## ΕΝΟΤΗΤΑ 3η -ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

3.1 ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ (ΑΘΡΟΙΣΜΑ ) ΔΥΝΑΜΕΩΝ

 Η δύναμη ***F*** είναι ένα μέγεθος διανυσματικό με μέτρο, διεύθυνση ,φορά και μονάδα το 1Newton (1Ν) .Για να καταλάβουμε τι ακριβώς είναι το 1Ν ας φανταστούμε ένα λεμόνι με μάζα 100g που το κρατάμε (σε ισορροπία) με ένα σκοινί κρεμασμένο .Η δύναμη που ασκείται πάνω στο νήμα (τάση νήματος Τν) είναι 1Νewton.

 Οι δυνάμεις ασκούνται είτε από επαφή είτε από απόσταση πάνω σε σώματα. Μπορούν λοιπόν πάνω σε ένα τέτοιο σώμα ( και για την ακρίβεια εκεί που θεωρούμε

όλη τη μάζα του συγκεντρωμένη, αφού για μας ακόμα τώρα τα σώματα έχουν μάζα όχι όμως και διαστάσεις), να ασκούνται περισσότερες από μια δυνάμεις.

 Τότε για να βρούμε την μία δύναμη που θα έδινε ***ισοδύναμο αποτέλεσμα*** με αυτές δηλ. την συνισταμένη τους Σ***F*** πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το λεγόμενο διανυσματικό άθροισμα δυνάμεων δηλ. την σχέση:

Σ***F***=***F***1+***F***2+…***F***n (3-1)

Όπου το (+) δεν έχει σχέση με τη φορά της δύναμης ,απλώς είναι η εντολή του Σ στο Σ***F.***

*3.1.1. δυνάμεις σε μία διάσταση*

Βάση της διανυσματικής σύνθεσης αν πολλές δυνάμεις ασκούνται σε ένα σώμα πάνω σε μία ευθεία ομόρροπα ή αντίρροπα, πρέπει να:

Α) ΓΡΑΦΙΚΑ

 Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις με τον ***κανόνα κεφάλι-ουρά*** δηλ. στο τέλος κάθε δύναμης (κεφάλι) ξεκινάμε την αρχή της άλλης (ουρά) .Όλα αυτά από μια κοινή αρχή. Η Σ***F*** θα είναι η δύναμη με ουρά την ουρά της πρώτης και κεφάλι το κεφάλι της τελευταίας.

Β) ΑΛΓΕΒΡΙΚΑ

 Η κοινή αρχή θα είναι το 0 και μετά τον (αυθαίρετο) ορισμό κάποιας φοράς ως θετικής η Σ***F*** θα έχει μέτρο που ισούται με

 ΣF=F1+F2+…+Fn (3-2)

 F1 F2 ΣF

*3.1.2. δυνάμεις σε δύο διαστάσεις*

Έστω δύο δυνάμεις των οποίων οι διευθύνσεις τέμνονται και ασκούνται στο ίδιο σημείο (σώμα). Τότε το συνολικό τους ισοδύναμο αποτέλεσμα Σ***F*** θα βρίσκεται πάντα μέσω της (3-1) με τους εξής όμως τρόπους:
 Α) ΓΡΑΦΙΚΑ

 1) κανόνας ***κεφάλι ουρά*** όπως και στην 3.1.1.
 2) τις σχεδιάζουμε σε κοινή αρχή και από το κεφάλι τους φέρουμε παράλληλη προς την άλλη, έτσι σχηματίζεται ένα παραλληλόγραμμο του οποίου η διαγώνιος της κοινής αρχής είναι το διάνυσμα Σ***F***. (σχ3-1)



Β) ΑΛΓΕΒΡΙΚΑ

 Αν F1 και F2 τα μέτρα των δύο δυνάμεων και αν φ η γωνία που σχηματίζουν τότε η τριγωνομετρία μας δίνει (από τα τρίγωνα της γραφικής εύρεσης) για το μέτρο της συνισταμένης
  (3-3α)

Επίσης η συνισταμένη σχηματίζει π.χ με την F1 και κάποια γωνία θ (απαραίτητο να τη ξέρουμε, μη ξεχνάτε ότι η Σ***F*** είναι διάνυσμα) η οποία δίνεται από την σχέση:


  (3-3β)

ΣΧΟΛΙΑ ΕΠΙ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

 Οι εξισώσεις 3-3 καλύπτουν όλο το φάσμα των γωνιών φ μεταξύ των F1 και F2 .Έτσι στην περίπτωση που έχουμε:

