

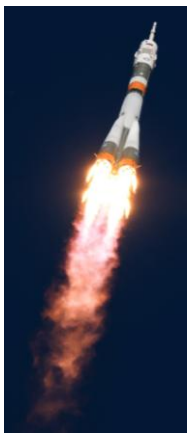
Η Φυσική του Πυραύλου

Ηλίας Καλογήρου, Τάσος Νέζης

Παρουσίαση για το Θερινό Σχολείο της Ε.Ε.Φ. στα Κρέστενα Ηλείας

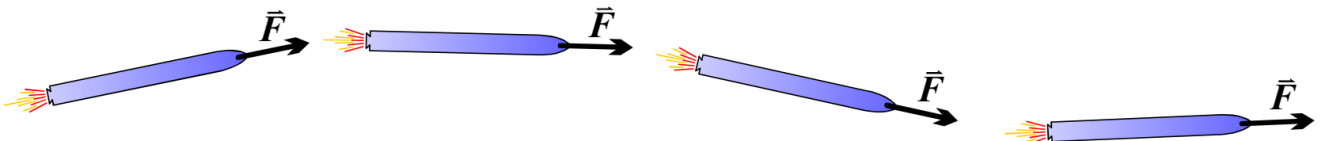
Ιούλιος 2019

<https://youtu.be/i0y-DI7eQAU>



Η ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΟΥ ΠΥΡΑΥΛΟΥ

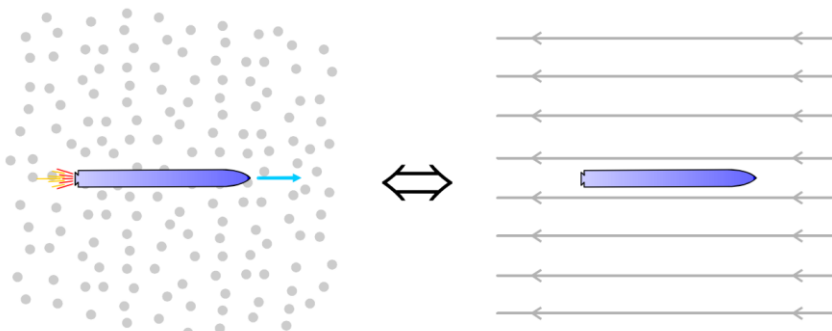
- Περιστροφή γύρω από το CM . Το CM λειτουργεί σαν κέντρο περιστροφής (pivot point) για οποιαδήποτε “τυχαία” περιστροφή. Το συμβολίζουμε έτσι:
- Μικρά κατασκευαστικά λάθη ή αλλαγές στην ατμοσφαιρική πίεση προκαλούν μικροπεριστροφές στον πύραυλο (γύρω από το CM του), άρα αστάθεια στην κίνησή του. Η δύναμη προώθησης (που είναι παράλληλη στον πύραυλο) αλλάζει κατεύθυνση μαζί με τον πύραυλο και η αστάθεια στην κίνηση γίνεται εντονότερη:



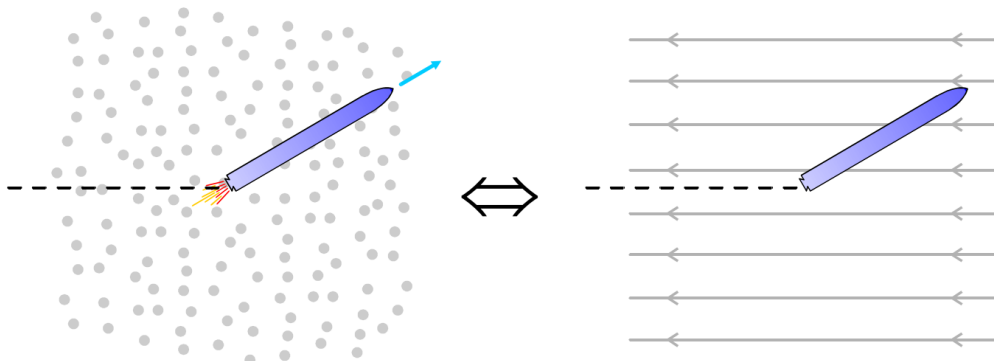
- Χρήση του Μωβ-Juno για την **επίδειξη** της παραπάνω πορείας:



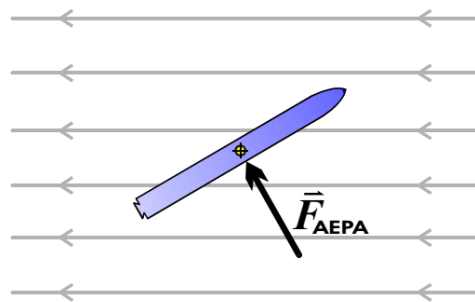
- Τρόπος διόρθωσης:
- Τι γίνεται, όμως, όταν δεν έχουμε πολλούς κινητήρες αλλά μόνο έναν, όπως στην περίπτωση των δικών μας μικρών πυραύλων;
- Εκμεταλλευόμαστε τον ατμοσφαιρικό αέρα και τις δυνάμεις που ασκεί.
- Έστω ότι ο πύραυλος κινείται προς τα δεξιά, ως προς τον ακίνητο αέρα. Είναι σαν να κινείται ο αέρας προς τ' αριστερά, ως προς τον ακίνητο πύραυλο (σχετική κίνηση).



