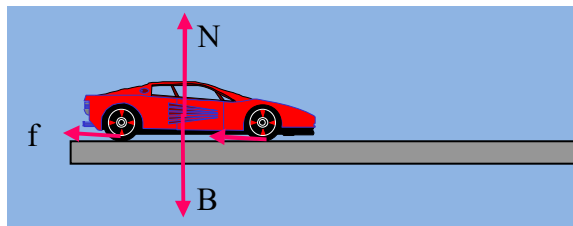


## Μήκος φρεναρίσματος και απόσταση ασφαλείας

Πολύ συχνά γινόμαστε μάρτυρες τροχαίων ατυχημάτων, που οφείλονται σε διάφορους λόγους. Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό όμως οφείλεται στο ότι ο οδηγός δεν καταφέρνει να σταματήσει το αυτοκίνητό του, σε περίπτωση που συναντήσει κάποιο κίνδυνο. Φρενάρει μεν, αλλά δεν προλαβαίνει να σταματήσει είτε επειδή η απόσταση που τον χωρίζει από ένα εμπόδιο είναι πολύ μικρή είτε γιατί η ταχύτητά του είναι αρκετά μεγάλη. Ας μελετήσουμε λοιπόν αναλυτικότερα την απόσταση που θα διανύσει ένα αυτοκίνητο από τη στιγμή που αρχίζει να φρενάρει, μέχρι να σταματήσει.

Έστω λοιπόν ένα αυτοκίνητο που κινείται σε οριζόντιο δρόμο με ταχύτητα  $U_0$  και σε μια στιγμή φρενάρει ώστε να μπλοκάρει του τροχούς και να μην στρέφονται.

Παίρνουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο αυτοκίνητο. Αυτές είναι το βάρος του, η κάθετη αντίδραση του επιπέδου και η τριβή ολίσθησης.



Στον κατακόρυφο άξονα έχουμε ισορροπία, άρα  $\Sigma F_y = 0$  ή  $N + (-B) = 0$  ή  $N = B$ .

Συνεπώς για την τριβή θα έχουμε:  $f_k = \mu_k N = \mu_k mg$ .

Για τον άξονα  $x$  που έχουμε κίνηση θα ισχύει:

$$\Sigma F_x = ma \quad \text{άρα} \quad a = \frac{\Sigma F_x}{m} = \frac{-\mu_k mg}{m} = -\mu_k g \quad (1)$$

Το αυτοκίνητο αποκτά λοιπόν σταθερή επιτάχυνση και θα έχουμε:

$$v = v_0 + at \quad (2) \quad \Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (3)$$

Τη στιγμή που το αυτοκίνητο θα σταματήσει,  $v = 0$  και από την (2) παίρνουμε:

$$t_{ολ} = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu_k g},$$

που με αντικατάσταση στην (2) προκύπτει:

$$\Delta x_{ολ} = \frac{v_0^2}{2\mu_k g} \quad (4)$$

Αν πάρουμε ότι μεταξύ ελαστικών και οδοστρώματος ο συντελεστής τριβής ολίσθησης είναι 0,8 ,  $g=10\text{m/s}^2$  και η αρχική ταχύτητα του αυτοκινήτου  $U_0=36\text{Km/h}=10\text{m/s}$ , με αντικατάσταση στην εξίσωση (4) βρίσκουμε για την συνολική απόσταση που θα διανύσει το αυτοκίνητο μέχρι να σταματήσει:

$$\Delta x_{ολ} = \frac{100\text{m}^2 / \text{s}^2}{2 \cdot 0,8 \cdot 10\text{m} / \text{s}^2} = 6,25\text{m}.$$

Αν όμως η αρχική ταχύτητα ήταν  $72\text{Km/h}$  η αντίστοιχη απόσταση θα ήταν  $25\text{m}$ , ενώ για ταχύτητα  $120\text{Km/h}$  η απόσταση γίνεται  $70\text{m}$ . Βλέπουμε δηλαδή ότι η απαραίτητη απόσταση για να μπορέσει να σταματήσει το αυτοκίνητο, αυξάνεται ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας, πράγμα που σημαίνει ότι διπλασιασμός της ταχύτητας, συνοδεύεται με τετραπλασιασμό της απόστασης.

