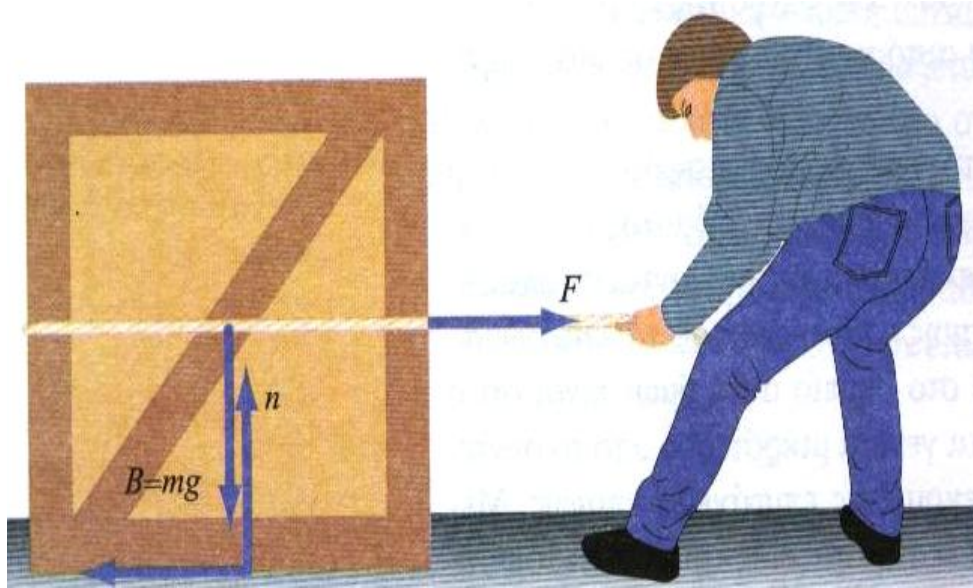


# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ



### ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ

Γκαραβέλα Κωνσταντίνα

Γρίβας Κωνσταντίνος

Δημητρίου Μανώλης

Δημητρίου Σπύρος

Καραγιάννης Νίκος

Κατσίρης Κωνσταντίνος-Νικόλαος

Κλάδης Ευθύμιος-Πανορμίτης

Κουκουζέλης Αλέξανδρος

Κουρτάκη Γεωργία-Παρασκευή

Λούρμπα Αγγελική

Μαρτυγάκης Κωνσταντίνος

Οικονόμου Δημήτρης

Παναγόπουλος Διονύσης

Παπαδόπουλος Σταμάτης

Παπαδοπούλου Αικατερίνη

Πετροπούλου Κατερίνα

Σάμιος Τριαντάφυλλος

Τζουανόπουλος Ανδρέας

Χασιώτης Γιώργος

### Ο ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Κλάδης Κώστας

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

#### Εισαγωγή

#### Κεφάλαιο 1: Τριβή στην καθημερινή ζωή

##### 1.1.Κίνηση

##### 1.2.Τριβή και καθημερινές δραστηριότητες

##### 1.3.Τριβή στην ιατρική

##### 1.4.Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα

##### 1.5.Τρόποι ελάττωσης τριβής

#### Κεφάλαιο 2: Τριβή στα αυτοκίνητα

##### 2.1.Τριβή στα ελαστικά

##### 2.2.Τριβή στα μηχανικά μέρη ενός αυτοκινήτου

##### 2.3.Τριβή από τον αέρα

##### 2.4.Τρόποι ελάττωσης τριβής

#### Κεφάλαιο 3: Σύγχρονοι τρόποι ελάττωσης τριβής

##### 3.1.Ιπτάμενο δελφίνι

##### 3.2.Hovercraft

##### 3.3.Τρένα

#### Κεφάλαιο 4: Τριβή ως δύναμη

##### 4.1.Είδη τριβής

##### 4.2.Νόμοι τριβής

##### 4.3.Πράγοντες που επηρεάζουν την τριβή

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Τριβή ονομάζεται η δύναμη, η οποία αντιστέκεται στην κίνηση ενός σώματος πάνω σε ένα άλλο με το οποίο έρχεται σε επαφή.

Η τριβή εμπλέκεται σε δύο από τις πιο παλιές και βασικές επινοήσεις του ανθρώπου: στη φωτιά και τον τροχό. Ο προϊστορικός άνθρωπος, τρίβοντας ένα σκληρό σ' ένα μαλακό ξύλο, ανάβει φωτιά. Από την άλλη, η «υπερνίκηση» των τριβών με τον τροχό είναι επινόηση τόσο παλιά, που η χρονολόγηση της είναι προβληματική. Κι ακόμα, από την αρχαιότητα χρησιμοποιούνται λιπαντικά, όπως το ζωικό λίπος και τα φυτικά έλαια, για την ελάττωση των τριβών. Όταν η ελληνική φιλοσοφία και τα ελληνικά μαθηματικά καταγράφουν και θεωρητικά όλα τα πρακτικά επιτεύγματα της αρχαιότητας (Πυθαγόρειο θεώρημα), η τριβή παρ' ότι αντιμετωπίζεται πρακτικά (λιπαντικά) δεν φαίνεται να μελετάται συστηματικά. Στην Αριστοτελική Φυσική η κινητική τριβή είναι περιττή. Τα σώματα σταματούν από μόνα τους, όταν πάψει να ενεργεί το αίτιο που τα κινεί. Συστηματική μελέτη της τριβής γίνεται για πρώτη φορά από το Leonardo da Vinci (1452 -1512) που δύσκολα θα μπορούσε να την αποφύγει, αφού ένα από τα πολλά ενδιαφέροντα του ήταν και ο σχεδιασμός αεροδυναμικών οχημάτων.

Οι απόψεις που διατυπώθηκαν από τότε μέχρι και τα τέλη του 19ου αιώνα, αποτελούν τις κλασικές απόψεις για την τριβή που συναντούμε στα σχολικά εγχειρίδια. Πολλά χειρόγραφα του που ανευρίσκονται στους κώδικες Atlanticus, Arundel και Madrid I δείχνουν σχήματα διαφόρων πειραμάτων για τη μέτρηση της τριβής και περιέχουν προτάσεις τεχνολογικών λύσεων για την ελάττωσή της. Από τη μελέτη των σκαριφημάτων των πειραματικών συσκευών είναι προφανές ότι ο da Madrid ήθελε να αποδείξει ότι το μέγεθος της φαινόμενης ή ονομαστικής επιφάνειας επαφής δεν επηρεάζει την τριβή. Ακόμη συνέλαβε την κατασκευή εδράνων κύλισης και σχεδίασε μερικές οδοντώσεις, που θα μείωναν την τριβή.

Σε όλη αυτή τη συνεισφορά ιδεών για την έρευνα της τριβής, οι οποίες προηγούνταν κατά πολύ από τις τεχνολογικές επιτεύξεις της εποχής του, ο Leonardo da Vinci αναγνωρίζεται ως ο πρώτος «τριβολόγος». Απέδωσε την πρώτη τιμή (0,25) στο συντελεστή αναλογίας μεταξύ της δύναμης τριβής και του βάρους των σωμάτων.

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

Τα πορίσματα της εργασίας του βρίσκονταν σε ισχύ σχεδόν 200 χρόνια. Το περιεχόμενο των σημειωματάρων του ήταν άγνωστο μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνα, όταν πλέον είχαν αναδιατυπωθεί οι νόμοι της τριβής, αρχικά από τον Amontons και αργότερα από τον Coulomb. Η ενασχόληση των Γάλλων με την τριβή έχει σχεδόν το χαρακτήρα εθνικής σχολής με ενδιαφέρον για το θέμα που διαρκεί 150 χρόνια. Χαρακτηριστικό είναι πως οι περισσότεροι ερευνητές είναι μηχανικοί (Amontons) ή στρατιωτικοί μηχανικοί (Coulomb, Morin). Το κοινωνικό πλαίσιο καθορίζεται από την άνοδο της αστικής τάξης, τη βιομηχανική επανάσταση και το γεφύρωμα επιστήμης και τεχνικής.

Οι επιστήμονες καλούνται να επιλύσουν τεχνολογικά προβλήματα. Επίσης η ανάγκη για τεχνολογική υποστήριξη του στρατού και του ναυτικού εξασφαλίζει τη συνεργασία διάσημων επιστημόνων.

Ο G. Amontons ασχολείται με τη δυσκολία των σχοινιών να κινηθούν σε τροχαλίες και καταλήγει στους νόμους της τριβής το 1699. Επίσης μελετά την τριβή των στερεών χωρίς λίπανση. Συμπεραίνει ότι η τριβή είναι ανεξάρτητη από την επιφάνεια επαφής και ότι είναι ευθέως ανάλογη με την κάθετη δύναμη. Πιο συγκεκριμένα θεωρεί ότι η τριβή είναι για όλα τα υλικά το  $1/3$  της κάθετης δύναμης. Το μοντέλο ερμηνείας της, σύμφωνα με τον Amontons, είναι αυτό των αλληλοσυμπλεκόμενων ανωμαλιών των επιφανειών επαφής (Bowden- Tabor 1958). Βέβαια, όταν ο Leonardo Da Vinci και ο Amontons αναφέρονται στην τριβή, εννοούν τη στατική τριβή. Η ιδέα της κινητικής τριβής πιθανόν δεν υπήρχε πριν από τον Νεύτωνα (Sargent, 1983). Οι απόψεις του Amontons επιβεβαιώνονται πειραματικά από τον De la Hire το 1732 και από το μεγάλο Ελβετό μαθηματικό Leonard Euler το 1750. Ο Euler ήταν ο πρώτος που δείχνει ότι ο συντελεστής τριβής είναι ίσος με τη γωνία τριβής.

