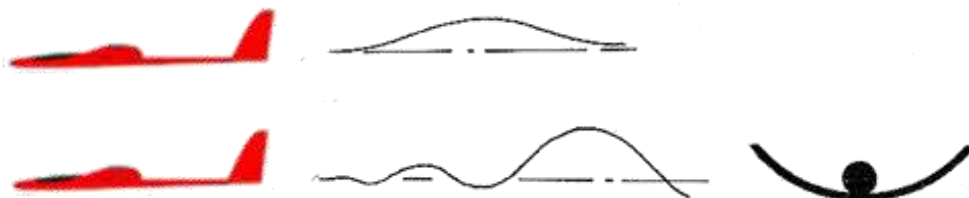
- Ευστάθεια υφίσταται μόνο όταν το Κ.Β. είναι μπροστά από το Ουδέτερο Σημείο.
- Η απόσταση του Κ.Β. από το Ουδέτερο Σημείο ονομάζεται **“περιθώριο ευστάθειας”**.
- Μικρότερο περιθώριο = μικρότερη ευστάθεια.
- Μεγαλύτερο περιθώριο = μεγαλύτερη ευστάθεια.

Δυναμική ευστάθεια

- Η δυναμική ευστάθεια εξετάζει τις κινήσεις του σώματος **μετά την εκτροπή** σε συσχετισμό με τις δυνάμεις που τις προκαλούν.
- Το ότι ένα αεροπλάνο έχει θετική **στατική** ευστάθεια, δεν σημαίνει ότι και **η δυναμική** του ευστάθεια είναι επίσης θετική.

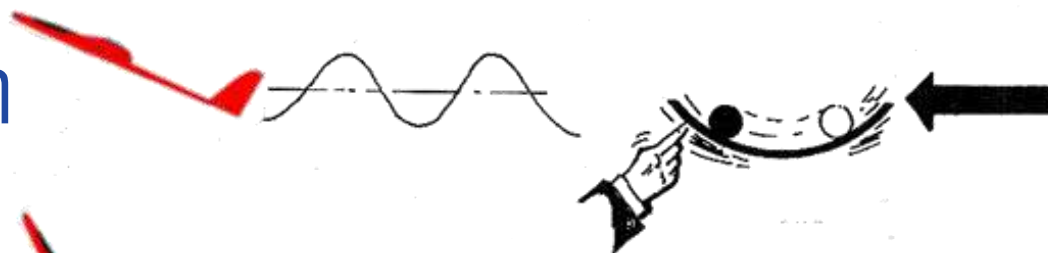
Δυναμική ευστάθεια

Θετική



Εχει θετική
στατική
ευστάθεια

Ουδέτερη



Αρνητική



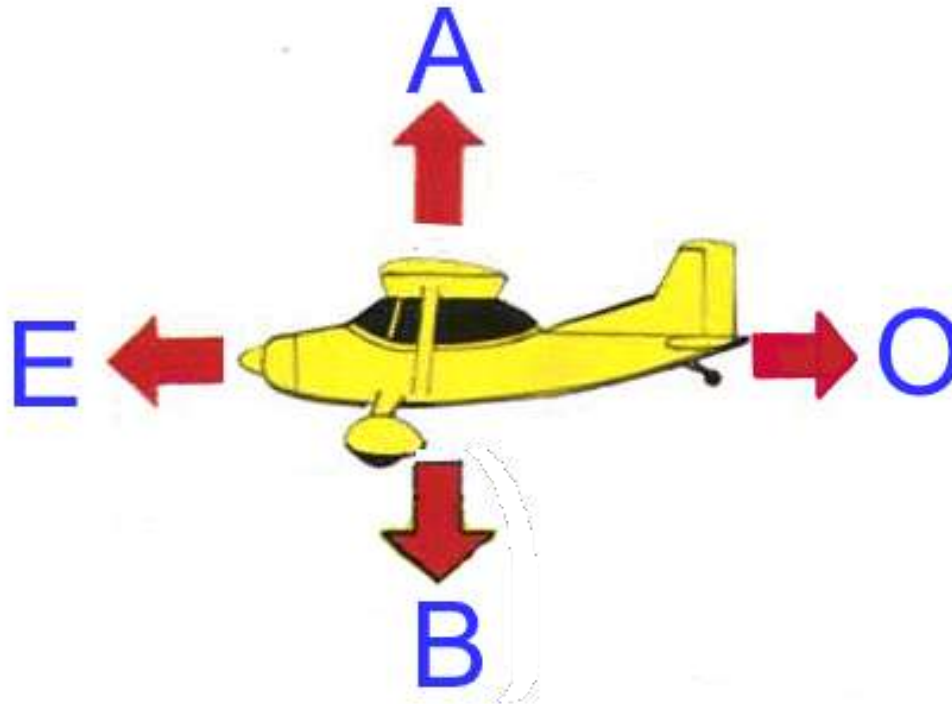
Επιδόσεις



Οι στόχοι του ανεμόπτερου

- να πετάξει περισσότερη ώρα
- να πετάξει σε μακρύτερη απόσταση
- να πετάξει με μεγάλη ταχύτητα
- Για να επιτύχει οιοδήποτε στόχο πρέπει να είναι:
 - Ισορροπημένο
 - Ευσταθές
 - Τριμαρισμένο για τον συγκεκριμένο στόχο

