ΚΕΦ. 1.3 – ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο (1.2 – Δυναμική σε μία διάσταση) μάθαμε τους πρώτους 2 Νόμους του Νεύτωνα, οι οποίοι μας λένε τί είδους κίνηση θα κάνει ένα σώμα, αναλόγως βέβαια από το πόση είναι η συνισταμένη δύναμη που ασκείται πάνω του. Έτσι, ο 1^{ος} νόμος του Νεύτωνα, μας λέει ότι αν σε ένα σώμα η ΣF = 0, τότε αυτό το σώμα ή θα ισορροπεί ή θα κάνει ΕΟΚ (και το ανάποδο βέβαια), ενώ ο 2^{ος} νόμος του Νεύτωνα μας λέει ότι αν σε ένα σώμα η ΣF <u>δεν</u> είναι μηδέν, τότε αυτό το σώμα θα κάνει ΕΟΕΚ με επιτάχυνση $a = \frac{\Sigma F}{m}$. Ας δούμε τώρα και τον τελευταίο Νόμο του Νεύτωνα:

3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα – Νόμος Δράσης-Αντίδρασης

Ο 3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα συνοψίζεται στην εξής πρόταση:

«Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη (δράση) σε ένα άλλο, τότε και το άλλο σώμα ασκεί μια δύναμη (αντίδραση) ίσου μέτρου αλλά αντίθετης φοράς στο πρώτο σώμα»

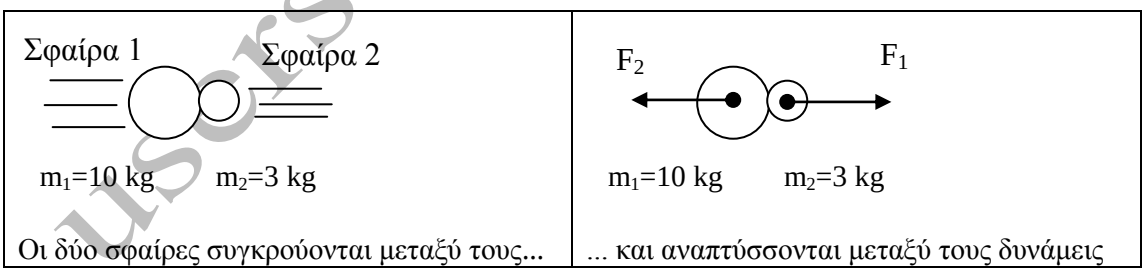
ή ισοδύναμα

«σε κάθε δράση αντιστοιχεί και μια αντίθετη αντίδραση»

Θυμηθείτε εδώ αυτό που είχαμε πει στο προηγούμενο Κεφάλαιο, ότι οι δυνάμεις ασκούνται πάντα <u>ανά ζεύγη</u>, εμφανίζονται δηλαδή πάντοτε μεταξύ 2 σωμάτων. Πάντα χρειάζεται δηλαδή ένα δεύτερο σώμα που θα ασκεί δύναμη στο πρώτο, ενώ αναπόφευκτα και το πρώτο θα ασκεί αντίθετη δύναμη στο δεύτερο.

Προσέξτε επίσης ότι οι 2 αυτές δυνάμεις – η δράση και η αντίδραση – ασκούνται πάντα <u>σε διαφορετικά σώματα</u>

Στο παρακάτω παράδειγμα, έστω ότι η αριστερή σφαίρα 1 είναι πιο μεγάλη από τη δεξιά σφαίρα 2.



Οι δύο σφαίρες συγκρούονται μεταξύ τους...	... και αναπτύσσονται μεταξύ τους δυνάμεις

Κατά την επαφή τους η σφαίρα 1 ασκεί δύναμη στη σφαίρα 2 αλλά και η 2 ασκεί δύναμη στην 1. Αν πούμε ότι:

F_1 είναι η δύναμη που ασκεί η αριστερή σφαίρα 1 στη δεξιά 2 και

F_2 είναι η δύναμη που ασκεί η δεξιά 2 σφαίρα στην αριστερή 1

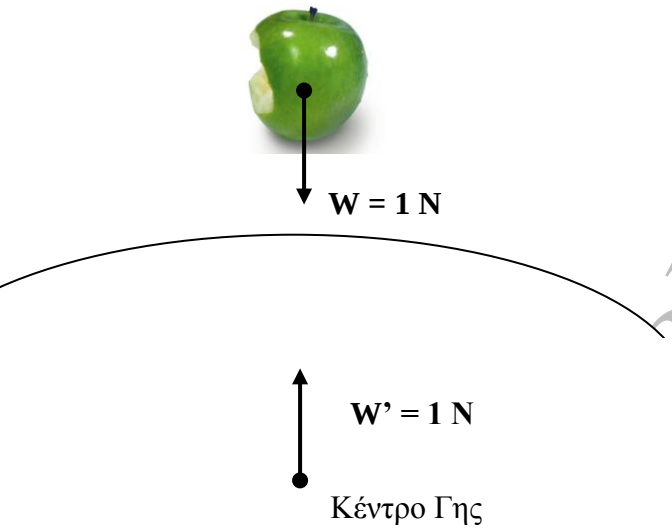
, τότε οι F_1 και F_2 αποτελούν ζεύγος δράσης-αντίδρασης και σύμφωνα μάλιστα με τον 3^{ο} Νόμο του Νεύτωνα θα είναι και ίσες μεταξύ τους!