- Όταν ο πύραυλος αλλάξει πορεία (έστω και λίγο) είναι σαν να έχουμε τον αέρα να τον χτυπάει από το πλάι:



- Άρα ασκείται μια δύναμη στον πύραυλο από τον αέρα, που είναι κάπως έτσι:



- Θεωρώντας ότι η συνολική δύναμη του αέρα ασκείται σε ένα σημείο, ονομάζουμε αυτό το σημείο Κέντρο Πίεσης (CP) και το συμβολίζουμε έτσι: $\oplus$
- Το κέντρο πίεσης του πυραύλου μπορούμε να το βρούμε με μια απλή διαδικασία:
 - Φτιάχνουμε ένα μοντέλο του πυραύλου μας σε δύο διαστάσεις, με ένα χαρτόνι. Το μοντέλο είναι το προφίλ του πυραύλου, δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ο αέρας “χτυπάει” τον πύραυλο.
 - Αν “ζυγίσουμε” τον πύραυλο βρίσκουμε το κέντρο μάζας (CM $\ominus$), ενώ αν “ζυγίσουμε” τη δισδιάστατη διατομή του βρίσκουμε το κέντρο πίεσης (CP $\oplus$).
 - Το CP είναι, ουσιαστικά, το σημείο που χωρίζει τον πύραυλο σε δύο ίσες επιφάνειες.



- Τι σημαίνει, όμως, σταθερός πύραυλος; Και πως εμπλέκονται τα CP και CM στην ευστάθεια;
- **Επίδειξη:** κόκκινο & πράσινο μοντέλο πυραύλου με ανεμιστήρα.

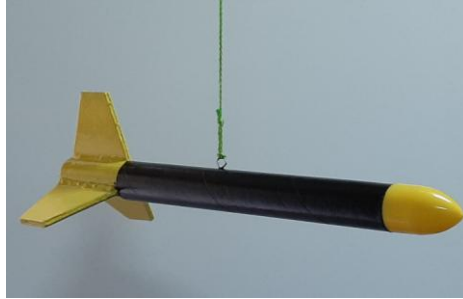


- Πρώτα το κόκκινο: αστάθεια.
- Στη συνέχεια δείχνουμε το πράσινο: ευστάθεια.
- Τι άλλαξε λοιπόν; Όταν το CP είναι πίσω από το CM , ο πύραυλος είναι σταθερός.
- Και πως μπορεί να γίνει αυτό;
 - Μετατοπίζοντας το CM μπροστά: προσθέτοντας βάρος εμπρός. Αυτό όμως είναι ασύμφορο, ειδικά όταν μιλάμε για διαστημικούς πυραύλους.
 - Μετατοπίζοντας το CP πίσω: προσθέτοντας πτερύγια στο πίσω μέρος του.
- Λέμε ότι τα φτερά κάνουν τη διαφορά, προσθέτοντας επιφάνεια, χωρίς πρόσθεση βάρους. Η προσθήκη επιφάνειας μετατοπίζει το CP πίσω από το CM και ο πύραυλος γίνεται σταθερός.
- Η θεωρία λέει πως ένας ευσταθής πύραυλος πρέπει να έχει το κέντρο πίεσής του, τουλάχιστον, σε απόσταση d πίσω από το κέντρο μάζας του, όπου d το πάχος του πυραύλου.
- Τέλος για να ολοκληρώσουμε την ιδέα της σχέσης $CP - CM$ κάνουμε την **επίδειξη** με τις κόκκινες και τις πράσινες σαΐτες:



- Έχουν μοιραστεί, από πριν, στους μαθητές σαΐτες δύο διαφορετικών χρωμάτων.
- Κόκκινες με έναν συνδετήρα πίσω (που μετατοπίζει το CM πίσω) και πράσινες με συνδετήρα μπροστά (που μετατοπίζει το CM μπροστά).
- Λέμε ότι οι σαΐτες έχουν το ίδιο CP , αφού ουσιαστικά είναι πανομοιότυπες και έχουν το CM τους σε διαφορετικό σημείο.
- Βλέπουμε, λοιπόν, την ανάγκη μεταφοράς του CP πίσω από το CM ώστε να έχουμε μια ευσταθή πτήση των σαϊτών άρα και των πυραύλων.

- Ο τελικός έλεγχος για την ευστάθεια ενός πυραύλου: *the string method*.
- Αν ένας πύραυλος είναι σταθερός ή όχι θα το δείξει πάντα η πράξη: η εκτόξευση!
- Μπορούμε, όμως, να κάνουμε έναν επιπλέον έλεγχο σταθερότητας, **πριν** τον εκτοξεύσουμε, γιατί **μετά** δεν έχει γυρισμό!
 - **Δένουμε** τον πύραυλο από το *CM* του και τον κρατάμε. Πρέπει να ισορροπεί οριζόντιος:



- Στη συνέχεια **περιστρέφουμε** τον πύραυλο σε οριζόντιο κύκλο, πάνω από το κεφάλι μας:



- Αν ο πύραυλος είναι σωστά φτιαγμένος, θα εκτελέσει μια σωστή – σταθερή περιστροφή.
- Αν όχι, τότε καλό είναι να μην τον εκτοξεύσουμε γιατί δεν ξέρουμε που (και πως) θα πάει.
- **Δείχνουμε** τη μέθοδο με τον κίτρινο – μαύρο πύραυλο (με φτερά) και με το πράσινο – μαύρο πύραυλο (χωρίς φτερά). Ο πρώτος, όπως και να τον εκκινήσουμε (ορθά ή ανάποδα), περιστρέφεται πάντα ορθά. Ο δεύτερος περιστρέφεται άλλοτε ορθά και άλλοτε ανάστροφα.