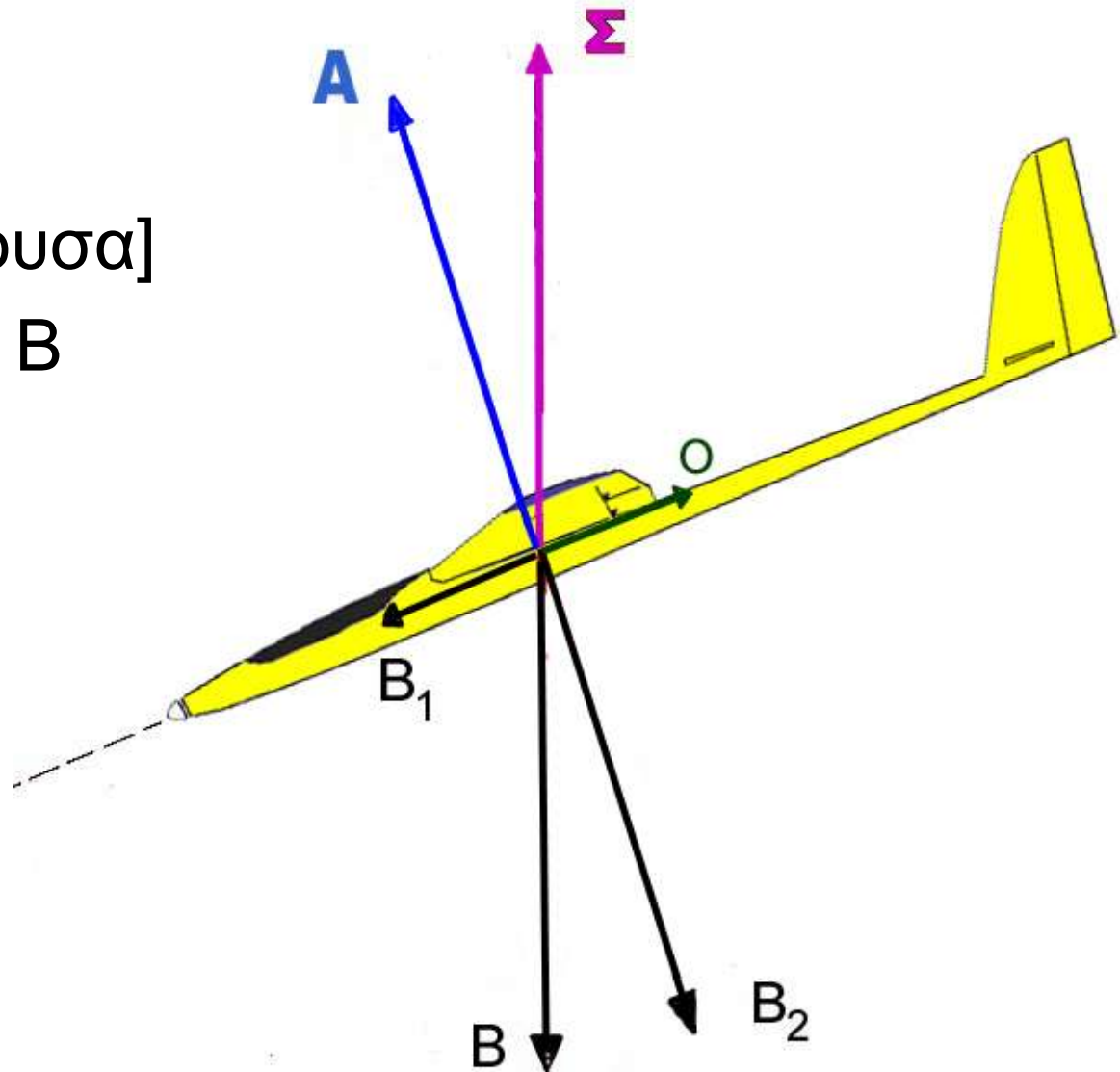
Ισοταχής οριζόντια πτήση



$[Ελξη] = [Οπισθέλκουσα]$
&
 $[Αντωση] = [Βάρος]$

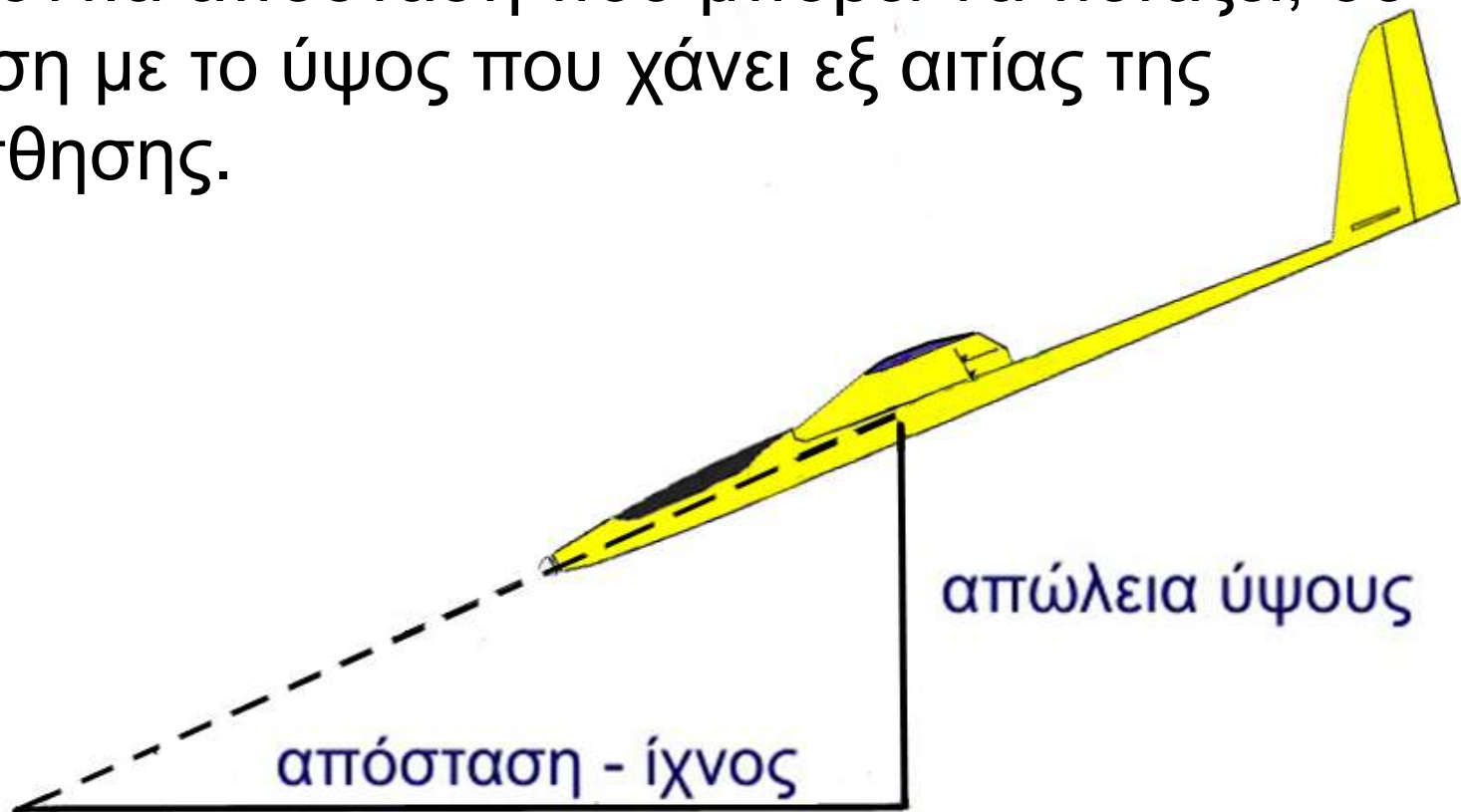
Ισοταχής κατολίσθηση

- $[\Sigma] = [B]$
- $[B_1] = [\text{Οπισθέλκουσα}]$
- $[\text{Αντωση}] = [B_2] < B$



Λόγος κατολίσθησης

Ο λόγος κατολίσθησης μας δείχνει πόση είναι η οριζόντια απόσταση που μπορεί να πετάξει, σε σχέση με το ύψος που χάνει εξ αιτίας της ολίσθησης.