users.sch.gr/dimror

Το ερώτημα <u>ποια σφαίρα θα κινηθεί περισσότερο</u> μετά τη σύγκρουση έχει να κάνει με τη <u>μάζα</u> της κάθε σφαίρας: προφανώς από την εμπειρία μας ξέρουμε ότι η σφαίρα 2 θα αλλάξει την ταχύτητά της περισσότερο από την 1 επειδή είναι πιο ελαφριά, έχει δηλαδή μικρότερη μάζα. Αυτό είναι λογικό αν σκεφτούμε ότι ασκώντας την <u>ίδια</u> δύναμη σε δύο διαφορετικά σώματα – ένα βαρύ και ένα ελαφρύ – περισσότερο θα κινηθεί το ελαφρύτερο, αυτό με τη μικρότερη μάζα = μικρότερη αδράνεια = μικρότερη αντίσταση στην κίνηση, άρα και ο ελαφρύτερος θα κινηθεί περισσότερο!

Δεύτερο παράδειγμα δράσης-αντίδρασης:

Στο παρακάτω σχήμα έχουμε σχεδιάσει ένα μήλο που πέφτει προς τα κάτω εξαιτίας του βάρους του W. Το βάρος του μήλου ασκείται βέβαια στο μήλο (πρώτο σώμα) από το κέντρο της Γης (δεύτερο σώμα). Σύμφωνα λοιπόν με τον 3^{ο} Νόμο του Νεύτωνα, και το πρώτο σώμα (μήλο) θα ασκεί δύναμη W' στο δεύτερο σώμα (κέντρο Γης) ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς. Για τους ίδιους λόγους που αναφέραμε στο προηγούμενο παράδειγμα, παρότι ασκούνται δυνάμεις ίδιου μέτρου στα δύο αυτά σώματα (μήλο και κέντρο Γης), θα κινηθεί το ελαφρύτερο προς το βαρύτερο και όχι ανάποδα.



Ο 3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα βρίσκει εφαρμογή στην κίνηση του ελικοπτέρου, του πλοίου με προπέλα, της βάρκας με κουπιά, στα jet-ski, στην προώθηση των πυραύλων, στο πέταγμα των πουλιών κλπ

Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση

Μπορούμε σε αυτό το σημείο να κατατάξουμε τις δυνάμεις σε 2 κατηγορίες, αναλόγως με τον τρόπο που αυτές ασκούνται σε ένα σώμα Α από ένα άλλο σώμα Β. Έτσι έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

i) Τα σώματα Α και Β βρίσκονται σε επαφή (ακουμπάνε μεταξύ τους) οπότε έχουμε δυνάμεις που ασκούνται εξ επαφής (πχ η δύναμη που ασκεί το χέρι μας σε ένα στυλό που κρατάμε είναι δύναμη εξ επαφής)
ii) Τα σώματα Α και Β απέχουν μεταξύ τους (δεν ακουμπάνε δηλαδή) οπότε έχουμε δυνάμεις που ασκούνται εξ αποστάσεως (πχ η δύναμη που ασκεί ο μαγνήτης από μακριά σε ένα κομμάτι σίδερο είναι δύναμη εξ αποστάσεως)

Περισσότερα παραδείγματα με δυνάμεις από επαφή και από απόσταση έχει η Εικόνα 1.3.6 σελ.113 του σχολικού βιβλίου

- ✓ Θεωρία §1.3.1-1.3.2 σελ. 111-113 σχολικού βιβλίου
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 151: 3,5,25,26,27,45 (για §1.3.1) και 1,2,4,34,43 (για §1.3.2)
- ✓ Ασκήσεις σελ. 157: 6,8*,10

users.sch.gr/dimror

Τριβή Τ

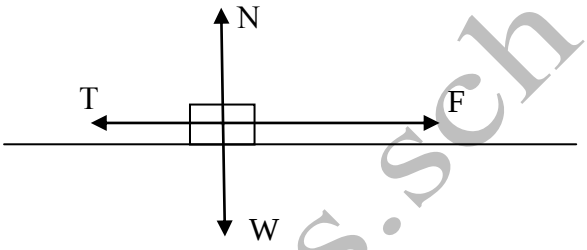
Τριβή είναι η δύναμη εκείνη που αντιστέκεται στην κίνηση ενός σώματος. Για το λόγο αυτό θα είναι μια δύναμη που θα τη σχεδιάζουμε πάντα με φορά αντίθετη της κίνησης του σώματος (ή αντίθετη της κατεύθυνσης που *τείνει* να κινηθεί ένα ακίνητο σώμα). Την τριβή σχεδόν πάντα θα τη συμβολίζουμε με Τ.