Συντελεστής τριβής είναι ο λόγος της τριβής προς την κάθετη δύναμη  $n = T/F$ . Ο De Camus και ο J. Desaguiller το 1725 επισημαίνουν ότι η τριβή, όταν τα σώματα ηρεμούν, είναι μεγαλύτερη από την τριβή, όταν τα σώματα κινούνται. Το 1781 η Ακαδημία Επιστημών της Γαλλίας προκηρύσσει διαγωνισμό με θέμα τους νόμους της τριβής και τη σκληρότητα των σχοινιών, που να εφαρμόζονται σε μηχανές χρήσιμες στο Ναυτικό, όπως η τροχαλία, ο «εργάτης» και το κεκλιμένο επίπεδο. Ο C. A. Coulomb κερδίζει το βραβείο το 1785 με το «Theorie des machines simples en ayant egard au frottement et a la roideur des cordages» (Θεωρία των απλών μηχανών όσον αφορά την τριβή και την ακαμψία των σχοινιών). Ο Coulomb επιβεβαιώνει τις προηγούμενες απόψεις με πειράματα μεγάλης ακρίβειας και

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

συστηματοποιεί τη μηχανική της τριβής. Οι παράμετροι που μελετά ο Coulomb σε σχέση με την τριβή είναι η φύση των επιφανειών επαφής και οι επιστρώσεις τους, η πίεση που επικρατεί στην επιφάνεια επαφής, το εμβαδόν των επιφανειών, ο χρόνος επαφής των μελετώμενων επιφανειών, η ταχύτητα μετακίνησης των εφραπτόμενων επιφανειών και δευτερευόντως, η υγρασία της ατμόσφαιρας.

Τα υλικά μελέτης του είναι υλικά που βρίσκονται σε χρήση εκείνη την εποχή, δηλαδή μελετά την τριβή σε επιφάνειες ξύλου με ξύλο (από διάφορα δέντρα), μετάλλου με μέταλλο και ξύλου με μέταλλο. Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε ο Coulomb επιβεβαιώνουν κατηγορηματικά ότι η τριβή, όταν το σώμα ηρεμεί (στατική), είναι μεγαλύτερη από αυτήν όταν το σώμα κινείται (τριβή κίνησης). Το καινούριο στοιχείο στη μελέτη της τριβής, είναι η θέση ότι δηλαδή η τριβή είναι ανεξάρτητη από τη σχετική ταχύτητα κίνησης των τριβομένων επιφανειών. Το μοντέλο ερμηνείας του Coulomb είναι το ίδιο με του Amontons, δηλαδή αυτό των ανωμαλιών των τριβομένων επιφανειών που αλληλοσυμπλέκονται και δυσκολεύουν έτσι τη σχετική τους κίνηση.

Ο Coulomb είχε συνείδηση του ρόλου που παίζουν οι συγκολλήσεις μεταξύ τριβομένων επιφανειών, αλλά θεώρησε τον παράγοντα αυτό ως μη σημαντικό (1982). Όμως, νεότερες έρευνες έγιναν από το στρατηγό A. J. Morin (1830) και τον G. A. Him (1854). Ο Morin επιβεβαιώνει τις απόψεις του Coulomb με πιο προσεκτικά σχεδιασμένα πειράματα.

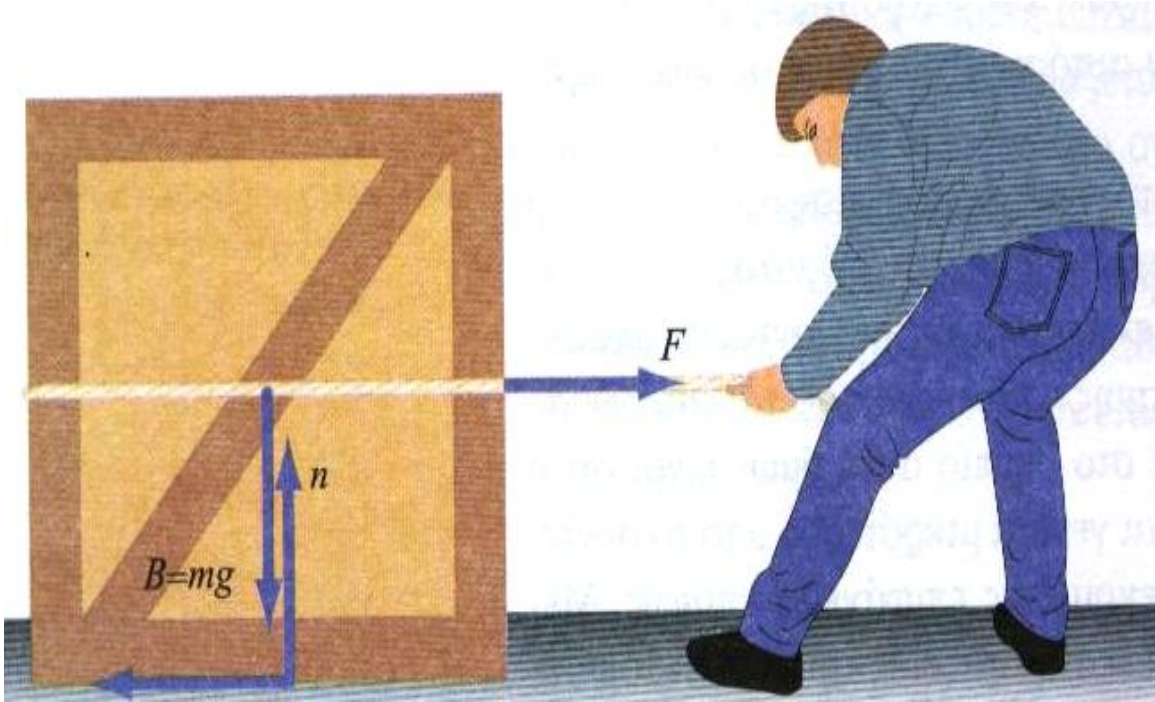
Ο Him ξεχωρίζει την τριβή μεταξύ λιπασμένων και την τριβή μεταξύ αλίπαντων σωμάτων και παρατηρεί ότι η επίδραση της ταχύτητας, της επιφάνειας επαφής και του βάρους διαφέρουν στις δύο περιπτώσεις. Όλοι συμφωνούν με το μοντέλο ερμηνείας των Amontons - Coulomb. Η δράση των λιπαντικών ερμηνεύεται με την υπόθεση ότι αυτά γεμίζουν τα κενά μεταξύ των ανωμαλιών και επίσης οι επιφάνειες γίνονται πιο ολισθηρές.

Οι νόμοι της ξηρής τριβής, όπως διατυπώθηκαν από τον Amontons και συμπληρώθηκαν κυρίως από τον Coulomb, είναι οι γνωστοί νόμοι που διδάσκονται στα σχολεία. Αυτοί οι νόμοι και τα μοντέλα ερμηνείας δέχονται τα πρώτα ρήγματα από τα τέλη του 19ου αιώνα. Ο D. Gallon το 1878 κάνει πειράματα με ταχύτητες πάνω από 30 m/sec και καταλήγει ότι ο συντελεστής τριβής μειώνεται με την ταχύτητα. Οι Bowden, Tabor και συνεργάτες τους στο πανεπιστήμιο του Cambridge ολοκλήρωσαν την ανάπτυξη του λεγόμενου μοντέλου των συγκολλήσεων για την ερμηνεία της τριβής κατά την περίοδο 1945-1970. Στον αιώνα μας χρησιμοποιούνται νέες εργαστηριακές μέθοδοι και νέα υλικά για την μικροσκοπική εξέταση της τριβής, όπως τα ραδιενεργά μέταλλα, μέθοδοι οπτικής συμβολής, ηλεκτρονικά μικροσκόπια, μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας μέσω μεταλλικών επαφών,

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

θερμοφωτογραφήσεις κ.λπ. Επίσης οι εξελίξεις στην ατομική και μοριακή φυσική και στη φυσική της στερεάς κατάστασης παρέχουν και το απαραίτητο θεωρητικό εργαλείο για τη μικροσκοπική εξέταση της τριβής.



### Κεφάλαιο 1° ΤΡΙΒΗ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ

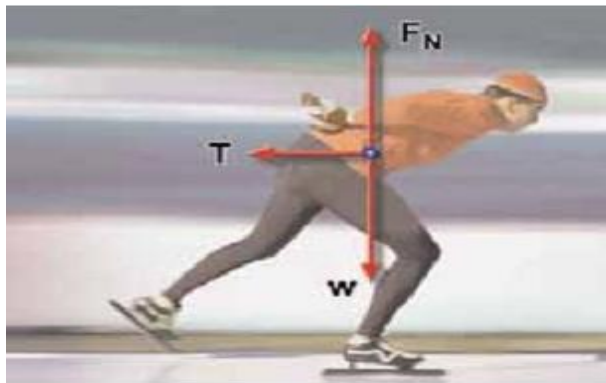
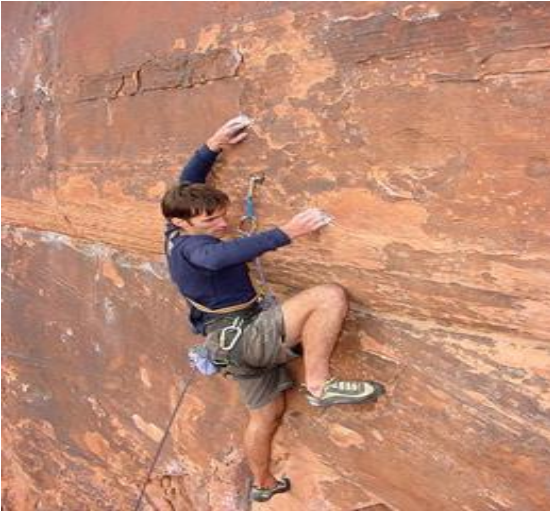
#### 1.1 ΚΙΝΗΣΗ

Η τριβή μετακινεί και σταματά οχήματα (επιταχύνει και επιβραδύνει) τις ρόδες όλων των τροχοφόρων όταν κινούνται. Η τριβή του αέρα επιβραδύνει την κίνηση των οχημάτων και των δρομέων ενώ προσγειώνει ομαλά και ακίνδυνα τον αλεξιπτωτιστή στο έδαφος και τις σταγόνες της βροχής.

Επίσης ζεσταίνει τους δίσκους και τα τακάκια των φρένων, όπως και τα διαστημόπλοια που μπαίνουν στη γήινη ατμόσφαιρα επιστρέφοντας από το διάστημα. Τα ρουλεμάν μειώνουν την τριβή καθώς κυλάνε πάνω στην επιφάνεια, αντί να ολισθαίνουν – όπως ακριβώς και ο τροχός, που μειώνει την τριβή κατά τη μεταφορά ενός φορτίου.