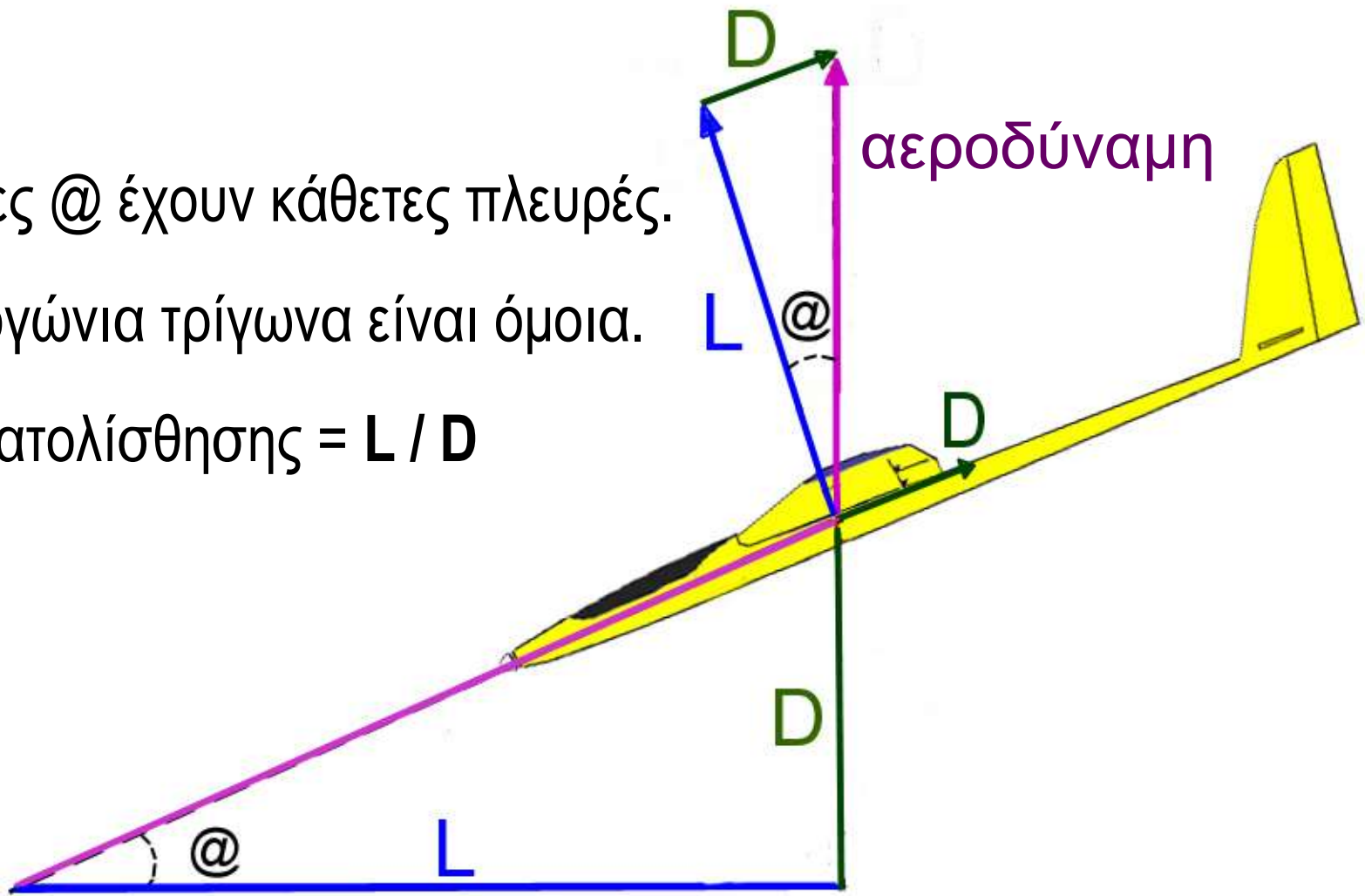


Με τι ισούται ο λόγος κατολίσθησης

Οι γωνίες @ έχουν κάθετες πλευρές.

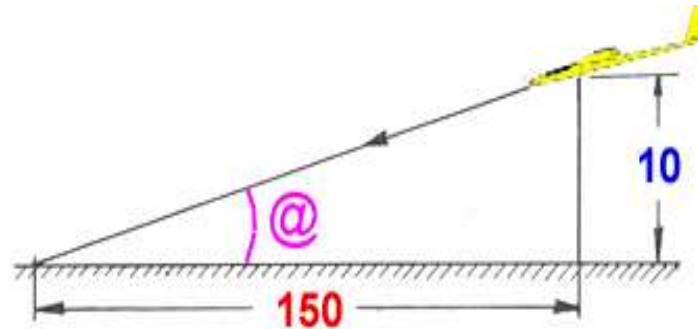
Τα ορθογώνια τρίγωνα είναι όμοια.

Λόγος κατολίσθησης = L / D



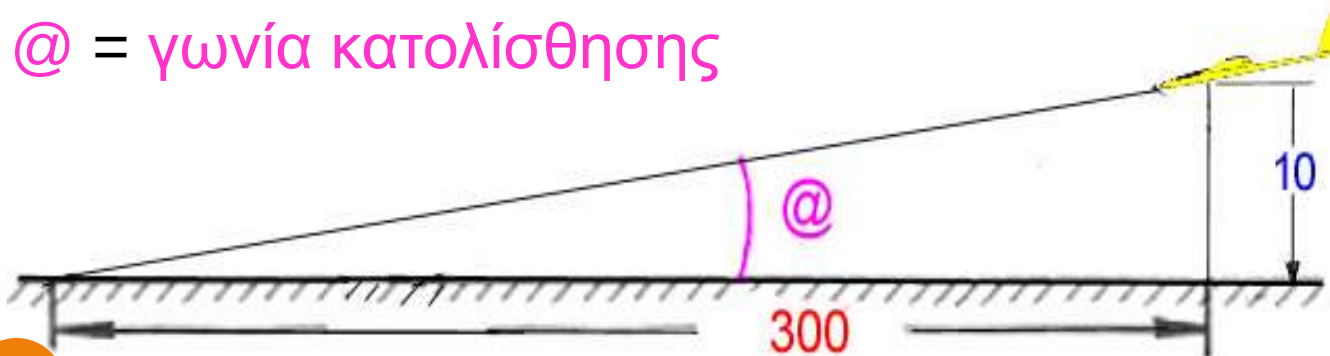
Πως εκφράζεται ο λόγος κατολίσθησης;

- Σε άλλες χώρες εκφράζεται ως **L:D**, **L/D**, ενώ σε άλλες το αντίστροφο **D:L**, **D/L**.
- Το κλάσμα απλοποιείται στη μονάδα.