* Συγγραμμικές -ομόρροπες δυνάμεις (φ=00).
τότε συνφ=+1 και η εξίσωση (3-3α) γίνεται
 ΣF= F1+F2
ενώ δεν έχω γωνία θ από την (3-3β). Έτσι κατέληξα στην εξίσωση (3-2 )που είδαμε πιο πριν για συγγραμμικές δυνάμεις.
* Συγγραμμικές – αντίρροπες δυνάμεις (φ=1800)
 τότε συνφ= -1 και ομοίως παίρνουμε
 ΣF=F1-F2ενώ η γωνία θ καθορίζεται από τη φορά της δύναμης με το μεγαλύτερο μέτρο.
* Κάθετες μεταξύ τους δυνάμεις (φ=900)
τότε συνφ=0 και οι (3-3α) και (3-3β ) θα γίνουν αντίστοιχα
  (3-4α)

  (3-4β)

3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

 Πολλές φορές παρουσιάζεται η ανάγκη αντί μίας και μόνης δύναμης που θα επιθυμούσαμε σε ένα σώμα να έχουμε δύο που να κάνουν το ίδιο αποτέλεσμα. Η διαδικασία αυτή είναι η αντίστροφη της **σύνθεσης** που είδαμε παραπάνω και λέγεται ***ανάλυση δύναμης σε δύο συνιστώσες.*** Και εδώ το παραλληλόγραμμο που θα πρέπει να δημιουργηθεί θα μας δώσει τις 2 συνιστώσες δυνάμεις.



Στο σχ 3-2 η αρχική δύναμη ***F*** αναλύθηκε σε δύο διευθύνσεις, τις ε1 και ε2 και μας έδωσε τις πλευρές του παραλληλογράμμου που είναι οι συνιστώσες δυνάμεις της ***F***, οι ***F1*** και ***F2***.

 Όταν οι διευθύνσεις ε1 και ε2 σχηματίζουν γωνία 900 , τότε έχουμε ορθογώνιο σύστημα αξόνων που στο εξής θα ονομάζονται χ και y και η αλγεβρική προσέγγιση του θέματος γίνεται αρκετά απλή:



***Από τον τριγωνομετρικό ορισμό του ημιτόνου και συνημιτόνου για τη γωνία φ, σχ 3-3 προκύπτουν άμεσα οι τύποι:
Fx=F συνθ (3-5α)***

***Fy=F ημθ (3-5β)***

**ΣΧΟΛΙΑ**

 Οι εξισώσεις (3-5) είναι οι αντίστροφες από τις εξισώσεις (3-4) δηλ από την μία ομάδα εξισώσεων μπορούμε να πηγαίνουμε στην άλλη και αντίστροφα. Η απόδειξη αυτή αφήνεται ως άσκηση (θυμηθείτε μόνο ότι ημ 2α+συν2α=1)

* Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις στις οποίες χρειάζεται να συνθέσουμε περισσότερες από 2 δυνάμεις πάνω σε ένα σώμα και αυτό είναι πολύ δύσκολο να γίνει με τη χρήση των εξισώσεων (3-4α,β). Για το λόγο αυτό η τεχνική που χρησιμοποιούμε είναι η εξής:
	+ Σχεδιάζουμε ένα κατάλληλο σύστημα ορθογωνίων x και y αξόνων (συνήθως προσπαθούμε να περιέχει στους άξονες όσο το δυνατόν περισσότερες δυνάμεις).
	+ Με τη βοήθεια των εξισώσεων (3-5α, β) αναλύουμε όσες δυνάμεις σχηματίζουν γωνία σε δύο συνιστώσες.
	+ Τώρα όλες οι δυνάμεις μας είναι πάνω στους άξονες και μπορούμε να βρούμε μια συνισταμένη ΣFx και μια ΣFy στους δύο άξονες αντίστοιχα
	+ Οι τελευταίες είναι κάθετες μεταξύ τους οπότε η τελική συνισταμένη όλων των αρχικών δυνάμεων θα είναι:
	  με γωνία ως προς χ: 

3.3 ΤΡΕΙΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

*3.3.1.το βάρος* ***w***

Βάρος ***w*** ( με μικρό γράμμα) θα ονομάζουμε την ελκτική δύναμη που η Γη ασκεί στα αντικείμενα που βρίσκονται στην ακτίνα του βαρυτικού πεδίου της. Η δύναμη αυτή έχει στην πραγματικότητα κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης. Όταν όμως η Γη αντιμετωπίζεται ως μία οριζόντια επίπεδη επιφάνεια τότε το ***w*** θα σχεδιάζεται με κατεύθυνση κατακόρυφη. Η δύναμη αυτή είναι ***από απόσταση*** και οφείλεται στη μάζα m των σωμάτων, η δε τιμή της δίνεται από την:

  (3-6)

Οι ζυγαριές μετράνε την δύναμη με την οποία πιέζουμε τα ελατήρια στο εσωτερικό τους όταν ανεβαίνουμε πάνω τους και αυτό (αν είμαστε όμως σε ισορροπία) είναι η δύναμη του βάρους μας. Άρα οι ζυγαριές μετράνε βάρος η ένδειξή τους όμως είναι σε kg δηλ. μάζα . Επομένως μακριά από τη Γη μια ζυγαριά δεν θα έδειχνε ένδειξη (αυτό όμως δεν θα σήμαινε ότι δεν έχουμε πια μάζα!).

