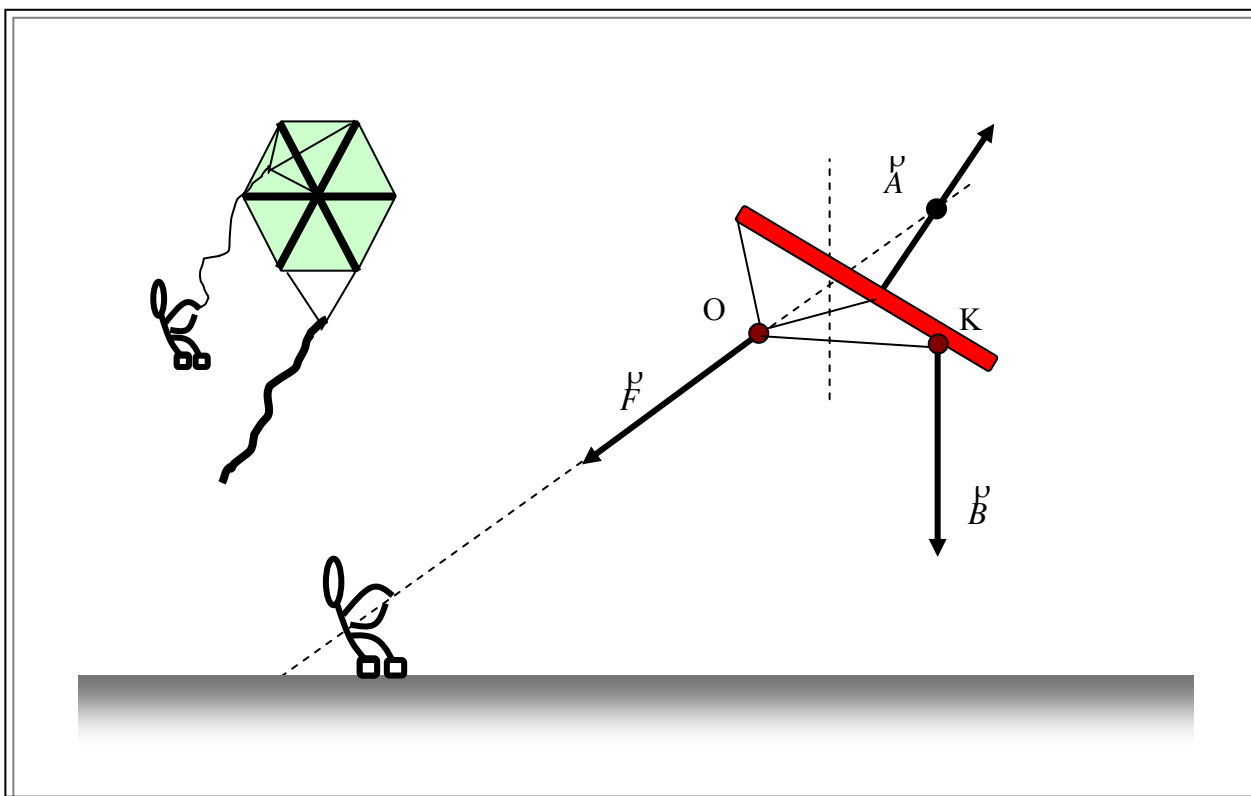


ΤΟ ΠΕΤΑΓΜΑ ΤΟΥ ΑΕΤΟΥ



Αφορμή για αυτό το άρθρο ήταν η εκτεταμένη αναφορά στο διαδίκτυο, λόγω των ημερών, στο πως φτιάχνονται και πως πετάνε οι χαρταετοί. Η ερμηνεία σε όλες τις αναφορές για το πώς πετάνε, βασίζεται στο νόμο του Bernoulli. Αυτό ισχύει ακόμη και για sites από διάσημα Πανεπιστήμια.

Το πέταγμα του χαρταετού όμως δεν ερμηνεύεται σε καμία περίπτωση με τη χρήση του νόμου του Bernoulli. Ως γνωστό ο νόμος ισχύει για μία φλέβα αέρα, άρα δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την πάνω και την κάτω πλευρά του χαρταετού.