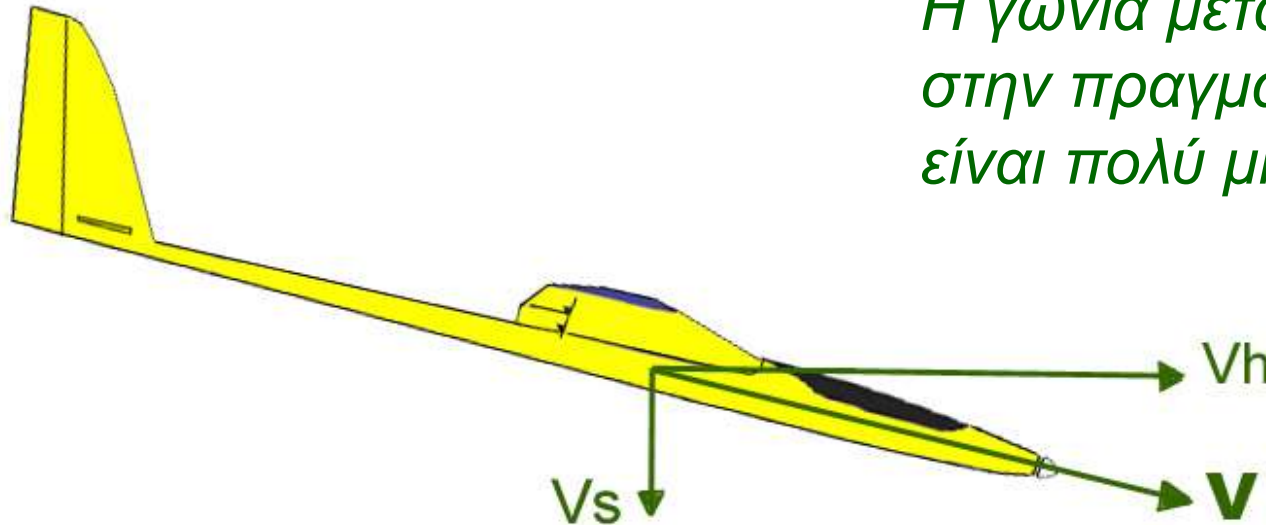
15:1 ή **1:15**

@ = γωνία κατολίσθησης



30:1 ή **1:30**

Βαθμός Καθόδου



Η γωνία μεταξύ V_h & V στην πραγματικότητα είναι πολύ μικρή.

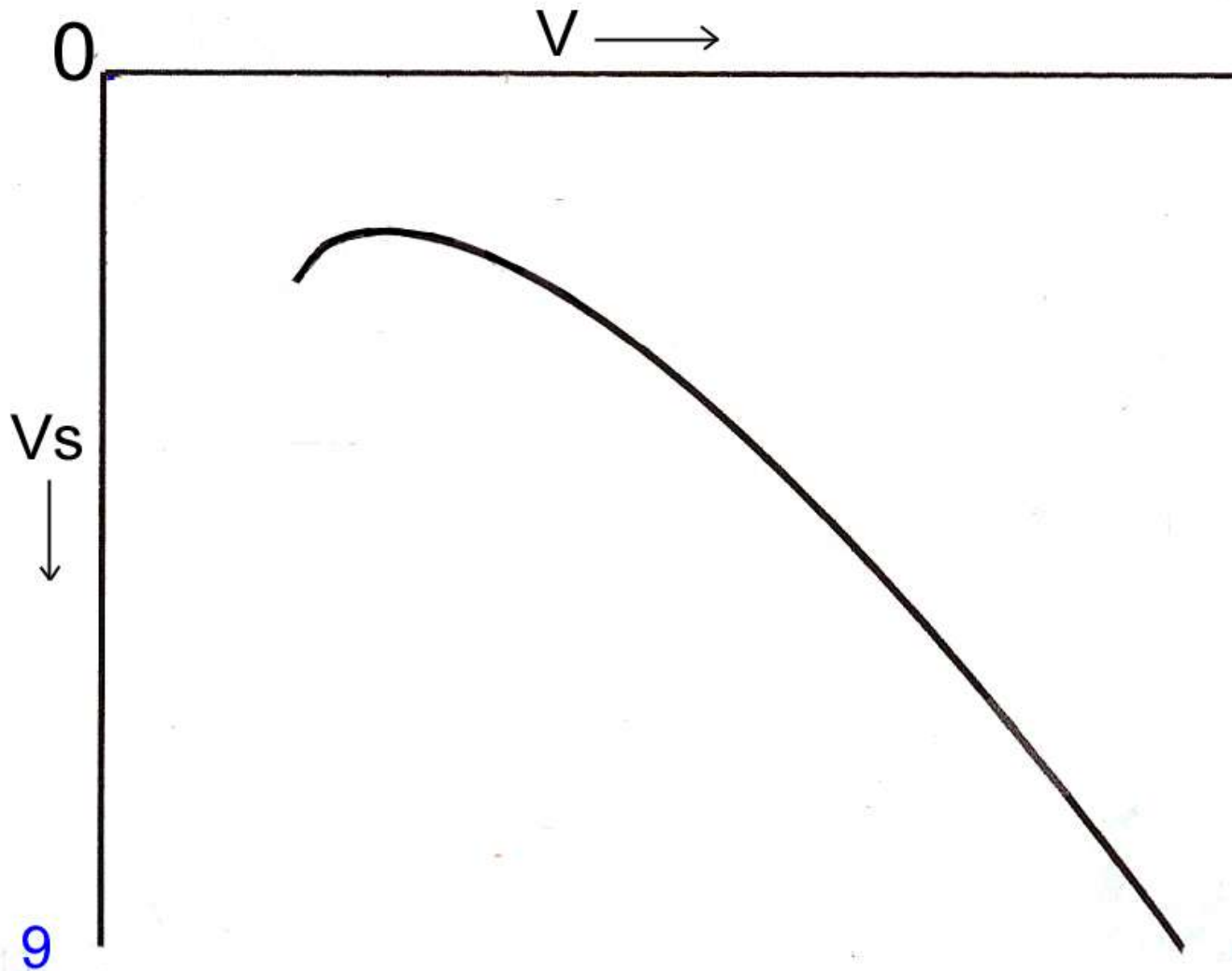
V = ταχύτητα πτήσης

V_h = ταχύτητα εδάφους (ταχ. οριζόντιας μετακίνησης)