Διακρίνουμε 3 ειδών τριβές:

Τριβή ολίσθησης, είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα το οποίο *ολισθαίνει* (γλιστράει δηλαδή) πάνω σε μια επιφάνεια – η τριβή ολίσθησης αντιστέκεται στην κίνηση του σώματος και για αυτό το λόγο έχει φορά αντίθετη της κίνησης του σώματος

Στατική τριβή, είναι η δύναμη η οποία ασκείται σε ένα σώμα το οποίο ισορροπεί μεν, αλλά τείνει να κινηθεί προς μία κατεύθυνση λόγω μιας άλλης δύναμης. Η στατική τριβή πάλι αντιστέκεται στην ενδεχόμενη κίνηση του σώματος και για αυτό το λόγο έχει την αντίθετη φορά της δύναμης που πάει να το κινήσει (πχ αν σπρώχνουμε προς τα αριστερά ένα βαρύ ψυγείο το οποίο όμως δεν κινείται τελικά, τότε η στατική τριβή έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά)

Οριακή τριβή, είναι η μέγιστη τιμή της στατικής τριβής – αν ασκήσουμε λίγο παραπάνω δύναμη από την οριακή τριβή το σώμα τελικά θα κινηθεί. Η οριακή τριβή μάλιστα είναι μεγαλύτερη της τριβής ολίσθησης (πράγματι, στο προηγούμενο παράδειγμα με το ψυγείο, αν αυξάνουμε σταδιακά τη δύναμη που ασκούμε στο ψυγείο, κάποια στιγμή θα «ξεσκαλώσει» και θα κινηθεί. Ακριβώς λίγο πριν κινηθεί έχουμε πετύχει την Οριακή τριβή – όταν όμως θα αρχίσει να κινείται το ψυγείο θα χρειάζεται να βάζουμε λίγο μικρότερη δύναμη από όση για να το «ξεσκαλώσουμε», ακριβώς επειδή η τριβή ολίσθησης είναι μικρότερη της οριακής τριβής)



Η τριβή ολίσθησης ενός σώματος που ολισθαίνει πάνω σε ένα δάπεδο, εξαρτάται από 2 μόνο παράγοντες:

i) Την κάθετη δύναμη Ν που δέχεται το σώμα από το δάπεδο

ii) Τη φύση των σωμάτων που τρίβονται (δηλαδή την αλληλεπίδραση σώματος – δαπέδου) και η οποία εκφράζεται μέσω του **συντελεστή τριβής ολίσθησης μ** (φυσικό μέγεθος χωρίς μονάδες, καθαρός αριθμός δηλαδή)

Αυτό γράφεται και σε μαθηματική μορφή

$$\boxed{T = \mu \cdot N}$$

(Το Τ και Ν μετριούνται σε Newton, για αυτό το μ *είναι αδιάστατο, δεν έχει μονάδα μέτρησης)*

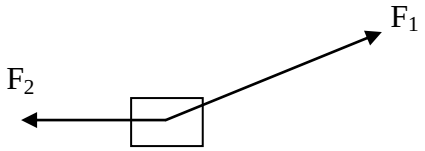
⇒ Η τριβή ολίσθησης ΔΕΝ εξαρτάται από το εμβαδόν των τριβόμενων επιφανειών, ΟΥΤΕ από την ταχύτητα του σώματος που ολισθαίνει (για μικρές ταχύτητες)

- ✓ Θεωρία §1.3.7 σελ. 120-123 σχολικού βιβλίου
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 151: 7,8,9,10,15,29,30,44,46,47,49,50
- ✓ Ασκήσεις σελ. 157: 9,11,12,23

users.sch.gr/dimros

Σύνθεση – Ανάλυση δυνάμεων (γενικά)

Στο προηγούμενο Κεφάλαιο 1.2 (Δυναμική σε μία διάσταση – *1-D*) εξετάσαμε δυνάμεις που είτε ασκούνταν προς τα δεξιά είτε προς τα αριστερά του σώματος, αλλά ποτέ «λοξά» πχ πάνω-και-δεξιά. Οι δυνάμεις δηλαδή μέχρι τώρα κινούνταν πάνω σε <u>ένα</u> μόνο άξονα, είτε δεξιά-αριστερά είτε πάνω-κάτω (όπως πχ στην ελεύθερη πτώση). Τώρα όμως θα γενικεύσουμε αυτά που είπαμε προηγούμενα και θα δούμε δυνάμεις που ασκούνται και σε <u>δεύτερο</u> άξονα ή όπως λέμε στη $2^{η}$ διάσταση, δηλαδή στο επίπεδο (*2-D*)