Το πέταγμα είναι καθαρά θέμα ισορροπίας δυνάμεων. Θυμάμαι όταν ήμουνα παιδί, έδεναν τον αετό στην ταρατσα του σπιτιού μου και αυτός παρέμενε εκεί να πετάει για αρκετές ημέρες ή και εβδομάδες και έπεφτε μόνο όταν άρχιζε να βρέχει. Από τη βροχή και τον αέρα σκιζόντουσαν τα χαρτιά και αυτός ήταν βασικά ο λόγος της πτώσης του.

Η δυναμική της ισορροπίας του χαρταετού

Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στον αετό είναι βασικά τρεις. Το βάρος, η αντίσταση του αέρα και η δύναμη από το σκοινί. Τα ζύγια γίνονται με το σχηματισμό τριγωνικής πυραμίδας. Έτσι το σκοινί από το οποίο δένουμε τον αετό, δένεται σε σημείο που είναι σταθερό στην κορυφή της τριγωνικής πυραμίδας.

Το κέντρο βάρους λόγω της ουράς, είναι λίγο πιο κάτω από το κέντρο συμμετρίας του αετού Σημείο K στο σχήμα.

Η αντίσταση του αέρα τη θεωρώ κάθετη στο επίπεδο του αετού και εφαρμόζεται στο κέντρο συμμετρίας του.

Η τάση του σκοινιού εφαρμόζεται στη κορυφή της πυραμίδας που σχηματίζουν τα ζύγια

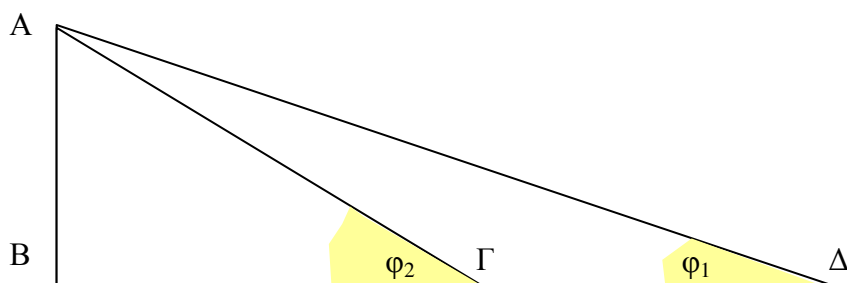
Οι τρεις δυνάμεις για να ισορροπούν θα πρέπει να περνάνε από το ίδιο σημείο. Όσο φυσάει περισσότερο, τόσο αυξάνεται η δύναμη A και η ροπή της ως προς το O (O μοχλοβραχίονας της A ως προς το O είναι σταθερός αφού η αντίσταση του αέρα είναι πάντα κάθετη στον αετό και περνάει από το κέντρο συμμετρίας του ενώ το O είναι και αυτό σταθερό.). Έτσι αυξάνεται και η ροπή του βάρους, που σε αυτή την περίπτωση η αύξηση της ροπής σημαίνει αύξηση του μοχλοβραχίονα, αφού το βάρος του αετού είναι σταθερό. Η αύξηση του μοχλοβραχίονα του βάρους ως προς το O έχει ως αποτέλεσμα ο αετός να γίνεται πιο οριζόντιος και το σκοινί μας πιο κατακόρυφο. Αυτό συμβαίνει έως ότου το ευθύγραμμο τμήμα KO γίνει οριζόντιο, οπότε γίνεται μέγιστη και η ροπή του βάρους ως προς το O . **Αυτή είναι και η μικρότερη κλίση που παρουσιάζει ο χαρταετός με τον ορίζοντα οπότε και η μεγαλύτερη γωνία που πετάει σε σχέση με μας.**

Μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου από κει και μετά δεν σημαίνει απαραίτητα και μεγαλύτερη δύναμη A αφού η δύναμη αυτή εκτός από την εξάρτησή της με την ταχύτητα, εξαρτάται και από την κάθετη επιφάνεια του χαρταετού που συναντάει ο οριζόντιος άνεμος. Όσο μικραίνει η κλίση του αετού τόσο μικραίνει και αυτή η επιφάνεια. Γι αυτό δεν είναι δυνατό ο χαρταετός να πάρει οριζόντια θέση και να είναι ακριβώς πάνω από το κεφάλι μας, αφού σε αυτή την περίπτωση η αντίσταση του αέρα θα ήταν πολύ μικρή. Συμπερασματικά η κλίση του χαρταετού με τον ορίζοντα, εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου και τα ζύγια τα οποία καθορίζουν το σταθερό σημείο O στο οποίο ασκείται η τάση του σπάγκου.