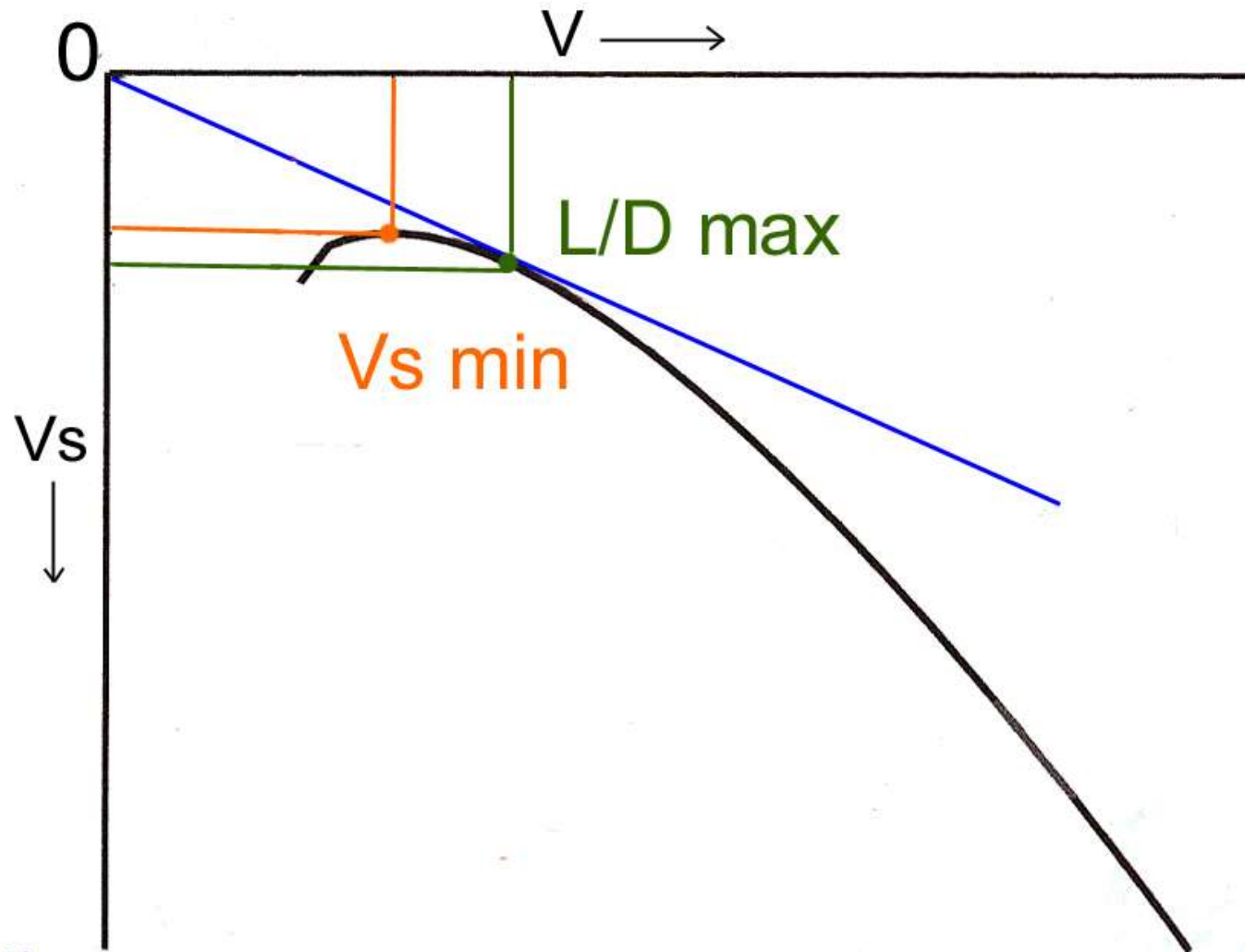
V_s = ταχύτητα καθόδου (βαθμός καθόδου)

m/sec, m/min, ft/sec, ft/min

Καμπύλη ταχυτήτων ανεμόπτερου

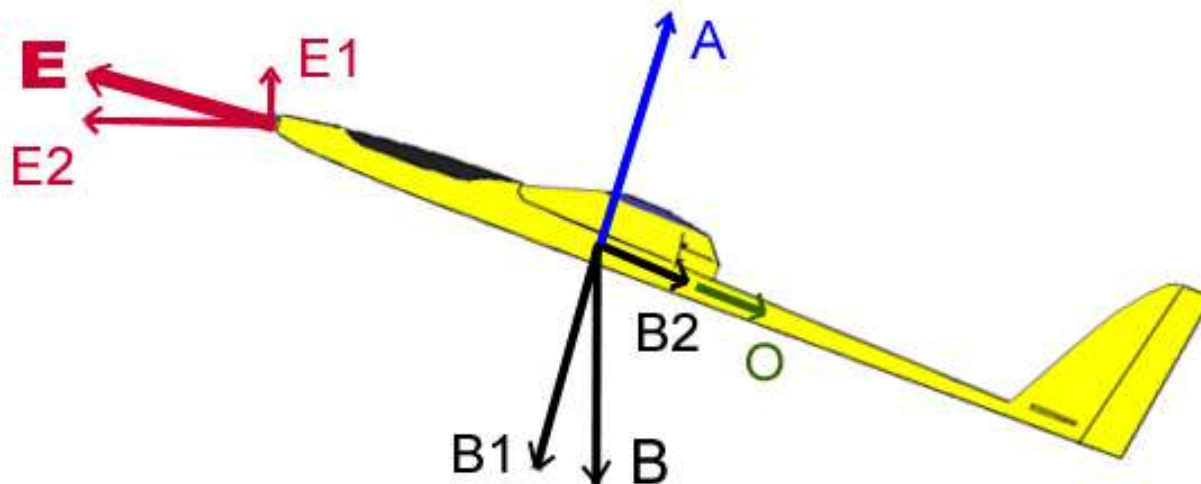


Χαρακτηριστικά σημεία της καμπύλης



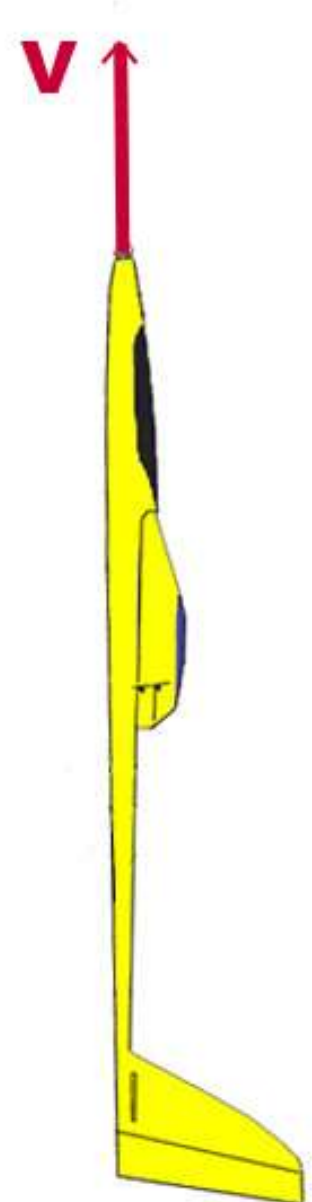
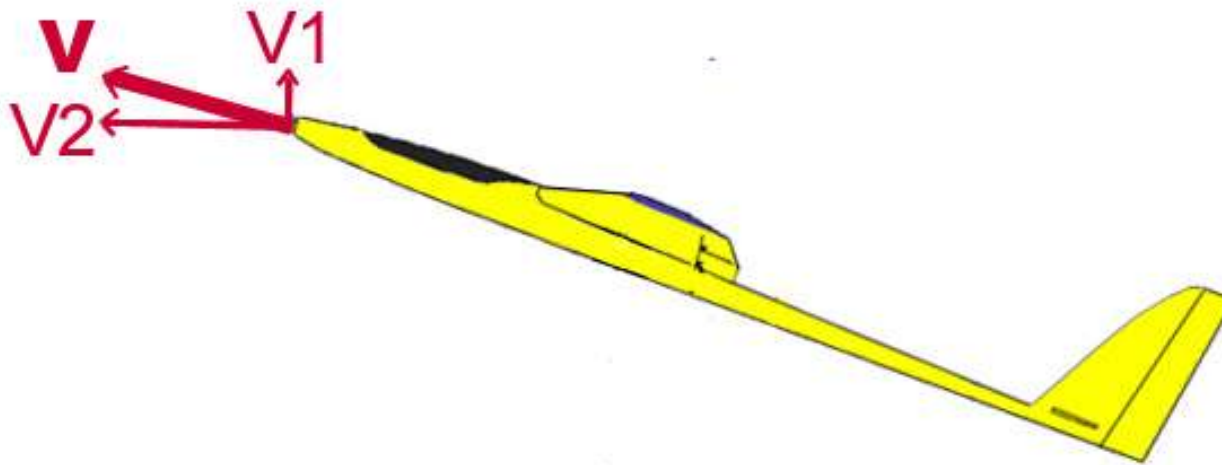
Ισοταχής άνοδος

- $[E] = [O + B_2]$ $[E] > [B]$
- $[A] = [B_1]$
- Η άνοδος εξαρτάται από την περίσσεια έλξης, όχι από την περίσσεια άντωσης.