Για παράδειγμα, στο παραπάνω σχήμα, οι δυνάμεις F_1 και F_2 δεν είναι συγγραμικές, δεν βρίσκονται δηλαδή πάνω στην ίδια ευθεία, επειδή η F_1 είναι όπως λέμε «λοξή». Έτσι ΔΕΝ μπορώ να υπολογίσω τη συνισταμένη τους ΣF ως έχει. Θα πρέπει να κάνω κάτι στην F_1 για να την «ισιώσω», ώστε να μπορέσω να βρω τη συνισταμένη της μαζί με την F_2.

Σε αυτό το σημείο όμως θα πρέπει να εισάγουμε την έννοια της ***Σύνθεσης*** και της ***Ανάλυσης*** των δυνάμεων:

Σύνθεση 2 ή περισσοτέρων δυνάμεων F_1, F_2, ...κλπ σε μία ισοδύναμή τους, είναι η διαδικασία που έχουμε ήδη ακολουθήσει και στο προηγούμενο κεφάλαιο προκειμένου να βρούμε τη <u>συνισταμένη</u> ΣF πολλών δυνάμεων. Όταν κάνω σύνθεση πχ 2 δυνάμεων F_1 και F_2 ουσιαστικά βρίσκω τη συνισταμένη τους ΣF, η οποία προκαλεί όπως έχουμε δει τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα με την F_1 και F_2.

Ανάλυση τώρα μίας δύναμης F σε 2 άλλες είναι ουσιαστικά <u>το αντίθετο της σύνθεσης</u>, «σπάμε» δηλαδή τη δύναμη F σε 2 άλλες δυνάμεις (συνήθως Fx και Fy) που προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα και που τις λέμε από εδώ και πέρα «<u>συνιστώσες</u>» της F .

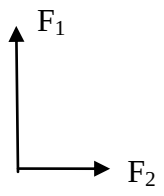
Άρα, επιγραμματικά:
<u>Σύνθεση</u> 2 δυνάμεων σε 1 = να βρω τη συνισταμένη *(το έχουμε ήδη κάνει για συγγραμμικές μόνο δυνάμεις)*
<u>Ανάλυση</u> 1 δύναμης σε 2 συνιστώσες = το αντίθετο της σύνθεσης, να σπάσω τη μία δύναμη σε 2 άλλες, τις συνιστώσες.

users.sch.gr/dimror

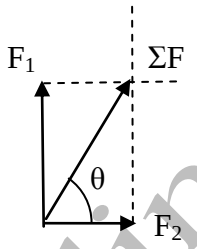
Σύνθεση 2 κάθετων δυνάμεων

Μέχρι στιγμής έχουμε δει τη σύνθεση συγγραμικών δυνάμεων, δυνάμεων δηλαδή που είναι πάνω στην ίδια ευθεία (και πάνε είτε δεξιά είτε αριστερά). Σε αυτό το κεφάλαιο θα μάθουμε τη σύνθεση 2 δυνάμεων που δεν είναι πάνω στην ίδια ευθεία, αλλά που είναι <u>κάθετες μεταξύ τους</u>.

Στο παρακάτω Σχήμα 1, οι δυνάμεις F_1 και F_2 είναι κάθετες μεταξύ τους, ενώ η συνισταμένη τους ΣF θα είναι μία δύναμη που θα προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με τις F_1 και F_2, άρα θα είναι όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Το πρόβλημά μας είναι να υπολογίσουμε πόσα Newton είναι το μέτρο της ΣF όταν ξέρουμε τα μέτρα των F_1 και F_2, αλλά και να υπολογίζουμε την κλίση της μέσω της γωνίας θ. Προφανώς ΔΕΝ μπορώ να προσθέσω απευθείας τα μέτρα των F_1 και F_2 για να βρω το μέτρο της ΣF.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Στο ορθογώνιο τρίγωνο που σχηματίζεται δεξιά στο Σχήμα 2, από το Πυθαγόρειο Θεώρημα θα έχουμε:

$$\boxed{\Sigma F = \sqrt{F_1^{\,2} + F_2^{\,2}}}$$

, ενώ από την εφαπτομένη (κλίση) της γωνίας θ θα έχουμε:

$$\boxed{\varepsilon\varphi\theta = \frac{F_1}{F_2}}$$

<u>Εφαρμογή:</u> Αν στο παραπάνω σχήμα είναι $F_1 = 3N$ και $F_2 = 4N$, να βρείτε το μέτρο της συνισταμένης ΣF καθώς και την κλίση της.