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ



### 1.2 ΤΡΙΒΗ ΚΑΙ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Η τριβή έχει θεμελιακή σημασία στην καθημερινή ζωή. Χάρη στην τριβή μπορούμε να περπατάμε, να πιάνουμε τα αντικείμενα. Επίσης χάρη στην τριβή μπορούμε να κάνουμε κόμπους, να φοράμε τις κάλτσες μας, να λιμάρουμε τα νύχια μας, να παράγουμε ήχους, όπως αυτοί που παράγονται από την κίνηση του δοξαριού επάνω στις χορδές του βιολιού, να ανάψουμε φωτιά τρίβοντας δυο ξύλα, να ανάψουμε ένα σπύρτο.

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

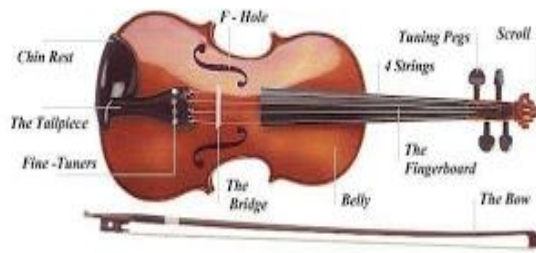
[www.zalimfilms.com](http://www.zalimfilms.com)



Επιπλέον συγκροτεί τις κλωστές στην ύφανση των ρούχων, των χαλιών, των σχοινιών, τα καρφιά στους τοίχους, τις βίδες στα ξύλα και στα μέταλλα, το δαχτυλίδι ή το βραχιόλι στο χέρι μας, το μελάνι του στυλό στο χαρτί.



# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ ΤΡΙΒΗ



# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

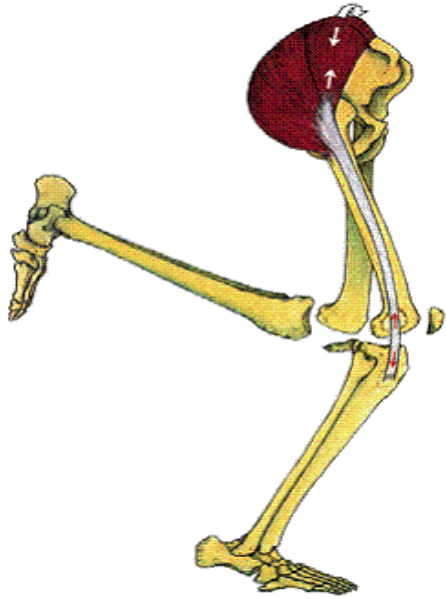
### 1.3 ΤΡΙΒΗ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ

Στον οργανισμό του ανθρώπου υπάρχουν κάποια ειδικά συστήματα μείωσης της τριβής. Όταν περπατάμε αισθανόμαστε τριβή μεταξύ των οστών στις αρθρώσεις των ποδιών. Αυτό συμβαίνει γιατί το αρθρικό υγρό στον αρθρικό θύλακα λειτουργεί ως λιπαντικό. Όταν ο άνθρωπος παραμένει ακίνητος, το αρθρικό υγρό τείνει να απορροφηθεί με αποτέλεσμα να αυξάνεται η τριβή, γεγονός που επιτρέπει τη σταθερή στήριξη του σώματος. Μπορεί να πει κανείς ότι αυτό είναι ένα πολύ καλό παράδειγμα της βιολογικής μηχανικής που η φύση χρησιμοποιεί για την στήριξη των ζωντανών οργανισμών. Τα κόκαλα στην ένωση (άρθρωση) γρήγορα τρίβονται το ένα ενάντια στο άλλο. Αυτή η αφύσικη τριβή δημιουργεί φλεγμονή (πρήξιμο), πόνο και ότι άλλο είναι γνωστό στους ανθρώπους που υποφέρουν από αρθριτικά.

Όμως στο πέρασμα του χρόνου το υγρό τείνει να εξαφανιστεί οριστικά με αποτέλεσμα οι άνθρωποι μεγάλης ηλικίας να υποφέρουν από αρθριτικά. Από την άλλη μεριά, μπορεί κανείς να αναφέρει και άλλα παραδείγματα χρησιμοποίησης ειδικών λιπαντικών στον οργανισμό του ανθρώπου. Για παράδειγμα, για τη μείωση των τριβών της καρδιάς και των πνευμόνων ο οργανισμός χρησιμοποιεί ένα είδος βλέννας. Για την κατάποση των στερεών τροφών και τη μείωση της τριβής στον οισοφάγο χρησιμοποιείται το σάλιο. Ένας άλλος τομέας που η τριβή συμβάλει θετικά είναι στην γυμναστική και ιδιαίτερα στο κολύμπι. Αυτό συμβαίνει γιατί το ολόσωμο μαγιό μειώνει την τριβή και πιέζει το σώμα του κολυμβητή το πιο αεροδυναμικό, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η αποτελεσματικότητα του οξυγόνου και να βελτιώνεται η αντοχή του (ναι, όλα αυτά ένα μαγιό!).



**PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ**  
**ΤΡΙΒΗ**



# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### 1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Είναι δύσκολο να περπατήσει κανείς σε έναν ολισθηρό δρόμο, επειδή υπάρχει χαμηλή τριβή. Όταν κινούμαστε στον πάγο, είναι δύσκολο να περπατήσει λόγω της χαμηλής τριβής του πάγου.

Όμως η τριβή εκτός από τις θετικές επιδράσεις που έχει στην καθημερινή μας ζωή έχει και αρνητικές συνέπειες:

Λόγω της τριβής <<λιώνουν>> τα ρούχα μας, φθείρεται το χαλί και η ψάθα καρέκλας και καταστρέφονται τα σχοινιά μιας τροχαλίας.

Η τριβή φθείρει επίσης: τα ελαστικά των τροχών, τα τακάκια των φρένων, τα κινητά τμήματα των μηχανών, τις σιδηροτροχιές, τα κέρματα, τη μύτη του μολυβιού μας. Το κύριο μειονέκτημα της τριβής είναι ότι παράγει θερμότητα σε διάφορα μέρη των μηχανών. Με τον τρόπο αυτό κάποια χρήσιμη ενέργεια χάνεται ως θερμική ενέργεια. Λόγω της τριβής θα πρέπει να ασκήσουμε περισσότερη δύναμη σε μηχανές. Επιπλέον, εναντιώνεται στην κίνηση και λόγω τριβής, ο θόρυβος παράγεται επίσης σε μηχανές με αποτέλεσμα να καταναλώνουν οι κινητήρες των αυτοκινήτων περισσότερο καύσιμο το οποίο είναι μια απώλεια χρημάτων.



# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### 1.5 ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΑΤΤΩΣΗΣ ΤΡΙΒΗΣ

Η τριβή μειώνεται, όταν μεταξύ στεγνών στερεών επιφανειών παρεμβάλλεται ένα ρευστό, υγρό ή αέριο. Γι' αυτό το λόγω γλιστράμε στο βρεγμένο πεζοδρόμιο, λαδώνουμε τους μεντεσέδες της πόρτας να μην τρίζουν, αδυνατούμε να πιάσουμε αντικείμενα όταν τα χέρια μας έχουν σαπουνάδα είναι λαδωμένα, λιπαίνουμε τα κινούμενα μέρη του κινητήρα του αυτοκινήτου, αλείφουμε με κερί τα χιονοπέδιλά μας, όταν κάνουμε σκι κ.τ.λ.



Για να μειώσουμε τις τριβές, δίνουμε στα πλοία στα υποβρύχια, στα αυτοκίνητα και τα αεροπλάνα αεροδυναμικά σχήματα. Έτσι ο αέρας ή το νερό, ανάλογα με την περίπτωση, κυλάνε ομαλά πάνω στις επιφάνειές τους όταν αναπτύσσουν ταχύτητα. Αυτές οι κατασκευές έχουν συνήθως κωνικό σχήμα στο πίσω μέρος τους. Αεροδυναμικό ή μάλλον για να είμαστε πιο ακριβείς υδροδυναμικό σχήμα έχουν τα δελφίνια, οι καρχαρίες και τα ψάρια έτσι μπορούν να κινούνται στο νερό με ευκολία. Η τριβή ελαττώνεται, όταν το αντικείμενο αντί να ολισθαίνει(γλιστράει) σε μια επιφάνεια, κυλιέται (τσουλάει). Αυτό το ανακάλυψε ο άνθρωπος με τον τροχό περίπου 4500 χρόνια πριν.



# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### Κεφάλαιο2° ΤΡΙΒΗ ΣΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

#### 2.1:ΤΡΙΒΗ ΣΤΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ

Η τριβή είναι απαραίτητη:

- ανάμεσα στα λάστιχα του αυτοκινήτου και το δρόμο, για να μπορεί το αυτοκίνητο να κινείται, να στρίβει αλλά και να σταματά όταν πρέπει και



- ανάμεσα στα φρένα και τις ρόδες, για να μπλοκάρουν οι τροχοί.

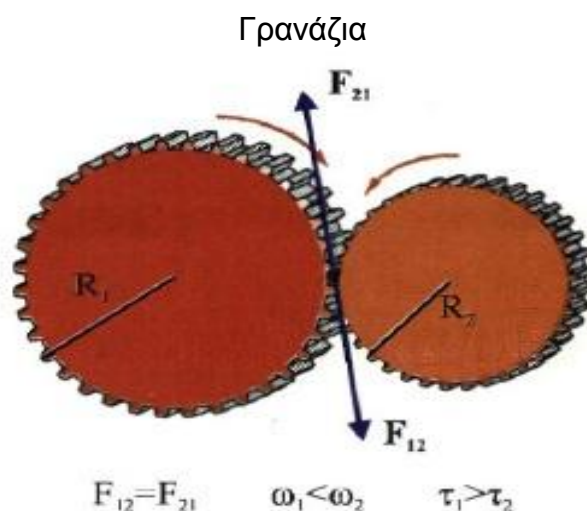
# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### 2.2 ΤΡΙΒΗ ΣΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

#### Γρανάζια και ρουλεμάν

Καλά κρυμμένα κάτω από τα καβούκια, το αμάξωμα και τα υπόλοιπα μηχανικά μέρη, τα γρανάζια και τα ρουλεμάν – τριβείς – παίζουν σπουδαίο ρόλο τόσο στην καλή κατάσταση του αυτοκινήτου, όσο και στην απόδοσή του, αφού η ισχύς που καταναλώνεται από αυτά μόνο ασήμαντη δεν είναι.