 *3.3.2 η κάθετη αντίδραση***N**

 Όταν δύο σώματα είναι σε επαφή [[1]](#footnote-1) τότε κάθετα προς την κοινή επιφάνειά τους αναπτύσσεται μια δύναμη που ονομάζεται δύναμη αντίδρασης και συμβολίζεται με **N** Αυτή ασκείται πάνω και στα δύο σώματα (από το ένα στο άλλο). Η **N**  είναι μια δύναμη που δεν έχει σταθερό μέτρο αφού η επαφή μεταξύ δύο αντικειμένων μπορεί να «αδυνατίζει» όταν τα σώματα ***τείνουν να χάσουν επαφή*** και τότε η **N**τείνει στο μηδέν.

 *3.3.3. η τριβή* ***Τ***

 Αν κανείς παρατηρήσει την επιφάνεια των περισσοτέρων σωμάτων σε μικροσκόπιο θα έβλεπε μιαν ανώμαλη επιφάνεια όπως αυτή της λάμας ενός πριονιού. Φανταστείτε λοιπόν δύο τέτοιες επιφάνειες σε επαφή. Αν προσπαθήσουμε να «σύρουμε» (***ολισθήσουμε*** είναι η σωστή έκφραση) την μία πάνω στην άλλη τότε ‘τα δύο πριόνια’ θα σκαλώνουν το ένα στο άλλο με τα ‘δόντια ‘ τους και θα χρειαστεί να καταβάλλουμε μια δύναμη για να υπερνικηθεί αυτή η αντίσταση –η οποία είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσεως-.

 Λέμε τότε ότι αναπτύσσεται μια ***δύναμη τριβής Τ***  με κατεύθυνση αντίθετη από αυτήν της κίνησης η οποία διακρίνεται σε δύο μορφές:

* ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΡΙΒΗ Τστ

 Για όσο διάστημα η ολίσθηση δεν έχει ακόμα ξεκινήσει και καθώς αυξάνουμε την δύναμη που ασκούμε για να πετύχουμε την ολίσθηση η δύναμη που αντιστέκεται σε αυτή τη προσπάθεια είναι η Τστ. Η τιμή της αυξάνει και αυτή αντίστοιχα και φτάνει μέχρι ένα ανώτατο όριο στο οποίο η *Τστ  =Τστ,max* και τότε μετατρέπεται σε…

* ΤΡΙΒΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ Τολ

 Η τιμή της τριβής ολίσθησης είναι λίγο μικρότερη από αυτήν της στατικής και παραμένει σταθερή για όλη τη διάρκεια ολίσθησης μεταξύ δύο συγκεκριμένων επιφανειών.

Θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι η τριβή είναι κι αυτή μια μορφή αντίδρασης και μάλιστα:



Η ΤΡΙΒΗ ***Τ*** ΚΑΙ Η ΚΑΘΕΤΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ **N** ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΔΥΟ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ***Α*** ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΟΤΑΝ ΔΥΟ ΣΩΜΑΤΑ ΕΡΧΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΑΦΗ

Διανυσματικά θα γράφαμε ***Α=Τ+* N**

η σχέση όμως που συνδέει την N και την Τ είναι και εκείνη που δίνει ένα νέο μέγεθος, τον συντελεστή τριβής μ μεταξύ του σώματος και της επιφάνειας:
 *T= μ* ***N*** (3-7)

όπου στην ουσία ο μ ορίζεται ως $μ=\frac{Τ}{ℵ}$

ΣΧΟΛΙΑ:

* Ο συντελεστής μ εξαρτάται από το είδος και των δύο επιφανειών που είναι σε επαφή και μόνο.
* Όσο το σώμα είναι σε ακινησία ισχύει *Τστ  <Τστ,max*όπου *Τστ,max = μs .****N*** όπου μs είναι ο *συντελεστής στατικής τριβής*. Έτσι προκύπτει μια σχέση ανισότητας για τον *μs:*

 *μs > Τστ /* ***N***

* Ο μ είναι μονόμετρο μέγεθος πάντα μικρότερο του 1 και δεν έχει μονάδες.
* Η τριβή από την (3-7) φαίνεται ότι εξαρτάται μόνο από το είδος των επιφανειών και από την κάθετη δύναμη μεταξύ των σωμάτων (π.χ. για σώμα που βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο αυτή η δύναμη είναι η N που ισούται με το βάρος ***w*** αν το σώμα έχει κατακόρυφη ισορροπία)
1. *Βέβαια η έννοια της επαφής είναι σχετική αφού τα μόρια δύο σωμάτων* *δεν γίνεται να ‘ακουμπήσουν’ το ένα πάνω στο άλλο, όμως για τη μακροσκοπική ματιά μας είναι επαφή.* [↑](#footnote-ref-1)