<u>Λύση:</u> Από το πυθαγόρειο θεώρημα θα έχουμε $\Sigma F = \sqrt{F_1^{\,2} + F_2^{\,2}} = \sqrt{3^2 + 4^2} =$
$= \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5N$ για το μέτρο της συνισταμένης. Παρατηρώ ότι ενώ $F_1 + F_2 = 3+4 = 7N$, το μέτρο της συνισταμένης τους βγήκε <u>ΣF=5N < 7N!!</u>

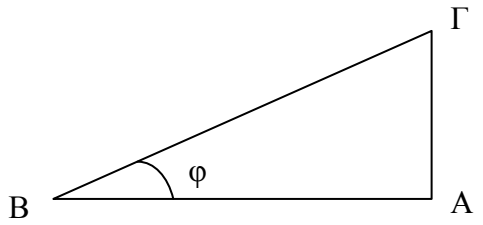
Η κλίση της θα είναι $\varepsilon\varphi\theta = \frac{F_1}{F_2} = \frac{3}{4} = 0{,}75$ ή αλλιώς η γωνία $\theta \approx 37^o$ (το τελευταίο δε μας νοιάζει και τόσο, αν βρεθεί η εφαπτομένη μιας γωνίας τότε και η γωνία η ίδια θεωρείται γνωστή)

- ✓ Θεωρία §1.3.3 σελ.114-115 σχολικού βιβλίου
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 151: 6,14,17
- ✓ Ασκήσεις σελ. 157: 3

users.sch.gr/dimror

Ανάλυση δύναμης σε 2 συνιστώσες:

Ανάλυση κάνουμε σε αυτό το κεφάλαιο μόνο στις δυνάμεις που είναι «λοξές» (και που γι'αυτό μας δυσκολεύουν να βρούμε τη συνισταμένη εύκολα). Για να κάνω ανάλυση μιας δύναμης χρειάζομαι λίγες γνώσεις τριγωνομετρίας. Ας θυμηθούμε εδώ από τα Μαθηματικά Β' Γυμνασίου τί ισχύει σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ για τη γωνία Β = φ:



$$ημφ = \frac{απέναντι_κάθετη}{υποτείνουσα} = \frac{ΓΑ}{ΒΓ}$$

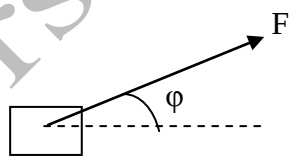
$$συνφ = \frac{προσκείμενη_κάθετη}{υποτείνουσα} = \frac{ΒΑ}{ΒΓ}$$

Επειδή η γωνία φ που σχηματίζει η «λοξή» μας δύναμη F με κάποιον άξονα θα είναι συνήθως είτε 30°, είτε 45°, είτε 60°, μας βολεύει σε αυτό το σημείο να μάθουμε απέξω τους τριγωνομετρικούς αριθμούς (το ημίτονο και το συνημίτονο δηλαδή) αυτών των 3 γωνιών:

	30°	45°	60°
ημ	1/2	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{3}/2$
συν	$\sqrt{3}/2$	$\sqrt{2}/2$	1/2

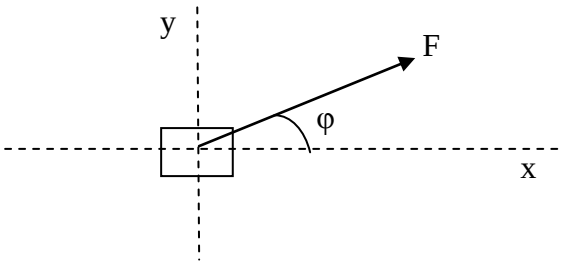
Είμαστε πλέον έτοιμοι να αναλύσουμε μία «λοξή» δύναμη στις 2 συνιστώσες της.

Έστω λοιπόν ότι έχω την παρακάτω δύναμη F που σχηματίζει με τον οριζόντιο άξονα γωνία φ.



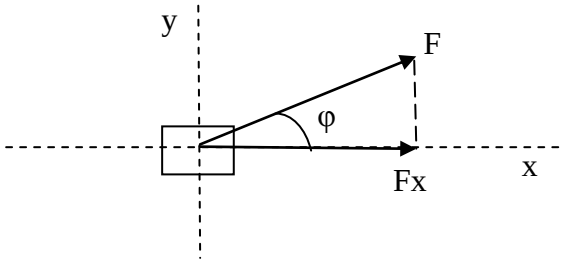
Τα βήματα που θα ακολουθήσω είναι τα παρακάτω:

1° βήμα: Σχεδιάζω πρώτα τον οριζόντιο άξονα x και μετά κάθετα σε αυτόν τον άξονα y (καλύτερα με μολύβι)