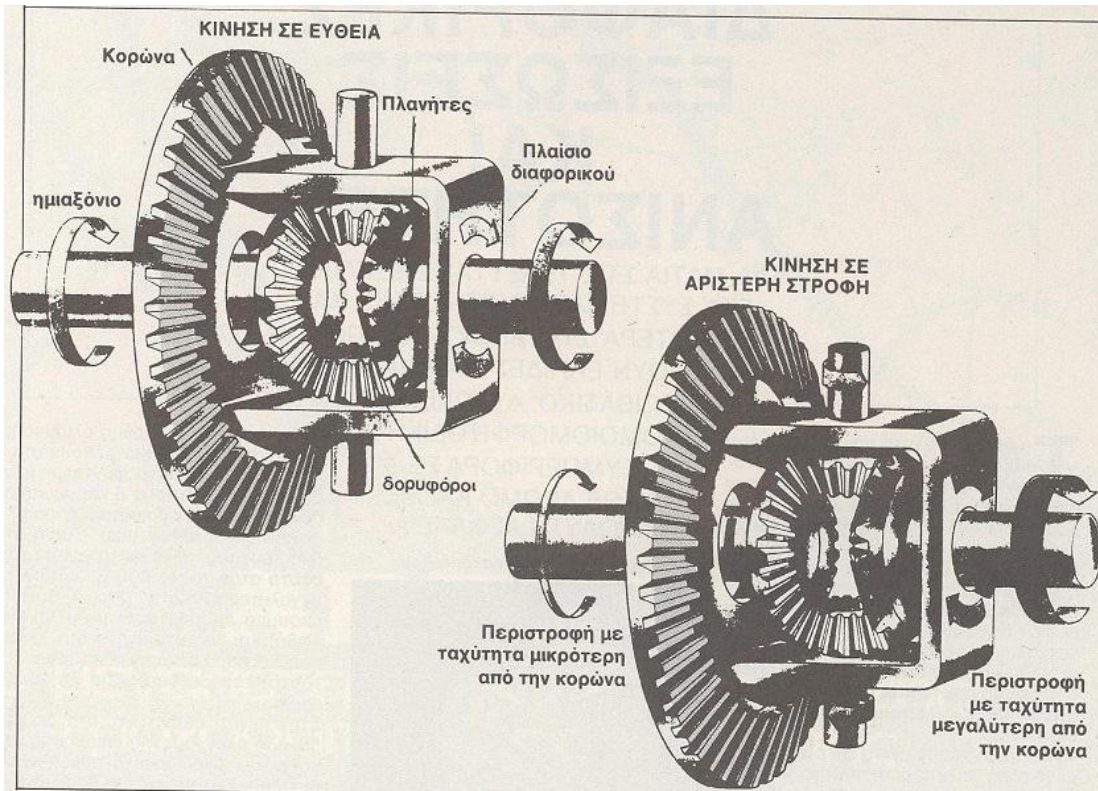


Οι οδοντωτοί τροχοί, σχεδιασμένοι για μεταφορά ισχύος, είναι απαραίτητοι σε ένα αυτοκίνητο. Τους βρίσκουμε στα κιβώτια ταχυτήτων, τα διαφορικά και σε κάποια εξειδικευμένα εκτός δρόμου αυτοκίνητα και στα ακραξόνια – πλήμνες. Τα δόντια τους, ειδικά σχεδιασμένα για αυτή τη δουλειά, κουμπώνουν το ένα πάνω στο άλλο, μεταφέροντας ισχύ από έναν άξονα σε έναν άλλο, τόσο σε παράλληλη – κιβώτιο ταχυτήτων, όσο και σε υπό γωνία – διαφορικό – διάταξη. Η σχεδίαση των δοντιών παίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των γραναζιών και είναι μία ολόκληρη επιστήμη. Το βασικό που πρέπει να ξέρει κάποιος είναι ότι κάθε στιγμή ένα και μόνο ζευγάρι δοντιών, ένα δόντι σε κάθε γρανάζι, μεταφέρει όλη την κίνηση από τον έναν άξονα στον άλλο! Αυτό σημαίνει ότι κάθε δόντι, σε κάθε γρανάζι του συστήματος μετάδοσης, πρέπει να είναι ικανό να μεταφέρει στους τροχούς όλη την παραγόμενη από τον κινητήρα κίνηση. Αν το μεταφράσουμε αυτό στη δύναμη που ασκείται σε ένα, μιλάμε για χιλιάδες κιλά σε ένα και μόνο δοντάκι. Η δύναμη αυτή εφαρμόζεται σε ελάχιστα τετραγωνικά χιλιοστά μετάλλου, οπότε η πίεση στο συγκεκριμένο σημείο είναι τεράστια. Γι' αυτό και η επιφανειακή κατεργασία – το λεγόμενο «βάψιμο» - των γραναζιών παίζει σπουδαίο ρόλο στην αντοχή τους και την διάρκεια ζωής τους.

#### Ρουλεμάν

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ



Τα ρουλεμάν, τριβείς στα ελληνικά, είναι ειδικά σχεδιασμένα, για να μειώνουν τις τριβές ανάμεσα σε δύο επιφάνειες, που κινούνται η μία σε σχέση με την άλλη. Στην περίπτωση των αυτοκινήτων μιλάμε για περιστροφική κίνηση και για σφαιρικούς, με μπίλιες ή κυλινδρικούς, με κυλίνδρους, τριβείς. Κάθε ρουλεμάν έχει κάποια χαρακτηριστικά πέρα από τις διαστάσεις του. Ένα από αυτά είναι η γωνία με την οποία μπορεί να δεχθεί δύναμη. Άλλα είναι σχεδιασμένα να μπορούν να δεχθούν δύναμη κάθετα στον άξονα περιστροφής, άλλα παράλληλα σε αυτό και άλλα σε κάποια συγκεκριμένη γωνία. Τί σημασία έχουν όλα αυτά; Μεγάλη. Αν αλλάξουμε την γωνία με την οποία εφαρμόζεται η δύναμη στο ρουλεμάν, τη γωνία με την οποία το πιέζουμε δηλαδή, είναι σίγουρο πως θα μειώσουμε τη διάρκεια ζωής του! Πώς αλλάζει αυτή η γωνία; Στα ρουλεμάν του βοηθητικού με παράλογη αύξηση της κλίσης των κεντρικών αξόνων. Στα ρουλεμάν των τροχών με αλλαγή του off set ,δηλαδή με την αλλαγή της απόστασης ανάμεσα στη μέση του ελαστικού και το σημείο επαφής της ζάντας με την πλήμνη. Μία αλλαγή της τάξης των 5 μοιρών, που αντιστοιχεί σε αλλαγή του offset της τάξης των 30 χιλιοστών, είναι σίγουρο πως θα μειώσει σχεδόν στο μισό την αντοχή των ρουλεμάν των τροχών!



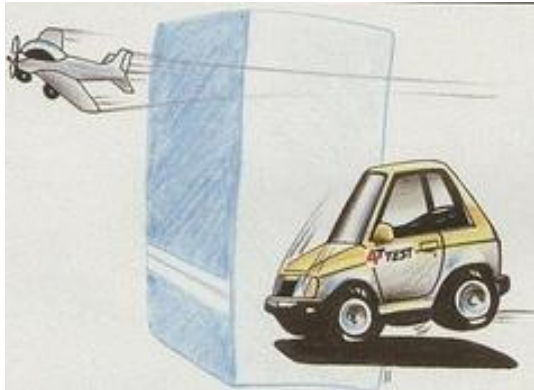
# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### 2.3 ΤΡΙΒΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΕΡΑ

Τί είναι αεροδυναμική; Όταν το αυτοκίνητο βρίσκεται σε κίνηση δέχεται και εξασκεί δυνάμεις σε δύο κυρίως «τομείς»: το οδόστρωμα και το στρώμα

αέρος που το περιβάλλει. Αεροδυναμική επομένως είναι το πεδίο δυνάμεων που απορρέουν από την κίνηση ενός στερεού σώματος μέσα στον αέρα.



Ο αέρας δημιουργεί προβλήματα στα αυτοκίνητα

Η γνώση των παραμέτρων της αεροδυναμικής που σχετίζονται με το αυτοκίνητο θεωρείται αναγκαία προκειμένου να βελτιώσουμε τους ακόλουθους σημαντικούς τομείς επιδόσεων:

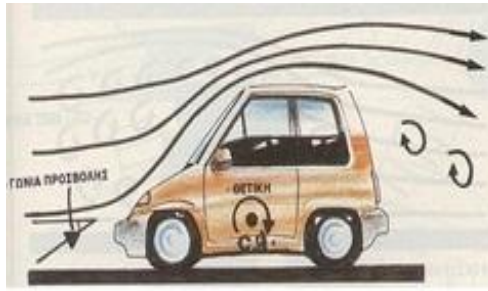
1. Οικονομία καυσίμου.
2. Υψηλές Ταχύτητες.
3. Σταθερότητα Χειρισμών και Υψηλές Ταχύτητες.
4. Σταθερότητα στους Πλευρικούς Ανέμους.
5. Ψύξη Μηχανής και Φρένων.
6. Μειωμένοι Θόρυβοι Αέρος.
7. Εξαερισμός.
8. Απόψυξη.
9. Κλιματισμός.
10. Μείωση του ποσοστού σκόνης και λάσπης που εναποτίθεται στο αυτοκίνητο.
11. Κράτημα των υαλοκαθαριστήρων στη θέση τους.

Η αεροδυναμική σήραγγα είναι το «εργαλείο» που χρησιμοποιείται ευρέως για την αεροδυναμική βελτίωση των επιδόσεων των αυτοκινήτων που είναι, όπως φαίνεται, εξαιρετικά εκτενής. Τα τελευταία χρόνια οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων και τα ερευνητικά κέντρα σε όλο τον κόσμο διαθέτουν τις δικές τους αεροδυναμικές σήραγγες ευρείας κλίμακας και υψηλών επιδόσεων. Απόδειξη της πρακτικής αυτής είναι ότι η «αεροδυναμικότητα» ενός αυτοκινήτου θεωρείται προϋπόθεση για την επιτυχία του στην αγορά. Ας εξετάσουμε πρώτα τη σχέση που υφίσταται μεταξύ αυτοκινήτου και αεροδυναμικής.

Είναι σημαντικό σ' αυτό το σημείο να εξετάσουμε αυτήν τη σχέση γιατί, όπως θα δούμε, ο αέρας εξασκεί επάνω στο αυτοκίνητο ορισμένες δυνάμεις και ροπές που στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να αντιμετωπίσουμε χρησιμοποιώντας διάφορα αεροδυναμικά βοηθήματα.