Αν παρατηρήσουμε την σχέση (4), θα δούμε ότι η απόσταση είναι αντιστρόφως ανάλογη με τον συντελεστή τριβής ολίσθησης. Έτσι αν ο συντελεστής τριβής ολίσθησης υποδιπλασιαστεί εξαιτίας φθοράς των ελαστικών ή εξαιτίας ολισθηρότητας του δρόμου, οι παραπάνω αποστάσεις που υπολογίσαμε διπλασιάζονται. Απαιτείται π.χ. απόσταση  $140\text{m}$  για να σταματήσει ένα αυτοκίνητο που κινείται με ταχύτητα  $120\text{Km/h}$ .

Μπορούν να μειωθούν αντίθετα οι παραπάνω αποστάσεις, αν αυξηθεί η τριβή. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε αν οι τροχοί στη διάρκεια του φρεναρίσματος δεν μπλοκάρουν, με αποτέλεσμα η τριβή που ασκείται στα ελαστικά να είναι στατική τριβή και όχι ολίσθησης. Αυτό ακριβώς συμβαίνει σε ένα αυτοκίνητο που διαθέτει ABS. Ένα σύστημα αντιπλοκαρίσματος των τροχών. Έτσι ένα αυτοκίνητο που διαθέτει ABS θα μπορούσε να σταματήσει λίγο γρηγορότερα, αφού ο συντελεστής στατικής τριβής είναι περίπου ίσος με 1. Για ταχύτητα λοιπόν,  $120\text{Km/h}$  η συνολική απόσταση που υπολογίζουμε από την σχέση (4) είναι  $55\text{m}$  αντί για  $70\text{m}$ .

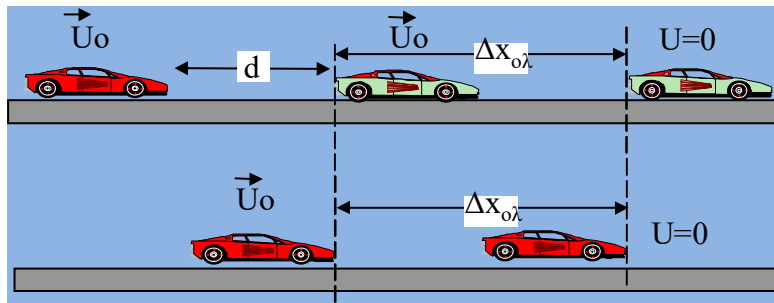
Βέβαια ένα ακόμη πλεονέκτημα του συστήματος ABS είναι ότι στη διάρκεια του φρεναρίσματος ο οδηγός διατηρεί τον έλεγχο του αυτοκινήτου και μπορεί να στρίψει, πράγμα αδύνατο στην περίπτωση που οι τροχοί ολισθαίνουν.

Ένα δεύτερο πρόβλημα που πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας κατά την οδήγηση, είναι η απόσταση που πρέπει να κρατάμε από το προπορευόμενο όχημα.

Ας υποθέσουμε ότι δύο αυτοκίνητα κινούνται στον ίδιο ευθύγραμμο δρόμο με την ίδια ταχύτητα  $U_0$  και η απόσταση μεταξύ τους είναι  $d$ . Σε μια στιγμή το προπορευόμενο αυτοκίνητο φρενάρει, ώστε οι τροχοί του να μπλοκάρουν. Ο οδηγός του δεύτερου αυτοκινήτου, ακόμη και αν αντιληφθεί αμέσως το φρενάρισμα, έχει κάποιο χρόνο αντίδρασης. Απαιτείται να περάσει δηλαδή κάποιο χρονικό διάστημα, από την στιγμή που αντιλαμβάνεται ότι πρέπει να φρενάρει, μέχρι την στιγμή που θα πα-

τήσει το φρένο για να αρχίσει και ο ίδιος να επιβραδύνεται. Αυτός ο χρόνος αντίδρασης ποικίλει από οδηγό σε οδηγό και αυξάνει συνήθως με την αύξηση της ηλικίας.