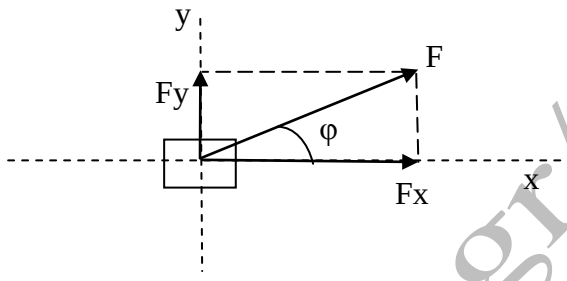


users.sch.gr/dimror

2ο βήμα: Από την άκρη του διανύσματος-βέλους της δύναμης F, φέρνω πρώτα (καλύτερα με μολύβι) κάθετη γραμμή στον άξονα x. Εκεί που συναντάει η γραμμή που έφερα τον άξονα x είναι και η άκρη του διανύσματος-βέλους της $1^{ης}$ συνιστώσας, της Fx.



3ο βήμα: Από την άκρη πάλι του διανύσματος-βέλους της δύναμης F, φέρνω τώρα κάθετη γραμμή στον άξονα y. Εκεί που συναντάει η γραμμή τον άξονα y είναι και η άκρη του διανύσματος-βέλους της $2^{ης}$ συνιστώσας, της Fy.



4ο βήμα: Γράφω τέλος τους τριγωνομετρικούς αριθμούς της γωνίας φ που σχηματίζει η δύναμη F με τον οριζόντιο άξονα:

- ✓ $ημφ = \frac{απέναντι_κάθετη}{υποτείνουσα} = \frac{Fy}{F}$ ⇒ (κάνοντας χιαστί λύνω ως προς Fy)⇒ Fy =F·ημφ
- ✓ $συνφ = \frac{προσκείμενη_κάθετη}{υποτείνουσα} = \frac{Fx}{F}$ ⇒ (κάνοντας χιαστί λύνω ως προς Fx)⇒ Fx =F·συνφ

Εφαρμογή: αν η δύναμη F = 10N και η γωνία φ = 30°, υπολογίστε τις συνιστώσες Fx και Fy

Λύση: Fy =F·ημφ ⇒ Fy = 10· 1/2 ⇒ Fy = 5N

Fx =F·συνφ ⇒ Fx = 10· $\sqrt{3}$/2 ⇒ Fx = 5$\sqrt{3}$ N ≈ 8.66N

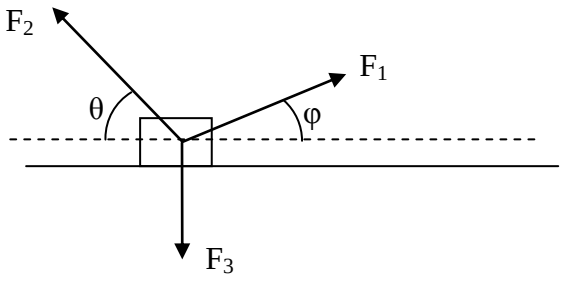
- ✓ Θεωρία §1.3.4 σελ.115-116 σχολικού βιβλίου
- ✓ Πολύ καλά το λυμένο Παράδειγμα σελ.116 σχολικού βιβλίου
- ✓ Ασκήσεις σελ. 157: 1

users.sch.gr/dimror

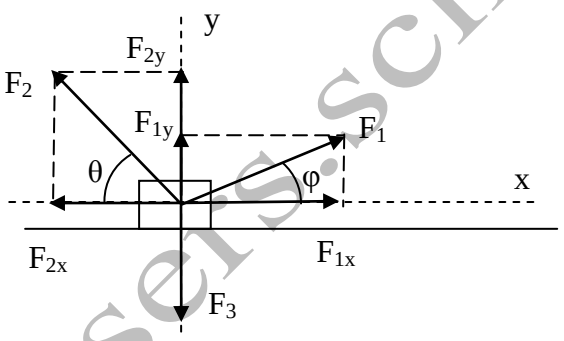
Σύνθεση πολλών ομοεπίπεδων δυνάμεων:

Είδαμε παραπάνω πώς μπορούμε να αναλύσουμε οποιαδήποτε «λοξή» δύναμη σε 2 συνιστώσες Fx και Fy. Αυτό ακριβώς κάνουμε όταν έχουμε ένα σώμα στο οποίο ασκούνται μία ή και περισσότερες τέτοιες δυνάμεις <u>και ψάχνουμε τη συνισταμένη</u> δύναμη (<u>σύνθεση</u> δηλαδή) που ασκείται στο σώμα: <u>Αναλύουμε</u> μία-μία τις «λοξές» δυνάμεις σε συνιστώσες στον άξονα x και στον άξονα y και στη συνέχεια κάνουμε τη σύνθεσή τους.