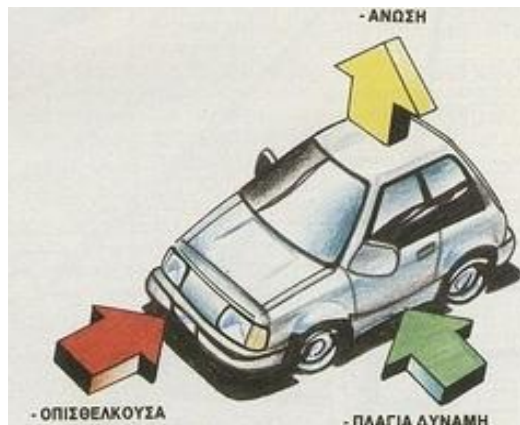
# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ



Οι τρεις βασικές δυνάμεις που εξασκεί ο αέρας στα αυτοκίνητα

Οι τρεις δυνάμεις που επιδρούν στο αυτοκίνητο που βρίσκεται εν κινήσει είναι η **τριβή**, η **άνωση** και η **πλευρική δύναμη**. Τριβή είναι η δύναμη που εμποδίζει το αυτοκίνητο από το να κινείται προς τα εμπρός, άνωση είναι η δύναμη που σηκώνει το αυτοκίνητο από το οδόστρωμα (απώλεια πρόσφυσης) και η πλευρική δύναμη είναι εκείνη που σπρώχνει το αυτοκίνητο από το πλάι (οι πλευρικοί άνεμοι έχουν συνήθως σαν αποτέλεσμα την απώλεια ευθύγραμμης κίνησης ή την ανατροπή του αυτοκινήτου).



Ο αέρας τείνει να ανασηκώσει το αυτοκίνητο

Υπάρχουν τρεις αεροδυναμικές συνιστώσες που συμβάλλουν σημαντικά στην ευστάθεια ή μη του αυτοκινήτου. Η πρώτη είναι η **"γωνία προσβολής"** του πρόσθιου τμήματος του αυτοκινήτου από τα αερονημάτια, που συμβάλλει στην ανύψωσή του γύρω από το κέντρο βάρους του.

Αυτή η συνιστώσα γύρω από το κέντρο βάρους προκαλεί τη **"ροπή ανατροπής"** όπως λέγεται στην αεροδυναμική ορολογία. Η ροπή ανατροπής επομένως συνδέεται άμεσα με τη γωνία προσβολής του αέρα και με την πρόσθια και οπίσθια τάση ανύψωσης του αυτοκινήτου.

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ



Η δεύτερη συνιστώσα είναι η **"ροπή περιστροφής ή περικύλισης"** (roll) που προκαλείται από τον πλευρικό άνεμο και τείνει να ανατρέψει το όχημα προς το πλάι. Η τρίτη είναι η "ροπή εκτροπής" που προκαλείται όταν ο αέρας προσβάλλει το αυτοκίνητο υπό γωνία. Αυτή η συνιστώσα έχει και αποτέλεσμα να εκτρέψει το αυτοκίνητο από την πορεία του. Με λίγα λόγια, βρίσκουμε εξαιρετική δυσκολία στο να οδηγήσουμε το όχημα σε ευθεία γραμμή.

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### 2.4 ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΑΤΤΩΣΗΣ ΤΡΙΒΗΣ

Η τριβή αντίθετα είναι ανεπιθύμητη:

- Οι δρόμοι ασφαλτοστρώνονται για να είναι τραχιά η επιφάνειά τους και τα αυτοκίνητα να στρίβουν με ασφάλεια αλλά και να σταματούν γρήγορα όταν φρενάρουν.
- Στο χιόνι βάζουμε αλυσίδες στα λάστιχα για να αυξηθεί η τριβή στο χιόνι κλπ.



- χρησιμοποιούμε υλικά που μειώνουν τις τριβές όπως λάδια, ζελέ, γράσο κλπ που λέγονται λιπαντικές ουσίες ή λιπαντικά στα μηχανικά μέρη, όπως τα γρανάζια εργαλείων, τα ψαλίδια, οι τροχοί και οι μεντεσέδες από πόρτες και παράθυρα.



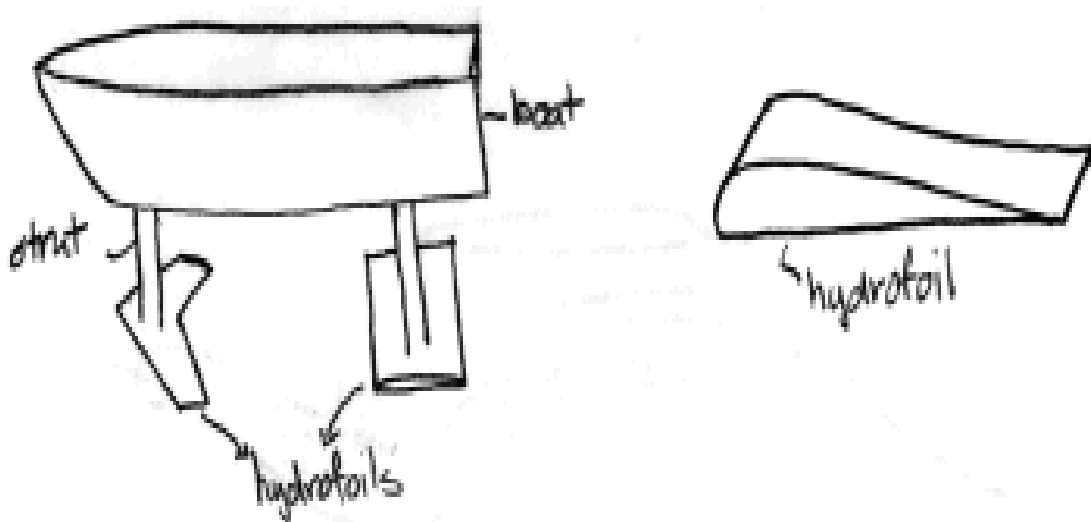
# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΑΤΤΩΣΗΣ ΤΡΙΒΗΣ

#### 3.1 ΙΠΤΑΜΕΝΟ ΔΕΛΦΙΝΙ

Το **Υδροπτέρυγο** ή εμπορικά λεγόμενο **ιπτάμενο δελφίνι**, ή υδροφόιλ, (hydrofoil ship) είναι ναυπηγικός τύπος πλοίου που ανήκει στα ταχύπλοα επιβατηγά πλοία χωρίς θαλάσσιο εκτόπισμα (non displacement craft). Ναυπηγικά φέρει στα ύφαλα μόνιμα πτερύγια, υδροολισθητήρες, (καμπυλωτά πέδιλα συνήθως δύο, με ελαφρά ανοδική κλίση προς την πλώρη), εξαιτίας των οποίων πάνω από συγκεκριμένη ταχύτητα, το κύριο μέρος του σκάφους εξέρχεται στην επιφάνεια του νερού (θάλασσας, ποταμού ή λίμνης) με αποτέλεσμα μηδενίζοντας τις τριβές να αναπτύσσει μεγαλύτερη ταχύτητα. Βεβαίως εξυπακούεται ότι οι άξονες στις προπέλες έχουν μεγάλη κλίση ώστε να διατηρούνται αυτές μέσα στο νερό.



Τα ιπτάμενα δελφίνια μπορούν να αναπτύξουν υψηλές ταχύτητες, 30-40 κόμβοι (μονάδα μέτρησης ταχύτητας πλοίου και είναι ίση με ένα ναυτικό μίλι την ώρα), παρόλα αυτά είναι ευαίσθητα στους κυματισμούς, για αυτό και δεν διαθέτουν ανοικτό κατάστρωμα. Συνήθως πλέουν με οικονομική ταχύτητα 25-30 κόμβους.

Στην Ελλάδα αυτός ο τύπος σκάφους έλαβε τον εμπορικό τίτλο "Ιπτάμενο δελφίνι" στη δεκαετία του '70 όταν τέτοιο σκάφος με το όνομα "express" είχε δρομολογηθεί σε γραμμές του Αργοσαρωνικού.

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ



Τα πρώτα υδροφύλλια σκάφη κατασκευάστηκαν στις ΗΠΑ και αργότερα διαφορετικοί τύποι υδροπτερυγίων αναπτύχθηκαν στη δυτική Ευρώπη, ΗΠΑ Νότια Αφρική και Νέα Ζηλανδία, με κύριο σκοπό τον διάπλου σε λίμνες. Περίπου το 80% του συνόλου των πλοίων έχουν κατασκευαστεί στη Σοβιετική Ένωση. Στην Ελλάδα πιο γνωστά είναι τα σοβιετικής κατασκευής ιπτάμενα δελφίνια της κλάσης Μετεόρ, που εφόσον καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν επεκτείνουν τους πλόες τους ακόμα και σε γραμμές του Αιγαίου.



# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### 3.2 HOVERCRAFT

Το Hovercraft εφευρέθηκε το 1950 από έναν Άγγλο μηχανικό τον Christopher Cockerel. Το αερώστρομο ή περισσότερο γνωστό ως Hovercraft είναι ειδικός τύπος πλοίου που η κίνησή του γίνεται πάνω σε στρώμα αέρος που επιτυγχάνεται με ειδικούς επιπρυμναίους αεροστροβίλους (ανεμιστήρες) πίσω από τους οποίους φέρονται τα πηδάλια. Εφευρέθηκε από τον Βρετανό μηχανικό Κρίστοφερ Κόκερελ. Στην αρχή της ναυπηγικής παρουσίας του, ονομάστηκε "αεροσκάφος", πλην όμως αυτή η ονομασία δεν διατηρήθηκε. Τα σκάφη αυτά είναι συνήθως μικρής χωρητικότητας 250 τόνων περίπου ικανά να μεταφέρουν περί τους 300, ή και περισσότερους, επιβάτες και γύρω στα 25 επιβατηγά οχήματα. Το πρώτο ολοκληρωμένο Hovercraft, το SRN1, δεν ήταν φτιαγμένο και έτοιμο για δοκιμές μέχρι τις 28 Μαΐου 1959 .