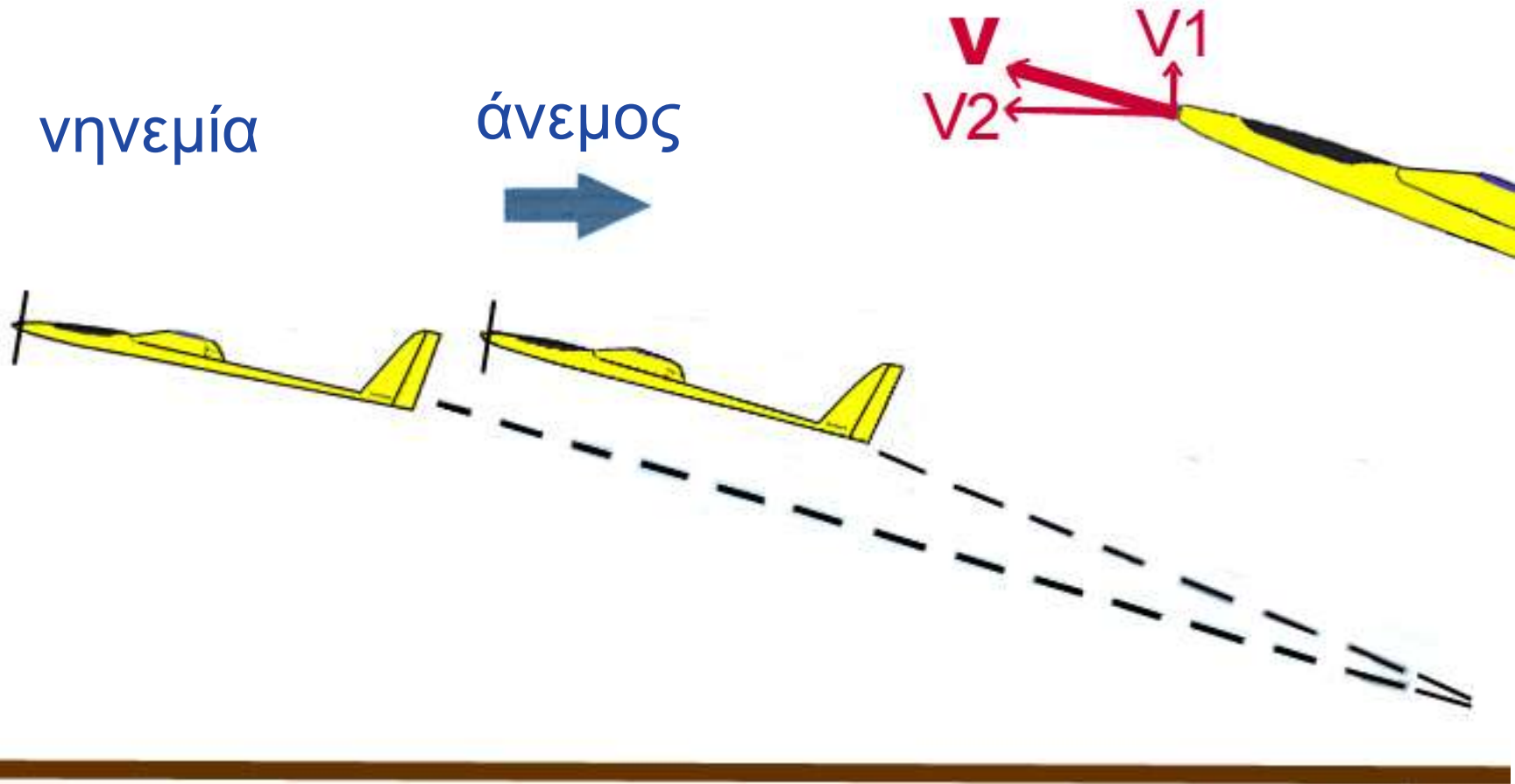


Βαθμός ανόδου

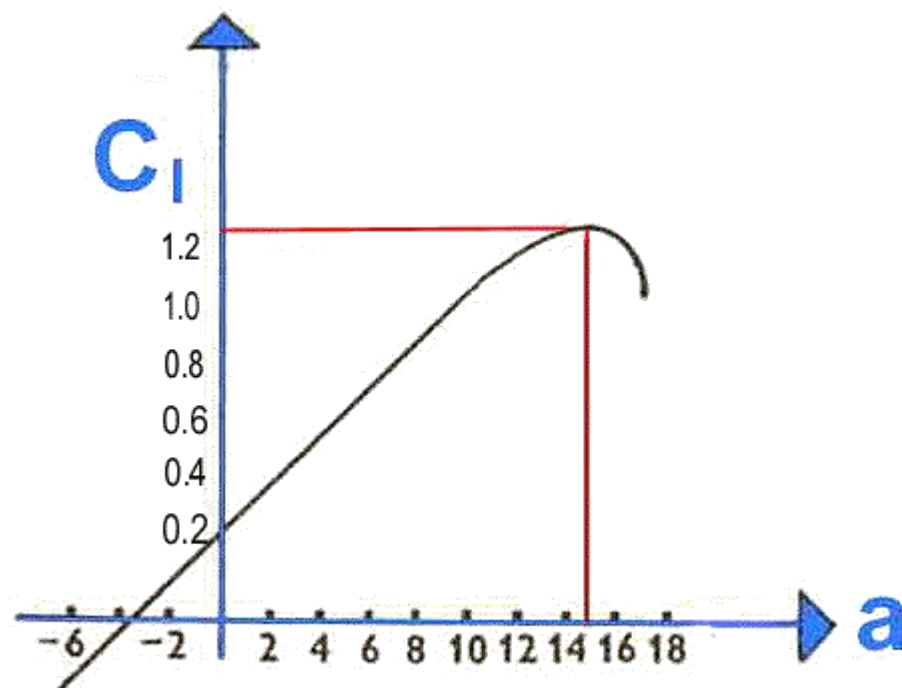
- αριστερά **V1** δεξιά **V**
m/sec, m/min, ft/sec, ft/min