Πως μπορούμε να βρούμε το ύψος που πετάει ο αετός μας με τη βοήθεια ενός κινητού;

Εγκαθιστούμε στο κινητό μας μία από τις πολλές δωρεάν εφαρμογές που υπάρχουν σχετικές με τη μέτρηση γωνιών, γράφοντας στην αναζήτηση protractor, ή μοιρογνωμόνιο.

Τρέχουμε την εφαρμογή και με το κινητό μας σημαδεύουμε τον αετό μας και μετράμε τη γωνία που σχηματίζει η ευθεία που ενώνει το μάτι μας με τον ορίζοντα. Περπατάμε 20m μπροστά προς την κατεύθυνση του αετού και ξαναμετράμε τη γωνία που φαίνεται ο αετός, χωρίς να αλλάξουμε τη θέση από την οποία πετάμε τον αετό. Από αυτά τα δεδομένα μπορούμε να βρούμε το ύψος του αετού.



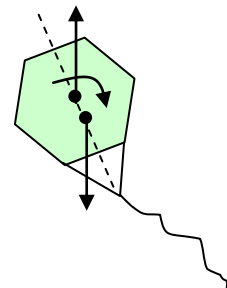
$$\left. \begin{aligned} \sigma\phi_1 &= \frac{\Delta B}{AB} \\ \sigma\phi_2 &= \frac{\Gamma B}{AB} \end{aligned} \right\} \rightarrow AB = \frac{\Delta\Gamma}{\sigma\phi_1 - \sigma\phi_2}$$

Ένα παράδειγμα $\phi_1=45^\circ$ $\phi_2=56^\circ$ και $\Delta\Gamma=20\text{m}$ το ύψος του αετού μας προκύπτει ίσο με 61m.

Ο ρόλος της ουράς του αετού

Η ουρά του αετού δίνει την απαραίτητη ευστάθεια στις στροφές δεξιά και αριστερά. Αυτό συμβαίνει κατά βάση γιατί κατεβάζει το κέντρο βάρους του αετού πιο κάτω από το κέντρο συμμετρίας του, με αποτέλεσμα όταν ο αετός στρίβει προς μία μεριά, αναπτύσσεται η κατάλληλη ροπή που τείνει να επαναφέρει τον αετό στην κατακόρυφη θέση όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Η ουρά του αετού δίνει μία χάρη στο πέταγμά του, αφού ο αετός θα μπορούσε να πετάξει με την κατάλληλη ευστάθεια, αν του προσθέταμε αντί για ουρά ένα τενεκεδάκι. (πολλές φορές το κάναμε όταν ήμασταν παιδιά)



Το σχήμα του σπάγκου του αετού

Όπως αποδεικνύεται στο άρθρο 40 της ιστοσελίδας του ΕΚΦΕ Κέρκυρας

http://dide.ker.sch.gr/ekfe/epiloges/6_artra/diafora_epistimoarthra.html

το σχήμα του σπάγκου είναι υπερβολικό ημίτονο. Τροποποιώντας λίγο την εξίσωση που αναφέρεται στο άρθρο έτσι ώστε να περνάει πάντα από την αρχή των αξόνων, καταλήγουμε στην παρακάτω εξίσωση.

$$y = \frac{a}{2} \cdot \left(e^{\frac{x+c}{a}} + e^{-\frac{x+c}{a}} \right) - \frac{a}{2} \left(e^{\frac{c}{a}} + e^{-\frac{c}{a}} \right)$$

Οι σταθερές a , και c καθορίζονται από το μήκος του σπάγκου, το βάρος του ανά μονάδα μήκους και την τάση που ασκείται στο σημείο που συνδέεται με τον αετό. Η τάση αυτή καθορίζει την παράγωγο της καμπύλης σε αυτό το σημείο.

Καλή σαρακοστή.