Εξαιτίας της τριβής μεταξύ του πλοίου και του νερού, τα πλοία δεν έχουν φτιαχτεί να ταξιδεύουν χωρίς τη χρήση δυνατών μηχανών ,οι οποίες χρησιμοποιούσαν πολύ καύσιμο έτσι ο Christopher Cockerel σκέφτηκε κάτι για να μειώσει τη τριβή. Για τη μείωση κάθε είδους τριβής , χρειάζεσαι λιπαντική ουσία. Ο Cockerel σκέφτηκε ότι ο αέρας μπορεί να είναι η απάντηση που έψαχνε. Μετά από την πραγματοποίηση πολλών πειραμάτων βρήκε μια λύση. Η επικάλυψη του αέρα γύρω από το σκάφος της λέμβου με τη μορφή ενός δακτυλιοειδούς , ή σε σχήμα δακτύλου ,ήταν η απάντηση στη τριβή.

Λόγω των αμφίβιων ικανοτήτων τους έχουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που ξεκινά από μεγάλο μεγέθους στρατιωτικά σκάφη (π.χ. LCAC, Zubr), επιβατηγά/οχηματαγωγά (π.χ. SR.N4 Mk3),μέχρι τα μικρότερου μεγέθους σκάφη αναψυχής, ή αγωνιστικά.

Συνεχώς ο ναυπηγικός αυτός τύπος σκαφών βελτιώνεται και πολλά τέτοια σκάφη έχουν προτιμηθεί από πολλές ναυτικές δυνάμεις Χωρών, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, στην εξέλιξη των πλοίων αποβάσεων καθώς και για αμφίβιες επιχειρήσεις και ανάγκες

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

ναρκοπολέμου. Η πρώτη εμπορική εμφάνιση και εκμετάλλευση των hovercraft ήταν στις πορθμειακές γραμμές μεταξύ Αγγλίας και Γαλλίας.

Σημαντικότατος επίσης υπήρξε ο πολεμικός στόλος των Hovercrafts που είχε δημιουργήσει ο τελευταίος Σάχης της Περσίας λίγο πριν την πτώση του, και που αποτελούσε τον φόβο και τον τρόμο σε όλο τον Περσικό τότε και σήμερα Αραβικό Κόλπο, που όμως μετά την μεταπολίτευση του Ιράν και τον Περσοϊρακινό πόλεμο που ακολούθησε, στην αρχή καθελώθηκε από έλλειψη ανταλλακτικών και στη συνέχεια εγκαταλείφθηκε.

Στο ελληνικό πολεμικό ναυτικό, αυτός ο τύπος πλοίου χαρακτηρίζεται ως "πλοίο ταχείας μεταφοράς"

Η ζωή θα ήταν πολύ διαφορετική χωρίς αυτή τη σημαντική εφεύρεση του Hovercraft. Με τη χρήση του, οι άνθρωποι μπορούν να ταξιδεύουν γρηγορότερα μέσω θαλάσσης και η ικανότητα του να μεταφέρει βαριά φορτία γρηγορότερα είναι επίσης ένα σημαντικό πλεονέκτημα για εμάς.





# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### 3.3 ΤΡΕΝΑ

Τα μαγνητικά τρένα (maglev) κινούνται και αιωρούνται από μαγνητικά πεδία. Επειδή δεν ακουμπούν στο έδαφος έχουν ελάχιστη αντίσταση και θόρυβο και υψηλές ταχύτητες - 500 με 550 k m/h.



Τροφοδοτείται με τριφασικό ρεύμα και παράγει ένα εναλλασσόμενο και κινούμενο μαγνητικό πεδίο που παρασύρει τον μαγνήτη του τρένου. Η γραμμή τροφοδοτείται κατά τμήματα μόνο στο κομμάτι που είναι το τρένο και στο μπροστινό του κάθε φορά. Αντιστρέφοντας τις φάσεις ο γραμμικός κινητήρας γίνεται γεννήτρια , και έτσι φρενάρει το βαγόνι και επιστρέφει ρεύμα στο δίκτυο. Ανάλογα με τον τρόπο ανύψωσής τους διακρίνονται σε ηλεκτρομαγνητικής (Swiss, metro, transrapid ) και ηλεκτροδυναμικής ανύψωσης ( Yamanashi, magplane)Στα τρένα ηλεκτρομαγνητικής ανύψωσης, οι ηλεκτρομαγνήτες στο κάτω μέρος του βαγονιού έλκουν το προς τα πάνω το κάτω μέρος της τροχιάς μορφής T και έτσι αιωρούνται 1~1,2 c m. Υπάρχει σύστημα αυτόματου ελέγχου του διακένου και γραμμική γεννήτρια που επάγει ρεύμα στο βαγόνι για τη λειτουργία του. Τα τρένα ηλεκτροδυναμικής ανύψωσης βασίζονται στο επαγωγικό φαινόμενο. Όταν ένας μαγνήτης (ή ηλεκτρομαγνήτης) κινείται σε απόσταση από φύλλου αλουμινίου (ή άλλου αγωγίμου μετάλλου) ή από σπείρα, τότε παράγεται τάση στην μάζα του μετάλλου ή στην σπείρα (σύμφωνα με τον νόμο του Faraday).Η τάση βραχυκυκλωμένη από την μάζα δημιουργεί κλειστά ρεύματα (τα δινορεύματα) που παράγουν μαγνητικό πεδίο αντίθετο από του μαγνήτη (σύμφωνα με τον νόμο Lenz, αρχή διατήρησης μαγνητικής κατάστασης υλικού ).Τα αντίθετα μαγνητικά πεδία απωθούνται με δύναμη ανύψωσης (και πέδησης) σηκώνοντας το τρένο κατά 10cm.Το τρένο magplane τρέχει μέσα σε αλουμινένια κοίτη και έχει μόνιμους μαγνήτες στα κάτω πλάγια του βαγονιού. Όταν ξεκινάει ακουμπά σε ρόδες εωσότου φτάσει σε κάποια ταχύτητα που οι μαγνήτες θα δεχτούν την δύναμη ανύψωσης του επαγόμενου μαγνήτη αλουμινίου και θα σηκωθεί (όπως τα αεροπλάνα).

Η δύναμη ανύψωσης αναλύεται σε κατακόρυφη που σηκώνει το τρένο και σε οριζόντια που το ευθυγραμμίζει στην τροχιά του. Το λειτουργικό μας μοντέλο magplane προωθείται από τριφασικό γραμμικό ηλεκτροκινητήρα στο κάτω μέρος του καναλιού της τροχιάς, τροφοδοτούμενο από Inverter μεταβαλλόμενης συχνότητας.

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

Το τρένο Yamanashi έχει στο βαγόνι ηλεκτρογεννήτρια που τροφοδοτεί ισχυρούς πλαϊνούς ηλεκτρομαγνήτες με υπεραγώγιμα πηνία που ψύχονται με ήλιο. Έχει ρόδες κάτω και στα πλάγια για τις χαμηλές ταχύτητες εκκίνησης – σταματήματος. Στα δύο πλάϊνά του καναλιού υπάρχουν 2 τριφασικοί γραμμικοί κινητήρες που προωθούν το τρένο. Η μαγνητική δύναμη ανύψωσης δεν παράγεται σε αλουμίνιο αλλά σε σπείρες σχήματος (8) που βρίσκονται και αυτά στα πλάϊνά του καναλιού. Το πάνω μέρος του γίνεται N πόλος που έλκει τον B πόλο του τρένου και το κάτω μέρος του γίνεται B πόλος που απωθεί τον B πόλο του τρένου κι έτσι σηκώνεται. Αν το βαγόνι πλησιάσει περισσότερο στην μια κοίτη θα αυξηθεί η απωστική δύναμη (που είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης) και θα σπρώξει το βαγόνι προς την άλλη ευθυγραμμίζοντας το. Τα μοντέλα αυτά αιωρούνται από μόνιμους μαγνήτες στο κάτω μέρος των καναλιών και των βαγονιών με σκοπό την ελάττωση της τριβής.



# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ4° ΤΡΙΒΗ ΩΣ ΔΥΝΑΜΗ

#### 4.1 ΕΙΔΗ ΤΡΙΒΗΣ

##### 1. Στατική τριβή

Η στατική τριβή είναι η δύναμη που εμποδίζει ένα σώμα να κινηθεί όσο ακόμα το σώμα ισορροπεί. Το μέτρο της είναι ίσο με το μέτρο της δύναμης που εφαρμόζεται που τείνει να κινήσει το σώμα και μπορεί να πάρει τιμές από μηδέν Νιούτον μέχρι μία μέγιστη τιμή που ισούται με  $\mu_s \cdot N$ . Όπου  $\mu_s$  είναι ένα μέγεθος που ονομάζεται συντελεστής στατικής τριβής και εξαρτάται από το πόσο τραχιά είναι μία επιφάνεια. Ο συντελεστής τριβής υπολογίζεται πειραματικά. Η  $N$  είναι η δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα στα σώματα που εφάπτονται. Η σχέση της στατικής τριβής είναι η:

$$T_{\sigma\tau\alpha\tau} = \mu N$$

**Μερικοί λένε πως η στατική τριβή δεν είναι τριβή. Τι εννοούν:** Εννοούν ότι τα δύο σώματα δεν τρίβονται, ούτε και θερμαίνονται άρα ο όρος στατική ΤΡΙΒΗ δεν σχετίζεται με τις αναπαραστάσεις των μαθητών. Το «στατική τριβή» δεν είναι παρά ένας όρος τον οποίο χρησιμοποιεί η Φυσική για μία δύναμη που περιγράφει το «γάντζωμα» των δύο σωμάτων.

**Ποια είναι η ΤΙΜΗ της στατικής τριβής ;** Το βαρύ κιβώτιο βρίσκεται στο τραπέζι και δεν το πειράζει κανείς. Οι δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο είναι το βάρος και η κάθετη αντίδραση. Αν κάποιος θελήσει να μετακινήσει το κιβώτιο ασκώντας μία μικρή οριζόντια δύναμη  $F_1$  και αποτύχει για να ερμηνεύσουμε το φαινόμενο ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ δεχόμαστε ότι το τραπέζι ασκεί στο κιβώτιο ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΡΙΒΗ ίση κατά μέτρο με τη δύναμη  $F_1$  και σε αντίθετη κατεύθυνση. Αν ο «κάποιος» επιμείνει με μεγαλύτερη δύναμη  $F_2$  και το κιβώτιο διατηρηθεί ακίνητο δεχόμαστε ότι το τραπέζι ασκεί στο κιβώτιο ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΡΙΒΗ ίση σε μέτρο με την  $F_2$ . Εφόσον το κιβώτιο διατηρείται ακίνητο η στατική τριβή θα είναι ίση σε μέτρο με την οριζόντια δύναμη. Να αλλά θα έρθει κάποια στιγμή που το κιβώτιο θα μετακινηθεί. Για να περιγράψουμε την εμπειρία έτσι ώστε να ισχύουν οι νόμοι δεχόμαστε ότι η επιφάνεια του τραπεζιού μπορεί να ασκεί στατική τριβή και να συγκροτεί το κιβώτιο μέχρι ένα σημείο.