Ας αντιμετωπίσουμε το εξής πρόβλημα. Ποια είναι η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να έχει το δεύτερο αυτοκίνητο από το προπορευόμενο ώστε αν απαιτηθεί να σταματήσουν, τα δύο οχήματα να μην συγκρουστούν. Ας δεχτούμε ότι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης είναι 0,8 η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g=10\text{m/s}^2$  και ο χρόνος αντίδρασης του δεύτερου οδηγού 0,7s.



Για τα δύο οχήματα θα ισχύουν οι εξισώσεις (2) και (3) ενώ η επιτάχυνση θα υπολογιστεί από την εξίσωση (1) λαμβάνοντας  $a=-8\text{m/s}^2$ . Οπότε για το δύο οχήματα παίρνουμε τον χρόνο μέχρι να σταματήσουν:

$$t_{ολ} = \frac{v_o}{-a} = \frac{v_o}{8} \text{ s}$$

και η απόσταση που διανύουν επιβραδυνόμενα είναι:

$$\Delta x_{ολ} = \frac{v_o^2}{-2a} = \frac{v_o^2}{16} \text{ m}.$$

Όμως το δεύτερο αυτοκίνητο θα διανύσει απόσταση  $d=v_o t_{αντ}$  πριν αρχίσει να επιβραδύνεται. Αν λοιπόν τη στιγμή που άρχισε να επιβραδύνεται το προπορευόμενο όχημα, η απόσταση του δεύτερου, από το πίσω μέρος του προπορευόμενου οχήματος ήταν μεγαλύτερη από  $d$ , τότε θα αποφύγουν την σύγκρουση. Στην περίπτωση δε που η αρχική απόσταση είναι ίση με  $d=v_o t_{αντ}$ , θα σταματήσουν τα δύο αυτοκίνητα στη θέση που απλώς θα έρθουν σε επαφή οι προφυλακτήρες τους, όπως στο σχήμα.

Αν η αρχική ταχύτητα είναι ίση με 36Km/h, με αντικατάσταση βρίσκουμε  $d=v_o t = 10\text{m/s} \cdot 0,7\text{s} = 7\text{m}$ , ενώ αν ήταν 108Km/h=30m/s έχουμε  $d'=21\text{m}$  και για ταχύτητα 150Km/h γίνεται  $d''=29\text{m}$ .

Βλέπουμε δηλαδή ότι για να αποφύγει μια σύγκρουση ο δεύτερος οδηγός θα πρέπει να κρατά αποστάσεις αρκετά μεγάλες από το προπορευόμενο όχημα, για να αποφύγει την σύγκρουση, σε περίπτωση που για κάποιο τυχαίο συμβάν υποχρεωθούν να φρενάρουν.

Αν λάβουμε υπόψη μας ακόμη ότι στην πραγματικότητα περνά κάποιο χρονικό διάστημα, μέχρι να αντιληφθεί ο οδηγός το φρενάρισμα και κατόπιν χρειάζεται και κάποιο χρονικό διάστημα για να

αντιδράσει οι απαραίτητη απόσταση είναι ακόμη μεγαλύτερη. Βέβαια αυτές οι αποστάσεις μάλλον δεν κρατιούνται συνήθως και γι' αυτό πολύ συχνά ακούμε για καραμπόλες στις οποίες συγκρούονται ένας μεγάλος αριθμός αυτοκινήτων.

[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)