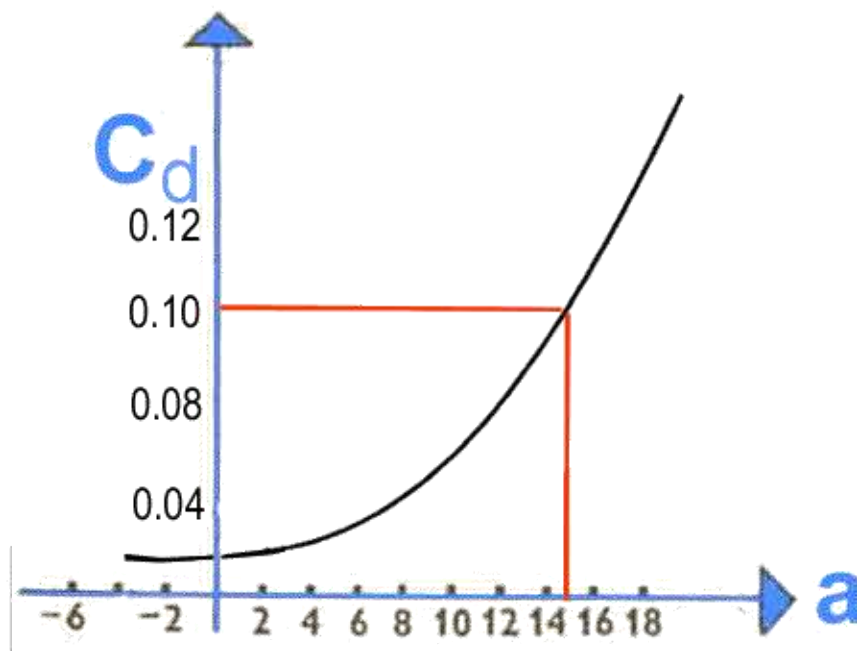
Γωνία ανόδου



Οι καμπύλες της αεροτομής



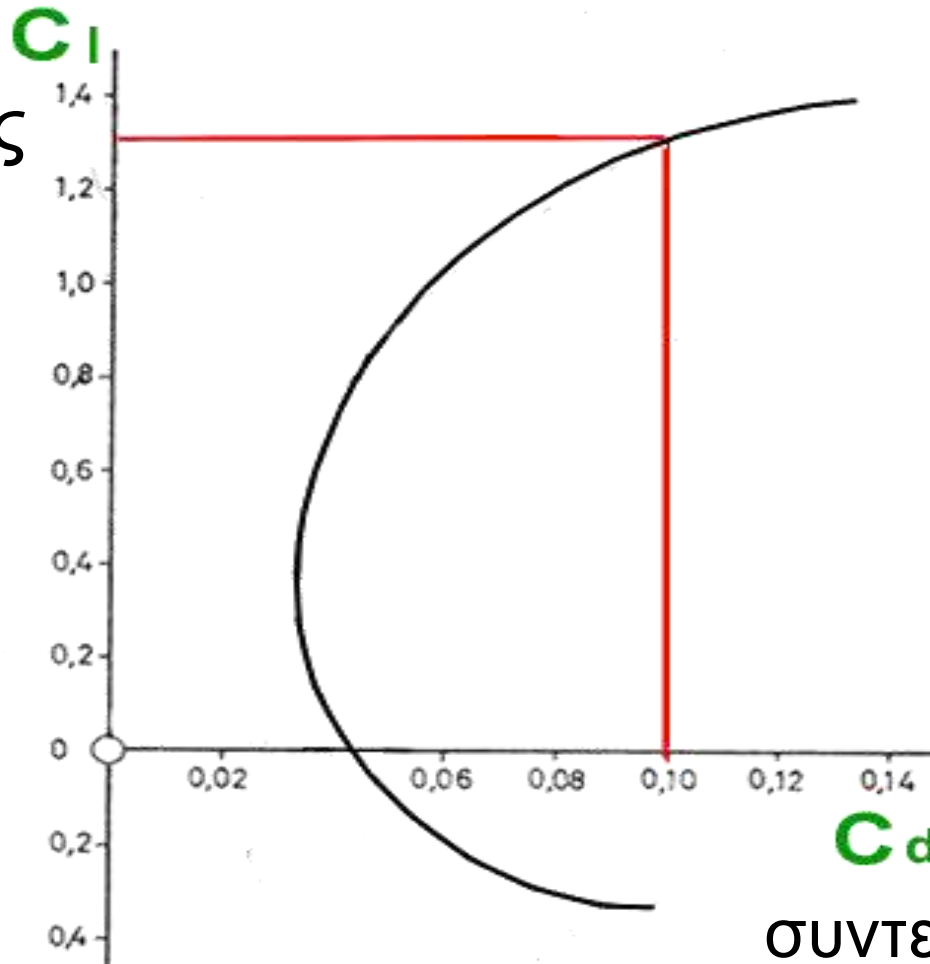
Συντελεστής άντωσης
/ γωνία προσβολής



Συντελεστής οπισθέλκουσας
/ γωνία προσβολής

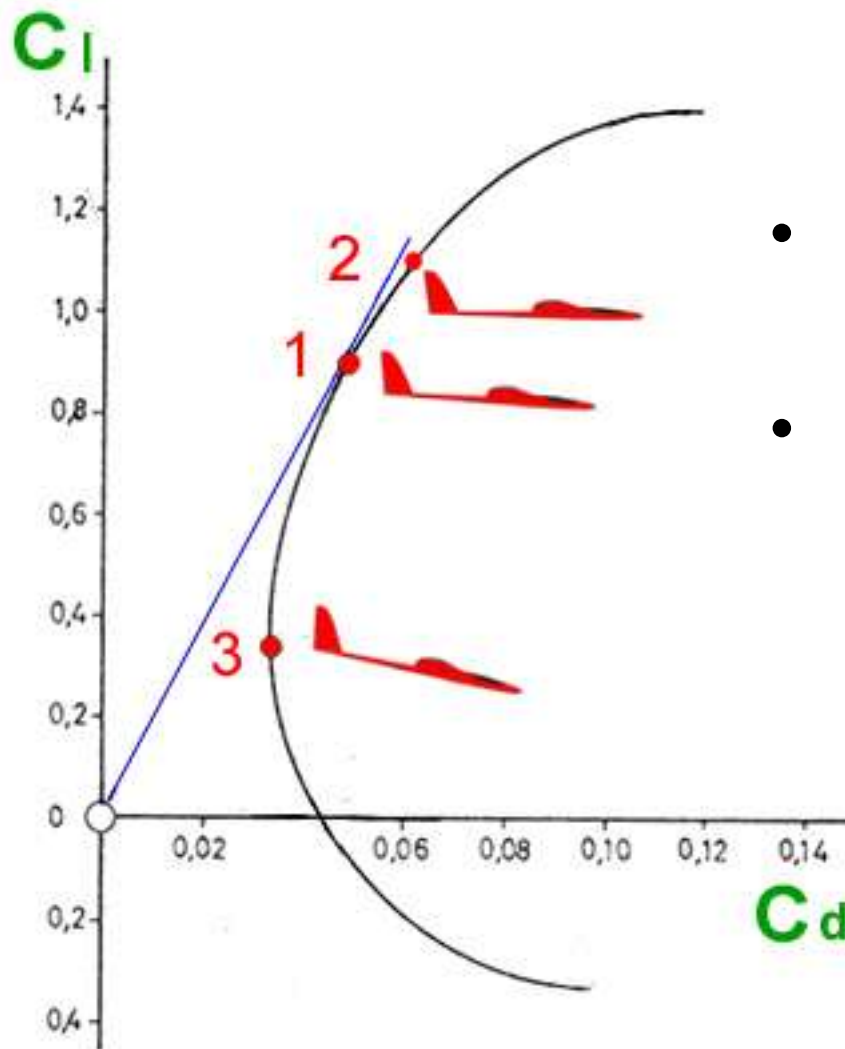
Η πολική της αεροτομής

συντελεστής
άντωσης



συντελεστής
οπισθέλκουσας

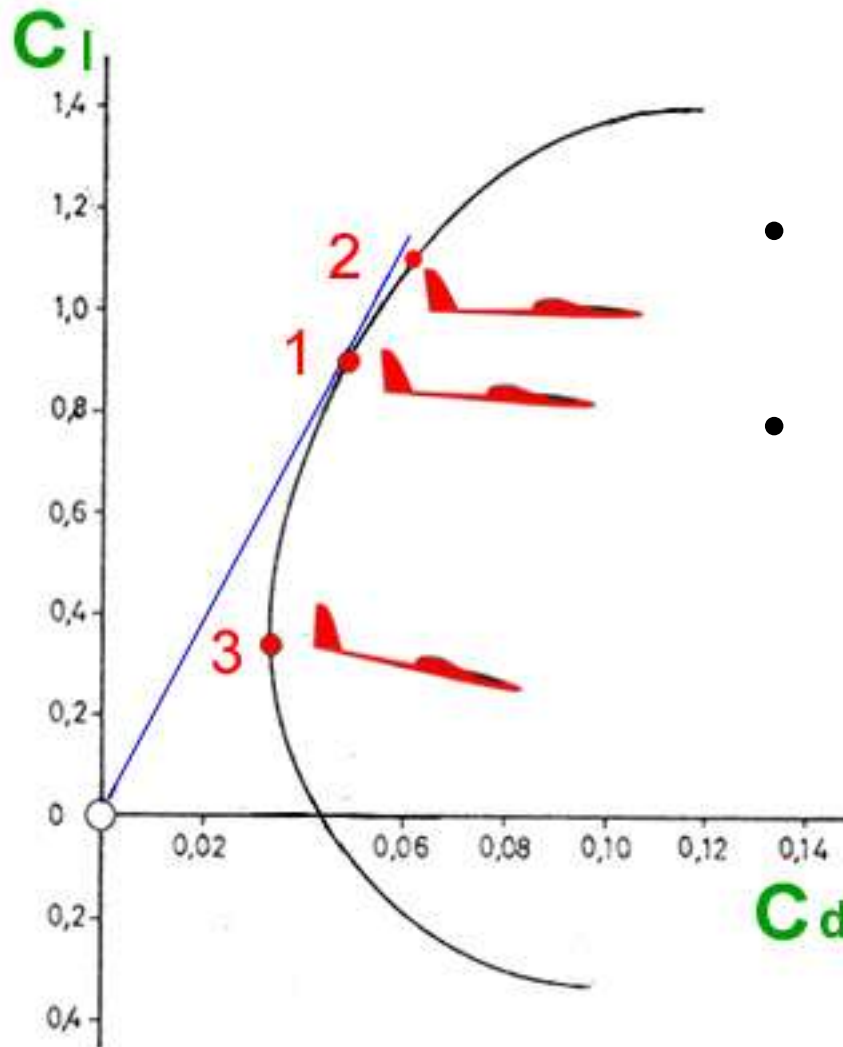
Συνθήκη για μέγιστο λόγο ολίσθησης



σημείο 1