Υπάρχει δηλαδή ένα μέγιστο στην τιμή της στατικής τριβής που μπορεί να ασκεί η επιφάνεια του τραπεζιού. Οι μετρήσεις δείχνουν ότι η μέγιστη αυτή τιμή είναι ίση με το γινόμενο της κάθετης αντίδρασης επί ένα συντελεστή  $\mu_{\sigma}$ , τον λεγόμενο «συντελεστή στατικής τριβής» .

$$T_{\sigma, \max} = \mu_{\sigma} N$$

Για τις τιμές που μπορεί να έχει η στατική τριβή ισχύει  $0 \leq T_{\sigma, \max} \leq \mu_{\sigma} N$ . Η σχέση  $T_{\sigma, \max} \leq \mu_{\sigma} N$  περιγράφει – μαζί με τις εξισώσεις ισορροπίας – το φαινόμενο «σχετική ισορροπία» Η σχέση  $T_{\sigma, \max} = \mu_{\sigma} N$  ισχύει όταν «επίκειται ολίσθηση».

**Πώς μπορούμε να μετρήσουμε τον συντελεστή στατικής τριβής ;**

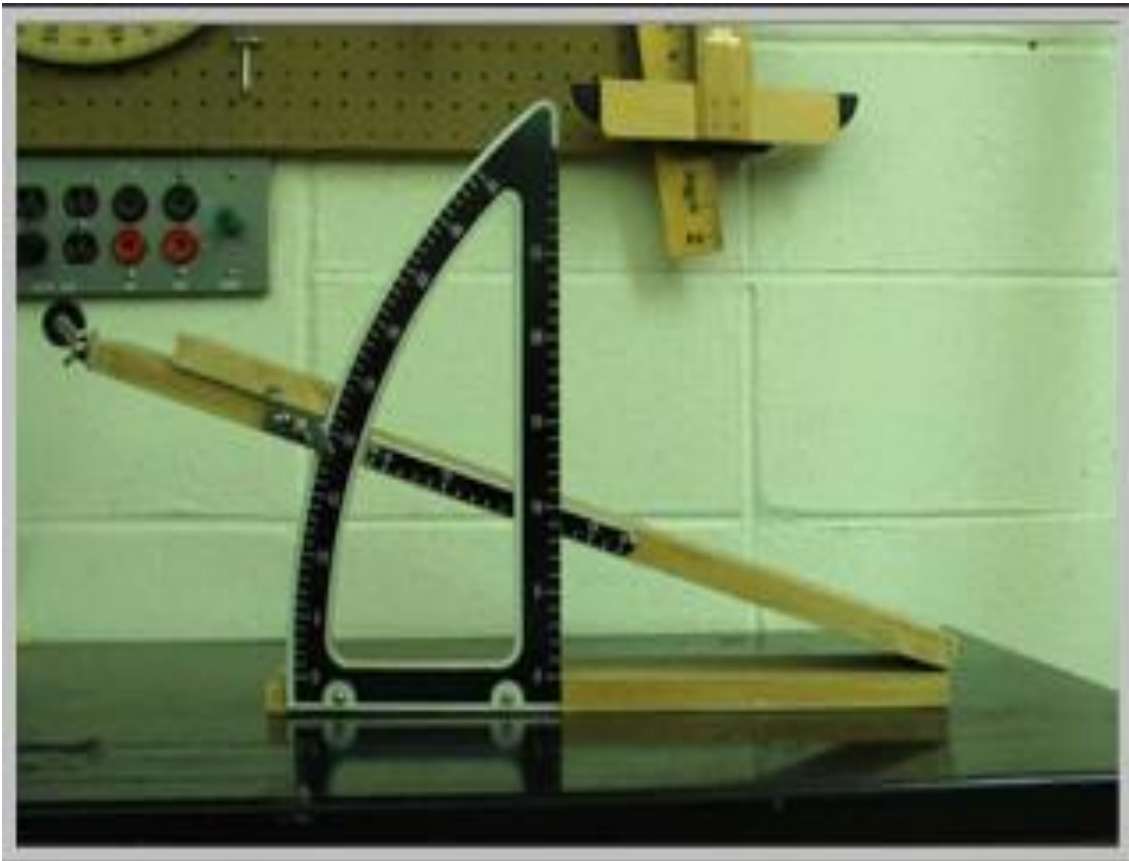
# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

Μια καλή λύση είναι το ΤΡΙΒΟΜΕΤΡΟ. Βάζουμε το αντικείμενο πάνω στη σανίδα και αρχίζουμε αργά να τη σηκώνουμε μέχρι τη στιγμή που το αντικείμενο θα αρχίσει να γλιστρά προς τα κάτω. Προσδιορίζουμε τη γωνία  $\theta$  που σχηματίζει εκείνη τη στιγμή η επιφάνεια της σανίδας με το οριζόντιο επίπεδο. Εφαρμόζουμε τον νόμο της αδράνειας (  $mg \eta \mu \theta = T_{\sigma}$  και  $mg \sigma \nu \theta = N$  ) και τη σχέση  $T_{\sigma, \max} = \mu_{\sigma} N$ . Καταλήγουμε στη σχέση  $\mu_{\sigma} = \epsilon \phi \theta$ .

Με τη γωνία  $\theta$  στην οποία αρχίζει η ολίσθηση μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή στατικής τριβής καθώς και τη μέγιστη στατική τριβή.

Το ξύλινο αντικείμενο γλιστρά όταν η γωνία γίνει  $22^{\circ}$  και εφόσον  $\epsilon \phi 22^{\circ} = 0,4$  ο συντελεστής στατικής τριβής είναι 0,4.



## 2. Οριακή τριβή

Αν αυξάνουμε την τιμή της δύναμης  $F$  που ασκούμε σε ένα σώμα, μέσω του δυναμόμετρου θα παρατηρήσουμε ότι σε κάποια στιγμή το σώμα θα αρχίσει να γλιστρά (ολισθαίνει) πάνω στο επίπεδο. Η δύναμη της στατικής τριβής έχει πάρει τη μέγιστη τιμή και λέγεται οριακή τριβή.

# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

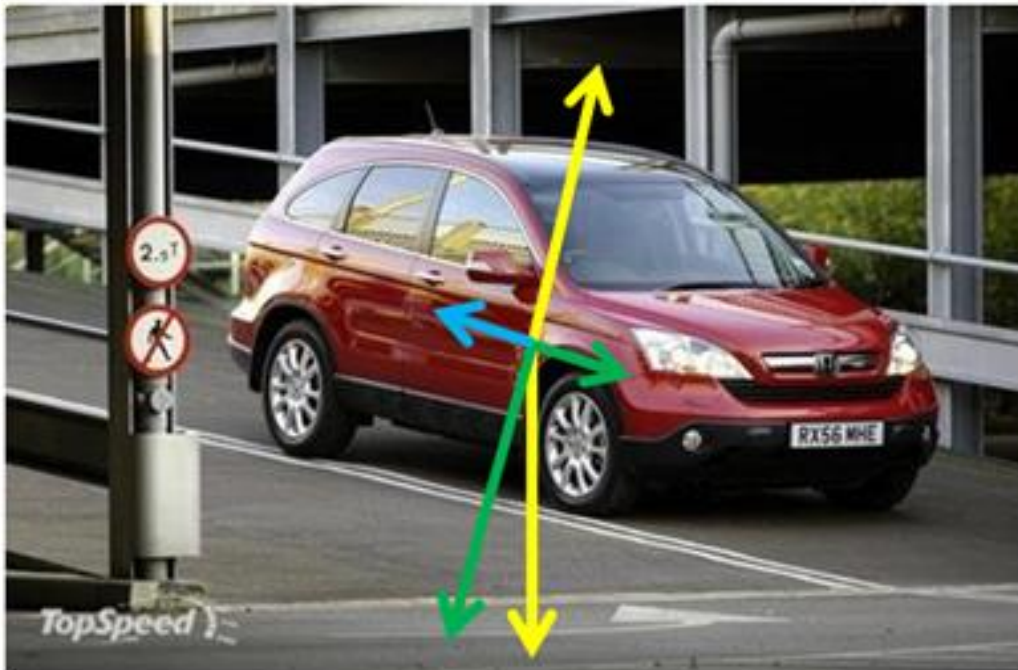
### 3. Τριβή ολίσθησης

Όταν η εξωτερική δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα που είναι ακίνητο ξεπεράσει μια τιμή τότε το σώμα αρχίζει να ολισθαίνει και πλέον ασκείται σε αυτό τριβή ολίσθησης. Η τριβή ολίσθησης είναι λίγο μικρότερη από το μέγιστο της στατικής τριβής γιατί όταν το σώμα αποκτήσει ταχύτητα οι δυνάμεις τριβής ελαττώνονται ελαφρά.

Η τριβή ολίσθησης είναι η δύναμη που αντιστέκεται στην σχετική κίνηση των σωμάτων που εφάπτονται και βρίσκονται σε κίνηση. Λέγεται επίσης και κινητική τριβή. Έχει φορά αντίθετη της κίνησης και μέτρο που δίνεται από την παρακάτω σχέση:  $T = \mu_k N$

Όπου  $\mu_k$  ο συντελεστής τριβής ολίσθησης, σε αντιστοιχία με τον συντελεστή στατικής τριβής. Για όλες τις επιφάνειες με εξαίρεση τις πολύ λείες είναι ελαφρά μικρότερος από τον συντελεστή στατικής τριβής. Η τριβή ολίσθησης ασκείται σε ένα σώμα που γλιστρά στην επιφάνεια ενός άλλου σώματος και συγχρόνως την πιέζει. Συνυπάρχει δηλαδή πάντοτε με την ΚΑΘΕΤΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ η οποία επίσης ασκείται στο κινούμενο σώμα από την επιφάνεια του άλλου σώματος. Τα δύο σώματα βρίσκονται σε επαφή και συγχρόνως κινούνται, το ένα ως προς το άλλο.