Έστω λοιπόν το παρακάτω σώμα, στο οποίο ασκούνται οι δυνάμεις F_1, F_2 και F_3 και ψάχνουμε τη συνολική του συνισταμένη ΣF.



«Λοξές» δυνάμεις εδώ είναι οι F_1 και F_2 , αφού η F_3 είναι ήδη κάθετη στον οριζόντιο άξονα (Εδώ – επειδή το σώμα πατάει στο έδαφος – θεωρούμε το οριζόντιο επίπεδο άξονα κίνησης - «λοξές» θα είναι οι δυνάμεις που δεν είναι ούτε παράλληλες με τον άξονα κίνησης αλλά ούτε και κάθετες σε αυτόν). Αναλύω λοιπόν την F_1 και την F_2 σε συνιστώσες F_{1x} , F_{1y} και F_{2x} , F_{2y} , αντίστοιχα:



Αναλύσαμε λοιπόν τις 2 δυνάμεις F_1 και F_2 στις συνιστώσες τους F_{1x} , F_{1y} και F_{2x} , F_{2y}. Σημειώστε επίσης, ότι ενώ αρχικά είχαμε 3 δυνάμεις (F_1 , F_2 και F_3), <u>μετά την ανάλυση</u> έχουμε 5 δυνάμεις, τις F_{1x} , F_{1y} , F_{2x} , F_{2y} και F_3, με άλλα λόγια μετά την ανάλυσή τους οι F_2 και F_3 «εξαφανίστηκαν» και τη θέση τους πήραν οι συνιστώσες τους (που όπως είπαμε κάνουν το ίδιο ακριβώς έργο)

Τί κάνουμε όμως στη συνέχεια;

Τώρα ήρθε η ώρα της <u>Σύνθεσης</u> των δυνάμεων. Αφού οι F_1 και F_2 όπως είπαμε δεν υπάρχουν, αλλά στο σχήμα μου έχω ΜΟΝΟ δυνάμεις «ξαπλωμένες» πάνω στον x και στον y άξονα, θα κάνουμε αυτό που κάναμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο 1.2:

users.sch.gr/dimror

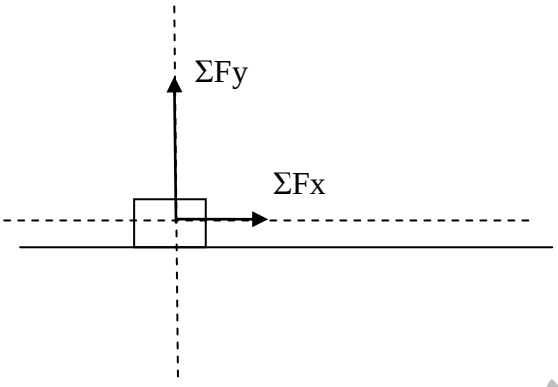
Θα βρούμε τη συνισταμένη ΣFx των δυνάμεων που είναι «ξαπλωμένες» στον x-άξονα όπως ήδη ξέρουμε (ορίζοντας θετική φορά πχ προς τα δεξιά, προσθέτωντας τις δυνάμεις που πάνε προς τα δεξιά και αφαιρώντας αυτές που πάνε προς τα αριστερά), οπότε θα έχουμε:

$$\Sigma Fx = F_{1x} - F_{2x}$$

Ομοίως θα βρούμε τη συνισταμένη ΣFy των δυνάμεων που είναι «ξαπλωμένες» στον y-άξονα (ορίζοντας θετική φορά πχ προς τα πάνω, προσθέτωντας τις δυνάμεις που πάνε προς τα πάνω και αφαιρώντας αυτές που πάνε προς τα κάτω), οπότε θα έχουμε:

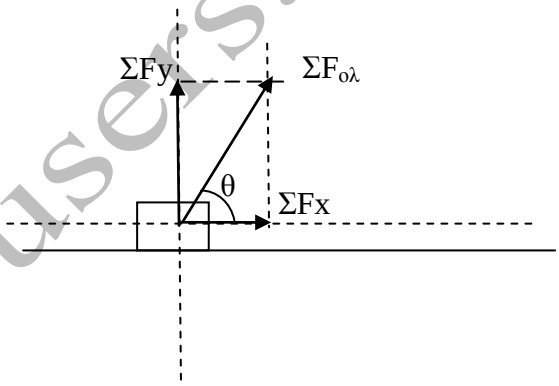
$$\Sigma Fy = F_{2y} + F_{1y} - F_3$$

Έτσι, αν η ΣFx βγει προς τα δεξιά και η ΣFy προς τα πάνω, το σχήμα μου θα γίνει ως εξής:



Αυτό ήταν και το 1ο βήμα της Σύνθεσης: να μαζέψω δηλαδή <u>όλες</u> τις δυνάμεις στις <u>2</u> συνισταμένες ΣFx και ΣFy