- Απαιτείται μέγιστο C_l/C_d (L/D)
- Αντιστοιχεί στο σημείο που η ευθεία από το 0 εφάπτεται στην καμπύλη

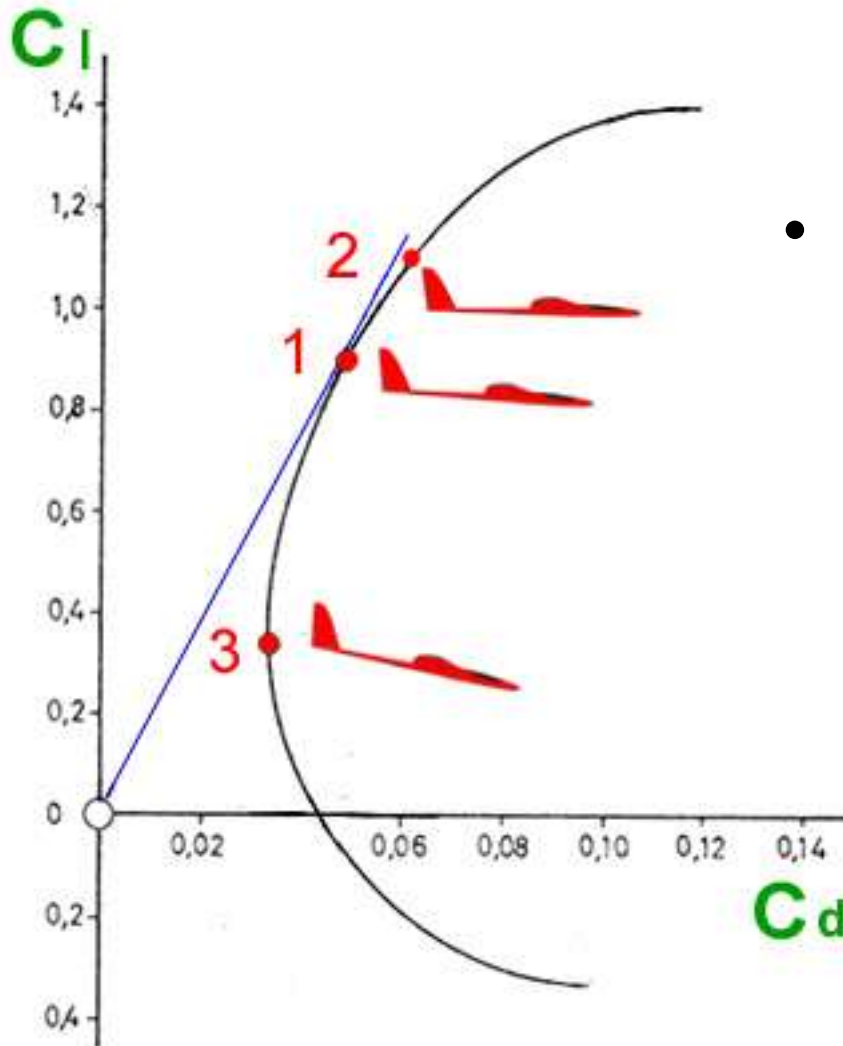
Συνθήκη για μέγιστο χρόνο πτήσης



σημείο 2

- Απαιτείται ο μικρότερος βαθμός καθόδου V_s
- Επιτυγχάνεται όταν ο λόγος $C_l^3/C_d^2 = \text{μέγιστος}$

Συνθήκη για μέγιστη ταχύτητα



σημείο 3

- Απαιτείται η ελάχιστη οπισθέλκουσα, ήτοι ο μικρότερος συντελεστής C_d



Τέλος ενότητας