Πώς είναι η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ της: Εφόσον ένα σώμα  $\Sigma_1$  βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια ενός άλλου σώματος  $\Sigma_2$  και τα δύο σώματα αλληλοσπρώχνονται, το  $\Sigma_2$  ασκεί στο  $\Sigma_1$  - εκτός από την κάθετη αντίδραση - και δύναμη με το όνομα τριβή η οποία έχει κατεύθυνση πάντοτε αντίθετη από εκείνη της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_1$  ως προς το  $\Sigma_2$ .

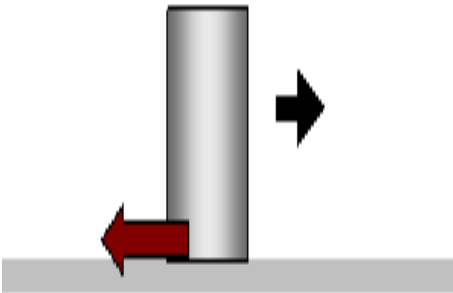


# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

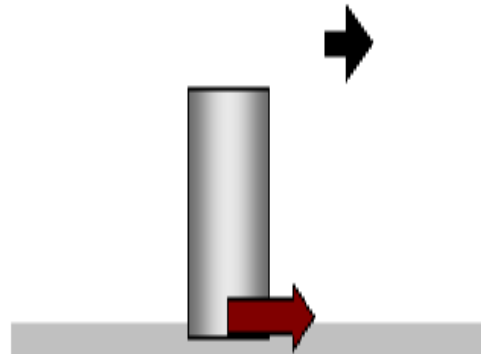
## ΤΡΙΒΗ

Αν ένα αντικείμενο  $\Sigma$  γλιστρά πάνω σε οριζόντιο έδαφος, το έδαφος ασκεί στο κινούμενο σώμα τριβή  $T$  με κατεύθυνση αντίθετη προς την ταχύτητά του  $\Sigma$ . Συγχρόνως – σύμφωνα και με τον νόμο δράσης αντίδρασης - το αντικείμενο  $\Sigma$  ασκεί δύναμη στο «ακίνητο» έδαφος. Πρόκειται για την αντίδραση της τριβής  $T$ , η οποία έχει φορά αντίθετη της  $T$  και μέτρο ίσο με την  $T$ . Είναι κι αυτή μια τριβή ολίσθησης. Την σημειώνουμε βέβαια μόνο εάν χρειαστεί να μελετήσουμε το έδαφος. Η μία τριβή δεν υπάρχει χωρίς την άλλη. Η παρουσία τους επιφέρει υποβάθμιση της ενέργειας.

Η τριβή την οποία ασκεί το έδαφος στο  $\Sigma$



Η τριβή την οποία ασκεί το  $\Sigma$  στο έδαφος



# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

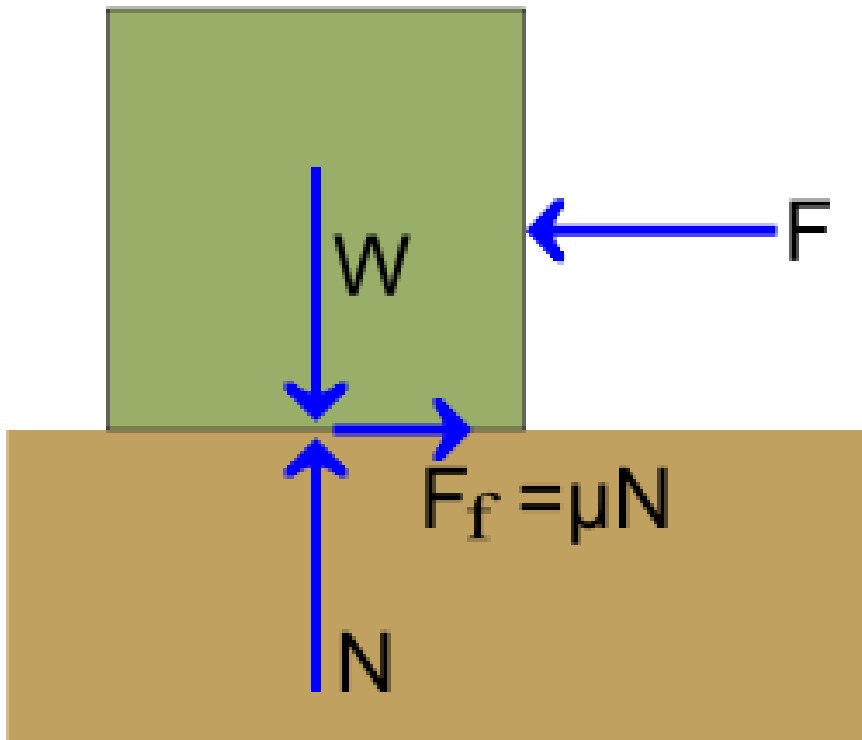
### 4.2 ΝΟΜΟΙ ΤΡΙΒΗΣ

$$\underline{T = \mu N}$$

Στη σχέση αυτή, **T** είναι η τριβή, **μ** ο συντελεστής που ονομάζουμε συντελεστή τριβής και **N** η κάθετη δύναμη με την οποία συμπίεζονται οι επιφάνειες.

Η έκφραση  $T = \mu N$  αποτελεί την ποσοτική έκφραση του νόμου της τριβής ολίσθησης που διατυπώνεται ως εξής:

1. Η τριβή ολίσθησης έχει τιμή ανάλογη της κάθετης δύναμης **N**
2. Ο συντελεστής αναλογίας **μ** λέγεται συντελεστής τριβής και εκφράζει την εξάρτηση της τριβής από τη φύση των επιφανειών που είναι σε επαφή.

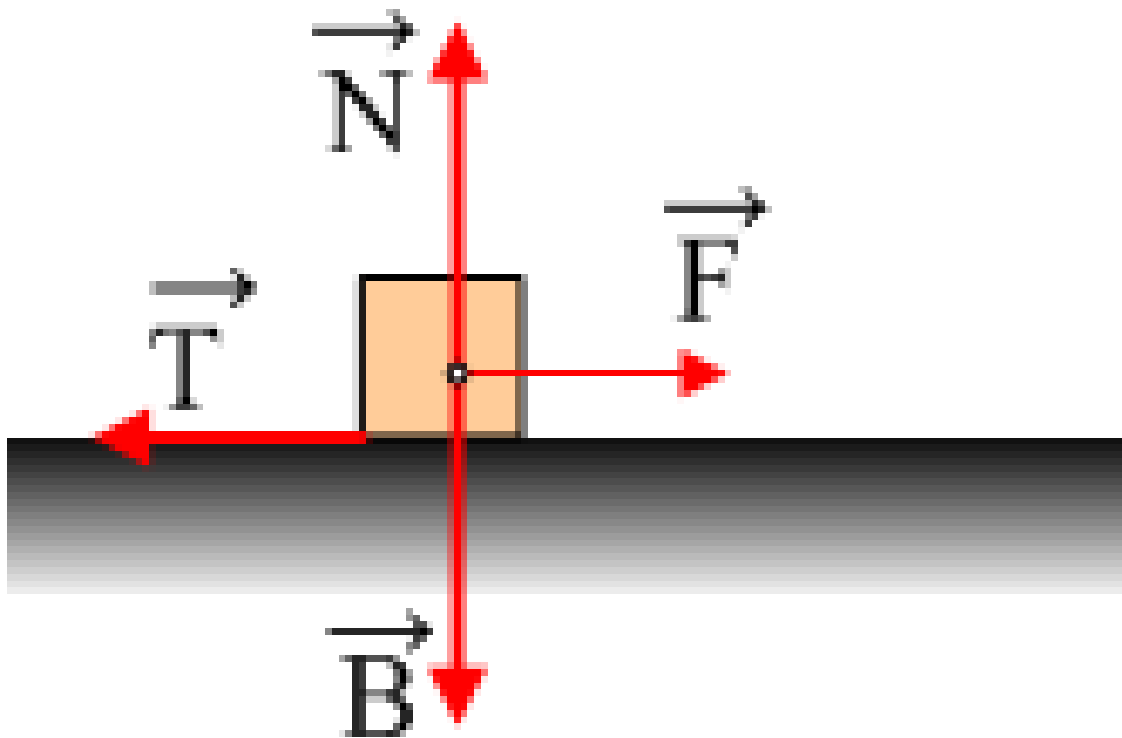


# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### 4.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΡΙΒΗ

Η τριβή εξαρτάται από την ομαλότητα των επιφανειών επαφής, μια μεγαλύτερη δύναμη απαιτείται για να κινήσει ένα σώμα σε μια τραχιά επιφάνεια από ό, τι σε μια λεία. Η τριβή αυξάνεται πραγματικά ανάμεσα σε δύο εξαιρετικά λείες επιφάνειες λόγω της αυξημένης ελκτικής ηλεκτροστατικής δύναμης μεταξύ των ατόμων. Η τριβή δεν εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας που έρχεται σε επαφή μεταξύ των κινούμενων οργάνων. Όταν ένα σώμα κινείται πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια με δύναμη ίση του βάρους του δηλαδή με την έλξη της βαρύτητας επάνω σε αυτό. Μια αύξηση στο βάρος του σώματος προκαλεί μια αύξηση στη ποσότητα της αντίστασης που προσφέρεται στη σχετική κίνηση των επιφανειών που έρχονται σε επαφή. Τέλος πρέπει να αναφερθεί, ότι η τριβή ολίσθησης είναι ανεξάρτητη του εμβαδού των τριβομένων επιφανειών και ανεξάρτητη της ταχύτητας του ενός σώματος ως προς το άλλο, εφόσον η ταχύτητα δεν υπερβαίνει ορισμένο όριο.





# PROJECT A' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΤΡΙΒΗ

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- <http://wikipedia.gr>
- [http://tropoi elattwsis trivis](http://tropoi.elattwsis.trivis)
- [http://istoriki anadromi](http://istoriki.anadromi)
- [http://trivi stis kathimerines drastiriotites](http://trivi.stis.kathimerines.drastiriotites)
- [http://paragontes pou epireazoun tin trivi](http://paragontes.pou.epireazoun.tin.trivi)
- [http://nomoi trivis](http://nomoi.trivis)
- [http://iptameno delfini](http://iptameno.delfini)
- [http://www.google.gr\(images\)](http://www.google.gr/images)
- [Βιβλίο Φυσικής Α Λυκείου](#)