Το 2ο και τελευταίο βήμα της Σύνθεσης θα είναι να υπολογίσω τη συνισταμένη των συνισταμένων ΣFx και ΣFy, που θα την ονομάσουμε $\Sigma F_{ολ}$ (διαβάζεται Σίγμα των F-ολικό). Όμως οι ΣFx και ΣFy είναι κάθετες μεταξύ τους αφού και οι άξονες x και y είναι κάθετοι, οπότε η συνισταμένη τους υπολογίζεται όπως είδαμε πιο πριν στην παράγραφο «Σύνθεση 2 κάθετων δυνάμεων» από το Πυθαγόρειο Θεώρημα ως εξής:



$$\boxed{\Sigma F_{ολ} = \sqrt{\Sigma F_x^{\,2} + \Sigma F_y^{\,2}}}$$

, ενώ η εφαπτομένη (κλίση) της γωνίας θ θα είναι:

$$\boxed{εφθ = \frac{\Sigma F_x}{\Sigma F_y}}$$

users.sch.gr/dimror

Είδαμε λοιπόν μέχρι στιγμής, ότι προκειμένου να κάνω Σύνθεση πολλών «λοξών» δυνάμεων σε μία συνισταμένη, πρέπει πρώτα να κάνω Ανάλυση αυτών των «λοξών» δυνάμεων στις συνιστώσες τους, έπειτα Σύνθεση για να βρω τις ΣFx και ΣFy και τέλος Σύνθεση των ΣFx και ΣFy για να βρω την τελική $\Sigma F_{ολ}$.

1ος και 2ος Νόμος του Νεύτωνα, στο επίπεδο

Όλα αυτά που είδαμε για τη Σύνθεση και την Ανάλυση δυνάμεων εφαρμόζονται όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο 1.2, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Έτσι έχουμε και εδώ τις εξής περιπτώσεις:

i) Ισορροπία ομοεπίπεδων δυνάμεων

Αν ένα σώμα στο οποίο ασκούνται πολλές ομοεπίπεδες δυνάμεις ισορροπεί, τότε θα ισχύει και εδώ ο 1ος Νόμος του Νεύτωνα, που λέει $\boxed{\Sigma F_{ολ} = 0}$. Όμως επειδή τώρα το $\Sigma F_{ολ}$ εξαρτάται από τα ΣFx και ΣFy, ο 1ος Νόμος του Νεύτωνα μεταφράζεται σε ΣFx = 0 και ταυτόχρονα ΣFy = 0. Με άλλα λόγια για να ισορροπεί το σώμα μας τώρα θα πρέπει:

$$\Sigma F_{ολ} = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \Sigma Fx = 0 \text{ και} \\ \Sigma Fy = 0 \end{cases}$$, για να ισορροπεί το σώμα

- ✓ Θεωρία §1.3.6 σελ. 118-120 σχολικού βιβλίου
- ✓ πολύ καλά το Παράδειγμα σελ.119
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 151: 16,18
- ✓ Ασκήσεις σελ. 157: 2

ii) Κίνηση στο επίπεδο

Αν ένα σώμα στο οποίο ασκούνται πολλές ομοεπίπεδες δυνάμεις κινείται επιταχυνόμενο πάνω σε μία ευθεία, τότε θα ισχύει και εδώ ο 2ος Νόμος του Νεύτωνα, που λέει $\boxed{\Sigma F_{ολ} = m \cdot a}$. Την ευθεία στην οποία γίνεται η επιταχυνόμενη κίνηση τη λέμε «άξονα κίνησης» και συνήθως είναι ο άξονας-x. Εφόσον το σώμα κινείται σε ευθεία μόνο στον άξονα-x (και δεν κάνει στροφές, κύκλους κλπ), τότε θεωρούμε ότι το σώμα ως προς τον άξονα-y θα ισορροπεί (δεν «ανεβοκατεβαίνει» το σώμα στον άξονα-y, μόνο κινείται δεξιά-αριστερά στον άξονα-x)
Ο 2ος Νόμος του Νεύτωνα λοιπόν μεταφράζεται σε ΣFx = m·a και ταυτόχρονα ΣFy=0. Με άλλα λόγια για να κινείται το σώμα μας επιταχυνόμενο πάνω στον άξονα-x , θα πρέπει:

$$\Sigma F_{ολ} = m \cdot a \Leftrightarrow \begin{cases} \Sigma Fx = m \cdot a \text{ και} \\ \Sigma Fy = 0 \end{cases}$$, για να κινείται επιταχυνόμενο το σώμα στον άξονα-x

- ✓ Θεωρία §1.3.9 σελ. 127-129 σχολικού βιβλίου
- ✓ πολύ καλά το Παράδειγμα σελ.128
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 151: 37,53
- ✓ Ασκήσεις σελ. 157: 7,13,22,24,25

users.sch.gr/dimror